

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ИЦИГ СО РАН)**



**IV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ГЕНОФОНД И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ»**

Новосибирск, 2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ИЦиГ СО РАН)

ГЕНОФОНД И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

Материалы IV Международной научно-практической конференции

4–6 апреля 2018 г.

Новосибирск 2018

Генофонд и селекция растений: материалы IV Международной научно-практической конференции (4–6 апреля 2018 г., Новосибирск, Россия). – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2018. – 420 с. – ISBN 978-5-91291-034-0.

В материалах IV Международной научно-практической конференции представлены доклады и сообщения о результатах изучения и сохранения генетических ресурсов растений на основе новейших исследований в области генетики, молекулярной биологии, биотехнологии, практического использования мирового генофонда культурных растений в селекции.

Публикуется в авторской редакции

Программный комитет:

Колчанов Николай Александрович,
академик РАН

Лихенко Иван Евгеньевич,
д.с.-х.н.

Шумный Владимир Константинович,
академик РАН

Кочетов Алексей Владимирович,
чл.-кор. РАН, д.б.н.

Бёрнер Андреас

Артемова Галина Васильевна,
к.б.н.

Тихонович Игорь Анатольевич,
академик РАН

Салина Елена Артемовна,
профессор, д.б.н.

Шаманин Владимир Петрович,
профессор

Хлесткина Елена Константиновна,
д.б.н., профессор РАН

Гриб Станислав Иванович,
академик НАН Беларуси

Моргунов Алексей Иванович,
представительство СИММИТ в Турции

Айтбаев Темиржан Еркасович,
чл.-кор. НАН Республики Казахстан

Оргкомитет:

Лихенко Иван Евгеньевич,
д.с.-х.н.

Артемова Галина Васильевна,
к.б.н.

Орлова Елена Арнольдовна,
к.с.-х.н.

Зубова Светлана Васильевна,
рук. сектора

Токпанов Ерлан Аскарлович,
нач. отдела

Карамышева Татьяна Витальевна,
к.б.н.

Чалкова Татьяна Федоровна,
нач. отдела

Синицина Ольга Ивановна,
к.б.н.

Зыбченко Дмитрий Петрович,
к.с.-х.н.

Логунов Алексей Юрьевич,
зам. руководителя по инфраструктуре

Рудой Евгений Владимирович,
д.э.н.

Агеева Елена Васильевна,
м.н.с.

Бехтольд Нина Павловна,
к.с.-х.н.

Поцелуев Олег Михайлович,
к.с.-х.н.

Организаторы:



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН)



Сибирское отделение Российской академии наук (СО РАН)



Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН



Межрегиональная общественная организация Вавиловское общество генетиков и селекционеров (МОО ВОГиС)

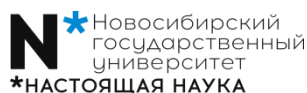
Новосибирское отделение ВОГиС



Вавиловский журнал генетики и селекции (ВЖГиС)



Новосибирский государственный аграрный университет



Новосибирский государственный университет,
Кафедра цитологии и генетики,
Кафедра информационной биологии

Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 18-04-20007 Г.

Контакты:

Оргкомитет GPB2017

e-mail: GPB2016@icg.sbras.ru

Тел.: +7-913-895-1469

Тел./факс: +7 (383) 348-07-01; (383) 348-07-43

Для бумажной корреспонденции:

СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН

630501, пос. Краснообск, Новосибирская область, ул. С-100, зд. 21, а/я 375

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ФОРМ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С УЧАСТИЕМ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ МЕТОДОМ NDVI ДЛЯ ОТБОРА НА АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В ОЗИМОМ И ЯРОВОМ ПОСЕВЕ

¹Абугалиева А.И., д.б.н., зав. лаб., Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Казахстан, e-mail: kiz_abugaliева@mail.ru

²Моргунов А.И., ¹Масимгазиева А.С., ¹Кожакметов К.

²СИММИТ, Турция

Стандартизированный индекс различия растительного покрова (NDVI) исследован на материале: сорта, интрогрессивные формы пшеницы и дикие сородичи в яровом и озимом варианте. В яровом и озимом варианте посева выделялись по NDVI номера 1674 (полное кущение); 1721-9 и 1721-6 (фазы колошение, цветение) как материал для генетического изучения системы Vrn генов. Максимальной степенью накопления биологической массы из сородичей и видов пшеницы отличался вид *T.timopheevi* в озимом варианте от 0,26 до 0,80, причем неизменный практически с фазы трубкования и до налива (0,76-0,80-0,70) и виды *T.militinae* и *T.kiharae* – в яровом варианте посева (0,68-0,74).

Ключевые слова: пшеница, дикие сородичи, NDVI

Возрастающий объем исследований по генотипированию требует параллельного адекватного анализа фенотипических характеристик (полевых) в больших масштабах. Многие селекционные центры используют современные технологии сканирования состояния посевов, начиная от космических их дизайнов, летающих управляемых аппаратов, наземных стационарных и передвижных комплексов [1-5].

Системно NDVI-исследования начаты по пшенице: яровой и озимой, в основном в сравнительных экспериментах с дикими сородичами на материале ДГЛ.

Дикие сородичи пшеницы являются, как правило, «рекордсменами» устойчивости, т.к. их селекцию произвела сама природа путем естественного отбора. В Казахском научно-исследовательском институте земледелия и растениеводства системно проводилась серия межвидовых скрещиваний с участием видов пшеницы *T.kiharae*, *T.timopheevi*, *T.militinae* и эгилопсов, как источников иммунитета, устойчивости и высокого содержания белка в зерне [6].

Цель: изучить интрогрессивные формы озимой и яровой пшеницы и их родительские формы по NDVI – характеристике в процессе вегетации в разных репродукциях для использования в селекционном процессе.

Установлено, что динамика накопления биологической массы (NDVI) отражает ответную реакцию генотипа на стрессовые условия (повышение температуры воздуха, недостаточное увлажнение и т.д.). Параллельное сравнение кривой накопления биомассы для сортов показывает корреляции между резким снижением при повышении t° max как для межзамерного периода, так и max в дату наблюдений. Дикие сородичи не снижают NDVI в условиях стресса и характеризуются плавной кривой в процессе вегетации (рис. 1). Сорта яровой мягкой пшеницы характеризуются скачкообразной кривой в условиях стресса. Переходные яровые и озимые синтетические формы пшеницы в зависимости от генотипа специфично реагируют на условия среды. Критерием отбора на устойчивую физиологичность может быть плавная кривая на высоком уровне.

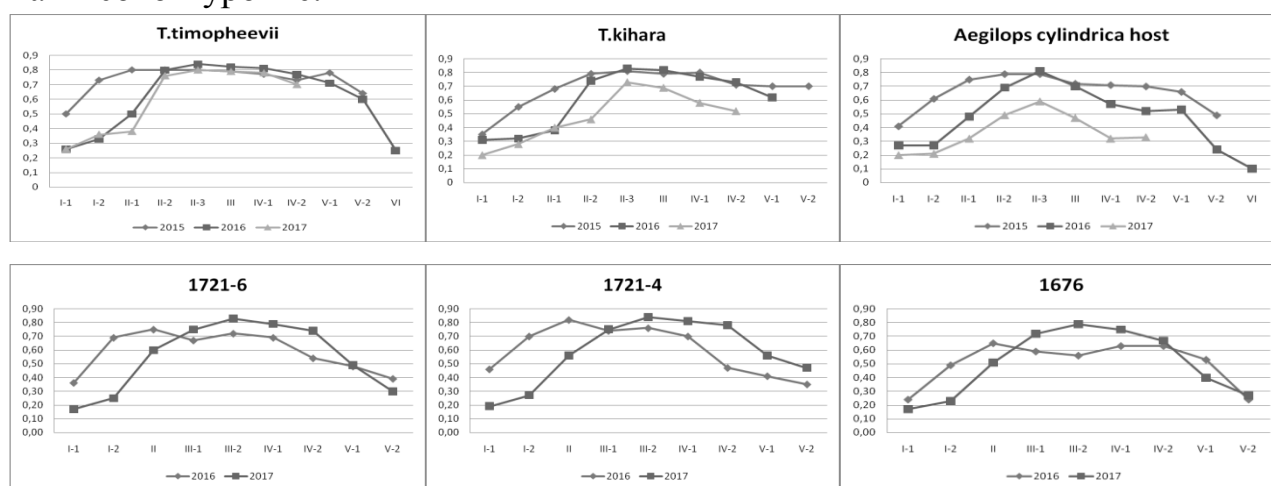


Рисунок 1. NDVI интрогрессивных форм пшеницы и диких сородичей (в яровом и озимом посеве)

В 2016 году по максимальной степени выраженности NDVI в процессе вегетации генотипы выделены по полевым повторностям: номера 1712 (Эритроспермум 350 x *T.militinae*) и 1718 (Безостая 1 x *Ae.cylindrica*), во второй повторности 1674 (Жетысу x *T.timopheevi*) и 231 (Безостая 1 x *Ae.triaristata*) x Карлыгаш) и 1825 (Стекловидная 24 x *Ae.cylindrica*). По урожайности соответственно выделены 1727 (Эритроспермум 350 x *T.kiharae*), 1671 (Жетысу x *T.militinae*) с урожайностью 66,6 ц/га и 1825 (Стекловидная 24 x *Ae.cylindrica*) (62,23%). В целом выделяются номера: 1727 (64,4ц/га); 1712 (60 ц/га); 1676 и 231 (57,7 ц/га) по плавной динамике NDVI (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика накопления биологической массы (NDVI) синтетических форм мягкой пшеницы в озимом и яровом на фоне сортов и диких сородичей

Фаза измерения	Образ жизни	ND		Генотипы		
		VI	макс	синтетики	дикие	сорта

					макс ND VI	Генотип	макс ND VI	генотип
Кущение	Озимые	0,34	0,61	1712, 674	0,31	<i>T.kiharae</i>	0,44	Жетысу
	Яровые	0,22	0,46	1721-4	0,30	<i>T.turgidum</i> , <i>T.polonicum</i>	0,27	Казахста нская 10, Каз р/сп
Полное кущение	Озимые	0,41	0,68	1712, 1674	0,33	<i>T.kiharae</i> <i>T.timopheevi</i>	0,48	Жетысу
	Яровые	0,49	0,72	1674,1825, 1721-4,1721-6	0,70	<i>T.petrovavlovsk</i>	0,65	Казахста нская 25
Начало трубкова- ния	Озимые	0,50	0,84	1674, 1718, 1712	0,50	<i>T.timopheevi</i>	0,59	Жетысу
	Яровые	0,56	0,82	1721-4, 1721- 9, 1721-6	0,80	<i>T.kiharae</i>	0,84	Казахста нская 25
Трубкова- ние – коло- шение	Озимые	0,77	0,88	1718, 1712	0,80	<i>T.timopheevi</i>	0,83	Жетысу
	Яровые	0,50	0,74	1721-4,1721- 9,1721-6,1825	0,74	<i>T.militinae</i>	0,83	Казахста нская 25
Колошение- цветение	Озимые	0,74	0,88	1712, 1721-9, 1676	0,82	<i>T.timopheevi</i> <i>T.kiharae</i>	0,77	Прогрес с
	Яровые	0,56	0,76	1721-4, 1721- 9,1721-6,1718	0,72	<i>T.kiharae</i>	0,79	Казахста нская 25
Цветение	Озимые	0,61	0,84	1676, 1721-6, 1721-9	0,81	<i>T.timopheevi</i>		
	Яровые	0,57	0,72	1721-4, 1721- 9,1721-6,1712	0,73	<i>T.militinae</i>	0,76	Казахста нская 25
Налив зерна	Озимые	0,42	0,76	1721-6, 1721- 9, 1721-4	0,82	<i>T.militinae</i>	0,78	Прогрес с Жетысу
	Яровые	0,47	0,65	1674, 1676	0,68	<i>T.militinae</i>	0,68	Каз. 10

В урожае 2017 г накопление биологической массы варьировало от 0,20 в фазу кущения для генотипа 1671 Жетысу x *T.militinae* до 0,83 для генотипа 1712 Эритроспермум 350 x *T.militinae*. Максимальными значениями во все фазы развития характеризовались генотипы 231 (Безостая1 x *Ae.triaristata*) x Карлыгаш), 1712 (Эритроспермум 350 x *T.militinae*) и 1718 (Безостая1 x *Ae.cylindricaе*). Во второй полевой повторности к этому лидирующему генотипу (в 7 из 8 замеров) добавляются другие два генотипа: 1721-9 (Безостая1 x *T.militinae*) x *T.militinae*-9) и 1676 (Стекловидная 24 x *T.timopheevi*) – в первой повторности не выделяющие ни в одном из замеров (0,25-0,62) и (0,26-0,62). Сочетание максимального значения NDVI со стабильностью по фазам позволяют прогнозировать более высокий уровень урожайности номерам 231, 1712, 1718 на фоне стандарта – Алмалы.

В яровом и озимом варианте посева выделялись по NDVI номера 1674 (полное кущение); 1721-9 и 1721-6 (фазы колошение, цветение) как материал для генетического изучения системы *Vrn* генов.

Максимальной степенью накопления биологической массы из сородичей и видов пшеницы отличался вид *T.timopheevi* в озимом варианте от 0,26 до 0,80, причем неизменный практически с фазы трубкования и до налива (0,76-0,80-0,70) и *T.militinae* и *T.kiharae* – в яровом варианте посева (0,68-0,74). Современные сорта озимой пшеницы отличались низким уровнем NDVI, только для сорта Безостая 1 отмечен максимум 0,71 в фазу колошения и для сорта яровой пшеницы Казахстанская 25 (0,84).

Список литературы

1. Савин И.Ю., Барталев С.А., Лупян Е.А., Толпин В.А., Хвостиков С.А. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных: возможности и перспективы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 3. С. 275–285
2. Савин И.Ю. Симакова М.С. Спутниковые технологии для инвентаризации и мониторинга почв в России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 104–115.
3. Morgounov A., Gummadov N., Belen S., Keser M., Mursalova J. Association of digital photo parameters and NDVI with winter wheat grain yield in variable environments // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2014, 38, 624-632.
4. Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I., Massingaziyeva A., Kozhakhmetov K., Chudinov V., Zhapayev R. NDVI characterization of synthetic and wild wheat relatives, wheat double haploids, of Naked barley and oats, sorghum, soybean and winter rape // 2nd International Plant Breeding Congress & EUCARPIA – Oil and Protein Crops Conference 1-5 November 2015 Antalya. – P.265.
5. Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I., Kozhakhmetov K., Savin T.V., Massingaziyeva A.S., Rsymbetov A. NDVI values and grain mineral content predict the potential of synthetic spring wheat and wild relatives // 4th International Plant Phenotyping Symposium. – 2016. – 13-15 December, Mexico. – p.72.
6. Кожухметов К.К. Биологические основы селекции зерновых колосовых культур при отдаленной гибридизации. // Дисс. на соиск.уч.ст. докт. наук. - 2010.

CHARACTERISTIC OF COMMON WHEAT INTROGRESSIVE FORMS BY NDVI METHODS FOR BREEDING TO ADAPTIVITY AND PRODUCTIVITY IN WINTER AND SPRING TYPE

Abugaliyeva A.I., prof., d.b.s., head lab., KazSRIAPG, Kazakhstan

Morgounov A.I., Massingaziyeva A.S., Kozhakhmetov K.K.

*The standardized vegetation difference index of plant (NDVI) was studied on the material: cultural, introgressive forms of wheat and wild relatives in the spring and winter variant. In the spring and winter crops, NDVI numbers 1674 (full tillering) were allocated; 1721-9 and 1721-6 (phases of earing, flowering) as a material for the genetic study of the *Vrn* gene system. The*

maximum number of copies and species of wheat differed from T.timopheevi in the winter variant from 0.26 to 0.80, which was invariable practically with the tubing phase and before filling (0.76-0.80-0.70) and T.militinae and T.kharae - in the spring variant of sowing (0,68-0,74).

Key words: wheat, wild species, NDVI

УДК 633.111.1.

КАЧЕСТВО ЗЕРНА РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

*Агеева Е.В., младший научный сотрудник, Лихенко И.Е., доктор
сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, руководитель
филиала СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН Новосибирск, Россия*
elenakolomeec@mail.ru

Представлены результаты оценки 17 сортов и линий яровой мягкой пшеницы раннеспелого и среднераннего типов созревания в условиях лесостепи Новосибирской области. Исследования проводились в 2010, 2011 и 2014 гг. В целом, по совокупности всех изучаемых хлебопекарных и технологических показателей выделились раннеспелые сорта Новосибирская 15, Памяти Вавенкова, Ирень и среднеранний сорт Новосибирская 31.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, масса 1000 зерен, клейковина, белок, натура, сорт.

Западная Сибирь относится к территориям, где яровая мягкая пшеница занимает значительные площади. Однако, в селекционной работе в условиях Западной Сибири важно знать, с каким вегетационным периодом образцы яровой мягкой пшеницы формируют высокое качество зерна [1,2].

Изучение проведено в 2010, 2011 и 2014 гг. по паровому предшественнику. В качестве изучаемого материала привлечено 11 районированных сортов и 3 перспективные селекционные линии раннеспелого типа созревания, а так же 3 среднеранних сорта. В 2010 г. наблюдался недостаток тепла, оптимальными по сумме эффективных температур были 2011 и 2014 гг. При этом наблюдался дефицит осадков в течение всех трех годов изучения, наименьшее количество осадков было зафиксировано в 2010 г. – 126,9 мм.

Определение технологических качеств зерна проводили в соответствии с методиками и ГОСТами по следующим показателям: натура зерна, масса 1000 зерен, количество сырой клейковины, белка и хлебопекарные качества (по пробным лабораторным выпечкам) [3-7]. При использовании программы MRAN пакета программ Snedecor 5 рассчитывалось многомерное ранжирование объектов исследования по совокупности признаков [8]. Наиболее важные показатели качества представлены в таблице 1 за 2010, 2011 и 2014 гг.

Крупность зерна за время проведения опытов в среднем была 33,4 – 36,2 г. По массе 1000 зерен выделились генотипы, которые формировали более крупное зерно за три года исследований – Чернява 13 х Фора, Памяти Вавенкова, Ангара 86, Новосибирская 29. Увеличение массы 1000 зерен оказывает прямую существенную зависимость на урожайность ($r = 0,57 - 0,68$ при $P > 0,05$).

Одним из требований, предъявляемых ГОСТом к качеству яровой пшеницы, является объёмная масса зерна – натура [9].

Наибольший интерес для селекции представляют образцы с большей натурой, которые дают больший выход муки. Варьирование признака в среднем по опытам было от 746,8 до 785,9 г/л. Наименьшая натура зафиксирована в 2011 и 2014 гг. По данному признаку выделились: в 2010 г. - сорта Ирень, Новосибирская 31 и линии Чернява 13 х Фора; в 2011 г. – Чернява 13 х Фора и Ирень; а в 2014 г. – генотипы Тулун 15 х Речка, Чернява 13 х Фора и Новосибирская 31. В целом можно сказать, что большинство изучаемых сортов и линий опыта характеризовались, как средненатурные. Линия Чернява 13 х Фора выделилась как высоконатуральная, формировавшая натуру 778-830 г/л. Коэффициент корреляции связи урожайности с объёмной массой зерна варьировал от 0,27 до 0,60.

Клейковина и белок являются основными показателями качества зерна. На содержание белка и клейковины заметное влияние оказывают метеоусловия. Так в 2014 г. их содержание в зерне было выше, чем в 2010 и 2011 гг. - содержание клейковины в среднем составило 36,8 - 40,9 %, а белка – от 17,1 до 20,3 %. В наших исследованиях было отмечено, что различия по содержанию протеина и клейковины между генотипами, относящимся к разным группам спелости, незначительны. Наибольшее содержание белка и клейковины наблюдалось у образцов Новосибирская 15, Тулун 15, Иргина, Приленская 19, Новосибирская 31 и Свеча. Но, как известно, высокое содержание клейковины и белка приводит к снижению урожайности, о чем и свидетельствует корреляционный анализ белка и клейковины с урожайностью. Зависимости хоть и были слабые, но отрицательные.

Не менее важным компонентом, определяющим хлебопекарное достоинство пшеничной муки, является сила муки. Наибольший выход муки у изучаемых генотипов наблюдался в 2014 г. В среднем за три года по силе муки выделились сорта Новосибирская 15, Ирень и Полюшко. Анализ корреляционных связей показал, что увеличение силы муки оказывает положительную корреляционную зависимость на формирование урожайности ($r = 0,46 - 0,69$ при $P > 0,05$).

Таблица 1

Технологические и хлебопекарные свойства зерна сортов и линий яровой мягкой пшеницы (2010, 2011 и 2014 гг.)

Название образца	2010 г.							2011 г.							2014 г.						
	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Содержание клейковины, %	Белок, %	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопек. Оценка, балл	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Содержание клейковины, %	Белок, %	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопек. Оценка, балл	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Содержание клейковины, %	Белок, %	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопек. Оценка, балл
Пар																					
Новосибирская 15	32,6	778	41,4	19,96	658	540	3,6	32,2	734	42,7	19,81	649	620	3,4	36,6	750	43,5	21,26	544	700	3,9
Тулун 15 х Речка	31,6	790	41,1	17,55	423	480	2,8	32,4	752	41,5	19,70	264	440	2,6	33,2	774	38,0	18,75	352	660	3,6
Чернява 13 х Форa	36,9	830	31,8	14,92	390	460	2,7	39,0	782	33,5	16,14	241	540	3,4	38,6	778	37,3	18,61	286	680	3,6
Новосибирская 22	32,5	784	30,8	14,92	331	480	3,5	32,7	742	32,4	15,86	235	500	3,2	33,7	752	34,1	17,12	299	640	4,0
Полушко	32,5	780	39,5	16,67	526	520	3,4	31,4	732	42,0	18,97	579	600	3,9	35,0	746	38,5	19,09	610	660	4,2
Памяти Вавенкова	37,1	782	35,8	16,67	345	540	3,6	37,4	754	39,3	19,04	287	600	3,4	39,1	742	41,3	20,42	530	620	4,2
Тулун 15	32,0	776	38,6	16,23	319	480	3,6	32,5	740	42,4	19,41	376	460	2,5	34,4	738	43,2	21,70	500	740	3,1
Ангара 86	36,9	754	32,9	16,29	217	400	2,4	36,6	722	34,4	17,15	204	440	2,2	40,1	724	35,2	17,43	320	640	3,0
Приленская 19	24,7	758	42,4	20,72	218	440	2,8	23,9	738	42,7	19,55	160	420	2,0	26,5	750	44,3	21,97	188	480	3,2
Форa	35,6	790	30,4	15,36	248	560	4,0	36,0	750	33,4	16,35	168	400	2,4	41,1	754	38,2	19,07	368	680	4,3
Ирень	34,4	800	36,6	17,11	493	520	3,8	34,8	768	43,7	19,15	265	480	3,0	38,3	766	41,3	20,57	648	640	4,2
Иргина	32,8	776	36,4	17,99	358	460	3,1	35,2	740	43,7	19,81	152	480	3,0	37,1	754	45,1	22,09	485	660	4,0
Туймаада	28,7	780	35,8	17,13	164	440	2,9	30,0	742	37,5	17,81	99	440	2,6	33,9	724	44,2	21,98	296	560	2,9
Лютесценс 1034	34,5	788	36,2	17,86	243	480	3,2	34,5	754	38,5	18,92	97	520	3,4	36,3	754	36,7	17,95	296	620	4,0
Новосибирская 29	36,3	798	39,1	17,55	340	600	4,0	36,0	748	39,7	18,54	178	600	3,9	37,2	748	43,9	21,71	527	720	4,0
Новосибирская 31	34,5	810	38,8	17,99	509	540	3,7	29,5	752	42,3	19,85	181	440	3,0	35,2	782	46,3	22,87	461	640	4,1
Свеча	35,0	786	37,6	15,80	330	480	3,1	33,3	746	41,0	19,94	165	540	3,5	38,6	760	43,8	21,68	336	640	3,9
Среднее	33,4	785,9	36,8	17,10	359,5	495,3	3,3	33,4	746,8	39,5	18,6	252,9	501,2	3,0	36,2	752,7	40,9	20,3	414,5	645,9	3,8
НСР _{0,05}	1,9	11,6	2,5	1,11	90,9	41,3	0,2	1,95	10,3	1,3	0,8	113,9	41,3	0,4	1,1	13,8	1,7	0,7	94,9	49,5	0,3
Коэффициент корреляции																					
Урожайность	0,68*	0,60*	0,11	-0,46	0,69*	0,55*	0,49	0,60*	0,43	-0,04	-0,17	0,46	0,59*	0,63*	0,57*	0,27	-0,42	-0,42	0,61*	0,70*	0,63*

Примечание: НСР при P < 0,05; *- существенная корреляция на 5 - % уровне значимости (t = 2,18).

Необходимым методом оценки хлебопекарных качеств муки является выпечка с последующей оценкой готовой продукции по внешним и внутренним признакам качества. Наибольшим объемом хлеба отличались следующие сорта: в 2010 г. – Новосибирская 15, Памяти Вавенкова, Фора, Новосибирская 29 и Новосибирская 31; в 2011 г. – Новосибирская 15, Полюшко, Памяти Вавенкова и Новосибирская 29; в 2014 г. – Новосибирская 15, Тулун 15 и Новосибирская 29. По общей хлебопекарной оценке за три года выделился сорт Новосибирская 29, у остальных образцов общая хлебопекарная оценка варьировала по годам.

В соответствии с полученными данными было проведено ранжирование по совокупности технологических и хлебопекарных признаков. В группу «лучшие» вошли сорта Новосибирская 15, Памяти Вавенкова, Ирень, Иргина, Новосибирская 29 и Новосибирская 31. К группе «средние» с хорошими оценочными данными относятся генотипы Полюшко, Тулун 15, Свеча, Тулун 15 x Речка и Чернява 13 x Фора. Генотипы Новосибирская 22, Ангара 86, Приленская 19, Туймаада и Лютесценс 1034 следует с осторожностью брать в качестве родительских форм для создания сортов с высокими показателями качества зерна.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № 0324-2016-0001).

Список литературы

1. Волкова Н.А. Технологические свойства зерна озимой пшеницы в агроклиматических зонах Тюменской области / Н.А. Волкова, Р.И. Белкина // Агропродовольственная политика России, Тюмень. -№ 3(39). – 2015. - С. 59-61.
2. Ларионова Л.М. Влияние продолжительности вегетационного периода на качество зерна яровой пшеницы/ Л.М. Ларионова // Проблемы селекции сортов мягкой яровой пшеницы интенсивного типа: сборник научных трудов. – Новосибирск. - 1980. - С. 68-69.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / М.А. Федин и др.; под общ.ред. М.А. Фебина, Москва. – 1988. – 122с.
4. ГОСТ 10840-64. Зерно, Методы определения натурального веса. М.: Изд-во стандартов, 1964. – 3с.
5. ГОСТ 10842-89. Метод определения массы 1000 зерен. М.: Стандартиформ. – 2009. – 4 с.
6. ГОСТ 13586.1-68. Метод определения количества и качества клейковины в пшеницы. М.: Стандартиформ. – 2009. – 6 с.
7. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.
8. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск. – 2004. – С. 143 -144.
9. Мухилов Л.А. Технологические показатели качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы Оренбургской селекции в лесостепи Оренбургского Предуралья / Л.А.

Мухилов, А.В. Косилов // Известие Оренбургского государственного аграрного университета, Оренбург. - 2011. – № 31-1. - Т.3. - С. 22-25.

QUALITY OF GRAIN OF EARLY AND MIDDLE-EARLY SPRING SOFT WHEAT GENOTYPES

*E.V. Ageyeva, junior researcher, I.E. Likhenko, Doctor of Science in Agriculture,
Deputy Director for Science, branch manager FGBNU SibNIIRS - a branch of Cytology and
Genetics of SB RAS Novosibirsk, Russia*

Presented the results of evaluation of 17 varieties and lines of spring soft wheat of early and middle ripening types in the conditions of the forest-steppe of the Novosibirsk region. The studies conducting in 2010, 2011 and 2014. In general, stood out early-ripening varieties of Novosibirsk 15, Memory of Vavenkov, Irene and of the early variety of Novosibirsk 31 by all the baking and technological signs.

Key words: spring soft wheat, 1000 grains, gluten, protein, nature, variety.

УДК 575.222.73

ХРОМОСОМНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЯХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕНОМНО-ЗАМЕЩЕННЫХ И ГЕНОМНО- ДОБАВЛЕННОЙ ФОРМ

*Адолина И.Г.¹ *, к.б.н., научный сотрудник*

Давоян Р.О.², Бебякина И.В.², Давоян Э.Р.², Салина Е.А.¹.

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), г. Новосибирск, Россия

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), г. Краснодар, Россия E-mail adonina@bionet.nsc.ru

С применением метода FISH исследовано 36 интрогрессивных линий мягкой пшеницы, полученных с использованием синтетических геномно-замещенных и геномно-добавленной форм. У 25-ти линий выявлены различные хромосомные перестройки с участием хромосом Ae. speltoides, Ae. umbellulata, T. militinae и Ae. tauschii. Описаны 9 перестроек, ранее не встречавшихся в нашей практике.

Ключевые слова: Triticum aestivum, интрогрессивные линии, синтетические формы, хромосомные перестройки, флуоресцентная in situ гибридизация (FISH)

В настоящее время перспективным направлением в селекции мягкой пшеницы остается пополнение ее генофонда генами хозяйственно-ценных признаков родственных видов и родов. Хорошо зарекомендовал себя подход, при котором в качестве «мостика» для передачи генетического материала от

диких сородичей методами традиционной селекции используются синтетические геномно-замещенные и геномно-добавленные формы.

В Национальном центре зерна им. П.П. Лукьяненко получен большой набор интрогрессивных линий мягкой пшеницы [1, 2] с использованием созданных под руководством Е.Г. Жирова геномно-замещенных форм: Авродес, Авролата и Аврокум, у которых геном D пшеницы Аврора замещен на геномы *Aegilops speltoides* Tausch (SS), *Ae. umbellulata* Zhuk. (UU), *Agropyron glaucum* (Desf. ex DC) Roem. & Schult соответственно и геномно-добавленной формы *T. miguschovae* (*T. militinae/Aegilops tauschii*) (AAGGD¹D¹) [3].

Целью настоящей работы являлось выявление хромосомных перестроек в данных линиях методом FISH (флуоресцентной *in situ* гибридизации).

Исследовано 36 линий с использованием зондов: pSc119.2, pAs1, Spelt1. Также проведена геномная гибридизация *in situ* (GISH) с ДНК пырея и *Ae. umbellulata*. Повторяющаяся последовательность pSc119.2 изолирована из теломерного гетерохроматина ржи *Secale cereale* L. [4], гибридизуется главным образом с хромосомами генома В мягкой пшеницы [5]. На настоящий момент известна локализация пробы pSc119.2 на хромосомах ряда других злаков. Повтор pAs1 выделен из генома *Ae. tauschii* [6], гибридизуется главным образом с хромосомами генома D мягкой пшеницы [5]. По некоторым сайтам гибридизации с pSc119.2 и pAs1 у пшеницы наблюдается межсортовой полиморфизм [5]. Повторяющаяся последовательность Spelt1 выделена из геномной ДНК *Ae. speltoides* [7]. Блоки повтора Spelt1 локализируются в субтеломерных районах хромосом *Ae. speltoides*. Одновременная гибридизация с зондом pSc119.2 позволяет идентифицировать индивидуальные хромосомы эгилопса [8]. Сайты гибридизации с зондом Spelt1 были выявлены также на отдельных хромосомах полиплоидных пшениц [9].

FISH проводили в соответствии с ранее опубликованной методикой [9]. Работа выполнена на базе ЦКП микроскопического анализа биологических объектов СО РАН.

В результате проведенного исследования различные хромосомные перестройки с участием чужеродных хромосом были выявлены в 25-ти из 36-ти линий. Информация о выявленных хромосомных замещениях и транслокациях представлена в таблице 1.

В разных линиях было выявлено от одной до шести чужеродных интрогрессий. Чаще всего это были транслокации. Интрогрессии генетического материала пырея не были обнаружены. Хромосомы генома А оказались практически незатронутыми перестройками. У нескольких линий на длинных плечах одной из пар хромосом генома А наблюдались блоки повтора Spelt1, что может свидетельствовать о транслокации от *Ae. speltoides*. Однако

использованные нами маркеры не позволили идентифицировать данную хромосому.

Таблица 1

Характеристика выявленных хромосомных перестроек

Хромосома	Общее число линий с перестройками	Характер перестроек (число линий с данной перестройкой)
1B	2	1S(1B) или T1BL-1SL.1SS
2B	4	2G(2B) или T2BS.2GL
3B	–	
4B	1	T4BS (неустановленной природы)
5B	16	T5BS.5BL-5SL (14) 5G(5B) или T5BS.5GL (1) T5BL (неустановленной природы) (1)
6B	1	T6BL.6BS-6SS
7B	–	
1D	1	T1DS.1DL-1SL
2D	8	T2DS.2DL-2SL (5) T2DS.2DL-2UL (1) T2DS (неустановленной природы) (2)
3D	2	T3DS.3DL-3SL (1) T3D (неустановленной природы) (1)
4D	1	4S(4D)
5D	5	5D ^l (5D) или T5D ^l S.5DL (1) T5D (неустановленной природы) (4)
6D	1	Транслокация или делеция в 6DL
7D	2	T7DL.7DS-7US (1) T7DL-7SL.7SS (1)

Чаще всего перестройки обнаруживались в хромосомах пятой гомеологичной группы: 5B (16 линий) и 5D (5 линий). На втором месте по числу перестроек находятся хромосомы второй гомеологичной группы: 2B (4 линии) и 2D (8 линий).

Вполне ожидаемым результатом является то, что интрогрессии, ведущие свое происхождение от генома G *T. militinae* и генома D^l *Ae. tauschii* (через геномно-добавленную форму *T. miguschovae*) затронули хромосомы родственных геномов B (2B и 5B) и D (5D). Большая часть транслокаций и хромосомных замещений, относящиеся к геному B происходят от *Ae. speltoides*, являющегося наиболее вероятным донором генома B. Тот факт, что многие перестройки затрагивают хромосомы генома D объясняется тем, что в синтетических формах Авродес и Авролата именно геном D мягкой пшеницы замещен на геном S *Ae. speltoides* или геном U *Ae. umbellulata*.

В пяти линиях были обнаружены перестройки, ранее не встречавшиеся в нашей практике. Это транслокации T3DS.3DL-3SL и 2DS.2DL-2UL, а также, транслокации, природу которых пока установить не удалось: T4BS, T3D, T5D. В одной из линий выявлены сразу несколько, не встречавшихся нам ранее,

перестроек: замещение хромосомы 4D на хромосому 4S *Ae. speltoides*; транслокация в коротком плече хромосомы 7D от *Ae. umbellulata*; транслокация от *Ae. speltoides* в длинном плече хромосомы 1D и транслокация или делеция в длинном плече хромосомы 6D. Линии с новыми интрогрессиями могут послужить основой для дальнейшей селекционной работы.

Работа выполнена в рамках государственного задания (проект № 0324-2018-0018) и программы фундаментальных исследований президиума РАН «Методология и молекулярно-генетические методы вовлечения в селекционный процесс нетрадиционных зерновых культур с целью создания сортов нового вида с уникальными свойствами адаптивности и качества зерна».

Список литературы

1. Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян О.Р., Зинченко А.Н., Давоян Э.Р., Кравченко А.М., Зубанова Ю.С. Синтетические формы как основа для сохранения и использования генофонда диких сородичей мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т.16. №1. С.44–51.
2. Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян Э.Р., Миков Д.С., Бадаева Е.Д., Адонина И.Г., Салина Е.А., Зинченко А.С., Зубанова Ю.С. Использование синтетической формы Авродес для передачи устойчивости к листовой ржавчине от *Aegilops speltoides* мягкой пшенице // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т.21. №6. С.663–670. DOI 10.18699/VJ17.284
3. Жиров Е.Г. Геномы пшеницы: исследование и перестройка: Автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра биол. наук: Киев. 1989. 34 с.
4. Bedbrook J.R., Jones J., O'Dell M., Thompson R.J., Flavell R.B. A molecular description of telomeric heterochromatin in *Secale* species // Cell. 1980. V.19. P.545–560.
5. Schneider A., Linc G., Molnar-Lang M. Fluorescence *in situ* hybridization polymorphism using two repetitive DNA clones in different cultivars of wheat // Plant Breeding. 2003. V.122. P.396–400.
6. Rayburn A.L., Gill B.S. Isolation of a D-genome specific repeated DNA sequence from *Aegilops squarrosa* // Plant. Mol. Biol. Rep. 1986. V.4. P.102–109.
7. Салина Е.А., Песцова Е.Г., Вершинин А.В. “Spelt1” – новое семейство тандемных повторов злаков // Генетика. 1997. Т.33. №4. С.437–442.
8. Badaeva E.D., Friebe B., Gill B.S. Genome differentiation in *Aegilops*. 1. Distribution of highly repetitive DNA sequences on chromosomes of diploid species // Genome. 1996. V.39. P.293–306.
9. Salina E.A., Lim Y.K., Badaeva E.D., Shcherban A.B., Adonina I.G., Amosova A.V., Samatadze T.E., Vatolina T.Yu., Zoshchuk S.A., Leitch A.A. Phylogenetic reconstruction of *Aegilops* section Sitopsis and the evolution of tandem repeats in the diploids and derived wheat polyploids // Genome. 2006. V.49. P.1023–1035.

CHROMOSOMAL REARRANGEMENTS IN WHEAT INTROGRESSION LINES OBTAINED USING SYNTHETIC GENOME SUBSTITUTION AND GENOME ADDITION FORMS

I.G. Adonina^{1*}, *R.O. Davoyan*², *I.V. Bebyakina*², *E.R. Davoyan*², *E.A. Salina*¹

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
(IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia

² National Lukyanenko Center of Grain, Krasnodar, Russia

* adonina@bionet.nsc.ru

Thirty-six introgression common wheat lines obtained using synthetic genome substitution and genome addition forms were analysed by the FISH method. Various chromosomal substitutions and translocations derived from Ae. speltoides, Ae. umbellulata, T. militinae and Ae. tauschii were identified in the twenty five lines. Nine new rearrangements were described.

Key words: Triticum aestivum, introgression lines, synthetic forms, chromosomal rearrangements, fluorescence in situ hybridization (FISH)

УДК 633.1 ДВ

РАСШИРЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ С ЦЕЛЬЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

*Асеева Т.А., доктор сельскохозяйственных наук, Зенкина К. В., аспирант
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 680521,
с. Восточное, Хабаровский край,
E-mail: aseeva59@mail.ru*

Ресурсы Среднего Приамурья позволяют возделывать широкий спектр сельскохозяйственных культур, в том числе и зерновых. С целью расширения биологического разнообразия и рационального использования природных ресурсов большой интерес в этом случае для края представляет тритикале – гибрид сельскохозяйственного злака зернового и кормового назначения. С этой целью проведено изучение сортообразцов ярового тритикале различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции Всероссийского института растениеводства. Выделены наиболее ценные источники по отдельным хозяйственно-ценным признакам для дальнейшей селекции новых высокоадаптивных сортов к условиям Хабаровского края. По вкусовым качествам лучший хлеб был испечен из 100% муки тритикале и с добавлением пшеницы в соотношении 50:50.

Ключевые слова: разнообразие, тритикале, продуктивность, гибридизация, Среднее Приамурье

Территория Хабаровского края, с точки зрения сельскохозяйственной деятельности, характеризуется наличием достаточного количества природных ресурсов, обеспечивающих биологические потребности широкого спектра сельскохозяйственных культур. Продолжительность вегетационного периода составляет 120-155 дней, за период вегетации накапливается 2574-3158⁰С тепла, за это время выпадает 600,8 мм осадков.

Тем не менее, при таком богатстве природных ресурсов они используются не в полной мере. Важное значение в повышении

агроклиматического потенциала сельскохозяйственных территорий играет введение в культуру новых видов растений [4].

Из зерновых культур в Хабаровском крае высеваются только овес, яровая пшеница и ячмень. В качестве страховой культуры тритикале привлекает к себе особое внимание в связи с тем, что культура по хозяйственно-ценным признакам способна во многих сельскохозяйственных районах мира превосходить обоих родителей (пшеницу и рожь) [1]. Яровой тритикале обладает комплексным иммунитетом, накапливает в зерне белка на 2-3 % больше, чем пшеница и рожь, обладает высокой продуктивностью (до 8 т/га и более) [6].

На сегодняшний день возникает потребность не только в привлечении инорайонных сортов ярового тритикале, но и создание нового высокоадаптивного исходного материала, устойчивого к абиотическим и биотическим стрессорам Хабаровского края. В связи с этим, цель наших исследований – расширить биологическое разнообразие зерновых культур возделываемых в Хабаровском крае с целью повышения эффективности рационального использования природных агресурсов.

Материалы и методы. Все учеты и наблюдения в период вегетации проводились в полном соответствии с методикой полевого опыта Доспехова Б.А. [3], методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8] и Международным классификатором СЭВ рода *Triticum* L. [7]. Пробные выпечки хлеба проводили в лабораторных условиях безопарным методом при интенсивном замесе с $KBrO_3$ и сахаром для пшеничной и тритикалевой муки [10].

Результаты исследований. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований различались как по набору тепла, так и по количеству и распределению осадков в период вегетации. Весной 2015 и 2016 гг. посев провели в конце второй – начале третьей декадах мая в связи с сильным переувлажнением почвы. Наиболее благоприятные условия для посева в оптимальные сроки сложились в 2017 году (21 апреля). За годы исследований в период вегетации накопилось 1569,5-1882,7 °С тепла и 266,5-483 мм осадков при норме 2301,4 °С и 466 мм соответственно.

В зависимости от гидротермических условий года продолжительность периода вегетации у изучаемых сортообразцов составляла 83-91 дней (табл. 1).

Таблица 1

Продуктивность сортов тритикале (2015-2017 г)

Сорт, происхождение	Вегетационный период, дн.	V, %	Урожайность, т/га	V, %	Устойчивость к полеганию, балл	V, %
Хабаровчанка (st)	84	1,9	2,18	27,0	7,0	11,7
Укро (st)	87	7,6	2,24	25,6	8,5	4,8
Золотой гребешок (Ленинградская область)	84	5,7	2,65	33,4	8,5	2,7
Ровня (Владимирская область)	88	7,6	3,28	32,4	9,0	0,0
Лана (Беларусь)	87	6,1	3,30	33,3	7,5	24,6
Ульяна (Беларусь)	86	9,7	3,11	8,9	7,0	18,3
Узор (Беларусь)	86	8,0	2,62	47,5	8,0	11,3
Виктория (Украина)	86	8,3	2,79	8,9	8,0	11,3
Кобзар (Украина)	89	9,0	2,64	32,5	9,0	0,0
Лосиновске (Украина)	88	7,9	2,77	37,6	9,0	0,0
Обериг харьковский (Украина)	83	2,3	2,68	24,7	8,0	17,7
АС Certa (Канада)	85	5,1	3,11	18,8	9,0	0,0
Sandio (Швейцария)	91	6,8	3,29	30,8	8,0	11,3

Исследованные признаки значительно варьировали в зависимости от гидротермических условий. Наиболее варибельным по годам признаком была урожайность, коэффициент вариации (V) от 8,9 до 47,5% у разных сортов. Тот факт, что урожайность значительно превышала значение изменчивости остальных признаков, свидетельствует о ее зависимости от большого числа природных факторов. У сортообразцов Ульяна и Виктория в годы изучения отмечена стабильная реализация высокой урожайности (V=8,9%).

Устойчивость к полеганию – сложный полигенный признак, проявление которого определяется морфологическими, анатомическими особенностями стебля и зависит от условий окружающей среды [4]. Сорты зерновых культур подвержены полеганию в условиях долговременных муссонных осадков, которые характерны для Среднего Приамурья. Важнейшую роль в реализации урожайных качеств сорта играет устойчивость растений к полеганию. В условиях Среднего Приамурья этот показатель достигал значений 7-9 баллов у всех изучаемых сортообразцов. Максимальная устойчивость к полеганию отмечена у сортообразцов: Ровня, Кобзар, Лосиновске, АС Certa. Эта тенденция стабильно сохранялась во все годы исследований (V=0%).

Эффективность селекционных программ во многом определяется изученностью характера наследования признаков, связанных с продуктивностью растений: длина колоса, число колосков и зерен в колосе, вес

зерен с колоса и масса тысячи зерен [2]. Длина колоса у изучаемых сортообразцов ярового тритикале была в пределах 8,5-10,5 см, число колосков в колосе изменялось в пределах 19-25 шт. (рис. 1). В годы исследований по числу колосков в колосе выделился сортообразец Виктория (25 шт), однако наибольшее количество зерен в колосе имели сортообразцы Кобзар (55 шт) и АС Certa (50 шт).

Масса 1000 зерен у всех изучаемых сортообразцов была ниже стандартного сорта Укро и варьировала в широких пределах – 26,9-38,6 г. У сорта Ровня отмечена наибольшая крупность зерна (35,5 г) и масса зерна с колоса (1,75 г).

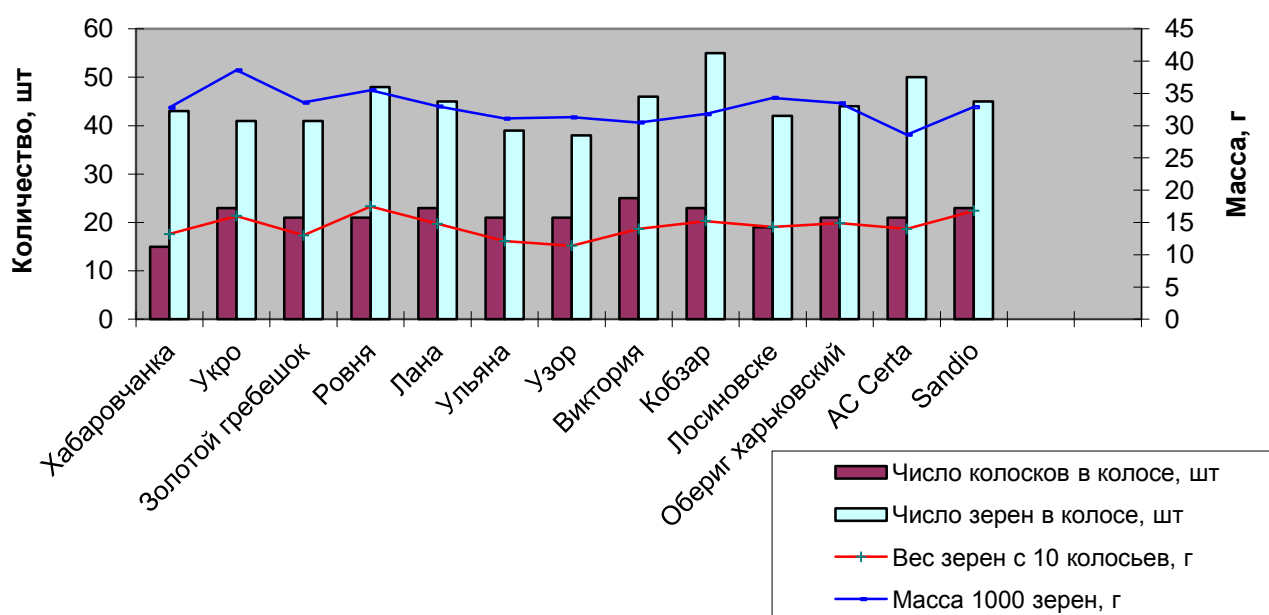


Рисунок 1. Элементы продуктивности высокоурожайных сортообразцов ярового тритикале (2015-2017 гг.)

Особую роль в адаптивной системе селекции играет выбор соответствующих генетических доноров. Выбор родительских пар основывался на сочетании высокой потенциальной продуктивности с устойчивостью к наиболее распространенным абиотическим и биотическим стрессорам Хабаровского края. Для синтеза новых генотипов применяли и использовали различные методы селекции: внутривидовая гибридизация с привлечением экологического разнообразия тритикале и отдаленная гибридизация с использованием пшеницы. Получены гибридные комбинации: Укро х Лана, Память Мережка х Укро, Память Мережка х Обериг харьковский, Згуривский х F7NV Tc1 154, Ровня х F7NV Tc1 154, АС Certa х Moloc-4, АС Certa х Коровай харьковский, АС Certa х Харків АВІАС, Память Мережка х Ровня, Память Мережка х Виктория, Память Мережка х Ульяна, Обериг харьковский х Укро,

Лосиновске х Память Мережко, Укро х Елизавета, Укро х ДальГАУ 1, Укро х Приморская 108, Обериг харьковский х Хабаровчанка.

В настоящее время тритикале является важным резервом населения в экологически чистых продуктах питания [9]. Применение тритикалевой муки позволяет уменьшить дефицит ржаной муки, расширить сырьевую базу хлебопекарной отрасли, исключить смешивание разных видов муки (ржаной и пшеничной), разнообразить ассортимент хлебобулочных изделий с улучшенной потребительской ценностью [5].

Результаты пробных выпечек из муки сортообразцов тритикале, выращенных в условиях Среднего Приамурья показали, что такой хлеб имеет более низкий объемный выход (427 см^3), чем из пшеничной муки (673 см^3). Добавление муки пшеницы к муке тритикале улучшает форму корки, пористость, эластичность и объем хлеба. Тритикалевый хлеб обладает специфическим вкусом, напоминающим очень мягкий ржаной хлеб. По вкусовым качествам лучший хлеб был испечен из муки тритикале в чистом виде и с добавлением пшеницы в соотношении 50:50 по рецептуре теста без улучшителей и с добавлением сахара.

В зависимости от гидротермических условий года сорт Укро пригоден для изготовления хлебобулочных изделий по пшеничной технологии. По объемному выходу хлеба, технологической и хлебопекарной оценке тритикале соответствует требованиям, предъявляемым к ценным и сильным пшеницам.

Выводы. Для сложных почвенно-климатических условий Среднего Приамурья в результате экологического испытания выделены продуктивные и перспективные генетические источники и доноры различного эколого-географического происхождения для вовлечения их в селекционный процесс с целью расширения биологического разнообразия зерновых культур и повышения эффективности рационального использования природных агресурсов.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать к использованию муку тритикале в хлебопекарной отрасли для расширения ассортимента хлебобулочных изделий и повышения их пищевой ценности.

Список литературы

1. Гужов Ю. Л. Тритикале. Достижения и перспективы селекции: (обзор) / Ю.Л. Гужов // Сельскохозяйственная биология. – 1978. – Т. 13, № 2. – С. 168-179.
2. Гребенникова И. Г. Диаллельный анализ числа колосков в колосе яровой тритикале / И. Г. Гребенникова, А. Ф. Алейников, П. И. Степочкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2011. – № 7-8. – С.77-85
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
4. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А. А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.

5. Крючкова Т. Е. Улучшение технологических показателей хлеба из муки тритикале с помощью пшеничной клейковины / Т. Е. Крючкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №82. – С. 569-578
6. Лаптев Ю. П. Феномен тритикале / Ю. П. Лаптев, В. М. Хлюпкин. – М.: Колос, 1992. – 143 с.
7. Международный классификатор СЭВ для рода Тритикум. – Л.: 1984. – 83 с.
8. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. – М.: Колос, 1985 – вып. 1, 2. – 267 с.
9. Никитина В. И. Исходный материал коллекции ВИР для селекции яровых тритикале в условиях Красноярской лесостепи / В. И. Никитина, М. А. Худенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – №5. – 2012. – С.150-153
10. Оценка качества зерна: Справочник / Сост.: Василенко И. И., Комаров В. И. – М., Агропромиздат. – 1987. – 208 с.

BROADENING OF BIOLOGICAL VARIETY OF CEREAL SEEDS IN THE AGROCENOSISES OF MIDDLE PRIAMURIE FOR THE PURPOSE OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES

T.Aseeva, doctor of agricultural science, K. Zenkina, postgraduate student

The Far-Eastern Research Institute of Agriculture (FGBNU «DV NIISH») Klubnaya street, 13, Vostochnoe vil., Khabarovsk district., Khabarovsk region, 680521

E-mail: aseeva59@mail.ru

The resources of Middle Priamurie allow to till the wide spectrum of agricultural cultures, bread grains including. Progress in the broadening of biological variety and rational use of natural resources in the territory may be possible by use of triticale – hybrid of agricultural cereal of bread grains and fodder setting, in our opinion. That is why the study of spring triticale of sort standards of different ecology-geographical origin from world collection of All-Russian Institute of Plant-Growing has been done. The most valuable sources on the separate economically valuable signs are picked out for further selection of new high adaptive to Khabarovsk region conditions sorts. As to gustatory qualities, the best bread has been baked from 100 % triticale flour with addition of wheat in ratio 50:50.

Key words: variety, triticale, productivity, hybridization, Middle Priamurye region

УДК 633.13:551

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНА ОВСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Асеева Т.А., доктор сельскохозяйственных наук, Мельничук И. Б., научный сотрудник Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 680521, с.

Восточное, Хабаровский край,

E-mail: aseeva59@mail.ru

Установлены характеры сопряженности корреляционных связей между качеством зерна сортов различных экотипов, метеоусловиями вегетационного периода и фазами органогенеза с целью совершенствования сортового потенциала овса. Корреляционный анализ данных, полученных при изучении коллекции овса, показал зависимость содержания белка в зерне от гидротермических условий периода вегетации. У большинства сортов выявлена достоверная корреляционная связь между натурой зерна и массой 1000 зерен.

Пленчатость сортообразцов овса является генетически обусловленным признаком с косвенной долей вклада условий окружающей среды.

Ключевые слова: овес, коллекция, качество, корреляция, взаимосвязь

В современных условиях большое значение приобретает селекция генотипов, сочетающая продуктивность с устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессоров региона, усиление их средообразующих и ресурсовосстанавливающих функций, способности формировать экологически безопасную продукцию и окружающую среду [4].

Почвенно-климатические условия зоны возделывания оказывают решающее влияние не только на реализацию потенциальной продуктивности сорта, но и качество полученного урожая. При этом качество зерна является важнейшей составляющей его потребительской стоимости, конкурентоспособности и агроэкологической производительности территории [8]. Качественные показатели зерна обусловлены достаточно большим количеством признаков, которые определяют его пригодность для использования на продовольственные цели. Эти признаки детерминируются наследственными факторами и комплексом почвенно-климатических и агротехнических условий [6].

Ценность любой коллекции как источника исходного материала для практической селекции возрастает с повышением степени ее изученности. Для селекционера важно знать всестороннюю характеристику свойств и особенностей хозяйственно-ценных признаков каждого образца коллекции в конкретных условиях выращивания [5]. Для получения окончательной оценки сортов по степени реализации генетического потенциала необходимо проанализировать влияние гидротермических условий периода вегетации сорта на формирование качественных показателей зерна, особенно в зонах рискованного земледелия [1].

Цель наших исследований – изучить влияние факторов внешней среды на формирование отдельных признаков качества зерна овса, определить взаимосвязи между качественными признаками и гидротермическими показателями.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2015-2017 гг. на базе коллекционного питомника овса Дальневосточного НИИ сельского хозяйства. В качестве исходного материала были взяты 100 сортообразцов овса из мировой коллекции ВИР, созданных в различных эколого-географических регионах. По хозяйственно ценным признакам из них выделено и проанализировано 10 сортообразцов. Все учеты и наблюдения в период вегетации проводились в полном соответствии с методикой полевого опыта

Доспехова Б.А. [7], методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [11] и Международному классификатору СЭВ рода *Avena* [10]. Биохимические показатели определяли с использованием существующих методов биохимического исследования растений [9].

Результаты и обсуждения. Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались между собой как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков и их распределению по фазам вегетации, что позволило объективно оценить влияние гидротермических условий на качество зерна овса. Количество тепла и осадков за период вегетации изменялось в пределах 1554-1781 °С и 267,6-599,5 мм при норме 2301,4 °С и 466 мм соответственно.

В сложившихся гидротермических условиях урожайность изучаемых сортообразцов в годы исследований изменялась в широких пределах – 1,6-6,7 т/га и в среднем составила 2,5-4,8 т/га (табл. 1). Наибольшая реализация потенциала продуктивности отмечена в 2017 году у сортов Praefekt и Галоп – 6,6 и 6,7 т/га соответственно.

Таблица 1

Сравнительная характеристика сортообразцов овса по урожайности и качественным показателям

№ по каталогу ВИР*	Урожайность, т/га			Белок, %			Пленчатость, %			Масса 1000 зерен, г			Натура, г/л		
	min	max	x	min	max	x	min	max	x	min	max	x	min	max	x
14505	2,8	5,4	3,9	11	13	12	25	26	25	28	35	32	412	492	422
14583	2,6	5,3	3,9	12	13	13	25	26	26	28	35	31	442	492	468
15018	2,2	5,4	3,5	12	14	13	25	26	25	27	32	30	396	480	427
15053	1,6	3,9	2,5	11	13	12	26	28	27	26	31	29	400	500	489
15065	2,4	5,1	3,4	11	13	12	23	26	24	27	31	29	398	440	417
13717	3,3	6,3	4,6	11	13	11	26	29	28	28	34	31	448	490	469
14040	3,1	6,3	4,6	10	12	11	25	28	27	31	36	33	456	478	469
14433	3,1	6,3	4,6	10	12	11	23	26	24	27	36	31	428	510	471
14271	3,2	6,7	4,8	11	12	11	24	29	27	34	41	37	456	499	470
14584	3,1	6,6	4,7	10	12	11	25	27	26	28	34	31	462	525	483

Примечание: * – 14505-Экспресс, 14583-Flamingsgelb, 15018-Pg 17, 15053-Nein, 15065-Иртыш 22, 13717-Alden, 14040-Aurea 603, 14433-Orpale, 14271-Галоп, 14584-Praefekt

По данным Сазоновой Л. В. [13], показатели качества зерна овса являются сортовыми наследственными признаками, что дает возможность дальнейшего селекционного их улучшения, тем не менее, они подвержены сильной изменчивости и под влиянием условий среды.

В результате проведенных нами ранее исследований выявлена тесная взаимосвязь между показателями урожайности зерновых культур и

гидротермическими условиями Среднего Приамурья не в целом за период вегетации, а в основные периоды роста, развития и формирования урожая [2]. Корреляционный анализ между качественными показателями овса и условиями внешней среды в отдельные периоды роста и развития выявил между ними высокую степень зависимости. Установлено, что у большей части изучаемых сортов образцов содержание белка в зерне снижается с ростом урожайности, о чем свидетельствует коэффициент корреляции ($r=-0,991^*$).

Выявлена сортовая специфичность зависимости содержания белка в зерне от гидротермических условий периода вегетации (табл. 2).

Таблица 2

Взаимосвязь содержания белка в зерне овса с гидротермическими условиями на разных этапах органогенеза

№ по каталогу ВИР	Посев-всходы		Всходы-кущение		Кущение-колошение		Колошение-спелость		Посев-спелость	
	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм
14505	0,13	0,85	-0,99	-0,13	0,94	-0,88	-0,42	-0,46	0,72	-0,34
14583	0,99*	0,53	0,16	0,99*	-0,11	0,54	-0,90	0,89	0,98	0,94
15018	-0,99*	-0,53	-0,16	-0,99*	0,19	-0,59	0,47	-0,82	-0,90	-0,92
15053	-0,38	0,47	-0,93	-0,61	0,98*	-0,99	-0,03	-0,99*	0,75	-0,92
15065	-0,38	0,47	-0,93	-0,61	0,82	-0,96	0,09	-0,97	0,86	-0,87
13717	0,13	0,85	-0,99	-0,13	0,99*	-0,48	-0,86	-0,45	0,81	-0,25
14040	-0,38	0,47	-0,93	-0,61	0,96	-0,99*	-0,45	-0,86	0,76	-0,75
14433	-0,98	0,78	-0,18	0,89	0,29	0,52	-0,85	-0,64	0,64	0,79
14271	0,61	0,99*	-0,78	0,38	0,32	-0,71	-0,63	-0,15	-0,43	0,09
14584	0,84	0,96	-0,53	0,66	0,74	0,70	-0,99*	0,37	0,86	0,64

Примечание – * - 95% уровень значимости

У большинства сортов образцов высокие температуры приземного слоя воздуха в периоды от посева до кущения и на этапе налива и созревания семян вызывает снижение белка в зерне. Отрицательная зависимость установлена и с количеством осадков в период от посева до кущения. Только в период кущение-колошение высокие температуры приземного слоя воздуха способствуют накоплению белка. В этот же период осадки, наоборот, сдерживают этот процесс.

Все изучаемые сорта образцы имеют обратную зависимость между количеством тепла и влаги с натурой зерна в период посев-всходы (табл. 3). У ряда номеров эта зависимость сохраняется до выбрасывания метелки. Только в период созревания зерна увеличение тепла способствует повышению натурального веса. Избыточное увлажнение фактически на протяжении всего периода вегетации снижает этот показатель.

Взаимосвязь содержания натурального веса зерна овса с гидротермическими условиями на разных этапах органогенеза

№ по каталогу ВИР	Посев-всходы		Всходы-кущение		Кущение-колошение		Колошение-спелость		Посев-спелость	
	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм	$\Sigma t, C^{\circ}$	Σ осадков, мм
14505	-1**	-0,63	-0,04	-0,97	0,23	-0,38	-0,95	-0,83	-0,26	-0,90
14583	-0,75	0,03	-0,68	-0,90	0,64	-0,92	0,50	-0,99*	-0,39	-0,92
15018	-0,99*	-0,60	-0,07	-0,98	0,10	-0,52	0,55	-0,76	-0,86	-0,88
15053	-0,94	-0,86	0,32	-0,82	-0,15	0,12	0,99*	-0,15	0,69	-0,44
15065	-0,89	-0,23	-0,47	-0,98	0,25	-0,90	0,72	-0,89	0,32	-0,98
13717	-0,94	-0,87	0,33	-0,81	-0,60	-0,54	0,86	-0,55	-0,91	-0,73
14040	-0,12	0,68	-0,99*	-0,38	1**	-0,94	-0,67	-0,70	0,91	-0,55
14433	-0,90	-0,92	0,42	-0,75	-0,53	-0,29	0,96	-0,42	-0,82	-0,61
14271	-0,99	-0,50	-0,19	-0,99*	0,69	-0,29	0,98	-0,80	0,99*	-0,93
14584	-0,99*	-0,53	-0,16	-0,99*	-0,12	-0,99*	-0,71	-0,89	-0,31	-0,99

Примечание – * - 95% уровень значимости, ** - 99% уровень значимости

Масса 1000 зерен – одна из важнейших составляющих продуктивности и технологической ценности продукции [3]. Пленки зерна овса имеют низкую питательную ценность [12]. Поэтому сорта нового поколения должны сочетать в себе высокую крупность и низкую пленчатость зерна. У большинства сортов выявлена достоверная корреляционная связь между натурой зерна и массой 1000 зерен ($r=0,95$). Пленчатость сортообразцов овса является генетически обусловленным признаком с косвенной долей вклада условий окружающей среды. Вариативность пленчатости у сорта Рг 17 низкая ($V=0,5\%$) и отсутствие сопряженности с гидротермическими условиями свидетельствует о внутрисортовой выравненности.

Выводы. На формирование качественных показателей зерна овса, наряду с генотипическими особенностями, значительное влияние оказывают условия внешней среды. Изложены характеры сопряженности корреляционных связей на формирование качества в зерне анализируемых сортов различных экотипов с метеоусловиями вегетационного периода и фазами органогенеза с целью совершенствования сортового потенциала овса.

Выявлена сортовая специфичность зависимости содержания белка в зерне от гидротермических условий периода вегетации. У большинства сортов выявлена достоверная корреляционная связь между натурой зерна и массой 1000 зерен. Пленчатость сортообразцов овса является генетически

обусловленным признаком с косвенной долей вклада условий окружающей среды.

Список литературы

1. Асеева Т. А. Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна яровой пшеницы в Среднем Приамурье / Т. А. Асеева, Г. С. Карачева, И. В. Ломакина, З. С. Рубан // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2016. – №2 (186). – С. 64-70.
2. Асеева Т. А. Зависимость продуктивности овса различных экотипов в Среднем Приамурье от климатических факторов / Т. А. Асеева, И. Б. Мельничук // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №6. – С. 10-13.
3. Баталова Г. А. Биология и генетика овса / Г. А. Баталова, Е. М. Лисицын, И. И. Русакова. – Киров, 2008. – 456 с.
4. Баталова Г. А. Методология создания продуктивных, экологически устойчивых сортов овса пленчатого / Г. А. Баталова, С. Н. Шевченко, Е. М. Лисицын, М. В. Тулякова, И. И. Русакова, В. А. Железникова, Т. П. Градобоева // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №6. – С. 3-6.
5. Баталова Г. А. Овес: Технология возделывания и селекции. – Киров, 2000. – 205 с.
6. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
8. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А. А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.
9. Казаков Е. Д. Методы оценки качества зерна / Е. Д. Казаков. – М.: Агропроимздат, 1987. – 207 с.
10. Международный классификатор СЭВ рода *Avena*. – Л., 1984. – 38 с.
11. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. – М.: Колос, 1985. – вып. 1, 2. – 267 с.
12. Митрофанов А. С. Овес / А. С. Митрофанов, К. С. Митрофанова. – М.: Колос, 1972. – №2. – 269с
13. Сазонова Л. В. Направления селекции в Кемеровской области / Л. В. Сазонова, С. В. Сартакова // Селекция на устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам среды. – Новосибирск, 2006. – С. 264-268.

FEATURES OF FORMING THE QUALITATIVE INDICES OF OAT GRAIN IN THE MIDDLE PRIAMURIE

T.A.Aseeva, doctor of agricultural science, I.B.Melnichuk, scientific worker

The Far-Eastern Research Institute of Agriculture, Klubnaya str., 13, Vostochnoe vil., Khabarovsk distr., Khabarovsk region, Russia, 680521. E-mail: aseeva59@mail.ru

The characters attendance at correlative connections between grain quality of sorts of different ecotypes, meteorological conditions of vegetative season and organogenesis phases for the purpose of oat sort potential perfection are determined. The correlative analysis of the facts, received during study of oat collection, shows the dependence on protein in grain from hydrothermic conditions of vegetative period. Most of sorts showed correlative connections between grain nature and mass of 1000 seeds. Pellicleness of oat sort samples is the genetically caused sing with indirect part of environment conditions contribution.

Keywords: oat, collection, quality, correlation, intercommunication.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ *CAMELINA SATIVA L.* В УСЛОВИЯХ ТАТАРСТАНА

Асхадуллин Данил Ф., к.с.-х.н., в. н. с., Асхадуллин Дамир Ф., к.с.-х.н., в. н. с., Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, e-mail: tatnii-rare@mail.ru.

Приведены основные показатели формирования продуктивности ярового рыжика. На основании многолетнего изучения образцов ярового рыжика предложена стратегия его улучшения.

Ключевые слова: сорт, рыжик, продуктивность, содержание жира

Рыжик яровой (*Camelina sativa L.*) масличная культура, одна из немногих представителей семейства *Brassicaceae* не являющейся инсектицидозависимой в условиях республики Татарстан. За годы испытания 2011-2017гг. не отмечалось преодоления экономического порога вредоносности по листогрызущим и сосущим насекомым. В виду своей нетребовательности к плодородию почвы, выраженными аллелопатическими свойствами на сорные растения, рыжик – это масличная культура экологического (органического) земледелия, набирающего популярность в нашей стране.

Исследуемые образцы представлены в основном коллекцией ВИР, а так же рядом сортов селекции России и Европейских стран. Испытание проводилось в Предкамской зоне республики Татарстан, почвы серые-лесные, хорошо окультуренные, среднегумуссированы. Количество изучаемых образцов в 2011 году было 8шт и возросло к 2017 году до 21 шт. Стоит отметить, что испытание образцов проводилось без внесения удобрений.

Масло рыжика, при холодном отжиме, хоть и имеет специфический запах и вкус для большинства потребителей вполне приемлемо в пищевом отношении. Содержание жира в семенах невысокое и за годы испытания не превышало 38,9% у образца к-4162 в 2011 году. Среднее содержание жира в изученных образцах 30,1%, по отдельным образцам, может снижаться в зависимости от условий года на 3-4%.

Яровой рыжик, в наших условиях, не является высокопродуктивной культурой, во все годы испытания, при равных условиях экологического сортоиспытания, уступал по продуктивности и сбору масла яровому рапсу, однако в засушливых условиях эта разница практически нивелируется.

Средняя урожайность испытанных образцов ярового рыжика в коллекционном питомнике колебалась от 0,77т/га в 2014 году до 1,40т/га в 2015 году (табл.1). Образцы ярового рыжика имеют невысокий коэффициент вариации по высоте растений 7-10%. Для ярового рыжика в наших условиях,

при оптимальной густоте стеблестоя, не характерно полегание посевов, благоприятный фон для оценки по полеганию сложился в 2017 году (обилие осадков). По устойчивости к полеганию выделяются образцы к-2272 и Soledo.

Таблица 1

Характеристика ярового рыжика

год	показатель	урожайность, т/га	высота, см	количество семян в стручке, шт	количество стручков на растении, шт	масса 1000 семян, г
2011	\bar{x}	0,99	73	-	89	1,06
	lim	0,66-1,34	63-87	-	55-120	0,88-1,44
	CV, %	30	10	-	26	17
2012	\bar{x}	1,37	82	14	77	1,12
	lim	0,99-1,64	74-89	11-18	46-115	0,80-1,30
	CV, %	20	7	19	34	15
2013	\bar{x}	0,99	67	13	91	1,06
	lim	0,56-1,67	58-76	9-16	52-199	0,83-1,27
	CV, %	36	7	17	39	14
2014	\bar{x}	0,77	65	14	100	1,03
	lim	0,48-1,23	55-74	8-19	45-140	0,91-1,26
	CV, %	26	10	26	27	10
2015	\bar{x}	1,40	75	10	128	1,18
	lim	0,94-2,04	64-91	5-13	76-200	0,98-1,46
	CV, %	24	9	20	30	13
2016	\bar{x}	0,92	64	13	83	1,02
	lim	0,71-1,25	59-78	9-16	62-139	0,70-1,40
	CV, %	19	9	14	22	23

\bar{x} – среднее значение признака, lim - лимиты, CV-коэффициент вариации

При определении связи семенной продуктивности растения с её структурными элементами, выявлено, что имеется достоверная, сильная корреляционная связь с количеством стручков на растении $r=0.79\pm 0.07$, при этом величина острючкованности растений хоть и генетически детерминирована, может изменяться в значительных пределах в зависимости от густоты стеблестоя. Часто при селекционных отборах данный показатель дает ложное представление о продуктивности генотипа, по нашему мнению, в селекции на продуктивность надёжнее опираться на показатели количество семян в стручке и масса 1000 семян.

Наиболее высокую массу 1000 семян имеет образец к-3364 (Украина) (табл.2), наибольшее количество семян в стручке формируется у образцов: к-4180 (VIII-659-1, Венгрия), к-4183 (Крупносемянный), к-4162 (Венгрия) и к-4172. Корреляционная связь между количеством стручков на растении и массой 1000 семян, количеством стручков на растении и количеством семян в стручке, массой 1000 семян и количеством семян в стручке слабая $r=0,19\dots-0,24^{**}$, т.е. можно предположить, что наследование массы 1000 семян, количества семян в

стручке и количества стручков на растении у рыжика могут наследоваться независимо.

Таблица 2

Характеристика образцов ярового рыжика, 2013-2016гг

Сортообразец	№ по каталогу ВИР	Происхождение	Урожайность, т/га	Количество стручков на растении, шт	Масса 1000 семян, г	Количество семян в стручке, шт
Lindo	к-4184	Германия	1,13	108	1,08	12
SV Came	к-4164	Швеция	0,96	113	1,04	11
VIII-659-1	к-4180	Венгрия	1,09	111	1,03	14
Иркутский местный	к-4160	Иркутская обл.	0,78	112	1,05	11
Чулымский	к-4182	Красноярский край	0,94	86	1,03	11
Крупносемянный	к-4183	Красноярский край	1,07	110	1,11	14
-	к-4162	Венгрия	0,82	95	0,97	14
-	к-4172	Свердловская обл.	0,97	91	0,92	14
Екатерининский		Тамбовская обл.	1,26	102	1,10	12
-	к-1345	Псковская обл.	1,01	114	1,06	13
-	к-3364	Украина	1,00	112	1,31	8
-	к-2272	Омская обл.	1,08	94	1,22	12
-	к-1948	Тверская обл.	0,90	85	1,11	12
-	к-2309	Красноярский край	0,97	90	1,08	11

Стоит отметить, что сорт Екатерининский имеющий наибольшую урожайность не отличается максимальными значениями слагающих продуктивность показателей. Имеются перспективы улучшения ярового рыжика по количеству семян в стручке и массе 1000 семян.

Characteristics of Camelina samples in Tatarstan

Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Tatar Scientific Research Institute of Agriculture - separate structural unit of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan', Russian Federation, e-mail: tatnii-rape@mail.ru

The characteristic of the main indicators of formation of Camelina productivity is given. On the basis of long-term study the strategy of Camelina improvement is proposed

Keywords: variety, Camelina, productivity, content of fat

УДК 633.111.1:632.938.1

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ВИДА *TRITICUM AESTIVUM* L. К ОСНОВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ В УСЛОВИЯХ ТАТАРСТАНА

Асхадуллин Дамир Ф., к.с.-х.н., в. н. с. лаб. селекции яровой пшеницы, Асхадуллин Данил Ф., к.с.-х.н., в. н. с. лаб. селекции яровой пшеницы, Василова Н.З., к.с.-х.н., зав. лаб. селекции яровой пшеницы, Багавиева Э. З., к.с.-х.н., с.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Тазутдинова М. Р., н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Гайфуллина Г. Р., м.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Хусаинова И. И., м.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань,
e-mail: trulik@ya.ru

Приведены устойчивые образцы яровой мягкой пшеницы к бурой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе, твердой головне. Устойчивость к бурой ржавчине продолжают детерминировать 11 *Lr*-генов, к твердой головне ген *Vt10*. Длительная устойчивость к мучнистой росе у сортов *Tybal* и *Ситара*. Высокоустойчив к стеблевой ржавчине сорт *Тулайковская 5*.

Ключевые слова: сорт, устойчивость к болезням, бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, мучнистая роса, твердая головня

Одним из факторов лимитирующих урожай яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье являются грибные болезни. Наиболее часто проявляются по годам бурая листовая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса и твердая головня.

Бурая листовая ржавчина (возбудитель *Puccinia recondite* Roberge ex Desm) поражает яровую мягкую пшеницу практически ежегодно, потери урожая восприимчивых сортов в Среднем Поволжье на богаре могут достигать 30% [1]. Материал коллекции пшениц в плане иммунных и высокоустойчивых образцов к бурой листовой ржавчине остаётся достаточно перспективным, но ежегодно оценивать коллекционный материал по бурой листовой ржавчине в полевых условиях при естественном заражении в полной мере затруднительно. Причины этого не только в слабой вирулентности местной популяции, но и слабой инфекционной нагрузки после острозасушливого 2010 года, после которого вредоносность бурой листовой ржавчины сильно снизилась. Если в 2009 году только 5% образцов были слабовосприимчивы и устойчивы к бурой листовой ржавчине, то в 2011,2017 таких насчитывалось 35 % от общего количества образцов.

Изучение коллекционных образцов выявило ряд образцов с высокой степенью полевой устойчивости к местной популяции бурой ржавчины. В наших условиях высокую степень устойчивости продолжают детерминировать 11 *Lr*-генов, в т.ч. часть генов в составе пирамид (табл. 1).

Таблица 1

Гены обеспечивающие высокую полевую устойчивость
к местной популяции *Puccinia recondite*

Генофонд	Lr-ген	Степень поражения, % / тип иммунности, в фазу колошения			
		2012	2014	2016	2017
RL-6040, Добрыня, Экада 6, Л-505	<i>Lr 19</i>	ед	0	10/2	ед.
Thatcher, Gloria, Cunningham	<i>Lr 24</i>	0	0	0	0
CS Lr-28	<i>Lr 28</i>	0	0	0	0
CS Lr-29	<i>Lr 29</i>	0	0	10/2	0
RL6144 (NIL Thatcher Lr 45)	<i>Lr 45</i>	1/1	0	5/1	ед
Pavon derivative (PI 603918)	<i>Lr 47</i>	0	0	0	0
Thatcher Lr 49	<i>Lr 49</i>	0	0	0	0
Лютесценс101, Тулайковская 5, Тул.10, Тул.100, Тул. Золотистая	<i>Lr Ag#2</i>	0	0	0	0
Фаворит, Воевода	<i>Lr Ag#1</i>	0	0	0	0
Лютесценс13	<i>Lr Ku *</i>	0	0	ед.	ед.
Лютесценс 516	<i>Lr 19+Bz *</i>	0	0	0	0
Лютесценс 575, Добрыня?	<i>Lr 19+14a</i>	0	0	5/1	0
Лютесценс 540, Кинельская Нива	<i>Lr 19+23</i>	1/1	ед	5/1	0
Лютесценс 598, Омская 37	<i>Lr 19+26</i>	0	0	0	0
ИТ-13-А	<i>Tt1 Tt2 *</i>	0	0	0	0

* - [2]

Мучнистая роса пшеницы – возбудитель, узко специализированный гриб *Blumeria graminis* DC. В Среднем Поволжье при эпифитотийном развитии болезни потери урожая восприимчивых сортов достигают 24% [3].

Для данного возбудителя, в наших условиях, характерна быстрая эволюция. Абсолютную устойчивость за 5 лет потеряли практически все устойчивые образцы, но отдельные образцы яровой мягкой пшеницы сохраняют слабую восприимчивость продолжительное время (табл. 2)

Таблица 2

Сорта и линии со слабой восприимчивостью к *Blumeria graminis*

Образец	происхождение	Степень поражения в период колошения,%				
		2013	2014	2015	2016	2017
Тубальт	Нидерланды, Лимбург	0	0	0	0	0
Ситара	Россия, Татарстан	0	0	0	N	0
Суб	Великобритания	0	10	5	5	ед.
Саденца	Великобритания	-	-	-	0	0
Рэффлес	Великобритания	-	-	-	0	N
Кампанин	Германия	-	3	3	ед	ед
Маттус	Германия	-	-	-	5	0
Михаел	Германия, Бавария	-	-	-	0	0
СН Рубли	Германия	0	10	10	3	ед.
Зебра	Швеция	0	5	10	10	3
SW Kungsjet	Швеция	-	-	-	0	0

Цитра	Польша	0	5	10	10	ед.
Виза	Беларусь	0	10	3	3	N
Quarna	Швейцария	-	-	-	0	0
Kommissar	Австрия	-	-	-	0	0

N- некротические пятна

Стеблевая ржавчина – *Puccinia graminis* Pers.. Не имела существенного распространения в нашей зоне до 2016 года, когда возникла эпифитотия, из коллекционных образцов оказался устойчивым лишь сорт Тулайковская 5, который имеет замещение пшеничной хромосомы 6D на хромосому 6Agⁱ² *Agropyron intermedium* у сортов безенчукского пула. Хромосома 6Agⁱ² не идентична хромосоме 6Agⁱ сортов саратовского пула [4,5,6]. При этом, сорта безенчукского пула – Тулайковская 10, Тулайковская золотистая были соответственно умеренно восприимчивым, восприимчивым. Сорт саратовского пула Фаворит оказался сильно, а Воевода умеренно восприимчивым. В 2017 году эпифитотия не повторилась, хотя телеоспоры успешно перезимовали. На инфицированном барбарисе наблюдалось спермагонияльное и эциальное спороношение, что может ускорять появление новых рас. В 2017 году степень поражения у сортов безенчукского пула не превышала 2%, а у сортов саратовского пула 5%. Вероятно, хромосома 6Agⁱ² детерминирует фактор иммунитета к *Puccinia graminis*.

Высокую степень устойчивости к местной популяции к *Puccinia graminis* имеют образцы: IAS x Alondra (к-58944, Бразилия), AC Cadillac (к-64565, Канада, Sr 42), Su-Mai 2 (к-65442, Китай), Falat (к-65853, Иран), Zidane 89 (к-65855, Алжир).

Твердую головню пшеницы, в нашей зоне, вызывают два родственных гриба – *Tilletia caries* (DC.) Tul. и *Tilletia levis* Kuhn., с существенным преобладанием первого, соотношение видов различно по годам. Более половины сортов яровой пшеницы допущенных к использованию в республике Татарстан сильно или очень сильно восприимчивы к возбудителям твердой головни [7]. Высокая устойчивость к средневожской популяции твердой головни у широко распространенных сортов Симбирцит, Экада 70, Маргарита, по-видимому, получена от сорта DC-II-21-44 имеющего в их родословной [8]. Данные сорта были слабовосприимчивыми и к местной популяции твердой головни не менее 8 лет, однако, в 2017 году их восприимчивость, как и большинства других слабовосприимчивых сортов резко возросла (табл.3). Продолжает эффективно работать ген *Bt10*, эффективность генов *Bt2* и *Bt7* не обеспечивается во все годы. Гены *Bt1* и *Bt3* потеряли свою эффективность. Предполагаем, что ген *Bt9* может супрессировать ген *Bt10*, что наблюдается у сорта Ranger.

Поражение твердой головней сортов яровой мягкой пшеницы при искусственном заражении, %

Образцы	Вероятные гены и источники устойчивости	2012	2013	2016	2017
Омская 33, восприимчивый стандарт		70	70	40	93
Маргарита	Ишеевская	0	5	11	73
Экада 66	Волжанка	0	5	0	35
Экада 70	Волжанка	0	ед	13	55
Симбирцит	Ишеевская	0	0	5	40
Архат	Ишеевская	-	-	1	33
Эстер		0	7	5	50
Злата		0	13	1	43
Sonora 37	Vt1	0	90	-	70
Vaart 38	Vt1	0	20	-	57
Gallipoli	Vt7	0	60	-	3
Ranee	Vt7	0	80	-	13
Vaart	Vt7	0	20	-	17
Canus	Vt2	0	20	-	7
Ranger	Vt9, Vt10	ед.	20	-	57
AC Cadillac	Vt10	ед.	5	-	ед.
Redman	Vt3	0	50	-	23

Практически устойчивы к местной популяции твердой головни сорта Ситара, AC Cadillac, Conley.

Список литературы

1. Сюков, В.В. Генетические аспекты селекции яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье [Текст]: автореф. дис... д. б.н. / В.В. Сюков. - Саратов, 2003. - 54 с.
2. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы [Текст]: монография / А.А. Вьюшков [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - Самара: СамНЦ РАН, 2012. - 266 с.
3. Шевченко С.Н. Создание устойчивого к мучнистой росе селекционного материала яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья [Текст]: автореф. дис...к.с.-х.н. / С.Н. Шевченко. - Спб., 1993. - 17 с.
4. A *Thinopyrum intermedium* chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases / E.A. Salina, I.G. Adonina, E.D. Badaeva et al. // Euphytica. - 2015. - Vol. 201, Iss. 1. - P. 91-101
5. Сюков, В.В. Листовая бурая ржавчина: фитопатологические и селекционно-генетические аспекты [Текст]: монография. - Казань: Изд-во Бук, 2016. - 128 с.
6. Сибикеев, С.Н. Сравнительный анализ 6Ag¹ и 6Ag² хромосом *Agropyron intermedium* (Host) Beauv у сортов и линий мягкой пшеницы с пшенично-пырейными замещениями [Текст] / С.Н. Сибикеев, Е.Д. Бадаева, Е.И. Гультияева [и др.] // Генетика. - 2017. - Т. 53. - № 3. - С. 298-310
7. Василова Н.З. Восприимчивость яровой мягкой пшеницы к татарстанской популяции твердой головни [Текст] / Н.З. Василова, Дан.Ф. Асхадуллин, Дам.Ф. Асхадуллин [и др.] // Зерновое хозяйство России. - 2017. - № 5(53). - С.8-11

8. Захаров В.Г. Методологические аспекты селекции яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье [Текст]: дис...д.с.-х.н. / В.Г. Захаров. - Пенза, 2014. – 302 с.

RESISTANCE OF SAMPLES *TRITICUM AESTIVUM L.* TO MAJOR DISEASES IN TATARSTAN

Askhadullin Damir F., Askhadullin Danil F., Vasilova N.Z., Bagavieva E. Z., Tazutdinova M. R., Gaifullina G. R., Khusainova I. I. Tatar Scientific Research Institute of Agriculture - separate structural unit of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan', Russian Federation, e-mail: trulik@ya.ru

Stability of samples of spring soft wheat to leaf and stem rust, powdery mildew, common bunt is given. Resistance to leaf rust continue to determine 11 Lr-genes. There is a long-term resistance to powdery mildew varieties Tybalt and Sitara. High resistance to stem rust has a variety Tulaykovskaya 5.

Keywords: variety, disease resistance, leaf rust, stem rust, powdery mildew, common bunt

УДК 577.22

СБОРКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БАКТЕРИОФАГА MS2 В РАСТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКСПРЕССИИ

*Байрамова Д.О.*¹ студентка, Томилин М.А.¹ студент, Жирнов И.В., Филипенко Е.А.² младший научный сотрудник, Герасимова С.В.² к.б.н., научный сотрудник, Кочетов А.В.^{1,2} член-корр. РАН, главный научный сотрудник*

(1) Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

(2) Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирск, Россия

**bayramova.daria@gmail.com*

*Сборка вирулентного бактериофага в чужеродной системе экспрессии является интересной, на настоящий момент не решённой, биотехнологической проблемой. Запланировано на основе клеток табака *Nicotiana tabacum* создать растительную систему, экспрессирующую функциональный бактериофаг MS2. Проведено клонирование генов бактериофага, создание генетических конструкций для экспрессии этих генов в клетках растений, поставлена агробактериальная трансформация табака полученными конструкциями.*

Ключевые слова: бактериофаг, табак, чужеродный репликон, MS2, трансгенные растения

Целью данного исследования является сборка вирулентного бактериофага в растительной экспрессионной системе. Главный вопрос настоящей работы: будет ли бактериофаг MS2 по-прежнему вирулентен для *E. coli* после его сборки в растениях *Nicotiana tabacum*? MS2 имеет один из самых маленьких известных геномов, это РНКовый вирус, имеющий всего 4 гена: белка оболочки (CP, 393 bp), матуразы (mat, 1182 bp), репликазы (rep) и белка лизиса (lys),

причём последовательность *lys* перекрывает последовательности *CP* и *гер*. Вирион бактериофага представляет собой геном (одноцепочечная РНК) и 1 молекулу матуразы, покрытые 180 копиями белка оболочки. Попадая в бактериальную клетку, РНК фага начинает вести себя как мРНК, а матураза необходима для её процессинга. Мы предполагаем, что для сборки в клетке растения способного к размножению вируса достаточно экспрессии в одной системе белка его оболочки, белка матуразы и синтеза РНК генома.

Задачи исследования: 1. выбор векторов для экспрессии генов и генома бактериофага; 2. клонирование генов белка оболочки и матуразы и генома бактериофага MS2 в составе выбранных векторов; 3. получение трансгенных растений, экспрессирующих гены бактериофага; 4. объединение экспрессии генов матуразы, белка оболочки и полного генома фага в одной экспрессионной системе; 5. анализ эффективности сборки вирулентного бактериофага в клетках растений.

Результаты и обсуждение. Бактериофаг MS2 из коллекции ATCC (15597-B1, Великобритания), был размножен на чашках с двойным слоем агара в штамме *E.coli* ER2738, из 100 мкл лизата бактерий была выделена РНК при помощи препарата Trizol, проведена обратная транскрипция и дальнейшая амплификация специфических последовательностей. Последовательности генов матуразы и белка оболочки были амплифицированы в ПЦР с использованием высокоточной полимеразы, полученные ПЦР-фрагменты были клонированы в вектор pJet1.2. (Thermo Scientific), правильность последовательностей подтверждена секвенированием по Сэнгеру. Далее гены были перенесены в бинарный вектор pSim24 [1] путём ПЦР, рестрикции по сайтам HindIII и BamHI и лигирования. Правильность сборки полученных конструкций подтверждена секвенированием. Была проведена трансформация *Agrobacterium tumefaciens* штамма EHA105 полученными бинарными векторами, несущими гены *mat* и *CP*, и поставлена агробактериальная трансформация табака *N. tabacum* линии SR1. Полноразмерный геном MS2 был клонирован методом ПЦР-сплайсинга с использованием ПЦР фрагментов, полученных в результате амплификации участков кДНК генома фага. Клонирование генома фага проводится в системе клонирования GateWay. Планируется получение трансгенных растений, экспрессирующих гены бактериофага, их анализ методами ПЦР и ОТ-ПЦР. Для объединения генов *CP*, *mat* и генома MS2 в одной растительной системе рассматривается несколько путей: 1) последовательная трансформация растений табака различными векторами со встройками целевых генов, каждый из которых несёт ген устойчивости к своему антибиотику; 2) скрещивание трансгенных растений табака, несущих разные трансгены, отбор гибридов первого поколения, содержащих обе встройки; 3) одновременная транзиентная

экспрессия нескольких конструкций в клетках эпидермиса и мезофила листьев табака. Заключительной частью работы, отвечающей на главный вопрос исследования, является проверка вирулентности собранного в растительной системе MS2 по отношению к его хозяину кишечной палочке. Для этого будет использован метод нанесения экстракта растений на бактериальный газон. Подсчёт количества фаговых бляшек даст информацию о наличии и титре вирулентного MS2 в клетках растений.

Работа поддержана бюджетным проектом 0324-2018-0018.

Список литературы

1. Sahoo D. K. et al. pSiM24 Is a Novel Versatile Gene Expression Vector for Transient Assays As Well As Stable Expression of Foreign Genes in Plants // Published online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4045853/>. 2014.

ASSEMBLY OF THE FUNCTIONAL BACTERIOPHAGE MS2 IN A PLANT EXPRESSION SYSTEM

Bayramova Darya¹, Tomilin Matvey¹, Zhyrnov Ivan², Filipenko Elena², Gerasimova Sophia², Kochetov Alexey^{1,2}

(1) Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

(2) Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

*Assembly of the virulent bacteriophage in a foreign expression system appears to be exciting and currently unsolved problem in biotechnology. We have purposed to create a plant expression system based on *Nicotiana tabacum* cells which is able to provide the functional bacteriophage MS2. We have executed cloning of bacteriophage genes, creating constructs for the genes expression in tobacco cells, agrobacterium-mediated tobacco plants transformation with plasmids carrying sequences of the genes.*

Bacteriophage, tobacco, foreign replicon, MS2, transgenic plants

УДК 632.4:633.1

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ В ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЯХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Баранова О.А.¹ к.б.н., в.н.с., Сибикеев С.Н.² д.б.н., г.н.с, Дружин А.Е.² к.с.-х.н., в.н.с.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия, baranova_oa@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства юго-востока» (НИИСХ Юго-Востока), Саратов, Россия.

В работе проанализированы интрогрессивные линии яровой мягкой пшеницы (57 линий) на устойчивость к саратовской и дербентской популяциям стеблевой ржавчины и

наличие известных *Sr* генов. В проанализированных интрогрессивных линиях идентифицированы гены *Sr31*, *Sr25* и *Sr38*. Сочетание генов – *Sr31+Sr25* было идентифицировано у 15 линий (26,3%). У одной линии идентифицировано сочетание генов *Sr38 + Sr25*.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, интрогрессивные линии, *Puccinia graminis f. sp. tritici*, *Sr* гены.

В последние годы наблюдается усиление вредоносности стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. et Henn на территории Российской Федерации. Эпифитотийное развитие болезни отмечалось в 2015, 2016 годах в Западной Сибири, Центральном регионе Европейской части РФ и Нижнем Поволжье. Сохраняется угроза проникновения в РФ высоковредоносной расы возбудителя стеблевой ржавчины - Ug99. В связи с этим большое значение приобретает оценка генетического потенциала селекционного материала пшеницы и идентификация генов устойчивости, эффективных не только против местных популяций патогена, но и против расы Ug99.

Целью нашей работы была оценка интрогрессивных линий пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине и идентификация эффективных *Sr* генов с использованием молекулярных маркеров.

В работе анализировали селекционный материал НИИСХ Юго-Востока (57 интрогрессивных линий). Фитопатологическую оценку устойчивости в поле проводили по стандартным методикам. Размножение популяций *P. graminis* и оценку устойчивости в лабораторных условиях проводили по методикам, принятым в мировой практике [2]. Тип реакции определяли по стандартной шкале Стекмана [10]. ДНК выделяли из 5-ти дневных проростков с использованием цетилтриметиламмонийбромидом (СТАВ) [7]. Разделение продуктов амплификации проводили в 2% агарозных гелях, окрашенных бромистым этидием. Положительным контролем служили изогенные линии и сорта с известными *Sr* генами, негативным контролем - восприимчивый сорт Саратовская 29. Для идентификации генов устойчивости (*Sr2*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr28*, *Sr31*, *Sr32*, *Sr36*, *Sr38* и *Sr39*) использовали ДНК маркеры, рекомендованные для маркервспомогательной селекции (MAS) (табл.1).

Таблица 1

Молекулярные маркеры, используемые для идентификации *Sr* генов

Sr ген	Маркер	Последовательность (5' → 3')	Источник
<i>Sr2</i>	<i>csSr2</i>	F - CAA GGG TTG CTA GGA TTG GAA AAC R -AGA TAA CTC TTA TGA TCT TAC ATT TTT CTG	[5]

<i>Sr24/Lr24</i>	<i>Sr24#12</i> <i>Sr24#50</i>	F –CACCCGTGACATGCTCGTA R –AACAGGAAATGAGCAACGATGT F – CCCAGCATCGGTGAAAGAA R – ATGCGGAGCCTTCACATTTT	[3]
<i>Sr25/Lr19</i>	<i>Gb</i>	F CAT CCT TGG GGA CCT C R CCA GCT CGC ATA CAT CCA	[8]
<i>Sr26</i>	<i>Sr26#43</i>	F AAT CGT CCA CAT TGG CTT CT R CGC AAC AAA ATC ATG CAC TA	[3]
<i>Sr28</i>	<i>wPt-7004-PCR</i> <i>Xwmc332</i>	F - CTC CCA CCA AAA CAG CCT AC R - AGA TGC GAA TGG GCA GTT AG F CAT TTA CAA AGC GCA TGA AGC C R GAA AAC TTT GGG AAC AAG AGC A'	[9]
<i>Sr31/Lr26</i>	<i>Scm9</i>	F-TGACAACCCCTTTCCCTCGT R-TCATCGACGCTAAGGAGGACCC	[12]
<i>Sr32</i>	<i>csSr32#2</i>	F CAA ATG AAT AGA AAA ACC CGT GCT' R CAC ACA CTG TTT TCC GTT GC	[6]
<i>Sr36</i>	<i>Xstm773-2</i>	F-ATGGTTTGTGTGTGTGTGTAGG R- AAACGCCCAACCACCTCTCTC	[11]
<i>Sr38/Lr37</i>	<i>VENTRIU</i> <i>P-LN2</i>	VENTRIUP'- AGG GGC TAC TGA CCA AGG CT LN2 - TGC AGC TAC AGC AGT ATG TAC ACA AAA'	[1]
<i>Sr39/Lr35</i>	<i>Sr39#22</i>	F –AGAGAAGATAAGCAGTAAACATG R- TGCTGTCATGAGAGGAACTCTG	[4]

На первом этапе работы 57 линий были оценены на устойчивость к саратовской популяции стеблевой ржавчины в полевых условиях и на устойчивость к дербентской популяции стеблевой ржавчины на стадии проростков в лабораторных условиях. Все линии были устойчивы к саратовской популяции стеблевой ржавчины в поле и к дербентской популяции на стадии проростков. Только 5 линий были гетерогенны по устойчивости к дербентской популяции патогена.

Из генов, неэффективных к Ug99, но эффективных к местным популяциям стеблевой ржавчины в линиях был идентифицирован ген *Sr31*. Для его идентификации был использован маркер *scm9*, выявляющий ржаную транслокацию 1BL.1RS, несущую комплекс генов устойчивости к стеблевой *Sr31*, бурой *Lr26*, желтой *Yr9* ржавчинам и мучнистой росе *Pm8*. Данная транслокация (ген *Sr31*) была идентифицирована у 20 линий из 57 (35% образцов). Все линии, несущие транслокацию 1BL.1RS, были устойчивы к саратовской и дербентской популяциям патогена. Из генов, эффективных к Ug99, практически у всех линий (в 49 линиях), с использованием рекомендованного для маркервспомогательной селекции маркера *Gb* идентифицирован ген *Sr25* (86% линий). Только в одной линии (№51 Целинная20/Добр//Добр/3/ Добр Lr9/4/ Milan/Prinia//*4Добр) с использованием праймеров VENTRIUP-LN2 был идентифицирован ген *Sr38* – на данном этапе у

этой линии идентифицировано сочетание генов *Sr25 + Sr38*. Кроме того, в одной линии с использованием маркеров – *wPt-7004-PCR* и *Xwmc332* был идентифицирован ген *Sr28*, однако данный факт будет подтверждаться в ходе дальнейшей работы с использованием других маркеров. Для идентификации гена возрастной устойчивости *Sr2* был использован CAPS маркер *csSr2*. Продукт амплификации с праймерами *csSr2F/R* наблюдался практически у всех взятых в анализ образцов. После рестрикции продукта амплификации рестриктазой *BspHI*, диагностический фрагмент 172 п.о. наблюдали только в контрольных сортах Arthur и Oasis. В образцах также не были обнаружены гены от *Aegilops speltoides*, хотя наличие в родословных линий интрогрессий от этого вида давали основание предполагать возможность наличия таких генов, как *Sr32* и *Sr39*.

Таким образом, в проанализированных интрогрессивных линиях были в основном идентифицированы гены *Sr31* и *Sr25*. Сочетание этих генов – *Sr31+Sr25* было идентифицировано у 15 линий (26,3%). У одной линии идентифицировано сочетание генов *Sr38 + Sr25*. Данная линия была устойчива к обеим популяциям патогена. Гены *Sr2*, *Sr24*, *Sr26*, *Sr32*, *Sr36*, *Sr39* в анализируемых линиях обнаружены не были.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-016-00170 .

Список литературы

1. Helguera M. PCR assays for the *Lr37-Yr17-Sr38* cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines / M Helguera, IA Khan, J Kolmer, D Lijavetzky, L Zhong-qi, J Dubcovsky // Crop Science. - 2003. - № 43. – P.1839-1847.
2. Jin, Y. Characterization of seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic Sr gene lines to race TTKS of Puccinia graminis f. sp. Tritici / Jin, Y., Singh, R. P., Ward, R. W., Wanyera, R., Kinyua, M., Njau, P., Fetch, T., Pretorius, Z. A., and Yahyaoui, A. // Plant Disease. - 2007. - Vol. 91. – P.1096-1099.
3. Mago R. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes *Sr24* and *Sr26* in diverse wheat germplasm / R Mago , HS Bariana , IS Dundas , W Spielmeyer , GJ Lawrence , AJ Pryor , JG Ellis // Theor. Appl. Genet. - 2005. - V.111. - P.496–504.
4. Mago R. Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene *Sr39* with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker assisted selection / R Mago, P Zhang, HS Bariana, DC Verlin, UK Bansal , JG Ellis, IS Dundas // Theor. Appl. Genet. - 2009. - №119. – P.1441-1450.
5. Mago R. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene *Sr2* in wheat / R. Mago, G. Brown-Guedira, S. Dreisigacker, J. Breen, Y. Jin, R. Singh, R. Appels, ES. Lagudah, J. Ellis, W. Spielmeyer // Theoretical and Applied Genetics. - 2011.- №122. - P.735-744.
6. Mago R. Development of wheat–*Aegilops speltoides* recombinants and simple PCR-based markers for *Sr32* and a new stem rust resistance gene on the 2S#1 chromosome / R Mago, D Verlin, P Zhang, U Bansal, H Bariana, Y Jin, J Ellis, S Hoxha, I Dundas // Theoretical and Applied Genetics. - 2013. - № 126. - P.2943-2955.

7. Murray M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA / M.G. Murray, W.F. Thompson // *Nucleic Acids Res.* - 1980. - P.4321-4325.
8. Prins R. AFLP and STS tagging of *Lr19*, a gene conferring resistance to leaf rust in wheat / R. Prins, J. Z. Groenewald, G. F. Marais, J. W. Snape, R. M. D. Koebner // *Theor. Appl. Genet.* - 2001. - V.103.- P. 618–624.
9. Rouse M.N. Identification of markers linked to the race Ug99 effective stem rust resistance gene *Sr28* in wheat (*Triticum aestivum* L.) / M.N. Rouse, IC Nava, S Chao, JA Anderson, Y Jin. // *Theoretical and Applied Genetics.* - 2012. - №125. - P.877-885.
10. Stakman E.C. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* species / E.C. Stakman, M.N. Levine // *Minn. Arg. Res. Stn. Tech. Bull.*- 1922. – №8. – 10pp
11. Tsilo T.J. Diagnostic microsatellite markers for detection of stem rustresistance gene *Sr36* in diverse genetic backgrounds of wheat. / T.J. Tsilo, Y. Jin, J.A. Anderson // *Crop Sci.* – 2008. - №48. – P.253-261.
12. Weng Y. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat–rye translocations in wheat background / Y.Weng, P.Azhaguvel, R.N. Devkota, J.C. Rudd // *Plant Breeding.* - 2007. - №126. - P.482-486.

MOLECULAR IDENTIFICATION OF THE STEM RUST RESISTANCE GENES IN INTROGRESSION LINES OF SPRING SOFT WHEAT

Baranova Olga Aleksandrovna, Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Institute of Plant Protection (FSBSI VIZR), St.Petersburg-Pushkin, Russia

Sibikeev Sergey Nikolaevich., Druzhin Aleksandr Evgenyevich, Agricultural Research Institute for Southeast Regions, Saratov, Russia

Introgression lines of spring soft wheat (57 lines) were analyzed for resistance to Saratov and Derbent stem rust populations and the presence of known Sr genes. The genes of Sr31, Sr25 and Sr38 were identified in the analyzed introgression lines. The combination of Sr31 + Sr25 genes was identified in the 15 lines (26.3%). The combination of Sr38 + Sr25 genes was identified in one line.

Keywords: spring soft wheat, introgression lines, Puccinia graminis f. sp. tritici, Sr genes

УДК 631.524.85:633.11.«321» (571.1)

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА КАСИБ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Белан И. А., к.с.-х. н., в.н.с., зав. лаб., Россеева Л. П., к.с.-х. н., в.н.с., Мешкова Л.В., к.б. н., в.н.с., зав. лаб., Блохина Н. П., с. н.с., Ложникова Л. Ф., с.н.с., Золкин Д.А., н.с.

ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск, Россия, Трубочеева Н.В., к.б.н., н. с., Першина Л. А., д. б. н., профессор, зав. лаб. «ИЦиГ СО РАН», г. Новосибирск, Россия

e-mail: belan_skg@mail.ru

Представлены данные изучения форм КАСИБ в 2017г. Из 47 образцов 16 форм относились к среднеранней группе спелости, 13- среднеспелой и 18 – к среднепоздней. Высокую резистентность к бурой ржавчине проявили 20 (42,5%), стеблевой ржавчине – 13 (27,6 %) и мучнистой росе - 15 (31,9%) форм. Комплексную устойчивость к листовостебельным патогенам проявили Лютесценс KS 140/08-3, Лютесценс KS 963, ОмГАУ-100, Столыпинская 2, Элемент 22 и Лютесценс 3/04-21-11.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, мучнистая роса, устойчивость.

В лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы (ФГБНУ «Омский АНЦ»), которая является членом КАСИБ с 2000г., в 2017г. по программе Казахстанско–Сибирская сеть по улучшению пшеницы, изучалось 47 сортов и селекционных линий, полученных из 8 учреждений России и 8 - Казахстана. Все сортообразцы оценивались по устойчивости в полевых условиях к бурой (*Puccinia recondita* Rob. ex Desmf. sp. tritici Erikss.) и стеблевой (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici Erikss. Et Henn.) ржавчинам, мучнистой росе (*Blumeria graminis* Speerf.sp. tritici Marchal), а также в KALRO (Kenya) на специализированном фоне по резистентности к стеблевой ржавчине. Международные экологические результаты исследований, очень важны для селекционеров как при передаче сортов на ГСИ, так и включении в Госреестр РФ и РК. Девять сортов – Казанская юбилейная, Омская 35, Омская 36, Омская 37, Омская 38, Боевчанка, Уралосибирская, Омская краса и Сигма уже включены в Госреестр РФ, сорта Омская 37, Уралосибирская, Омская краса и Омская 41 – в Госреестр РК. Сорта Омская 42, Омская 43 проходят сортоиспытание в РФ и два сорта в РК – Сигма и Сигма 2.

В проведенных опытах в лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы сортообразцы высевались на делянках площадью 5 м² сеялкой ССФК–7 М, в двух–трехкратной повторности. В качестве стандартов при изучении сортообразцов использованы сорта – Омская 36 (среднеранняя группа), Дуэт (среднеспелая группа) и Омская 35 (среднепоздняя группа). Уборка проводилась малогабаритным комбайном «Неге –125».

Наблюдения и учеты проводились в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [1]. В полевых условиях оценку на устойчивость к возбудителям листовых патогенов проводили по шкале Петерсона [2]. Учеты в полевых условиях проводили в динамике (минимум 2 раза) с начала проявления заболевания, индекс устойчивости (ИУ) рассчитывали по методическим рекомендациям ВНИИФ[3]. Результаты исследований статистически обработаны по пособию Б.А. Доспехова [4], с использованием табличного процессора Microsoft Excel [5].

Определение длины вегетационного периода у 47 форм, полученных в рамках программы КАСИБ, показало, что 16 форм были отнесены к среднеранней группе спелости (табл.1). Продолжительность их периода вегетации в среднем равнялась 88 суткам и колебалась от 81-91 суток.

Характеристика лучших форм КАСИБ по хозяйственно-ценным признакам, Омск, 2017г.

Сорт, линия	Учреждение	Вегетацион. период, сутки	Уро- жай- ность, т/га	±		Индекс устойчивости*		
				к стандарту		ржавчина		мучн. роса
				St 1	St 2	бурая	стебл.	
Среднеранняя группа спелости								
St 1 Омская 36	Местный стандарт	88	3,80	-	-	0,80	0,95	1,00
St 2 Астана 2	Междн. стандарт	87	3,44	-	-	0,36	0,95	0,13
Лют. 1103	АНИИСХ	91	4,33	0,53	0,89	0,64	0,95	0,74
Новосибир. 41	СИБНИИРС	86	4,24	0,44	0,8	0,14	0,86	0,26
Лют. 79/04-11	Омский АНЦ	91	4,84	1,04	1,4	0,20	0,10	0,48
Тюменская юб.	ГАУ СЗ	91	4,39	0,59	0,95	0,40	0,33	0,64
Тюменочка	ГАУ СЗ	88	4,22	0,42	0,78	0,50	0,29	0,29
Среднеспелая группа спелости								
St 1 Дуэт	Местный стандарт	92	3,77	-	-	0,35	1,00	0,38
St2 Саратов. 29	Междн. стандарт	92	2,16	-	-	0,52	0,95	1,00
Степная 253	Актюб.СХОС	93	3,92	0,15	1,76	0,50	0,86	0,93
Лют. 248/01	Каз НИИ ЗХ	93	3,48	-0,29	1,32	0,64	1,00	0,45
Лют. 393/05	Каз НИИ ЗХ	94	3,5	-0,27	1,34	1,00	1,00	0,92
Лют. 48-204-03	Карабалык. СХОС	94	3,45	-0,32	1,29	0,64	0,95	0,86
Лют. 65	Павлодар.НИИСХ	93	3,56	-0,21	1,4	0,93	0,95	0,93
Лют.3/04-21-11	Омский АНЦ	95	4,99	1,22	2,83	0,15	0,05	0,30
Среднепоздняя группа спелости								
St 1 Омская 28	Местный стандарт	96	3,71	-	-	0,73	1,00	0,63
St 2 Омская 35	Междн. стандарт	94	3,83	-	-	0,48	0,67	0,82
ГВК 2161	ВКНИИСХ	99	4,2	0,49	0,37	0,52	0,22	0,71
Л. KS140/08-3	Кургансемена	97	4,82	1,11	0,99	0,24	0,11	0,55
Лют. KS 963	Кургансемена	99	6,09	2,38	2,26	0,00	0,06	0,27
СПЧС 69	Омский АНЦ	96	5,48	1,77	1,65	0,00	0,12	0,35
Силач	Челяб.НИИСХ	98	5,42	1,71	1,59	0,18	0,07	0,73
Элемент 22	Омский ГАУ	99	5,71	2	1,88	0	0,07	0,52

*ИУ – индекс устойчивости. Уровень устойчивости: высокий - от 0,10 до 0,35; средний – от 0,36 до 0,65; низкий – от 0,66 до 0,80 и восприимчивость > 80.

Наиболее короткий период всходы-восковая спелость (81 сутки) отмечена у сорта Новосибирская 16 (СибНИИРС). Урожайность в среднем равнялась 3,86 т/га, интервал между минимальной урожайностью 3,02 т/га (Памяти Азиева) и максимальной 4,84 т/га (Лютесценс 79/04-11) составил 1,82 т/га. К среднеспелой группе спелости относилось 13 форм. Продолжительность периода вегетации в среднем равнялась 94 суткам (от 92 до 95 суток). Наиболее короткий период всходы-восковая спелость имели сорта стандарты Дуэт и Саратовская 29. Урожайность в среднем равнялась 3,30 т/га, интервал между минимальной урожайностью 2,13 т/га (Лютесценс 261, Павлодарский НИИСХ)

и максимальной 4,99 т/га (Лютесценс 3/04-21-11, Омский АНЦ) составил 2,86 т/га. В среднепоздней группе спелости насчитывалось 18 форм. Продолжительность периода вегетации в среднем равнялась 98 суткам (от 94 до 100 суток).

Наиболее короткий период всходы - восковая спелость имели сорт-стандарт Омская 35. Урожайность в среднем равнялась 4,08 т/га, интервал между минимальной урожайностью 2,84 т/га (ГВК 2127, ВКНИИСХ) и максимальной 6,09 т/га (Лютесценс KS 963, Кургансемена) составил 3,25 т/га. Таким образом, разница в вегетационном периоде между среднеранними и среднеспелыми формами составила 6 суток, между среднеспелыми и среднепоздними - 4 суток. Следовательно, среднеранние формы созревают на декаду раньше среднепоздних. Данные по урожайности показывают, что наименьшей средней характеризуются формы, относящиеся к среднеспелой группе спелости.

Известно, что потери урожая при поражении посевов бурой ржавчиной и мучнистой росой могут составлять 30% и более, а массовое развитие стеблевой ржавчины приводит к уничтожению урожая зерновых [6].

Результаты оценки устойчивости форм к листостебельным патогенам в полевых условиях показали, что на посевах в Актюбинской СХОС и Карабалыкской не отмечено поражение растений бурой ржавчиной, в КазНИИЗиР и НИИПББ поражение листа не превышало 50%. Максимальное развитие патогена выявлено на полях Самарского НИИСХ, Кургансемена, Челябинского НИИСХ, ВНИИФ, ФГБНУ «Омский АНЦ», СибНИИРС и ВНИИЗР. Высокую резистентность к бурой ржавчине проявили 20 (42,5%), стеблевой ржавчине – 13 (27,6 %) и мучнистой росе – 15 (31,9%) форм. Комплексную устойчивость к листостебельным заболеваниям проявили Лютесценс KS 140/08-3 и Лютесценс KS 963 (оба Кургансемена), ОмГАУ-100, Столыпинская 2, Элемент 22 (все Омский ГАУ) и Лютесценс 3/04-21-11 (ФГБНУ «Омский АНЦ»).

В текущем эпифитотийном году индекс устойчивости у сортообразцов Лютесценс 3/04-21-11, СПЧС 69 к листостебельным заболеваниям не превышал 0,35, сортообразец Лютесценс 79/04-11 (ФГБНУ «Омский АНЦ») характеризовался высоким уровнем устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине (ИУ = 0,20 и 0,10, соответственно) и средним (ИУ=0,48) – к мучнистой росе.

Идентификация генов показала, что эти сортообразцы являются носителями генов устойчивости к бурой ржавчине Lr 26, Lr1 (Лютесценс 3/04-21-11), Lr19, Lr1 (Лютесценс 79/04-11) и Lr24 (СПЧС 69) и Sr 31 к стеблевой ржавчине.

Анализ вирулентности в спорообразцах патогена бурой ржавчины в пунктах Омска, Челябинска и Кургана показал, что ген Lr 26, Sr 31 относятся к высокоэффективным генам резистентности ($R < 50$), Lr 1 – низкоэффективным и около 30% клонов авирулентны к гену Lr 24.

Таким образом, благодаря комплексу генов резистентности к листовостебельным патогенам, сортообразец Лютесценс 79/04-11 превзошел местный стандарт Омскую 36 на 1,04 т/га, а международный стандарт Астана 2 на 1,4 т/га. Сортообразец Лютесценс 3/04-21-11 превысил стандарты – Дуэт на 1,22 т/га, а Саратовскую 29 – на 2,83 т/га. Этот сортообразец передан в 2017г. на ГСУ под названием Омская 43. Сортообразец СПЧС 69 превысил стандарты Омская 28 и Омская 35 на 1,77 т/га и 1,65 т/га, соответственно.

Результаты оценки на устойчивость к стеблевой ржавчине Ug99 в Кении показали, что порядка 20 % сортообразцов имеют хорошую устойчивость к Ug99 (5R-30MS). Высокую устойчивость (5R) к Ug99 показали СПЧС 69 (ФГБНУ «Омский АНЦ») и Лютесценс 449 (Актюбинская СХОС).

Рассчитанные коэффициенты корреляции показали, что у форм среднеранней группы спелости урожайность имеет положительную среднюю связь с периодом вегетации ($r=0,47$) и слабую ($r < 0,3$) с устойчивостью к листовостебельным патогенам, а у форм среднеспелой и среднепоздней групп спелости – слабая связь с периодом вегетации ($r < 0,24$) и поражением мучнистой росой ($r < -0,22$) и средняя отрицательная с поражением бурой ($r =$ соответственно $-0,41$ и $-0,46$) и стеблевой ($r =$ соответственно $-0,52$ и $-0,60$) ржавчинами. Независимо от группы спелости большинство форм, устойчивых к бурой ржавчине проявляют устойчивость и к стеблевой ржавчине (r колеблется от $0,42$ до $0,63$), а большинство формы среднепоздней группы резистентные к мучнистой росе восприимчивы к бурой и к стеблевой ржавчинам.

Проведенные исследования по изучению сортообразцов КАСИБ, позволили выделить наиболее перспективные генотипы, представляющие

интерес в качестве исходного материала для селекции. Сорты и линии, характеризующиеся комплексной устойчивостью к листовостебельным патогенам и повышенной урожайностью в среднеранней группе спелости Лютесценс 79/04-11 и Тюменочка, в среднеспелой – Лютесценс 3/04-21-11, среднепоздней Лютесценс 963, СПЧС 69, Силач и Элемент 22 рекомендуются для использования в селекции на устойчивость к листовостебельным заболеваниям.

Список литературы

1. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. – М. 1985. – Вып.1-й. –269 с.
2. Методика оценки селекционных форм и сортов мягкой пшеницы при испытании на

отличимость, однородность и устойчивость к факторам среды / В.А. Зыкин, Л.П. Россеева, И.А. Белан, Р.К. Кадиков. – Метод.рекоменд. // СО РАСХН, СиБНИИСХ, ФГОУ ВПО БГАУ. – Уфа, 2004. – 39с.

3. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирнова Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине/ Методические рекомендации ВНИИФ, М., 2012.- С. 93.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов – М.: Колос, 1979. – 415с.

5. Макарова Н.В. Статистика в Excel: учеб.пособие. / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 386 с.

6. Чулкина В.А. Эпифитотииология (экологические основы защиты растений) / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г. Я. Стецов. – Новосибирск, 1998. – 198 с.

IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF KASIB MATERIAL IN SOUTHERN FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

I.A. Belan, L.P. Rosseeva, L.V. Meshkova, N.P. Blokhina, L.F. Lozhnikova, Zolkin D.A.

Omsk Agricultural Research Institute, Omsk, Russia,

N.V. Trubacheeva, L.A. Pershina

Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia

e-mail: belan_skg@mail.ru

*Data on the study of KASIB forms in 2017 are presented. Of the 47 samples, 16 forms were related to the early ripening group, 13 medium-mild and 18 to medium late. High resistance to leaf rust was shown by 20 (42.5%), stem rust - 13 (27.6%) and powdery mildew - 15 (31.9%) forms. *Lutescens* KS 140/08-3, *Lutescens* KS 963, OmGAU-100, *Stolypinskaya* 2, *Element* 22 and *Lutescens* 3 / 04-21-11 demonstrated complex resistance to leaf-stalk pathogens.*

Key words: wheat soft spring, leaf rust, stem rust, powdery mildew, resistance.

THE IMPORTANCE OF PLANT GENETIC RESOURCES FOR UPCOMING CHALLENGES IN BREEDING AND RESEARCH

*Börner A.^{*1}, Nagel M.¹, Agacka-Moldoch M.^{1,2}, Börner M.^{1,3}, Lohwasser U.¹, Pshenichnikova T.A.⁴, Khlestkina E.⁴*

¹*Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Germany*

²*Institute of Soil Science and Plant Cultivation, State Research Institute, Pulawy, Poland*

³*Enza Zaden, Research and Development B.V., Enkhuizen, The Netherlands*

⁴*Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia e-mail: *boerner@ipk-gatersleben.de*

Plant genetic resources for food and agriculture (PGRFA) play a major role for global food security. The most significant and widespread mean of conserving PGRFA is *ex situ* conservation. Most conserved accessions are kept in specialized facilities known as genebanks maintained by public or private institutions. World-wide 7.4 million accessions are stored in about 1,750 *ex situ* genebanks. The ten largest collections are listed in table 1 (FAO 2010).

Table 1

The ten largest germplasm collections on earth (FAO 2010)

Institution	Country	Accessions
NPGS (National Plant Germplasm System)	USA	508,994
ICGR-CAAS (Institute of Crop Germplasm Resources, Chinese Academy of Agricultural Science)	China	391,919
NBPGR (National Bureau of Plant Genetic Resources)	India	366,333
VIR (N. I. Vavilov Research Institute of Plant Industry)	Russia	322,238
NIAS (National Institute of Agrobiological Science)	Japan	243,463
CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo)	Mexico	173,571
IPK (Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung)	Germany	148,128
ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas)	Syria	132,793
ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics)	India	118,882
IRRI (International Rice Research Institute)	Philippines	109,161

Plant *ex situ* genebank collections comprise seed genebanks, field genebanks and *in vitro* collections. Species whose seed can be dried, without damage, down to low moisture contents can be conserved in specially designed cold stores. Such “orthodox” seeds can be expected to maintain a high level of vigour and viability for decades. Field genebanks and *in vitro* storage are used primarily for species which are either vegetatively propagated or which have non-orthodox seeds that cannot be dried and stored for long periods. In addition, perennial species, for example certain forage species, which produce small quantities of seed, and long-lived plants (in particular, trees) are also maintained this way. It is estimated that worldwide, less than 10% of genebank holdings are stored *in vivo* in the field, and less than 1% are conserved *in vitro* (FAO 1998). Clearly, seed storage is the predominant mode of plant genetic resources conservation.

Considering major crop groups about 45 percent of all the accessions in the world’s genebanks are cereals. Food legumes are the next largest group, accounting for about 15 percent of all accessions while vegetables, fruits and forage crops each account for 6-9 percent of the total number of accessions maintained *ex situ*. Roots and tubers, as well as oil and fibre crops each account for 2-3 percent of the total (Table 2).

Table 2

Contribution of major crop groups in total *ex situ* collections

Crop	Percentage
Cereals	45
Food legumes	15
Forages	9
Vegetables	7
Nuts, Fruits, Berries	6

Roots and Tubers	3
Oil crops	3
Fibre crops	2
Sugar crops	1
Others	8

The largest total numbers of *ex situ* accessions are of wheat, rice, barley and maize accounting for 77 percent of the total cereal stocks. Other large germplasm holdings include bean, sorghum, soybean, oat, groundnut and cotton. Details are given in table 3.

Table 3

The 10 largest world-wide germplasm collections by crop (FAO 2010)

Crop	Genus	Accessions
Wheat	<i>Triticum</i>	856.168
Rice	<i>Oryza</i>	773.948
Barley	<i>Hordeum</i>	466.531
Maize	<i>Zea</i>	327.932
Bean	<i>Phaseolus</i>	261.963
Sorghum	<i>Sorghum</i>	235.688
Soybean	<i>Glycine</i>	229.944
Oat	<i>Avena</i>	130.653
Groundnut	<i>Arachis</i>	128.435
Cotton	<i>Gossypium</i>	104.780

With a total inventory of 150,000 accessions from 3,212 plant species and 776 genera, the ‘Federal *ex situ* Genebank of Germany’ in Gatersleben holds one of the most comprehensive collections worldwide. It comprises wild and primitive forms, landraces as well as old and more recent cultivars of mainly cereals but also other crops (Table 4). Starting in the 1920’s material was accumulated systematically. Seed storage is managed in large cold chambers at -18°C. Seeds are kept in glass jars, covered with bags containing silica gel.

Table 4

Inventory of the Gatersleben *ex situ* collection as on June 30, 2015 (Anonymous 2016)

Assortments	Accessions
Cereal and Grasses	65,894
Legumes	27,904
Vegetables	21,111
Oil, Fibre, Dye Plants	5,489
Medicinal, Spice Plants	8,216
Forage Crops	14,281
Potatoes	6,158
Others	1,724
Total	150,777

The maintenance of the collection requires regeneration. Each year between 8 and 10% of the collection is grown either in the field or in glasshouses. Regeneration

becomes necessary when: (1) the quantity of stored seed has dropped below a pre-set threshold, due to supply to users, (2) viability falls below a pre-set threshold, (3) phenotypic evaluations of the accessions need to be conducted or (4) new accessions, which require multiplication and characterization, enter the collection. Regeneration is carried out locally to ensure genetic integrity and to minimize genetic erosion. Voucher specimens, photographs and written documentation are used to monitor the identity of the material. Special attention has to be given to out-pollinating species, which are either multiplied in small glasshouses or in isolation plots in the field. Since the majority of genebank accessions globally are stored in the form of seed, seed longevity is of particular importance for crop germplasm preservation. At the IPK research was initiated for a range of crops stored in the genebank over decades. Variation between crop species was detected (Nagel and Börner 2010). Intraspecific variation of genebank collections was investigated by Nagel *et al.* (2010), Agacka *et al.* (2013; 2014). Crops showed high germination when germinated within 5 years post harvest, but germination of most accessions within species separated strongly after 20 years. Because the accessions within the species under investigation were regenerated and harvested in the same year, the same harvest (threshing and cleaning) technologies were applied and the storage conditions were identical it can be concluded that the differences in germination after long term storage are genetically based.

Therefore, genetic analyses of seed longevity were initiated. Genetic mapping was performed for barley (Nagel *et al.* 2009; 2014; 2016), wheat (Landjeva *et al.* 2010; Rehman Arif *et al.* 2012; 2017; Börner *et al.* 2018), oilseed rape (Nagel *et al.* 2011) and tobacco (Agacka-Mořdoch *et al.* 2015). Results indicate, that e.g. in cereals traits like plant height, husks, spike density just as abiotic and biotic factors during the growing season influence the seed longevity.

Beside research on seed storability genebank accessions and genetic stocks have been extensively used for genetic and genomic studies. Results were successfully published. Examples for publications in 2017 are (Dobrikova *et al.* 2017, Gerard *et al.* 2017, Glagoleva *et al.* 2017, Muqaddasi *et al.* 2017, Permyakova *et al.* 2017, Pshenichnikova *et al.* 2017, Shchukina *et al.* 2017, Simonov *et al.* 2017, Strygina *et al.* 2017, Thormann *et al.* 2017, Tikhenko *et al.* 2017).

References

- Agacka M, Depta A, Börner M, Doroszewska T, Hay F R, Börner A: Viability of *Nicotiana* spp. seeds stored under ambient temperature. *Seed Sci. Technol.* 41 (2013) 474-478.
- Agacka M, Laskowska D, Doroszewska T, Hay F R, Börner A: Longevity of *Nicotiana* seeds conserved at low temperatures in ex situ genebanks. *Seed Sci. Technol.* 42 (2014) 355-362.

- Agacka-Modoch M, Nagel M, Doroszewska T, Lewis R S, Börner A: Mapping quantitative trait loci determining seed longevity in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Euphytica* 202 (2015) 479-486.
- Anonymous: Scientific report 2014/2015, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) (2016) 176 pp.
- Börner A, Nagel M, Agacka-Modoch M, Gierke P U, Oberforster M, Albrecht T, Mohler V: QTL analysis of falling number and seed longevity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Appl. Genet.* 59 (2018) 35-42.
- Dobrikova A G, Yotsova E K, Börner A, Landjeva S P, Apostolova E L: The wheat mutant DELLA-encoding gene (*Rht-B1c*) affects plant photosynthetic responses to cadmium stress. *Plant Physiol. Biochem.* 114 (2017) 10-18.
- FAO: The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (1998).
- FAO: The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2010).
- Gerard G S, Börner A, Lohwasser U, Simón M R: Genome-wide association mapping of genetic factors controlling Septoria tritici blotch resistance and their associations with plant height and heading date in wheat. *Euphytica* 213 (2017) 27.
- Glagoleva A, Shmakov N, Shoeva O, Vasiliev G, Shatskaya N, Börner A, Afonnikov D, Khlestkina E K: Metabolic pathways and genes identified by RNA-seq analysis of barley near-isogenic lines differing by allelic state of the Black lemma and pericarp (Blp) gene. *BMC Plant Biol.* 17 (2017) 182.
- Landjeva S, Lohwasser U, Börner A: Genetic mapping within the wheat D genome reveals QTL for germination, seed vigour and longevity, and early seedling growth. *Euphytica* 171 (2010) 129-143.
- Muqaddasi Q H, Brassac J, Börner A, Pillen K, Röder M S: Genetic architecture of anther extrusion in spring and winter wheat. *Front. Plant Sci.* 8 (2017) 754.
- Nagel M, Börner A: The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Sci. Res.* 2 (2010) 1-20.
- Nagel M, Rehman-Arif M A, Rosenhauer M, Börner A: Longevity of seeds - intraspecific differences in the Gatersleben genebank collections. Tagungsband 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, Gumpenstein, Österreich, 24-26 November 2009 (2010) 179-181.
- Nagel M, Rosenhauer M, Willner E, Snowdon R J, Friedt W, Börner A: Seed longevity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) – genetic variation and QTL mapping. *Plant Genet. Res.: Characterisation and Utilisation* 9 (2011) 260-263.
- Nagel M, Kodde J, Pistrick S, Mascher M, Börner A, Groot S P C: Barley seed ageing: genetics behind the dry elevated pressure of oxygen ageing and moist controlled deterioration. *Front. Plant Sci.* 7 (2016) 388.
- Nagel M, Vogel H, Landjeva S, Buck-Sorlin G, Lohwasser U, Scholz U, Börner A: (2009) Seed conservation in ex situ genebanks – genetic studies on longevity in barley. *Euphytica* 170 (2009) 5-14.
- Nagel M, Kranner I, Neumann K, Rolletschek H, Seal C E, Colville L, Fernández-Marín B, Börner A: Genome-wide association mapping and biochemical markers reveal that seed ageing and longevity are intricately affected by genetic background, developmental and environmental conditions in barley. *Plant Cell Environ.* 38 (2014) 1011-1022.
- Permyakova M D, Permyakov A V, Osipova S V, Pshenichnikova T A, Shishparenok A A, Rudikovskaya E G, Rudikovskiy A V, Verkhoturov V V, Börner A: Chromosome regions associated with the activity of lipoxygenase in the genome D of *Triticum aestivum* L. under water deficit. *Russ. J. Plant Physiol.* 64 (2017) 28-40.

- Pshenichnikova T A, Doroshkov A V, Simonov A V, Afonnikov D A, Börner A: Diversity of leaf pubescence in bread wheat and relative species. *Genet. Resour. Crop Evol.* 64 (2017) 1761–1773.
- Rehman Arif M A, Nagel M, Neumann K, Kobiljski B, Lohwasser U, Börner A: Genetic studies of seed longevity in hexaploid wheat using segregation and association mapping approaches. *Euphytica* 186 (2012) 1-13.
- Rehman Arif M A, Nagel M, Lohwasser U, Börner A: Genetic architecture of seed longevity in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Biosci.* 42 (2017) 81-89.
- Shchukina L V, Pshenichnikova T A, Chistyakova A K, Khlestkina E K, Börner A: Properties of grain, flour and dough in bread wheat lines with *Aegilops markgrafii* introgressions. *Cereal Res. Commun.* 45 (2017) 296-306.
- Simonov A V, Chistyakova A K, Morozova E V, Shchukina L V, Börner A, Pshenichnikova T A: The development of a new bread wheat genotype carrying two loci for endosperm softness. *Vavilov J. Genet. Breed.* 21 (2017) 341-346.
- Strygina K V, Börner A, Khlestkina E K: Identification and characterization of regulatory network components for anthocyanin synthesis in barley aleurone. *BMC Plant Biol.* 17 (2017) 184.
- Thormann I, Reeves P, Thumm S, Reilley A, Engels J M M, Biradar C M, Lohwasser U, Börner A, Pillen K, Richards C M: Genotypic and phenotypic changes in wild barley (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) during a period of climate change in Jordan. *Genet. Resour. Crop Evol.* 64 (2017) 1295-1312.
- Tikhenko N, Rutten T, Senula A, Rubtsova M, Keller E R J, Börner A: The changes in the reproductive barrier between hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): different states lead to different fates. *Planta* 246 (2017) 377–388.

УДК 633.16 «321»:633.11:631.526.32:631.524.86.01

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К ГОЛОВНЕВЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ
ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ**

Бехтольд Н.П., к. с.-х. н., младший научный сотрудник,

Григорьев Ю.Н., старший научный сотрудник,

Орлова Е.А., к. с.-х. н., ведущий научный сотрудник,

ФГБНУ СибНИИРС - филиал ИЦИГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия,

Telichkinanina@mail.ru

*В статье представлена оценка устойчивости перспективных селекционных линий к возбудителям *Ustilago nuda* и *Ustilago hordei* на искусственном инфекционном фоне за 2010 – 2012 гг. Важным свойством новых линий является не только комплексная устойчивость к головневым заболеваниям, но и высокие показатели хозяйственно полезных признаков.*

Ключевые слова: яровой ячмень, селекционные линии, устойчивость, пыльная, твердая головня.

Огромный ареал культурного ячменя в мировом земледелии и древность его происхождения обуславливают большую дифференциацию видов и рас патогенов, поражающих его. Потери урожая от болезней могут быть очень высокими [1]. В условиях Западной Сибири ячмень подвержен поражению

различными болезнями, среди которых головневые грибы занимают лидирующее положение.

Селекция ярового ячменя на устойчивость к головневым болезням, в том числе в условиях лесостепи Приобья, весьма актуальна. Селекция на продуктивность и качество продукции без одновременной работы над усилением иммунитета к болезням приводит к высокой уязвимости сортов патогенами. В связи с этим **целью работы** явилось изучение селекционного материала на устойчивость к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований служили селекционный материал ФГБНУ СибНИИРС филиал ИЦИГ СОРАН, а также заболевания ячменя – твердая головня (*Ustilago hordei*) и пыльная головня (*Ustilago nuda*). Оценку гибридного материала на устойчивость к пыльной и твердой головне проводили на фитопатологическом участке СибНИИРС в 2010 – 2012 гг.

Инокуляцию пыльной головней проводили вакуумным методом – аппаратом В.И. Кривченко [2].

Для инокулирования семян ярового ячменя возбудителем твердой головни (*Ustilago hordei*) использовали метод ВНИИР, который основан на травмировании семян в питательной среде прибором РТ-1 (размельчитель тканей) [3].

Посев инокулированных семян ячменя проводили на фитоучастке в первой и второй декадах мая кассетной сеялкой СКС - 6 – 10, каждого образца высевали не менее 100 инфицированных зерен. Опыты размещали по паре. Уборка зараженного материала проводилась вручную. Устойчивость сортообразцов к *U. nuda* и *U. hordei* классифицировали по максимальному проценту поражения за ряд лет. Степень поражения определяли по шкале ВИР [4]. Посев перспективных линий проводили в конкурсном сортоиспытании сеялками ССФК-7 по чистому пару в оптимальные сроки (первая декада мая). Площадь делянок - 15 м². Повторность - 3^x кратная. В качестве стандарта использовали районированный по 10 региону сорт Ача. Все учеты и наблюдения проводили согласно методике Госкомиссии по сортоиспытанию (1989). Математическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР [5].

Результаты исследований. Созданный и изученный селекционный материал в наших исследованиях был представлен линиями сложных межвидовых и межсортовых гибридов. В годы исследований по устойчивости к болезням был оценен 261 селекционный образец (контрольный питомник, предварительное и конкурсное сортоиспытания). Основным методом создания

селекционного материала является внутривидовая гибридизация с последующим индивидуальным отбором. В целом за весь период доля иммунных и практически устойчивых к пыльной головне селекционных линий в питомниках составила 74,2 % от изученных. Слабой восприимчивостью к патогену обладает 22,5 % образцов.

В результате проведенных работ выявлено три селекционные линии с комплексной устойчивостью к головневым болезням – Г-21060 (Танай), Г-21219, Г-21310 (табл. 1). Данные формы были созданы, в основном, как при использовании сортов селекции СибНИИРС (Ача, Баган и Сигнал), так и уникального инорайонного генофонда.

Образец – Г-21405, который был получен в результате ступенчатой гибридизации сортов Дина, Омский 86, Темп и Мамлюк, устойчив к твердой головне, но слабовосприимчив к возбудителю *Ustilago nuda*. Максимальный процент поражения пыльной головней за годы исследований составил 13,2 %.

Таблица 1

Селекционные линии конкурсного сортоиспытания, выделившиеся по устойчивости к головневым болезням (фитопатологический участок)

Селекционный номер	Происхождение	Максимальное поражение за годы исследования, %	
		<i>Ustilago nuda</i>	<i>Ustilago hordei</i>
Ача, st	(Paragon x Кристина) x (Jet x Обской) x (Новосибирский 1 x Винер)	22,7	2,9
Г-21060 (Танай)	(Г-19301 x Г-19296) x Г-18619 x [(Баган x А3854) x Ача]	1,1	0
Г-21219	к-28019 x Голозерный (местная популяция)	1,9	0
Г-21310	[(Сигнал x Г-17596) x (Ача x Сигнал)] x [(Г-15910 x Solo) x (Новосибирский 80 x Баган) x Одесский 100]	3,9	4,7
Г-21405	(Дина x Омский 86) x (к-28988 x Нутанс 80) x Г-19835	13,2	0

Важным свойством новых линий является не только комплексная устойчивость к головневым заболеваниям, но и высокие показатели хозяйственно полезных признаков.

Выделившиеся формы ячменя отличались стабильностью формирования сравнительно высокой урожайности в различные по влаге и теплообеспеченности годы (табл. 2).

Характеристика перспективных линий ярового ячменя, 2010-2012 гг.

Линия	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Продуктивный стеблестой, шт./м ²	Масса 1000 зерен, гр.	Число зерен в колосе, шт.	Урожайность, т/га
Ача, st	73	55,6	599	45,1	14	3,8
Г-21060 (Танай)	71	58,9	693	46,7	14	4,6
Г-21219	71	50,5	636	47,4	12	3,8
Г-21310	75	56,7	574	43,4	18	4,5
Г-21405	73	58,1	670	51,8	12	4,2
НСР _{0,05}	-	1,57	26,99	1,93	1,08	1,2

Период созревания селекционных линий длился в пределах 71-75 дней, у стандарта Ача – 73 дня.

Образец Г-21060 (Танай) характеризовался меньшим периодом созревания (71 день) и формированием большей урожайности (4,6 т/га) в сравнении с сортом Ача (3,8 т/га).

Образец Г-21310 является более поздним, период созревания по сравнению со стандартом Ача на два дня продолжительнее.

Анализируя данные, можно отметить, что среди изучаемых образцов самыми скороспелыми были линия Г-21060 (Танай) и Г-21219, которые созревают раньше стандарта, а также в среднем за три года формировали высокую урожайность.

Урожайность складывается из основных элементов структуры урожая: масса 1000 зерен, продуктивного стеблестоя, озерненность главного колоса. Анализ структуры урожая (табл. 2) показал, что наибольшее количество продуктивных стеблей на 1 м² отмечено у линий – Г-21060 (Танай) (693), Г-21219 (636) и Г-21405 (670). Наименьший показатель этого признака установлен у образца Г-21310 – 574, при 599 стеблях у стандарта Ача.

Достоверно большей массой 1000 зерен, чем у сорта Ача, характеризовались образцы Г-21405 (51,8 г) и Г- 21219 (47,4 г). У гибридной линии Г-21310 масса 1000 зерен была ниже стандарта за все годы исследований. Количество зерен в колосе колебалось в среднем от 12 до 18, у стандарта Ача – 14. Наибольшее число зерен в колосе формировала линия Г-21310.

Таким образом, изучение селекционного материала позволило выявить линии Г-21060 и Г-21219, сочетающие устойчивость к головневым болезням с другими положительными хозяйственно-ценными признаками.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324-2018-0018.

Список литературы

1. Коданев И. М. Ячмень / И.М. Коданев. – М., 1964. – 238 с.
2. Кривченко В. И. Прибор для заражения пшеницы и ячменя пыльной головней / В.И. Кривченко // Селекция и семеноводство. – 1960. – №3. – С. 66-67.
3. Кривченко В. И. Физиологическая специализация и расы *U.hordei* Kell et Swingle / В.И. Кривченко, Д.В. Мягкова, З.В. Тимошенко и др. // Расы некоторых видов головни. – Л., 1972. – 66 с.
4. Кривченко В. И. Методические указания по изучению головнеустойчивости зерновых колосовых культур / В.И. Кривченко, Д.В. Мягкова, А.Н. Жукова, А.П. Хохлова. – Л., 1987. – 110 с.
5. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере / О. Д. Сорокин. – Новосибирск, 2004. – 162 с.

RESISTANCE OF THE PERSPECTIVE SELECTION MATERIAL OF SPRING BARLEY TO SMUT DISEASES IN CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE OB REGION

Bekhtold N.P. Candidate of Agricultural Sciences, Research Assistant

Grigoryev Yu.N. Senior Research Officer

Orlova E.A. Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher

SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS

Telichkinanina@mail.ru

*The article presents an assessment of the resistance of perspective breeding lines to the *Ustilago nuda* and *Ustilago hordei* pathogens under artificial infection in 2010-2012. An important property of the new lines is not only the complex resistance to the smut diseases, but also the high characteristics of agronomic traits.*

Key words: spring barley, selection lines, resistance, dust-brand, covered smut.

УДК 633.5: 546.3

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЛЬНА К РАЗЛИЧНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ КАДМИЯ В ФАЗЕ ПРОРОСТКОВ

Брач Н.Б. д.б.н., вед.н.сотр., Брач Е.А. ст.лаб., Забегаева О.Н. ст.н.сотр.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова», Санкт-Петербург, Российская Федерация,

n.brutch@vir.nw.ru

Изучено влияние разных концентраций кадмия $3Cd(SO)_4 \cdot 8H_2O$ на проростки 8 сортов льна-долгунца и масличного. По мере увеличения концентрации ионов кадмия, наблюдаются различия между сортами по динамике изменения размеров корней и гипокотилей проростков, что может указывать на различия механизмов их устойчивости. Концентрацию $CdSO_4$ в $2 \cdot 10^{-3}$ М можно выделить как позволяющую наиболее четко выявлять различия сортов по устойчивости к кадмию: самыми устойчивыми к кадмию являются сорта К-6, Бахмальский 1056 и Воронежский 1308; наименее устойчивы – Светоч и Призыв 81. Возможность использования данного метода для быстрой предварительной

оценки генотипов по устойчивости к кадмию подтверждена в условиях вегетационного опыта

Ключевые слова: *Linum usitatissimum L.*, устойчивость к кадмию, проростки

Кадмий (Cd) принадлежит к группе тяжелых металлов и оказывает сильное отравляющее действие на природу и человека [1, 2]. Ежегодно в мире в окружающую среду поступает около 5000 т кадмия [2]. До 70 % попадающего в почву кадмия связывается с почвенными химическими комплексами, доступными для усвоения растениями [3]. Ряд растений обладает повышенной способностью выносить тяжелые металлы, включая кадмий, из почвы [4]. Одним из них является культурный лен. Явление биоаккумуляции, то есть способность растений извлекать металлы из почвы и концентрировать их в своих тканях используют для рекультивации загрязненных земель. Создание сортов с повышенной способностью к биоаккумуляции кадмия является одним из новых перспективных направлений селекции льна. Подбор исходного материала является первым обязательным этапом селекционного процесса. Таким образом, перед настоящей работой была поставлена задача оценки устойчивости к кадмию проростков льна разных сортов.

Восемь сортов льна масличного и долгунца, используемые при изучении коллекции льна ВИР в качестве стандартов (табл.) были изучены по устойчивости к различным концентрациям кадмия. Реакцию генотипов анализировали по интенсивности роста проростков в аппарате Якобсена. Для проращивания льна устанавливали температуру 20 °С. Энергию прорастания семян определяли на 3 сутки после посева; интенсивность роста – на 5 сутки. В контроле в аппарат заливали дистиллированную воду, в опытных вариантах – раствор сернокислого 8-водного кадмия $3\text{Cd}(\text{SO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (молярная масса 769,536; содержание Cd в 1 моле – 112,41) при различных концентрациях в дистиллированной воде: CdSO_4 0 М; CdSO_4 $1 \cdot 10^{-4}$ М; CdSO_4 $1 \cdot 10^{-3}$ М; CdSO_4 $2 \cdot 10^{-3}$ М; CdSO_4 $5 \cdot 10^{-3}$ М. В каждом варианте измеряли длину корня и гипокотыля у 40 проростков.

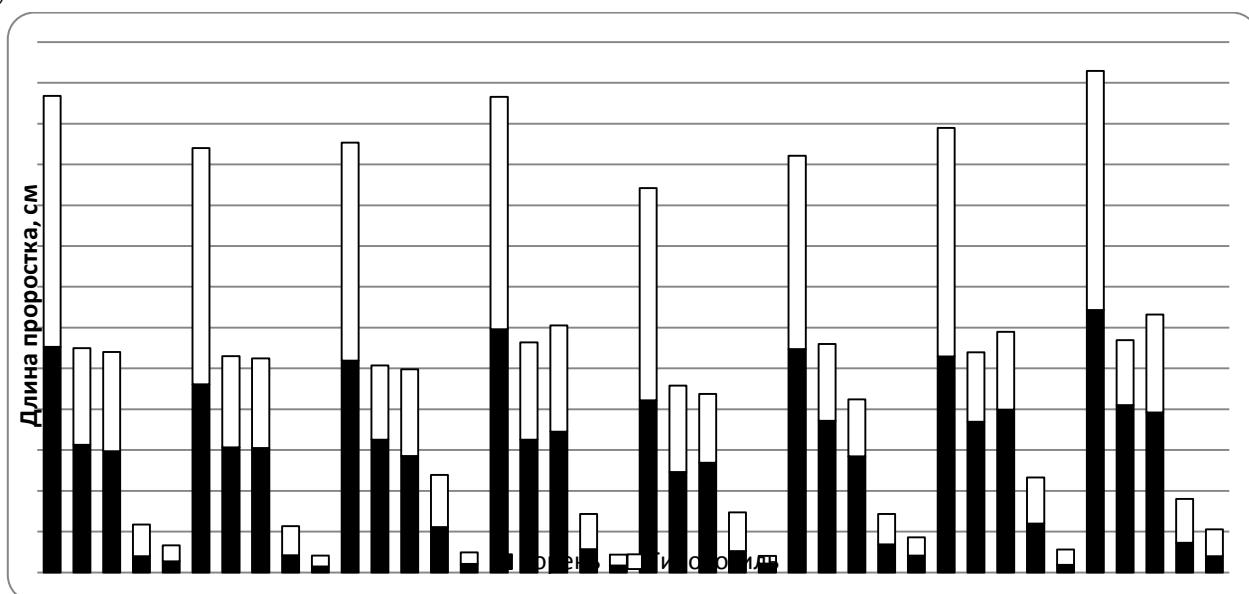
Таблица

Образцы льна коллекции ВИР, оцененные на устойчивость к кадмию

Номер каталога ВИР	Название	Происхождение	Тип льна
5333	Светоч	Россия	долгунец
6815	К-6	Россия	долгунец
6807	Оршанский 2	Беларусь	долгунец
7472	Призыв 81	Беларусь	долгунец
7697	Дашковский	Беларусь	долгунец

7804	Могилевский 2	Беларусь	долгунец
5579	Воронежский 1308	Россия	масличный
6056	Бахмальский 1056	Узбекистан	масличный

Анализ энергии прорастания и всхожести семян показал отсутствие влияния на них кадмия во всех изученных концентрациях. Во всех вариантах опыта всхожесть семян варьировала в пределах 96 – 100 %. В контроле сорта Светоч, Оршанский 2 и Бахмальский 1056 имели самые длинные проростки, как за счет размеров корней, так и гипокотилей (рис.). Самые короткие проростки были у сорта Могилевский 2. Добавление кадмия, даже в небольшой концентрации – $1 \cdot 10^{-4}$ М, значительно сократило размер всех проростков. При этом масличные сорта Воронежский 1308, Бахмальский 1056, а также долгунец Дашковский сохранили значительную длину корней, но существенно уменьшили гипокотили.



Рисунок

Средний размер проростков сортов льна при различных концентрациях кадмия (CdSO_4): К – контроль без кадмия, 1 – $1 \cdot 10^{-4}$ М; 2 – $1 \cdot 10^{-3}$ М; 3 – $2 \cdot 10^{-3}$ М; 4 – $5 \cdot 10^{-3}$ М

Дальнейшее десятикратное увеличение концентрации кадмия до $1 \cdot 10^{-3}$ М, не привело к кардинальным изменениям проростков. Однако сорт льна-долгунца Оршанский-2, а также масличные льны – Бахмальский 1056 и Воронежский 1308 несколько увеличили размер проростков в основном за счет удлинения гипокотилей. Значительную депрессию роста, по сравнению с предыдущей концентрацией кадмия, продемонстрировал только сорт Дашковский. При концентрации CdSO_4 $2 \cdot 10^{-3}$ М размер проростков всех сортов скачкообразно уменьшился. Наиболее устойчивыми такому количеству кадмия

оказались сорта К-6, Воронежский 1308 и Бахмальский 1056. При повышении содержания кадмия в растворе до $5 \cdot 10^{-3}$ М, сорта Бахмальский 1056 и Дашковский показали наиболее интенсивный рост.

Проведенное исследование показывает, что сорта льна по-разному реагируют на содержание кадмия в субстрате и демонстрируют различную степень устойчивости к нему. По мере увеличения концентрации ионов металла, различия наблюдаются и в динамике изменения размеров проростков, как в целом, так и их основных составляющих (корней и гипокотилей). Это может указывать на различия механизмов устойчивости, присущих разным сортам. Выявление и использование генотипов с различной реакцией на изменения концентрации кадмия поможет изучить физиологические механизмы его дезактивации в растении и гены, отвечающие за них.

Несмотря на различную реакцию сортов на изменения содержания кадмия в субстрате, концентрацию CdSO_4 в $2 \cdot 10^{-3}$ М можно выделить как позволяющую наиболее четко выявлять различия сортов по устойчивости к металлу. По результатам наших исследований самыми устойчивыми к кадмию являются сорта льна-долгунца К-6, а также масличного льна – Бахмальский 1056 и Воронежский 1308. Сильнее всего при концентрации CdSO_4 $2 \cdot 10^{-3}$ М страдали долгунцы Светоч и Призыв 81. Возможность использования данного метода для быстрой предварительной оценки генотипов по устойчивости к кадмию и отбора материала для дальнейших исследований и селекции была подтверждена дальнейшим изучением контрастных сортов в условиях вегетационного опыта (данные не приведены).

Список литературы

1. Влияние соединений кадмия на организм человека <http://my-health.ru/content/322-vozdeystvie-soedineniy-kadmiya-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 28.02.2018).
2. Кадмий как токсикант окружающей среды <http://n-t.ru/ri/eh/yd04.htm> (дата обращения: 28.02.2018).
3. Кадмий – реальная угроза для растений <http://rcc.ru/article/kadmiy-realnaya-ugroza-dlya-rasteniy-1588> (дата обращения: 28.02.2018).
4. Baker A.J.M. Accumulators and Excluders-Strategies in Response of Plants to Heavy Metals / A.J.M. Baker // Journal of Plant Nutrition. 1981. V. 3. P. 643–654.

VARIABILITY OF FLAX VARIETIES RESISTANCE TO DIFFERENT CADMIUM CONCENTRATIONS IN SEEDLINGS STAGE

*Brutch N.B., Brutch E.A., Zabegaeva O.N. Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St.
Petersburg, Russia*

n.brutch@vir.nw.ru,

The influence of different cadmium $3\text{Cd}(\text{SO})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ concentrations on seedlings of 8 varieties of flax and linseed was evaluated. With the increase of cadmium ions concentration,

differences between varieties in their dynamics of size changes in roots and hypocotyls of seedlings were detected, which may indicate the differences in the mechanisms of varieties sustainability. $CdSO_4$ concentration of $2 \cdot 10^{-3} M$ can be determined as a suitable one for the most clear identification of differences between varieties in their resistance to cadmium: the most resistant to cadmium are varieties K-6, Bachalskij 1056 and Voronezhskij 1308; the least resistant varieties are Svetoch and Priziv 81. The possibility of this method using for a quick preliminary testing of genotypes for their cadmium resistance was confirmed in the conditions of vegetation experiments.

Key words: *Linum usitatissimum* L., resistance to cadmium, seedlings

УДК 633.16: 575.111

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКУСОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ, НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНОГО КАРТИРОВАНИЯ

Быкова И.В.^{1*}, Лашина Н.М.², Ефимов В.М.¹, Афанасенко О.С.², Хлесткина Е.К.¹

1 - Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия

2 – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты
растений», Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: bykova@bionet.nsc.ru

Темно-бурая пятнистость, вызываемая патогеном *Cochliobolus sativus*, одна из наиболее распространенных болезней ячменя, наносящих серьезный вред урожаю. Определение генетических локусов, ассоциированных с устойчивостью ячменя к этой болезни, важно для разработки диагностических ДНК-маркеров для селекции новых сортов ячменя. Цель настоящей работы - выявить локусы, ассоциированные с устойчивостью проростков ячменя к различным изолятам *C. sativus* на основе оценки Сибирской коллекции ярового ячменя.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, QTL, *Cochliobolus sativus*,

Селекционные программы по созданию новых сортов злаковых растений ориентированы на сохранение урожая и экологичности его получения. Одним из компонентов этих программ является выведение сортов злаковых, устойчивых к болезням. В конце прошлого века благодаря появлению и быстрому развитию технологий секвенирования и молекулярного картирования появились подходы, основанные на применении ДНК-маркеров в селекции. Маркер-ориентированная селекция (МОС) позволяет ускорять и удешевлять процесс получения сорта путем более быстрого и эффективного отбора нужных генотипов среди селекционных гибридов. ДНК-маркеры перспективны в создании сортов с долгосрочной устойчивостью, так как их использование дает возможность комбинировать гены устойчивости в одном генотипе, обеспечивая тем самым эффективную защиту против широкого спектра изолятов с различной вирулентностью [1, 2]. МОС с использованием маркеров, генов

устойчивости растений к болезням, широко используются в Европе, США, Канаде и Австралии. Применение этого подхода является актуальным и для России. Одной из основных болезней ячменя, наносящих серьезный урон урожаю во всех регионах его культивирования, является темно-бурая пятнистость (вызываемая аскомицетом *Cochliobolus sativus*, анаморфа *Bipolaris sorokiniana*). Эпифитотии пятнистостей ячменя случаются раз в 5-10 лет. Потери урожая сортов ячменя восприимчивых к этим болезням во время эпифитотии составляют от 20 до 40% [1, 3].

В настоящее время для выявления генетических маркеров, ассоциированных с устойчивостью используют два подхода: анализ двуродительских картирующих популяций и анализ коллекций с помощью полногеномного анализа ассоциаций (GWAS). QTL анализ 12 двуродительских картирующих популяций выявил ранее ряд локусов, связанных с устойчивостью к темно-бурой пятнистости на всех хромосомах ячменя [3-8]. Ассоциативное картирование локусов, отвечающих за данный признак, также успешно использовалось для выявления новых локусов в коллекциях образцов ячменя различного происхождения [9-13]. Отечественный генофонд, однако в таких работах был практически не задействован. В связи с этим целью настоящей работы было выявить генетические маркеры ювенильной устойчивости к темно-бурой пятнистости, на основе ассоциативного картирования с использованием Сибирской коллекции ярового ячменя.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В 2017 году было проведено высокопроизводительное SNP-генотипирование 94 отобранных сортов и линий ячменя Сибирской коллекции по технологии 50,000 Иллюмина iSeect SNP анализа в компании Traitgenetics GmbH (Gatersleben, Germany) по 44,040 SNP маркерам. Из ок. 44 тыс. SNP ок. 39 тыс. были полиморфными, из них для полногеномного анализа ассоциаций использовались 62% наиболее информативных.

Оценку устойчивости проростков к возбудителям темно-бурой пятнистости проводили с помощью двух изолятов *Cochliobolus sativus* различного происхождения: Ch3 (Ленинградская область) и Kr2 (Краснодарский край).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ данных с помощью GLM модели позволил выявить 3 и 27 SNP, которые были значимо ассоциированы с устойчивостью к изолятам Kr2 и Ch3 соответственно. Выявлены 3 участка генома, ассоциированные с проростковой устойчивостью ячменя к темно-бурой пятнистости (рис. 1). Участок хромосомы 3Н, связанный с устойчивостью к изоляту Ch3, охватывал область между

маркерами SCRI_RS_97417 и JHI-Hv50k-2016-158003 и включал 11 SNP-маркеров, из которых JHI-Hv50k-2016-157070 и JHI-Hv50k-2016-156842 обладали наименьшим значением p-value. Эти два SNP-маркера также значимо ассоциировались с устойчивостью к изоляту Kr2. Область на хромосоме 2H включала 16 локусов, ассоциированных с устойчивостью к изоляту Ch3, 7 из которых с наименьшим p-value были тесно сцеплены с маркером BOPA2_12_11504. Три локуса соотносящиеся с этим районом, в случае изолята Kr2 обладали p-value выше порогового значения по Бонферрони, но все равно достаточно малым, что позволило их отнести в разряд предположительных. Таким образом, локус на хромосоме 2H может также вносить вклад в устойчивость к изоляту Kr2. Третий район генома со значимым p-value был определен на хромосоме 1H в локусе JHI-Hv50k-2016-33568, он ассоциирован с устойчивостью к изоляту Kr2.

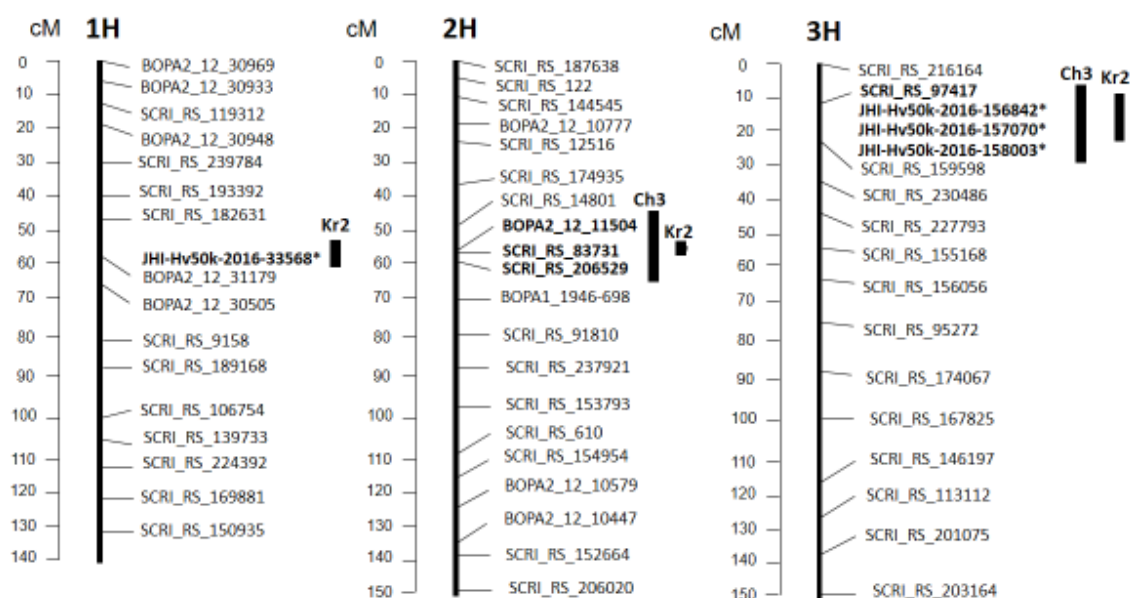


Рис.1. Локусы генома, ассоциированные с устойчивостью ячменя, к изолятам темно-бурой пятнистости Kr2 и Ch3, обозначены на SNP-карте Morex/Barke iSelect.

Полученные данные могут быть использованы для разработки удобных маркеров для отбора селекционного материала, несущего нужные аллели в локусах устойчивости к темно-бурой пятнистости.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (16-04-00912).

Список литературы:

1. Shjerve R.A., Faris J D., Brueggeman R.S., Yan C., Zhu Y., Vaidehi Koladia V., Friesen T.L. Evaluation of a *Pyrenophora teres* f. *teres* mapping population reveals multiple independent interactions with a region of barley chromosome 6H. *Fungal Genetics and Biology* 70 (2014) 104–112
2. Islamovic E., Bregitzer P., Friesen T. L. Barley 4H QTL confers NFNB resistance to a global set of *P. teres* f. *teres* isolates // *Molecular Breeding*. – 2017. – Т. 37. – №. 3. – С.

29. Steffenson BJ, Hayes PM, Kleinhofs A. Genetics of seedling and adult plant resistance to net blotch (*Pyrenophora teres* f. *teres*) and spot blotch (*Cochliobolus sativus*) in barley. *Theor Appl Genet.* 1996;92:552–8.
3. Afanassenko OS, Koziakov AV, Hedlay PE, Lashina NM, Anisimova AV, Manninen O, Jalli M, Potokina EK. Mapping of the loci controlling the resistance to *Pyrenophora teres* F. *teres* and *Cochliobolus sativus* in two double haploid barley populations. *Russ. J. Genet. Appl. Res.* 2015;5:242–53.
 4. Steffenson BJ, Hayes PM, Kleinhofs A. Genetics of seedling and adult plant resistance to net blotch (*Pyrenophora teres* f. *teres*) and spot blotch (*Cochliobolus sativus*) in barley. *Theor Appl Genet.* 1996;92:552–8.
 5. Bilgic H, Steffenson B, Hayes P. Comprehensive genetic analyses reveal differential expression of spot blotch resistance in four populations of barley. *Theor Appl Genet.* 2005;111:1238–50.
 6. Bovill J, Lehmensiek A, Sutherland MW, Platz GJ, Usher T, Franckowiak J, Mace E. Mapping spot blotch resistance genes in four barley populations. *Mol Breed.* 2010;26:653–66.
 7. Grewal TS, Rosnagel BG, Scoles GJ. Mapping quantitative trait loci associated with spot blotch and net blotch resistance in a doubled-haploid barley population. *Mol Breed.* 2012;30:267–79.
 8. Haas M, Menke J, Chao S, Steffenson BJ. Mapping quantitative trait loci conferring resistance to a widely virulent isolate of *Cochliobolus sativus* in wild barley accession PI 466423. *Theor Appl Genet.* 2016;129:1831–42.
 9. Roy JK, Smith KP, Muehlbauer GJ, Chao S, Close TJ, Steffenson BJ. Association mapping of spot blotch resistance in wild barley. *Mol Breeding.* 2010;26:243–56.
 10. Zhou H, Steffenson BJ. Genome-wide association mapping reveals genetic architecture of durable spot blotch resistance in US barley breeding germplasm. *Mol Breed.* 2013;32:139–54.
 11. Berger GL, Liu S, Hall MD, Brooks WS, Chao S, Muehlbauer GJ, Baik BK, Steffenson B, Griffey CA. Marker-trait associations in Virginia Tech winter barley identified using genome-wide mapping. *Theor Appl Genet.* 2013;126:693–710.
 12. Gutiérrez L, Berberian N, Capettini F, Falcioni E, Fros D, Germán S, Hayes PM, Huerta-Espino J, Herrera S, Pereyra S, Pérez C, Sandoval-Islas S, Singh R, Castro A. Genome-wide association mapping identifies disease-resistance QTLs in barley germplasm from Latin America. In: Zhang G, Li C, Liu X, editors. *Advance in barley sciences. Proceedings of 11th international barley genetics symposium; 2013.* p. 209–15.
 13. Wang R, Leng Y, Ali S, Wang M, Zhong S. Genome-wide association mapping of spot blotch resistance to three different pathotypes of *Cochliobolus sativus* in the USDA barley core collection. *Mol Breed.* 2017;37:44.

IDENTIFICATION OF LOCI DETERMINING RESISTANCE OF SPRING BARLEY TO SPOT BLOTCH, USING ASSOCIATION MAPPING APPROACH

*Bykova I.V.*¹ Lashina N.M.², Efimov V.M.¹ Afanassenko O.S.², Khlestkina E.K.¹*

¹Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

²All-Russian Research Institute for Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**e-mail: bykova@bionet.nsc.ru*

*Spot blotch, caused by *Cochliobolus sativus*, is one of the most widespread and harmful diseases in barley. Identification of genetic loci associated with resistance to *C. sativus* is of importance for future marker-assisted selection. The goal of the current study was to identify loci conferring seedling resistance to two different pathotypes of *C. sativus* in the Siberian spring barley core collection.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ АРБУЗА

Варивода Е.А., старший научный сотрудник, Малуева С.В., старший научный сотрудник, Вербицкая Л.Н., младший научный сотрудник

Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» г. Волгоград, Россия e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Представлена информация об использовании генетических коллекций при создании сортов арбуза с различными хозяйственно-ценными признаками. Дана характеристика исходного материала, включенного в селекционный процесс получения сортов арбуза. Приведены основные показатели качественных и количественных характеристик новых сортов. Проведен анализ комплексной устойчивости новых сортов арбуза в сравнении со стандартом.

Ключевые слова: *генетические коллекции, образцы, качество, урожайность, устойчивость.*

В современной селекции овощных и бахчевых культур основной из задач является выделение нового исходного материала для создания новых сортов и гибридов, обладающих целым рядом хозяйственно-полезных признаков и адаптированных к стрессовым факторам. Для вовлечения в селекционный процесс новых форм необходимо более эффективное использование генетического разнообразия генетических ресурсов растений [1].

Разнообразие коллекционного материала при условии его надёжного сохранения и рационального использования способно обеспечить развитие селекционных технологий и приоритетных направлений селекции XXI в., которые ориентированы на создание качественных продуктов питания, оптимизацию кормопроизводства, глобальное изменение климата, “осеверение” растениеводства, развитие новых агро-, био-, пищевых, химических и промышленных технологий, биологизацию и экологизацию сельского хозяйства, ресурсоэнергосбережение [2].

По данным Буренина В.И., Артемьевой А.М. Виноградова З.С. [3] в отечественном сортименте ощущается нехватка: кустовых, раннеспелых и холодостойких – тыквы; короткоплетистых, с высокими вкусовыми качествами и устойчивых к болезням – арбуза и дыни.

Для селекции тыквы на кустовые формы в генетических коллекциях Быковской бахчевой станции выделены короткоплетистые образцы, как наиболее пригодные для интенсивной технологии возделывания, позволяющие получать максимальный урожай при наименьших затратах [4]. С использованием генетической изменчивости на основе спонтанных и индивидуальных мутантов выведены новые сорта арбуза, обладающий

кустовой формой: Кустовой 334, Овен, перспективные для механизированного возделывания и уборки с значительными сокращениями затрат [5].

Одно из центральных мест в селекции овощных и бахчевых культур занимает проблема адаптации. Недостаточная устойчивость к экстремальным абиотическим (зимостойкость, устойчивость к засухе, заморозкам и дефициту влаги) и биотическим (устойчивость к болезням и вредителям) факторам среды приводит к существенному недобору урожаев, снижению качества продукции [6].

Исследования проводились в условиях Волгоградского Заволжья, характерными особенностями которой являются засушливость, повышенный температурный режим в период вегетации и частые пыльные бури (максимальная скорость ветра достигает до 35 м/с, суховейных дней до 40-60 в год). Одной из основных культур, возделываемых в богарных условиях этой зоны является арбуз. На Быковской бахчевой опытной станции создан достаточно широкий сортимент бахчевых культур, способных удовлетворить самые высокие требования товаропроизводителей и потребителей, различных по срокам созревания, окраске и форме плода, пригодные как для интенсивных технологий в промышленном бахчеводстве, так и для выращивания на личных подворьях [7].

Создание сортов арбуза ведется на основе генетических источников, выделившихся в коллекционном питомнике по признакам необходимым селекционеру для адресного создания сортов.

Метеор – новый сорт арбуза раннего срока созревания. Районирован в 2018 году. Получен путем контролируемого скрещивания сортов Астраханский (Всероссийский НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства) и Степной 64 (Быковская опытная станция) с последующим индивидуальным и семейственным отборами. *Астраханский* – среднеспелый сорт арбуза, вегетационный период 70-81 сут. Форма плода округлая и удлинено-округлая. Окраска фона зеленая, на фоне имеется сетка. Рисунок- шиповатые полосы средней ширины, темно-зеленой окраски. Масса плода 5,6 кг. Мякоть красная, плотная. Сухих веществ 10,8-11,2 %. Устойчив к антракнозу. *Степной 64* – позднеспелый сорт арбуза, вегетационный период 95-110 сут. Форма плода шаровидно-удлиненная. Окраска фона темно-зеленая, рисунок почти черные широкие фестончатые полосы. Масса плода 3-5 кг. Мякоть розовая. Сухих веществ 11,0 -12,0 %. Устойчив к фузариозу и антракнозу, засухоустойчив.

Рубин - новый сорт среднераннего срока созревания. Районирован в 2016 году. Получен путем контролируемого скрещивания сортов Необычайный (ГНУ Краснодарский НИИ овощного и картофельного хозяйства) и Степной 64 (Быковская опытная станция) с последующим индивидуальным и

семейственным отборами. *Необычайный* – среднеспелый образец арбуза, вегетационный период 75-85 суток. Плод цилиндрической или овальной формы. Фон плода темно-зеленый, с дымчатым налетом. Рисунка нет. Масса плода 3-5 кг. Мякоть красная, зернистая. Сухих веществ 10,0-10,8%. Относительно устойчив к антракнозу и мучнистой росе. *Стенной 64* – позднеспелый сорт арбуза, вегетационный период 95-110 сут. Форма плода шаровидно-удлиненная. Окраска фона темно-зеленая, рисунок почти черные широкие фестончатые полосы. Масса плода 3-5 кг. Мякоть розовая. Сухих веществ 11,0 -12,0 %. Устойчив к фузариозу и антракнозу, засухоустойчив.

Медунок — новый сорт среднераннего срока созревания. Районирован в 2016 году. Получен путем контролируемого скрещивания сортов Чародей (Быковская опытная станция) и Назека (коллекция ВИР). *Чародей* – среднеспелый сорт, вегетационный период 83-88 суток. Плоды шаровидной формы. Фон плода зеленый, рисунок – темно-зеленые полосы. Масса плода 3-4 кг. Мякоть розовая зернистая. Сухих веществ 9-11%. Достоинство – многоплодность. *Назека* – образец раннего срока созревания, вегетационный период 72-75 суток. Плоды округлой формы. Фон плода зеленый, без рисунка. Масса плода 4-6 кг. Мякоть розовая. Сухих веществ 9-10,6 %. Засухоустойчив.

Сравнительная характеристика новых сортов арбуза приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика сортов арбуза в стационарном сортоиспытании (среднее за три года)

Сорт арбуза	Длина вегетационного периода, сут.	Урожайность, т/га	Содержание сухих веществ, %	Средняя масса плода, кг
Зенит, st	73	14,7	11,0-11,6	4,7
Метеор	72	19,1	11,2-11,6	5,6
Медунок	76	16,7	11,4-12,4	4,7
Рубин	75	18,3	10,4-11,8	5,1

НСР – 0,37 т/га, Р – 2,6 %

Анализируя данные таблицы 1, мы видим, что все новые сорта арбуза по длине вегетационного периода находятся на уровне стандарта сорта Зенит. По урожайности все новые сорта превышают стандарт от 13,6 % (сорт Медунок), до 29,9% (сорт Метеор). Содержание сухих веществ у сортов находится на уровне стандарта (сорты Рубин и Метеор) или превышает стандарт на 0,4- 0,8% (сорт Медунок).

По результатам испытаний новых сортов арбуза на комплексную устойчивость к антракнозу и фузариозу можно сказать, что все новые сорта арбуза превосходят по комплексной устойчивости стандарт (таблица 2). Наиболее высокой устойчивостью обладает сорт арбуза Рубин поражение

фузариозом составило 5,3 % (стандарт 22,7 %) и антракнозом 52,1 % при балле 0,4 (стандарт - 92,5%, при балле 1,8).

Таблица 2

Характеристика новых сортов арбуза по устойчивости к антракнозу и фузариозу (среднее за 3 года)

Название образца	Фузариоз			Антракноз	
	количество зараженных растений	из них поразились	% поражения	средний балл поражения	% поражения
Зенит-стандарт	112	24	22,7	1,8	92,5
Рубин	171	14	5,3	0,4	52,1
Метеор	109	18	13,8	1,3	100
Медунок	123	16	13,2	1,4	90,1

Таким образом, при использовании в гибридизации образцов арбуза выделившихся в коллекционных питомниках были получены новые сорта, обладающие целым рядом хозяйственно-полезных признаков. Всестороннее изучение генетических коллекций позволяет создавать конкурентоспособные сорта и гибриды арбуза с высокими продуктивными и качественными показателями, обладающими устойчивостью к комплексу болезней и основным стрессовым факторам среды.

Список литературы:

1. Чесноков Ю. В. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса /Ю. В. Чесноков, В. М. Косолапов/ М. – 2016. - с.13-14
2. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России /Н.И. Дзюбенко// Вестник Российской Академии Наук. – 2015. - том 85. - № 1. - с. 3–8
3. Буренин В.И. Генофонд для селекции овощных культур / В.И. Буренин, А.М. Артемьева, З.С. Виноградов // Овощи России. - № 2 (2 3). – 2014. – с. 8-13
4. Колебошина Т.Г. Генетические коллекции бахчевых культур как основной ресурс развития отрасли [Текст] /Т.Г. Колебошина, Л.В. Емельянова, Т.М. Никулина// - Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - № 2 (42).- 2016.- с.78 -84
5. Варивода О.П. Использование наследственной изменчивости в создании новых конкурентоспособных сортов и гибридов арбуза для товарного бахчеводства России// О.П. Варивода, В.И. Леунов, Е.А. Варивода// Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 60. - с. 46-51.
6. Буренин В.И. Использование генетических ресурсов в селекции овощных и бахчевых культур / В.И. Буренин, Т.М. Пискунова, З.С. Виноградов// Овощи России. - № 2 (19). – 2013. – с. 13-16.
7. Быковский Ю.А. Пути развития бахчеводства в Волгоградском Заволжье[Текст]/Ю.А. Быковский, Т.Г. Колебошина//Картофель и овощи - 2015. - №7.- с. 2-7.

THE USE OF GENETIC COLLECTIONS TO CREATE NEW VARIETIES OF WATERMELON

Varivoda Elena Alexandrovna, senior researcher; Malueva Svetlana Viktorovna, senior researcher Verbachkaya Lubov Nikolaevna, Junior researcher; Branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" "Bikovskaya cucurbits breeding experimental station" Vologograd, Russia

The information about the use of genetic collections in the creation of watermelon varieties with various economic and valuable features. The characteristic of the initial material included in the selection process of producing watermelon varieties is given. The main indicators of qualitative and quantitative characteristics of new varieties are given. The analysis of complex stability of new varieties of watermelon in comparison with the standard.

Key words: genetic collections, samples, quality, yield, stability.

УДК 633.11.631

РАЗНООБРАЗИЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ТАТАРСКОГО НИИСХ

Василова Н.З., к.с.-х.н., зав. лаб. селекции яровой пшеницы, Багавиева Э. З., к.с.-х.н., с.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Асхадуллин Дамир Ф., к.с.-х.н., в. н. с. лаб. селекции яровой пшеницы, Асхадуллин Данил Ф., к.с.-х.н., в. н. с. лаб. селекции яровой пшеницы, Тазутдинова М. Р., н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Хусаинова И. И., м.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Гайфуллина Гульнар Ришатовна, м.н.с. лаб. селекции яровой пшеницы, Вафин Р.Р., д.б.н., г.н.с., Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, e-mail: nurania59@mail.ru.

Представлена краткая характеристика сортов яровой мягкой пшеницы созданных в Татарском НИИСХ, показаны их преимущества перед стандартами по продуктивности, качеству и устойчивости к заболеваниям.

Ключевые слова: селекция, сорт, урожайность, хозяйственно-ценные признаки и свойства.

Начало селекционной работы с яровой пшеницей в Татарской АССР относится к 1921 году. В селекционной работе с яровой пшеницей можно выделить несколько периодов: первый период с 1921 -1940 годы; второй 1948-1970годы; За период селекционной работы с 1921 по 1970 гг. было создано 11 сортов, которые не получили положительной оценки Госкомиссии по сортоиспытанию и не нашли распространения в производстве. Следующий этап - создание сорта Керб (Мироновская 808 / к-47336 (Мексика)), который в 1998 был включен в Государственный реестр по 7 региону. Начало нового периода в селекции яровой пшеницы в институте относится к концу 1998 года, когда в Татарском НИИСХ был создан сектор селекции яровой пшеницы.

Совместно с НИИСХ ЦРНЗ (ныне Московский НИИСХ) создан сорт Амир (Rodna / Приокская // Приокская) , допущен к использованию по 2,4,7 регионам. Совместно с Сибирским НИИСХ был создан сорт Казанская Юбилейная (Омская 20 / Лютесценс 204-80-1 // Лютесценс 3-86-6), допущен к использованию по 7 и 10 регионам. В родословной этого сорта присутствуют

такие сорта как Безостая 1, Кавказ, Грекум 114, Дружина, шведский сорт W.W. 16151 (к-52790).

Татарский НИИСХ с 2003 года в качестве полноправного члена участвует в программе «Экада». За этот промежуток времени при участии нашего института были созданы несколько сортов: Экада 66, Экада 97, Экада 109, Экада 113, Экада 214. В республике Татарстан сорт Экада 66 в 2016 году занимал 102 тыс. га, посевные площади сорта Экада 109 в 2017 году составили 52,5 тыс га. Сорта Экада 109 и Экада 113 включены в список ценных пшениц.

В настоящее время в Госреестр селекционных достижений включены еще три сорта Татарского НИИСХ: Йолдыз по 4,5,7 регионам, Иделле по 7 региону (с 2015 года), Хаят по 7 региону (с 2016 года).

Сорт Йолдыз (Люба / Славянка Сибири). Урожайность в питомнике конкурсного сортоиспытания за шесть лет (2009-2014) в контрастных метеорологических условиях варьировала от 2,3 т/га в 2013 году до 5,3 в 2009 году. Сорт Йолдыз имеет высокую устойчивость к бурой листовой ржавчине и иммунен к пыльной головне (табл.1). По качественным показателям зерна сорт отнесен к хорошим филлерам.

Таблица 1

Результаты иммунологической оценки сортов яровой мягкой пшеницы на Самарском энтофитоучастке, 2014 г.

Сорт	Поражение, %	
	<i>Puccinia recondita</i>	<i>Ustilago tritici</i>
Кинельская нива, стандарт	0,0	6,3
Саратовская 42, индикатор	84,4	63,5
Иделле	35,4	6,3
Йолдыз	0,1	0,0

Сорт Иделле (Амир / Омская 32 // Омская 33). Помимо высокой урожайности сорт имеет и высокие мукомольно – хлебопекарные качества зерна. Включен в список ценных пшениц.

Сорт Хаят (Тулайковская 10 / Казанская юбилейная // Казанская Юбилейная). При одинаковом значении урожайности со стандартом сорт Хаят по многим показателям качества имеет потенциал ценных, а по некоторым из них сильных сортов (табл.2).

На основании иммунологической оценки, этот сорт не имеет замещения *6D* хромосомы на пырейную хромосому *6J Agropyron intermedium*, которая могла бы наследоваться от сорта Тулайковская 10.

Таблица 2

Технологические качества зерна сорта Хаят (данные ВЦОКС), 2015г

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса, г/л	Стекловидность, общая, %	Содержание сырого протеина, %	Содержание клейковины %	Показатель качества по ИДК-1, ед.	Сила муки, е.а.	Степень разжижения теста, ед.ф.	Валориметрическая оценка, ед. ф.
Средний стандарт	37,8	757	56	13,9	31,9	75	275	50	77,4
Хаят	40,0	772	54,4	13,3	28,3	58	416	40	79,4

С 2017 года на ГСИ находятся сорта: Аль Варис и Буляк. Сорт Аль Варис (сложная гибридная комбинация с участием линий Сибирского НИИСХ). Среднепоздний. Высокий потенциал урожайности: превышение над стандартом Симбирцит на 1,13т/га. По параметрам качества соответствует хорошему филлеру. Новый полуинтенсивный сорт Буляк (Прохоровка / Ершовская 32). Потенциал урожайности на уровне 5,5 т/га. Показатели качества зерна соответствуют требованиям предъявляемым к сильным и ценным сортам.

Переданы на ГСИ с 2018 года сорта: Ситара, Балкыш и Хазинэ. Сорт Ситара (Прохоровка / Cub). Сорт за годы изучения, в том числе эпифитотийные, не поражен мучнистой росой, гибридологический анализ устойчивости в F₂, показывает, что сорт несет два доминантных гена устойчивости, один из которых аллелен *Pm4b*. Сорт практически устойчив к твердой головне, на инфекционном фоне поражение не превышало 5%. Сорт Балкыш (22-95 / Etos). Имеет высокую полевую устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине. Хазинэ (Геракл / Симбирцит), сорт имеет высокое содержание каратиноидов в муке, что маркирует наличие гена устойчивости к бурой ржавчине *Lr 19*. Данный сорт в 2016 году, эпифитотийном по стеблевой ржавчине характеризовался медленным нарастанием инфекции. Сорт высококачественный, характеризуется высокими значениями силы муки, валориметрической оценки и низкими значениями разжижения.

На основании молекулярно-генетической, иммунологической оценки, гибридологического анализа и анализа родословных мы предполагаем наличие в генотипах наших сортов следующих генов устойчивости к листовостебельным заболеваниям (табл. 3).

Таблица 3

Вероятные гены устойчивости

п/п	Сорт	К бурой ржавчине	К стеблевой ржавчине	К мучнистой росе
1	Экада 109	Lr1, Lr10		Pm2, Pm4a
2	Экада 97	Lr1		

3	Экада 66	Lr1,Lr10, Lr24		Pm4a
4	Экада 113	Lr19		
5	Казанская Юбилейная	Lr26, Lr34	Sr31, Sr57	Pm2, Pm4a Pm8, Pm38
6	Амир	Lr25		
7	Иделле	Lr26		Pm4a, Pm8
8	Йолдыз	Lr10		Pm2, Pm4a
9	Хаят	Lr26, Lr34	Sr31, Sr57	Pm8, Pm38
10	Буляк	Lr26, Lr23	Sr31	
11	Ситара	Lr13		Pm4b
12	Балкыш			Pm4b
13	Хазинэ	Lr19	Sr25	

В результате молекулярно-генетической оценки на предмет идентификации генотипов по аллельным вариантам *Glu-A1*-локуса *HMW* субъединиц глютеинов установлено, что большинство сортов имеют субъединицу *Ax2**, кодируемую аллельным вариантом *Glu-A1b* (*Ax2**-аллель).

Оценка сортов по *Glu-D1*-локусу *HMW-GS* выяснено, что почти половина сортов характеризуется наличием комбинации субъединиц *Dx5* и *Dy10* (5+10), кодируемой аллельным вариантом *Glu-D1d* (*Dx5*- и *Dy10*-аллели), а другая половина имеет комбинацию субъединиц *Dx2* и *Dy12* (2+12), кодируемую аллельным вариантом *Glu-D1a* (*Dx2*- и *Dy12*-аллели) (табл.4).

Таблица 4

Молекулярно-генетическая оценка сортов яровой пшеницы по аллельным вариантам *HWM* субъединиц глютеинов

№ п.п.	Сорт/линия	<i>HMW-GS</i>			
		<i>A1</i>		<i>D1</i>	
		<i>Ax1</i>	<i>Ax2*</i>	5+10	2+12
1	Экада 109	-	+	+	-
2	Экада 97	-	+	-	+
3	Экада 66	-	+	+	-
4	Экада 113	-	+	-	+
5	Казанская Юбилейная	-	+	-	+
6	Иделле	+	-	+	-
7	Йолдыз	-	+	+	-
8	Хаят	-	+	-	+
9	Буляк	-	+	+	-
10	Аль Варис	-	+	-	+
11	Балкыш	+	-	-	+

Желаемая для селекции на мукомольно-хлебопекарные качества зерна комбинация субъединиц *Ax2*/5+10* имеется у сортов Экада 109, Экада 66, Йолдыз и Буляк, при этом сорта Экада 66 и Йолдыз отнесены к филлерам,

однако общая хлебопекарная оценка этих сортов соответствует требованиям сильной и ценной пшеницы.

Varieties of spring soft wheat of the Tatar research institute of agriculture

Vasilova N.Z., Bagavieva E. Z., Askhadullin Damir F., Askhadullin Danil F. Tazutdinova M. R., Khusainova I. I., Nasikhova G. R., Tatar Scientific Research Institute of Agriculture - separate structural unit of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan', Russian Federation, e-mail: nurania59@mail.ru

The characteristic of varieties of spring soft wheat obtained in the Tatar research institute is presented. Their advantages over the standards of productivity, quality and diseases are shown.

Keywords: breeding, variety, productivity, adaptive ability, economic-biological traits and roperties.

УДК 577.21, 575.852

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ГЕНОВ ФЛАВОНОИД 3'-ГИДРОКСИЛАЗЫ И ФЛАВОНОИД 3', 5'-ГИДРОКСИЛАЗЫ В ГЕНОМЕ ЯЧМЕНЯ

Вихорев А.В.^{1} студент, Стрыгина К.В.² аспирант., Хлесткина Е.К.² д.б.н., главный научный сотрудник*

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*²Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия * e-mail: vihorev97@mail.ru*

*Вторичные метаболиты антоцианы синтезируются многими высшими растениями, включая важную сельскохозяйственную культуру ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.). Ввиду потенциала, который имеет богатое антоцианами зерно для создания продуктов диетического назначения, а также для функционального питания, изучение генов, вовлечённых в синтез антоцианов, является актуальной задачей. Одними из наименее изученных структурных генов в данном метаболическом пути являются гены семейства цитохром P450. Целью настоящего исследования было выявление, сравнение и анализ дублированных копий цитохром P450-кодирующих генов флавоноид 3'-гидроксилазы и флавоноид 3', 5'-гидроксилазы в геноме ячменя.*

*Ключевые слова: биосинтез флавоноидов, дивергенция генов, дубликация генов, цитохром P450, *Hordeum**

Растительные пигменты флавоноиды и их производные антоцианы представляют группу вторичных метаболитов растений, которые, помимо обеспечения окраски, влияют на их защитные функции и ростовые процессы [1]. Растительная пища, богатая определёнными флавоноидами, является источником соединений, полезных для здоровья человека и животных [2]. За счёт своей антиоксидантной активности, антоцианы обладают эффектом против многих инфекционных и дегенеративных заболеваний. Поэтому

насыщение съедобных частей растений антоцианами является сегодня актуальной задачей.

Биосинтез флавоноидных соединений – один из наиболее хорошо изученных метаболических путей растений [1]. Огромное разнообразие флавоноидов достигается с помощью согласованного действия ферментов, которые, действуя поочередно, сначала синтезируют халконы, а затем дают начало различным классам и различным представителям внутри каждого класса (рис.1).

Одними из наименее изученных структурных генов в данном метаболическом пути являются флавоноид 3'-гидроксилаза и флавоноид 3', 5'-гидроксилаза. Данные гены, принадлежащие к большому семейству цитохром P450, являются необходимыми компонентами в пути биосинтеза антоциановых пигментов [3, 4]. Цель данной работы – идентификация и анализ структурной организации генов флавоноид 3'-гидроксилазы и флавоноид 3', 5'-гидроксилазы ячменя.

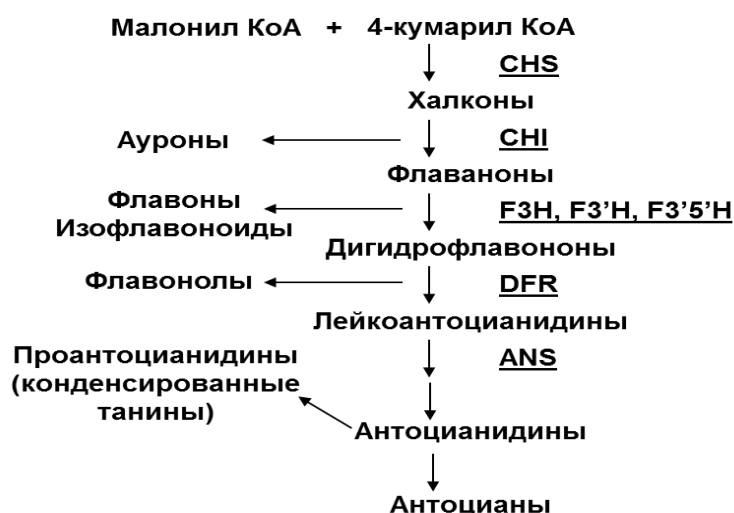


Рис.1. Схема биосинтеза антоцианов. Ферменты, участвующие в биосинтезе: CHS — халконсинтаза, CHI — халконфлаванонизомераза, F3H — флаванон-3-гидроксилаза, F3'H — флавоноид 3'-гидроксилаза, F3'5'H — флавоноид 3', 5'-гидроксилаза, DFR — дигидрофлавонол-4-редуктаза, ANS — антоцианидинсинтаза.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для поиска гомологичных последовательностей генов *F3'H* и *F3'5'H* использовали базу данных неаннотированных геномных последовательностей ячменя IPK Barley BLAST Server. Для аннотирования выявленных последовательностей использовали программу FGENESH+. Выравнивание нуклеотидных и аминокислотных последовательностей осуществляли с использованием программы MULTALIN v5.4.1. Анализ промоторов производили с помощью PLACE. Филогенетический анализ был

производили в программе MEGA v6.06 с использованием алгоритма UPGMA. Для анализа аминокислотных последовательностей использовали сервис InterPro.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании известных последовательностей *F3'H-1* (AK362052) и *F3'5'H-1* (MF679160) были идентифицированы две копии гена *F3'H* и четыре копии гена *F3'5'H* (включая ранее выделенные гены): одна копия в первой хромосоме (*F3'H-2*), одна в четвертой хромосоме (*F3'5'H-1*), три в шестой хромосоме (*F3'H-1*, *F3'5'H-2* и *F3'5'H-3*) и одна в седьмой хромосоме (*F3'5'H-4*) (рис.2). Почти все проанализированные последовательности генов цитохром P450 одно- и двудольных организмов (рис.2) несут в своём составе два экзона. Исключением является ген *F3'5'H-1* ячменя – в его составе было обнаружено три экзона. Второй интрон у *F3'5'H-1*, вероятно, появился на более позднем этапе эволюции после дивергенции дублированных копий. В ходе анализа промоторов генов было выявлено множество мотивов, отвечающих за светозависимую активацию, что характерно для генов, вовлечённых в биосинтез флавоноидных соединений. Нами было показано, что все выявленные гены имеют домен, характерный для семейства гемсодержащих монооксигеназ, – Cytochrome P450, E-class, group I (IPR002401). Члены данного семейства участвуют в метаболизме физиологически активных соединений, в том числе у растений. Однако одна из копий, обозначенная нами *F3'5'H-3*, несёт мутацию сдвига рамки считывания, нарушающую функциональный домен P450.

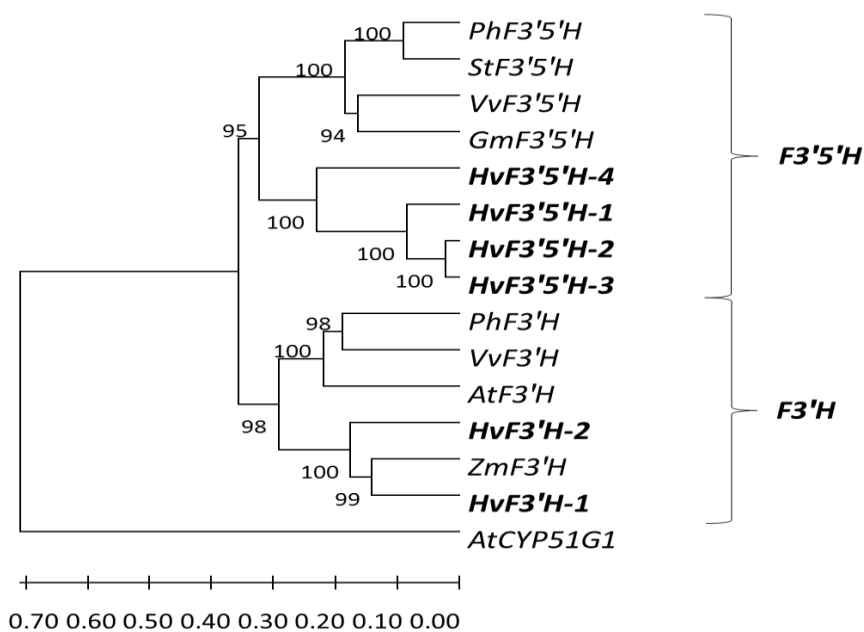


Рис.2. Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей генов *F3'H* и *F3'5'H*, выявленных в геноме ячменя. MEGA 6.06, метод NJ.

Таким образом, рамках настоящего исследования с помощью базы данных неаннотированных геномных последовательностей ячменя были идентифицированы последовательности генов *F3'H* и *F3'5'H*, потенциально вовлечённые в биосинтез антоцианов. На основе полученных данных о локализации, структурно-функциональной организации и регуляции данных генов в дальнейшем планируется разработать генетическую конструкцию для редактирования генов цитохром P450 ячменя с помощью системы CRISPR/Cas9 с целью получения сортов с новыми хозяйственно-ценными признаками.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (16-04-00912).

Список литературы

1. Adzhieva V. F. et al. Molecular genetic mechanisms of the development of fruit and seed coloration in plants //Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2016. – Т. 6. – №. 5. – С. 537-552.
2. Li D. et al. Health benefits of anthocyanins and molecular mechanisms: Update from recent decade //Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Т. 57. – №. 8. – С. 1729-1741.
3. Tanaka Y., Brugliera F. Flower colour and cytochromes P450 //Phil. Trans. R. Soc. B. – 2013. – Т. 368. – №. 1612. – С. 20120432.
4. Strygina K. V., Börner A., Khlestkina E. K. Identification and characterization of regulatory network components for anthocyanin synthesis in barley aleurone //BMC plant biology. – 2017. – Т. 17. – №. 1. – С. 184.

IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF GENES FLAVONOID 3'-HYDROXYLASE AND FLAVONOID 3', 5'-HYDROXYLASE IN BARLEY GENOME

Vikhorev A.V.^{1*}, Strygina K.V.², Khlestkina E.K.²

¹Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

* e-mail: vihorev97@mail.ru

*Secondary metabolites anthocyanins are synthesized by many higher plants including an important agricultural crop barley (*Hordeum vulgare* L.). The study of genes involved in the synthesis of anthocyanins is important because of the health benefits of these compounds. One of the least studied structural genes in this metabolic pathway are genes of cytochrome P450 family. The aim of this study was to identify, compare, and analyze duplicated copies of cytochrome P450-encoding flavonoid 3'-hydroxylase and flavonoid 3', 5'-hydroxylase genes in the barley genome.*

*Key words: biosynthesis of flavonoids, cytochrome P450, gene divergence, gene duplication, *Hordeum**

ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ЛИСТОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Волкова Г.В., д. б. н., заведующая лабораторией иммунитета зерновых культур к грибным болезням ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар, РФ, E-mail: galvol@bk.ru

Кремнева О.Ю., к. б. н., в. н. с. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар, РФ

Ваганова О.Ф., н.с. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар, РФ

Матвеева И.П., м.н.с. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар, РФ

Мирошниченко О.О., м.н.с. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар, РФ

Иммунологическая оценка 151 сортобразца озимой пшеницы и тритикале относительно северокавказских популяций возбудителей желтой, стеблевой, бурой ржавчины и желтой пятнистости листьев позволила выявить устойчивые сорта, как к отдельным патогенам, так и с групповой устойчивостью. Устойчивую реакцию к *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) проявили 3 сортобразца, к *Puccinia triticina* Rob. ex Desm. – 66, к *Puccinia striiformis* West. – 76, к *Puccinia graminis* Pers. – 19. Среди изученных сортобразцов 50 обладали групповой устойчивостью, из них 40 – к двум, 8 - к трем и 2 – к четырем патогенам.

Ключевые слова: бурая, желтая, стеблевая ржавчина, желтая пятнистость, пшеница, тритикале, устойчивость.

Озимая пшеница является одной из наиболее востребованных сельскохозяйственных культур на планете. По данным Экспертно-аналитического центра агробизнеса (АБцентр) в структуре посевных площадей Краснодарского края наибольшую долю занимают посевы пшеницы (в 2015 г. этот показатель составил 40,1 % от всех площадей). Однако, высокая концентрация культуры в общем севообороте и благоприятные погодные условия способствуют вспышкам болезней.

Сдерживающим фактором повышения урожайности зерновых колосовых являются такие возбудители, как бурая ржавчина (*Puccinia triticina* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Eriks.et Henn), желтая ржавчина (*Puccinia striiformis* (=P.*glumarum*) West. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.), желтая пятнистость листьев (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), а так же различные виды головни, мучнистая роса и корневые гнили [1, 2].

Ежегодный ущерб, наносимый вредителями и болезнями сельскохозяйственным культурам, по данным организации по продовольствию

и сельскому хозяйству ООН (ФАО), составляет примерно 20-25 % потенциального мирового урожая пшеницы.

К настоящему времени доказано, что основное и наиболее радикальное средство защиты посевов от возбудителей листовых болезней – селекция и использование устойчивых сортов. Эволюция патогенных свойств паразита приводит к появлению новых вирулентных рас, следствием чего часто бывает быстрая утрата новым сортом способности противостоять эпифитотии. Указанное выше постоянно требует вовлечения в селекцию новых источников устойчивости, поэтому решающий фактор, обеспечивающий успех селекции на иммунитет - правильно подобранный исходный материал [3].

В условиях искусственных инфекционных фонов возбудителей желтой пятнистости листьев, желтой, бурой и стеблевой ржавчины в динамике проведена полевая оценка 151 сортообразца пшеницы и тритикале селекции Национального центра зерна им. П.П. Лукьяненко, Научного центра «Донской», Донского Зонального НИИСХ (ДЗНИИСХ), Ставропольского НИИСХ (СНИИСХ). Основными фитопатологическими параметрами оценки сортов на устойчивость к ржавчинам были: тип реакции растений в баллах (шкалы Mains, Jackson; Gassner, Straib; Stakman, Levine), степень поражения растений в процентах (шкала Peterson et al.); для пятнистости – степень поражения в процентах по шкале Saari и Prescott [4].

В результате иммунологической оценки было выявлено 3 источника устойчивости к желтой пятнистости листьев: Тит – селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, Ярило – селекции НЦ «Донской» и Легион – селекции ДЗНИИСХ; 66 источников устойчивости к бурой ржавчине, из них: 17 – селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (Лауреат, Морозко, Ольхон, Стан, Табор и др.), 31 – селекции НЦ «Донской» (Диона, Тейя, Степной Янтарь, 1716/12 и др.), 12 – селекции ДЗНИИСХ (Боярыня, Славица, Корнет, Зимагор и др.), 6 – селекции СНИИСХ (Нива Ставрополя, Одиссея, Виктория 11, 132/09 и др.); 76 источников устойчивости к желтой ржавчине, из них: 20 – селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (Еремеевна, Одары, Ласка, Уния и др.), 35 - селекции НЦ «Донской» (330/10, 370/10, Краса Дона, Адмирал, Тацитус и др.), 11 – селекции ДЗНИИСХ (Ацтек, Сколот, Донслав, Атаман Платов и др.), 10 – селекции СНИИСХ (Багира, А1, Ф1, Слава, 96/09 и др.); 19 источников устойчивости к стеблевой ржавчине, из них: 10 – селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (Ярик, Ярило, Ровня, Кунак и др.), 5 – селекции ДЗНИИСХ (Пилигрим, Ацтек, Сколот, Атаман Платов, Легион), 3 – селекции СНИИСХ (Настя, А1, 728/14).

Выявлено 50 образцов с групповой устойчивостью, из них 40 образцов с устойчивостью к двум патогенам. Это такие сортообразцы, как Баграт, Лауреат, Морозко и др. (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко); Сейлор, Диона, Тейя и др.

(Научный центр «Донской»); Корнет, Зимагор, Легион и др. (ДЗНИИСХ); Нива Ставрополя, Виктория 11 и др. (СНИИСХ). Выявлено 8 сортообразцов, устойчивых к трем патогенам: Сват, Князь, Дозор, Жнец, Хлебороб, Ярик, Ровня, Кунак. Наибольший интерес представляют 2 образца, устойчивых ко всем четырем изучаемым патогенам: Тит и Ярило (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко).

Выявленные источники с групповой устойчивостью к болезням являются ценным материалом как для селекции новых сортов пшеницы и тритикале, а также при районировании и не только на юге России, но и в других регионах РФ.

Список литературы

1. Сасова, Н. А. Фитосанитарный мониторинг листовых болезней озимых колосовых культур в Краснодарском крае // Защита растений в Краснодарском крае, 2010. – № 5. -С. 1-2.
2. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края [Текст] / Под ред. И.Т. Трубилина, Н.Г. Малюги. - Краснодар, 1997. - 236 с.
3. Берлянд-Кожевников, В.М. Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине (генетическое разнообразие популяций гриба и растения-хозяина) / В.М. Берлянд-Кожевников, А.П. Дмитриев, Е.Б. Будашкина, И.П. Шитова, Б.Г. Рейтер. – Новосибирск: «Наука» Сибирское отделение, 1978. – 305 с.
4. Бабаянц, Л.Т. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах - членах СЭВ [Текст] / Л.Т.Бабаянц, А.Мештерхази, В.Вехтер [и др.]. - Прага, 1988. – 321 с.

EVALUATION OF GENOTYPES OF WHEAT AND TRITICALE AGAINST CAUSAL AGENTS OF LEAF DISEASES

Volkova G. V., D. SC., Head of laboratory of crops immunity to fungal diseases FSBI "All-Russian research Institute of biological plant protection", Krasnodar, Russia, E-mail: galvol@bk.ru

Kremneva O. Yu., PhD FSBI "All-Russian research Institute of biological plant protection", Krasnodar, Russia

Vaganova O. F., Researcher of FSBI "All-Russian research Institute of biological plant protection", Krasnodar, Russia

Matveeva I. P., Junior researcher of FSBI "All-Russian research Institute of biological plant protection", Krasnodar, Russia

Miroshnichenko O. O., Junior researcher of FSBI "All-Russian research Institute of biological plant protection", Krasnodar, Russia

*Immunological assessment of 151 varieties of winter wheat and triticale relative to the North Caucasian populations of yellow, stem, leaf rust and yellow leaf spot allowed to identify resistant varieties, both to individual pathogens and group resistance. Steady reaction to *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) showed 3 varieties, to *Puccinia triticina* Rob. ex Desm. - 66, to *Puccinia striiformis* West. - 76, to *Puccinia graminis* Pers. - 19. Among the studied varieties, 50 had group resistance, 40 of them - to two, 8 – to three and 2-to four pathogens.*

Key words: leaf, yellow, stem rust, yellow leaf spot, wheat, triticale, resistance.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗИСТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА РЯДА СОРТООБРАЗЦОВ

Гвоздева Л.М. аспирант, Хлесткин В.К. к.х.н., старший научный сотрудник,
Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия*

** e-mail: ungersy@mail.ru gvozdeva@bionet.nsc.ru*

Получение крахмала с заданными характеристиками является важной и актуальной задачей, связанной с диетическим питанием (резистивный крахмал) и переработкой в промышленном масштабе. Резистивный (устойчивый к перевариванию в тонком кишечнике) крахмал проходит через желудок и тонкий кишечник, оставаясь нетронутым, а затем попадает в толстый кишечник и там служит отличной питательной средой для полезной микрофлоры. В отличие от обычного крахмала, резистивный увеличивает чувствительность клеток организма к инсулину и снижает уровень глюкозы в крови. Результаты данной работы позволят точнее подбирать здоровый рацион питания, в том числе для профилактики и/или помощи при лечении ряда болезней и для более эффективного использования крахмала в процессах промышленной переработки.

Ключевые слова: диабет, картофельный крахмал, полногеномный анализ ассоциаций, резистивный крахмал.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является значимой сельскохозяйственной культурой – источником крахмала, важного источника энергии, поступающего с пищей в организм человека, а также значимого сырья органического происхождения, легкодоступного в промышленных масштабах для хозяйственной деятельности. Физико-химические свойства крахмала (соотношение амилозы и амилопектина, разветвленность и упаковка молекул в составе гранул крахмала, наличие фосфатных групп и др.) определяют скорости реакций крахмала с ферментами и, соответственно, влияют на его усвояемость животными и микроорганизмами. Этот важный признак картофеля регулируется рядом генов [1], которые могут быть выявлены с использованием современных методов генетики и геномики, применяемых, в том числе и на картофеле [2]. В частности, секвенирован ген картофеля [3] и разработан SNP-чип, пригодный для высокпроизводительного генотипирования генетического и селекционного материала [4], результаты применения которого на двуродительских картирующих популяциях или панелях сортов для ассоциативного картирования с охарактеризованным фенотипом могут применяться для выявления маркирования локусов количественных признаков, влияющих на различные свойства крахмала. Такие исследования могут пополнить арсенал уже известных локусов, большинство из которых на данный момент – это, как правило, структурные гены, кодирующие ферменты

биосинтеза и метаболизма крахмала. Локусы, регулирующие экспрессию структурных генов метаболизма крахмала, остаются практически неизученными [1]. Полученная информация о локусах количественных признаков, связанных с усвояемостью крахмала, и тесно сцепленных с ними ДНК-маркерах, станет основой для ускоренной селекции сортов картофеля, производящих крахмал с заданной эффективностью тех или иных биохимических превращений, в том числе при усвоении крахмала, поступающего с пищей в организм человека, а также превращений при переработке для промышленных целей.

Гликемический индекс и связанная с ним резистивность крахмала – признак, характеризующий уровень сахара в крови после употребления пищевых продуктов. Так, в силу разного механизма усвояемости, крахмал с высоким содержанием амилозы, как правило, имеет низкий гликемический индекс (и также инсулиновый индекс), крахмал с высоким содержанием амилопектина имеет высокий гликемический индекс [5]. Было показано, что разброс гликемического индекса для разных сортов картофеля может составлять от 53 до 103 единиц [6]. Однако резистивность крахмала лучше оценивать *in vitro* в модельных экспериментальных условиях, потому что на нее влияет не только соотношение амилозы и амилопектина, но и ряд других факторов.

Получение крахмала с заданными характеристиками является важной и актуальной задачей, связанной с диетическим питанием. Резистивный (или устойчивый) крахмал (resistant starch, RS) проходит через желудок и тонкий кишечник, оставаясь нетронутым, а затем попадает в толстый кишечник и там служит хорошей питательной средой для полезной микрофлоры. В отличие от обычного крахмала, резистентный увеличивает чувствительность клеток организма к инсулину и снижает уровень глюкозы в крови. По некоторым данным, если в день съедать 15-30 граммов устойчивого крахмала, то всего за четыре недели чувствительность к инсулину увеличивается на 33-50 процентов [7,8]. Таким образом, результаты данной работы позволят точнее подбирать здоровый рацион питания, в том числе для профилактики и/или помощи при лечении болезней, связанных с нарушениями углеводного обмена (диабет) [9], либо с деятельностью микроорганизмов, потребляющих крахмал в процессе своей жизнедеятельности (болезнь Крона, болезнь Бехтерева).

Определение сортов картофеля, производящих крахмал с заданными скоростями химических и биохимических превращений, позволит также более эффективно использовать крахмал в процессах промышленной переработки.

На основании проведенной работы будут разработаны молекулярные маркеры для дальнейшего использования в маркер-ориентированной селекции картофеля с разной усвояемостью крахмала.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Выделяли образцы крахмала из картофеля сортов, участвующих в Эколого-географических испытаниях под патронажем ФАНО России (60 шт) и сортов и гибридов из коллекции «ГенАгро» ФИЦ ИЦиГ СО РАН (40 шт). Получали ДНК данных 100 сортов и гибридов для последующего SNP-генотипирования, необходимого для дальнейшего полногеномного анализа ассоциаций генотип-фенотип (GWAS).

Для определения резистивного крахмала навеску образца крахмала инкубировали в течении 16 ч с ферментом α -амилазой при 37°C. Полученный осадок растворяли в щелочи и инкубировали с ферментом глюкоамилазой при 60°C (1 ч), после чего при помощи тест-набора ГЛЮКОЗА-ОЛЬВЕКС определяли содержание глюкозы в образце и высчитывали количество резистивного крахмала в процентном соотношении от общего количества крахмала, взятого для анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По указанной методике на содержание резистивного крахмала были исследованы 74 сортообразца. Среднее содержание резистивного крахмала составило 70% от общего количества крахмала. Выявлены контрастные формы (рис.1), что на дальнейших этапах полногеномного анализа ассоциаций позволит идентифицировать локусы и сцепленные с ними ДНК-маркеры резистивности крахмала к перевариванию в верхних отделах желудочно-кишечного тракта.

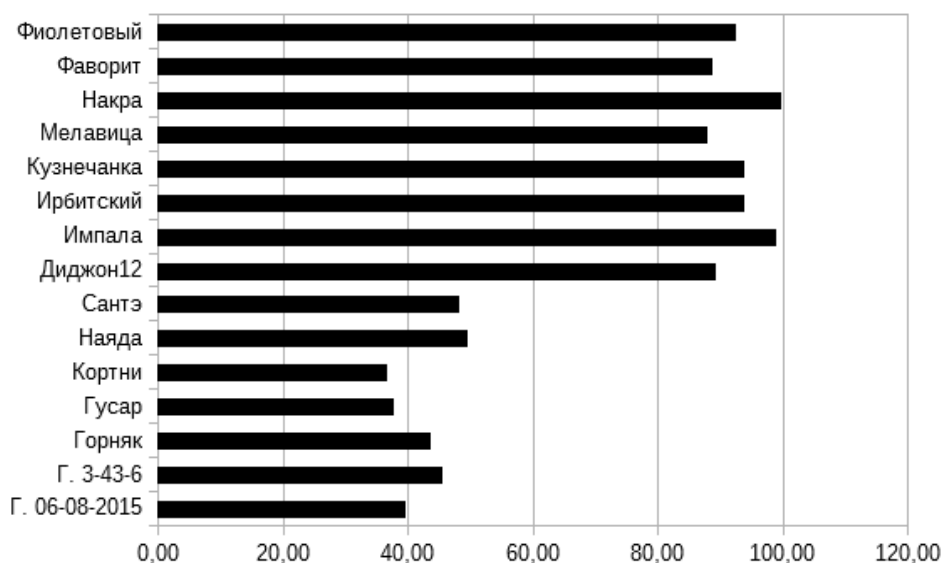


Рисунок 1. Содержание резистивного крахмала (%) в исследуемых сортообразцах.

Таким образом, можно будет достаточно быстро вывести селекционно сорта, богатые резистивным или перевариваемым крахмалом, которые можно будет использовать при лечении/профилактике ряда заболеваний (связанных с усвояемостью крахмала) или для увеличения эффективности промышленной переработки крахмала.

Работа по определению резистивности крахмала проводится при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 17-29-08006). Образцы картофеля получены из коллекции ЦКП «ГенАгро» ИЦиГ СО РАН.

Список литературы

1. Хлесткин В. К., Пельтек С. Е., Колчанов Н. А. Гены-мишени для получения сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с заданными свойствами крахмала. // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Том 52. – № 1. – С. 25-36.
2. Быкова И.В., Шмаков Н.А., Афонников Д.А., Кочетов А.В., Хлесткина Е.К. Достижения и перспективы использования методов высокопроизводительного секвенирования в генетике и селекции картофеля. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(1). – С. 96-103.
3. The Potato Genome Sequencing Consortium. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. // Nature. – 2011. – № 475. – P. 189-195.
4. The RNAcentral Consortium. RNAcentral: a comprehensive database of non-coding RNA sequences. // Nucl. Acids Res. – 2017. – № 45. – P. 128-134.
5. IOSR. // Journal of Agriculture and Veterinary Science. – 2014. – Volume 7. – Issue 9. – Ver. III. – P. 12-18.
6. Ek KL, Wang S, Copeland L, Brand-Miller JC. Discovery of a low-glycaemic index potato and relationship with starch digestion in vitro. // British Journal Nutrition. – 2014. - №. 111(4). – P. 699-705.
7. Raben A. et al. Resistant starch: the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. // American Society for Clinical Nutrition. – 1994.
8. Robertson D. et al. Insulin-sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. // American Society for Clinical Nutrition. – 2005.
9. Shen RL, Zhang WJ, Dong LJ. Preparation, structural characteristics and digestibility of resistant starches from highland barley, oats and buckwheat starches. // Journal of Food and Nutrition Research. – 2016. – Vol. 55. – № 4. – P. 303-312.

RESISTANT STARCH EVALUATION FOR A ROW OF POTATO VARIETIES

Gvozdeva L.M., Khlestkin V.K.*

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

** e-mail: ungersy@mail.ru*

Production of starch with desired characteristics is an important and urgent task related to dietetic food (resistant starch) and (bio)chemical processing on an industrial scale. Resistant to digestion in the small intestine starch passes through stomach and small intestine, remaining intact, and then enters large intestine and serves as an excellent nutrient medium for beneficial local microflora. In

contrast to conventional starch, the resistive one increases sensitivity of body cells to insulin and lowers the level of glucose in a blood. The results of this work will make possible to choose more accurately a healthy diet for prevention and/or control of a number of diseases as well as more efficient use of starch in industrial processing.

Key words: diabetes, genome-wide association studies, potato starch, resistant starch.

УДК 575

ВЫБОР ЦЕЛЕВЫХ САЙТОВ И НАПРАВЛЯЮЩИХ РНК ДЛЯ НОКАУТА ГЕНОВ NUD И VRS1 ЯЧМЕНЯ ПРИ ПОМОЩИ РНК- НАПРАВЛЕННОЙ ЭНДОНУКЛЕАЗЫ

*Герасимова С.В.*¹. к.б.н., научный сотрудник, Хертиг К.² IPK, Гатерслебен,
Короткова А.М.¹ младший научный сотрудник, Хикель С.² IPK, Гатерслебен, Кумлен Й.² IPK,
Гатерслебен, Кочетов А.В.¹. член-корр. РАН, главный научный сотрудник,, Хлесткина Е.К.¹
главный научный сотрудник*

*(1) Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения
Российской академии наук», Новосибирск, Россия*

(2) Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany

**e-mail: gerson@bionet.nsc.ru*

Проведен теоретический анализ и экспериментальная оценка активности системы, состоящей из нуклеазы Cas9 и различных направляющих РНК, нацеленных на гены Nud и Vrs1 ячменя. Методом восстановления активности гена-репортера путем направленного внесения мутаций было проанализировано 8 различных нРНК и выбраны наиболее активные варианты, которые в дальнейшем будут использоваться для получения мутантов ячменя по генам Nud и Vrs1.

Ключевые слова: ячмень, редактирование генома, ген-репортер, CRISPR/Cas

Модификация геномов культурных растений при помощи РНК-направленной нуклеазы (например, Cas9) является на сегодняшний день бурно развивающейся и перспективной областью современной селекции [1]. Направленные модификации генома позволяют в кратчайшие сроки получить желаемое изменение признака у выбранного генотипа. Модификации генома успешно реализуются для разных культур сельскохозяйственных растений [2]. Однако, технология получения модифицированных растений на сегодняшний день еще не является рутинной и нуждается в тщательной оптимизации. Особенно важно проводить оптимизацию метода для растений, которые обладают большими сложными геномами и которые с трудом поддаются генетической трансформации, например, злаковых культур. До настоящего времени не было создано эффективных алгоритмов для оптимального подбора целевых сайтов и направляющих РНК (нРНК) в геномах злаков. Активность системы редактирования генома варьирует между разными целевыми сайтами,

поэтому необходимым этапом при планировании модификации генома является теоретическая и экспериментальная оценка активности каждой пары целевой сайт-нРНК в клетках растений.

Для оценки активности нРНК *in vivo* разработана искусственная тестовая система, основанная на восстановлении активности гена–репортера [3]. Система состоит из трех векторов:

1. Контрольный вектор, несущий репортерный ген mCherry (возбуждается при длине 587 нм, излучает 610 нм) под контролем промотора 35S.

2. Целевой вектор pTARGET, несущий репортерный ген YFP (возбуждается при длине волны 514 нм, излучает 527 нм) под контролем удвоенного промотора 2x35S. Чтобы проверить активность конкретной нРНК, последовательность целевого сайта вместе с РАМ-доменом встраивается в кодирующую последовательность YFP, что приводит к сдвигу рамки считывания в положение +1.

3. Вектор pRGEN, несущий систему РНК-направленного мутагенеза (нРНК, Cas9). Этот вектор выбирается в зависимости от объекта и задач. В данной работе был выбран вектор, несущий нуклеазу Cas9 (zCas9) с оптимизированным для растений кодоновым составом и сигналом ядерной локализации (NLS), под контролем промотора убиквитина кукурузы (ZmUbi1p), и ген направляющей РНК (gRNA scaffold) под контролем промотора U3 риса (OsU3p), которая может быть нацелена на любой целевой сайт путем внесения олигонуклеотида, соответствующего по структуре спейсеру нРНК.

Метод тестирования нРНК состоит из внесения одновременно всех трех векторов в клетки эпидермиса листьев при помощи биобаллистики, и дальнейшей микроскопии на сканирующем конфокальном микроскопе с лазером CLSM 780 (561 nm He-NE-laser для mCherry, 488 nm Ar для YFP, эмиссия измеряется в диапазоне 490-640 нм).

При проведении эксперимента все три вектора попадают в клетку одновременно. Репортерная конструкция, отмечающая попадание в клетку, приводит к экспрессии белка mCherry, который излучает на длине волны 610 нм (красный цвет). Все успешно трансформированные клетки будут иметь пик излучения при длине волны 610 нм. Если Cas9 и нРНК функциональны, то они будут проявлять активность в отношении сайта, встроеного в последовательность YFP. С некоторой вероятностью рамка считывания YFP восстанавливается, и при воздействии соответствующего излучения появляется сигнал флуоресценции при длине волны 527нм (желтый цвет). Клетки, экспрессирующие оба репортера, имеют два пика флуоресценции: 537 и 610 нм.

Отношение количества клеток, экспрессирующих YFP, к общему числу трансформированных клеток служит показателем активности каждой нРНК.

В данной работе проводилась оценка активности разных нРНК, нацеленных на гены *Nud* и *Vrs1* ячменя (*Hordeum vulgare*) и выбор оптимальных вариантов, которые в дальнейшем будут использованы для получения мутаций по этим генам. При помощи программ DeskGen [4] и Wu-CRISPR [5], а также программы предсказания вторичных структур RNAfold [6] было подобрано 4 сайта-мишени для гена *Nud* (3 в первом экзоне и один во втором) и 2 сайта в первом экзоне гена *Vrs1*. Для этих сайтов был произведен дизайн нРНК, всего было подобрано 8 нРНК для этих бти сайтов (табл. 1).

Таблица 1.

Подбор нРНК для внесения мутаций в гены *Nud* и *Vrs1* ячменя

Обозначение нРНК	позиция	цепь	Структура целевого сайта (подчеркнут PAM)	структура нРНК
Nud_ex1-14	14-33 Exon 1	+	AGAAGAAGTTTCGCGGCGTC <u>AGG</u>	AGAAGAAGTTTCGCGGCGTC
Nud_ex1-45	45-64 Exon 1	-	GGAGACCCAGGAGCCCCAGT <u>GG</u>	GGAGACCCAGGAGCCCCAGG
Nud_ex1-50	50-69 Exon 1	+	GCTCCTGGGTCTCCGAGATCA <u>GG</u>	AGCTCCTGGGTCTCCGAGATC
Nud_ex1-50a	50-69 Exon 1	+	GCTCCTGGGTCTCCGAGATCA <u>GG</u>	GCTCCTGGGTCTCCGAGATC
Nud_ex2-96	96-115 Exon 2	+	AGACCAACTTCCCCGTACCGA <u>GG</u>	AGACCAACTTCCCCGTACCG
Vrs_ex1-29	29-48 Exon 1	-	GAAGAAAGTCGTGTCCACGT <u>TGG</u>	AGAAGAAAGTCGTGTCCACGT
Vrs_ex1-33	33-52 Exon 1	+	CGTGGACACGACTTTCTTCGC <u>GG</u>	ACGTGGACACGACTTTCTTCG
Vrs_ex1-33a	33-52 Exon 1	+	CGTGGACACGACTTTCTTCGC <u>GG</u>	GTGGACACGACTTTCTTCG

Для сайтов Nud_Ex1_50 и Vrs_Ex1_33 было подобрано по 2 нРНК, различных по длине и структуре.

В вектор pRGEN по сайту рестрикции BsaI, были встроены олигонуклеотиды, соответствующие выбранным нРНК. В результате было получено 8 конструкций: 5 для гена *Nud* и 3 для гена *Vrs1*. Секвенирование по

Сэнгеру подтвердило идентичность созданных конструкций результатам моделирования *in silico*.

В вектор pTARGET были введены целевые сайты, идентичные сайтам в геноме ячменя, путем встройки двухцепочечных олигонуклеотидов по сайтам рестрикции BamHI, EcoRI. Было получено 6 векторов: 4 для гена *Nud* и 2 для гена *Vrs1*. Правильность сборки конструкций была подтверждена рестрикционным анализом и секвенированием.

Было проведено тестирование активности восьми нРНК в клетках эпидермиса ячменя методом восстановления активности репортера. Для каждой нРНК эксперимент был проведен независимо дважды, в двух повторностях. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Предсказанная и экспериментальная активность различных нРНК

Обозначение нРНК	Структура нРНК	Активность, предсказанная DeskGen	Активность, предсказанная WuCRISPR	Активность экспериментальная
Nud_ex1-14	AGAAGAAGTTTCGCGGCGC TC	44		0.32
Nud_ex1-50	AGCTCCTGGGTCTCCGAG ATC	46		0.37
Nud_ex1-50a	GCTCCTGGGTCTCCGAGA TC	46		0.27
Nud_ex2-96	AGACCAACTTCCCCGTAC CG	70	81	0.36
Nud_ex1-45	GGAGACCCAGGAGCCCC AG	64	83	0.53
Vrs_ex1-29	AGAAGAAAGTCGTGTCCA CGT	67		0.09
Vrs_ex1-33	ACGTGGACACGACTTTCT TCG	62	73	0.10
Vrs_ex1-33a	GTGGACACGACTTTCTTC G	62	73	0.35

Можно видеть, что все нРНК имеют определенную активность. Однако наиболее стабильную и высокую активность имеют варианты длиной 19 нуклеотидов, имеющие G в положении 1. Наиболее активной оказалась нРНК для сайта Nud_ex1-45. Обе нРНК для сайта Nud_ex1-50 имеют схожую активность. Интересный результат был получен для разных нРНК для сайта Vrs_ex1-33: удлиненный вариант имеет относительно низкую активность, укороченный – относительно высокую. Также можно видеть, что все сайты, предсказанные при помощи ресурса Wu-CRISPR, демонстрируют высокие показатели активности.

Для дальнейшей работы и для стабильной трансформации растений были отобраны конструкции, несущие варианты нРНК Nud_ex1-14 и Nud_ex1-50a для гена *Nud* и Vrs_ex1-33a для гена *Vrs1*. Для каждой конструкции кассета с системой направленного мутагенеза была перенесена в бинарный вектор для трансформации растений.

Работа поддержана грантом РФФИ (16-14-00086).

Список литературы

1. Gerasimova S.V. et al. Genome editing system CRISPR/CAS9 and peculiarities of its application in monocots // Russ. J. Plant Physiol. 2017. Vol. 64, № 2.
2. Korotkova A.M. et al. Crop genes modified using the CRISPR/Cas system // Russ. J. Genet. Appl. Res. 2017. Vol. 7, № 8.
3. Budhagatapalli N. et al. A simple test for the cleavage activity of customized endonucleases in plants // Plant Methods. BioMed Central, 2016. Vol. 12, № 1. P. 1–10.
4. Hough S.H. et al. Erratum to: Guide Picker is a comprehensive design tool for visualizing and selecting guides for CRISPR experiments. [BMC Bioinformatics. 167 (2017)(18)] DOI: 10.1186/s12859-017-1581-4 // BMC Bioinformatics. BMC Bioinformatics, 2017. Vol. 18, № 1. P. 1–10.
5. Wong N., Liu W., Wang X. WU-CRISPR: Characteristics of functional guide RNAs for the CRISPR/Cas9 system // Genome Biol. Genome Biology, 2015. Vol. 16, № 1. P. 1–8.
6. Gruber A.R. et al. The Vienna RNA Websuite // Nucleic Acids Res. 2008. Vol. 36, № Web Server. P. W70–W74.

SELECTION OF TARGET SITES AND GUIDE RNA FOR KNOCKOUT OF BARLEY NUD AND VRS1 GENES USING RNA-GUIDED ENDONUCLEASE

Gerasimova Sophia¹, Hertig Christian², Korotkova Anna¹, Hiekel Stefan², Kumlehn Jochen², Kochetov Alex¹, Khlestkina Elena¹

(1) Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

(2) Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany

Theoretical prediction and experimental validation of Cas9-gRNA activity have been performed for different gRNAs targeting barley Nud and Vrs1 genes. Using method of mutational restoration of reporter gene functionality 8 gRNAs have been tested. Most active variants have been selected for knockout of Nud and Vrs1 genes.

barley, genome editing, reporter gene, CRISPR/Cas

УДК 577.21, 575.852

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ СЕМЕЙСТВА ГЕНОВ ХАЛКОНСИНТАЗЫ У ПШЕНИЦЫ И ЕЁ СОРОДИЧЕЙ

Глаголева А.Ю.^{1*} студент-магистрант, Хлесткина Е.К.² д.б.н., главный научный сотрудник

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

²Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия * e-mail: glagoleva@bionet.nsc.ru

Флавоноидные соединения - вторичные метаболиты растений, большинство из которых является пигментами, что делает их удобной моделью для генетических исследований. Халконсинтаза (CHS) является ключевым ферментом биосинтеза флавоноидов и участвует в синтезе всех классов флавоноидных соединений. Гены, кодирующие данный фермент, как правило, представлены в геномах растений в большом количестве копий и у большинства видов описаны достаточно подробно. Тем не менее, у мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) эти гены до сих пор не изучены. Целью данной работы стало изучение структурной и функциональной организации семейства генов халконсинтазы, а также их эволюции у мягкой пшеницы и её сородичей.

Ключевые слова: халконсинтаза, *Chs*, флавоноиды, дупликация генов, *Triticum*, *Aegilops*.

Флавоноидные соединения являются вторичными метаболитами растений и выполняют ряд важных функций: участвуют в процессах роста и развития, защищают растения от действия патогенов и неблагоприятных факторов среды. Большинство флавоноидов являются пигментами, что делает их удобной моделью для генетических исследований. Халконсинтаза (CHS) – ключевой фермент пути биосинтеза флавоноидов, участвующий в синтезе всех классов флавоноидных соединений. Гены, кодирующие данный фермент, как правило, представлены в геномах растений в большом количестве копий и на данный момент описаны достаточно подробно. Тем не менее, у мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L., геном ВВААDD, 2n=6x=42) данное семейство генов ранее не было изучено.

Стоит отметить, что пшеницы разного уровня ploидности являются привлекательной моделью для исследования функциональных особенностей и эволюционных преобразований дублицированных копий генов. У полиплоидных форм, в частности, у мягкой пшеницы помимо дублицированных генов, возникших вследствие дупликации отдельных сегментов хромосом (паралогичные гены), имеются гомеологичные гены, образовавшиеся вследствие полиплоидизации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для выполнения поставленных задач использовались современные методы генетики и биоинформатики: *in silico* анализ последовательностей ДНК и конструирование праймеров для ПЦР с помощью BLASTN, MULTALIN, MEGA, FGGENESH, PrimerQuest; анализ транскрипции генов, выделение РНК и ДНК растений; ПЦР обратная транскрипция; выделение, очистка и секвенирование ПЦР-фрагментов. Поиск гомологичных последовательностей проводили с помощью нуклеотидной последовательности *Chs* ячменя в базах данных неаннотированных геномных последовательностей пшеницы и её

сородичей (<https://urgi.versailles.inra.fr/>). Специфичность сконструированных праймеров проверяли с помощью ПЦР на нуллитетрасомных линиях пшеницы. Специфичные праймеры использовали для внутрихромосомной локализации копий (при помощи ПЦР на делеционных линиях) и для анализа транскрипции отдельных копий (при помощи ПЦР на кДНК корней, coleoptile и перикарпа пшеницы).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью поиска гомологичных последовательностей в базе данных нуклеотидных последовательностей пшеницы были идентифицированы и аннотированы 5 копий гена *Chs*: три гомеологичные копии *Chs-A1*, *Chs-B1* и *Chs-D1* и две паралогичные копии – *Chs-B2* и *Chs-B3*. Было показано, что все копии *Chs* у пшеницы локализованы в дистальных районах коротких плеч хромосом второй группы. Также были идентифицированы, аннотированы и досеквенированы копии генов *Chs* у других видов *Triticum* и *Aegilops* ($2n=4x=28$: *T. durum*; $2n=2x=14$: *T. urartu*, *T. monococcum*, *Ae. speltoides*, *Ae. sharonensis*, *Ae. tauschii*).

Филогенетический анализ показал, что впервые дупликация гена *Chs* произошла у общего предка родов *Triticum* и *Aegilops* около 10 миллионов лет назад. Затем, еще одна копия образовалась у предка В-генома около 6-7 миллионов лет назад. Копия *Chs-B3* – результат дупликации *Chs* у диплоидного предка родов *Triticum* и *Aegilops*. Эта копия имеет сохранившиеся гомеологи (ортологи) в А- и В-геномах у диплоидных и тетраплоидных видов, а у мягкой пшеницы, вероятно, эти ортологи подверглись псевдогенизации. Копия *Chs-B2* не имеет ортологов в А- и В-геномах, так как образовалась от копии *Chs-B2* у предка В-генома (рис. 1).

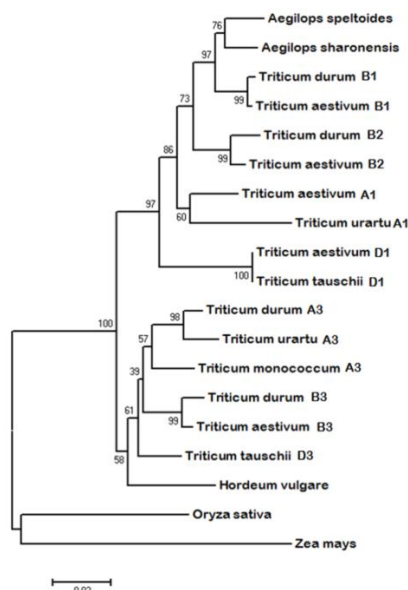


Рис. 1. Дивергенция копий гена *Chs* *Triticum* и *Aegilops*.

Согласно результатам анализа транскрипционной активности и структуры промоторов копий гена *Chs*, выявленных в геноме мягкой пшеницы, предполагается, что эти копии участвуют в синтезе различных классов флавоноидных соединений в разных (как оптимальных, так и стрессовых условиях). Специализация отдельных копий, по-видимому, является причиной поддержания пяти копий одного и того же гена в геноме мягкой пшеницы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (16-04-00912).

ORGANIZATION AND EVOLUTION CHALCONE SYNTHASE GENE FAMILY IN BREAD WHEAT AND RELATED SPECIES

Glagoleva A.Yu.^{1}, Khlestkina E.K.²*

¹*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

* e-mail: glagoleva@bionet.nsc.ru

*Flavonoids are secondary metabolites of plants, the most of these compounds are related with coloration traits in plants, which makes them a convenient model for genetics studies. Chalcone synthase (CHS) is a key enzyme of the flavonoid biosynthesis pathway and is involved in the biosynthesis of all classes of flavonoid compounds. The genes encoding this enzyme are usually represented in the genomes of plants in many copies and in most species are described in detail. Nevertheless, in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) these genes have not yet been investigated. The purpose of this work was to study the structural and functional organization of the chalcone synthase gene family, and its evolution in bread wheat and relative species.*

Keywords: chalcone synthase, Chs, flavonoids, gene duplication, Triticum, Aegilops.

УДК: 633.2/.3:631.526.32(571.1/.5)

СОЗДАНИЕ СОРТОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СИБИРИ

*Гончарова А.В. член-корр. РАН, главный научный сотрудник, Андрусевич Е. Э. агроном I категории, Ряттель Т.В. агроном I категории
СибНИИРС – филиал ИЦИГ СО РАН*

В работе рассмотрены и приведены результаты селекционной работы по кормовым культурам. В результате селекционной работы по созданию сортов кормовых культур было создано 28 сортов по 8 видам, 27 сортов включены в Госреестр Р.Ф., районированы по Восточно – Сибирскому, Западно – Сибирскому и Волго – Вятскому регионам. Вновь созданный сорт вики посевной (яровой) проходит Государственное сортоиспытание с 2017 года.

Ключевые слова: сорт, селекция, образец, линия, популяция, гибридизация, беккросс, биомасса, сухое вещество.

Полевое кормопроизводство и улучшение естественных кормовых угодий Сибири тесно связано с травосеянием и составляет основу развития прочной кормовой базы для животноводства. От возделывания высокопродуктивных сортов кормовых трав зависит полевое травосеяние.

Целью селекционных исследований является создание сортов и гибридов кормовых трав, пригодных для возделывания в суровых природно – климатических условиях Сибири, способных превзойти ранее районированные сорта по всем основным показателям.

Актуальность научных исследований определяется необходимостью создания скороспелых, высокоурожайных на корм и семена сортов.

Успех селекции определяется эффективностью создания селекционного материала на всех этапах, предусмотренных схемой селекционного процесса.

Посевы сеяных трав с точки зрения производства и агротехники выгодны только тогда, когда их урожаи превышают урожаи зерновых в два и более раз. В.Р.Вильямс писал: «Хозяйственная годность кормового растения складывается из трёх показателей: урожайности, кормового достоинства и агротехнической ценности (в качестве предшественника, восстанавливающего плодородие)» [1]. Улучшение плодородия почвы зависит от видового набора и адаптированных сортов, способных давать высокие урожаи в экстремальных условиях Сибири.

В результате селекционной работы было создано 28 сортов по 8 видам, 27 сортов включены в Госреестр Р.Ф., районированы по Восточно – Сибирскому, Западно – Сибирскому и Волго – Вятскому регионам. Вновь созданный сорт вики посевной (яровой) проходит Государственное сортоиспытание с 2017 года.

В результате многолетних селекционных исследований была выведена серия сортов кормовых культур, в том числе:

Люцерна – Таёжная (Тулунская ГСС), Тулунская гибридная (Тулунская ГСС, СибНИИРС), Сибирская 8 (СибНИИРС, СибНИИСХ), Приобская 50 (СибНИИРС, Алтайский НИИСХ), Флора 7 (СибНИИСХ, СибНИИРС), Деметра (СибНИИРС), Кокорай (Казахский НИИЗР, СибНИИРС), Флора 8 (СибНИИСХ);

Костёр б/о – Антей (СибНИИРС, Тулунская ГСС), Тулунский (Тулунская ГСС), Вулкан (Тулунская ГСС);

Овсяница луговая – Приангарская (Тулунская ГСС), Новосибирская 21 – районирована по многим регионам Российской Федерации с 2002 года (СибНИИРС, Тулунская ГСС), Жемчужная (Тулунская ГСС);

Вика посевная (яровая) – Байкальская (Тулунская ГСС), Новосибирская (СибНИИРС, Тулунская ГСС), Надежда (Тулунская ГСС), Приобская 25 (СибНИИРС, Кемеровский НИИСХ), Тулунская 73 (Тулунская ГСС), Даринка (СибНИИРС, Горно – Алтайский НИИСХ), Ленская 15 (СибНИИРС, Якутский НИИСХ);

Пелюшка (кормовой горох) – Тулунская (Тулунская ГСС), горох кормовой Скороспелый 16 (Тулунская ГСС), Новосибирская 1 (СибНИИРС);
Суданская трава – Приобская 97 (Алтайский НИИСХ, СибНИИРС);
Донник белый - Саянский (Тулунская ГСС);
Донник жёлтый – Лазарь (Тулунская ГСС);
Чмиза - Северянка (Тулунская ГСС).

Названные сорта были включены в Реестр селекционных достижений в 7 регионах из 12 по России. В девяностые годы, по оперативным данным, наши сорта занимали площади более 2 млн. га [2]. В работе применялись разные методы создания селекционного материала – отбор из массовой и индивидуальной популяции, простая, сложная и ступенчатая гибридизация, гетерозис и беккроссирование, привлекались мутантные формы. Приёмы и методы постоянно корректировались и дополнялись [5].

Более сложными видами в селекционной работе являются люцерна и вика посевная (яровая), так как их кормовая продуктивность находится в обратной корреляционной зависимости от семенной. В своей работе мы преодолели этот барьер, создав 8 сортов по люцерне и 7 сортов по вике посевной (яровой).

Н.И.Вавилов (1935) считал, что «успех селекции в значительной степени определяется привлечением подходящего исходного материала» [4]. И это положение давно уже принято считать аксиомой. При выведении сорта очень важно не только создание селекционного материала, но и отбор родоначальных линий или популяций. Методы селекции довольно разнообразны. На Тулунской селекционной станции мы изучали 66 видов кормовых растений, но более тщательно было проработано 37 видов, в СибНИИРС – 43 вида, на Алтайском опорном пункте СибНИИРСа – 39 видов однолетних и многолетних кормовых культур Алтая в селекционных и гибридных питомниках, в питомниках расчленения популяций и т. д. [3]

Весной 1977 года в СибНИИРС в полевых условиях были высеяны гибридные семена однолетних и многолетних культур по 92 комбинациям, полученным из Тулунской ГСС. Осенью по комплексной программе «Люцерна» [5] провели гибридизацию в камере УВР по полной диаллельной схеме между лучшими по важнейшим признакам сортами: Омская 8893 (быстроотрастающая, продуктивная на корм), Таёжная (высокое качество корма, повышенная репродукционная способность), Северная гибридная (солестойкая), Камалинская 530 (сорт для орошаемых условий), Вернал (устойчивость к корневым гнилям), 511h 72 (ультраскороспелый гибрид Тулунской селекционной станции), Алтайская дикорастущая (засухоустойчивая), Забайкалка (очень зимостойкая).

Селекционный материал, полученный в СибНИИРС от скрещивания восьми сортов и размноженный в условиях, исключающих возможность перекрёстного опыления, для посева F₂ был разослан участникам коллективной программы, работающим в разных экологических нишах. Это НИУ Омска, Алтая, Хакасии, Красноярска, Тулуна и Забайкалья. Все участники полученный материал использовали для практической селекции.

В СибНИИРС растения, с которых были собраны семена, расклонировали и высадили в поле. На основе клонов 8 сортов была создана сложно гибридная синтетическая популяция – сорт люцерны Сибирская 8.

В результате скрещивания географически – отдалённых и отдалённых по родству форм был создан скороспелый сорт пелюшки (кормового гороха) Скороспелая 16 (отдалённая межвидовая гибридизация пелюшки *Pisum sativum* x Торсдаг). Позже, в результате беккроссирования этого сорта горохом посевным Неосыпающийся 1 впервые в стране нами был получен неосыпающийся сорт пелюшки Новосибирская 1.

Путём сложной ступенчатой гибридизации был создан сорт суданской травы Приобская 97 ((Амурская x Бродская 2) x (Тугай x Приалейская)).

В настоящее время гибридная комбинация вики посевной (яровой) Камалинская 611 x Новосибирская находится в Государственном испытании под названием Обская 16 [6].

Выводы

Поскольку во многих подтаёжных и северных районах метеорологические условия характеризуются большим дефицитом тепла и коротким безморозным периодом, поэтому селекционная работа на Тулунской госселекстанции (Предбайкалье) проводилась на скороспелость, холодостойкость, ускоренное прохождение межфазных периодов, на устойчивость к стрессам, сочетание кормовой продуктивности с качеством и повышенной репродукционной способностью. В СибНИИРСе (лесостепь Приобья) требования к сорту сохранились, но в связи с более благоприятными условиями ежегодно по всем сортам были получены более повышенные и стабильные урожаи.

Список литературы

1. Вильямс В. Р. Травопольная система земледелия (1921-1923)- М: АН СССР. 1950
2. Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири. Изд – во Новосиб. ун. – та, - Новосибирск, 1992 – 264 с.
3. Гончаров П.Л., Гончарова А.В. Основные направления селекции кормовых трав, проблемы, пути решения. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур. РАСХН, Сиб. отд. – е, - Новосибирск, 1996. – С.64 – 65.

4. Вавилов Н. И. Ботанико-географические основы селекции. Теоретические основы селекции растений. М. Л. 1395. – Т.1. С. 17-74
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. В// Колос. – М., 1971 – 240 с.
6. Гончарова А.В. Селекция кормовых трав в Сибири.

DEVELOPMENT OF FODDER CROP VARIETIES IN SIBERIA

*Goncharova A.V. Corresponding Member of RAS, Chief Researcher, Andrusovich E.E. agronomist of the 1st category, Riattel T.V. agronomist of the 1st category
SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS*

The results of breeding work on fodder crops are considered and presented. As a result of this work, 28 varieties of 8 species were created, 27 varieties were included in the State Register of Breeding Achievements and were zoned in the East Siberian, West Siberian and Volga-Vyatka regions. The newly created grade of common vetch (spring) passes the State variety testing since 2017.

Key words: variety, breeding, sample, line, population, hybridization, backcross, biomass, dry matter.

УДК 633.111.1:631.527

МАРКЕР-КОНТРОЛИРУЕМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ФОРМ ПШЕНИЦЫ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ АНТОЦИАНОВ В ЗЕРНЕ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.

*Гордеева¹ Е.И. *, Юдина¹ Р.С., Усенко² Н.И., Стабровская³ О.И., Шарфунова³ И.Б.,
Отмахова^{2,4} Ю.С., Хлесткина^{1,5} Е.К.*

¹- ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия; ²- НГУ, Новосибирск, Россия;

³- КемТИПП, Кемерово, Россия; ⁴- ИЭОПП, Новосибирск, Россия; ⁵ – ВИР, Санкт-Петербург, Россия elgordeeva@bionet.nsc.ru

Для получения новых функциональных пищевых продуктов одним из актуальных направлений является селекция сортов пшеницы с повышенным содержанием биофлавоноидов, растительных соединений, способных оказывать положительное действие на здоровье человека. В рамках настоящего исследования были подобраны ДНК-маркеры для ускоренного создания новых форм злаков с повышенным уровнем биофлавоноидов - антоцианов, разработаны хлебобулочные и кондитерские изделия из пшеницы с новыми свойствами и исследована пищевая ценность готовой для потребления продукции. Для более точного сравнения были отобраны две почти изогенные линии пшеницы, различающиеся небольшим участком хромосомы 2А, содержащим ген Pr3/TaMusc1 - регулятор биосинтеза антоцианов в перикарпе и придающий зерну фиолетовую окраску. Продукция из зерна линии с фиолетовой окраской не уступала, а в некоторых случаях даже превышала хлебопекарные и органолептические параметры изделий из светлого зерна контрольной линии, добавление отрубей к муке повышало суммарную антиоксидантную активность изделий. В результате исследования выявлена устойчивость антоцианов из

зерна пшеницы к высокотехнологической обработке, что позволяет включить их в производство новых продуктов повышенной пищевой ценности.

Ключевые слова: мягкая пшеница, антоцианы, маркер контролируемый отбор, ДНК маркеры, функциональные пищевые продукты

В настоящее время в мире наблюдается повышенный коммерческий интерес к производству пищевых продуктов с улучшенными питательными свойствами. Одним из перспективных направлений селекции растений является создание сортов, для производства питательного сырья, содержащего заданные биологически активные компоненты. Например, сорта пшеницы с повышенным содержанием флавоноидных пигментов антоцианов – растительных соединений, способных оказывать положительное действие на здоровье человека. Ранее были изучены пути биосинтеза антоцианов в зерне мягкой пшеницы [1] и маркированы гены, управляющие этим процессом [2,3]. У мягкой пшеницы антоцианы могут накапливаться в перикарпе зерна под контролем генов *Pp* и в алейроновом слое под контролем гена *Va*. Мы разработали набор почти изогенных линий сорта мягкой пшеницы Саратовская 29, несущих различные комбинации аллелей генов, регулирующих синтез антоцианов в зерне [4]. Для ускорения отбора линий и для генотипирования растительного материала, полученного при скрещиваниях, были подобраны и использованы ДНК-маркеры, фланкирующие гены-мишени, что позволило сократить время получения линий с заданными комбинациями аллелей генов *Pp* вдвое, по сравнению отбором по фенотипу [3,4]. Таким образом и в дальнейшем при создании новых сортов использование молекулярных маркеров поможет ускорить процесс отбора, сократить занимаемые посевные площади и сохранить трудовые и материальные ресурсы. В настоящее время в Госреестре не зарегистрировано сортов мягкой пшеницы для производства продуктов, содержащих антоцианы.

Хлебобулочные и мучные кондитерские изделия представляют собой самый крупный по объемам продаж сегмент продовольственного рынка. Однако, следует отметить, что в данной товарной группе присутствует значительный удельный вес продукции, не отвечающей принципам здорового питания и поэтому необходимы разработки таких рецептур продуктов, которые сохраняют привычные вкусовые свойства и обладают повышенной пищевой ценностью.

В настоящем исследовании были получены хлебобулочные и мучнистые кондитерские изделия из пшеницы, синтезирующей антоцианы, изучались хлебопекарные и органолептические свойства полученных продуктов, анализ

антиоксидантной активности и устойчивость антоцианов к технологической обработке.

Для более точного сравнения были использованы две почти изогенные линии пшеницы, различающиеся небольшим участком хромосомы 2А, содержащим ген *Pp3/TaMyc1*, регулирующий биосинтез антоцианов в перикарпе зерна. Линии созданы на основе ярового краснозерного сорта мягкой пшеницы Саратовская 29. Линии обозначены как краснозерная (КЗ) с рецессивным аллелем *pp3*, и линия с фиолетовым зерном (ФЗ), несущая фрагмент хроматина от генотипа *T. aestivum* Purple с доминантным аллель *Pp3* (рис.1). Линии яровой мягкой пшеницы КЗ и ФЗ выращивались в Новосибирской области на опытном участке селекционно-генетического комплекса ИЦиГ СО РАН (55°02'с.ш., 82°56'в.д.) летом 2015-2016 гг.

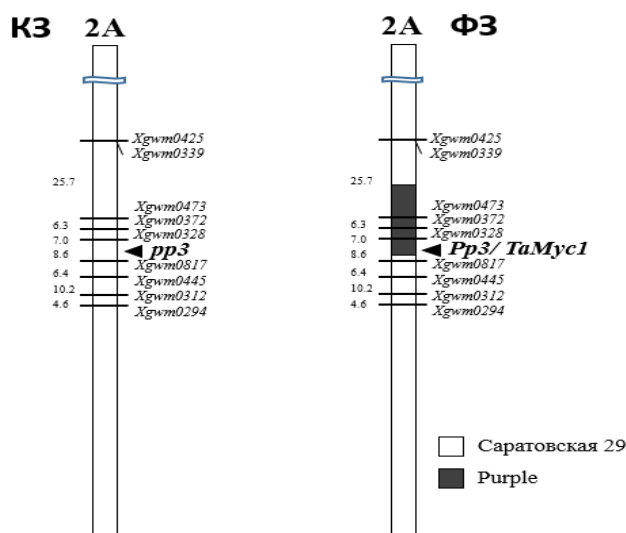


Рис. 1. Схематическое описание и сравнение 2А хромосом КЗ и ФЗ линий мягкой пшеницы. Фрагмент от сорта *T. aestivum* Purple, несущий доминантный аллель *Pp3*, выделен черным цветом. Для генотипирования были использованы SSR-маркеры (*Xgwm*...).

Поскольку после помола зерна антоцианы оказываются, главным образом, в отрубях, наиболее ценными с точки зрения функционального питания являются пищевые продукты, полученные из отрубей или с добавлением отрубей. Для разработки продукции из пшеницы была использована мука и отруби, полученные помолом зерна линий КЗ и ФЗ, для сравнительного анализа использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (ГОСТ 52189-2003).

Для оценки технологических свойств используемой муки и качества хлеба из нее применяли метод пробной лабораторной выпечки. Было изготовлено и проанализировано 2 варианта хлеба пшеничного, 4 варианта хлебцев докторских с добавлением отрубей и 4 варианта печенья с заменой овсяной муки на отруби.

По технологическим параметрам, предъявляемым к хлебобулочным изделиям по оценке качества (ГОСТ 52189-2003) продукция из зерна линии ФЗ не уступала линии КЗ. При оценке печенья, изделия из пшеничной муки с добавлением отрубей ФЗ показывали самые высокие баллы по органолептическим показателям при закрытой дегустационной оценке. Наблюдалась более высокая намокаемость печенья в пробах с добавлением отрубей ФЗ.

В работе проводилась оценка количества доступных при употреблении в пищу антоцианов, экстракция антоцианов проводилась в водной среде, в течение одного часа, при температуре 37⁰ С, рН<2 (рис.2). Наиболее высокие показатели содержания антоцианов были в отрубях.

Наблюдалось незначительное снижение содержание антоцианов в готовых продуктах после прохождения циклов технологической обработки, куда входит выпечка при высокой температуре. При этом были значимо более высокие показатели содержания антоцианов как в отрубях, так и в готовых хлебных и кондитерских изделиях, произведенных из зерна линии ФЗ (рис.2). Таким образом, высокое содержание антоцианов в зерне линии ФЗ, позволяет производить кондитерские изделия, обладающие повышенной пищевой ценностью. Амперометрический анализ суммарного содержания антиоксидантов в продуктах производили с использованием прибора «Близар» (Интерлаб, Россия). Наиболее высокую антиоксидантную активность имели отруби не зависимо от цвета, самую низкую – мука. Добавление отрубей к муке значимо повышало суммарное содержание антиоксидантов. После процесса технологической и термической обработки также наблюдалось высокое суммарное содержание антиоксидантов как в хлебобулочных, так и в кондитерских мучных продуктах. Выявлена так же устойчивость изделий из окрашенного зерна к хранению в провокационных условиях, способствующих развитию плесневых грибов.

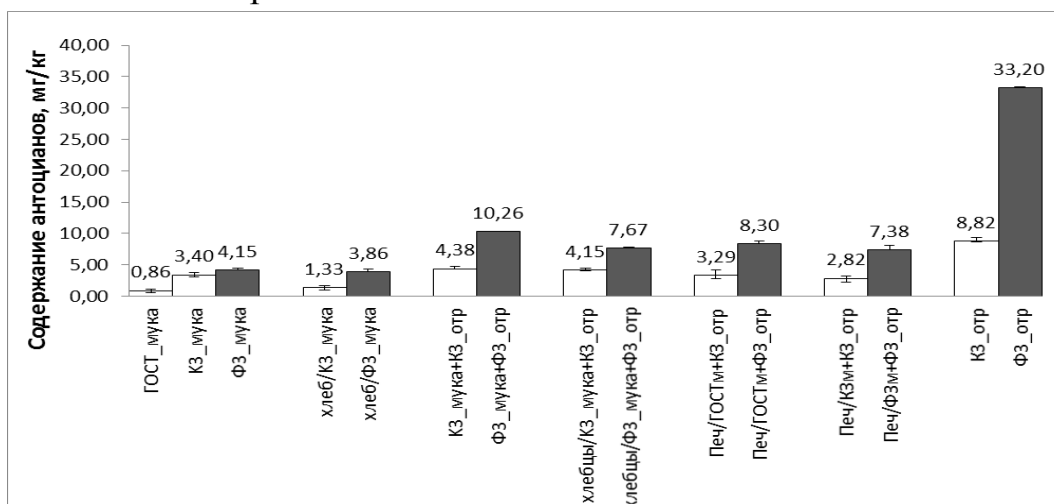


Рис. 2. Содержание антоцианов (мг/кг) в муке, отрубях, смесях муки и отрубей и готовых хлебобулочных (в подсушенном виде) и кулинарных изделиях после часовой инкубации в 1% растворе соляной кислоты, pH<2, при 37°C, в пересчете на цианидин-3-глюкозид.

Таким образом, маркер-контролируемое создание сортов пшеницы с повышенным уровнем антоцианов в зерне является перспективным направлением для получения новых функциональных продуктов высокой пищевой и диетической ценности как для внутреннего, так и для внешнего рынка зерна. Для получения функциональных пищевых продуктов в короткие сроки возможно создание новых сортов пшеницы, несущих гены, контролирующие биосинтез антоцианов в зерне. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-29-12877) и бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН (проект № 0324-2016-0001).

Список литературы:

1. Khlestkina E.K., Shoeva O.Y., Gordeeva E.I. Flavonoid biosynthesis genes in wheat// Russ. J. Genet. Appl. Res. 2015;5(3):268-278.
2. Арбузова В. С., Бадаева Е. Д., Ефремова Т. Т., Осадчая Т. С., Трубачеева Н. В., Добровольская О. Б. Цитогенетическое изучение голубозерной линии мягкой пшеницы сорта саратовская 29 // Генетика. 2012. Т. 48 (8). 926–933
3. Tereshchenko O., Gordeeva E., Arbuzova V., Börner A., Khlestkina E. The D genome carries a gene determining purple grain colour in wheat// Cereal Res. Commun. 2012;40(3):334-341.
4. Gordeeva E.I., Shoeva O.Y., Khlestkina E.K. Marker-assisted development of bread wheat near-isogenic lines carrying various combinations of *Pp* (*purple pericarp*) alleles// Euphytica. 2015;203:469-476.
5. Khlestkina E.K., Usenko N.I., Gordeeva E.I., Stabrovskaya O.I., Sharfunova I.B., Otmakhova Y.S. Evaluation of wheat products with high flavonoid content: justification of importance of marker-assisted development and production of flavonoid-rich wheat cultivars// Vavilov J. Genet. Breeding. 2017. 21:545-553.

MARKER-ASSISTED DEVELOPMENT OF WHEAT LINES WITH HIGH LEVEL OF ANTHOCYANINS IN GRAINS FOR PRODUCING FUNCTIONAL FOOD

Gordeeva E. ^{*1}, Yudina R.¹, Usenko N.², Stabrovskaya O.I.³, Sharfunova I.B.³, Otmakhova Y.S.^{2,4}, Khlestkina E.^{1,2}

¹*The Federal research center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

²*National Research Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

³*Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, Russia*

⁴*Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

To obtain new functional food products, one of the topical areas in wheat breeding could be development of wheat varieties with high content of bioflavonoids, plant compounds that can have a positive effect on human health. Marker-assisted backcrossing approach based on the microsatellite DNA markers was used to accelerate development of new genotypes with an

increased level of flavonoid pigments anthocyanins. Bakery and confectionery products from wheat with new properties were developed and the nutritional value of ready-to-eat products was studied. For a more accurate comparison, two wheat near isogeneic lines were distinguished, differing by a small portion of chromosome 2A containing the anthocyanin biosynthesis regulatory gene (Pp3 / TaMyc1) in the pericarp, and conferring purple grains color. Products made from the purple color grains line did not concede, and in some cases even exceeded the baking and organoleptic parameters of ones from the control line. Adding the bran to the flour increased the antioxidant activity of the products. As a result, the resistance of anthocyanins from wheat grain to high-tech processing was revealed, which allows anthocyanin-colored grains to be included in the development of new products with increased nutritional value.

Key words: bread wheat, anthocyanins, marker-assisted selection, DNA markers, functional foods.

УДК. 633.11«324»:631. 52

ГЕНОФОНД И СЕЛЕКЦИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДОНУ

*Грабовец А.И., член-корр. РАН, главный научный сотрудник,
Фоменко М.А., доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник,
ФГБНУ Донской ЗНИИСХ, Ростов-на-Дону, Россия.
grabovets_ai@mail.ru*

*Показаны принципы использования мирового генофонда по озимой пшенице. Установлена необходимость в условиях меняющегося климата создания собственного генофонда на базе инорайонных и местных генотипов с новыми коадаптированными к условиям среды комплексами генов. Это позволяет успешно вести селекцию озимой пшеницы на трансгрессивной основе. Создана большая группа высокопродуктивных сортов нового поколения- Донмира, Октава 13, Былина Дона, Акапелла, Богема и др.
Ключевые слова: озимая пшеница, генофонд, селекция, климат, коадаптация, сорта*

Большое значение мировой коллекции по озимой пшенице для успешной селекции общепризнанно [1, 2, 3]. В то же время в связи с меняющимся климатом с особой остротой поднята проблема создания в дополнение к мировой коллекции местного генофонда с совершенной иной степенью выраженности признаков в сравнении с уже существующими формами растений [4, 5 и др.]

Это особенно необходимо на Дону в условиях степи с резко континентальным климатом с недостаточным и неустойчивым по периодам увлажнением почвы. Начиная с 1990 г., четко начало проявляться усиление аридизации климата. При этом существенно увеличилась флуктуация погодных условий по периодам [6]. Особенно сильно это стали наблюдать в последние годы (данные метеопоста Северо-Донецкой СХОС, 1970-2017 гг.).

В связи с этим наметилась программа по оптимизации создания селекционного материала, адаптированного к этим условиям. Во-первых ежегодно изучается коллекция из ВИРа, СУММИТ, селекционных учреждений

России, Украины, Беларуси и др. (до 600 сортообразцов). После изучения перед уборкой намечаются родители для гибридизации в следующем году. Другим родителем в основном является местный генотип с ассоциацией генов, обуславливающих стабильность урожаев в различные по метеоусловиям годы. Из 34 созданных сортов озимой пшеницы 32 получены с участием инорайонных родителей, 2- только местных. Однако напрямую по схеме инорайонный родитель / местный было создано только 9 сортов (*Северодонская*, *Тарасовская 29*, *Былина Дона*, *Боярыня* и др.). Причина этого явления у многих комбинаций заключается в ограничениях на рекомбинацию из-за дисбаланса генов, контролирующей системы генотип-среда. В 2017г. выделены зимостойкие перспективные линии из популяций Adler (Германия) / Губернатор Дона со степенью трансгрессии по продуктивности 26%, Zhong Pin 1526 (Китай) / Губернатор Дона (соответственно 18%). Основное же назначение выделенных константных рекомбинантов с инорайонным родителем заключается в создании местного генофонда и широком его использовании в ступенчатой гибридизации.

Ранее существовавшие местные сортообразцы, являясь максимально адаптированным к условиям зон, в то же время имеют много общих генов, контролирующих основные хозяйственные признаки. Поэтому трансгрессии, направленные на усиление их выраженности, в такой ситуации редки и с низкой степенью и частотой проявления.

Многолетние исследования (1970-2017гг.) выявили возможность роста урожайности и усиления адаптации путем проработки максимально гетерогенных популяций с участием отдаленных генотипов и с длительным формообразованием. Для иллюстрации приведем схему создания доноров продуктивности 560/9, 568/97 и др. Результативность селекции во многом определилась объемом исследований и возможностью оценки большого числа генотипов на ранних этапах селекции. Для этих целей применяли закладку селекционного питомника десятками тысяч необмолоченных колосьев F_2 - F_n

Вначале в качестве отцовской формы привлекли короткостебельный сорт интенсивного типа Martonvashar 12 (Венгрия) с рецессивным геном *rht*, слабо зимостойкий, в качестве материнской – местный зимостойкий сорт Тарасовскую 87, среднерослый, степного экотипа. Были отмечены ограничения на рекомбинацию вследствие больших различий в системе генотип-среда. Только в F_8 выделили целую группу интенсивных зимостойких трансгрессивных короткостебельных линий 560/97, 568/97, 838/96 и др., соответствующих параметрам сорта по многим признакам, но уступающих стандарту по продуктивности. Широкое применение в дальнейшем получили линии 560/97 и 568/97.

На *втором этапе* гибридизации их использовали в качестве родительских форм. У них был новый коадаптированный комплекс генов, позволивший объединить интенсивность ценоза с высокой устойчивостью к абиотическим факторам (низким температурам и притертой ледяной корке). При скрещивании с ними сорта Прима одесская (Украина) в F₂ был выделен высокопродуктивный трансгрессивный кроссовер *Золушка* (степень трансгрессии 16,7%), сорта Тарасовская 97 (местная) в F₃ отобрали *Донскую лиру* (степень трансгрессии 18%). Результативным оказался и вариант, когда линию 568/97 привлекли в качестве отцовского родителя, матери повторно Тарасовскую 87. Выделенный из популяции сорт *Донэко*, используется на европейской части России и Урале. Линия 560/97 привлекается и в настоящее время при конструировании гетерогенных популяций. В условиях селекционного питомника 2017г. выделены популяции с выходом перспективных линий на уровне 12-24% - Донэра// Каменя / 560/97; Сатурнус / Тарасовская 87// 560/97, Каменя / 560/97 // Кипчак и др.

С 2000г. на Дону начали усиливаться заморозки (впервые до -11⁰ С) в начале стеблевания посевов. В имеющейся в нашем распоряжении коллекции таких доноров устойчивости не было. Путем трёхэтапной схемы был создан генетический источник устойчивости к этому негативному явлению. Вначале скрестили высокозимостойкий местный сорт Тарасовская 29 с Дриной (высокопродуктивный карлик из Югославии). Из-за ограничений на рекомбинацию в F₈ выделили только одну константную интенсивную форму с ниже средней зимостойкостью и устойчивостью к заморозкам (lut. 520/62), как сорт не представляющую интереса. С целью получения трансгрессий по зимостойкости и другим признакам карлик скрестили со среднезимостойким сортом из Кубани – Краснодарская 57 и сортом из Украины Альбатрос одесский. После отборов на фоне заморозков в F₂, F₄, F₇ выделили линию 818/97 (*Северодонецкая юбилейная*). В условиях 2003 г. в фазе перед колошением она выдержала заморозки -11⁰С в течение недели. У этого сорта выявили трансгрессию так же и по многим другим признакам: продуктивности (в 2008 г. признана лучшей пшеницей России), морозо-зимостойкости (выдерживает -18-19⁰С на узле кущения).

Северодонецкая юбилейная оказалась очень ценным донором устойчивости к заморозкам, высокой зимостойкости и продуктивности, Эти свойства доминировали при рекомбинации в последующих скрещиваниях с другими генотипами. Новые сорта, созданные с участием *Северодонецкой юбилейной*, *Тарасовская 70* и *Миссия* накапливали в зерне до 16% белка, а сорт *Донэра* выделялся еще и широкой экологической пластичностью (5,6,7,8 регионы РФ). Это можно объяснить усилением при трансгрессиях эффекта

суммирующего действия полимерных генов, выражающегося в устойчивом увеличении у генотипов выраженности признака.

По вышеприведённой схеме создавали доноров устойчивости к притертой ледяной корке (ПЛК) при ее толщине 2-4 см. В течение 10 лет это явление наблюдали 3 раза. Преобладающая часть коллекции ВИР неустойчива к ПЛК. Так в 2003 г. растения сортов Никония, Струмок, Старнад 1 и многие др. сохранились на 6,8-14,4%. Филогенетический предел устойчивости к ПЛК в условиях Северного Дона составляет 75-82%. Выявлена возможность комбинативно влиять на степень выраженности устойчивости к этому явлению у новых рекомбинантов. При привлечении в скрещивания родителей с устойчивостью ниже филогенетического уровня устойчивости и при воздействии корки на гетерогенную комбинацию в стадии перекомбинирования можно получить плюстрансгрессии по этому признаку. Отчетливо проявляется доминирование более устойчивого родителя. Устойчивость к корке можно усилить путем ступенчатой гибридизации или беккрасса, при этом значимость доминирования устойчивости при взаимодействии генов была несомненной. Так, при скрещивании сорта Тарасовская остистая (71,2% сохранности растений) с Лютесценс 1629/91 (49,8%) выделен рекомбинант с уровнем устойчивости 78,8%. Созданы доноры Арфа, Северодонская 12, Лютесценс 898/00 и др. с уровнем устойчивости к ПЛК 75-80%. Сорта нового поколения с их использованием устойчивы к ПЛК. Таким образом, при селекции пшеницы на Дону интенсивно используется материал из коллекции ВИР и создается свой генофонд доноров.

Список литературы

1. Митрофанова О.П. Новые генетические ресурсы для улучшения качества зерна пшеницы/О.П. Митрофанова//IV Вавиловская международная конференция (20-24 ноября 2017). Идеи Вавилова в современном мире Тезисы докладов- С.П.: ВИР, 2017.- С.138.
2. Хакимова А.Г., Войцуцкая О.П., Митрофанова О.П. Генетическое разнообразие, пополнившее генофонд коллекции озимой пшеницы ВИР в 2006-2016гг./ Хакимова А.Г., Войцуцкая О.П., Митрофанова О.П// IV Вавиловская международная конференция (20-24 ноября 2017). Идеи Вавилова в современном мире Тезисы докладов- С.П.: ВИР, 2017.- С. 135.
3. Вавилов Н.И. Мировые растительные ресурсы и их использование в селекции/ Вавилов Н.И // Математика и естествознание в СССР-М: 1938.-С 575-595.
4. Стёпочкин П.И. Создание и селекционное использование генофонда пшеницы и тритикале в СИБНИИРС/ Стёпочкин П.И// Вавиловский журнал генетики и селекции.-2012.-том 16.-1.- С. 33-36.
5. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Формирование ассоциаций генов, контролирующих общий гомеостаз и элементы продуктивности твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.)/ Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г.// Вавиловский журнал генетики и селекции.-2015.-том 19.-3.-С 323-331.
6. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Some aspects of the winter wheat breeding for winter hardiness in the conditions of changing climate/ Grabovets A.I., Fomenko M.A// Russian agricultural sciences.-2015.-v.41.P.-1-4

Genofond and breeding of winter wheat on the Don

*Grabovets A. I., Corresponding Member RAS, chief research officer,
Fomenko MA, doctor of agricultural sciences. chief Research officer
FGBNU of the Don ZNIISKh, Rostov-on-Don, Russia.
grabovets_ai@mail.ru*

*The principles of using the global gene pool for winter wheat (*Tr.aestivum*) are shown. The need has been established for a changing climate in the creation of a gene pool based on foreign and local genotypes with new gene complexes that have been adapted to conditions of the environment. This allows for successful selection of winter wheat on a transgressive basis. A large group of high-yielding varieties of a new generation was created - Donmira, Octava 15, Bylina Dona, Acapella, Bohemia and others.*

Key words: winter wheat, gene pool, breeding, climate, co-adaptation, varieties

УДК 633.1: 631.52

ПЛЕЙОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ ГЕНА НИЗКОСТЕБЕЛЬНОСТИ *DDW1* РЖИ У ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

Дивашук^{1,2} М.Г., Черноок^{1,2} А. Г., Карлов² Г.И., Крупин^{1,2} П.Ю.

1 - ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева; 2 – ФГБНУ ВНИИСБ

e-mail: divashuk@gmail.com

*Гены низкостебельности зерновых не только снижают высоту соломины, но и обладают плеiotропным эффектом на ряд фенотипических признаков. Нами впервые проведен анализ влияния аллельного состояния гена низкостебельности ржи *Ddw1* на хозяйственно-ценные признаки у яровой тритикале на расщепляющейся популяции F_2 и семьях F_3 с использованием молекулярных маркеров. Выявлено, что наличие доминантного гена *Ddw1* у яровой тритикале значимо снижает высоту растений в среднем на 35 см, уменьшает длину колоса и увеличивает его плотность в среднем на 10-15%, снижает массу 1000 зерен в среднем на 7 грамм, при наличии данного гена время цветения наступает в среднем позже на 2 дня.*

*Ключевые слова: яровая тритикале, гены низкостебельности, *Ddw1*, *H1*, молекулярные маркеры, плеiotропный эффект*

Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком. Тритикале представляет собой гибрид, полученный от скрещивания пшеницы и ржи. От пшеницы тритикале унаследовала многоцветковость и высокие хлебопекарные качества, от ржи – многоколосковость, большую устойчивость к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям, зимостойкость. Вместе с тем для тритикале характерен ряд изъянов, среди которых – высокостебельность и, как следствие, – полегание. Наиболее эффективно эту проблему можно исправить, создав селекционно-генетическим путём низкостебельные формы тритикале.

Гены низкостебельности у злаковых обладают плеiotропным эффектом. Они не только снижают высоту соломины, предотвращая полегание, но и влияют на урожайность. Впервые о нахождении гена низкостебельности *H1* (от лат. *Humilus* – низкий) (= *Ddw1* от англ. dominant dwarfing) у естественного

мутанта ржи в 1972 году сообщил В.Д. Кобылянский. Ген *Ddw1* локализован на длинном плече хромосомы 5R и сцеплен с микросателлитным локусом REMS1218 [3]. Подобно генам низкостебельности пшеницы, ген *Ddw1* оказывает множественный эффект на различные признаки ржи. Он выявлен у некоторых сортов озимой тритикале, но в яровой тритикале его найдено не было [1,2].

Нами была поставлена задача интрогрессии гена *Ddw1* в геном яровой тритикале и изучения его плеiotропного эффекта на хозяйственно-ценные признаки яровой тритикале.

В Центре молекулярной биотехнологии и на базе Полевой опытной станции РГАУ-МСХА К.А. Тимирязева была проведена гибридизация сорта озимой тритикале Хонгор (*Ddw1Ddw1*) и сорта яровой тритикале Дублет (*ddw1ddw1*). С помощью молекулярных маркеров на основе микросателлитного локуса REMS1218 нами был определён генотип каждого индивидуального растения F₂ и потомства от отдельного растения (семьи) F₃. В расщепляющейся популяции F₂ в вегетационном опыте и в семьях F₃ в полевом опыте нами был проанализирован плеiotропный эффект аллельного состояния гена низкостебельности *Ddw1* на ряд фенотипических признаков у яровой тритикале: дата начала колошения, дата цветения, высота соломины, кустистость, число продуктивных стеблей, масса 1000 зерен, число зерен в колосе, количество цветков, длина колоса, щуплость зерна. На уровне статистической значимости было выявлено, что наличие доминантного гена *Ddw1* у яровой тритикале снижает высоту растений в среднем на 35 см, уменьшает длину колоса и увеличивает его плотность в среднем на 10-15%, снижает массу 1000 зерен в среднем на 7 грамм, при наличии данного гена время цветения наступает в среднем позже на 2 дня.

Таким образом, установлено влияние гена низкостебельности *Ddw1* как на биометрические, так и на фенологические характеристики яровой тритикале. Полученные нами данные могут быть использованы при проектировании селекционных схем с целью переноса гена низкостебельности *Ddw1* в геном яровой тритикале.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-76-20023.

Список литературы

1. Коршунова А.Д. Распространение замещения 2R/2D среди сортообразцов яровой гексаплоидной тритикале (*x Triticosecale Wittm.*) // Известия ТСХА. Выпуск 6. Генетика. 2014. С. 5-14.
2. Коршунова А.Д., Дивашук М.Г., Соловьев А.А., Карлов Г.И.// Анализ распределения генов короткостебельности пшеницы и ржи среди сортообразцов яровой гексаплоидной тритикале (*Triticosecale Wittm.*) Генетика. 2015. Т. 51. № 3. С. 334.

3. Tenhola-Roininen, T. Tagging the dwarfing gene *Ddw1* in a rye population derived from doubled haploid parents / T. Tenhola-Roininen, P. Tanhuanpaa // *Euphytica*. — 2010. — V. 172. — P. 303–312.

THE PLEIOTROPIC EFFECT OF A RYE DWARFING GENE *DDW1* IN SPRING TRITICALE

Divashuk Mikhail Georgievich, PhD of MTAA-Russian State Agrarian University, Moscow

*Dwarfing genes not only reduces plant height, but also have a pleiotropic effect on a number of phenotypic traits. For the first time, the analysis of the effect of a rye dwarfing gene *Ddw1* was performed in F_2 segregating population and F_3 families of spring triticale using molecular markers. It was found that the presence of the dominant *Ddw1* gene in the spring triticale significantly reduces plant heights on average by 35 cm, decreases the length of the ear and increases its density by an average of 10-15%, 1,000-grain weight an average of 7 g, delays flowering on average on 2 days.*

*Key words: spring triticale, dwarfing gene, *Ddw1*, *H1*, molecular markers, pleiotropic effect*

УДК 633.34:635.657(471)

СОМАКЛОНАЛЬНЫЕ ЛИНИИ КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ В СЕЛЕКЦИИ СОИ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Дидоренко С.В. к.б.н. ведущий научный сотрудник, Абугалиева А.И. д.б.н., зав. лаб., Ержебаева Р.С. к.б.н., зав. лаб, Сидорик И.В. зав. лаб, Рожанская О.А. д.б.н., зав. лаб. ТОО «Казахский научно исследовательский институт Земледелия и растениеводства», Алматы, Казахстан, *e-mail: svetl.did@mail.ru*

Изучение соматоклональных линий сои в условиях Алматинской и Костанайской области позволило выделить ультраскороспелую, высокопродуктивную и засухоустойчивую линию, и передать ее на государственное сортоиспытание в Республике Казахстан для северных регионов. Сорт Русия, созданный на основе соматоклональной линии R-5 имеет среднюю урожайность 26,9 ц/га, что превышает контроль (СибНИИк 315) на 4,7 ц/га. Содержание белка в семенах – 44-46%; масла – 18,0-18,5 %, масса 1000 семян – 165-175г, продолжительность вегетационного периода 95 суток.

Ключевые слова: соя, соматоклоны, скороспелость, засухоустойчивость, урожайность

В последние годы производство сои в Казахстане постоянно увеличивается. Это имеет важное значение и способствует решению проблемы дефицита белка в питании человека и кормлении животных, а также диверсификации растениеводства. Однако, основным регионом возделывания сои является юг и юго-восток Казахстана [1].

В 2017 году при общей посевной площади в Республике Казахстан 128,2 тыс. га в Алматинской области под соей было занято 106 тыс. га, т.е. более 80%. Продвижение сои в северные и восточные области республики является целевым индикатором программы по развитию агропромышленного комплекса в РК на 2013-2020 годы.

Увеличение производства сои является одним из важнейших путей решения проблемы дефицита кормового и продовольственного белка в Северных областях Республики Казахстан, где соя всё ещё не получила должного распространения. Одной из причин этого является отсутствие высокопродуктивных ультраскороспелых сортов, адаптированных к местным условиям, обладающих морозостойкостью в начальные периоды вегетации и повышенной засухоустойчивостью, поскольку она выращивается в данном регионе без полива [2].

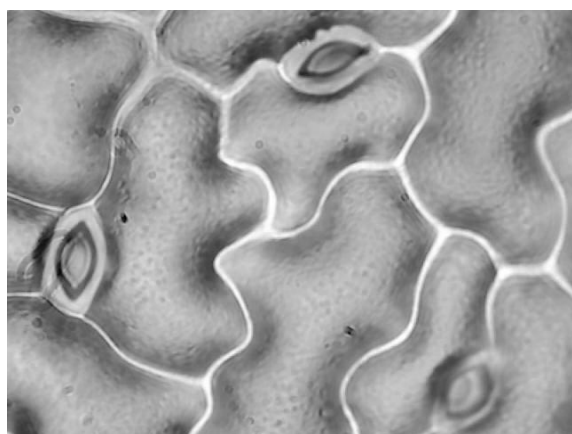
По многолетним наблюдениям количество влаги за вегетационный период сои в Северо-Казахстанской области выпадает 152мм., в Актюбинской и Костанайской областях 111 и 166 мм соответственно, тогда как для формирования полноценного урожая для этой культуры требуется не менее 350-400 мм.

Для создания исходного материала актуально применение методов соматональной вариации [3]. Культивирование соматических клеток в искусственных условиях приводит к возникновению генотипического разнообразия среди растений регенерантов как по количественным, так и по качественным признакам.

Материалом исследований послужили 48 соматональных линий сои, созданные в отделе биотехнологии СибНИИ кормов. Соматональные линии сои сортов СибНИИК 315 и Дина, изучались на полевых стационарах Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) и Костанайского НИИ сельского хозяйства (Костанайский НИИСХ) [4, 5]. Полевые стационары КазНИИЗиР расположены в Алматинской области, находящейся на высоте 740 метров над уровнем моря, 43°15' с. ш., 76°54' в. д., а полевые стационары Костанайского НИИСХ находятся близ города Костанай, на высоте 167 метров над уровнем моря 53°12'51" с. ш., 63°37'28" в. д.

Был проведен скрининг устьичного аппарата и опушения на листьях сои при поливе и влагодефиците, изучена всхожесть и энергия прорастания в осмотических растворах (сахароза и ПЭГ 6000) [6, 7], изучены параметры признаков продуктивности при выращивании на полевых стационарах. Изучена урожайность выделенных линий в условиях Костанайской области в сравнении со стандартным сортом СибНИИК 315 [8].

Выделены соматональные линии сои (R165-11, R2) с повышенным количеством устьиц и опушения, что свидетельствует об их потенциальной засухоустойчивости (рисунок 1).



ПОЛИВ



засуха

Рисунок 1 – Устьичный аппарат соматклональной линии R-165-11

При проращивании семян соматклональных линий в суловиях осмотических растворов сахарозы и ПЭГ 6000 наиболее высокую устойчивость из изученных сортов показали соматклональные линии R198-12, R209-11, R- 13-150-11, R- 13-139-5 (рисунок 2).

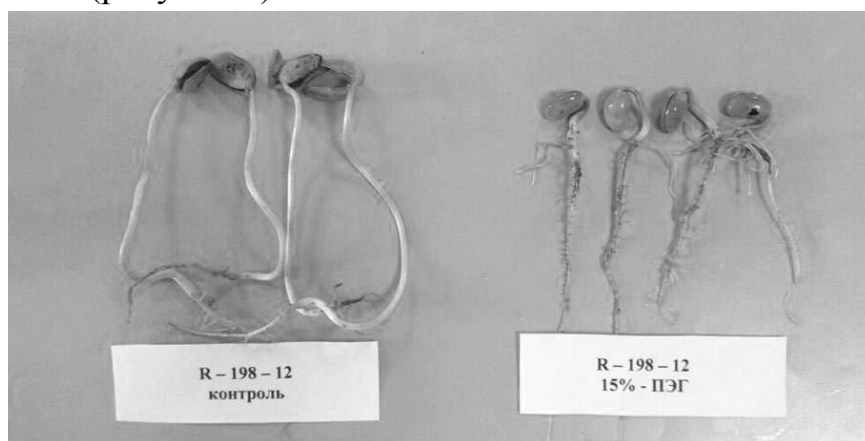


Рисунок 2 – Проращивание соматклональной линии сои (с высоким индексом устойчивости) R 198-12 и на контроле в суловиях осмотика ПЭГ 6000

При этом необходимо отметить, что растения сои на растворе дистиллированной воды развивали длинный гипокотель 4,58-6,92 см и более короткий корень 3,15-6,17 см. На растворе 15% ПЭГ длина гипокотеля была короче длины корня.

Структурный анализ соматклональных линий выявил, что по высоте растений соматклональные линии разделились на короткостебельные - 58,9см, и средневысокие -95,9 см (табл. 1).

Таблица 1

Показатели признаков продуктивности соматклональных линий сои в суловиях Костанайской области

Номер образца	Высота, см				Масса 1000 семян, г				Урожайность, с делянки, г			
	2015	2016	2017	ср	2015	2016	2017	ср	2015	2016	2017	ср

<i>стандарты и новый сорт</i>												
Сибниик 315	70,0	60,4	85,4	71,9	189	181	184	185	201,0	234,5	251,3	228,9
Ивушка	83,0	61,5	86,5	77,0	198	181	193	191	247,2	288,4	309,0	281,5
R-5	82,6	53,2	78,2	71,3	172	166	167	168	411,0	479,5	513,8	468,1
<i>по соматональным линиям</i>												
Макс	99,8	83,0	108,0	95,9	222,0	229,0	217,0	214,0	474,6	553,7	593,3	540,5
Мин	65,0	40,0	65,0	58,9	165,0	168,0	160,0	164,0	108,0	126,0	135,0	123,0
Среднее	79,8	54,6	79,6	71,5	187,7	203,6	182,7	190,5	326,6	381,1	408,3	372,0

Масса 1000 семян находилась в диапазоне 164-214 г, и погодные условия разных лет исследований оказали незначительное влияние на формирование данного признака. Показатель урожая с делянки имел больший диапазон вариации от 123,0 г до 540,5 г.

В результате комплексного изучения продуктивности и засухоустойчивости, передан на ГК СИСК 1 скороспелый сорт сои «Русия» (соматональная линия R-5) 00 группы спелости, засухоустойчивый, устойчивый к растрескиванию бобов для северных регионов Республики Казахстан с урожайностью за годы исследований – 26,9 ц/га (в особо благоприятный 2015 год 29,6 ц/га), с содержанием белка в семенах – 44-46%; масла – 18,0-18,5 %, с массой 1000 семян – 165-175 г и продолжительностью вегетационного периода 95 суток. Новый сорт превышает по урожайности семян контроль (СибНИИк 315) на 4,7 ц/га.

Список литературы:

- 1 Дидоренко С.В. Достижения селекционных работ по сое в Казахстане // Вестник Сельскохозяйственной науки Казахстана, 2014, №1.-С. 22-27.
- 2 Дидоренко С.В., Сидорик И.В., Шилина Ю., Абугалиева А.И., Закиева А.А. Селекция ультраскороспелых сортов сои для северных и Восточных регионов РК // Семей каласының Шәкәрім атындағы МУ Хабаршысы №3 (67) 2014.- С. 204-208.
- 3 Рожанская О.А., Дидоренко С.В. Селекционное изучение сибирских соматоналов сои и нута в Казахстане // Развитие АПК азиатских территорий: Тр. XI Междунар. конф. (Новосибирск, 25-27 июня 2008 г.) – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008. - С. 195-200.
- 4 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта - М.: Колос, 1973г.
- 5 Методика Государственного Сортоиспытания Сельскохозяйственных культур Вып 2-й / Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры/ - М.: Колос, 1971г.- 239 с.
- 6 Balint A.F., Szira F, Borner A. Galiba G. Segregation – and vances// Biotechnol. Adv. - 2010. -V.28. P.169-183.
- 7 Baloch M.J., Dunwell J., Khakwani A.A., Dennet M., Jatoi W.A., Channa S.A. Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at carly seedling growth stages// J.Agric. Res. 2012. - V.50. - P.299 -310.
- 8 Корсаков Н.И., Макашева Р.Х., Адамова О.П. Методика изучения коллекции зернобобовых культур – Л.: ВИР, 1968г. - 175с.

SOMACLONAL LINES AS THE INITIAL MATERIAL IN SOYBEAN SELECTION FOR VERY RIPENING AND DUSK-RESISTANCE

Didorenko S.V., Abugaliyeva A.I., Erzhebaeva R.S., Sidorik I.V., Rozhanskaya O.A.

LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing", Almalyk, Kazakhstan

The study of somaclonal soybean lines in the conditions of Almaty and Kostanay region made it possible to identify an ultra-ripening, highly productive and drought-resistant line, and transfer it to the state variety testing in the Republic of Kazakhstan for the northern regions. The Russia variety, created on the basis of the somaclonal line R-5, has an average yield of 26.9 c / ha, which exceeds the control (SibNIK 315) by 4.7 c / ha. The protein content in the seeds is 44-46%; oils - 18.0-18.5%, weight of 1000 seeds - 165-175 g, duration of the growing season is 95 days.

Key words: soybean, somaclones, early ripeness, drought resistance, yield

УДК 575

ПОЛУЧЕНИЕ НОКАУТА *SOLANUM TUBEROSUM* ПО ГЕНУ ВАКУОЛЯРНОЙ ИНВЕРТАЗЫ *RAIN-1* МЕТОДОМ РНК-НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА

*Егорова А.А. * студент, НГУ, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия,*

Герасимова С.В., к.б.н., научный сотрудник, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

Хорошавин Ю.А. студент, НГУ, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия,

Романова А.В., старший лаборант, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

Ибрагимов С.М., к.б.н., с. н. с., ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

Кочетов А.В. член-корр. РАН, главный научный сотрудник, ИЦиГ СО РАН, НГУ, Новосибирск, Россия

**e-mail: egorova@bionet.nsc.ru*

*Нокаут гена вакуолярной инвертазы при помощи РНК-направленной эндонуклеазы Cas9 позволит улучшить товарные качества при холодном хранении клубней картофеля. Был проведен подбор сайтов-мишеней и теоретический анализ направляющих РНК, нацеленных на ген вакуолярной инвертазы картофеля *Rain-1*. Создан ряд генетических конструкций, каждая из которых несет ген Cas9 и один из подобранных вариантов нРНК. Проведен пилотный эксперимент по трансформации картофеля с использованием созданных конструкций для редактирования генома.*

*Ключевые слова: картофель, *Solanum tuberosum* L., редактирование генома, вакуолярная инвертаза, CRISPR/Cas*

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из самых важных мировых овощных культур. Для увеличения срока годности картофельных клубней их хранят в холоде. Одним из неприятных следствий этого хранения является накопление в клубнях восстанавливающих сахаров. После термической обработки они становятся горькими, в них повышается уровень акриламида – потенциального канцерогена. Вакуолярная инвертаза расщепляет сахарозу на глюкозу и фруктозу, тем самым внося большой вклад в накопление восстанавливающих сахаров. Показано, что подавление экспрессии гена

вакуолярной инвертазы методом РНК-интерференции, а также выключение гена методом TALEN приводит к снижению уровня акриламида и восстанавливающих сахаров [1]. Система редактирования с использованием РНК-направленной эндонуклеазы *Cas9* является одной из самых точных и эффективных, но пока что мало применяется по отношению к картофелю [2]. Поэтому целью данной работы является получение нокаута *S. tuberosum* по гену вакуолярной инвертазы *Pain-1*.

Для работы были выбраны сорта картофеля «Никулинский» и «Голубизна». Из них была выделена геномная ДНК и методом секвенирования по Сэнгеру подтверждена идентичность последовательностей гена *Pain-1* его референсной последовательности (GenBank: HQ110080.1).

Сайты-мишени подбирались при помощи программы CRISPRdirect [3], DeskGen [4] и WuCRISPR [5]. Проверку вторичной структуры нРНК проводили с помощью программы RNAfold [6]. Было подобрано 7 целевых сайтов, для каждого из них был произведен дизайн нРНК (табл. 1).

Таблица 1

Подбор нРНК для внесения мутаций в ген *Pain-1* картофеля

Обозначение нРНК	позиция	цепь	Структура целевого сайта (подчеркнут РАМ)	структура нРНК	Активность, предсказанная DeskGen	Активность, предсказанная WuCRISPR
Pain1-63	63-85, exon1	-	ggccggaatcgggtt gatccggg	ggccggaatcg ggttgatcc	51	-
Pain1-1	44 – 66, exon1	-	cgggaggaatgtgta atgggagg	gggaggaatgt gtaatggg	68	85
Pain1-2	304-326, exon2	-	tccttgacaccaatgc cgggtgg	atccttgacacc aatgccggg	72	85
Pain1-3	5-27, exon1	-	ataactggaatggtac tgggtgg	ataactggaatg gtactggg	73	80
Pain1-4	272 – 294, exon1	+	ctagtcacgtttcttat gcgtgg	tagtcacgtttct tatgcg	56	71
Pain1-5	214 - 236, exon1	+	ccgtcaagaggtggtt ctcaggg	gccgtcaagag gtgtttctca	58	62
Pain1-6	149-171, exon1	-	gttggtgaggatcgga aagaagg	gttggtgaggat cggaaaga	51	60

Для получения нокаута по гену вакуолярной инвертазы *Pain-1* была создана конструкция на основе плазмиды pKSE401 [7]. Это бинарный вектор для трансформации растений, созданный на основе вектора pCambia. В состав его Т-области входит ген нуклеазы *Cas9* с оптимизированным для растений

кодоновым составом под контролем промотора 35S вируса мозаики цветной капусты и ген каркаса направляющей РНК под контролем промотора *U6-26 A.thaliana*. В результате получилась конструкция рKSE-pain1-63, несущая ген нРНК, нацеленной на сайт 63-85 в первом экзоне гена Pain1 *S. tuberosum*. Была проведена агробактериальная трансформация стеблевых эксплантов пробирочных растений сорта Никулинский полученной конструкцией. В результате была получена популяция растений-регенерантов, из которых 80 растений были проанализированы методом ПЦР на наличие трансгена, и методом ПЦР/рестрикции на наличие мутаций в целевом локусе, 2 растения предположительно несут вставку вектора, ни одно из растений не несет мутаций.

Было решено сменить систему экспрессии на вектор, который демонстрировал высокий уровень индукции мутаций и наследование у *Solanaceae* [8]. В его состав входит нуклеаза *Cas9* с оптимизированным для растений кодоновым составом под контролем промотора убиквитина *Petroselinum crispum UBIQUITIN-4-2* и ген каркаса направляющей РНК под контролем промотора *U6-26 A.thaliana*. На основе вектора ведется создание ряда конструкций. Перед тем как делать стабильную трансформацию картофеля, планируется тестирование данных конструкций методом восстановления активности гена-репортера путем направленного внесения мутаций [9].

Исследование поддержано грантом РФФИ (16-16-04073)

Список литературы:

1. Clasen B.M. et al. Improving cold storage and processing traits in potato through targeted gene knockout. 2016. P. 169–176.
2. Weeks D.P. Gene Editing in Polyploid Crops : Cotton , Peanut , Sugar Cane , and Citrus // Gene Editing in Plants. 1st ed. Elsevier Inc., 2017. 65-80 p.
3. Naito Y. et al. CRISPRdirect: Software for designing CRISPR/Cas guide RNA with reduced off-target sites // Bioinformatics. 2015. Vol. 31, № 7. P. 1120–1123.
4. Hough S.H. et al. Erratum to: Guide Picker is a comprehensive design tool for visualizing and selecting guides for CRISPR experiments. [BMC Bioinformatics. 167 (2017)(18)] DOI: 10.1186/s12859-017-1581-4 // BMC Bioinformatics. BMC Bioinformatics, 2017. Vol. 18, № 1. P. 1–10.
5. Wong N., Liu W., Wang X. WU-CRISPR: Characteristics of functional guide RNAs for the CRISPR/Cas9 system // Genome Biol. Genome Biology, 2015. Vol. 16, № 1. P. 1–8.
6. Gruber A.R. et al. The Vienna RNA websuite. // Nucleic Acids Res. 2008. Vol. 36, № Web Server issue. P. 70–74.
7. Xing H.L. et al. A CRISPR/Cas9 toolkit for multiplex genome editing in plants // BMC Plant Biol. 2014. Vol. 14, № 1. P. 1–12.
8. Schedel S. et al. RNA-Guided Cas9-Induced Mutagenesis in Tobacco Followed by Efficient Genetic Fixation in Doubled Haploid Plants // Front. Plant Sci. 2017. Vol. 7, № January. P. 1–14.

9. Budhagatapalli N. et al. A simple test for the cleavage activity of customized endonucleases in plants // Plant Methods. BioMed Central, 2016. Vol. 12, № 1. P. 18.

KNOCKOUT OF VACUOLAR INVERTASE GENE *PAIN-1* IN *SOLANUM TUBEROSUM* USING RNA-GUIDED ENDONUCLEASE

Egorova Anastasia, Gerasimova Sophia, Choroshavin Yurii, Romanova Antonina, Ibragimova Salmas, Kochetov Alex

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

*Knockout of the vacuolar invertase gene (*Pain-1*) will help to improve quality of potato tubers in cold storage. We performed target sites selection and theoretical prediction of Cas9-gRNA activity for different gRNAs targeting potato *Pain-1* gene. We created a number of genetic constructions with Cas9 gene and one of chosen gRNAs. This constructions for genome editing was used in pilot experiment of potato transformation.*

Potato, genome editing, vacuolar invertase, CRISPR/Cas

УДК 578:633.19

СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ТРИТИКАЛЕ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ *IN VITRO*

Ержебаева Р.С., канд. биол. наук, зав. лабораторией биотехнологии, Казахский НИИ земледелия и растениеводства, п. Алмалыбак, Республика Казахстан raushan_2008@mail.ru, Берсимбаева Г.Х., Азирбаева А.Т.

Культуры пыльников является самым технологичным методом андрогенеза на сегодняшний день. Для отработки протокола массового получения дигаплоидных линий тритикале необходимо подобрать модельный генотип, отзывчивый на андрогенную технологию. В статье представлены результаты введения в культуру пыльников 8 высокопродуктивных генотипов озимого и ярового тритикале питомника конкурсного сортоиспытания. По всем генотипам изучен эмбриогенез на разных вариантах жидких питательных сред для индукции и их регенерация. Высокая регенерация альбиносных растений является критической точкой протокола. Выделены 2 отзывчивых генотипа к технологии культуры пыльников, которые будут включены в опыты по влиянию антиоксидантов, фитогормонов на выход зеленых растений. Получено 86 зеленых растений-регенерантов.

Ключевые слова: андрогенез, пыльник, микроспора, питательная среда, эмбриоподобные структуры, растение-регенерант, дигаплоидная линия.

Тритикале - культура многоцелевого использования: продовольственного, кормового и технического. В последние десятилетия наблюдается значительный интерес к данной культуре, как с научной, так и прикладной точки зрения. Это объясняется тем, что она обладает высоким потенциалом продуктивности, сочетая в своем генотипе положительные свойства родительских видов — пшеницы и ржи [1].

Для создания сортов тритикале нового поколения большое значение имеют современные методы биотехнологии, а именно методы экспериментальной гаплоидии, имеющие потенциал, для существенного ускорения селекции растений. Технические усовершенствования двух методов андрогенеза пшеницы и тритикале (культура пыльников и изолированных микроспор) активно исследуются в последние десятилетия. Однако есть все еще некоторые препятствия (зависимость от генотипа, альбинизм и низкая фертильность после дигаплоидизации) по которым необходимо проводить дальнейшие исследования [2].

Для отработки протокола андрогенной технологии тритикале необходимо подобрать модельный генотип, питательную среду и продолжительность периода холодной обработки. С этой целью был проведен многофакторный опыт, основанный на скрининге 8 образцов тритикале селекции КазНИИЗиР (5 озимого тритикале - Таза, Зернокормовое 5, Т-968, Т-434, Т-42 и 3 образца ярового тритикале - ЯТХ-18-11, ЯТХ-327-11, ЯТХ 16-11) на 4 питательных средах и трех сроках периода холодной обработки - 14 дней [3], 21 день [4], 28 дней [5].

Все среды для индукции эмбриогенеза были подобраны согласно успешных протоколов ведущих научных центров и исследовательских институтов для тритикале и пшеницы: W14 [6] + 1000 мг/л глутамин, 0,5 мг/л 2,4-Д и 0,5 мг/л кинетин + 90 г/л мальтозы [7]; mMS [8] + 2 мг/л 2,4Д, + 0,5 мг/л кинетин + 90 г/л мальтозы + 50 г/л фикоил; AP, разработанная в рамках австралийско-казахстанского (АСPFG и КазНИИЗиР) проекта [9]; СНВ3 [10] + 2 мг/л 2,4Д, + 0,5 мг/л кинетин + 90 г/л мальтозы.

Анализ влияния холодной обработки на индукцию эмбриогенеза показал, что наиболее высокий выход андрогенных структур (АС) из микроспор наблюдался на варианте с 14 дневной холодной обработкой, где в среднем по всем вариантам питательных сред зафиксировано 53,6 АС/100 пыльников, тогда как при 21 дневной холодной обработке образовалось 38,3 АС/100 пыльников, при 28 дневной обработке – 20,7 АС/100 пыльников (табл. 1). Проведенный регрессионный анализ показал, что положительный коэффициент регрессии был отмечен при 14 днях холодной обработки (41,8), при 21 и 28 днях обработки получены отрицательные коэффициенты регрессии (-6,2 и -19,6) соответственно. Самые высокие показатели по образованию андрогенных структур по опыту зафиксированы с 14 дневной холодной обработкой у генотипов Т-968 на питательной среде mMS – 240 ± 40 ЭС/100 пыльников и Таза на питательной среде СНВ - 210 ± 130 ЭС/100 пыльников.

Результаты исследований индукции эмбриогенеза 8 образцов тритикале на различных питательных средах в культуре пыльников показали, что высокий

уровень образования андрогенных структур был зафиксирован на питательной среде mMS. На данной среде отмечен наибольший коэффициент регрессии – 36,9. При 14 дневной холодной обработке на данной среде озимые и яровые генотипы, формировали в среднем 79,7 АС/100 пыльников. Второй питательной средой, на которой зафиксировано высокое образование АС является mW14 (69,5 АС/ 100 пыльников). Среди 8 генотипов введенных в культуру пыльников высокие показатели по образованию андрогенных структур зафиксированы у генотипов озимого тритикале - Т-968 (67 АС/100 пыльников), Зернокормовое 5 (57,6АС/100 пыльников) и ярового тритикале – ЯТХ-327-11 (50,1 АС/100 пыльников) и ЯТХ-18-11 (20,2 АС/100 пыльников). Данные генотипы были выбраны в качестве модельных для дальнейших исследований.

Эмбриоструктуры достигшие 2-2,5 мм пересаживались на среду для регенерации в чашки Петри 90 мм диаметром в количестве 20-25 ЭС. Более мелкие ЭС оставляли в среде для дальнейшего роста. В общей сложности по 8 генотипам озимого тритикале было пересажено 3620 АС.

В среднем по всем генотипам и питательным средам, с которых были пересажены АС, регенерация происходила у 49,8 % пересаженных андрогенных структур. Анализ пересаженных андрогенных структур показал, что 59,4% составляли эмбриониды, имеющие биполярную структуру.

Выход альбиносных растений (безхлорофильных проростков) по всему опыту был высоким и составил в среднем 18,5 шт/100 пыльников, а зеленых растений 0,3 шт/100 пыльников.

Таблица 1

Результаты эмбриогенеза озимого и ярового тритикале в культуре пыльников (количество ЭС на одну чашку Петри/100 пыльников)

Наименование генотипа	Срок холодной обработки												Средн.знач
	14 дней				21 день				28 дней				
	mW14	mMS	АП	СНВ	mW14	mMS	АП	СНВ	mW14	mMS	АП	СНВ	
<i>Озимое тритикале</i>													
Г-42	30	40	12	0	23	140	27,5	0	0	48,3	15	40	31,3
Г- 434	60	30	0	0	28	17	2	0	14	180	0	0	27,6
Г - 968	130	240	8	48,6	40	60	184	23	20	10	40	0	67,0
Зернокор.5	120	40	58	10	40	125	0	0	23	130	145	0	57,6
Газа	50	90	0	210	0	130	0	80	0	0	0	0	46,7
<i>Яровое тритикале</i>													
ЯТХ 16-11	7,6	41,3	5	0	4	0	3	8,6	0	0	0	0	5,8
ЯТХ-18-11	60	10	35	0	38,6	50	20	14,5	14	0	0	0	20,2
ЯТХ-327-11	98	146	136	0	3	84,5	130	3,7	0	0	0	0	50,1
<i>ср.знач</i>	<i>69,5</i>	<i>79,7</i>	<i>31,8</i>	<i>33,6</i>	<i>22,1</i>	<i>75,8</i>	<i>45,8</i>	<i>16,2</i>	<i>8,9</i>	<i>46,0</i>	<i>25,0</i>	<i>5,0</i>	
<i>ст.окл.</i>	<i>40,3</i>	<i>72,6</i>	<i>43,7</i>	<i>68,5</i>	<i>16,3</i>	<i>49,6</i>	<i>66,3</i>	<i>25,3</i>	<i>9,3</i>	<i>65,9</i>	<i>47,2</i>	<i>13,2</i>	

Регенерация зеленых растений была низкой, в общем, по всему опыту регенерировало 86 зеленых растений, что составляет от общего количества пересаженных ЭС – 2,3%. Регенерация зеленых растений наблюдалась из каллусов пересаженных из среды mMS - 43 шт., из среды W14 – 21 растение, из среды СНВ– 12 шт., из среды АП по прописи АЦФГР - 10 шт. У генотипа Зернокормовое 5 зафиксировано наибольшее количество регенерировавших зеленых растений (4 шт/100 пыльников).

Таким образом, по результатам исследований подобраны 2 отзывчивых генотипа озимого тритикале (Т-968 и Зернокормовая 5) и 2 ярового тритикале (ЯТХ-327-11 и ЯТХ 18-11), выбран оптимальный срок холодной обработки – 14 дней и питательная среда МС для отработки критических точек протокола.

Отмечена очень низкая регенерация зеленых растений в культуре пыльников тритикале – 0,3 растений/100 пыльников. Необходимы дальнейшие исследования по подбору дополнительных компонентов среды для индукции эмбриогенеза, повышающих регенерацию зеленых растений.

Список литературы

1 Фомин С.И. Морфо-биологические и хозяйственные признаки генофонда озимой тритикале в связи с селекцией в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.01. – Казань: ГНУ Татарский НИИ сельского хозяйства РАСХН, 2012. – 21 с.

2 Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) – doubled haploid production via induced embryogenesis, *Plant Cell Tiss Org Cult.* – 2003. - Vol. 73. - pp. 213-230.

3 Lantos C., Bo L., Boda K., Pauk J. Comparative analysis of in vitro anther- and isolated microspore culture in hexaploid Triticale (*X Triticosecale Wittmack*) for androgenic parameters // *Euphytica.* – 2014. - Vol.197. - P. 27–37. DOI 10.1007/s10681-013-1031-y

4 Zur I. Dubas E. Golemiac E., Szechynska-Hebda M., Gołe biowska, G., Wedzony, M. Stress-related variation in antioxidative enzymes activity and cell metabolism efficiency associated with embryogenesis induction in isolated microspore culture of triticale (*x Triticosecale Wittm.*) // *Plant Cell Rep.* – 2009. - Vol.28. - P. 1279–1287. DOI 10.1007/s00299-009-0730-2.

5 Oleszczuk S., Sowa S., Zimny J. Direct embryogenesis and green plant regeneration from isolated microspores of hexaploid triticale (*x Triticosecale Wittmack*) cv. Bogo // *Plant Cell Reports.* – 2004. – Vol.22. – P. 885–893.

6 Jia X., Zhuang J., Hu S., Ye C., Nie D. 1994. Establishment and application of the medium of anther culture of intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* × *Triticum agropyron* // *Sci. Agri. Sin.* – 1994. - Vol.27. - P.83-87.

7 Lantos C., Jancso M., Pauk J. Microspore culture of small grain cereals // *Acta Physiologiae Plantarum.* – 2005. - Vol. 27. – P.631–639.

8 Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assay with Tobacco cultures // *Physiol Plantarum.* - 1962. - Vol. 15. - P. 473-475.

9 Исмагул А., Башабаева Б.М., Искакова Г., Абугалиева А.И., Елибай С., Кененбаев С.Б. Культура изолированных микроспор пшеницы. Методическое пособие. - Алматы, 2013 – 19 с.

10 Chu C. C., Hill R. D., Brule-Babel A. L. 1990. High frequency of pollen embryoid formation and plant regeneration in *Triticum aestivum* L. on monosaccharide containing media // Plant Sci. – 1990. - Vol.66. - P.255-262.

SCREENING OF TRITICALE SAMPLES IN THE ANTHER CULTURE *IN VITRO*

Yerzhebayeva R., Candidate of Biological Sciences, Head of Biotechnology Laboratory, Kazakh research institute of agriculture and plant growing, Almalyk v., Kazakhstan, raushan_2008@mail.ru,

Bersimbayeva G.Kh., Azirbayeva A.T.

Anthers cultures are the most technologically advanced androgenesis methods to date. To work out the protocol for mass production of doubled haploid line of triticale, it is necessary to select a model genotype responsive to androgen technology. The article presents the results of anthers culture of 8 highly productive genotypes of winter and spring lines of triticale. Embryogenesis and regeneration of triticale lines have been studied in all genotypes in different nutrient media. High regeneration of albino plants is the critical point of the protocol. Two responsive genotypes for the technology of anther culture are singled out, which will be included in the experiments on the influence of antioxidants, phytohormones on the yield of green plants. Obtained 86 green regeneration plants.

Key words: *androgenesis, anther, microspore, nutrient medium, androgenic structures, regenerative plant, doubled haploid line.*

УДК 633.63:578:631.52

СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Ержебаева Р.С. к.б.н., зав. лабораторией биотехнологии; Абекова А.М. к.с.-х.н., внс лаборатории биотехнологии; Берсимбаева Г.Х., старший лаборант лаборатория биотехнологии, Конысбеков К. Т. к.с.-х.н., зав. лабораторией сахарной свеклы, Азимбек Н.И. мнс лаборатория биотехнологии, ТОО «КазНИИЗиР», п. Алмалыбак, Казахстан, aabekova@mail.ru

*По результатам скрининга 6 образцов сахарной свеклы в условиях *in vitro* на устойчивость к культурального филтрату патогена *Fusarium oxysporum* с использованием черешков проростков выделено 2 устойчивых образца (2256 и 2243).*

*Концентрация 10-15% культурального филтрат патогена *Fusarium oxysporum* является наиболее оптимальной для проведения скрининга сахарной свеклы по устойчивости к корневой гнили *Fusarium oxysporum* на черешках.*

Ключевые слова: *сахарная свекла, *in vitro*, фузариозная гниль, культуральный филтрат, клеточная селекция*

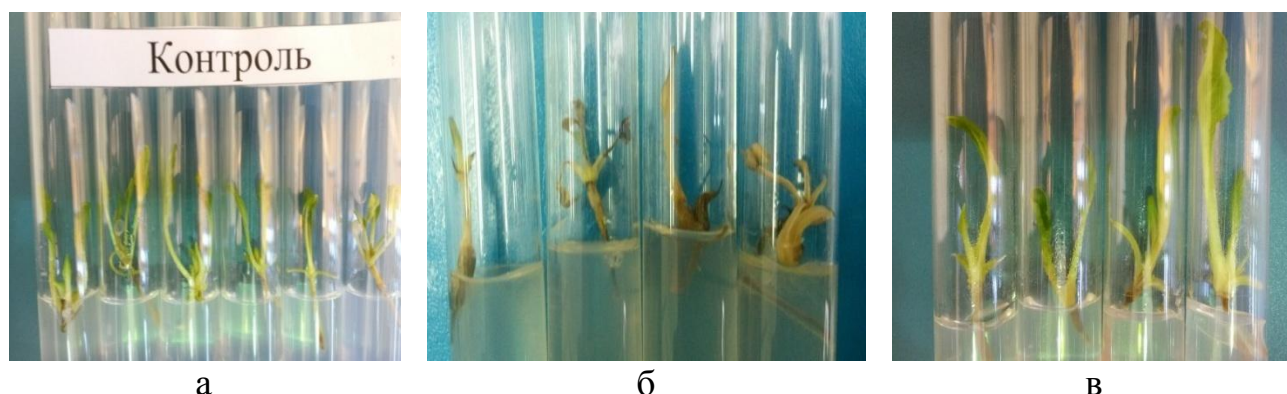
Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) - важнейшая техническая культура, являющаяся сырьем для производства 35-40% сахара в мире. В Казахстане это традиционный и основной отечественный источник получения сахара. МСХ РК определила отрасль по выращиванию сахарной свеклы и производству сахара в числе семи приоритетных направлений развития сельского хозяйства Республики. Однако за последние годы произошло снижение урожайности этой

культуры, что объясняется целым рядом экономических и агротехнических причин. В исследованиях, проведенных Карнауховой И.А. [1], Мауи А.А. [2], Садановым А.К.[3] отмечено преобладание фитопатогенных грибов родов *Fusarium* (20,3-28,4%) и *Alternaria* (12,1-16%) и преобладание среди грибов рода *Fusarium* вида *Fusarium oxysporum* до 30,4% в хозяйствах Алматинской области.

В решении проблемы увеличения производства сахара в Казахстане важная роль принадлежит новым высокопродуктивным сортам и гибридам сахарной свеклы, устойчивым к болезням. Селекция *in vitro* значительно сокращает объемы и продолжительность проводимых селекционных работ.

В лаборатории биотехнологии КазНИИЗиР провели скрининг 6 образцов сахарной свеклы в условиях *in vitro* на черешках сахарной свеклы. На питательные среды МС, содержащие селективный агент культуральный фильтрат (КФ) в концентрации – 10 и 15, и контроль вводились черешки 15-20 дневных проростков сахарной свеклы. На контроле и в вариантах анализировалось по 60 черешков каждого образца. По каждому образцу было посажено по 180 черешков. Культивирование длилось 30 дней (табл. 1).

Анализ роста и развития черешков 6 образцов сахарной свеклы на 10% КФ показал, что на селективной среде развитие получили в среднем 36,8 шт. черешков из 60, что составляет 70,3 % от контроля. При этом на 26,6% (96 шт.) черешках формировались каллусы. Увядание и гибель черешков зафиксирована у 142 черешков, что в среднем по всем образцам составляет 23,6 шт. из 60 (рисунок 1). У образцов 2243 и 2256 отмечено наиболее высокое число черешков (47 шт. и 45 шт. соответственно), получивших рост и развитие на 10% селективной среде.



а – черешки на контрольной среде; б – погибшие черешки на 10% КФ; в – выжившие черешки на 10% КФ

Рисунок 1 – Оценка черешков на селективной среде

Таблица 1

Скрининг сахарной свеклы на устойчивость к культуральному фильтрату *Fusarium oxisporum* в условиях *in vitro* на черешках

Наименование	Контроль			10% КФ				15% КФ			
	кол-во посаж. черешков	кол-во развившихся черешков	кол-во эксплантов в образовав. ш. каллус	кол-во посаж. черешков	кол-во развившихся черешков	кол-во эксплантов в образовав. ш. каллус	увядание черешков	кол-во посаж. черешков	кол-во развившихся черешков	кол-во эксплантов в образовав. ш. каллус	увядание черешков
2243	60	55	15	60	47	22	13	60	15	1	45
2256	60	46	29	60	45	16	15	60	31	13	29
2245	60	49	11	60	36	16	24	60	38	10	22
2101	60	52	13	60	26	12	34	60	42	15	18
2199	60	54	24	60	26	13	37	60	22	8	38
2249	60	58	23	60	41	17	19	60	20	10	40
Итого:	360	314	115	360	221	96	142	360	168	57	192
среднее:	60	52,3	19,2	60	36,8	16,0	23,6	60	28,0	9,5	32,0

Анализ роста и развития черешков 6 образцов сахарной свеклы на 15% КФ показал, что на селективной среде развитие получили в среднем 28,0 шт. черешков из 60, что составляет 53,5 % от контроля. Каллусообразование зафиксировано на 15,8% (57 шт.). Увядание и гибель черешков зафиксирована у 192 черешков, что в среднем по всем образцам составляет 32,0 шт. из 60. У образцов 2101 и 2245 отмечено наиболее высокое число черешков (42 шт. и 38 шт. соответственно), получивших рост и развитие на 15% селективной среде.

Проведенная статистическая обработка по регрессионному анализу показала, что среди 6 генотипов, три генотипа 2243, 2256, 2101 имели положительный коэффициент регрессии (Intercept), (табл. 2).

Таблица 2

Результаты статистической обработки по коэффициенту регрессии (Intercept)

Влияние различных концентраций токсина на рост черешков					
Coefficients Intercept	10% КФ			15% КФ	
0.602438***	- 0.0016322***			- 0.0016843***	
Влияние токсина на генотип					
2199	2101	2245	2249	2256	2243
0.602438***	0.117221***	-0.044157***	-0.023871*	0.118322***	0.119323***
Примечание - достоверность опыта Pr(>F) 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '*'					

Регрессионный анализ по использованию двух концентраций (10 и 15%) токсина показал, что для скрининга сахарной свеклы на устойчивость к культуральному фильтрату на черешках можно использовать две концентрации токсина, так как коэффициенты Intercept очень схожие.

Таким образом, на основании скрининга 6 образцов сахарной свеклы в условиях *in vitro* на устойчивость к культуральному фильтрату патогена *Fusarium oxysporum* было выделено 2 устойчивых образца (2256 и 2243).

Установлено, что концентрация культурального фильтрата патогена *Fusarium oxysporum* в 10% - 15% от конечного объема питательной среды является наиболее оптимальной для проведения скрининга сахарной свеклы по устойчивости к корневой гнили *Fusarium oxysporum* на черешках.

Список литературы

1. Карнаухова И.А. Микроорганизмы серозема обыкновенного при бессменном возделывании сахарной свеклы и использовании различных предшественников: автореф. ... канд. биол. наук: 03.00.07. - Алма-ата, 1968. – 22 с.
2. Мауи А.А. Агробиологические основы защиты сахарной свеклы от гнилей корнеплодов и ризомании в условиях юга и юго-востока Казахстана: автореф. ... док. биол. наук: 06.01.07.- Алматы: Атамура, 2006. – 46 с.
3. Саданов А.К., Ултанбекова Г.Д., Треножникова Л.П., Галимбаева Р.Ш., Байдылдаева Ж. Изучение состава мицелиальных грибов в ризосфере сахарной

свеклы культивируемой в Алматинской области // Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений: матер. межд. науч.-практ. конф., посв. 70-летию академика Сагитова А.О. - Алматы, 2015. – С.429-431.

SCREENING OF SUGAR BEET SAMPLES *IN VITRO*

Abekova, A. M., PhD, major researcher of Biotechnology laboratory, Yerzhebayeva R. S., PhD, Head of Biotechnology laboratory, Bersimbaev G. H., senior assistant,

Konysbekov K. T. PhD., Head of sugar beet laboratory,

Azimbek N.I., junior researcher of Biotechnology laboratory, LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing", v. Almalybak, Kazakhstan, aabekova@mail.ru

*Two sustainable samples (2256 and 2243) for resistance to culture filtrate of the pathogen *Fusarium oxysporum* using petioles of seedlings were allocated in the results of screening of 6 sugar beet samples *in vitro*. The 10-15% concentration of the culture filtrate of the pathogen *Fusarium oxysporum* is the most optimal for the screening of sugar beet resistant to root rot of *Fusarium oxysporum* on petioles.*

Key words: sugar beet, in vitro, Fusarium rot, culture filtrate, cell selection.

УДК 633.1:631.5/524.82

ОСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ И ПЕРЕЗИМОВКА ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАННЕМ И ПОЗДНЕМ СРОКАХ СЕВА

Ермошкина Н.Н., научный сотрудник,

Артемова Г.В., канд. биологических наук

Сурначев А.С., аспирант, м.н.с.

Стёпочкин П.И., доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Россия, г. Новосибирск

e-mail: sibniirs@bk.ru

Исследования проведены на опытных полях СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2016-2017гг. Представлены результаты изучения предзимнего состояния растений озимой ржи и пшеницы, перезимовка и урожайность при раннем и позднем сроках осеннего сева. Растения раннего срока сева опережают по высоте, по количеству побегов кущения, по развитию конуса нарастания растения позднего срока сева.

Ключевые слова: сроки сева, кущение, перезимовка, урожайность, озимая пшеница, озимая рожь

Важным моментом формирования урожая озимых зерновых культур является осенняя вегетация и перезимовка. Выбор правильного срока посева создает благоприятные условия для нормального роста и развития озимых культур с осени, успешного прохождения этапов органогенеза, предзимнего закаливания и перезимовки, формированию высокопродуктивных посевов [1,2].

Целью исследований является изучение предзимнего состояния растений озимых культур: высота растений, число побегов кущения, рост и развитие

конуса нарастания, содержание сахаров в узле кущения, а также перезимовка и урожайность при раннем и позднем сроках осеннего сева.

Исследования проводили на опытных полях СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2016-2017 гг. Изучали сорта селекции института - два сорта озимой ржи - Влада, тетра-Короткая и два сорта озимой пшеницы - Новосибирская 40 и Новосибирская 3. Посев проведен в два срока 23 августа и 7 сентября. Делянки площадью 10 м², повторность пятикратная.

Для проведения учетов и наблюдений использовали методику Государственного испытания сельскохозяйственных культур [3]. Основные математические параметры просчитывались по методике Доспехова Б.А. [4]. Содержание сахаров в узлах кущения определяли в лаборатории биохимии и технологии СибНИИРС. Изучение формирования конуса нарастания озимых по методике Ф.М. Куперман [5] проводили, используя настольную лупу и цифровой фотоаппарат Sony DSCT 90.

Особенностью осенней вегетации в 2016 году стало значительное превышение среднесуточных температур сентября до +15-16°С, относительно средней многолетней (10-12°С) и ранний переход среднесуточной температуры через 0°С. Третья декада сентября характеризовалась понижением температуры воздуха с осадками выше нормы. Продолжительность осеннего периода была значительно короче предыдущих лет. Прекращение осенней вегетации отмечено 30 сентября, при средней многолетней дате - 5 октября. При посеве 23 августа период с температурой выше 5°С составил 38 дней, при сумме эффективных температур 346°С. Второй срок сева проведен 8 сентября, сумма эффективных температур составила за 21 день вегетации 167°С.

При первом сроке сева 23 августа высота растений озимой пшеницы в конце вегетации составила 31,5-34,5 см, а у озимой ржи – 26,4-28,5 см (таб.1). При позднем сроке сева со снижением температуры темпы роста растений замедлились, высота растений озимой пшеницы составила 23,2-24,9 см, озимой ржи 17,8-18,2 см. Таким образом, растения раннего срока сева были на 6-10 см выше, чем при позднем сроке. Более интенсивный рост отмечен у растений озимой пшеницы по сравнению с озимой рожью.

При посеве 23 августа озимая рожь образовала 4-6 побегов кущения, озимая пшеница только 2-3 побега кущения. При позднем сроке сева, с уменьшением продолжительности вегетации, количества побегов уменьшилось до 1-2 как у ржи, так и у пшеницы.

Параметры растений при раннем и позднем сроках сева в условиях осенней вегетации 2016 г.

Сорт	Ранний срок сева (23 августа)			Поздний срок сева (7 сентября)		
	Высота растения, см	Число побегов кущения, шт.	Длина конуса нарастания, мм	Высота растения, см	Число побегов кущения, шт.	Длина конуса нарастания, мм
Влада	28,5 ± 1,8	6,1 ± 0,8	0,63 ± 0,07	18,2 ± 0,6	2,1 ± 0,3	0,45 ± 0,01
Т. К.	26,4 ± 1,3	4,9 ± 0,5	0,62 ± 0,03	17,8 ± 0,9	2,5 ± 0,2	0,32 ± 0,05
Н 3	31,5 ± 1,4	3,4 ± 0,3	0,29 ± 0,04	23,2 ± 0,9	1,4 ± 0,2	0,19 ± 0,01
Н. 40	34,5 ± 1,8	2,7 ± 0,4	0,29 ± 0,05	24,9 ± 0,8	1,2 ± 0,2	0,20 ± 0,06

Примечание: Т.К. – Тетра Короткая; Н 3 – Новосибирская 3; Н 40 – Новосибирская 40.

При посеве 23 августа конус нарастания у озимой пшеницы и ржи находился в конце третьего этапа органогенеза. У озимой ржи наблюдается вытягивание верхней части конуса в длину на 0,62-0,63 мм, а у озимой пшеницы – 0,29 мм. Нижний участок конуса нарастания дифференцирован на отдельные сегменты (рис.2а, 2б). При позднем сроке сева у озимой пшеницы и ржи конус нарастания находился в начале третьего этапа органогенеза (рис.2в, 2г).

По сравнению с первым сроком длина конуса нарастания была значительно короче и составила у ржи 0,32-0,45 мм у озимой пшеницы - 0,19-0,20 мм. Таким образом, конус нарастания озимой ржи по длине значительно превосходит озимую пшеницу как при раннем, так и при позднем сроках сева.

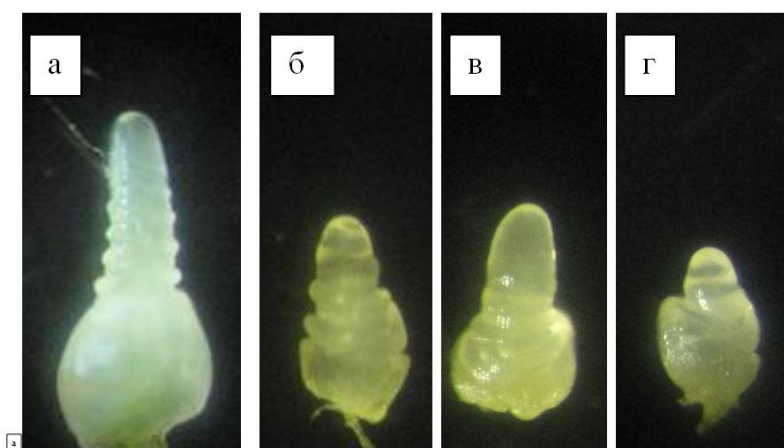


Рисунок 2 Конуса нарастания растений раннего срока сева: а) рожь 4х – Влада (III этап органогенеза); б) пшеница Новосибирская 3 (III этап органогенеза); позднего срока сева: в) рожь 4х - Влада; г) пшеница Новосибирская 3 (II-III этап органогенеза).

Проведен сравнительный анализ содержания сахаров (в процентах от сухого вещества) в узлах кущения в конце вегетации (таб.2). Сроки сева и

побегообразование растений не оказали существенного влияния на накопление сахаров у растений. При позднем сроке сева у сортов озимых культур накопление сахаров было на уровне или на 1-4% выше, чем при раннем сроке сева. Повышенная интенсивность процесса накопления углеводов в узлах кущения у более молодых растений способствует увеличению их адаптационной способности к перезимовке.

В зимний период 2016-2017 гг., температура на глубине узла кущения не опускалась ниже - 5°C, высота снежного покрова установилась на уровне 62 см, что обеспечило высокую сохранность растений, как озимой ржи, так и пшеницы. Перезимовка растений озимых культур при раннем и позднем сроках сева практически не различалась и была на уровне 76-80% у пшеницы и 84-100% у ржи.

Достоверное снижение урожайности отмечено у озимой пшеницы при посеве в более поздние сроки. При раннем сроке сева урожайность составила 4,28-4,61 т/га, а при позднем снизилась на 0,42-0,57 т/га и составила 3,71-4,19 т/га. У озимой ржи за счет раннего полегания уровень урожайности был значительно ниже по сравнению с пшеницей и варьировал от 2,72 до 2,99 т/га, при этом достоверных различий между посевами в разные сроки отмечено не было.

Таблица 2

Параметры растений озимой ржи и озимой пшеницы при раннем и позднем сроках сева в 2016 г.

Сорт	Ранний срок сева (23 августа)			Поздний срок сева (7 сентября)		
	Содержание суммы сахаров на сухое вещество, %	Перезимовка, %	Урожайность, т/га	Содержание суммы сахаров на сухое вещество, %	Перезимовка, %	Урожайность, т/га
Влада	21,4	100	2,84	22,2	100	2,99
Т. К.	22,2	92±0,2	2,94	26,6	84±0,5	2,72
Н. 3	22,1	80±0,3	4,61	26,2	80±0,4	4,19
Н. 40	24,3	76±0,5	4,28	25,5	80±0,4	3,71
НСР ₀₅			0,58			0,54

Выводы

Темпы роста и развития озимых культур в значительной степени определяются температурным режимом и длительностью осеннего периода. Растения раннего срока сева опережают по высоте, по количеству побегов кущения, по развитию конуса нарастания растения, высеянные в условиях пониженных температур в поздние сроки. Существенное влияние на

продуктивность озимой пшеницы оказывает осеннее кушение. Более высокая урожайность зерна сформировалась в посевах первого срока сева.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Потапова Г.Н. Влияние сроков посева и нормы высева семян на осеннюю вегетацию, зимостойкость и урожайность озимых зерновых культур/ Г.Н.Потапова, М.С.Иванова// Интерактивная наука. - 2017. - №11(21). - С.69-75.
2. Акимова О.И. Осенний рост и развитие озимых зерновых / Вестник КрасГАУ. 2006. №11, С.77-80
3. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений. – М., 1985. – 263 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений. - М.:Высшая школа. 1982. - 343 с.

AUTUMN DEVELOPMENT AND OVERWINTERING OF WINTER CROPS AT EARLY AND LATE SOWING DATES

*N. N. YERMOSHKINA, G. V. ARTEMOVA, P. I. STEPOCHKIN,
A.S.SURNACHEV*

*Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the of the Federal research center Institute of Cytology and Genetics, Siberian branch of the Russian Academy of Sciencesul
Russian Federation,
e-mail: sibniirs@bk.ru*

The study was conducted on the experimental field of the Siberian research Institute of plant growing and selection - branch of ICG SB RAS in 2016-2017. There are presented the results of studying the pre-winter condition of the plants of winter rye and wheat, overwintering and grain yield at early and late autumn sowing. The plants of early sowing exceed those of the late autumn sowing in height, in the number of shoots of tillage, in the development of the cone of growth.

Keywords: terms of sowing, tillering, overwintering, yield, winter wheat, winter rye

УДК 578:088:581.192:633.11

КАЧЕСТВО СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ

КазНИИЗиР В СЕТИ КАСИБ

*Есимбекова М.А.¹, д.с.-х.н., зав. отделом генофонда КазНИИЗиР, Казахстан
e-mail: minura.esimbekova@mail.ru*

Абугалиева А.И.¹, Моргунов А.И.², Пенья Х.²

¹ – Казахский НИИ земледелия и растениеводства; ² - СИММИТ

Материал селекции КазНИИЗиР, представленные в КАСИБ 4-13 ранжирован по скорости развития до колошения (Vrn). По чувствительности к фотопериоду отнесен к фотонейтральным и среднефоточувствительным, контролируемым доминантными генами Rpd1, характерными для современных широко адаптированных к условиям среды сортов со стабильно высокой продуктивностью. Материал имеет высокое прогнозное качество за исключением Лютесценс 342 (7 баллов) и смесей по сортам Самгау и Лютесценс 166 СП 94

(5+10/2+12 по *Glu-D1*). Распределение образцов по физическим свойствам муки и теста значительно ниже генетически прогнозируемого.

Яровая пшеница, КАСИБ, качество зерна, ВМС-глюteniна, Vrn.

В рамках региональной сети сотрудничества КАСИБ (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению пшеницы) под эгидой СИММИТ-ЦАЗ проводится обмен исходным и селекционным материалом между селекционными учреждениями Казахстана и Сибири (Россия). Питомник КАСИБ 4-13 представлен 17 учреждениями [1], основные результаты которого по урожайности, устойчивости и частично по качеству зерна, обобщены ранее [2, 3]. Каждым оригинатором за эти годы представлено 15-20 генотипов (сортов и линий), специфику и оригинальность которых по качеству предложено идентифицировать в специальных исследованиях.

Распределение материала селекции КазНИИЗиР по скорости развития до колошения (*Vrn*) было уникальным внутри каждого конкретного пункта изучения КАСИБ, однако для ритма развития материала характерным был большой процент совпадения (92,8%) с доминирующим ритмом развития пункта сети КАСИБ. Так, селекционные материалы КазНИИЗиР вошли в доминирующие группы развития генотипов: 1) ранних (ПДК - 42-46 дней) в Павлодаре, Петропавловске, Омске и Кургане; 2) средне - ранних (ПДК - 47-50 дней) в Барнауле, Усть-Каменогорске и Карабалыке; 3) средних (ПДК - 51-54 дня) в Шортанды, Актюбинск, Челябинск; 4) средне – поздних (ПДК - 55-58 дней) в Оtare и Караганде; 5) поздних (ПДК - 53-62 дня) в Красно-Уфимске.

Анализируемые образцы были разделены на 3 группы: фотонейтральные (Кфпч=1,0 -1,2); среднефоточувствительные (Кфпч=1,3 -1,4) и сильнофоточувствительные (Кфпч=1,5-1,7). Материал КазНИИЗиР включал образцы всех 3-х групп чувствительности к фотопериоду, однако 70% материала были отнесены к фотонейтральным и среднефоточувствительным. Отмеченное свидетельствует о доминирующей в материалах КазНИИЗиР нейтральности к фотопериоду, высокой степени прогнозируемости уровня ПДК при экологическом сортоиспытании и как следствие возможность использования их в качестве источников и доноров хозяйственно – ценных признаков, не влекущие за собой изменение ритма развития местного генофонда, что очень важно при адаптивной селекции, в т.ч. на урожайность.

Слабая ФПЧ контролируемая доминантными генами *Ppd1* считается важным свойством современных широко адаптированных к условиям среды сортов со стабильно высокой продуктивностью.

Сорта яровой мягкой пшеницы селекции КазНИИЗиР, испытанные в сети КАСИБ 4-13 по урожайности и качеству представлены в основном классом

среднетвердозерная и твердозерная. Отдельные репродукции для генотипов Самгау и Лютесценс 166 СП 94 характеризовались как смесь с ИТ=48 и 50 ед. SKCS 4100.

Сорта селекции КазНИИЗиР в питомниках КАСИБ 4-13 характеризуются прогнозным высоким потенциалом качества, судя по составу ВМС-глютенина за исключением образца Лютесценс 342 по Glu-D1 с субъединицей «2+12». Генотипы Лютесценс 166 СП 94 (в репродукции Павлодар) и Самгау характеризуются смешанным составом ВМС субъединиц по Glu-B1 и Glu-D1 и по составу ВМС-глютенина (табл.1). В целом, генофонд яровой мягкой пшеницы селекции КазНИИЗиР зарегистрированных в РК сортов характеризуется высоким потенциалом качества – 9-10 баллов по шкале Раупе (свыше 55%). Сорта Ильинская, Казахстанская раннеспелая, Лютесценс 70, Лютесценс 90, Секе, СКЭНТ-1, СКЭНТ-2, Толкын, Умит (~25% от исследованного генофонда) характеризовались удовлетворительным прогнозным качеством в 7 баллов по составу ВМС-глютенина.

Таблица 1

Генетический потенциал качества зерна сортов селекции КазНИИЗиР (районированные и КАСИБ) по составу ВМС-глютенина

Glu A1	B1	D1	Сорта и образцы
1	7+8	5+10	Надежда, №18, Лютесценс 157, Алмакен, Арай, Казахстанская 4, Казахстанская 10, Мирас, Самгау
1	7+9	5+10	Эритроспермум 727, Ырым
2*	7+8	5+10	Лютесценс 686
2*	7+9	5+10	Шагала, Кайыр, Лютесценс 823, Алем, Дауыл, Женис, Казахстанская 15, СКЭНТ-3, Эритроспермум 35
1	7+9	2+12	Ильинская, Лютесценс 90, Секе, Толкын
2*	7+9	2+12	Лютесценс 342, Казахстанская раннеспелая, Лютесценс 70, СКЭНТ-1, Умит
0	7+8	5+10	Казахстанская 30
1/2*	7+9	5+10	Казахстанская 3, Казахстанская 19
2*/1	7+9	2+2	СКЭНТ-2
1	7+8/7+9	5+10	Лютесценс 32
2*	7+9/7+8	5+10	Шагала
2*	7+9	5+10/2+12	Ырыс
1	7+9	2+12/5+10	Казахстанская 25
1/2*	7+8/7+9	5+10/2+12	Лютесценс 166 СП-94, Самгау, Казахстанская 17, Надежда, Отан-1
0	20/13+16	0	Самад

Сорта Надежда и Шагала отмечены как смеси по составу субъединиц Glu-A1 и Glu-B1, но не влияющие на качество (9 и/или 10 баллов). Смеси,

затрагивающие изменчивость противоположных по вкладу в качество субъединиц характерны для сортов Казахстанская 17, Казахстанская 25, Лютесценс 33, Мереке, Отан 1 и Ырыс. Сорт Казахстанская 30 выделяется нулевой аллелью Glu-A1 при хорошем прогнозе по Glu-B1 и Glu-D1 субъединицам с общим рангом 8 баллов. Сорт Самад также характеризовался нулевой аллелью по Glu-A1 и Glu-D1 как у твердой пшеницы и смесью низкокачественны по вкладу субъединиц 20 и 13+16 по Glu-B1. Таким образом, сорта селекции КазНИИЗиР представленные в КАСИБ 4-13 имеют высокое прогнозное качество за исключением Лютесценс 342 (7 баллов) и смесей по сортам Самгау и Лютесценс 166 СП 94 (5+10/2+12 по Glu-D1).

Все сорта селекции КазНИИЗиР отнесены к среднетвердозерным и твердозерным, т.е. хлебопекарного типа использования. При этом учитывая ошибку определения (± 15 ед.) для сортов Самгау и возможен переход в класс «смесь» и полумягкозерных.

Для определения типа технологического использования зерна сорта яровой мягкой пшеницы КАСИБ описаны по классу твердозерности, содержанию протеина по стандартам СНГ и США и упругости теста на основе качества клейковины. Распределение всего блока (20 образцов селекции КазНИИЗиР) по классам качества сильная + ценная по технологическим свойствам муки и теста было значительно ниже генетически прогнозируемого (табл.2).

Таблица 2

Эффективность отбора, % высококачественных генотипов селекции КазНИИЗиР (класс 1+2 = сильная + ценная)

Маркеры и показатели	К 4-5	К 6-7	К 8-9	К 10-11	К 12-13	К 4-13
ВМС-глютеин (9-10 б)	100	75	100	67	50	78
Седиментация 1+2 кл.	88	88	93	100	100	94
W сила (1+2 кл)	66	53	58	17	33	45
Клейковина 1+2	100	100	100	100	100	100
ИДК (1+2)	62	72	30	27	12	41
Разжижение (1+2)	79	44	57	100	75	71
Смес. ценность (1+2)	66	22	24	62	50	45

Список литературы

1. Abugaliev A.I, Watts T, Morgunov A.I, Butz A.A. Grain quality and end use of Kazakh wheat varieties. – In: Apells R., Eastwood R., Lagudah E., Lagridge P., Mackay M., Mc.Intyre L., Sharp P. eds. Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium. 24-29 August 2008, Brisbane QLD, Australia, 374.

2. Gomez-Becerra H.F., Abugaliev A.I., Morgounov A., Abdullayev K., Bekenova L., Yessimbekova M., Sereda G., Shpigun S., Tsygankov V., Zelenskiy Yu, Pena R.J., Cakmak I. Phenotypic correlations, GxE interactions and broad sense heritability analysis of grain and flour quality characteristics in high latitude spring bread wheats from Kazakhstan and Siberia. //Euphytica, DOI 10.1007/s10681-009-9984-6. – 2010. – Vol.171. – P.23-38.

3. Аbugалиева А.И., Зеленский Ю.И., Савин Т.В. Каталог «Классификация сортов яровой мягкой пшеницы Международных питомников Казахстанско-Российской сети по показателям качества зерна. – Астана. – 2010. – 61 с.

QUALITY OF KAZSRIAPG BREEDINGS SPRING COMMON WHEAT VARIETIES IN THE CASIB NETWORK

Yessimbekova M.A., doctor of agricultural sciences, genofund department head of KazSRIAPG, Kazakhstan

Abugaliev A.I., Morgounov A.I., Peña H.

KazSRIAPG breeding material, presented in KASIB 4-13, is ranked according to development speed to spiking (Vrn). Sensitivity to the photoperiod is related to photoneutral and medium phototoxic, controlled by dominant Ppd1 genes, which are characteristic for modern cultivars that are widely adapted to environmental conditions with stably high productivity. The material has a predictive high quality with the exception of Lutescens 342 (7 points Payne scale) and mixtures according to cvs Samgau and Lutescens cvs 166 SP 94 (5 + 10/2 + 12 by Glu-D1). Samples distribution by the physical flour and dough properties is much lower than the genetically predicted.

Spring wheat, KASIB, grain quality, HMW-glutenin, Vrn.

УДК 631.524.01

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫМИ ГЕНАМИ, КОНТРОЛИРУЮЩИМИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА, ТИП РАЗВИТИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ К СТРЕССАМ

Ефремова Т.Т. кбн, снс, Чуманова Е.В. мнс, Кручинина Ю.В. студентка Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: efremova@bionet.nsc.ru

Изучена продолжительность фаз развития у замещенных и изогенных линий с аллелями Vrn-B1c и Vrn-B1a при выращивании в условиях естественного длинного дня Новосибирской обл. Показано, что линии не различаются по времени колошения и продолжительности фазы «кущение-первый узел». Сделан вывод, что продолжительность вегетационного периода изученных линий определяется взаимодействием генов Vrn и Prd. Созданы новые пшенично-ржаные 5R(5A) замещенные линии по озимым сортам пшеницы Ульяновка и Филатовка с участием озимой ржи Вьетнамская местная для изучения влияния рецессивных аллелей гена vrn-R1 ржи на зимостойкости в условиях лесостепной зоны Приобья.

Ключевые слова: мягкая пшеница, замещение хромосом, почти- изогенные линии, Vrn гены, фазы развития, зимостойкость

Изучение генетических систем, регулирующих тип развития и особенно начало генеративной стадии развития, представляют интерес как

общебиологическая проблема, затрагивающая механизм широкой адаптации пшеницы к разнообразным условиям внешней среды. У мягкой пшеницы в процессе эволюции и селекции возникли яровые и озимые формы, в зависимости от генов *Vrn* (чувствительности к яровизации), а также двуручки. Для озимых пшениц необходимо предварительное воздействие низких температур при прохождении репродуктивной и начало генеративной стадии развития. Этот защитный механизм позволяет озимым сортам перезимовывать в районах с суровой зимой. Другим примером адаптивности сортов пшеницы является чувствительность к длине дня. Гены *Ppd*, контролирующие фотопериодическую чувствительность также определяют продолжительность периода до колошения. Эффекты взаимодействия генов *Vrn* и *Ppd* сказываются на темпах прохождения отдельных этапов онтогенеза и зависят от температуры и влажности.

У пшеницы гены чувствительности к яровизации – *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1*, расположены в хромосомах 5-й гомеологической группы, а гены чувствительности к длине дня *Ppd-A1*, *Ppd-B1* и *Ppd-D1*, локализованы в хромосомах 2-й гомеологической группы [1]. Показано, что гены *Vrn* представлены серией доминантных аллелей [2, 3]. При этом выявлено неодинаковое влияние некоторых аллелей на время колошения [3].

Гены *Vrn* тесно сцеплены с генами холодо- морозостойкости *Fr* (frost resistance). С помощью замещенных линий была проведена хромосомная локализация главных генов *Fr-1* и показано, что, гены *Vrn-A1/Fr-A1*, *Vrn-B1/Fr-B1* и *Vrn-D1/Fr-D1* локализованы в хромосомах 5A, 5B и 5D соответственно [1]. У ржи (*Secale cereal* L.) ген *Vrn-R1*, определяющий яровой/озимый тип развития локализован в хромосоме 5R [1].

Одним из методов генетического анализа, позволяющий изучать гены, контролирующие важные агрономические признаки мягкой пшеницы, является метод замещения отдельных хромосом [4]. В статье представлены результаты применения этих методов для изучения генов, регулирующих продолжительность вегетационного периода, проведенные в поле под Новосибирском в условиях длинного дня (17-18 ч). В этих условиях действие генов *Ppd* проявляется слабо, что позволяет более четко определить эффекты генов *Vrn*. Также приведены результаты изучения зимостойкости пшеницы, полученные с помощью новых моделей – озимых пшенично-ржаные 5R(5A) замещенных линий.

Нами созданы модельные линии мягкой пшеницы с разными аллелями генов *VRN-1*. Это две замещенные линии на основе озимого сорта Sava по хромосоме 5B и две изогенные линии на основе озимого сорта Безостая 1 (Без1), которые несут аллели *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a* от сортов Саратовская 29 и

Диамант 2 [2]. Впервые с их помощью проведены экспериментальные исследования по изучению роли полиморфизма аллелей генов *VRN-1* в контроле времени колошения и длительности прохождения отдельных фаз развития [2, 3]. Было показано, что замещенные и изогенные линии с аллелем *Vrn-B1c* выколашиваются раньше, чем линии с аллелем *Vrn-B1a* и характеризуются достоверно меньшей продолжительностью периода «кущение – первый узел» [6]. Однако эти результаты были получены при выращивании в условиях теплицы, а в полевых условиях такие исследования не проводились.

Проведено изучение продолжительности фаз развития у замещённых и изогенных линий с разными аллелями локуса *VRN-1* при естественном длинном дне в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Установлено, что изогенная линия сорта Без1 с аллелем *Vrn-A1a* имеет меньшую длину фазы «кущение-первый узел» по сравнению с линиями - носителями аллелей *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a*. Эта линия выколашивалась раньше других изогенных линий. Между замещенными и изогенными линиями с аллелями *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a* не обнаружено различий по продолжительности фазы «кущение-первый узел», а различие по времени колошения составило 2 дня. Наиболее позднеспелой оказалась изогенная линия i:Без1*Vrn-D4*. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что продолжительность вегетационного периода и межфазных периодов между линиями с аллелями *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a* определяется взаимодействием генов *Vrn* и *Ppd*. В генетическом фоне сорта Без1, который имеет слабую реакцию на фотопериод, в условиях короткого дня действие аллелей гена *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a* проявляется в увеличении продолжительности вегетационного периода, особенно периода «кущение-первый узел» между линиями. А при длинном дне мы не наблюдаем таких различий между аллелями *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a*. При выращивании замещенных линий сорта Sava, который имеет нейтральную реакцию на длину дня, в условиях как длинного, так и короткого дня продолжительность периодов «кущение-первый узел» и «всходы-колошение» практически не различались между линиями с разными аллелями *Vrn-B1c* и *Vrn-B1a*. Однако необходимо отметить, что продолжительность вегетационного периода и межфазных периодов в значительной степени может зависеть не только от генотипа линий, но и от условий года. Поэтому изучение линий в естественных условиях длинного и короткого дня будет продолжено.

В нашей предыдущей работе [5], рассматривался метод получения пшенично-ржаных замещенных линий для решения проблемы передачи пшенице генов от ржи, контролирующих тип и скорость развития, зимостойкость. В результате впервые экспериментально установлено влияние хромосомы 5R ржи на продолжительность вегетационного периода и

зимостойкость на примере пшенично-ржаных 5R (5A) замещенных линий. С помощью разработанного метода успешно завершена программа 8-и кратных беккроссов в ходе создания пшенично-ржаных 5R(5A) замещенных линий по озимым сортам пшеницы с участием донора хромосомы 5R сорта озимой ржи Вьетнамская местная. В результате самоопыления (BC_8F_2) пшенично-ржаных димосомиков ($2n=42, 20''+5A'+5R'$) провели выделение моносомных и дисомных растений с замещением хромосом 5R(5A) по озимым сортам Филатовка и Ульяновка. Изучение зимостойкости в полевых условиях лесостепной зоны Новосибирской обл. потомства BC_8F_2 двух линий Филатовка-Вьетнамская местная 5R(5A) и Ульяновка-Вьетнамская местная 5R(5A) показало хорошую зимостойкость. Особый интерес в создании сортов мягкой пшеницы с высоким генетически обусловленным уровнем зимо/морозостойкости, представляют полученные нами озимые пшенично-ржаные линии с транслокацией T5AS.5RL.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект № 17-04-000721).

Список литературы

1. Snape J.W. Mapping genes for flowering time and frost tolerance in cereals using precise genetic stocks/ J.W. Snape, R. Sarma, S.A. Quarrie, L. Fish, G. Galiba, J. Sutka// *Euphytica*. 2001. V. 120. P. 309-315.
2. Efremova T.T. Multiple allelism in the *Vrn-B1* locus of common wheat/ T.T. Efremova, Arbuzova V.S., Leonova I.N., Makhmudova K.// *Cereal Res. Com.* 2011. V.39 (1).P. 12-21.
3. Емцева М.В. Влияние аллелей *Vrn-B1a* и *Vrn-B1c* на продолжительность фаз развития замещенных и изогенных линий мягкой пшеницы/ М.В. Емцева, Ефремова Т.Т., Арбузова В.С.// *Генетика* 2013. Т.49. №5. С. 632-640.
4. Qi L.L. Homoeologous recombination, chromosome engineering and crop improvement/ L.L. Qi, Friebe B., Zhang P., Gill B.S.// *Chromosome Res.* 2007. V.15. P. 3-19.
5. Efremova T.T. Effect of alien 5R(5A) chromosome substitution on ear- emergence time and winter hardiness in wheat- rye substitution lines / T.T. Efremova, Maystrenko O.I., Arbuzova V.S., Laikova L.I., Panina G.M., Popova O.M., Berezova O.V.// *Euphytica*. 2006. V.151. P. 145-153.

GENETIC DIVERSITY OF COMMON WHEAT LINES WITH IDENTIFIED GENES CONTROLLING DURATION OF LENGTH OF DEVELOPMENTAL PHASES, GROWTH HABIT AND STRESS TOLERANCE

T.T. Efremova, E.V. Chumanova, Y.V. Kruchinina

The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: efremova@bionet.nsc.ru

*The influence of *Vrn-B1a* and *Vrn-B1c* alleles on the length of developmental phases in substitution lines and near-isogenic lines with these loci under natural long day conditions in the Novosibirsk Region is studied. We have shown that the lines do not differ in the time of earing and the length of the "tillering-first node" period. We have concluded that the duration of the vegetation period of the*

lines studied is determined by the interaction of the Vrn and Ppd genes. New wheat-rye 5R (5A) substituted lines for winter wheat varieties Ulyanovka and Filatovka with winter rye Vietnamese local to study the influence of the recessive alleles of the vrn-R1 rye gene on winter hardiness in the Novosibirsk Region.

Key words: wheat, substitution lines, near- isogenic lines, Vrn genes, growth habit, winter hardiness

УДК 633.853.52:631.528:575.113

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ РЕГЕНЕРАНТНЫХ ЛИНИЙ СОИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Ефремова О.С., канд. с.-х. наук, с. н. с. лаб. с-х. биотехнологии

Фисенко П. В., канд. биол. наук, н. с. лаб. с-х. биотехнологии

ФГБНУ «Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г.

Уссурийск, Россия, fe.smc_rf@mail.ru

Выявлены генетических отличий соматоклональных линий сои, полученных с использованием ионов тяжелых металлов (Cd^{2+} , Cu^{2+}) и их исходных форм, методом ISSR-анализа. При анализе продуктов амплификации регенерантной линии 1357 и ее исходной формы – сорта Ходсон выявлены 53 фрагмента, девять из которых оказались полиморфными (16.98%). Наибольшие генетические отличия обнаружены между парами исследуемых сортообразцов Ходсон/R1585 $D_N=0.3538$, R1585/R1606 $D_N=0.3151$, R1585/R1589 $D_N=0.2787$ и Ходсон/R1597 $D_N=0.2436$.

Ключевые слова: соя, in vitro, мутагенный фактор, тяжелые металлы (ионы), регенерация, генетическая изменчивость.

Создание новых генотипов сельскохозяйственных растений является актуальной проблемой при выведении новых сортов. Индуцированный мутагенез – один из методов расширения генетического разнообразия организмов, поэтому стоит задача идентификации возникших генетических различий [1-5]. Молекулярно-генетические маркеры являются современным инструментом исследования генетического разнообразия, и позволяют оперативно выявлять генетические различия, возникающие в результате мутагенеза [6,7].0,

Материалом для наших исследований послужили регенеранты сои, полученные в лаб. с-х. биотехнологии методом культуры ткани с использованием, в качестве мутагенного фактора, ионов кадмия (Cd^{2+}) и меди (Cu^{2+}).

Методом ISSR анализа проанализировано семь сортообразцов сои, полученных на средах с ионами меди, с участием девяти праймеров к различным ди- и тринуклеотидным микросателлитным повторам. При исследовании линий 1490, R1, 1485 и исходной формы (Приморская 301) получены мономорфные картины распределения амплифицированных

фрагментов по всем использованным праймерам. В результате анализа продуктов амплификации не выявлено фрагментов, носящих диагностический характер, данные линии генетически идентичны друг другу и своей исходной форме по исследованным маркерам.

При анализе продуктов амплификации регенерантной линии 1357 и ее исходной формы – сорта Ходсон выявлены 53 фрагмента, девять из которых оказались полиморфными (16.98%), остальные – мономорфные. Размер выявленных фрагментов варьировал от 300 до 3000 пар нуклеотидов (п.н.). в зависимости от праймера число полиморфных фрагментов варьировало от 1 до 5. Праймеры 834, 868, S2, S9, C5 амплифицировали мономорфные спектры фрагментов. Исследуемые линия и исходная форма оказались генетически однородными (рис. 1).

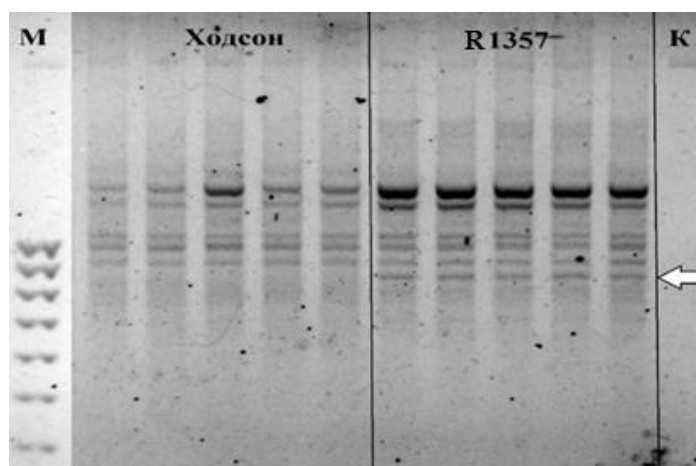


Рисунок 1 – Электрофореграмма продуктов амплификации с праймером 812 образцов сорта Ходсон и регенерантной линии R1357. М – маркер длин фрагментов 100 bp ladder, К – контрольный образец не содержащий ДНК. Белой стрелкой показан фрагмент длиной ~870 п.н. отличающий мутантную линию от исходной формы.

Наиболее распространенным и информативным показателем генетических различий являются генетические дистанции. На основе анализа бинарной матрицы рассчитан индекс генетического различия (D_N) линии 1357 и сорта Ходсон, значение которого составило $D_N=0.1861$. Выявлены достоверные генетические отличия линии от исходной формы.

Исследованы 10 регенерантных линий сои (R1585, R1597, R1571, R1569, R1590, R1606, R1589, R1567, R1573, R1583) полученных с использованием ионов кадмия, исходной формой которых являлся сорт сои Ходсон. Для анализа генетической изменчивости использованы шесть ISSR праймеров, которые амплифицировали 57 фрагментов, 14 из которых оказались полиморфными (7.98%). Праймеры 834 и S2 имели мономорфные спектры фрагментов.

Для оценки уровня генетических отличий на основе анализа бинарной матрицы были рассчитаны индексы генетических различий (D_N) исследуемых линий и их исходной формы – сорта Ходсон (табл. 1).

Таблица 1

Генетические дистанции (D_N) регенерантных линий сои,
полученных с использованием Cd^{2+}

	R1585	R1597	Ходсон	R1571	R1569	R1590	R1606	R1589	R1567	R1573
R1597	0,0846	***								
Ходсон	0,3528	0,2436	***							
R1571	0,1769	0,0846	0,1452	***						
R1569	0,2097	0,1144	0,1144	0,0846	***					
R1590	0,1769	0,1452	0,2097	0,1144	0,0846	***				
R1606	0,3151	0,2097	0,1452	0,1769	0,1452	0,1769	***			
R1589	0,2787	0,1769	0,1144	0,1452	0,1144	0,1452	0,0274	***		
R1567	0,1769	0,1452	0,2097	0,1144	0,0846	0,0556	0,1769	0,1452	***	
R1573	0,1769	0,1452	0,2097	0,1144	0,0846	0,0556	0,1769	0,1452	0,0000	***
R1583	0,1769	0,1452	0,2097	0,1144	0,0846	0,0000	0,1769	0,1452	0,0556	0,0556

Пары образцов R1590/R1583 и R1567/R1573 оказались генетически идентичны друг другу, но при этом, имели отличия от исходной формы с одинаковым значением $D_N=0.2097$. Наибольшие генетические отличия обнаружены между парами исследуемых сортообразцов Ходсон/R1585 $D_N=0.3538$, R1585/R1606 $D_N=0.3151$, R1585/R1589 $D_N=0.2787$ и Ходсон/R1597 $D_N=0.2436$.

Для визуализации генетических отличий было построено филогенетическое дерево с использованием алгоритма невзвешенного попарно-группового анализа (UPGMA) (рис. 2). Длина ветвей полученной дендрограммы отражает уровень генетических отличий исследуемых линий и их исходной формы – сорта Ходсон. Топология полученного дерева полностью соотносится с рассчитанными генетическими дистанциями.

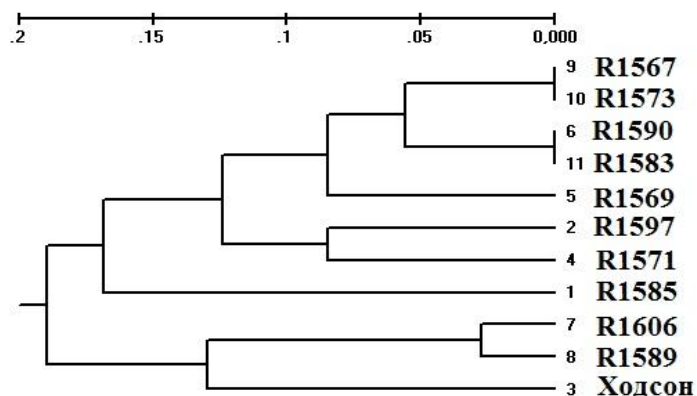


Рисунок 2 – UPGMA дендрограмма филогенетических взаимоотношений соматоклональных линий сои полученных с использованием ионов кадмия и их исходной

формы по шести ISSR праймерам.

В результате проведенной работы выявлены генетическая изменчивость и филогенетические взаимоотношения регенерантных линий, полученных с использованием ионов тяжелых металлов, и их исходных форм. Регенеранты полученные от сорта Ходсон с использованием ионов кадмия показали генетические отличия от исходной формы. В двух случаях линии оказались идентичны друг другу, но при этом отличны от исходной формы.

Таким образом, применяемые в качестве мутагенного фактора в питательной среде ионы меди и кадмия оказали влияние на генотип исследуемых образцов. Выявлены генетические отличия регенерантных линий от исходной формы. Материал, созданный с использованием ионов тяжелых металлов в питательной среде, требует дальнейшего глубокого изучения в лабораторных и полевых условиях по продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.

Список литературы

1. Генетический и структурный анализ устойчивости гороха посевного к токсичным концентрациям кадмия / В.Е. Цыганов, А.И. Жернаков, О.А. Кулаева и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Ч.6/ Русское ботан. об-во. – Петрозаводск, 2008. – С. 140-142.
2. Способ определения мутагенного эффекта тяжелых металлов: Пат. 53375. Украина, МПК7 АО1G7//00/ Глухов О.З., Хижняк Н.А., Сафонов А. - № 2002053834; Заявл. 10.05.02. Оpubл. 15.01.03. Бюл. №1.
3. Сергеева Л.Е. Ионы тяжелых металлов *in vitro*: новые идеологии для получения генетически измененных форм растений / Л.Е. Сергеева, Л.И. Бронникова // Вестник защиты растений. – 2016. – №3 (89). – С. 152-153.
4. Roy B.
5. and C. Thompson // Nucleic Acids Research. – 1991. – Vol. 19, № 6. – P. 1349. Towards development of Al-toxicity tolerant lines in indica rice by exploiting somaclonal variation / B. Roy, A. B. Mandal // Euphytica. – 2005. – V. 145. – P. 221–227.
6. Mahmood I. In vitro selection of tissue culture induced somaclonal variants of wheat for drought tolerance / I. Mahmood, A. Razzaq, M. Ashraf, I. A. Hafiz, S. Kaleem, A. Qayyum, M. Ahmad // Journal of Agricultural Research.- 2012. – V. 50. – Is. 2 – P. 177-188.
7. Глазко В.И. Генетические взаимоотношения между сортами сои с использованием ISSR маркеров / В.И. Глазко, А.В. Дубинин, Р.Н. Календарь [и др.] // Цитология и генетика. – 1999. – Т. 31, № 10. – С. 1358-1364.
8. Edwards, E. A simple and rapid method for the preparation of plant genomic DNA for PCR analysis / E. Edwards, C. Johnstone

GENETIC DIFFERENCES OF THE REGENERANT LINES OF SOYBEAN DEVELOPED USING IONS OF HEAVY METALS

Efremova O. S., Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the Laboratory of Agricultural Biotechnology Fisenko P. V., Candidate of Biol. Sciences, researcher of the Laboratory of Agricultural Biotechnology FSBSI "Primorsky Scientific Research Institute of Agriculture",

Ussuriysk, Russia, fe.smc_rf@mail.ru

*There were identified genetic differences of somaclonal lines of soybean developed using heavy metal ions (Cd^{2+} , Cu^{2+}) and their initial forms, with the help of ISSR analysis method. In the analysis of the amplification products of the regenerante line 1357 and its original form – variety Hodson, there were identified 53 fragments, and nine of them were polymorphic (16.98%). The greatest genetic differences were defined between pairs of studied genotypes Hodson/R1585 $D_N=0.3538$, R1585/R1606 $D_N=0.3151$, R1585/R1589 $D_N=0.2787$ and Hodson/R1597 $D_N=0.2436$.
Keywords: soybean, in vitro, mutagenic factor, heavy metals (ions), regeneration, genetic variability.*

УДК-633

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ МОНГОЛИИ

*Ж. Ганболд¹ доктор (Ph.D), профессор, Монгольский Государственный Аграрный
Университет, Улан-Батор, Монголия*

*Б. Ганбаатар² доктор (Ph.D), Я Мягмарсүрэн² доктор (Ph.D), профессор. ² Научно-
Исследовательский Институт Растениеводства и Земледелия, г Дархан, Монголия*

E-mail: ganboldji@gmail.com

В 1980 году группа ученых и исследователей НИИРиЗ, впервые разработали “Селекционную программу яровой пшеницы”. В рамках данной программы, путем проведения селекции (методом гибридизации, мутагенеза и трансформации озимых пшениц в яровую) были получены биологически-ценные исходные материалы для селекции, и высокоурожайные сорта, урожайность которых достигла 30 ц/ га. На основании данных, полученных в ходе научно-исследовательских работ ученых, работавших в направлении государственного сортоиспытания, производства, экологических испытаний и селекции были обогащены параметры показателей и заново разработаны сортовые параметры.

Самым эффективным и наиболее экономически выгодным способом повышения продуктивности растениеводства является - селекция. В 1957 году был создан «Отдел размножения семян зерновых культур» с целью испытания высокоурожайных сортов и размножения их семян, которые устойчивые к засухе, быстро созреваются в безморозный период и адаптируются к природно-климатическим условиям Монголии. За эти годы в институте были созданы 96 сортов зерновых культур, из них 79 сортов яровой пшеницы, 9 сортов твердой пшеницы, 4 сорта овсы, 2 сорта проса, 5 сортов ячменя.

В 1980 году группа ученых и исследователей НИИРиЗ впервые разработали “Селекционную программу яровой пшеницы”. В рамках данной программы путем проведения селекции (методом гибридизации, мутагенеза и трансформации озимых пшениц в яровую) были получены биологически-ценные исходные материалы для селекции, и высокоурожайные сорта, урожайность которых достигло 30 ц/ га. Значительно возросла результативность селекционной работы в Монголии при включении в план гибридизации сорта сибирской селекции Скала, Лютесценс-758, Мелянопус-69,

Грекум-114, Бурятская-34. Так, с участием сорта Бурятская-34 и были выведены высокопродуктивные сорта, как Дархан-34 (Бурятская-34 х Мироновская яровая) и Дархан-74 (Грекум-114 х Бурятская-34), которые показали высокий уровень адаптивности и способность давать стабильный урожай, несмотря на засушливые годы.

В результате трансформации озимой пшеницы в яровую, увеличилась урожайность новых сортов и Дархан-14, Халх гол-1 Дархан-131, Дархан-160, Дархан-144 успешно прошли государственные испытания и были допущены к использованию в производстве. С 1982 года был осуществлён совместный проект с МАГАТЕ, который расширился для создания исходного материала и новых сортов, путем искусственной мутации. Были созданы сорта Хараа-86, Дархан-35, Дархан-49, Дархан-106 и Дархан-141.

С 2000 года делаются разработки по выявлению и районированию стрессо-устойчивых (к засухе и жаре), качественных и высокоурожайных сортов, а также по созданию и отбору интенсивных сортов для орошения. В 2008 году была начата селекционная работа по использованию маркерных генов для выведения исходных материалов устойчивых к болезням, а также разработаны методологии и методы исследований.

На основании данных, полученных в ходе научно-исследовательских работ ученых, работавших в направлении государственного сортоиспытания, производства, экологических испытаний и селекции были обогащены параметры показателей и заново разработаны сортовые параметры. Рассмотрим каждый тип по отдельности (табл. 1).

- Выведение раннеспелого сорта Тип-1. Посевы на территориях с коротким вегетационным периодом, сроки созревания 80-82 дня, урожайность 22.3 ц/га - сорт типа Халхгол-1,
- Выведение среднеспелого сорта Тип 2. В условиях нашей страны сорта с вегетационным периодом в 86-89 дней относятся к среднеспелым, уровень урожайности на испытательном участке и сортоиспытании был 30 ц/га, при производстве около 20ц/га- сорт типа Дархан-34;
- Выведение среднепозднеспелого сорта Тип-3. Вегетационный период созревания которых продолжается в течении 90-100 дней, на испытательном участке и при сортоиспытании дает урожай 31ц/га, при производстве около 21ц/га - сорт типа Дархан -144.

Новая модель сортов яровой пшеницы

№	Показатели	Раннеспелый сорт /Тип-1/	Среднеспелый сорт /Тип-2/	Среднепозднеспелый сорт /Тип -3/
1	Вегетационный период, суток	81	88	93
2	От всходов- до колошения От колошения-до восковой спелости	43	47	50
		38	41	43
3	Густота стеблестоя, шт/м ²	251	Выше-275	Выше-250
4	Продуктивный стебель, шт/м ²	364	376	340
5	Число зерен в колосе, шт	26	33	35
6	Масса зерен в колосе, г	0.8	1.4	1.3
7	Продуктивная кустистость	1.5	1.5	1.5
8	Масса 1000 зерен, г	34.4	38.5	40
9	Высота растений, см	84	84-86	84-86
10	Полевая всхожесть, %	62.2	68.3	67.4
11	Лабораторная всхожесть, %	95	95	Выше-95
12	Энергия прорастания семян, %	84-86	Выше-88	Выше-88
13	Стекловидность, %	69.2	70.8	80
14	Натура, г/л	780	Выше-780	780
15	Содержание клейковины, %	31.2	31.6	32.5
16	Содержание сырого протеина, %	Выше-15	Выше-15	Выше-15
17	Седиментация, мл	Выше-40	Выше-50	Выше-45
18	Выход муки, %	70.6	Выше-70	Выше-70
19	Объём хлеба, мл	Выше-500	Выше-500	Выше-500
20	Качество клейковины (ИДК)	35	40	36.0
21	Потенциальный урожай, ц/га	35.1	48	37.9
22	Хоз. Урожай (Сорта испыт), ц/га	23.1	30	31.5
23	Произ. урожай, ц/га	16.5	20	21
Биологическая устойчивость				
24	Устойчивость к засухе /балл/	5	5	5
25	Устойчивость к болезням /балл/	1	1-2	1-2
26	Устойчивость к вредителям, %	/3-6%/ Устойчивый	/36%/ Устойчивый	/3-6%/ Устойчивый
27	Устойчивость к полеганию /балл/	5	5	4-5
28	Устойчивость к осыпанию /%/	1-3	1-3	1-3
29	Устойчивость к прорастанию на корню, балл	Нет	Нет	Нет

По данным 2014-2016 гг раннеспелый сорт Дархан-160 дал больше урожая на 3,0 ц/га, чем стандартный сорт Халхгол-1 и был утвержден районированным сортом, а среднепозднеспелый сорт Дархан-181 дал больше урожая на 2,9 ц/га, чем стандартный сорт Бурятская-34, был утвержден перспективным сортом (табл. 2).

Урожай и структуры урожайности сортов яровой пшеницы /2014-2016 гг/

№	Сорт	Число продуктивных стеблей, шт	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожай, цн/га	Добавка урожая, ц/га	
						St 1	St 2
1	Халх гол-1 /st/	273	30	30.3	19.2	-	-
2	Дархан-131 /st/	286	30	35.5	21.8	2.6	-
3	Дархан-160	291	31	36.1	22.2	3.0	0.4
	НСР ₀₅ =1.5						
1	Бурятская-34 /st/	292	31	32,8	19.9	-	
2	Дархан-144 /st/	284	31	36.6	22.5	2.6	-
3	Сэлэнгэ	261	33	33,1	19.4		
4	Алтайская-530	287	31	33.9	19.6		
5	Дархан-181	290	35	36.6	22.8	2.9	0.4
	НСР ₀₅ =1.6						

Будущая цель селекции пшеницы в Монголии заключается в следующем: использование генофонда местных образцов пшеницы в качестве донора для создания исходного материала, устойчивым к засухе и болезням, использование современных методов биотехнологии для ускорения селекционного процесса, выведения новых сортов и гомозиготных линий с биологическими ценностями, создание и использование методов маркеров белка и ДНК для переноса донорных генов (устойчивые к засухе, жаре и к болезням), установить параметры новых сортов, приспособленных к орошению и использовать их в создании новых сортов.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. –Москва. 1985. – С.351
2. Дамба Ч. Алтансүх Н. Селекционная программа зерновых культур. –Дархан: НИИРиЗ, 1978.
3. Крупнов В.А. Проблемы создания модельного сорта. Селекция и семеноводство. 2. 1981. – С 7-11.
4. Уразалиев Р. А. Моделирование сортов пшеницы методами генотип-средовых взаимодействий. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 5. 1987. - С. 19 – 25.
5. Ганбаатар Б. Модели сортов яровой пшеницы. Дархан: НИИРиЗ, Научные Труды. 28. 2011. – С. 66 – 78.

6. Цэрэндолгор С. Результаты исследования засухоустойчивости новых селекционных сортов яровой пшеницы. Улан-Батор: Наука Сельского Хозяйства. 2. 2015. - С. 89 – 93.

ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES OF WHEAT BREEDING IN MONGOLIA

J. Ganbold¹ (Ph.D), professor, Mongolian National Agricultural University, Ulaanbaatar, Mongolia

B. Ganbaatar² (Ph.D), ass. professor, Ya. Myagmarsuren² (Ph.D), professor, 2. Plant Science and Agricultural Research Institute, Darkhan, Mongolia

E-mail: ganboldji@gmail.com

Wheat breeding work was launched in Plant Science and Agricultural Research Institute of Mongolia in 1957. Over the years, 96 varieties of spring cereals have been created at the institute, including 79 varieties of spring wheat, 9 varieties of hard wheat, 4 varieties of oats, 2 varieties of millet, and 5 varieties of barley.

In 1980, a group of scientists and researchers from PSARI developed "Spring Wheat Breeding Program". Within the framework of this program, created biologically valuable initial materials for breeding, and high-yielding varieties were obtained by hybridization, mutation and transformation of winter wheat into spring wheat. The yield of which reached 3.0 t/ha.

УДК 635.655: 632.4

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СОИ К *FUSARIUM SPP.* В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Затыбеков А.К., PhD докторант, научный сотрудник, Институт биологии и биотехнологии растений (ИББР), г. Алматы, Казахстан; Казахский национальный аграрный университет (КазНАУ), г. Алматы, Казахстан; Аbugалиева С.И., д.б.н., главный научный сотрудник ИББР, г. Алматы, Казахстан; КазНАУ, г. Алматы, Казахстан; Дидоренко С.В., к.б.н., ведущий научный сотрудник КазНИИ земледелия и растениеводства, п. Алмалыбак, Казахстан; Турусбеков Е.К., к.б.н., заведующий лабораторией ИББР, г. Алматы, Казахстан *email: alexbek89@mail.ru*

В данном исследовании осуществлена оценка устойчивости к фузариозу 182 сортов и линий сои различного происхождения из 5 регионов мира. Выявлены высокоурожайные и устойчивые линии сои. В результате полногеномного поиска ассоциаций идентифицировано два новых SNP маркера по признаку устойчивости к фузариозу, с высокой статистической значимостью. Результаты исследования важны для селекции, направленной на повышение устойчивости сои к биотическим факторам.

Ключевые слова: соя, фузариоз, устойчивость, генетическое разнообразие, SNP-маркеры.

Соя – одна из главных зернобобовых культур в мире, в том числе и в Казахстане. Она занимает важное место в производстве пищевых и кормовых продуктов [1]. С каждым годом в Казахстане увеличиваются посевные площади под сою и планируется довести ее до 400 тысяч гектаров [2]. Одной из

основных проблем при выращивании сои являются грибные болезни. К числу самых опасных и часто встречающихся среди них относят фузариоз (*Fusarium spp.*), возбудителями которого являются, преимущественно, *F. oxysporum*, *F. solani* и *F. virguliforme* [3, 4, 5]. Фузариоз поражает растения сои на протяжении всей вегетации, проявляется в виде гибели проростков до выхода на поверхность почвы, некроза семядолей, отмирания точки роста всходов, корневых гнилей и основания стебля, увядания, задержки роста и щуплости бобов, пятнистостей листьев, загнивания и опадания цветков, бобов и зерен, снижения всхожести семян. Максимальное проявление болезни отмечается обычно в фазе цветения [6]. Развитие болезни может приобретать различные формы в зависимости от условий окружающей среды, физиологического состояния растений, их генетической устойчивости к болезням и патогенности возбудителей.

Устойчивость к фузариозу контролируется геном *rfs* локализованный в 18 хромосоме, а также следующими локусами количественных признаков (QTL): *qRfs1*, *qRfs2*, *qRfs3*, локализованными в хромосоме 18, *qRfs4* – в 6, *qRfs5* – в 20, *qRfs6* – в 3, *qRfs8* и *qRfs9* – в 13 и *qRfs10* – в хромосоме 16, соответственно [7]. Выявлена сцепленность некоторых QTL и маркеров *Satt570*, *Satt309*, *Satt038*, *Satt371*, *Satt149*, *Satt160*, *Satt510*, *Satt456* [8]. В настоящее время разработаны современные технологии генотипирования с использованием ДНК маркеров однонуклеотидного полиморфизма (SNP), основанные на чипах (Illumina BeadArray, Affymetrix GeneChip и др.), дающие высокоэффективные результаты с высокоплотным расположением SNP, и высокой пропускной способностью [9]. Использование данной технологии в поиске ассоциативного картирования (GWAS) позволяет определение новых локусов и генов устойчивости сои к фузариозу. Так, в исследованиях на устойчивость к фузариозу коллекции гермоплазмы Департамента Сельского Хозяйства США (USDA), были идентифицированы два новых значимых SNP маркера в хромосомах 9 и 11, соответственно [10]. Wen Z. с соавторами при анализе 692 образцов сои идентифицировали 20 QTL устойчивости к *F.virguliforme* [11]. В обеих работах были использован чип Illumina SoySNP50K, было показано влияние окружающей среды на урожайность и устойчивость к болезням. Это свидетельствует о важности оценки генетического разнообразия изучаемой коллекции и необходимости анализа GWAS в каждом отдельном регионе выращивания сои.

Наше исследование было нацелено на оценку коллекции сои различного происхождения на устойчивость к фузариозу и идентификацию новых QTL.

Материалы и методы. Материалом исследований служили 182 сортообразцов мировой коллекции сои, включающие сорта селекции России,

Данные фенотипирования и генотипирования были использованы для GWAS. В результате было идентифицировано 2 новых маркера, ассоциированных с устойчивостью сои к фузариозу (*Fusarium spp.*) (табл.1).

Таблица 1

Идентифицированные маркеры на устойчивость к фузариозу

SNP маркер	Хр.	Позиция	Аллель	Частота аллеля	P	Add	R ² (%)
Gm13.20484995	13	20484995	G/T	43/134	2.38E-4	1.9	8.1
Gm17.8109237	17	8109237	A/C	134/41	7.54E-5	-2.1	9.4

Сравнительный анализ идентифицированных маркеров с базой данных SoyBase позволил выявить, что оба SNP маркера являются частью кодирующей последовательности ДНК (CDS) (табл.2).

Таблица 2

Генетическая локализация идентифицированных маркеров

SNP маркер	Ген кандидат	Аннотация гена
Gm13.20484995	Glyma13g16550	Область неизвестной функции (DUF3511)
Gm17.8109237	Glyma17g10780	Тиройд рецептор взаимодействующий со связанным белком

Таким образом, мировая коллекция сои, состоящая из 182 образцов, проанализирована на устойчивость к фузариозу (*Fusarium spp.*). Выделены линии с высокими показателями урожайности и устойчивости. Идентифицированы новые SNP маркеры (Gm13.20484995 и Gm17.8109237), ассоциированные с устойчивостью к фузариозу. Результаты исследования могут быть использованы в программах селекции для получения новых устойчивых и высокоурожайных линий сои.

Благодарности. Статья подготовлена в рамках проекта AP05131592 «Полногеномное исследование ассоциаций устойчивости к грибковым болезням сои в Казахстане», финансируемого по линии Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список литературы

1. Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. Соя – высокобелковая культура.–Алматы: ОАО Vita, 2004.–18 с.
2. Сидорик И.В., Кожаметов А.С., Дидоренко С.В. Перспективы возделывания сои в Костанайской области // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2013.– №5.– С.7-9
3. Wrather A., Shannon G., Balardin R., Carregal L., Escobar R., Gupta G. K., Ma Z., Morel W., Ploper D., Tenuta A. Effect of diseases on soybean yield in the top eight producing countries in 2006 // Plant Health Progress. 2010.

4. Diaz Arias, Maria Mercedes. *Fusarium* species infecting soybean roots: Frequency, aggressiveness, yield impact and interaction with the soybean cyst nematode // Graduate Theses and Dissertations. – 2012. – P 12314.
5. Giammaria S. L., Rupe J. C., Chen P., Leandro A. M. (2014) Genetic analysis of resistance to Sudden Death Syndrome caused by *Fusarium virguliforme* in hartwig soybean // Journal of Crop Improvement, 2014. – V.28:6. – P.758-771.
6. Zhang J. X., Xue A. G., Zhang H. J., Nagasawa A. E., Tambong J. T. Response of soybean cultivars to root rot caused by *Fusarium* species // Canadian Journal of Plant Science, 2010. – V. 90(5). – P.767-776.
7. Iqbal M.J., Meksem K., Njiti V.N., Kassem M.A., Lightfoot D.A. Microsatellite markers identify three additional quantitative trait loci for resistance to soybean sudden-death syndrome (SDS) in Essex × Forrest RILs // Theor Appl Genet., 2001. – V.102. – P.187-192.
8. Fronza V, Vello N.A., Camargo L.E.A. Genetic analysis of soybean resistance to *Fusarium solani* f.sp. *glycines* // Genetics and Molecular Biology, 2004. – V. 27(3). – P.400-408.
9. Barabaschi D., Tondelli A., Desiderio F., Volante A., Vaccino P., Vale G., Cattivelli L. Next generation breeding // Plant Sci., 2016. – V.242. – P.3-13.
10. Hao-Xun Chang, Alexander E. Lipka, Leslie L. Domier, Glen L. Hartman. Characterization of Disease Resistance Loci in the USDA Soybean Germplasm Collection Using Genome-Wide Association Studies // Phytopathology, 2016. – V.106. – P.1139-1151.
11. Wen Z., Tan R., Yuan J., Bales C., Du W., Zhang S., Chilyers M., Schmidt C., Song Q., Cregan P.B., Wang D. Genome-wide association mapping of quantitative resistance to sudden death syndrome in soybean // BMC Genomics, 2014. –V.15. – P.809.
12. Abugalieva S, Didorenko S, Anuarbek S, Volkova L, Gerasimova Y, Sidorik I, Turuspekov Y. Assessment of Soybean Flowering and Seed Maturation Time in Different Latitude Regions of Kazakhstan // PLoS ONE. 2016 – V.11(12). – P.1-11.
13. Кирай З., Клемент З., Шоймоши Ф., Вереш И. Методы фитопатологии. – Москва: Колос, 1974. – С.342.
14. Delaporta S.L., Wood J., Hicks J.B. A plant DNA miniprep. Version II // Plant Mol. Biol. Rep. – 1983. – Vol. 4. – P. 19-21.
15. Bradbury P.J., Zhang Z., Kroon D.E., Casstevens T.M., Ramdoss Y, Buckler E.S. TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics. 2007;23:2633–2635.

THE GENETIC ANALYSIS OF SOYBEAN RESISTANCE TO *FUSARIUM* IN THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN

Zatybekov A.K., PhD student, researcher, Institute of Plant Biology and Biotechnology (IPBB), Almaty, Kazakhstan; Kazakh National Agrarian University (KazNAU), Almaty, Kazakhstan; e-mail: alexbek89@mail.ru; Abugalieva S.I., DrSci, Leading Researcher, IPBB, Almaty, Kazakhstan; KazNAU, Almaty, Kazakhstan; Didorenko S.V., Ph.D., Leading Researcher of the Kazakh Institute of Agriculture and Crop Production, Almalybyk, Kazakhstan; Turuspekov E.K., Ph.D., Head of Laboratory, IPBB, Almaty, Kazakhstan.

*In this study, the productivity and resistance to *Fusarium* spp. of 182 soybean cultivars and lines of different origins from 5 regions of the world have been studied. High yield and resistant soybean lines were identified. As a result of the genome-wide association study, two new SNP markers for resistance to *fusarium* with high statistical significance were identified. The results of*

the study will be used for improvement of breeding projects related the resistance of soybeans to biotic factors.

Key words: soybean, fusarium, resistance, genetic diversity, SNP markers.

УДК 633.491: 57.085.23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА КАРТОФЕЛЯ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Зобова Н.В., Луговцова С.Ю.

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Россия, zobovnat@mail.ru

*Природно-климатические условия Красноярского края уникальны и благоприятны для производства семенного и продовольственного картофеля, в связи с отсутствием большого количества вредителей переносчиков вирусных заболеваний, однако в крае и далее на восток РФ отсутствует система семеноводства картофеля на безвирусной основе. Восстановлению этой системы посвящена настоящая работа. Приведены данные по сортовому разнообразию картофеля, допущенного к использованию и реально производимого в регионе. Выявлены сорта, наиболее отзывчивые по комплексу параметров на условия тиражирования оздоровленного посадочного материала в культуре *in vitro* - Ред Скарлет и Спиридон. Предложены пути расширения генетического разнообразия картофеля для преодоления импортозависимости за счет сортов сибирской и местной селекции.*

*Ключевые слова: картофель, сорта, разнообразие, семеноводство, микрочлонирувание, коллекция *in vitro*.*

Доля сортов российской селекции на отечественном рынке семенного картофеля не превышает 20 процентов [1, 2]. Такая же ситуация наблюдается и для Красноярского края. Из 18 сортов, допущенных к использованию на его территории, из которых 2 импортных (Розара, Фелокс), из них в списке возделываемых хозяйствами края только 4 сорта (Накра, Невский, Тулеевский, Розара) и они занимают около 22% площади сортовых посевов. 81% площадей картофеля занято импортными сортами, в том числе и нерайонированными в крае (Розара, Гала, Ред леди и др.). Диагностика вирусных патогенов методом иммуноферментного анализа установила наличие основных возбудителей в подавляющем большинстве партий семенного картофеля в регионе [3]. Однако не следует недооценивать потенциальные возможности рекомендованных для края отечественных сортов, большинство из которых столового типа, но есть и универсального назначения (Розара, Накра, Хозяюшка), они устойчивы к раку, а 7 - и к золотистой картофельной нематоде (R01). Кроме четырех все сорта сибирской селекции, среди них два Красноярского ГАУ - Арамис и

Красноярский ранний [3]. Причина отсутствия отечественных сортов на рынке, главным образом, заключается в недостаточных объемах их семеноводства. В 2016 году от общего объема высаженных в Красноярском крае семян всего 20,8 % (должно быть 100%) соответствовали требованиям стандарта, из них элитных семян - 1,4 %, репродукционных (РС1-2) – 16,1 %.

В Красноярском крае, и далее на восток РФ отсутствует система оригинального безвирусного семеноводства картофеля, что, из-за удаленности территории, приводит к существенному удорожанию посадочного материала, приобретаемого за пределами региона. Природно-климатические условия края уникальны и благоприятны для производства семенного и продовольственного картофеля, в связи с отсутствием большого количества вредителей переносчиков вирусных заболеваний.

На современном уровне первой ступенью восстановления семеноводства картофеля является получение безвирусного посадочного материала в культуре апикальных меристем [1, 2, 3] и его тиражирование *in vitro*, что определило цель работы - оценка эффективности микрклонального размножения картофеля разных сортов в культуре апикальных меристем для формирования коллекции картофеля *in vitro*.

Объектами исследований являлись 7 сортов картофеля: Розара, Рэд Скарлет, Невский, Санте, Тарасов, Спиридон, Жуковский ранний, Гала. Из них два включены в Госреестр по Красноярскому краю сорта Невский (стандарт в регионе) и Розара. Кроме двух уральских сортов Тарасов и Спиридон остальные характеризуются широким ареалом распространения, а также ранним и среднеранним сроком созревания, устойчивостью к раку патотипа 1 и золотистой нематоды, что и определило их выбор для исследования.

Выделение апикальных меристем и микрклональное размножение картофеля проводили в условиях ламинар-боксов [4, 5]. Состав питательной среды на основе Мурасиге и Скуга (MS), содержащей минеральные соли, витамины, аминокислоты (аденин) и углеводы (сахароза 3%), с добавлением кинетина (0,5 мг/л) и гибберелловой кислоты (2 мг/л), а также активированного угля (1%) для связывания фенолов [5]. Для микрклонального размножения *in vitro* использовали два варианта сред: MS без гормонов (б/г) и MS с кинетином - 0,04 мг/л и ИУК 1 мг/л (г).

Коллекция сформирована 20 пробирочными растениями на каждый сорт. В течение года проведено четыре ее пересадки и оценка тиражирования через микроклубни. Проведен анализ по влиянию гормонов на образование микроклубней в пробирках и зависимости процесса от генотипа растений. В таблице представлены данные последнего пассажа микроклубней на два варианта питательных сред с гормонами (г) и без (б/г).

Характеристика формирования микроклубней в трех пассажах культивирования пробирочных растений

Сорт	Среда	Кол-во растений, шт.	Количество микроклубней в пробирке, шт.						Кол-во микроклубней, шт.	Клубней на растение, шт.	Средний вес микроклубней, г
			0	1	2	3	4	5			
Ред Скарлет	б/г	45	0	27	18	0	0	0	63	1,4	0,13
	г	7	0	4	1	2	0	0	12	1,7	0,15
Розара	б/г	55	37	16	0	2	0	0	22	0,4	0,06
	г	8	5	1	1	0	1	0	7	0,9	0,04
Санте	б/г	23	6	15	1	1	0	0	20	0,9	0,17
	г	11	7	2	2	0	0	0	6	0,5	0,10
Спиридон	б/г	28	8	9	7	0	3	1	40	1,4	0,08
	г	6	2	1	3	0	0	0	7	1,2	0,22
Невский	б/г	21	9	9	3	0	0	0	15	0,7	0,20
	г	7	5	2	0	0	0	0	2	0,3	0,19
Жуковский ранний	б/г	32	8	22	2	0	0	0	26	0,8	0,19
	г	15	3	12	0	0	0	0	12	0,8	0,12
Тарасов	б/г	21	7	10	3	1	0	0	19	0,9	0,12
	г	10	4	6	0	0	0	0	6	0,6	0,20
всего	б/г	225	75	108	34	4	3	1	205	0,91	0,13
	г	64	26	28	7	2	1	0	52	0,81	0,14
Итого	б/г+г	289	101	136	82	18	16	5	257	0,89	0,13

Клубнеобразование в пробирках составило 89%, средний вес микроклубня 0,13 г. Треть (35%) пробирочных растений не образовали клубни ни с гормонами не без них. Гормоны не оказали существенного влияния на образование столонов. Средний вес микроклубней составил 0,14 г – на среде без гормонов, 0,15 - с гормонами, а клубнеобразование на пробирку - 0,81 и 0,91 шт., соответственно.

По отзывчивости на условия культивирования и образованию микроклубней выделились два сорта Ред Скарлет и Спиридон. У первого на всех растениях сформировались микроклубни, в среднем 1,4 и 1,7 на растение на среде без и с гормоном, соответственно, у Спиридона эти величины составили 1,4 и 1,2. Если у Ред Скарлет на одном растении наблюдалось до 3-х клубней, то у Спиридона до 5-ти, но столоны образовывались только у трети растений. У этого же сорта на среде с гормонами формировались самые крупные клубни. Наиболее низкими величинами параметров клубнеобразования отличался сорт Невский. Это свидетельствует о

необходимости тщательного подбора условий культивирования *in vitro* с учетом сортовых особенностей.

Миниклубни в летний период получали из микроклубней сорта Ред Скарлет, при их плотной высадке в открытый грунт. Полевая сохранность микроклубней составила 85%. В среднем на одном растении сформировалось по 3 миниклубня весом каждый по $8,01 \pm 1,4$ г. В целом вес полученных клубней превышал высаженные в 40 раз, что свидетельствует о высокой эффективности размножения через микроклубни. В настоящее время проводится оценка получения миниклубней из микро в лабораторных условиях (на керамзите, в почве и в условиях аэропоники).

Таким образом, выявлены сорта, наиболее отзывчивые по комплексу параметров на условия микроклонирования - Ред Скарлет и Спиридон, которые будут использованы как стандарты и в качестве источников безвирусного материала. В дальнейшей работе планируется расширение коллекции за счет сортов местной селекции и других, рекомендованных к возделыванию в Восточной Сибири.

Список литературы

1. Анисимов, Б.В. Семеноводство картофеля в России: состояние, проблемы и перспективные направления / Б.В. Анисимов, А.И. Усков, С.М. Юрлова, Ю.А. Варицев // Достижения науки и техники АПК. – 2007, №7. – С. 15-19.
2. Симаков, Е.А. Картофель России: Ресурсы и ситуация на рынке / Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, В.С. Чугунов, О.Н. Шатилова // Картофель и овощи. – 2013. – № 3. – С. 23.
3. Чураков, А.А. Направления селекции и особенности оригинального семеноводства картофеля в Красноярском ГАУ / А.А. Чураков, А.Н. Халипский, Д.Н. Ступницкий, П.О. Абдураимов // Адаптивность сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Центрально- и Восточно-Азиатского макрорегиона: мат-лы симпозиума с междунар. участием (Красноярск, 17–18 авг. 2017 г.). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2017. – 196 с
4. Артюхова, С.И. Биотехнологический способ размножения оздоровленного картофеля Западной Сибири микроклубнями в условиях *in vitro* / С.И. Артюхова, И.В. Киргизова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 12-1. – С. 107-108.
5. Зобова Н.В. Биотехнология высших растений *in vitro* (раздел 3) // Большой практикум по биотехнологии: уч. пособие / отв. ред. Т.Г. Волова. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т. – 2005. – С. 55-87.

USING THE POTATO GENEFOUND IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

Zobova N.V., Lugovtsova S.Yu.

doctor of agricultural sciences, chief researcher, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, of the Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center” of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia, zobovnat@mail.ru

The natural and climatic conditions of the Krasnoyarsk Territory are unique and favorable for the production of seed and food potatoes, due to the absence of a large number of pests of vectors of viral diseases, however in the province and further to the east of the Russian Federation there is no seed-growing system for potatoes on a virus-free basis. The present work is devoted to

the restoration of this system. Data on the variety variety of potatoes admitted to use and actually produced in the region are given. Varieties that are the most responsive to the set of parameters for replicating the healthy planting material in culture in vitro are identified - Red Scarlet and Spiridon. Ways of expanding the genetic diversity of potatoes are proposed to overcome import dependence due to the varieties of Siberian and local selection.

Keywords: potatoes, varieties, diversity, seed production, microcloning, collection in vitro

УДК 575.22:577.088

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОФОНДА ВНИИ КОРМОВ

ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМС

*Клименко И.А., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., Козлов Н.Н., канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр.,
Коровина В.Л., ст. науч. сотр., Макаренков М.А., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.*

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня, Россия, iaklimenko@mail.ru

Проведены исследования по изучению уровня генетического ДНК-полиморфизма между сортами клевера лугового с помощью SSR-маркеров. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования метода SSR-PCR для выявления сортоспецифических особенностей культуры, а при расширении набора праймеров – и для молекулярно-генетической паспортизации сортов.

Ключевые слова: геном, микросателлитные SSR-маркеры, полиморфизм ДНК, генетическое разнообразие, генетическая паспортизация.

Анализ биологического разнообразия между или внутри различных видов, сортов, популяций, между отдельными генотипами является одной из основных задач генетики и селекции растений. В последние десятилетия для идентификации и регистрации генетических ресурсов, для повышения точности в определении и поиске образцов коллекций и контроля стабильности входящих в ее состав форм успешно применяются молекулярные маркеры, основанные на выявлении полиморфизма на уровне нуклеиновых кислот (прежде всего ДНК) [1]. Изучение генетического полиморфизма с надежным методом записи спектров ДНК, полученных в результате полимеразной цепной реакции (ПЦР), открывает широкие возможности для молекулярного маркирования геномов и создания, так называемых, «генетических паспортов» хозяйственно ценных культур. Среди многочисленных методов ПЦР особый интерес представляет анализ с помощью микросателлитных праймеров. Микросателлитные (SSR) маркеры, отличающиеся небольшой длиной, высокой частотой встречаемости в геноме и достаточной воспроизводимостью результатов, позволяют получить индивидуальную характеристику отдельного сорта или генотипа – ДНК-профиль [2; 3]. Цель нашего исследования заключалась в изучении возможности использования техники SSR-PCR для

оценки генетического разнообразия и паспортизации сортов клевера лугового из коллекции генофонда ВНИИ кормов.

Материалы, методы и условия проведения исследований. Объектом исследований служили 8 сортов клевера лугового, семена которых сохраняются сотрудниками лаборатории генетических ресурсов в условиях регулируемой газовой среды с пониженным содержанием кислорода.

Молекулярно-генетический анализ проведен в лаборатории геномного анализа кормовых культур. Геномную ДНК для ПЦР-анализа выделяли из проростков, которые получали, выдерживая замоченные на фильтровальной бумаге семена при температуре 20°C в течение 5-7 суток при постоянном увлажнении. ДНК-экстракцию осуществляли с помощью коммерческого набора реагентов «ДНК-Экстран-4» от компании «Синтол», Россия. Для проведения ПЦР использовали праймеры, синтезированные фирмой «Евроген» (Россия), ферменты и реактивы, поставляемые фирмой «СибЭнзим» (Россия). Амплификация ДНК была выполнена в термоциклере («Bio-Rad iCycler, USA») в соответствии с условиями, описанными в работе Sato et al. [4], с некоторыми модификациями. Объем реакционной смеси составлял 15 мкл. Продукты амплификации анализировали путем электрофореза на 4 % агарозном геле (MetaPhor^R Agarose, Rockland, ME USA) с 1X TAE-буфером при 50 В. Размер фрагментов определяли в сравнении с молекулярным маркером массы 20 bp DNA Ladder (Takara BIO Inc., Japan).

Результаты и обсуждение. Анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК проведен с использованием 8 сортов клевера лугового, различающихся по происхождению и физиолого-биологическим свойствам (табл. 1).

Таблица 1

Перечень сортов клевера лугового для анализа генетической variability

Наименование сорта	Оригинатор сорта, способ получения	Год внесения в Госреестр
Марс	ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (полиплоидия и поликросс)	1993
Ранний 2	ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (химический мутагенез и массовый отбор)	1995
ВИК 7	ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (эффект гетерозиса с созданием сложногибридных и синтетических популяций)	1969
Топаз	ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, ООО «Агрокомплекс-Н» (внутривидовая гибридизация и многократные отборы)	2000
Трифон	ГНУ «НИИСХ Северо-Востока» (многократный отбор)	2014
Павловский 16	ГНУ «Воронежская сельскохозяйственная опытная станция по многолетним травам» (многократный	1981

	отбор)	
Метеор	ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Сибирский НИИ кормов (полиплоидия, гибридизация и отборы)	2007
Орфей	ГНУ «НИИСХ Северо-Востока», ГНУ «Фаленская сельскохозяйственная опытная станция» (эколого-географический метод)	2000

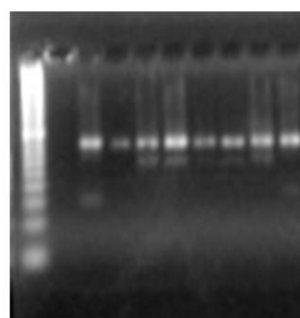
На первом этапе исследований стояла задача определения репрезентативной выборки для анализа, так как это является наиболее важным моментом при изучении изменчивости и одним из ключевых требований для использования полного потенциала новых технологий. У клевера лугового, относящегося к перекрестноопыляемым видам, большинство сортов и популяций состоят из гетерогенных биотипов с высоким уровнем внутрисортных и внутривидовых вариаций. Считается, что при молекулярном анализе подобных культур выборка объемом 30-50 семян от сорта достаточна для обеспечения предварительной оценки межсортных различий, а при использовании необходимого количества праймеров – и внутрисортного разнообразия [5]. Поэтому в нашей работе для выделения ДНК мы формировали общую навеску из средней части гипокотилей проростков, полученных от 30 семян каждого анализируемого сорта, применяя технику балк-анализа [6; 7]. По результатам двух процедур ДНК-экстракции пришлось внести некоторые изменения в протокол, в частности, уменьшить величину общей навески до 30 мг, исключить предварительную заморозку растительной ткани при -20°C во избежание повреждения структуры ДНК в клетках нежной водянистой ткани проростков. Для проведения ПЦР были использованы образцы ДНК лучшего качества от двух экстракций.

Одной из основных количественных характеристик генетического разнообразия при изучении генофондов растений на основе молекулярного анализа является процент (или доля) полиморфных локусов. В связи с этим, необходимо выбирать для исследований наиболее эффективные молекулярные маркеры, позволяющие выявить высокий уровень полиморфизма, анализировать большую часть генома и получать четко воспроизводимые результаты [3]. Этим требованиям отвечают микросателлитные маркеры. Для наших исследований были использованы 7 локус-специфичных SSR-праймеров (по одной праймерной паре от каждой группы сцепления), разработанных при изучении структуры генома клевера лугового [4]. Характеристика праймеров представлена в таблице 2.

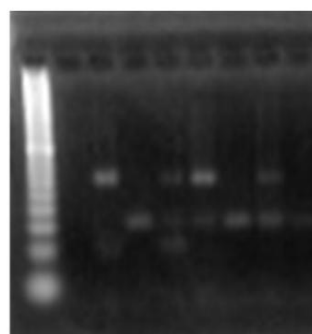
Характеристики SSR-праймеров, использованных для изучения генетического полиморфизма сортов клевера лугового

Праймер	Структура	ПЦР-фрагментов		Общий уровень полиморфизма, %
		всего	полиморфных	
RCS1307	GGCAAGACCAATTTTTCCAA/ GCCTATTCACCGGAATCTCA	12	6	50
RCS2202	GCCGATATTGCTAGGTTGGA/ CGGCAGACGAAGTGACAAAT	6	-	-
RCS2343	CGATTGCTACAACACAGCC/ TTCAATCGGGAGTGTCAGTG	-	-	-
RCS3186	GCATATTTTTTATTTCAGCGAGGTTTC/ GCAACCAGTGCATGTGGATA	-	-	-
RCS2183	AAAAGACAGACGCCAGGAAA/ TGTGTGCATTGGTTTGGTGTCT	14	5	35
RCS0428	CAATGCCAAGACACCTGTGA/ TCTCATCAAGGGAGGTGGTC	13	1	7
RCS004	GCATCTCCACCGTTCTTCTC/ TGCGACGGTGTCTTAGTG	7	0	0

В результате серии экспериментальных реакций не получены продукты амплификации с праймерными парами RCS2343 и RCS3186. Можно предположить, что в геномах проанализированных сортов микросателлиты с такими повторами последовательностей крайне редки и не выявляются в использованном режиме ПЦР. Остальные праймеры генерировали продукты амплификации различной интенсивности, но только с двумя праймерными парами удалось обнаружить воспроизводимые полиморфные локусы (рис. 1).



а) М к 1 2 3 4 5 6 7 8



б) М к 1 2 3 4 5 6 7

Рис. 3. Электрофореграмма продуктов ПЦР сортов клевера лугового с праймерами: а) RCS2183 и б) RCS1307. М – молекулярный маркер, к – контроль (H₂O), лунки 1-8 – сорта: Марс, Ранний 2, ВИК 7, Топаз, Трифон, Павловский 16, Метеор, Орфей.

Так, в реакции с праймером RCS2183 получены 14 ампликонов с длиной фрагментов ДНК от 60 до 160 п.н. Причем фрагменты амплифицированной

ДНК размером 120 п.н. обнаружены в спектрах сортов ВИК 7, Топаз, Павловский 16, Метеор, но отсутствовали в сортах Марс, Ранний 2, Орфей.

С праймерной парой RCS1307 амплификация была слабовыраженной, но при этом выявлены сортоспецифичные микросателлитные локусы. Из двенадцати полученных ампликонов, размер которых варьировал от 40 до 120 п.н., шесть были полиморфными. Например, в спектрах сортов Ранний 2, Трифон и Метеор отсутствовали зоны амплификации размером 120 п.н., которые имелись у других сортов. При этом Марс, единственный их тестируемых образцов, не имел ампликона в 60 п.н., который выявлен у остальных изучаемых сортов.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что метод SSR-PCR можно использовать для молекулярного маркирования сортов клевера лугового. Однако выявленный уровень межсортового генетического ДНК-полиморфизма оказался недостаточно высоким, что, вероятно, обусловлено невозможностью оценить разнообразие микросателлитных локусов ограниченным количеством протестированных праймеров. Для разработки системы удобных и надежных маркеров, позволяющих различать сорта в анализируемой группе и составлять генетические паспорта, необходимо оптимизировать способы выделения ДНК для балк-анализа и существенно увеличивать выборку праймеров с оценкой возможности получения воспроизводимых в разных условиях продуктов амплификации.

Список литературы

1. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. - Москва : ООО «Угрешская типография», 2016. - 172 с.
2. Хлесткина Е.К. Молекулярные методы анализа структурно-функциональной организации генов и геномов высших растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2011, Т 15. - № 4. - С. 757-768.
3. K. Semagn, A. Bjornstad and M.N. Ndjiondjop. An Overview of Molecular Markers Methods for Plants. African Journal of Biotechnology, Vol. 5, No. 25. 2006. P. 2540-2568.
4. S. Sato, S. Isobe, E. Asamizu, N. Ohmido, K. Okumura, I. Klimenko, S. Sasamoto, T. Wada and S. Tabata. Comprehensive Structural Analysis of the Genome of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) // DNA Research 12, 301-364 (2005).
5. A. Lowe, S. Harries, and P. Ashton. Ecological genetics: design, analyses, and application // Blackwell Science Ltd. 2004. P. 6-34.
6. Steve Quarrie, Vesna Lazic Jancic, Dragan Kovacevic, Andy Steed and Sofija Pekic. Balk-segregant analysis with molecular markers and its use for improving drought resistance in maize. Journal of Experimental Botany. 1999. Vol. 50, No. 337. P. 1299-1306.
7. Yulia N. Dugar, Vitalii N. Popov. Genetic structure and diversity of Ukrainian red clover cultivars revealed by microsatellite markers. Open Journal of Genetics. 2013. No. 3. P. 235-242.

MOLECULAR-GENETIC ANALYSIS OF RED CLOVER VARIETIES OF GENE POOL COLLECTION IN V.R. WILLIAMS FODDER RESEARCH INSTITUTE

Klimenko I.A., Kozlov N.N., Korovina V.L., Makarenkov M.A.

*V.R. Williams Federal Research Center of Fodder Production and Agroecology, Lobnya, Russia
iaklimenko@mail.ru*

The level of genetic DNA-polymorphism has been studied between some varieties of red clover with using of microsatellite (SSR) markers. It was found, that SSR-PCR-method could be used as tool to help in the variety distinction and for development the molecular-genetic passports under condition of increasing the set of analyzed primers.

Keywords: genome, microsatellites (SSR)-markers, DNA-polymorphism, genetic diversity, genetic registration and certification.

УДК 577.164.32:633.12

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ В СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Клыков А.Г. , доктор биологических наук, зав. лабораторией селекции зерновых и крупяных культур, Барсукова Е.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией сельскохозяйственной биотехнологии, Парская Н.С., младший научный сотрудник лаборатории селекции зерновых и крупяных культур*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Уссурийск, Россия

**e-mail: alex.klykov@mail.ru*

*Приведены направления и результаты селекционной работы с гречихой на Дальнем Востоке России. Исследовано действие различных концентраций ионов тяжелых металлов в условиях *in vitro* на выживаемость, регенерационную способность, рост и развитие различных генотипов гречихи. С использованием методов гибридизации и культуры тканей создан перспективный сорт гречихи Уссуручка с повышенным содержанием флавоноидов.*

Ключевые слова: гречиха, культура тканей, флавоноиды, селекция, сорт

На территории российского Дальнего Востока селекция гречихи посевной или обыкновенной (*Fagopyrum esculentum* Moench) проводится только в Приморском НИИСХ (п. Тимирязевский, Приморский край). История селекции гречихи в регионе насчитывает около 80 лет. На первом этапе селекционная работа проводилась методом массового, индивидуального и индивидуально-семейственного отборов. Исходным материалом являлись местные образцы и сорта инорайонного происхождения. Исследования показали, что в подавляющем большинстве случаев последние были менее урожайными и не устойчивыми к условиям муссонного климата [1]. Поэтому одним из важных направлений в селекции гречихи в Дальневосточном регионе является создание высокоадаптированных сортов, устойчивых к полеганию и осыпанию.

В селекционной работе с 1980 г. начали использовать метод гибридизации, физического и химического мутагенеза, в результате были созданы и районированы сорта гречихи При 7 (1990 г.) и Изумруд (1996 г.), которые вошли в группу ценных по качеству зерна РФ. Сорта характеризуются высокой потенциальной урожайностью до 3 т/га, крупноплодностью, устойчивостью к полеганию и осыпанию.

Особенностью изучаемой культуры является наличие биофлавоноидов (особенно рутин) во всех частях растения. Рутин (витамин Р) применяется в медицине для лечения и профилактики нарушений, связанных с проницаемостью кровеносных капилляров [2]. В ряде стран (Россия, Украина, Япония) для производства рутина получены специальные сорта *F. esculentum* с повышенным его содержанием. В настоящее время улучшение существующих сортов *F. esculentum* и создание новых с высоким содержанием флавоноидов в плодах и растениях с целью получения ценных продуктов питания и лекарственного сырья для фармацевтической промышленности является приоритетным направлением в селекции.

Приморском НИИСХ совместно с Тихоокеанским институтом биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН проведены комплексные исследования с изучением содержания рутина в различных видах рода *Fagopyrum* Mill. и окраски разных органов растения [3]. Установлена высокая положительная корреляционная связь ($r=0,87$) между содержанием рутина в надземной массе и окраской растений. На основе полученных данных нами разработан способ отбора растений гречихи с высоким содержанием рутина в надземной массе [4]. Отбор растений гречихи проводится по окраске стеблей в фазу плодообразования, с выделением растений с антоциановой окраской.

С 1988 г. в селекции гречихи начался новый этап с применением методов биотехнологии, исследованы процессы соматического эмбриогенеза и органогенеза. В результате установлено, что регенеранты имеют существенные различия в сравнении с исходными сортами по целому ряду признаков: продуктивность растения (8-15 г), крупноплодность (масса 1000 зерен 34-40 г), с повышенным содержанием флавоноидов в плодах и надземной массе [5].

В последние годы использование селективных сред, содержащих ионы тяжелых металлов (Cu^{2+} и Zn^{2+}), в клеточной селекции гречихи при создании новых генотипов с ценными признаками является новым направлением в селекции на адаптивность и качество. Получено 50 образцов гречихи толерантных к действию тяжелых металлов, которые изучаются в селекционном питомнике. Для дальнейшей селекции отобраны регенеранты, полученные в результате воздействия меди (Изумруд х Китаваэсэ14 ПДК Cu^{2+} ,

Изумруд х Китакасэ 16 ПДК Cu^{2+} , Изумруд х Китакасэ 1 ПДК Cu^{2+} , Черемшанка 200 ПДК Cu^{2+}), сочетающие признаки крупноплодности, высокой массы зерна с растения 7,1-9,3 г и адаптивностью к стрессовым факторам муссонного климата (табл. 1).

Отрицательный эффект действия ионов Cu^{2+} наблюдали начиная со второго поколения в потомстве растений-регенерантов, полученных через регенерацию из каллуса, в виде появления хлорозов растений и бесхлорофилльных мутантов. Растения-альбиносы можно было увидеть в фазе всходов в течение 1-2 суток, далее такие экземпляры без хлорофилла погибали. Частота проявления данной летальной мутации находилась в пределах 1,5-9,6 %.

Таблица 1

Параметры адаптивных свойств у толерантных к тяжелым металлам образцов гречихи

Происхождение образца	Масса зерна с растения, г			Стрессо-устойчивость, $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$	Коэффициент регрессии, b_1	Варiances стабильности, $S^2 d_i$
	средняя, \bar{x}	Y_2 (min)	Y_1 (max)				
Изумруд (стандарт)	1,48	0,4	3,9	-3,5	2,15	0,73	0,02
Изумруд х Китакасэ 14 ПДК Cu^{2+}	2,34	0,4	6,7	-6,3	3,55	1,31	0,27
Изумруд х Китакасэ 16 ПДК Cu^{2+}	2,49	0,3	7,3	-7,0	3,8	1,43	0,48
Черемшанка 200 ПДК Cu^{2+}	3,69	0,8	9,3	- 8,5	5,05	1,97	0,10

В результате целенаправленной селекционной работы методами гибридизации и культуры тканей создан перспективный сорт Уссурочка (Изумруд х Черноплодная) х (Изумруд х Китакасэ *in vitro* на селективной среде с ионами меди) с повышенным содержанием флавоноидов в плодах и другими хозяйственно ценными признаками по сравнению с районированными сортами (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика перспективного и районированных сортов гречихи по основным хозяйственно ценным признакам

Показатель	При 7 (стандарт)	Изумруд	Уссурочка
Урожайность, т/га	1,0	1,2	1,6
Вегетационный период, дней	77	75	71
Масса 1000 зёрен, г	23,4	33,5	30,7

Плѐнчатость, %	21,6	22,3	19,7
Выход крупы, %	78,4	77,7	80,3
Белок, %	13,1	13,6	13,1
Жир, %	1,6	1,5	1,8
Содержание флавоноидов в плодах, мг/100 г	5,0	6,0	9,7

Таким образом, выделены регенеранты с ценными хозяйственными признаками для селекции, что позволяет расширить генетическое разнообразие исходного материала. Сорт Уссурочка с комплексом ценных признаков передан в 2017 г. в Государственное сортоиспытание. В дальнейшем в селекции планируется расширение исследований с использованием метода ISSR-анализа для создания новых генотипов гречихи с повышенным содержанием флавоноидов, устойчивых к стрессовым факторам среды для получения функциональных продуктов питания.

Работа выполнена в рамках комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг. проект № 18-5-025.

Список литературы

1. Моисеенко А.А. Гречиха на Дальнем Востоке: монография/ А.А. Моисеенко, Л.М. Моисеенко, А.Г. Клыков, Е.Н. Барсукова. – М.: Росинформагротех, 2010. – 276 с.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства: в 2-х т.– Изд. 13-е./ М.Д. Машковский. – Харьков: Торсинг, 1997. – 592 с.
3. Клыков А.Г. Биологические ресурсы видов рода *Fagopyrum* Mill. (Гречиха) на российском Дальнем Востоке (таксономия, химический состав, возможности использования, культивирование): автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.Г. Клыков. – Владивосток, 2013. – 41 с.
4. Пат. 2255466 RU : МПК⁷ А 01 Н 1/04. Способ отбора растений гречихи с высоким содержанием рутина в надземной массе/ А.Г. Клыков, Л.М. Моисеенко; патентообладатель ГНУ Приморский НИИСХ Россельхозакадемии. – № 2003108308; заявл. 25.03.2003 ; опубл. 10.07.2005. Бюл. № 19.
5. Барсукова Е.Н. Клеточная селекция гречихи посевной в условиях ионного стресса / Е.Н. Барсукова //Аграрная Россия. – 2013. – № 10. – С. 2-4.

THE MAIN DIRECTIONS AND METHODS IN BREEDING OF BUCKWHEAT IN THE FAR EAST OF RUSSIA

*Klykov Alexey Grigoryevich**, doctor of Biological Sciences, head of Laboratory for Grain and Cereal Crops Breeding, *Barsukova Elena Nikolayevna*, candidate of agricultural Sciences, head of Laboratory of agricultural biotechnology, *Parskaya Nadezhda Sergeevna*, junior researcher of Laboratory for Grain and Cereal Crops Breeding

Federal State Budget Scientific Institute "Primorsky Scientific Research Institute of Agriculture", Ussuriysk, Russia *e-mail: alex.klykov@mail.ru

The article presents directions and results of breeding work with buckwheat in the Far East of Russia. Effect of heavy metal ions in various concentrations upon growth and development of

different genotypes of buckwheat in vitro was investigated. Using hybridization and tissue culture methods there was developed a promising variety of buckwheat Ussurochka with a high content of flavonoids.

Keywords: buckwheat, tissue culture, flavonoids, breeding, variety

УДК 633.11:631.527

НОВЫЕ ГЕНОТИПЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТИПА СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФНАЦ

*Ковтун В.И., доктор с.-х. наук, заведующий отделом селекции
и первичного семеноводства озимых зерновых культур*

*Ковтун Л.Н., кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,
г. Михайловск, Ставропольского края, Россия,
E-mail: sniish@mail.ru*

В статье представлены методы селекции и новые генотипы мягкой озимой пшеницы с комплексом основных хозяйственно-биологических признаков и свойств. Прежде всего, генотипы характеризуются высокой урожайностью и качеством зерна. Они скороспелые и обладают высокой морозостойкостью и устойчивостью к основным болезням.

Ключевые слова: генотип, сорт, адаптивность, морозостойкость, качество.

На юге и юго-востоке России довольно благоприятные почвенно-климатические условия для выращивания высокоурожайных, высокобелковых, высококачественных мягких озимых пшениц, чего нет во многих странах Европы, Азии, Африки и Америки. Здесь выращиваются лучшие в мире генотипы мягкой озимой пшеницы, иностранные (зарубежные) сорта мягкой озимой пшеницы не конкурентны, они значительно уступают по основным признакам и свойствам, местным сортам российской селекции [1].

Чтобы создать высоко адаптивный сорт с комплексом основных хозяйственно-биологических признаков и свойств селекционеру приходится изучать очень большой по объёму генетический материал. А.Ф. Мережко [2] отмечает, что только сотая часть гибридных комбинаций дает линии, которые в качестве сортов используются в производстве.

В данных знаменитого югославского ученого-селекционера Боревича указывается, что из двух тысяч сортов, изученных в конкурсных испытаниях за 9 лет, только 2 сорта (0,1%) получили широкое распространение в производстве [3].

Большое значение в повышении эффективности создания новых высокоадаптивных сортов имеет использование генетических маркеров (маркерная селекция). Впервые, понятие «генетический маркер» или «сигнал» качественного или количественного признака (свойства) было сформулировано

еще в первой половине двадцатого столетия русским ученым А.С. Серебровским [4].

Авторы статьи, рационально используя на протяжении более 30 лет традиционные (селекционные, технологические, биохимические) и новые (молекулярно-генетические) методы, создали более 70 сортов озимой пшеницы, 51 сорт из которых внесен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации и 9 новых сортов изучаются на государственном испытании.

Методика проведения исследований. Основной метод работы, используемый в селекции мягкой озимой пшеницы разной интенсивности – это внутривидовая сложная, ступенчатая гибридизация и непрерывный целенаправленный отбор по параметрам, разработанной модели сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа.

В целях сокращения и повышения эффективности селекционного процесса, в последние 10 лет исследований, широко используется гаплоидная и маркерная селекция. Гибриды F₁ мягкой озимой пшеницы кастрируются и опыляются пыльцой кукурузы. Удвоение числа хромосом осуществляется с помощью колхицина. Проводится ускоренное размножение и отбор дигаплоидов, при этом селекционный процесс сокращается на 2-3 года. При подборе родительских пар для скрещиваний используются генотипы определенных маркеров: урожайность, качество зерна, морозостойкость, устойчивость к полеганию и болезням и т.д.

Все оценки, наблюдения, учет урожая выполнены в соответствии с «Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1985) [5]. Качество зерна, хлеба определялось по методикам, изложенным в «Методических рекомендациях по оценке качества зерна» (1977) [6]. Математическая обработка результатов исследований проводилась по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследований. В отдел селекции и первичного семеноводства озимых зерновых культур Северо-Кавказского ФНАЦ входит три селекционно-семеноводческие лаборатории мягкой озимой пшеницы и лаборатория качества зерна. Ежегодно здесь, на разных этапах селекционного процесса изучается огромный генетический материал до 100 тысяч сортообразцов, линий (генотипов).

За 9 лет исследований (2009-2017) только в одной лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы нами проведено 4647 комбинаций скрещиваний и лишь из 12 комбинаций (0,3%) удалось выделить 15 сортов, из которых 6 были внесены в Государственный реестр селекционных достижений России и 9 сортов изучаются на государственном испытании.

Установлено, что из большого количества исследованных гибридных комбинаций, только единицы дают конкурентные генотипы с комплексом основных хозяйственно-биологических признаков и свойств.

Шесть сортов внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации. Нива Ставрополя внесена по шестому Северо-Кавказскому региону, а Виктория 11, Олимп, Ставка, Слава и Стать - соответственно в двух российских регионах – по шестому Северо-Кавказскому и восьмому Нижне-Волжскому. Девять сортов: Арсенал, Барьер, Армада, Партнер, Паритет, Щит, Статус, Тайфун-7 и Сиеста изучаются на государственном испытании в пятом Центрально-Черноземном, шестом Северо-Кавказском и восьмом Нижне-Волжском регионах. Это высокопродуктивные сорта, в среднем за 4 года изучения (2014-2017) все генотипы, за исключением Нивы Ставрополя достоверно превысили по этому показателю стандартный сорт Гром (табл. 1).

По продолжительности вегетационного периода в подавляющем большинстве это скороспелые сорта. Они выколашиваются и созревают на 1-7 дней раньше стандартного сорта Гром, который относится к среднеспелым сортам.

В среднем за годы изучения по морозостойкости новые генотипы пшеницы были или на уровне, или достоверно выше морозостойкого стандартного сорта Гром. По морозостойкости особо выделяются сорта: Виктория 11 – 72,5, Армада – 87,8, Партнер – 74,0 и Щит – 67,9 процентов живых растений пшеницы после промораживания в камерах низких температур (КНТ).

Таблица 1

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов мягкой озимой пшеницы универсального типа, КСИ (среднее 2014-2017 гг.)

Сорт (генотип)	Урожай- ность ± т/га к стандарту	Вегетац. период, ± дней к стандарту	Морозо- стой- кость, %	Содержание в зерне		Сила муки, е.а.	Общая оценка хлеба, балл
				белок, %	клейковина %		
Нива Ставрополя	+0,19	-6	64,3	15,0	30,2	371	5,0
Виктория 11	+0,40	-5	72,5	14,8	30,0	359	5,0
Олимп	+0,50	-7	62,0	16,1	31,8	365	5,0
Ставка	+0,64	-4	54,5	15,9	30,9	338	5,0
Слава	+0,87	-4	49,3	14,1	28,0	341	5,0
Стать	+0,59	-5	60,0	15,9	30,6	410	5,0
Арсенал	+0,69	-5	48,6	15,1	29,5	345	5,0
Барьер	+0,85	-4	54,5	15,2	29,8	364	5,0
Армада	+1,71	-4	87,8	14,3	28,4	260	5,0
Партнер	+1,42	-5	74,0	14,1	28,0	281	5,0

Паритет	+1,27	-3	51,1	14,8	29,1	334	5,0
Щит	+2,21	-2	67,9	13,9	27,9	282	4,6
Статус	+2,08	-1	54,2	13,1	26,7	298	4,8
Тайфун-7	+1,93	-3	64,8	13,6	27,1	272	4,1
Сиеста	+1,36	+3	52,8	13,9	27,3	333	4,9
Гром,	7,05	259	42,1	13,3	26,8	266	4,1
НСР 05	0,20	1,3	10,5	0,3	1,2	32	0,2

Новые сорта характеризуются высокой устойчивостью к основным болезням. Процент поражения болезнями в годы исследований у них составил: бурой ржавчиной – от 0 до следы, вирусом желтой карликовости ячменя – от 0 до 5%, пиренофорозом - от 0 до 10, септориозом колоса – от 0 до 15%. Стандарт в значительной степени поражен этими патогенами: бурой ржавчиной – 25-30, вирусом желтой карликовости ячменя – 10-20, пиренофорозом – 5-10, септориозом колоса – 30-45%.

Представленные сорта характеризуются высокими биохимическими, технологическими и мукомольно-хлебопекарными показателями качества зерна и в этом отношении не уступают, а многие из них превышают стандартный сорт Гром, который внесен в список ценных пшениц России (табл.1).

Одиннадцать сортов: Нива Ставрополя, Виктория 11, Олимп, Ставка, Слава, Стать, Арсенал, Барьер, Армада, Партнер, Паритет обладают высоким качеством зерна и по всем показателям соответствуют стандарту Российской Федерации, предъявляемому к сильным пшеницам. Четыре сорта: Щит, Тайфун-7, Статус и Сиеста по качеству зерна были на уровне сорта Гром и соответствуют стандарту для ценных пшениц.

Заключение

Создана серия новых генотипов мягкой озимой пшеницы универсального типа, которые обладают высокой урожайностью зерна. В среднем за годы изучения (2014-2017) по урожайности они превышают стандарт от 0,19 т/га (Нива Ставрополя) до 2,21 т/га (Щит). Большинство из представленных сортов - скороспелые. Они характеризуются высокой устойчивостью к основным болезням (бурая ржавчина, вирус желтой карликовости ячменя, пиренофороз, септориоз колоса). По всем показателям качества зерна новые сорта соответствуют стандартам сильных и ценных пшениц России.

Список литературы

1. Ковтун, В.И. Селекция высокоадаптивных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России: монография / В.И. Ковтун. - Ростов/нД: Книга, 2002. – 318 с.
2. Мережко, А.Ф. СИММТ и методы его работы с зерновыми колосовыми / А.Ф. Мережко // Тр. по прикл. бот., ген. и сел.– Т. 54. – Вып. 1. – ВИР, 1975.– С. 56-68.

3. Дорофеев, В.Ф. Перспективы селекции пшеницы /В.Ф. Дорофеев // Тр. Сев. Зап. НИИСХ. – Вып. 37, 1976. - С.53-67.
4. Серебровский, Ф.С. Генетический анализ / Ф.С. Серебровский. – М., 1970. - 342 с.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. - Вып.1. - М., 1985. - 270 с.
6. Методические рекомендации по оценке качества зерна. - М.: ВАСХНИЛ. Научный совет по качеству зерна, 1977. - 172 с.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов - М.: Колос, 1973. - С. 167-176; С. 231-243.

**NEW GENETIPS OF SOFT WINTER WHEAT UNIVERSAL TYPE
OF THE NORTH CAUCASUS FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE**
*Kovtun Viktor Ivanovich, Kovtun Lyudmila Nikolaevna - North Caucasus Federal Agricultural
Research Centre, Stavropol ter., Mikhailovsk, Russia*

In the article methods of selection and new genotypes of soft winter wheat with a complex of basic economic and biological attributes and properties are presented. First of all, genotypes are characterized by high yield and grain quality. They are precocious and have high frost resistance and resistance to major diseases.

Keywords: genotype, variety, adaptability, frostresistance, quality.

УДК 582.5: 542.1

**ПРИНЦИП СОРАЗМЕРНОСТИ В РЕАЛИЗАЦИИ
ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ВЕГЕТАТИВНЫХ И
РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ ПОБЕГА ПШЕНИЦЫ (РОАСЕАЕ)**

*Козлечков Г.А., к.б.н, в.н.с, Романов Б.В., к.б.н, в.н.с,
Пасько С.В., к.с.-х.н, в.н.с
Донской зональный НИИСХ, п. Рассвет, Россия
triticumrbw@mail.ru*

В работе представлены результаты многолетних исследований репродуктивной функции побега видов пшениц различного геномного состава и уровней пloidности. Выявлена пропорциональная зависимость общего числа зерновок колоса, их совокупной массы от величины вегетативной массы побега. Вид пропорциональной зависимости имеет статус закономерности.

Ключевые слова: пшеница, побег, репродуктивная функция, система, закон, принцип.

Вегетативные, вегетативные и репродуктивные элементы растения связаны донорно-акцепторными отношениями. «Принципиальная схема транспорта ассимилятов в целом растении состоит в том, что зоны, находящиеся в состоянии роста, ориентируют на себя поток ассимилятов» [1, с.525]. С позиции донорно-акцепторных отношений связь вегетативных структур побега как доноров ассимилятов реализуется через его репродуктивную функцию. Реализация репродуктивной функции выражается в заложении на конусе нарастания побега зачатков колосков, цветков, зерновок и

построении их в последующем за счет ассимилятов, поступающих из фотосинтезирующих вегетативных органов, выполняющих роль донора. Более простой структуры, чем побег, обладающей репродуктивной функцией, не существует. Вегетационные опыты и многолетние исследования донорно-акцепторных соотношений вегетативных и репродуктивных органов побега пшениц различного геномного состава и уровней ploидности в естественных полевых условиях, показали, что число зерновок колоса и их совокупная масса находятся в тесной пропорциональной зависимости от величины его вегетативной массы [2, 3, 4]. Частный случай такой зависимости показан на графике рисунка 1. Численное значение коэффициента пропорциональности в уравнениях регрессий является по своей сути удельным коэффициентом продуктивности побега, выражающим меру, в которой единица вегетативной массы побега участвует в порождении как общего числа, так и совокупной массы зерновок колоса. Он может служить количественным показателем эффективности репродуктивной функции побега сравниваемых растений [5,6].

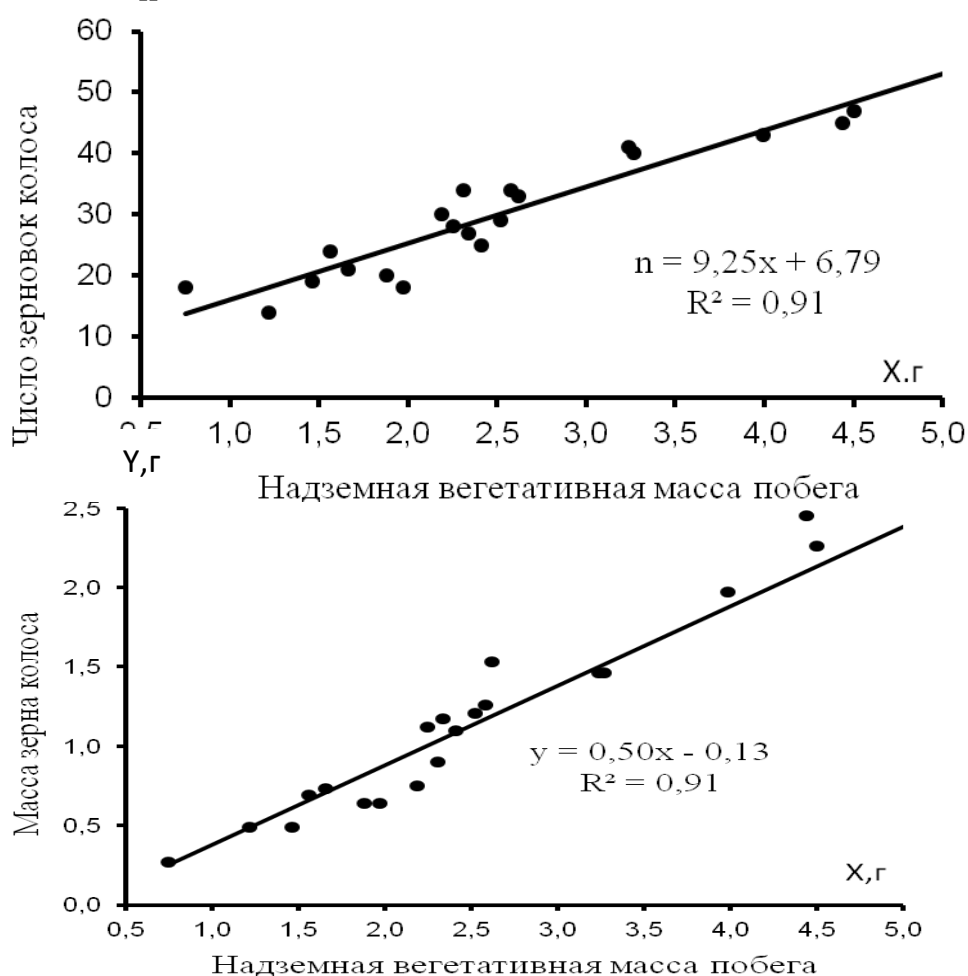


Рис. 1. Зависимость числа зерновок колоса (n) и их совокупной массы (y) от величины надземной вегетативной (листья, междоузлия, стержень колоса, чешуи, ости) массы побега (x) у растений мягкой озимой пшеницы сорта Престиж в фазу полной спелости.

Обязательная воспроизводимость вида связи во времени – один из главных признаков закономерности. Другим признаком закономерности является её способность к предсказанию наличия такой же связи у новых близкородственных и более отдаленных по родству видов злаковых растений. В области биологии проявление (выражение) второго признака исходит из закона гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И.Вавилова [7]. Как показали наши исследования, пропорциональная зависимость числа и совокупной массы зерновок колоса (соцветия) от вегетативной массы побега имеет место у растений за пределами рода *Triticum* и наблюдается у ржи, тритикале, овса, ячменя и у таких далеко неродственных пшенице растений как просо и кукуруза (табл.1).

Таблица 1

Зависимость числа (Y_1) и совокупной массы (Y_2) зерновок колоса от вегетативной (листья, междоузлия, колосонос, членики стержня колоса, чешуи, ости, веточки метелки) фитомассы побега (X) при выращивании растений в естественных полевых условиях на черноземе обыкновенном

	Год	Вид зависимости	
		По числу зерновок Y_1	По массе зерновок Y_2
<i>T.urartu</i> A ^u	1993	$Y_1=30,9X-1,33$ $R^2=0,87$	$Y_2=0,32X-0,01$ $R^2=0,82$
<i>T.boeoticum</i> A ^b	2005	$Y_1=33,37X-19,86$ $R^2=0,80$	$Y_2=0,36X-0,26$ $R^2=0,74$
<i>T.timopheevii</i> A ^b G	2003	$Y_1=17,36X-0,68$ $R^2=0,91$	$Y_2=0,65X-0,19$ $R^2=0,81$
<i>T.durum</i> A ^u B	2002	$Y_1=13,88X+7,45$ $R^2=0,93$	$Y_2=0,77X-0,13$ $R^2=0,92$
<i>T.turgidum</i> A ^u B	2005	$Y_1=7,85X+14,66$ $R^2=0,95$	$Y_2=0,58X+0,30$ $R^2=0,96$
<i>T.aestivum</i> A ^u BD	2005	$Y_1=17,95X+4,30$ $R^2=0,89$	$Y_2=0,94X-0,24$ $R^2=0,94$
<i>T.compactum</i> A ^u BD	2013	$Y_1=11,61X+10,68$ $R^2=0,89$	$Y_2=0,55X+0,27$ $R^2=0,86$
<i>T.petrovskyi</i> A ^u BD	2013	$Y_1=8,63X+7,91$ $R^2=0,89$	$Y_2=0,51X+0,06$ $R^2=0,88$
<i>Avena sativa</i>	1988		$Y_2=1,17X-0,90$ $R^2=0,90$
с.Артемовский	2005	$Y_1=41,27X-3,00$ $R^2=0,92$	$Y_2=1,54X-0,27$ $R^2=0,94$
с.Дэнс	2006	$Y_1=40,69X-1,67$ $R^2=0,94$	$Y_2=1,02X+0,11$ $R^2=0,84$
<i>Hordeum vulgare</i>	2003	$Y_1=13,27X+8,02$ $R^2=0,79$	$Y_2=0,97X+0,08$ $R^2=0,85$
с.Одесский 100	2004	$Y_1=7,49X+11,57$ $R^2=0,72$	$Y_2=0,75X+0,14$ $R^2=0,89$
	2005	$Y_1=12,66X+6,44$ $R^2=0,82$	$Y_2=0,59X+0,32$ $R^2=0,75$
	2006	$Y_1=9,85X+7,42$ $R^2=0,75$	$Y_2=0,76X+0,18$ $R^2=0,82$
<i>Secale cereale</i>	2004	$Y_1=10,64X+13,44$ $R^2=0,80$	$Y_2=0,50X+0,15$ $R^2=0,79$
с. Саратовская 6	2005	$Y_1=15,69X+14,77$ $R^2=0,69$	$Y_2=0,72X+0,09$ $R^2=0,81$
<i>Triticale</i>	2004	$Y_1=21,78X-5,96$ $R^2=0,91$	$Y_2=1,27X-0,75$ $R^2=0,95$
с. ТИ 17	2005	$Y_1=15,77X+6,74$ $R^2=0,89$	$Y_2=0,65X+0,03$ $R^2=0,77$
<i>Panicum miliaceum</i>	2005	$Y_1=97,95X-4,34$ $R^2=0,93$	$Y_2=0,85X-0,04$ $R^2=0,93$
с.Саратовское 12	2006	$Y_1=159,5X-69,97$ $R^2=0,93$	$Y_2=1,25X-0,7$ $R^2=0,93$
<i>Zea mays</i>	2006	$Y_1=3,90X-6,64$ $R^2=0,95$	$Y_2=1,14X-20,63$ $R^2=0,95$
Краснодарская 382			

Заключение. Величина репродуктивных и вегетативных органов побега пшениц различного геномного состава и уровней пloidности соразмерны по отношению друг к другу. Соразмерность реализуется через положительную

пропорциональную зависимость общего числа и совокупной массы зерновок колоса побега от величины его вегетативной массы. По признакам обязательной воспроизводимости во времени в существенно различных условиях выращивания и по способности к предсказанию сам вид положительной пропорциональной зависимости имеет статус биологической закономерности.

Список литературы

1. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении / А.Л.Курсанов // М., 1976.- 647с.
2. Козлечков Г.А., Жамсаранова О.Н. Генеративное усилие у пшениц и эгилопсов // Ботанический журнал. 1993, 4: 59-66.
3. Козлечков Г.А. Новые закономерности формирования элементов продуктивности растений пшеницы в процессе морфогенеза / Г.А.Козлечков // Новочеркасск, 2010. 303с.
4. Козлечков Г.А., Пасько С.В., Романов Б.В. Закон пропорциональной зависимости числа зерновок и их совокупной массы колоса побега пшеницы от величины его вегетативной массы // Известия Оренбургского государственного университета, №2 (52) 2015, с.25-29.
5. Козлечков Г.А., Лабынцев А.В., Пасько С.В. Способ отбора растений пшеницы с высокой продуктивностью. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ. Перспективные российские разработки. 2012, 10: 77-78, патент № 2443104.
6. Козлечков Г.А., Пасько С.И., Романов Б.В. Коэффициент удельной продуктивности – показатель эффективности репродуктивной функции побегов пшеницы коллекции ВИР // Вестник Российской сельскохозяйственной науки, 2016, 2:34-38.
7. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости / Н.И.Вавилов // М., 1965. Избранные труды. Т.5: 179-252.

PRINCIPLE OF CONDENSATION IN THE IMPLEMENTATION OF THE DONOR ACCEPTOR RELATIONS OF VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE WHEAT BEAMS (POACEAE)

KOZLECHKOV G.A., ROMANOV B.V., PASKO S.V.

Don Zonal Scientific Research Institute of Agriculture, Rassvet, Russia

The paper presents the results of longterm studies of the reproductive function of the escape of wheat species of different genomic composition and levels of ploidy. The proportional dependence of the total number of ear kernels, their total mass on the amount of vegetative shoot mass, was revealed. The form of proportional dependence has the status of regularity.

Key words: wheat, escape, reproductive function, system, law, principle.

УДК 633.11

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИДАМ РЖАВЧИНЫ И СЕПТОРИОЗА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

*Койшыбаев М.¹, доктор сельскохозяйственных наук, Чудинов В.А.², Бердагулов М.А.², Канафин Б. К.¹, кандидаты наук, Федоренко Е.Н.¹
1- Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,*

2- Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция
Республика Казахстан, mkoyshibayev@mail.ru

Проведена оценка устойчивости к двум видам ржавчины и септориозу селекционных линий пшеницы, созданных путем скрещивания местных и российских сортов с источниками устойчивости из международного центра СИММИТ. На фоне эпифитотийного развития болезней отобраны комплексно устойчивые к ним линии, превышающие по продуктивности стандартные сорта.

Ключевые слова: яровая пшеница, листовая и стеблевая ржавчины, септориоз, отбор, устойчивость, продуктивность.

Урожайность новых сортов яровой пшеницы, созданных селекционерами по программе КАСИБ (Казахстано - Сибирская сеть), в период 2001-2013 гг в 15 экологических пунктах испытания Казахстана и России составила в среднем 25,9, с варьированием от 20 до 34, максимальная достигала 40-50 ц/га [1]. В то же время у зерновых культур она по республике не превышает 12-16 ц/га, что обусловлено абиотическими и биотическими стрессами, повторяющимися часто в северном регионе - основной зоне производства товарного зерна. Особую опасность для яровой пшеницы представляют бурая или листовая (*Puccinia triticina* Erikss. et Senn.), стеблевая (*Puccinia graminis Pers. f. sp tritici*) ржавчины и септориозы (*Stagonospora nodorum* Berk, *Septoria tritici* Rob. et Desm.). В период 2008-2017 гг. эпифитотийное развитие листовой ржавчины в отдельности или комплексе с септориозом происходило 6 раз. Допущенные к использованию сорта яровой мягкой пшеницы не обладают к ним устойчивостью и для предотвращения больших потерь зерна проводится обработка посевов фунгицидами, затраты на 1 га составляют от 10-12 до 20-25 USD и более. В 2016 году происходило сильное развитие листовой и стеблевой ржавчины, совместно с септориозом, провести химическую защиту посевов на огромной площади (более 5 млн га) было не возможно; потери зерна пшеницы составляли 25-30 % и более, происходило снижение его качества.

В связи с этим создание устойчивых к видам ржавчины и септориозу сортов яровой пшеницы и внедрение их в производство являются экономически и экологически выгодным методом [2, 4] цель исследований: отбор константных линий яровой мягкой пшеницы, устойчивых к видам ржавчины и септориозу, не уступающих по продуктивности и другим хозяйственно-ценным признакам коммерческим сортам.

Объекты и методики исследований. Использованы селекционные линии пшеницы, созданные в 2003-2004 гг путем скрещивания местных и российских сортов с источниками устойчивости из коллекции СИММИТ [3]. Посев питомников СП-1, СП-2, ЭСИ и КСИ проводили в оптимальный срок (20-25 мая) по предшественнику пар, с соблюдением принятой агротехнологии

возделывания культуры. Проводили фенологические наблюдения, определяли фазу развития растений, длину вегетационного периода и другие хозяйственно ценные признаки. Степень пораженности селекционных линий видами ржавчины и септориозом оценивали в полевых условиях на естественном фоне при умеренном или эпифитотийном развитии болезней, в лабораторных - искусственным заражением всходов в фазу 2 листьев и бензимидазольным методом на срезанных листьях [4].

Результаты исследований. В 2013 году на Карабалыкской опытной станции (СХОС) в питомнике СП-1 были посеяны 630 линий гибридных популяций яровой пшеницы F₅ - F₇. По хозяйственно-ценным признакам для посева в СП-2 отобраны 66 линий разновидности *erythrospermum* и *lutescens*. Несмотря на благоприятные метеорологические условия, листовая ржавчина не проявилась из-за отсутствия инфекции. Скрининг устойчивости селекционных линий пшеницы к этой болезни проводили в лаборатории путем инокуляции всходов в фазу 2 листьев. Из анализированных 37 линий F₅ высокую к ней резистентность (реакция R и MR) показали 12, коммерческие сорта Карабалыкская 90, Казахстанская раннеспелая, Памяти Азиева, Шортандинская 95 высокую восприимчивость (S). Параллельно проводили скрининг бензимидазольным методом: на восприимчивых линиях пшеницы урединии гриба развивались у 62,2-72,7% срезанных отрезках листьев, на стандартных сортах - до 90-100% (табл. 1).

Таблица 1

Результаты скрининга устойчивости гибридных популяций пшеницы к листовой ржавчине

Сорт, гибридная популяция	Анализировано всходов							Бензимидазольным методом					
	всего	количество с реакцией						все го	с уреди ни ями **	реакция на патоген			
		на патоген	R, MR		MS, S		R, MR			MS, S			
			шт	%	шт	%*	шт			%	шт	%	
					мин	макс							
Сорта	4	4	-	-	4	5-10	50	4	4	-	-	4	100
F ₅	37	35	12	0-1	23	1-5	20	37	35	14	37,8	21	62,2
F ₆	21	19	4	0-1	15	1-5	75	22	20	6	27,3	14	72,7
F ₇	15	14	5	0-1	9	0-1	50	14	12	4	28,6	8	71,4

*- степень поаженности листьев, %

В 2014 году на фоне эпифитотийного развития листовой ржавчины скрининг 66 линии яровой пшеницы, посеянных в питомнике СП-2 Карабалыкской СХОС показал, что высокой к ней устойчивостью выделяются

5, поражаются в слабой степени (10-20%) 19, стандартные сорта - до 75-100%.

В 2016 году из отобранного селекционного материала на Северо-Казахстанской СХОС была посеяна 21 линия пшеницы, в том числе разновидности *lutescens* - 7, *erythrospermum* -14. При эпифитотийном развитии листовой ржавчины высокой к ней устойчивостью выделялись 7 линий, септориозу – 5. Они были среднеспелыми, некоторые - среднепоздними. При анализе структуры урожая выявлено, что многие линии значительно превосходят по продуктивности стандартные сорта. Так, масса зерна с 1 колоса варьировала у них от 1,1 до 1,5 г, 1000 зерен - от 30,2 до 44,8 г, в результате сильного поражения септориозом и ржавчиной указанные показатели у коммерческих сортов снизились до 0,83- 0,85 и 24,6 - 25 г соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Устойчивость к видам ржавчины и продуктивность селекционных линий яровой мягкой пшеницы (Северо- Казахстанская СХОС, 2016)

Схема скрещивания	Индексы болезней, %			Масса зерна, г		Число зерен с 1 колоса, шт
	листовая	стеблевая	септориоз	1000 шт	1 колоса	
Целинная 3С×EFED/LE 2150	0-10MR	0R	10-20	35,1	1,1	32
Омская 30×DGA/BJY//BPON 140 (Argentina)	0-1R	0-1R	20-40	32,2	1,1	33
Омская 20×EFED/LE 2150	40-60S	5MS	60	32,0	0,9	30
Акмола 2×П-19/88, № 108 (1st HLWSN)	10-40S	5MS	10-20	35,5	1,0	31
Омская 29×CHIL "S"/URES 81 149/3 (Bolivia)	0-5MR	5MR	20-40	34,1	0,9	28
Акмола×98/1 5 th SAWYT	10-20MS	0-1R	20-40	30,2	1,1	37
Астана×ПОЯМП-30	10-20MS	0R	20-40	32,4	1,1	34
Скала×99/5 (5 th SAWYT)	5-10MS	0-1R	10-20	32,0	1,0	33
Уралочка×100/3 (5 th SAWYT)	0-5MR	5MR	40-60	30,7	1,1	35
Уралочка×100/3 (5 th SAWYT)	0-5MR	5MR	40-60	32,2	0,7	25
Уралочка×98/1 (7 th FAWWON)	5-10MS	0R	5-10	32,2	1,2	37
Эритроспер. 35×111/4(5 th SAWYT)	0-5MR	0R	5-10	42,8	1,4	33
Эритроспер.35×111/4(5 th SAWYT)	0-1R	0R	1-5	44,8	1,5	34
Акмола 40 х 98/5(5 th SAWYT)	0-1R	0R	10-20	35,1	1,0	28

Астана - стандарт	40-60S	10S	40-60	24,8	0,85	32
Астана 2 - стандарт	40-60S	40S	40-60	29,1	1,0	
Омская 35 стандарт	10-20MS	40S	40	25,7	0,97	34

В 2017 году отобранные по устойчивости к видам ржавчины 9 линии были посеяны в питомнике ПСИ, в том числе разновидности эритроспермум 8, лютесценс - 1.

Высокую устойчивость (0-1R, 5-10MR) к листовой ржавчине показали 5, замедленным развитием болезни (10-20 MR MS) характеризовались 4 линии, стеблевой ржавчине – 9, при пораженности стандартных сортов первой болезнью до 40-60%, второй - 20-40%. Многие линии созревали одновременно со стандартными сортами, некоторые на 3-5 суток позже. По массе 1000 зерен 7 линий существенно превышали Астану, примерно одинаковую натуру зерна имели 5 (табл. 3).

Таблица 3

Поражаемость болезнями, урожайность селекционных линий пшеницы (Северо – Казахстанская СХОС, 2017 год)

Схема скрещиваний	Разновидность*	Индексы болезней,%			Показатели зерна		Урожай, ц/га	
		ржавчина		септориоз	масса 1000 шт, г	натура, г/л	средняя	прибавка
		листовая	стеблевая					
Целинная 3С×EFED/LE 2150.	Э -248	1R	0R	40	44,3	768,3	31,0	3,9
Омская 20×EFED/LE 2150	Э -249	20MS	1R	40	45,8	811,3	30,5	3,4
Омская 29×CHIL "S"/URES 81 149/3	Э- 252	5MR	1R	40	45,2	805,9	29,9	2,8
Акмола×98/1	Э -255	40MS	0R	40	36,4	791,7	31,6	4,5
Скала×99/5	Э -257	5MS	0R	60	41,6	802,9	31,1	4,0
Уралочка×100/3	Э- 260	10MR	5MR	40	37,1	798,9	29,1	2,0
Акмола 40×98/5	Л -264	10MR	0R	40	44,4	812,3	29,6	2,5
Эритроспермум 35×111/4	Э-587	1R	0R	40	44,2	792,7	29,1	2,0
Эритроспермум 35×111/4	Э -588	0 R	0R	40	48,0	810,1	29,6	2,5
Астана – стандарт	Л	80S	40S	60	36,2	811,8	27,1	-
Омская 35 – стандарт	Л	40MS	20S	40	43,4	788,6	29,1	2,0

Таким образом, линии Э-48, Э-249, Э-255 и Э-257, устойчивые к видам ржавчины или характеризующиеся замедленным развитием болезни, превышающие по урожайности стандартов существенно рекомендуются для конкурсного сортоиспытания.

Список литературы

1 Ахметова А.К. Урожайность и устойчивость к ржавчине питомников КАСИБ. / А.К. Ахметова, Ю.И. Зеленский, М.А. Карабаев М.А., А.И. Моргунов // Генофонд и селекция растений, Новосибирск, 2013. С. 3-8.

2 Койшыбаев М. Особенности развития видов ржавчины и септориоза в Северном Казахстане. М. Койшыбаев // Защита и карантин растений. – М., 2017. № 8. С. 21-24.

3 Койшыбаев М. Наследование признаки устойчивости к бурой ржавчине у гибридов яровой мягкой пшеницы/ М. Койшыбаев, А.Б. Жанарбекова, Ю.И. Зеленский // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.. 2011. № 3. С. 12-18

4 Койшыбаев М. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням. / М. Койшыбаев, В.П. Шаманин, А.И. Моргунов // ФАО-СЕК: Анкара, 2014. 61 с.

SELECTION OF SPRING WHEAT FOR RESISTANCE TO RUST AND SEPTORIA TYPES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Koishibayev M., doctor of Agricultural Sci., Berdagulov M.A., Kanafin B.K., PhD, Chudinov V.P., Fedorenko E.N.

1 – North-Kazakhstan agricultural experimental station

2 – Karabalyk agricultural experimental station, Republic of Kazakhstan

Estimation of resistance to Rust and Septoria types of wheat selection lines created by crossing local varieties with sources of resistance from the international CIMMYT center was carried out. On the background of the epiphytotic development of diseases with airborne infection, the lines that are more consistently resistant to diseases are selected, which exceed the productivity of standard varieties

УДК 635.075. 615

ВОЗМОЖНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЕРИОДА РЕАЛИЗАЦИИ АРБУЗА В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Колебошина Т.Г., доктор с.-х. наук, в.н.с., Белов С.И., старший научный сотрудник, Вербитская О.Г., младший научный сотрудник

Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства, Волгоград, Россия, bbsos34@yandex.ru

В данной статье дана сравнительная оценка сортов арбуза столового разных сроков созревания. Особое внимание уделено сравнительной оценке сортов арбуза столового по урожайности и срокам созревания. Приведены данные по гидротермическим условиям возделывания изучаемых сортов по годам исследования. В исследованиях используются лучшие сорта арбуза столового селекции Быковкой бахчевой селекционной опытной станции. Представлены данные возможности увеличения периода реализации арбуза столового в условиях промышленного бахчеводства.

Ключевые слова: вегетационный период, сорт, арбуз, урожайность, период реализации

Плоды арбуза относятся к диетическим пищевым продуктам, отличаются высоким содержанием сахаров и хорошо усвояемых организмом человека углеводов [1]. Кроме того, плоды арбуза содержат витамины, фолиевую кислоту, клетчатку, пектиновые и зольные вещества [2].

Волгоградское Заволжье по праву считается регионом, в котором

выращенные плоды арбуза столового обладают чудодейственными и лечебными свойствами [3], чему способствует достаточно жаркий климат и супесчаные по своей структуре почвы.

В связи с переходом сельского хозяйства на новые экономические отношения, появилась необходимость создания новых сортов арбуза столового, адаптированных к почвенно-климатическим условиям возделывания. С целью решения данной проблемы работа селекционеров станции направлена на создание новых, высокоустойчивых к абиотическим и биотическим стрессорам сортов арбуза столового, которые отличаются по срокам созревания, формой и окраской плодов.

Ранее проведенными исследованиями разработаны агротехнические приемы возделывания арбуза столового с применением интенсивных технологий [4]. Наряду с обязательным соблюдением агротехнических приемов возделывания арбуза столового, выбор сорта, а также их подбор в структуре посевных площадей, остается основополагающим фактором получения стабильного дохода производителями товарной продукции и возможностью увеличения периода потребления свежей продукции.

Материалы и методы. Сравнительную оценку сортов арбуза столового селекции Быковской бахчевой селекционной опытной станции проводили в стационарном сортоиспытании. В конкретном испытании испытывалось 6 сортов арбуза столового. Образцы высевались в 4-х кратной повторности по 40 лунок на делянке. Площадь питания 4 м². Предшественник пласт многолетних трав. Посев проводили в первой декаде мая. Агротехника общепринятая для бахчевых культур.

Результаты и обсуждение. С целью определения длительности вегетационного периода у различных по срокам созревания сортов арбуза столового, нами проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием изучаемых сортов арбуза столового. Результаты исследований показали, что сроки и продолжительность роста и развития растений арбуза столового, а также наступление фазы созревания плодов во многом определялись гидротермическими условиями исследуемого периода (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермические условия вегетации сортов арбуза столового по годам исследований

Показатели	Годы		
	2015	2016	2017
Запасы доступной влаги в слое 0-1,0 м перед посевом, мм	73,0	88,0	68,1
Количество используемых осадков за период посева-созревание, мм	113,9	151,5	110,6
Сумма положительных температур за период посева-	3274	3009	3031

созревание, °С (май-сентябрь)			
Запасы доступной влаги в период созревания, мм	36,9	56,8	48,0
Суммарное водопотребление, мм	150,0	182,7	130,7
Доля атмосферных осадков в суммарном водопотреблении, %	75,9	82,9	84,6
ГТК (посев-созревание)	0,35	0,50	0,36

Данные таблицы 1 показывают, что запасы доступной влаги в почве в период сева составили от 88,0 мм в 2016 году до 68,1 мм в 2017 году. Осадки по годам исследований имели отклонения, как по сумме, так и по времени их выпадения. Наименьшее их количество отмечалось в 2017 году - 130,7 мм, основные осадки выпали в период посев-всходы, что позволило получить дружные всходы, июньские осадки положительно отразились на росте и развитии растений. Наиболее высокая обеспеченность осадками отмечалось в 2016 году - 182,7 мм. Они достаточно равномерно распределялись в течении всего вегетационного периода, что положительно сказалось на росте и развитии растений и формировании урожая плодов арбуза столового. Доля атмосферных осадков в суммарном водопотреблении была определяющей по всем годам исследований и колебалась от 75,9% до 84,6%. Необходимо отметить, что исследуемые года отличались достаточно высокими температурами воздуха, сумма положительных температур в период посев-созревание составила 3009 - 3274 °С.

Нами проведена оценка изучаемых сортов арбуза столового по урожайности и возможности увеличения периода реализации товарной продукции при использовании разных по срокам созревания сортов арбуза столового в товарном производстве (табл. 2).

Таблица 2

Продолжительность периода всходы-созревание, урожайность и начало периода реализации товарной продукции у арбуза столового (среднее за 2015-2017 гг.)

Сорт	Всходы-созревание, дн	Урожайность, т/га	Начало периода реализации
Раннеспелые			
Триумф	75	11,5	3-я декада июля
Зенит	73	13,7	3-я декада июля
Среднеспелые			
Синчевский	84	19,9	2-я декада августа
Рубин	79	18,7	1-я декада августа
Позднеспелые			
Холодок	90	21,3	2-декада сентября
Икар	92	20,6	2-декада сентября

НСР₀₅ - 0,5 т/га Sx, % - 2,55

Результаты проведенных исследований показали, что у раннеспелых сортов: Триумф, Зенит продолжительность периода от всходов до созревания составляет 73-75 дней. У среднеспелых сортов: Синчевский, Рубин продолжительность периода всходы-созревание в среднем за три года изменялась от 79 до 84 дней. У позднеспелых сортов: Холодок, Икар продолжительность периода всходы-созревания была от 90 до 92 дней. Самый длинный вегетационный период характерен для позднеспелых сортов, на 15-19 дней больше по отношению к раннеспелым сортам и на 6-13 дней больше по отношению к среднеспелым сортам.

Оценка изучаемых сортов арбуза столового по урожайности показала, что позднеспелые сорта обладают более высокой урожайностью, в среднем за период исследований от 3,5% до 13,9% больше по сравнению со среднеспелыми сортами и значительно больше по отношению к раннеспелым сортам арбуза столового.

По урожайности у раннеспелых сортов выделился сорт Зенит, урожайность больше на 19,1% по отношению к сорту Триумф. У среднеспелого сорта Синчевский урожайность на 6,4% больше по сравнению с сортом Рубин. У позднеспелых сортов превышение урожайности у сорта Холодок составила 3,3% по отношению к сорту Икар.

Как показали исследования, для увеличения периода потребления и сроков реализации арбуза столового, в товарном производстве в структуре посевных площадей необходимо использовать сорта разных сроков созревания. Более раннее созревание плодов, во 2-ой декаде июля, наступает у раннеспелых сортов Триумф, Зенит. При возделывании раннеспелых сортов необходимо учитывать их качественные характеристики. Так как они не обладают хорошей лежкостью, их следует использовать в более короткие сроки. Включение в посевные площади среднеспелых сортов Синчевский, Рубин позволяет получать товарную продукцию после уборки раннеспелых сортов и до начала созревания позднеспелых сортов. По своим характеристикам среднеспелые сорта обладают более высокой транспортабельностью и лучшей лежкостью по отношению к раннеспелым сортам.

Наиболее длительный период реализации у позднеспелых сортов Холодок, Икар. Плоды созревают во второй декаде сентября. Позднеспелые сорта Холодок, Икар обладают высокой транспортабельностью, длительным периодом хранения, легко переносят небольшие ранние заморозки, что позволяет значительно увеличить период потребления арбуза столового. Реализация продукции возможна до наступления осенних заморозков, которые в зоне исследований могут наступить в начале второй декады октября или в

конце октября.

Заключение. Проведенные исследования по оценке различных сортов арбуза столового показали, что одним из основных направлений повышения продуктивности возделывания арбуза столового и увеличения периода реализации товарной продукции является использование в структуре посевных площадей производства бахчевой продукции использование раннеспелых, среднеспелых и позднеспелых сортов. По урожайности у раннеспелых сортов в среднем за три года выделился сорт Зенит, у среднеспелых сортов - Синчевский, у позднеспелых сортов - Холодок.

Список литературы:

1. Малыева С.В. Перспективные сорта арбуза с высокой продуктивностью для товарного производства в основных бахчесеющих зонах РФ / С.В. Малыева, Н.Г. Байбакова, Л.Н. Вербицкая // Селекция и семеноводство овощных культур. - 2015. - № 46. - С. 350-354.
2. Варивода Е.А. Новые гибриды арбуза/ Варивода Е.А., Байбакова Н.Г., Леунов В.И.//Картофель и овощи. - 2015. - № 7. - с. 37-38.
3. Варивода Е.А. Использование генетических маркеров в гибридном семеноводстве арбуза/ Е.А. Варивода, Т.Г. Колешина, Н.Г. Байбакова//Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 66. - с. 50-54.
4. Колешина, Т.Г. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ / Т.Г. Колешина, Ю.А. Быковский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(60). – С. 123–129.

THE POSSIBILITY OF INCREASING THE IMPLEMENTATION PERIOD OF THE WATERMELON IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD TRANS-VOLGA REGION

Koleboshina Tatiana Gennadyevna, leading researcher, doctor of agricultural Sciences, Belov Sergey Ivanovich, leading researcher, Verbitskaya Olga Gennadyevna, Junior researcher, Branch of the Federal state budgetary scientific institution “Federal scientific vegetable center” “Bikovskaya cucurbits breeding experimental station” Vologograd, Russia

This article presents a comparative assessment of watermelon varieties of different maturation periods. Special attention is paid to the comparative evaluation of table watermelon varieties by yield and maturity. Data on hydrothermal conditions of cultivation of the studied grades on years of research are given. The research involves the use of the best varieties of table watermelon breeding Bikovskaya cucurbits breeding experimental station. The paper presents data on the possibility of increasing the period of realization of table watermelon in the conditions of industrial melon cultivation.

Key words: growing season, variety, watermelon, yield, period of implementation

УДК 575

ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ И ГЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИБИРСКИХ ЯРОВЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ С РАЗЛИЧНЫМ РЕГЕНЕРАЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Короткова А.М. младший научный сотрудник, Герасимова С.В. кандидат биологических наук, научный сотрудник, Кукоева Т.В. старший лаборант-исследователь, Хлесткина Е.К. доктор биологических наук, главный научный сотрудник
ИЦИГ СО РАН, Новосибирск, Россия.

korotkova@bionet.nsc.ru

Для проведения геномного редактирования ячменя методом CRISPR/Cas необходимы сорта с высоким регенерационным потенциалом. В результате исследования регенерационной способности десяти сортов ярового ячменя сибирской коллекции, выявлена зависимость скорости и эффективности регенерации от генотипа. Выбраны местные сорта с высокими показателями регенерации. Используя данные SNP-генотипирования, проведен корреляционный анализ между отдельными SNP в генах развития и выявленной регенерационной способностью сортов *in vitro*.

Ключевые слова: ячмень, регенерация, каллусообразование, органогенез, регенерационный потенциал, SNP, CRISPR/Cas.

В последние годы активно развиваются методы геномного редактирования, и расширяется их применение в селекции сельскохозяйственных растений [1]. Использование данных методов на однодольных растениях имеет свои ограничения [2], связанные, в частности, с эффективностью трансформации, которая может значительно варьировать у различных сортов одного и того же вида. Для успешного проведения генетической трансформации необходимы поставленные методы культуры тканей и регенерации *in vitro*. Однако способность разных сортов к регенерации *in vitro*, и определяющие эту способность генетические факторы во многом еще не изучены. Для проведения экспериментов по генетической трансформации и редактированию геномов на сортах ярового ячменя сибирской коллекции было решено провести анализ ряда сортов на регенерационную способность в культуре *in vitro* и выбрать сорта, наиболее подходящие для биотехнологических работ.

Для оценки регенерационного потенциала были выбраны десять сортов ярового ячменя сибирской коллекции: Биом, Талан, Ворсинский 2, Алей, Ача, Сигнал, Л-421, Колчан, В-1, Красноярский 91. Сорт Golden Promise был выбран в качестве контроля, как модельный сорт с высоким регенерационным потенциалом. Сорта отбирались по принципу представленности в регионе и в соответствии с рекомендациями селекционеров.

В эксперимент было взято по десять растений каждого сорта. Оценивалась способность сортов к каллусообразованию, органогенезу и регенерации *in vitro*. Растения выращивались в условиях гидропонного тепличного комплекса. Незрелые зародыши изолировались и перемещались на каллусообразующую среду без добавления антибиотиков [3]. Подсчет количества эмбрионов, из которых развился каллус, проводился раз в неделю. Через четыре недели образцы каллусов перемещались на среду для органогенеза (среда, стимулирующая дифференцировку клеток). Каждую неделю оценивалось количество каллусов, в которых начались процессы органогенеза (появление зеленых участков или корней) по отношению к общему количеству каллусов, полученных от одного растения. Через четыре недели культивирования, образцы перемещались на третью – побегообразующую среду. Через четыре недели культивирования на третьей среде оценивалось количество эксплантов, сформировавших полноценные растения-регенеранты, по отношению к общему количеству эксплантов с данного растения.

Было показано, что эмбрионы, изолированные из растений всех исследуемых сортов, способны к каллусообразованию, к формированию участков органогенеза и к дальнейшей регенерации. Однако скорость и эффективность регенерации существенно варьирует между сортами и очевидно, является генотип-специфичной.

С целью выявления генетических факторов, ассоциированных с регенерационной способностью *in vitro*, использовались данные SNP-генотипирования сортов, при этом на основе данных аннотации SNP-локусов [4] были выбраны SNP в генах, связанных с развитием растений (всего 292 SNP) и был проведен корреляционный анализ с помощью программы STATISTICA для выявления взаимосвязи аллелей генов раннего развития с данными по регенерационной способности. В результате были отобраны SNP с доверительным интервалом $p < 0,05$. Получили 15 SNP для стадии каллусообразования, 6 SNP – органогенеза, 19 SNP – регенерации отдельных растений и 17 SNP для общей регенерационной способности сорта. Подсчитаны частоты аллелей и ведется определение возможных генов, имеющих влияние на регенерационную способность *in vitro*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-14-00086).

Список литературы:

6. Korotkova A.M. et al. Crop genes modified using the CRISPR/Cas system // Russ. J. Genet. Appl. Res. 2017. Vol. 7, № 8.

7. Gerasimova S.V. et al. Genome editing system CRISPR/CAS9 and peculiarities of its application in monocots // Russ. J. Plant Physiol. 2017. Vol. 64, № 2.
8. Harwood W. et al. (2009) Barley Transformation Using Agrobacterium-Mediated Techniques. In: Jones H., Shewry P. (eds) Transgenic Wheat, Barley and Oats. Methods in Molecular Biology™ (Methods and Protocols), vol 478. Humana Press
9. Cantalapiedra, C.P., Boudiar, R., Casas, A.M. et al. Mol Breeding (2015) 35: 13. <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0253-1>

PHENOTYPIC AND GENOTYPIC ANALYSIS OF SIBERIAN BARLEY CULTIVARS POSSESSING VARIOUS REGENERATION ABILITIES

Korotkova Anna, Gerasimova Sophia, Kukoeva Tatiana, Khlestkina Elena.

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

To perform genome editing of barley by CRISPR/Cas method cultivars with high regeneration ability are required. The dependence of the regeneration speed and efficiency on the genotype was revealed as a result of the regeneration study on ten spring barley cultivars from the Siberian collection. Local cultivars with high regeneration rates were selected. Using the SNP-genotyping data a correlation analysis was carried out between individual SNPs in the developmental genes and the regeneration ability revealed on cultivars in vitro.

Key words: barley, regeneration, callus induction, organogenesis, SNP, CRISPR/Cas.

УДК 631.11 «324»:631.52

РОЛЬ СОВРЕМЕННОГО ГЕНОФОНДА В СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ ТРИТИКАЛЕ НА ДОНУ

Крохмаль А.В., кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Грабовец А.И., доктор с.-х. наук, член-корр. РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ», Ростовская область, Россия, e-mail krochmal_58@mail.ru

Приведены результаты изучения генетики сортов тритикале. Оценен вклад современного генофонда в создание новых сортов и линий тритикале. Выявлена высокая сортообразующая способность сортов Кентавр, АД Тарасовский, Дон, Союз, Пинокио.

Ключевые слова: тритикале, сорт, генофонд, исходные формы

В настоящее время селекция тритикале, как ярового, так и озимого типа, значительно интенсифицировалась. В Государственный реестр селекционных достижений 2017 года внесено 75 озимых и 14 яровых сортов этой культуры. Следует отметить, что 37 сортов внесены в Реестр за последние 10 лет. Однако проблемы создания высокоадаптивных генотипов остались. Причем в связи с усилением флуктуации погодных ингредиентов они стали еще более злободневными.

Основным залогом успеха селекции любой культуры является выбор исходных компонентов для гибридизации. Важность грамотного подбора исходного материала подчеркивали Н.И. Вавилов, П.П. Лукьяненко, А.Ф.

Мережко [1,2,3]. В первую очередь это касается подбора исходных родительских пар по их эколого-географической отдаленности. «Несомненно, что местный материал должен быть основой для селекционной работы. Но для коренного улучшения пшениц огромное и решающее значение имеет планомерное использование мирового разнообразия пшениц» - писал Н.И. Вавилов [1]. В полной мере это может быть отнесено и к другим культурам [3,4].

Селекция тритикале ведется в Ростовской области с 1976 года. Начинаясь она с изучения небольшой коллекции, которая включала 82 сортообразца, полученные из ВИРа (сейчас ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова), из которых 30 – октоплоиды, 52 – гексаплоиды. Большинство полученных первых константных форм имели в родословной сорта АД 206, АД 196, ПРАГ 46/2, ПРАГ 48/4, ПРАГ 45/1 и некоторые другие. По мере создания собственных линий, адаптированных к местным условиям, в гибридизацию стали вовлекать собственный материал.

Целью наших исследований было изучить генеалогию сортов, внесенных в Госреестр и находящихся на сортоиспытании, а также нового материала на разных этапах селекционной проработки для корректировки дальнейших программ.

Ежегодно проводили гибридизацию в объеме 300-320 комбинаций. Родительские пары подбирали согласно учению Н.И. Вавилова об эколого-географической отдаленности исходных компонентов, с целью объединения в одном генотипе ценных признаков. Ежегодно привлекали в скрещивания 100-120 исходных форм, из которых примерно 20% - тритикале инорайонного происхождения.

Важно было создать генетическую изменчивость, поддающуюся отбору. Несмотря на разнообразие привлекаемого в гибридизацию материала это не всегда удавалось. Так в ходе селекции на скороспелость провели более 100 комбинаций скрещивания с сортом Каприз, который является самым скороспелым сортом из всего имеющегося материала. Однако выделить перспективную линию так и не удалось ввиду ограничения на рекомбинацию из-за сцепленности генов скороспелости и устойчивости к пилильщику.

С 1990 по 2018 год было создано 29 сортов тритикале. Два сорта были внесены в Госреестр РФ в 1990-1993 гг., 22 сорта – в 2003-2018, и 5 находятся на испытании. Большинство сортов, за исключением самых первых (АД Тарасовский и ТИ 17) получены путем гибридизации. Причем у 11 сортов исходным компонентом в гибридизации была одна местная адаптированная константная линия или сорт, у 15 сортов – обе исходные формы местные.

Анализ родословных созданных сортов показал, что отдельные генотипы присутствуют в происхождении многих сортов. Так сорт ТИ 17 участвует в родословных 12 сортов, АД 206 – 9, АД Тарасовский и TSW 2507 – 7 (табл.1).

По мере того, как накапливался генофонд озимых гексаплоидных тритикале, в том числе местный, в виде константных линий с коадаптированным комплексом генов, так и сортов инорайонной селекции, эффективность внутривидовой гибридизации значительно увеличилась.

Таблица 1

Участие ряда сортообразцов тритикале в родословных сортах селекции ДЗНИИСХ

Исходная форма	Происхождение	Количество полученных сортов	Исходная форма	Происхождение	Количество полученных сортов
ТИ 17	ДЗНИИСХ	12	Кентавр	ДЗН ИИСХ	4
АД 206	Украина	9	Градо	Польша	4
АД Тарасовский	ДЗНИИСХ	7	Престо	Польша	3
TSW 2507	Германия	7	Дон	ДЗН ИИСХ	3
Зенит одесский	Украина	6	Трибун	ДЗН ИИСХ	3
Союз	КНИИСХ	4	Корнет	ДЗН ИИСХ	2

Участие сортов и линий в происхождении селекционного материала конкурсного сортоиспытания (КСИ) 2018 года существенно изменилось (табл. 2). Так из 52 сортов КСИ в родословной 23-х присутствует сорт Кентавр (44%), Это свидетельствует о высокой сортообразующей способности сорта Кентавр.

Таблица 2

Участие сортов тритикале в родословных линиях конкурсного сортоиспытания (52 сорта) селекции ДЗНИИСХ, 2018 г.

Сорт	Происхождение	Количество полученных сортов	Сорт	Происхождение	Количество полученных сортов
Кентавр	ДЗН ИИСХ	23	АД 206	Украина	5
ТИ 17	ДЗНИИСХ	15	Пиноккио	Германия	5
Дон	ДЗНИИСХ	13	Трибун	ДЗНИИСХ	4
Союз	КНИИСХ	13	Зенит одесский	Украина	3
АД Тарасовский	ДЗНИИСХ	12	Престо	Польша	3
Рамзай	ДЗНИИСХ	7	TSW 2507	Германия	2

Отмечена высокая доля участия в родословных селекционного материала конкурсного сортоиспытания сортов собственной селекции ТИ 17, Дон, АД Тарасовский, а также сорта краснодарской селекции Союз. Доля старых сортов, таких как АД 206, Градо, Мально, Престо снижается. В родословных появляются новые современные сорта и линии, полученные на основе трансгрессивной изменчивости, как своей селекции, так и инорайонной. Это Рамзай, Рамзес, Сотник, Валентин 90, Регион, Михась, Vogo, Magnat, Kortego.

Анализируя происхождение изучаемого материала селекционного питомника (СП) 2018 г., выявили по прежнему сохранившуюся высокую сортообразующую способность сортов Кентавр, АД Тарасовский, Союз, Дон. На уровне СП из 228 комбинаций сорт Кентавр участвовал в 37% комбинаций, АД Тарасовский – в 18%, Дон – 13%, Союз - 11%, сорт Пинокио – в 16% комбинаций (табл.3).

На этапе СП в родословной комбинаций присутствуют новые современные сорта собственной, отечественной и зарубежной селекции: Пилигрим, Атаман Платов, Рамзай, Рамзес, Макар, Сотник, Балтико, Witon, Dorena, Vorwo, Vogo и др.

Таблица 3

Участие сортов тритикале в родословных комбинаций селекционного питомника (228 комбинаций)

Сорт	Происхождение	Кол-во полученных генотипов	Сорт	Происхождение	Кол-во полученных генотипов
Кентавр	ДЗНИИСХ	85	Трибун	ДЗНИИСХ	18
АД Тарасовский	ДЗНИИСХ	41	Рамзес	ДЗНИИСХ	17
Пинокио	Германия	36	Зенит одесский	Украина	14
Дон	ДЗНИИСХ	30	Witon	Польша	12
Союз	КНИИСХ	24	Зимогор	ДЗНИИСХ	12
Рамзай	ДЗНИИСХ	18	Пилигрим	ДЗНИИСХ	12

126 комбинаций селекционного питомника (55%) получены при скрещивании местной линии и сорта инорайонного происхождения, 98 (43 %) - двух местных генотипов, и лишь 4 комбинации (2%) получены с использованием двух инорайонных сортов. Это еще раз подтверждает эффективность принципа подбора родительских пар по степени эколого-географической отдаленности, а также усиления роли коадаптации в создании новых ассоциаций генов.

Следует отметить, что 23 сорта, созданные в Донском ЗНИИСХ и внесенные в Госреестр 2017 года, отличаются не только генетическим разнообразием исходных компонентов, но и высокой продуктивностью и адаптивными свойствами, о чем свидетельствуют ареалы их допуска (табл. 4).

Таблица 4

Некоторые сорта тритикале, созданные в ДЗНИИСХ

Сорт	Реализов. урожайность, т/га	Происхождение	Год внесения	Регион допуска
Кентавр	10,65	Зенит одесский, Украина × (АД Зеленый × оз. рожь 2п=28 Крыжачок, Беларусь)	2004	5,6
Дон	11,08	Зенит одесский, Украина × ТИ 17	2005	5,6
Корнет	11,03	[И-468710, Мексика × (ПРАГ 46/2-46/3 × АД 206)] × TSW 2507, Германия	2006	2,3,4,5,6,7
Легион	9,66	(Зенит одесский, Украина × ТИ 17) × (ТИ 17 × АД 26)	2009	3,5,6,7,9
Консул	11,56	АД Тарасовский × Градо, Польша	2010	2,3,4,6,7
Алмаз	12,27	АД Тарасовский × Градо, Польша	2012	4,5,6,7,9
Ацтек	11,04	Кентавр × АД Тарасовский	2014	4,5,6,7,9
Пилигрим	11,08	(Кентавр × АД Тарасовский) × Корнет	2016	3,6,8,9
Рамзай	10,62	(Союз × Дон) × Корнет	2017	3,6
Рамзес	11,10	Дон × оз. пшеница 743/00	2017	6

Таким образом, в Донском зональном НИИСХ создан обширный генофонд, отличающийся разнообразием, содержащий генную плазму как местных, адаптированных к условиям среды, сортов, так и новейших достижений отечественной и зарубежной селекции тритикале.

Выделены сорта, имеющие высокую сортообразующую способность. К таким сортам можно отнести Кентавр, АД Тарасовский, Дон, Союз, Пинокио и др.

Список литературы

1. Теоретические основы селекции растений. Том 2. Частная селекция зерновых и кормовых культур/ Под общ. ред. акад. Н.И. Вавилова. – М.-Л., 1935. – 712 с.
2. Лукьяненко П.П. Методы и результаты селекции озимой пшеницы / П.П. Лукьяненко // Избр.тр. – М., 1973. – С.168-176.
3. Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений / А.Ф. Мережко. – С-Пб: ВИР, 1994. – 128 с.
4. Мережко А.Ф. К вопросу о принципах подбора родительских пар для скрещиваний в селекции пшеницы / А.Ф. Мережко // Бюл. ВИР. – Л., 1981. – С. 65-69.

THE ROLE OF THE CONTEMPORARY GENEFOUND IN THE SELECTION PROGRAM OF THE TRITIKAL ON THE DON

Krokhmal A.V., Grabovets A.I., FGBNU "Don Zonal Research Institute of Agriculture", Rostov Region, Russia

The article gives the results of studying the origin of triticale varieties. The contribution of the modern gene pool to the creation of new varieties and triticale lines is estimated. The high varietal capacity of the varieties Kentavr, Tarasovsky AD, Don, Soyuz, Pinokio was revealed.

Keywords: triticale, variety, gene pool, initial forms

УДК 575.858: 576.316

ИЗУЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПЫРЕЯ ПОНТИЙСКОГО (*TRINOPYRUM PONTICUM*) МЕТОДАМИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ *IN SITU* И ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Крупин П.Ю.^{1,2}, к.б.н., ст.н.с., Кузнецова В. М.^{1,2}, лаборант-исследователь

Карлов Г.И.¹, д.б.н. Дивашук М.Г.^{1,2}, к.б.н., ст.н.с

1 - ФГБНУ ВНИИСБ

2-ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева

Москва, Россия, pavel-krupin@yandex.ru

*Эволюция растений связана с полиплоидизацией и изменением копийности повторяющейся ДНК. В нашей работе было проведено физическое картирование 12 новых и 5 ранее известных повторов методом флуоресцентной гибридизации *in situ* на хромосомах пырея понтийского; оценена копийность 12 тандемных повторов и 16 мобильных элементов методом ПЦР в реальном времени. Полученные данные позволяют путём сравнения с родственными видами злаков моделировать эволюционный процесс пырея понтийского.*

*Ключевые слова: пырей понтийский, полимеразная цепная реакция в реальном времени, флуоресцентная гибридизация *in situ*, эволюция*

Эволюция растений во многом связана и определяется процессом полиплоидизации и изменения копийности повторяющихся элементов ДНК. Полиплоиды могут совмещать несколько копий одного и того же (автополиплоиды) или различных (аллополиплоиды) субгеномов. В ходе видообразования аллополиплоидов могут происходить межгеномные хромосомные транслокации, что приводит к образованию сегментных полиплоидов [4]. Следствием негомологичных межхромосомных обменов, как правило, является нарушение мейоза и снижение фертильности, что может компенсироваться переходом к вегетативному размножению. Процесс полиплоидизации также тесно связан с изменением копийности и локализации повторяющейся ДНК, в том числе мобильных элементов (транспозонов и ретротранспозонов) и тандемных повторов, что также может приводить к хромосомным перестройкам. Представителем сегментных полиплоидов злаков является пырей понтийский *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Barkworth&D.R. Dewey ($2n = 10x = 70$, JJJJsJs) [2]. Эволюция пырея понтийского представляет собой особый интерес, так как при высоком уровне плоидности и крупных хромосомах он сохраняет способность размножаться семенами. Кроме того,

этот вид легко скрещивается с пшеницей [3] и служит донором полезных признаков: устойчивость к листовой и стеблевой ржавчине, устойчивость к абиотическим стрессам таким как засолению и засухе, а также к мозаике (WSWY) и вирус желтой карликовости ячменя (BYDV). На данный момент не существует общепринятой идеограммы хромосом пырея понтийского, которая позволяла бы его сравнить с другими видами злаков. Удобным инструментом составления идеограмм является физическая локализация методом флуоресцентной *in situ* гибридизация (FISH) ДНК-повторов. Тандемные повторы запечатлевают на себе ход эволюции, меняя в ходе видообразования свою копияность и месторасположение на хромосомах. Кроме того, они хорошо визуализируются на хромосомах при процедуре FISH. Нами была поставлена задача физической локализации новых и известных повторов на хромосомах пырея понтийского, а также оценка копияности тандемных повторов, транспозонов и ретротранспозонов.

С помощью метода количественной ПЦР в реальном времени оценена копияность 12 изучаемых новых тандемных повторов и 16 мобильных элементов. При проведении ПЦР в реальном времени нами были использованы два референсных однокопийных гена – VRN и GBSSI. Использование нескольких референсных генов позволяет верифицировать результаты и проверять их корректность. В результате были получены следующие результаты. Семейство ретроэлементов *Gypsy*: *Sabrina* и *BAGY2* обладают высокой копияностью, *Latidu* и *Geneva* – низкой, *Fatima*, *Erika* не выявлены; семейство ретроэлементов *Copia*: *Angela-A* и *WIS-A* обладают высокой копияностью, *BARE1C*, *Barbara* – средней, *Veju* – низкой; *Ramona* и *Paula* не выявлены; ДНК-транспозоны: *Balduin* имеет среднюю копияность, *Harbinge Rong* и *Mutator Charon* не выявлены. При сравнении полученных результатов с данными по гипотетическим видам-донорам субгеномов пырея понтийского, теоретические значения копияности рассматриваемых мобильных элементов у гипотетического аллополиплоида в среднем на один субгеном в целом оказались выше, чем полученные нами на практике. Возможно, это связано с высокой копияностью референсных генов у декаплоида, в связи с чем были получены несколько заниженные результаты по относительной копияности. Кроме того, можно предположить, что данные ретротранспозоны либо отсутствовали у тех популяций *P. spicata* (St) и *Th. bessarabicum* (Jb), которая участвовала в формировании вида *Th. ponticum*, либо их активность была подавлена в геноме аллополиплоида, а в геномах видов *P. spicata* (St) и *Th. bessarabicum* (Jb) они, напротив, получили распространение.

В ходе нашей работы была проведена локализация 12 новых (П720, П631, П170, П509, П332, П317, П431, П525, П496, П497, П699, П572) [1] и 5 ранее

известных (pSc200, pSc 250, pSc119,2; pTa535 и (CAA)_n) tandemных повторов на хромосомах *Th. ponticum* с помощью FISH. На основании полученных данных составлены кариотипы и идеограммы хромосом *Th. ponticum*. На основании полученных данных нами было продемонстрировано, что *Th. ponticum* имеет лишь один общий геном с *Th. intermedium*, что заставляет пересмотреть геномную формулу пырея понтийского, а также предполагаемые пути его полиплоидизации и эволюции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-04- 01871а.

Список литературы

1. Кхуат Тхи Май Лыонг. Анализ организации повторяющихся последовательностей ДНК в геномах дикорастущих сородичей пшеницы. Автореф. дисс. ... к.б.н. Москва. 2016.
2. Brasileiro-Vidal A. C. et al. Chromosome characterization in *Thinopyrum ponticum* (Triticeae, Poaceae) using in situ hybridization with different DNA sequences //Genetics and Molecular Biology. 2003. Т. 26. №. 4. С. 505-510.
3. Li D., Zhang X. Y. Physical Localization of the 18S-5· 8S-26S rDNA and Sequence Analysis of ITS Regions in *Thinopyrum ponticum* (Poaceae: Triticeae): Implications for Concerted Evolution //Annals of Botany. 2002. Т. 90. №. 4. С. 445-452.
4. Levy A. A., Feldman M. The impact of polyploidy on grass genome evolution //Plant physiology. 2002. Т. 130. №. 4. С. 1587-1593.

EVOLUTIONARY ANALYSIS OF TALL WHEATGRASS (*THINOPYRUM PONTICUM*) USING FLUORESCENT *IN SITU* HYBRIDIZATION AND REAL TIME PCR

Kroupin P.Yu.^{1,2}, PhD, senior researcher

Kuznetsova V.M.^{1,2}, student of faculty of Agronomy and Biotechnology

Divashuk M.G.^{1,2}, PhD, senior researcher Karlov G.I.¹, Prof.

1 - All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology

2- MTAA-Russian State Agrarian University

Moscow, Russia

*Evolution of plants is associated with polyploidization and changes in the copy number of repeated DNA sequences. In our work, 12 new and 5 previously known repeats were physically mapped using the fluorescence in situ hybridization on the chromosomes of tall wheatgrass; the copy number of 12 tandem repeats and 16 mobile elements was estimated using quantitative real-time PCR. The data obtained allows us to make evolutionary models of *Thinopyrum ponticum* by its comparison with relative grasses.*

Key words: tall wheatgrass, real time polymerase chain reaction, fluorescence in situ hybridization, evolution

УДК 634.725

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД КРЫЖОВНИКА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Кузьмина А.А., канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН,

Кузьмин А.В.А, лаборант, СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия,

В статье отражены результаты механического анализа ягод 10 образцов крыжовника различного генетического и географического происхождения. Опыт проведен для описания их помологических признаков. Результаты дисперсионного и кластерного анализа показали, что сорт крыжовника Уральский виноград можно выделить как наиболее многосемянный сорт в наших условиях.

Ключевые слова: крыжовник, сортообразец, масса ягоды, количество семян в ягоде.

Крыжовник отличается разнообразием хозяйственно-биологических признаков. Он обладает скороплодностью и продолжительным продуктивным периодом. Биохимический состав и товарно-потребительские качества ягод являются основными достоинствами крыжовника.

Плод (многосемянная ягода) считается важнейшим критерием при помологической характеристике сорта [1]. Отдельные количественные признаки плодов прописаны в цифрах и градациях, как например масса. По ряду причин количественные показатели крыжовника изменяются, что в свою очередь меняет их группировку по признаку [2]. В связи с этим целью работы было оценить сортообразцы по механическому составу и выявить наиболее стабильные формы, «эталонные сорта» по отдельным признакам, для дальнейшего проведения паспортизации образцов в коллекции.

Исследуемый материал был представлен 10 образцами крыжовника на коллекционных участках (г. Бердск). Исследование проводилось в соответствии с методиками сортоизучения [3]. Метеоусловия в годы исследований (2016-2017) отличались температурными перепадами и заморозками во время цветения. Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью программы MSExcel с использованием статистических методов [4] и кластерного анализа по принципу “ближнего соседа”; для оценки амплитуды изменчивости использовали унифицированную шкалу уровней изменчивости [5].

Средняя масса ягод по опыту изменялась в 2016 году в пределах от 1,8 г (Черномор) до 3,0 г (№34-41-50), при этом самая крупная ягода была отмечена у сорта Уральский розовый (5,5 г); в 2017 году от 1,6 г (Черномор) до 3,5 г (Уральский розовый), максимальная масса ягоды - у сорта Фантазия (7,8 г). Уровень варьирования признака у сортообразцов отмечен как повышенный и высокий.

Согласно шкале [2] среди изученных образцов к малосемянным формам отнесен сорт Черномор (<10 шт.), к среднесемянным (10-20 шт.) - Конфетный, Неизвестный 19к., Сеянец Спирина, Фантазия, №34-70-68, остальные - к многосемянным формам (>20 шт.). Сорт Уральский виноград отличался

наиболее высоким показателем 43,9-44,0 семян в ягоде (максимум – 71). Уровень изменчивости признака по коллекции отмечен как высокий и очень высокий.

По результатам корреляционного анализа было установлено, что в изученных условиях у всех образцов существовала достоверная связь между показателями «средняя масса» и «количество семян», при этом значения коэффициентов варьировали в пределах от 0,475 (Фантазия, 2016 г.) до 0,846 (№34-70-68, 2016 г.).

Для оптимизации работ по паспортизации коллекции образцы были разделены на несколько групп по методу кластерного анализа на основе изученных показателей. На рисунке 1 представлены результаты иерархической классификации образцов крыжовника по двум количественным показателям в виде дендрограммы. Выделены два кластера, расстояние между которыми равно $R=17,1$, что позволило соотнести сорт Уральский виноград в отдельную группу с характеристикой - средняя масса ягоды (2,7 г) и наиболее высокое содержание семян (43,9 шт.).

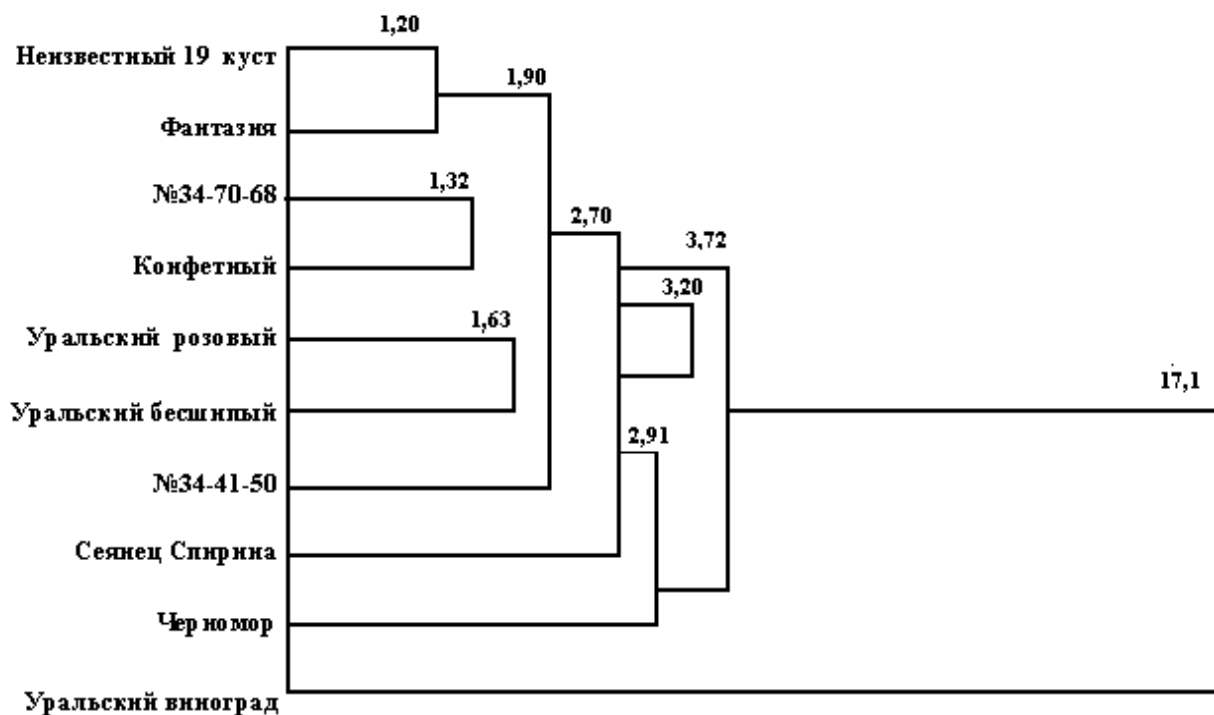


Рисунок 1 – Дендрограмма кластерного разбиения коллекции образцов крыжовника по двум признакам.

Предположительно выделены ещё два довольно несхожих кластера, отмеченных перед предпоследним слиянием (коэффициент 3,72). Один кластер представлял образцы со средней массой ягод меньше 2,5 г и количеством семян меньше 15,2 штук (Конфетный, Сеянец Спирина, Черномор, №34-70-68), а другой кластер объединил образцы с массой ягод больше 2,7 г и количеством

семян больше 18,9 штук (Неизвестный 19к, Уральский бесшипый, Уральский розовый, Фантазия, №34-41-50).

В работе Пупковой Н.С. [6] приведены показатели «количество семян, содержащихся в единице массы ягоды», полученные на основе экспериментальных данных по коллекции крыжовника ВИР. В условиях Ленинградской области его значение варьировало по сортам от 2,3 до 13,9 шт./г (сорт Черномор - 2,6 шт./г). Как видно из таблицы 1, в нашей группе образцов показатель варьировал в 2016 году от 4,1 шт./г (Сеянец Спирина) до 14,6 шт./г (Уральский виноград), в 2017 году от 3,9 шт./г (Черномор) до 17,4 шт./г (Уральский виноград). Согласно результатам дисперсионного анализа данный показатель был наиболее стабильным по годам у образцов Конфетный, Сеянец Спирина, Фантазия, №34-41-50 ($НСР_{05}=0,34$). Уровень изменчивости признака менялся по годам и отмечен в трех градациях: повышенный, высокий и очень высокий.

Таблица 1

Количество семян на единицу массы ягоды у образцов крыжовника, шт.

Образец	$\bar{x} \pm \sigma$ min—max		V, %	
	2016	2017	2016	2017
Конфетный - К	$\frac{6,1 \pm 0,24}{3,8—9,1}$	$\frac{6,3 \pm 0,33}{3,0—10,6}$	21,5	28,7
Сеянец Спирина	$\frac{4,1 \pm 0,25}{1,2—7,8}$	$\frac{4,4 \pm 0,44}{1,8—15,2}$	33,3	55,6
Уральский розовый	$\frac{7,2 \pm 0,34}{4,0—13,0}$	$\frac{8,6 \pm 0,28}{5,7—12,2}$	25,8	17,9
Уральский бесшипый	$\frac{8,9 \pm 0,34}{5,4—13,3}$	$\frac{7,9 \pm 0,44}{2,9—15,0}$	20,8	30,8
Уральский виноград	$\frac{14,6 \pm 0,64}{5,5—20,7}$	$\frac{17,4 \pm 0,69}{9,3—23,9}$	24,0	21,5
Фантазия (№34-76-105)	$\frac{6,8 \pm 0,45}{2,5—11,5}$	$\frac{7,1 \pm 0,35}{3,1—10,8}$	36,2	27,2
Черномор	$\frac{5,1 \pm 0,26}{2,4—8,4}$	$\frac{3,9 \pm 0,29}{1,4—7,6}$	27,6	40,4
Неизвестный 19к	$\frac{7,0 \pm 0,33}{3,5—10,6}$	$\frac{6,1 \pm 0,37}{3,0—11,4}$	26,1	33,2
№34-41-50	$\frac{7,5 \pm 0,25}{3,8—10,3}$	$\frac{7,3 \pm 0,51}{2,9—14,8}$	18,2	38,0
№34-70-68	$\frac{4,3 \pm 0,19}{2,6—6,8}$	$\frac{6,2 \pm 0,26}{3,6—9,2}$	24,4	22,8
НСР ₀₅ для сравнения частных средних=1,07; НСР ₀₅ сорт= 0,75; НСР ₀₅ год=0,34				

По признаку «количество семян на единицу массы ягоды» как наиболее многосемянный выделился сорт Уральский виноград, а малосемянный - Сеянец Спирина.

Таким образом, результаты механического анализа ягод крыжовника не дали окончательную сортовую характеристику, в виду нестабильности признаков у большинства сортообразцов. В коллекции выделен для дальнейших сравнений в наших условиях «эталонный сорт» по признаку «количество семян в ягоде» - Уральский виноград, как наиболее многосемянный образец (более 40 штук в ягоде).

Работа выполнена при поддержке бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № 0324-2018-0018"

Список литературы:

1. Помология. Том IV. Смородина. Крыжовник / под. Ред. Е.Н. Седова. – Орел: ВНИИСПК. 2009. 468 с.
2. Еремина Е. В. Селекционное изучение исходного материала крыжовника для создания сортов в условиях лесостепи Приобья: дис. канд.с.-х. наук: 06.01.05.- Новосибирск, 2003.- 155 с.
3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общей редакцией Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. - Орел: ВНИИСПК, 1999. - 608с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351с.
5. Мамаев С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости / // Закономерности формирования и дифференциации вида у древесных растений / Тр. ин-та экологии раст. и жив. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1969. Вып. 64. С. 3-38.
6. Пупкова Н.А. Механический анализ ягод крыжовника в условиях Северо-запада России / Н.А. Пупкова / Современное садоводство. [Электронный ресурс] 2013. № 3 (7). С. 69-75. <http://journal.vniispk.ru/pdf/2013/3/23.pdf> (дата обращения: 11.01.2016).

EVALUATION MECHANICAL COMPOSITION OF GOOSEBERRY BERRIES IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE OB

Kuzmina Arina, Kuzmin Arseniy Vasilii.

The laboratory of the gene pool of plants The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics The Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

The article contains the results of a mechanical analysis of berries of 10 samples of gooseberries of different genetic and geographical origin. The experiment was carried out to describe their pomological features. The results of dispersion and cluster analysis showed that a variety of gooseberry Uralskiy Vinograd can be identified as the most multi-seed variety.

Key words: *gooseberry, variety, weight of berries, number seeds in berry.*

УДК 635.657-152(571.1)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ НУТА ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Кузьмина С.П., к.с.-х. наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А.

Столыпина», Омск, Россия, sp.kuzmina@omgau.org

В Омском ГАУ в 2011–2017 гг. было изучено 23 образца нута коллекции ВИР и 42 образца нута коллекции соматклонов Сибирского НИИ кормов. В результате научно-исследовательской работы в южной лесостепи Западной Сибири выделены образцы нута с укороченным вегетационным периодом, высокой продуктивностью растений, технологичностью, высокой симбиотической активностью. Определен характер наследования хозяйственно ценных признаков у гибридов F_1 нута, даны рекомендации для проведения отбора. Выявлена корреляционная зависимость между основными признаками.

Ключевые слова: нут, коллекционный образец, элементы урожайности, селекция

Зернобобовые культуры имеют важное кормовое и продовольственное значение. Это делает их одинаково необходимыми для производства в любых природно-экономических условиях, при всех формах собственности и хозяйствования. Современное сельскохозяйственное производство располагает достаточно большим разнообразием зернобобовых культур: горох, фасоль, бобы, нут, соя, чечевица и др. В структуре посевных площадей Западной Сибири зернобобовые культуры занимают всего от 1 до 2%, чего явно недостаточно. Причем из всего разнообразия семейства бобовых в Сибирском регионе возделывается в основном горох [6].

В связи с этим необходимо общее увеличение площадей под зернобобовыми культурами, расширение их ассортимента, а также внедрение в производство новых, нетрадиционных бобовых культур, к числу которых относится нут. Это возможно в Западной Сибири только при выведении и распространении новых хорошо адаптированных к местным условиям сортов [7,8,10].

В регионах, подверженных периодическому влиянию засухи (в том числе и югу Омской области), перспективной по биологическим особенностям может стать культура нут. Нут обладает высокой засухо- и холодоустойчивостью, технологичностью при уборке, устойчивостью к болезням и вредителям, высокой питательностью и многообразным использованием на пищевые цели, поэтому его возделывание может значительно стабилизировать производство высокобелкового зерна [3,4]. Интерес сельскохозяйственных предприятий и крестьянско-фермерских хозяйств к этой культуре в регионе растет с каждым

годом. Однако районированные сорта нута в условиях Омской области не полностью отвечают требованиям современного сельского хозяйства по продолжительности созревания и продуктивности. Исходным материалом для создания таких сортов может служить коллекция образцов нута, собранная из различных эколого-климатических зон [1,2].

В связи с этим актуально комплексное изучение коллекционных образцов нута и выделение источников хозяйственно ценных признаков с целью создания новых сортов пригодных для возделывания в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Материалы и методы. Изучение генофонда нута с целью создания адаптивных сортов к условиям юга Западной Сибири в Омском ГАУ началось в 2011 г. Опыты проводились в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ в южной лесостепи Омской области. Объектом исследований служили 23 коллекционных образца ВИР, полученных из Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР, г. Санкт-Петербург) и 42 образца коллекции соматоклонов (Сибирский НИИ кормов, г. Новосибирск). В качестве стандарта использовали единственный районированный в области сорт Краснокутский 123.

Посев проводили в четырехкратной повторности на глубину 5 см во 2 декаде мая. Количество семян в каждом повторении 40 шт. Площадь делянки – 5,5 м². Наблюдения, учеты и анализы проводили согласно «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур» [5].

Результаты и обсуждение. Годы исследований по метеорологическим условиям были различны. 2012 и 2014 гг. были очень засушливыми (ГТК соответственно 0,54 и 0,60), 2017 – засушливыми (ГТК 0,72), 2013, 2015, 2016 гг. были слабо засушливыми (ГТК соответственно 1,01; 1,02; 1,1).

Средиземноморское происхождение нута и его дальнейшее распространение по странам земного шара, способствовало формированию большого разнообразия сортов по продолжительности вегетационного периода. С вегетационным периодом связаны многие хозяйственно-биологические признаки и свойства (устойчивость к засухе, болезням и вредителям, качество зерна и др.). В условиях короткого безморозного периода, которым характеризуется Омская область, селекция должна быть направлена на сокращение вегетационного периода. За время исследований продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов варьировала от 71 до 124 дней. Наименьший вегетационный период имели коллекционные образцы: С-35, С4-Deemin, С7-Александрит, С14-Александрит, С15-Волгоградский 10, ILC-10005, С-82, С-83, Волгоградский 10.

Нут в отличие от других бобовых в меньшей степени поражается болезнями и вредителями. При визуальной оценке посевов коллекции нута за годы изучения обнаружено слабое повреждение растений нутовым минером в фазу бутонизации и поражение аскохитозом отдельных образцов до 5%.

Компактная форма куста и высота прикрепления нижнего боба являются важными селекционными признаками, характеризующими пригодность сортов нута к механизированному возделыванию. Форма куста у большинства образцов была компактной, исключение составил образец ИЛС-10005 со стелющейся формой куста. Высота прикрепления нижнего боба коллекционных образцов варьировала от 18 до 32 см. Наибольшую высоту прикрепления нижнего боба имели образцы: С-18, ИЛС-248.

Урожайность нута и ее элементы за годы испытаний в условиях южной лесостепи Западной Сибири значительно варьировали в зависимости от погодных условий (табл. 1).

Таблица 1

Элементы продуктивности выделившихся образцов
коллекции нута (2011-2017 гг.)

№ п/п	Образец	Количество бобов с растения, шт.	Масса бобов с растения, г	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г
1	Краснокутский 123, стандарт	87,2	34,1	100,6	26,4
Коллекция ВИР					
2	С-35	90,8	38,4	103,2	28,9
3	С-27	81,8	23,2	73,2	17,6
4	С-243	104,4	35,9	84,7	22,7
5	С-303	84,9	30,7	78,6	19,2
6	С-17	93,9	31,0	85,6	16,5
7	С-18	116,9	30,1	85,4	15,8
Коллекция соматоклонов СибНИИ кормов					
8	С1-Александрит	97,9	38,3	120,7	26,9
9	С3-Александрит	67,0	25,9	75,3	20,5
10	С4-Deemin	66,3	32,9	71,1	25,3
11	С6-Александрит	70,8	30,1	72,6	22,3
12	С7-Александрит	88,9	34,0	96,1	24,2
13	С13-Deemin	71,7	25,7	74,3	20,2
14	С14-Александрит	71,3	26,7	82,8	21,1
	<i>НСР₀₅</i>	9,5	2,9	8,1	1,9

Наибольшую выраженностью изученных признаков имели образцы: по числу семян с растения – ИЛС-2394, ИЛС-482, С-82, Волгоградский 10, ИЛС-2402; по массе семян с растения – ИЛС-2394, ИЛС-10005, ИЛС-3407, ИЛС-482, по числу бобов с растения – С-243, С-18, С-17; по массе бобов с растения – С-243, С-18, С-17, С-303.

Химический анализ семян, выделившихся коллекционных образцов нута показал высокое содержание белка – от 19,75 до 24,5%, цинка – от 28,25 до 39,00 мг/кг, йода – от 0,01 до 0,06 мг/кг.

За время наших исследований в условиях Омской области наблюдалось очень слабое поражение растений нута как болезнями, так и повреждение вредителями. При визуальной оценке посевов коллекции нута обнаружено повреждение растений нутовым минером в фазу бутонизации (иногда и ранее) и поражение аскохитозом.

Нут имеет большое агротехническое значение, как восстановитель и улучшитель почвы. В симбиозе с азотфиксирующими бактериями эта культура усваивает большое количество атмосферного азота, использует малодоступные для зерновых культур труднорастворимые минеральные соединения, как из пахотного горизонта, так и из более глубоких слоев почвы. Результаты изучения клубенькообразующей способности нута позволили выделить образцы с большим количеством крупных клубеньков, сохраняющих высокую активность до конца вегетации растений: С-8 Александрит, С5-Краснокутский 123 и Линия С-82.

Внутривидовая гибридизация остается основным методом создания исходного материала для последующего отбора элитных растений, которые дают начало новым сортам нута, поэтому изучение наследования количественных признаков и в настоящее время актуально. Знание закономерностей, действующих в расщепляющихся гибридных популяциях, позволяет более эффективно проводить отбор, выбраковывать малоценные и хранить перспективные генотипы, что в результате снижает затраты на создание сорта. Наиболее важными закономерностями наследования признаков, интенсивно изучающимися в настоящее время, являются: эффект гетерозиса, уровень наследования, который характеризуется степенью доминирования и характером взаимодействия генотип-среда, трансгрессивные расщепления [9].

Изучение характера наследования основных хозяйственно – ценных признаков у гибридов нута по методике G.M. Veil, R.E. Atkins выявило положительное сверхдоминирование (гетерозис) в наследовании массы и числа бобов на растении, массы и числа семян на растении; отрицательное сверхдоминирование (депрессию) - высоты прикрепления нижнего боба; промежуточное наследование - высоты растений. По признакам, наследуемым по типу гетерозиса, высока эффективность отбора ценных генотипов. Отбор следует вести в поздних поколениях гибридов.

Определение корреляций между хозяйственно ценными признаками - важный этап в селекции культуры, так как это позволяет более эффективно

проводить отбор, особенно в тех случаях, когда прямая оценка материала невозможна или достаточно затратная. Кроме того, отбор по одному из показателей, определяющих производительность и приспособленность растений к условиям окружающей среды, влечет за собой определенные нарушения всей генетической системы по причине полигенности этих признаков. Поэтому изучение взаимосвязи между ними позволяет прогнозировать изменения, вызванные отбором, и предоставляет возможность предотвращению получения нежелательных результатов.

Изучение корреляционной зависимости между продуктивностью растений нута и основными хозяйственно-ценными признаками в условиях Омской области выявило наличие сильной положительной связи с числом семян (0,80-0,85) и массой бобов растения (0,98), что необходимо учитывать при проведении отбора на продуктивность.

Результаты изучения коллекции нута свидетельствуют о перспективности возделывания культуры в условиях южной лесостепи Западной Сибири, а также высокой значимости коллекций растений для создания исходного материала.

Список литературы

1. Булынец С.В. Мировая коллекция нута и перспективы ее использования // Материалы 5 Международного Симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - М., 2003. Т. 2. С. 19–21.
2. Вишнякова М. А. Пути эффективного использования генетических ресурсов растений в создании конкурентоспособных отечественных сортов зернобобовых культур // Труды Кубанского ГАУ. - 2015. Вып. 3 (54). С. 111–117.
3. Германцева Н. И. Селекция нута в условиях сухостепной зоны Поволжья // Тр. по прик. бот., ген. и сел. - 2014. Т. 175. Вып. 3, С. 66–83.
4. Казыдуб Н. Г., Кузьмина С. П., Демьяненко К. А. Сортоизучение коллекции нута в южной лесостепи Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. - 2015. № 1-1. С. 1658.
5. Корсаков Н. И., Адамова О. А., Будакова В. И. и др. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. - Л.: ВИР, 1975. 59 с.
6. Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П. Селекционная работа с зернобобовыми культурами в Омском ГАУ // Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России: материалы первого междунар. форума. – Омск: ОмГАУ, 2016. – С. 5-9.
7. Перспективы и результаты изучения коллекции нута в омском ГАУ Кузьмина С.П., Казыдуб Н.Г., Черненко Е.А. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2017. Т. 178. № 1. - С. 48-57.
8. Рожанская О. А. Соматоклонная изменчивость растений как источник воспроизводства видовой биоразнообразия // Проблема и стратегия сохранения биоразнообразия растительного мира Северной Азии: Матер. Международной конференции. - Новосибирск, 2009. С. 207-209.

9. Бушулян О.В., Січкарь В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування / Монографія. – Одеса, СГІ. – 2009. – 246 с.
10. Adaptability of chickpea collection samples in the southern forest-steppe of Western Siberia / Kazydub N., Kuzmina S., Chernenko E. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2017. T. 23. № 5. - С. 743-749.

USE OF GENETIC DIVERSITY SPECIES OF NUTE COLLECTION FOR SELECTIONAL GOALS IN THE SOUTHESTEST FOREST STEP IN WESTERN SIBERIA

Kuzmina S.P., Candidate of Technical Sciences. Doctor of Science, Associate Professor of the Department of Agronomy, Selection and seed farming, Kazydub NG, D.-. Sci., Professor, Chair of Agronomy, Selection and Seed Growing, Bendina Ya.B. c.s.-. Professor, Department of Biotechnology and Law, UCAB, Chernenko EA, Master of the Department of Agronomy, Selection and Seed-Breeding, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Omsk State Agrarian University named after A.Ya. P.A. Stolypin », Omsk, Russia, sp.kuzmina@omgau.org

In the Omsk State University in 2011-2017. 23 samples of chickpea of the VIR collection and 42 samples of the chickpea of the Somaklon collection of the Siberian Research Institute of Forages were studied. As a result of research work in the southern forest-steppe of Western Siberia, samples of chickpea with a shortened growing season, high productivity of plants, manufacturability, high symbiotic activity were identified. The nature of the inheritance of economically valuable traits in F1 chickpea hybrids is determined, and recommendations for selection are given. Correlation dependence between the main features was revealed.

Keywords: chickpea, collection pattern, yield elements, selection

УДК 635.64:631.52

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТА ДЛЯ УСЛОВИЙ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

*Кузьмицкая Г.А. *, кандидат с.-х. наук, зав. лаб. овощеводства,
Агеева О.Ю., научный сотрудник*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (ФГБНУ «ДВ НИИСХ»), Хабаровск, Россия. *e-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru*

Представлены результаты многолетней оценки 188 сортообразцов томата отечественной и зарубежной селекции в условиях муссонного климата Приамурья. Установлены перспективные фенотипы томата, обладающие хозяйственно ценными признаками. Выделенные образцы будут использованы в качестве источников и доноров в селекции при создании новых сортов томата.

Ключевые слова: коллекция, томат, сортообразец, генофонд, источники и доноры.

Создание новых сортов томата с высокой потенциальной урожайностью возможно только при наличии богатого наследственного разнообразия в исходном материале и его систематическом изучении. Главным источником генетического материала является ВИР им. Вавилова.

Цель исследований заключалась в изучении генофонда томата для поиска источников и доноров хозяйственно полезных признаков при создании новых

высокопродуктивных и устойчивых к заболеваниям сортов для условий Приамурья. В задачу исследований входило изучение морфо-биологических и хозяйственно ценных признаков новых сортообразцов томата отечественной и зарубежной селекции и выделение перспективных по комплексу признаков родительских форм для возможного их участия в гибридизации в качестве доноров особо ценных признаков.

Материалы и методы

Исследования проводились на селекционном участке лаборатории овощеводства Дальневосточного НИИ сельского хозяйства, Хабаровского района, Хабаровского края в 2003-2017 гг. Проводилось изучение коллекции томата различного эколого-географического происхождения российской и зарубежной селекции, полученной из ВНИИРа, СибНИИРа и других НИУ.

Растения высаживались по грядовой технологии, рекомендованной для томатов в зоне рискованного земледелия Приамурья по схеме 35x140 см. Площадь учетных делянок, в разные годы исследований, составляла 4,2 - 7 м², что зависело от наличия семенного материала. Посев семян для получения рассады в необогреваемой пленочной теплице проводился в оптимальные для региона сроки –25- 26 апреля, с последующей высадкой в открытый грунт в первой декаде июня, когда минует угроза возвратных заморозков.

Закладка опытов, фенологические и фитопатологические наблюдения и учеты проводились по общепринятым по данной культуре методикам [1, 5, 6, 7]. Учет урожая проводили весовым методом с разбором по фракциям по мере созревания плодов.

Результаты исследований и обсуждение

Планомерное изучение коллекции томата в ФГБНУ «ДВ НИИСХ» началось с 2003 года. С этого времени и по сегодняшний день было изучено 188 образцов различного эколого-географического происхождения генофонда ВИР и других учреждений-оригинаторов новых сортов, что позволило выделить ценные источники морфо-биологических и хозяйственных признаков и свойств для включения в схемы скрещиваний [2]. Работа при создании сортов томата проводилась с применением методов половой гибридизации с последующей оценкой и многолетними отборами лучших потомств в условиях высокого естественного инфекционного фона.

Наши исследования показали, что среди испытываемых сортообразцов за все годы по типу растений более половины (52,4 %) относились к обыкновенным детерминантным, 38,1 % были детерминантными штамбовыми и 9,5 % имели индетерминантный куст. Большинство изучаемых сортов имело плоды округлой и плоскоокруглой формы красной окраски массой от 60 до 300 г.

За длительный период были отобраны перспективные сортообразцы, превосходящие по основным хозяйственно-биологическим признакам стандартные сорта. Проведен отбор перспективных фенотипов. Как исходный материал для дальнейшей работы в качестве источников и доноров в селекцию на скороспелость были вовлечены сортообразцы: Скороспелка, Пушкинский, Jutta, Новичок, Стрелка, Метелица, Виктория, Абаканский розовый, Суперрозовый, Драгоценность и Денмарк; в селекцию на продуктивность и качество плодов – Денмарк, Вежа, Абаканский розовый, Пушкинский, Скороспелка, Чико Гранде, Рыбка, Новоселецкий, С-17. Для создания сортов, устойчивых к основным вредоносным патогенам культуры томата для сложных условий нашего региона, интерес представляют сорта: Вежа, Изумрудная лагуна, Зуб Василиска, Розовая сосулька, Абаканский розовый.

Проведенная работа позволила создать ряд перспективных гибридов, работа с которыми продолжается в питомниках: селекционном, контрольном и конкурсного сортоиспытания. Результатом проделанной работы явилось создание двух новых сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений, и два сорта находятся в ГСИ с 2016 и 2017 гг.

Заключение

Длительное изучение новых сортов и гибридов томата различного эколого-географического происхождения позволило выделить ценные источники и доноры основных хозяйственно важных признаков и с их использованием создать селекционерами института сорта томата, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ: Дуняша и Амурский утёс [3]. С 2016 года проходит Государственное сортоиспытание среднеспелый сорт Клад [4], а в 2017 году передан в ГСИ перспективный сорт Галант.

Список литературы

1. Белик, В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В.Ф.Белик. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.
2. Кузьмицкая, Г.А. Предварительные итоги селекции томата на юге Хабаровского края / Г.А. Кузьмицкая // Актуальные направления исследований ученых в дальневосточном регионе. Мат. науч. конф. – Хабаровск. – 2009. – С. 189-192
3. Кузьмицкая, Г.А. Новые сорта томата для открытого грунта / Г.А. Кузьмицкая // Приоритетные направления исследований по научному обеспечению АПК в ДВ регионе. Мат. науч. конф. – Хабаровск. – 2011. – С. 180-182
4. Кузьмицкая, Г.А. Томат Клад для Дальнего востока / Г.А. Кузьмицкая, О.Ю. Агеева // Картофель и овощи. – М., 2017. – № 8. – С. 36-38
5. Международный классификатор СЭВ рода *Lycopersicon Tourn.* – Л., 1986.- 40 с.
6. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в плодководстве, овощеводстве и виноградарстве / В.Ф. Моисейченко, А.Х.Заверюха, М.Ф. Трифонова. – М.: Колос, 1994. – 383 с.

7. Руководство по проведению обследований сельскохозяйственных культур в Хабаровском крае и информационному обеспечению прогнозов распространения и развития их вредителей, болезней, сорняков. – Хабаровск, 2000. – 72с.

Efficiency of genetic resources use in tomato selection for the conditions of the Khabarovsk Territory.

*Kuzmitskaya G.A., Cand. Agr. Sci., head of laboratory of vegetable growing
Ageeva O.U., Researcher,
Far East Research Institute of Agriculture
Khabarovsk, Russia *e-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru*

The results of a long-term evaluation of 188 tomato varieties of domestic and foreign selection in the conditions of the monsoon climate of the Amur region are presented. Perspective phenotypes of tomato possessing economically valuable features are established. The selected samples will be used as sources and donors in selection when creating new tomato varieties.

Key words: collection, tomato, variety, gene pool, sources and donors.

УДК 634.13.075:581.522.4(571.1)

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОДОВ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr.)

*Лихенко Н.Н.*¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
Паркина О.В.², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Капко Т.Н.¹, агроном,
Салмина И.С., кандидат биологических наук, заведующая лабораторией,*

¹ *Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал
ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

² *Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия
lihenko.n@yandex.ru

Форма плода у груши уссурийской преобладала округлая и округло-овальная, окраска плодов варьировала от ярко-желтой до желтой с красноватым румянцем и грязно-зеленой со слабым желтым оттенком, по массе плоды варьировали от очень мелких (22,3 г) до средних (53,5 г). Масса 1000 семян была равной 33,8 г, среднее число семян в плодах $7,6 \pm 0,3$. Количество сухих растворимых веществ в мякоти плодов $26,6 \pm 0,3$ %, содержание сахаров – $11,5 \pm 0,3$ %. Массовая доля арбутина в пересчете на исходное вещество составила $0,59 \pm 0,04$; среднее содержание витамина С – $7,6 \pm 0,4$ мг/100 г, каротин – $2,5 \pm 0,1$ мг/100 г; среднее количество нитратов в плодах груши уссурийской $8,1 \pm 0,2$ мг/кг при максимально допустимом их содержании в груше 60 мг/кг. В целом, растения груши уссурийской, интродуцированные в условиях лесостепи Приобья, формируют плоды со свойствами, близкими к показателям, формирующимся в естественном ареале произрастания.

Ключевые слова: груша уссурийская, плоды, форма плода, высота плода, масса плода, арбутин.

Груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr.) в естественных условиях растет на Дальнем Востоке России, в Китае и Корее, используется как источник древесины, плодое, медоносное и лекарственное растение, а также в садово-парковых посадках, создании приовражных, ветроломных полос, так

как имеет глубокую прочную корневую систему. Плоды округлой или грушевидной формы, 1,4–7,0 см в диаметре, по массе варьируют от 15 до 90 г, семена яйцевидные, кожистые, гладкие. Масса 1000 семян равна 35–50 г. Окраска плодов от зеленовато-желтой до желтой с красноватыми пятнами. Мякоть плодов груши уссурийской сочная, жесткая, ароматная с каменистыми клетками. По вкусу – от очень терпкой и кислой до довольно приятной. После непродолжительной лежки плоды становятся пригодными к потреблению в свежем виде и для переработки [3; 5].

Цель работы – изучить плоды груши уссурийской, выращенных в условиях лесостепи Приобья из семян, полученных в 1980-е годы из Хабаровского края. В задачи наших исследований входило проведение оценки биометрических и химических показателей плодов груши уссурийской.

Условия, материалы и методика исследований. Исследования проведены в дендропарке Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции (СибНИИРС) – филиале ИЦиГ СО РАН. Территория дендропарка входит в состав лесостепи Западной Сибири.

Исследовали 8 коллекционных растений груши уссурийской, выращенных из семян, полученных из Хабаровского края в 1980-е годы. Объектом исследования стали плоды и семена урожая 2016 г. Плоды отбирали в оптимальной спелости (I декада сентября), типичные для данного года по форме и окраске, не поврежденные болезнями и вредителями. Их снимали с каждого 8 деревьев равномерно с верхних, средних и нижних веток, со всех сторон кроны по отношению к сторонам света, затем складывали в ящики. Для средней пробы плоды брали из каждого ящика без выбора. Масса среднего образца составила 2 кг. Отбор среднего образца для проведения химического состава плодов проведен согласно методике [6]. Биохимический анализ образцов проводили по А.И. Ермакову [1], арбутина – по З.А. Седовой с соавт. [6]. Внутривидовую изменчивость признаков оценивали по шкале С.А. Мамаева [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Один из основных показателей качества плодов – их размер, форма и окраска [7]. Форма плода в наших экспериментах преобладала округлая и округло-овальная. Средняя высота плода составила $3,4 \pm 0,1$ см, минимальная – 2,7, максимальная – 4,4 см. Средний диаметр плода $3,7 \pm 0,1$ см, минимальный – 3,2, максимальный – 4,8 см. Коэффициент вариации обоих показателей низкий.

По массе плоды груши подразделялись на очень мелкие (25 г и меньше), мелкие (26–50), средней величины (51–75), выше среднего (126–175) и крупные (более 176 г) [4]. Масса плода изученных образцов варьировала от очень мелкой (22,3 г) до средней (53,5 г). Средняя масса плода составила $33,2 \pm 1,3$ г,

коэффициент ее вариации оказался повышенным (22,1 %). В естественных условиях величина плодов груши уссурийской варьирует от 1,5 до 6,5 см, масса – от 10 до 90 г [4], что примерно соответствует нашим данным.

Масса 1000 нормально развитых семян, полученных методом водной флотации, у исследуемых растений составила 33,8 г, что ниже, чем в естественном ареале [3]. При свободном (естественном) опылении в условиях дендропарка среднее число нормально развитых семян составило $7,6 \pm 0,3$ шт./плод при варьировании от 4,0 до 10,0 шт., коэффициент вариации повышенный (23,5 %). Длина семени варьировала от 0,4 до 0,6 см, ширина – от 0,2 до 0,3 см.

Привлекательность внешнего вида плодов зависит от окраски и степени зрелости. Окраска плодов у груши уссурийской варьирует от ярко-желтой до желтой с красноватым румянцем и грязно-зеленой со слабым желтым оттенком. Преобладающее большинство плодов желтого цвета. Плоды с ярко-выраженным ароматом, плотной кожицей и грубой мякотью. Вкус терпкий, кисло-сладкий, при непродолжительном хранении терпкость уменьшается.

По данным В.П. Петровой [3], в природных условиях ареала содержание сухих веществ в зрелых плодах составляло 22,0–28,0 %, сахаров – 6,4–8,4 (из них моносахаров – 2,8–5,6), титруемых кислот 2,5–2,8 %, аскорбиновой кислоты – не более 8,5 мг. Количество сухого вещества в плодах дает представление о их ценности. Преобладающее значение при этом отводится сахарам [7]. В наших исследованиях количество сухих растворимых веществ в мякоти плодов груши уссурийской составило $26,6 \pm 0,3$ % при варьировании от 25,0 до 30,5 %. Коэффициент вариации признака – 6,6 %, что соответствует очень низкой степени изменчивости. Содержание суммы сахаров составило $11,5 \pm 0,3$ % (lim 9,4–14,6) в том числе моносахаров – $8,3 \pm 0,2$ % (lim 6,9–10,5) при варьировании средней степени ($C_V = 16,2$ и $13,2$ % соответственно). Массовая доля арбутина в пересчете на исходное вещество равнялась $0,59 \pm 0,04$ при минимуме 0,41 и максимуме 0,76. Коэффициент вариации 18,2 %. Среднее количество витамина С в плодах груши уссурийской в наших исследованиях составило $7,6 \pm 0,4$ мг/100 г при варьировании от 3,9 до 12,2 ($C_V = 26,7$ %). Среднее количество каротина в опыте $2,5 \pm 0,1$ мг/100 г при минимуме 1,9 и максимуме 3,5 мг/100 г ($C_V = 28,4$ %). Среднее количество нитратов в плодах груши уссурийской, растущей в дендрарии СибНИИРС, составило $8,1 \pm 0,2$ мг/кг (lim 5,8–10,0) при минимально допустимом их содержании в груше 60 мг/кг [8]. Титруемая кислотность (общая кислотность) (в % по яблочной кислоте) составила $1,1 \pm 0,1$ % (lim 0,5–2,2).

В процессе сушки, проведенной нами в течение 30 ч при температуре теплоносителя 55 °С, химический состав сушеных плодов груши уссурийской

согласно количественным показателям, значительно изменился. Так, содержание сухого вещества увеличилось в 3,5 раза – до $92,9 \pm 0,1$ % при минимуме 92,6 % и максимуме 93,3 % ($C_V = 0,3$ %). Содержание суммы сахаров составило $22,0 \pm 0,6$ % (lim 20,5–24,4), в том числе моносахаров – $12,4 \pm 0,2$ % (lim 12,0–13,1) при очень низкой степени варьирования ($C_V = 6,7$ и 3,2 % соответственно). Кроме того, при термической обработке происходит изменение показателя витамина С. В сухих плодах груши уссурийской концентрация аскорбиновой кислоты увеличилась и составила $13,1 \pm 0,2$ мг/100 г при варьировании от 12,0 до 13,1 мг/100 г ($C_V = 3,5$ %). Уменьшилось количество каротина – до $0,05 \pm 0,02$ мг/100 г при минимуме от 0 (следы) и максимуме 0,09 ($C_V = 86,25$ %). Увеличилось численное значение титруемой кислотности и содержание нитратов, содержание нитратов в сухих плодах груши уссурийской составило $12,3 \pm 0,4$ мг/кг (lim 11,3–13,6). Титруемая кислотность (общая кислотность) (в % по яблочной кислоте) составила $2,7 \pm 0,00$ % (lim 2,69–2,71).

Заключение. Растения груши уссурийской, интродуцированные в условиях лесостепи Приобья (дендрарий Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала ИЦиГ СО РАН), оказались способными формировать плоды со свойствами, близкими к показателям плодов данной культуры, формирующимся в естественных условиях произрастания. Проведенные исследования показали, что данные плоды могут быть использованы в свежем и сушеном виде как дополнительный комплексный источник биологически значимых веществ.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений.- Л.: Агпроиздат, 1987. – 430 с.
2. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. – С. 3–14.
3. Петрова В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. – М.: Лес. пром-сть, 1987.– 247 с.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск, 1961. – 495 с.
5. Савельев Н.И., Макаров В.Н., Чивилев В.В., Акимов А.Ю. Груша – исходный материал генетика селекция. – Мичуринск: Кварта, 2006. –159 с.
6. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И. Оценка сортов по химическому составу плодов // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – С. 160–167.
7. Широков Е.П. Практикум по технологии хранения и переработки плодов и овощей. – М.: Колос, 1974 – 223 с.

8. [Электронный ресурс]. – <http://teddy-love.com/soderzhanie-nitratov-v-ovoshhah-fruktah-i-myase-v-ashane.html>.) [36, 37].

THE CHARACTERIZATION OF FRUITS OF ALIEN USSURI PEAR (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr.)

Likhenko N.N. Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS, likhenko.n@yandex.ru Parkina O.V. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, NSAU, Novosibirsk, Russia, Kapko T.N. Agronomist of the 1st category, SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS, Novosibirsk, Russia, Salmina I.S. Candidate of Biological Sciences, Head of Department, SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS, Novosibirsk, Russia

The round and round-oval shape of the fruit of Ussuri pear prevailed, the color of the fruit varied from bright yellow to yellow with a reddish blush and a dirty green with a weak yellow tint; the fruit weight varied from very small (22.3 g) to medium (53.5 g). 1000 seeds weight was 33.8 grams, the average number of seeds in fruits was 7.6 ± 0.3 . The amount of dry soluble matter in the pulp was $26.6 \pm 0.3\%$, the content of sugar was $11.5 \pm 0.3\%$. The mass fraction of arbutin in terms of the original substance was 0.59 ± 0.04 ; the average content of vitamin C was 7.6 ± 0.4 mg / 100 g, carotene was 2.5 ± 0.1 mg / 100 g; the average amount of nitrates in Ussuri pear fruits was 8.1 ± 0.2 mg / kg with the maximum allowed content in pear was 60 mg / kg. In general, plants of the Ussuri pear introduced in the conditions of the forest steppe of the Ob Region form fruits with properties close to the indices forming in the natural area of growth.

Key words: Ussuri pear, fruit, fruit shape, fruit height, fruit mass, arbutin.

УДК 635.21(631.5)571.12

СОРТА КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ, КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

Логинов Ю.П., д.с.-х.н., профессор, Казак А.А., к.с.-х.н., зав. каф., Семенов А.С., ассистент ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия, e-mail: kazaknastenska@rambler.ru

Для создания сортов, устойчивых к болезням и другим стрессовым факторам нужен новый исходный материал. В статье проанализированы результаты изучения сортов, созданных в научных учреждениях страны методом отдалённой гибридизации. Установлено, что сорта Зарево, Гусар, Чародей, Снегирь, Пушкинец, Няяда, Очарование и др. характеризуются высокой урожайностью и качеством клубней. Сорта имели хорошо развитую листовую поверхность, устойчивость к фитофторе, вирусным болезням, ризоктониозу. Отмеченные и другие изучаемые сорта проявили своё преимущество перед стандартами на высоком и среднем фонах питания. Их можно использовать в селекционных программах.

Ключевые слова: картофель, сорт, урожайность, качество клубней, исходный материал.

Селекция картофеля на основе использования исходного материала в пределах культурного вида привела к обеднению пула генов, поэтому реестровые сорта подвергнуты заболеванию [1]. На посевах картофеля часто

появляются фитофтороз, вирусные и другие болезни, которые уносят 20-30 % урожая и более [2, 3]. По этой причине увеличилось в последние годы количество используемых химических препаратов и обработок, что представляет опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Радикальный путь решения отмеченной проблемы – создание сортов с использованием генов от диких видов картофеля. Надо отметить, что в Сибири это направление развивается слабо, хотя в прошлом столетии активно начиналось изучение диких видов картофеля в Новосибирске, в ботаническом саду [4]. В селекционных учреждениях Европейской части страны такие исследования проводятся активно. Примером тому могут служить ВНИИР им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербургский ГАУ, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, Северо-Западный НИИСХ и др. При этом, результаты селекции последнего научного учреждения заслуживают особого внимания. Серия сортов картофеля, созданных здесь методом отдалённой гибридизации, являются ценными не только для производства, но и для селекционных исследований.

Цель исследований: изучить в лесостепной зоне Тюменской области сорта картофеля Северо-Западного НИИСХ и других научных учреждений, полученных методом межвидовой гибридизации, установить их ценность для селекции.

Место и методика исследований. Исследования проведены в 2015-2017 гг. на опытном поле ГАУ Северного Зауралья, в северной лесостепи Тюменской области. Почва чернозём выщелоченный, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу, средне обеспечена элементами питания, реакция почвенного раствора 6,7. Предшественники однолетние травы на зелёную массу и картофель. Минеральные удобрения вносились после однолетних трав на планируемую урожайность 50 т/га (высокий фон). По предшественнику картофель удобрения не вносили (средний фон питания).

Обработка почвы включала глубокую (25-27 см) отвальную вспашку, весеннее боронование, культивацию, нарезку гребней, посадку при температуре почвы +8+10 °С, схема посадки 70x30 см, площадь делянки 15 м², учётная – 10 м², повторность 4-х кратная, размещение делянок рендомизированное.

Объектом изучения были 27 сортов картофеля, полученные методом межвидовой гибридизации. За стандарты взяты широко распространённые реестровые сорта Жуковский ранний и Тулеевский (среднеспелый).

Уход за посевами включал две междурядные обработки, окучивание и две химические обработки препаратами Актара и Децис против личинок колорадского жука.

Наблюдения и учёты проведены по методикам Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5], ВНИИКХ им. А.Г. Лорха [6], А.Б. Доспехова [7].

Результаты исследований и обсуждения. Годы исследований были контрастными по погодным условиям. 2015 г. Характеризовался холодной, влажной погодой, что увеличило продолжительность вегетационного периода на 7-10 суток. Первая половина лета 2016 г. Отличалась вполне благоприятными условиями. Растения картофеля хорошо росли, развивались и сформировали сильные кусты, но установившаяся сухая, жаркая погода во второй половине лета привела к снижению крупности клубней и урожайности. Лето 2017 г. Было тёплым и избыточно влажным, что способствовало развитию болезней и загниванию клубней в гнезде у отдельных сортов.

У изучаемых сортов картофеля хозяйственная спелость отмечена на уровне стандартных сортов в каждой группе спелости. Уборка проходила с 25 августа по 10 сентября. Исключение составил 2015 г., когда уборка закончилась 20 сентября, а у сортов Загадка Питера, Сиреневый туман, Зарево – 27 сентября. К этому времени температура воздуха опустилась до +14 °С, а почвы до +10 °С.

Для получения высокой урожайности клубней растения картофеля должны сформировать к фазе цветения хорошо развитую листовую поверхность – 40-50 тыс. м²/га [8, 9]. Во все годы исследований, включая и 2016 г., изучаемые сорта картофеля сформировали хорошо развитую листовую поверхность на высоком фоне питания. В скороспелой группе она изменялась от 32-34 тыс. м²/га у сортов Жуковский ранний, Лига, Снегирь, Пушкинец до 39 тыс. м²/га у сортов Чародей и Жемчужина. В среднеспелой группе площадь листьев была выше на 6-10 тыс. м²/га. Максимальная площадь – 48 тыс. м²/га отмечена у сортов Зарево и Гусар, у стандартного сорта Тулеевский – 38 тыс. м²/га. Остальные сорта занимали промежуточное положение между стандартом и лучшими сортами.

На высоком фоне питания площадь листьев тесно коррелирует с урожайностью клубней изучаемых сортов картофеля. При этом коэффициент корреляции изменялся в скороспелой группе от 0,69 у сорта Сказка до 0,83 у сортов Чародей и Жемчужина. Аналогичная картина наблюдалась и в среднеспелой группе спелости. Здесь она изменялась от 0,61 у сортов Загадка Питера, Сиреневый туман до 0,78 у сорта Гусар.

На среднем фоне питания площадь листьев в 1,5-2 раза ниже по сравнению с высоким фоном питания, но разница между изучаемыми сортами картофеля в обеих группах спелости сохраняется.

Урожайность в скороспелой группе на высоком фоне питания изменялась от 42 т/га у стандартного сорта Жуковский ранний до 47-48 т/га у сортов

Чародей и Оредежский. На среднем фоне питания выделились эти же сорта, а также – Сказка, Пушкинец с урожайностью 27-30 т/га, у стандартного сорта – 20 т/га (рис. 1).

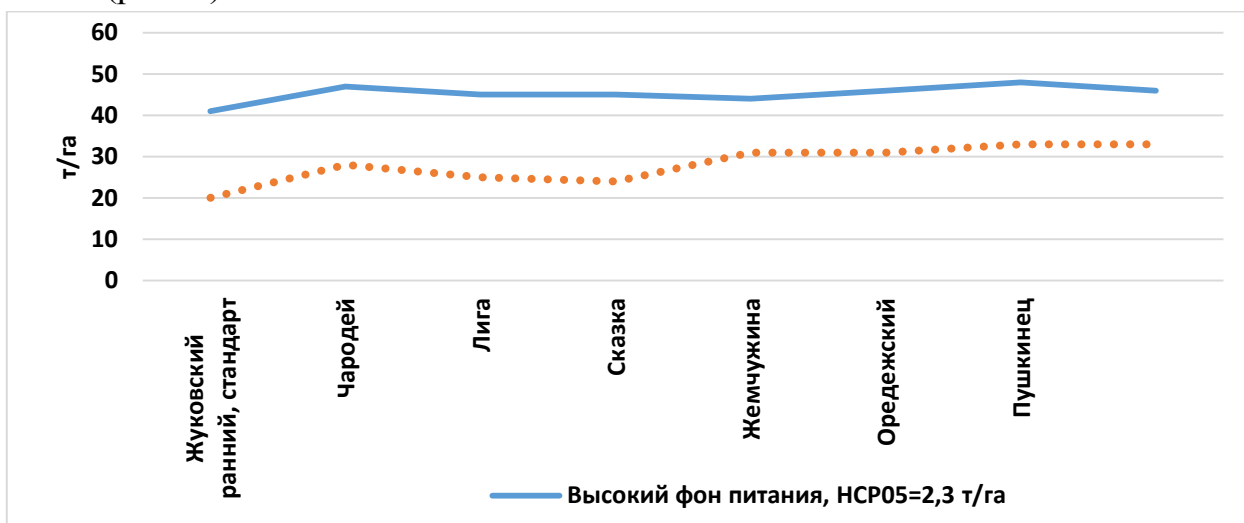


Рисунок 1 – Урожайность скороспелых сортов картофеля, 2015-2017 гг.

В среднеспелой группе на высоком фоне питания выделились сорта Зарево, Гусар с урожайностью 48-49 т/га, у стандартного сорта Тулеевский – 45 т/га. На среднем фоне питания более урожайными были Сиреневый туман и Гусар – 31-32 т/га, у стандартного сорта – 18 т/га (рис. 2).

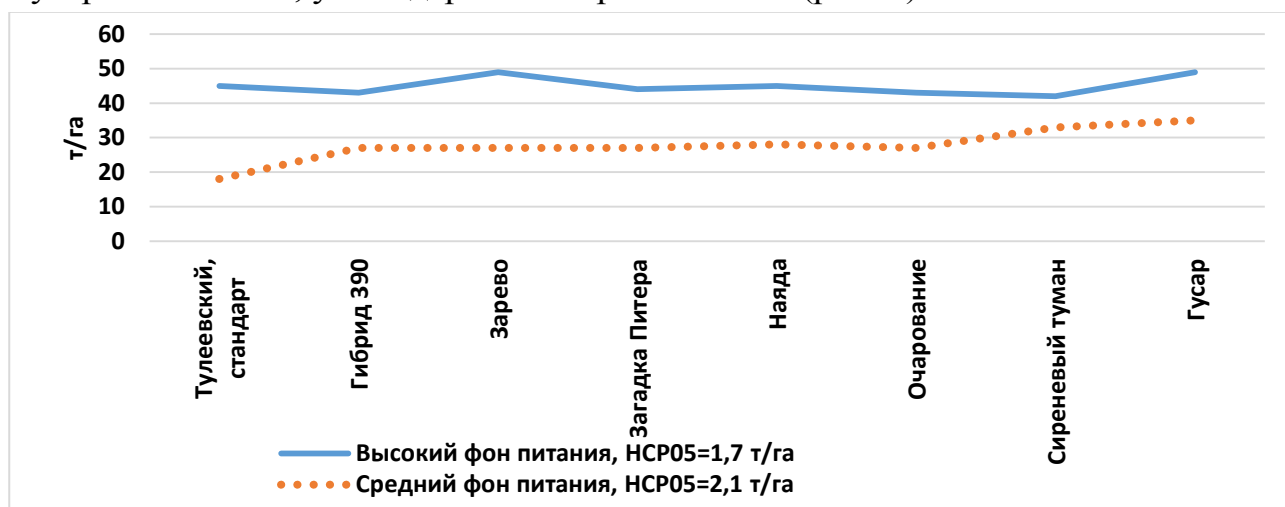


Рисунок 2 – Урожайность среднеспелых сортов картофеля, 2015-2017 гг.

У изучаемых скороспелых сортов картофеля биохимические показатели клубней выше стандартного сорта Жуковский ранний. Так, превышение по крахмалу составило 1,9-5,1%, витамину «С» - на 2,2-6,7 мг %, вкусовой оценке – на 0,5-1,2 баллов. При этом максимальная (4,5-4,6 баллов) оценка была у сортов Чародей, Пушкинец и Сказка (табл. 1).

Таблица 1

Качество клубней скороспелых сортов картофеля, 2015-2017 гг.

№ п/п	Сорт	Товарность, %	Содержание, %		Сбор крахмала с 1 га, кг	Витамин «С», мг %	Вкус, балл	Нитраты, мг/100 г
			сухого вещества	крахмала				
1.	Жуковский ранний, ст-т.	93,8	18,3	13,5	432	15,7	3,4	132
2.	Чародей	92,3	22,7	18,2	675	17,9	4,5	94
3.	Лига	95,4	20,9	16,8	588	18,1	4,3	116
4.	Сказка	90,2	19,6	15,4	585	22,4	4,6	83
5.	Снегирь	91,5	21,3	17,1	607	20,3	4,4	127
6.	Жемчужина	96,1	23,8	18,6	725	18,6	4,2	141
7.	Оредежский	94,7	20,5	15,9	572	21,2	3,9	74
8.	Пушкинец	96,4	21,9	17,3	605	19,7	4,5	159
	НСР05	2,318,3	1,5	1,6	21	1,4	0,3	15

Из среднеспелых сортов по содержанию крахмала (17,3-17,6%) выделились Зарево и Очарование, что на 1,4-1,7% выше стандарта Тулеевский. По вкусовой оценке (4,6 балла) сорта Зарево и Наяда превысили стандарт на 0,3 балла. Остальные изучаемые сорта были на уровне стандартного сорта Тулеевский (табл. 2).

Таблица 2

Качество клубней среднеспелых сортов картофеля, 2015-2017 гг.

№ п/п	Сорт	Товарность, %	Содержание, %		Сбор крахмала с 1 га, кг	Витамин «С», мг %	Вкус, балл	Нитраты, мг/100 г
			сухого вещества	крахмала				
1.	Тулеевский, ст-т.	96,1	20,5	15,9	731	17,5	4,3	168
2.	Гибрид 390	97,3	19,1	14,6	643	19,1	4,5	121
3.	Зарево	94,7	21,9	17,3	830	18,4	4,6	145
4.	Загадка Питера	96,5	20,7	16,1	724	20,6	4,3	187
5.	Наяда	93,8	19,6	15,4	708	17,9	4,6	114
6.	Очарование	95,2	22,1	17,6	774	15,1	4,2	96
7.	Сиреневый туман	91,9	19,3	14,7	617	19,3	4,4	139
8.	Гусар	94,3	19,6	15,4	739	17,8	4,5	151
	НСР05	2,1	1,5	1,3	18	1,7	0,2	12

На среднем фоне питания биохимические показатели клубней скороспелых и среднеспелых сортов картофеля ниже по сравнению с высоким фоном, но преимущество изучаемых сортов перед стандартами сохраняется.

Заключение: Изучаемые сорта картофеля, созданные методом межвидовой гибридизации, имеют преимущество перед стандартами каждой группы спелости по урожайности и качеству клубней. Они относятся к ценному исходному материалу для использования в селекционных программах.

Список литературы

1. Киру С.Д. Генетическое разнообразие мировой коллекции картофеля ВИР и ее использование в селекции / С.Д. Киру, Л.И. Костина, О.С. Косарева, Т.Э. Жигadlo, С.Н. Травина, Н.А. Чалая, Т.В. Кирпичева // Достижения науки и техники АПК. – 2015. Т. 29. № 7. – С. 31-34.
2. Логинов Ю.П. Картофелеводство Сибири - надёжный резерв продовольственной безопасности страны / Ю.П. Логинов, А.А. Казак, Л.И. Якубышина // В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 192-197.
3. Логинов Ю.П. Экологическая пластичность сортов картофеля в условиях Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. № 1-4 (61). – С. 24-28.
4. Перлова Р.Л. Поведение видов картофеля в разных районах СССР / Р.Л. Перлова. Изд-во Академии наук СССР. – М., 1958. – 237 с.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1997.- 216 с.
6. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: ВНИИКХ, 1967. – 262 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // М., Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Логинов Ю.П. Рекомендации по выращиванию картофеля в ЛПХ Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак. Тюмень. – 2017. – 47 с.
9. Логинов Ю.П. Динамика формирования урожайности и качества клубней раннеспелых сортов картофеля в лесостепной зоне Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак, Л.И. Якубышина // Овощи России, № 2 (31). – 2016. – С. 83-85.

POTATOES GRADES RECEIVED BY METHOD OF TRANS-SPECIES HYBRIDIZATION AS INITIAL MATERIAL FOR SELECTION

*Loginov Yu.P., of agricultural N, professor, Kazak A. A., to. agricultural N, manager. kaf.,
Semenkov A. S., assistant*

*FGBOOU WAUGH Gosudarstvenny agricultural university of the Northern Trans-Ural region,
Tyumen, Russia, e-mail: kazaknastenska@rambler.ru*

For creation of the grades steady against diseases and other stressful factors new initial material is necessary. In article results of studying of the grades created in scientific institutions of the country by method of the remote hybridization are analysed. It is established that grades Glow, the Hussar, the Magician, the Bullfinch, Pushkinets, the Naiad, the Charm, etc. are characterized by high productivity and quality of tubers. Grades had well developed sheet surface, resistance to a phytophthora, viral diseases, a rizoktonioz. Noted and other studied grades have shown the advantage before standards on high and average backgrounds of food. They can be used in selection programs.

Keywords: potatoes, grade, productivity, quality of tubers, initial material.

**ФОРМИРОВАНИЕ КАРИОТИПОВ У ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ
ГИБРИДОВ F₅ ПОКОЛЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ДИСОМНО-ЗАМЕЩЕННОЙ ЛИНИИ 1Rv(1A)**

Логинова Д.Б., научный сотрудник, ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск,
Россия, Володина Е.А., старший лаборант, ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск,
Россия, Силкова О.Г., ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН,
Новосибирск, Россия

Изучены карiotипы F₅ поколения пшенично-ржаных гибридов, полученных в разные вегетации с использованием замещенной линии 1Rv(1A). У двух групп гибридов F₅, отличающихся происхождением, выявлены различные пути формирования карiotипов. Растения первой группы характеризовались преимущественно октоплоидным числом хромосом (42.3% растений), из них 16 хромосом принадлежали геному ржи, у остальных растений (2n=52-55) была выявлена анеуплоидия по хромосомам пшеницы и ржи. У растений второй группы число хромосом варьировало от 40 до 47, однако большинство растений (40.6%) имело карiotип 2n=43 с 4 или 5 хромосомами ржи.

Ключевые слова: стабилизация карiotипа, геномная *in situ* гибридизация, пшенично-ржаные гибриды.

Виды трибы Triticeae широко используются в гибридизации с мягкой пшеницей *Triticum aestivum* L. для передачи этой культуре хозяйственно-ценных признаков. Хроматин ржи *Secale cereale* L. используется как в селекции мягкой пшеницы [1-3], так для создания различных форм тритикале [4-7]. Процесс реорганизации пшенично-ржаных гибридных геномов сопровождается элиминацией геномов пшеницы, пшеничных и ржаных хромосом, а также их структурными изменениями [8], что в ряде случаев приводит к стерильности гибридного материала. Для повышения эффективности в получении плодовых гибридов необходим подбор исходных генотипов для гибридизации. Целью данной работы было оценить вклад генотипа замещенной линии 1Rv(1A) в формирование карiotипов пшенично-ржаных гибридов, полученных в результате мейотической реституции.

В работе были использованы сорт ржи яровой *S. cereale* L. Онохойская и пшенично-ржаная дисомно-замещенная линия 1Rv(1A), 2n = 42, (*T. aestivum* L. сорт Саратовская 29 x *S. cereale* L. сорт Вятка) [9]. Гибриды F₁ (BADR) получены при скрещивании линии 1Rv(1A) с сортом ржи Онохойская (1Rv(1A)xR) и выращены в разные вегетации, весной 2008 (потомство №1) и весной 2012 года (потомство №2). Гибриды F₅ получены от самоопыления одного растения потомства №1 (группа №1, табл.) и двух растений потомства №2 (группа №2, табл.).

Происхождение пшенично-ржаных гибридов F₅ поколения

Гибрид F ₂	Гибрид F ₃	Гибрид F ₄	Изучены кариотипы гибридов F ₅ (шт)	
26-1 (потомство №1)	41-7	87-1	5	группа №1
	41-16	88-1	8	
		88-2	6	
		89-6	7	
6-1 (потомство №2)	22-4	72-3	8	группа №2
		72-4	7	
		72-11	8	
		72-12	12	
6-2 (потомство №2)	23-8	76-1	9	
	23-10	77-1	6	
		77-4	5	
		77-8	1	
		109-1	1	
	23-13	109-16	2	
		109-17	2	
		109-20	1	
		109-26	3	
		109-28	2	
		109-31	2	
		109-34	2	

Анализ кариотипов проводился у потомства, полученного от индивидуальных растений, с помощью метода геномной *in situ* гибридизации. Начиная со второго поколения, растения отбирались с числом зерен не менее 20, предполагалась быстрая стабилизация кариотипов у гибридов. Анализ кариотипов растений двух групп показал, что реорганизация геномов гибридов 1Rv(1A)xR шла различными путями (рис 1, 3).

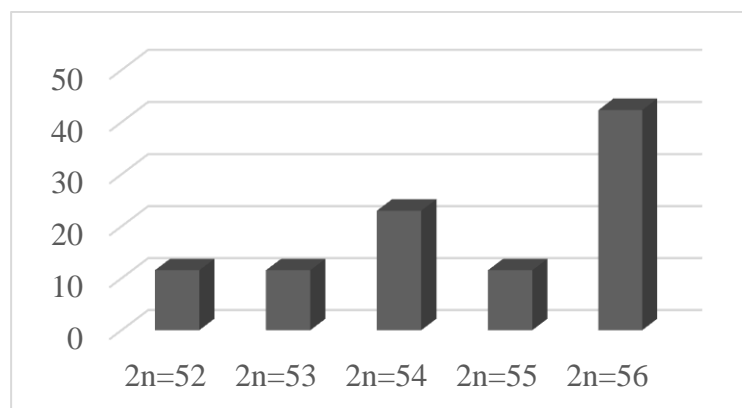


Рисунок 1. Процентное распределение растений по числу хромосом в кариотипах у гибридов группы №1.

Среди 26 растений F₅ группы №1 обнаружены растения с числом хромосом от 52 до 56 (рис. 1). Растения с 2n=56 преобладали (42.3%) (рис.1), их кариотипы содержали 40 хромосом пшеницы и 16 хромосом ржи (рис.2 а). Все 6 исследованных растений потомства 88-2 имели 56 хромосом. Потомства растений 87-1, 88-1 и 89-6 (табл.) были нестабильны как по числу хромосом пшеницы, так и хромосом ржи.

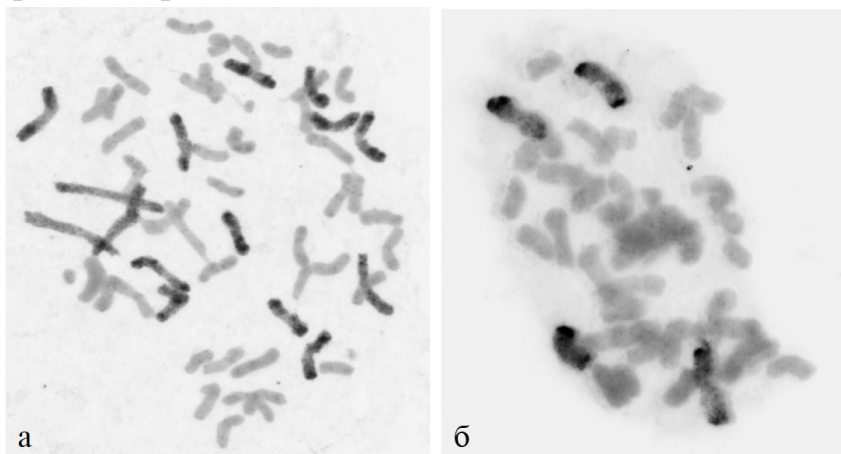


Рисунок 2. Кариотипы растений 93-11 (потомство №1) (а) и 82-12 (потомство №2) (б). Геномная *in situ* гибридизация.

Число хромосом у растений F₅ группы №2 варьировало от 40 до 47 (рис. 3), 26.09% растений из 71 имели 2n=42, а 21.74% - 2n=44. Растения с числом хромосом 2n=43 преобладали (40.6%) (рис. 3), в их кариотипах присутствовало 39 хромосом пшеницы и 4 хромосомы ржи (рис. 2 б). В данной группе растений ни одно потомство не отличалось однородностью кариотипов. Анеуплоидия по хромосомам пшеницы и наличие хромосом ржи у этих гибридов может привести к формированию кариотипов с пшенично-ржаным замещением хромосом.

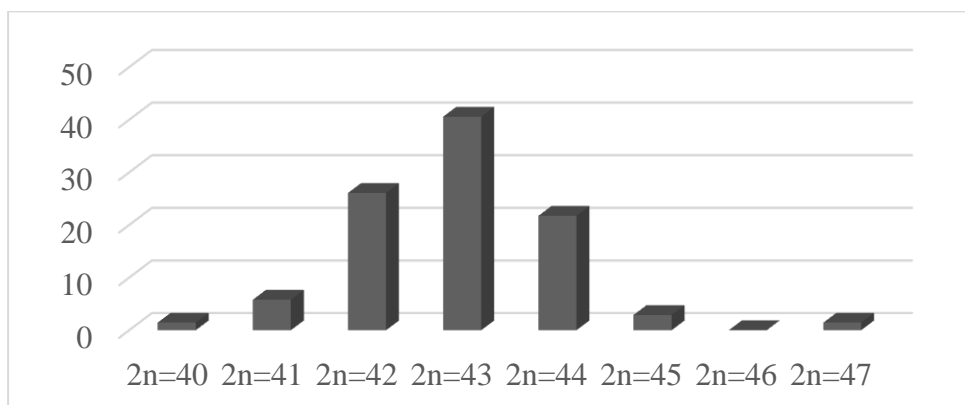


Рисунок 3. Процентное распределение растений по числу хромосом в кариотипах у гибридов группы №2.

Стабилизация кариотипов пшенично-ржаных гибридов в большинстве случаев происходит в F₅ и более поздних поколениях. Однако на основании

полученных результатов можно сделать вывод, что реорганизация кариотипов у пшенично-ржаных гибридов $1R_v(1A)xR$ с хорошей озерненностью не завершается в F_5 поколении ни на октоплоидном, ни на гексаплоидном уровне. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №16-16-0011. Работа по выращиванию растений в ЦКП ЛИВР была поддержана бюджетным проектом №0324-2018-0018.

Список литературы

1. Белан И.А. Изучение хозяйственно-ценных и адаптивных признаков у линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих транслокации $1RS.1BL$ и $7DL-7A_i$ // И.А. Белан, Л.П. Россеева, В.М. Россеев, Е.Д. Бадаева, Ю.И. Зеленский, Н.П. Блохина, С.С. Шепелев, Л.А. Першина // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2012. - Т. 16. № 1. - С. 178 – 186.
2. Трубачеева Н.В. Особенности сортов яровой мягкой пшеницы Западной Сибири, несущих пшенично-ржаную транслокацию $1RS.1BL$ / Н.В. Трубачеева, Л.П. Россеева, И.А. Белан, Т.С. Осадчая, Л.А. Кравцова, Ю.В. Колмаков, Н.П. Блохина, Л.А. Першина // Генетика. - 2011. - Т. 47. - № 1. - С. 18–24.
3. An D. Molecular cytogenetic characterization of a new wheat–rye 4R chromosome translocation line resistant to powdery mildew / D. An, Q. Zheng, Y. Zhou, P. Ma, Z. Lv, L. Li, B. Li, Q. Luo, H. Xu, Y. Xu // Chromosome Res. - 2013. - V. 21. - P. 419 – 432. doi: 10.1007/s10577-013-9366-8
4. Емцева М.В. Разнообразие яровых гексаплоидных тритикале по времени наступления фаз развития в условиях Приобья Западной Сибири / Емцева М.В., Стёпочкин П.И. // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2016. - Т. 20. - № 3. - С. 295 – 302. doi: 10.18699/VJ16.129
5. Дивашук М.Г. Молекулярно-цитогенетическая характеристика линии яровой тритикале 131/7, несущей ржано-пшеничную транслокацию / М.Г. Дивашук, П.Ю. Крупин, А.А. Соловьев, Г.И. Карлов // Генетика. - 2010. - Т. 46. - № 2. - С. 211–217.
6. Дубовец Н.И. Микроэволюционная дифференциация тетраплоидных видов злаков путем формирования рекомбинантных геномов / Н.И. Дубовец, Е.А. Сычева // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2016. - Т. 20. - №3. - С. 378 – 385. doi: 10.18699/VJ16.136
7. Шишкина А.А. Особенности организации кариотипов некоторых форм яровой тритикале / А.А. Шишкина, Е.Д. Бадаева, А.А. Соловьев // Известия ТСХА. - 2009. - С. 123 – 130.
8. Lukaszewski A.J. Translocations and modifications of chromosomes in triticale \times wheat hybrids / A.J. Lukaszewski, J.P. Gustafson // Theor. Appl. Genet. - 1983. - V. 63. № 1. - P. 49 – 55. doi: 10.1007/BF00303771
9. Силкова О.Г. Получение пшенично-ржаных замещенных линий на основе озимых сортов ржи с идентификацией кариотипов методами С-бэндинга, GISH и SSR-маркеров / О.Г. Силкова, О.Б. Добровольская, Н.И. Дубовец, И.Г. Адонина, Л.А. Кравцова, Щапова А.И., В.К. Шумный // Генетика. - 2007. - Т. 43. - № 8. - С. 1149 – 1152

KARYOTYPE FORMATION IN F5 PROGENY OF WHEAT–RYE HYBRIDS PRODUCED WITH DISOMIC SUBSTITUTION LINE $1R_v(1A)$

Loginova Dina Borisovna, the Federal research center Institute of cytology and genetics, The Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Karyotypes of the F5 generation of wheat-rye hybrids, that was obtained in different vegetations using the substituted IRv (1A) line, were studied. Two groups of F5 hybrids differing in origin have revealed various ways of karyotype formation. The plants of the first group were characterized mainly by the octoploid number of chromosomes (42.3% of the plants), 16 of them belonged to the rye genome, and aneuploidy on the chromosomes of wheat and rye was found in the remaining plants ($2n = 52-55$). In the second group, the number of chromosomes varied from 40 to 47, but most plants (40.6%) had a karyotype of $2n = 43$ with 4 to 5 rye chromosomes.

Key words: karyotype stabilization, genomic in situ hybridization, wheat-rye hybrids.

УДК 633.11:631.526

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА КАЧЕСТВО

*Мальцева Л.Т., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
Филиппова Е.А., старший научный сотрудник; Банникова Н.Ю., старший научный сотрудник
ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского
отделения Российской академии наук» г.Екатеринбург. e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru*

Представлены результаты оценки селекционного материала по урожайности и качеству зерна мягкой яровой и озимой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Выделены перспективные высокопродуктивные образцы, рекомендованные как исходный материал для селекции на качество зерна пшеницы.

Ключевые слова: качество зерна, яровая и озимая пшеница, клейковина, исходный материал, продуктивность.

В создании сортов с максимально сбалансированными хозяйственно-ценными признаками основную роль играет изучение исходного материала в виде коллекций отечественных и интродукционных сортов в местных условиях. Учитывая изменчивость признаков под влиянием внешних условий и генотипической среды, необходимо изучать их выраженность и донорские свойства в конкретных условиях. Испытание инорайонных сортов (до 2 тысяч образцов) показало, что в наших условиях они не имели практической ценности и были использованы в роли исходного материала.

Селекция на качество имеет определенные трудности, связанные с комплексностью оценки, состоящей из 13-14 показателей, обусловленных модификационной изменчивостью, их зависимостью от эндогенных и экзогенных факторов. Кроме того, отмечается ограниченность генофонда для выбора надежных доноров, их дефицит [1]. Успех в селекции имеют, как правило, сорта, сочетающие комплекс признаков: высокое качество зерна с урожайностью и устойчивостью к болезням. С этой целью выбор исходных форм со стабильными признаками качества зерна и урожайности проводился в условиях высокой фитопатогенной нагрузки 2015-2017 гг. в ФГБНУ

«Курганский НИИСХ» - филиале УрФАНИЦ УрОРАН. Формирование полноценного зерна в этих условиях служит косвенной оценкой сортов на экологическую пластичность и стабильность. Высокоинформативными показателями при оценке технологических свойств зерна пшеницы являются количество и качество клейковины [2]. Среди 25 скороспелых сортов по содержанию клейковины в муке в среднем за два года выделены сорта Уральская кукушка, Сигма, Форa, Мальцевская 110, Челябинка 2, Боевчанка, Оренбургская 23, превысившие Омскую 36 от 4,2 до 11,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сортов скороспелой группы, 2015-2017 гг.

Сорт	Клейковина в муке, %			ИДК, е.п.			Урожайность, ц/га	
	2015	2016	среднее	2015	2016	среднее	2015-17 гг.	+ - к ст.
Омская 36, стандарт	25,9	22,6	24,2	50	80	65	15,2	ст.
Уральская кукушка	31,4	29,6	30,5	65	105	85	18,1	+2,9
Сигма	28,8	28,1	28,4	55	75	65	22,1	+6,9
Форa	31,7	29,2	30,5	100	100	100	19,4	+4,2
Челябинка 2	35,5	23,0	29,2	65	100	82	11,6	-3,6
Мальцевская 110	33,5	24,4	28,9	65	95	80	16,5	+1,3
Боевчанка	37,7	33,6	35,6	70	110	90	20,9	+5,7
Оренбургская 23	37,5	-		70	-	-	21,9	

Качество клейковины I-й группы стабильно формировал сорт Сигма, показавший урожайность на 6,9 ц/га выше стандарта. В среднеспелой группе из 33 сортов высокое содержание клейковины в среднем за два года сформировали Сударыня, Ингала, на 7,7- 10,7 % выше стандарта (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика сортов среднеспелой группы, 2015-2017 гг.

Сорт	Клейковина в муке, %			ИДК, е.п.			Урожайность, ц/га	
	2015	2016	среднее	2015	2016	среднее	2015-17 гг.	+ - к
Терция, стандарт	22,7	25,1	23,9	70	95	82	15,1	ст.
Сударыня	35,0	34,2	34,6	70	80	75	20,0	+4,9
Ингала	29,5	33,8	31,6	100	110	105	21,5	+6,4
Омская краса	23,8	19,9	21,8	65	85	75	16,5	+1,4
Тулеевская	24,6	20,8	22,7	75	95	85	16,4	+1,3
Уралосибирская	26,9	27,7	27,3	55	110	82	24,0	+8,9

Лучшее качество клейковины (ИДК 75) отмечено у сортов Сударыня и Омская краса. Самые урожайные (Сударыня, Уралосибирская, Ингала) на 4,9-6,4 ц/га продуктивнее Терции.

В позднеспелой группе в 2015 году с содержанием клейковины 29,2-32,6%, выделены сорта Экада 148, Новосибирская 31, Экада 113, Радуга, Геракл. Сохранили преимущество перед стандартом на следующий год только Радуга и Геракл. Качество клейковины позднеспелых сортов в 2016 году ниже,

чем у сортов с более коротким периодом вегетации. Выделенные по качеству сорта урожайнее Омской 35 на 5,4 - 13,3 ц/га.

Таблица 3

Характеристика сортов позднеспелой группы, 2015-2017 гг.

Сорт	Клейковина в муке, %			ИДК, е.п.			Урожайность, ц/га	
	2015	2016	среднее	2015	2016	среднее	2015-17 гг.	+ - к
Омская 35, стандарт	24,6	27,7	26,1	65	95	80	16,9	стан
Экада 148	32,6	24,8	28,7	60	105	82	24,1	+7,2
Новосибирская 31	32,3	24,0	28,1	80	105	92	22,3	+5,4
Экада 113	32,6	24,7	28,6	85	100	92	24,1	+7,2
Радуга	29,9	30,0	30,0	65	105	85	26,4	+9,5
Геракл	29,2	27,9	28,5	75	95	85	30,2	+13,3

Для продовольственной пшеницы очень важны реологические и хлебопекарные свойства муки. В скороспелой группе по силе муки выделился сорт Боевчанка, по объёму хлеба в 2015 году - Форa и Уральская кукушка (945-1010 мл) (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика сортов по хлебопекарным показателям, 2015-2016 гг.

Сорт	Сила муки, е. а.		Объем хлеба, мл		Х/п, балл	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Форa	212	181	945	725	3,5	3,1
Уральская кукушка	161	227	1010	595	3,7	2,1
Боевчанка	327	354	860	680	3,3	2,8
Экада 109	149	168	930	715	3,6	3,0
Л-307-97-7	228	358	870	780	3,4	3,4
Л-363-96-4	202	317	860	885	3,5	3,5
Л-210-99-10	163	286	845	880	3,4	3,4

В среднеспелой группе по объёму хлеба и хлебопекарной оценке выделился сорт Экада 109. По силе муки и высоким хлебопекарным свойствам отмечены позднеспелые сорта: Л-307-97-7, Л-363-96-4, Л-210-99-10.

В производстве получения качественного зерна может способствовать возделывание озимой пшеницы. Она привлекает внимание сельхозтоваропроизводителей высоким генетическим потенциалом урожайности, более ранним созреванием в благоприятных условиях по сравнению с яровой, при котором формируется, как правило, высококачественное зерно [3,4]. В коллекционном питомнике стабильно высокую урожайность по годам показали сорта Умка, Омская 6, Вершина, Башкирская 10, Башкирская 11 с превышением над стандартом 6,2-11,9 ц/га (табл. 5). Полученное зерно озимой пшеницы крупное, хорошо выполненное, с

массой 1000 зерен от 40 до 50 граммов. Натура зерна от 763 до 807 г/л., стекловидность 50 - 68 %.

Таблица 5

Характеристика сортов озимой пшеницы, 2015 – 2017 гг.

Сорт	Урожайность, ц/га					Качество зерна		
	2015	2016	2017	сред- нее	± к ст.	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стеклови- дность, %
Омская озимая,	31,0	33,6	43,6	36,1	ст.	43	820	53
Волжская К	37,0	36,1	34,7	35,9	-0,2	43	824	56
Умка	32,8	44,8	49,3	42,3	+6,2	42	814	50
Зауральская озимая	34,6	36,5	32,4	34,5	-1,6	42	796	58
Омская 6	36,9	53,9	53,1	48,0	+11,9	42	797	68
Вершина	45,9	45,3	46,6	45,6	+9,5	41	806	57
Башкирская 10	40,4	40,0	42,4	40,9	+4,8	38	776	52
Васса	38,7	31,4	46,4	38,8	+2,7	50	803	50
Донэко	13,0	46,4	47,6	33,1	-3,0	47	807	57
Безенчукская 790	19,1	40,5	39,9	33,2	-2,9	47	763	61
Башкирская 11*	-	44,7	60,6	52,6	+14,0*	42	795	52

* к стандарту за два года

Уровень содержания клейковины в муке составил в среднем 30% (табл.

б).

Таблица 6

Технологические показатели качества зерна сортов озимой пшеницы, 2017 г.

Сорт	Клейковина, %	ИДК	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, мл	Х/п оценка, балл
Омская озимая,	29,8	90	257	770	3,3
Волжская К	34,2	100	489	765	3,1
Умка	26,6	95	301	930	3,7
Зауральская озимая	29,1	80	363	875	3,7
Омская 6	31,2	85	409	780	3,4
Вершина	30,6	80	347	690	3,0
Башкирская 10	31,8	100	291	785	3,2
Васса	28,0	110	256	680	2,8
Донэко	31,4	90	295	805	3,5
Память	30,3	85	467	760	3,5
Башкирская 11	29,2	95	219	710	3,1
Безенчукская 790	26,2	85	350	780	3,3

У сортов Волжская К, Омская 6, Донэко, Башкирская 10 получена клейковина от 31,2 до 34,2%, у стандарта – 29,8 %. В условиях этого года сорта озимой пшеницы показали «силу муки» от 301 до 489 е.а. при уровне стандарта 257 е.а. и объем хлеба 780-930 мл, стандарт 770 мл. Хлебопекарную оценку 3,5-3,7 балла, что выше стандарта Омская озимая, показали сорта Зауральская озимая, Умка, Донэко, Память. По качественным характеристикам зерна сорта с

высокими показателями были включены в скрещивание с аборигенным селекционным материалом, прошедшим жесткий искусственный и естественный отбор в местных условиях.

Таким образом, изучение в местных условиях коллекционного материала мягкой яровой и озимой пшеницы по широкому спектру важнейших признаков облегчает подбор пар для скрещиваний по эколого-географическому принципу, позволяющему получить ценный гетерогенный материал для целенаправленного селекционного процесса.

Список литературы

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика): монография / А. А. Жученко. – М., ООО «Изд-во Агрорус», 2004. - 1109 с.
2. Фенотипическая стабильность сортов озимой пшеницы по критериям качества зерна / В.М. Бебякин, А.И. Сергеева, О.В. Крупнова, А.И. Прянишников, Т.Б. Кулеватова // Агро XXI. - 2007. - №4. - С. 14-16.
3. Формирование основных показателей качества зерна /Л.Т. Мальцева, Е.А. Филиппова, Н.Ю. Банникова, И.А. Дробот // Аграрный вестник Урала. - 2017. - №5. - С.33-39.
4. Реализация потенциала качества зерна новых сортов озимой пшеницы / Г.И. Букреева, Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов, О.Ю. Пузырная, А.В. Васильев, А.М. Васильева // Земледелие. - 2011. - №4. - С.21-23.

THE INITIAL MATERIAL FOR WHEAT BREEDING FOR QUALITY

Maltseva L. T, candidate of agricultural Sciences, senior researcher, E. A. Filippova, senior research; Bannikova N. Yu., senior researcher

Federal state budgetary scientific institution «Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science» g Ekaterinburg

The results of evaluation of breeding material on productivity and quality of grain of soft spring and winter wheat of various ecological and geographical origin are presented. Promising high-yielding samples, recommended as initial material for breeding for grain quality of wheat.

Key words: grain quality, winter and spring wheat, gluten, source material, productivity.

УДК 578:633.11:631.527:633.16:577.14

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ ГИБРИДОВ С ДИКИМИ СОРОДИЧАМИ В СЕЛЕКЦИИ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ

¹*Масимгазиева А.С. магистр, Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводство, Казахстан, e-mail: miss.masimgazieva@mail.ru*

¹*Абугалиева А.И., ²Моргунов А.И., ¹Кожухметов К.К.*

²*СИММИТ, Турция*

Интрогрессивные формы мягкой пшеницы с участием диких сородичей исследованы по особенностям корневой системы. WinRHIZO-ROOT по 12 параметрам на 3 объектах: 1)

8-10 дневные проростки; 2) надземная часть срезана через три недели; 3) надземная часть не срезана. Срезание надземной части рассматривается как стресс, который индуцирует развитие корневой системы. Выделено 2 генотипа с повышенной степенью реакции на стресс: 1727 (Эритроспермум 350 x *T.kiharae*) и 1671 - (Жетысу x *T.militinae*), по массе корней и листьев. Три генотипа: 1721-6 (Безостая 1 x *T.militinae*) x *T.militinae*-6); 1676 (Стекловидная 24 x *T.timopheevi*); 1674 (Жетысу x *T.militinae*) удерживали воду в корнях на одном и том же уровне при срезании надземной части и без таковой, судя по проценту прироста/потерь.

Ключевые слова: пшеница, дикие сородичи, засухоустойчивость, корневая система, листья/корни

Засухоустойчивость и устойчивость к абиотическим факторам окружающей среды определяется прежде всего состоянием корневой системы в результате прорастания семени с различным потенциалом метаболизма.

Характеристика корней с использованием климат контролируемой системы и прибора WinRHIZO-ROOT осуществлена по нескольким параметрам на 3 уровнях: 1) 8-10 дневных проростков; 2) надземная часть срезана через три недели; 3) надземная часть не срезана.

В стартовых условиях выделены генотипы 231 - (Безостая 1 x *Ae.triaristata*) x Карлыгаш, 1674 – (Жетысу x *T.timopheevi*), 1671 – (Жетысу x *T.militinae*) и 1727 –(Эритроспермум 350 x *T.kiharae*).

Через три недели развития генотипы вновь сравнили между собой по 12 параметрам. Длина корней варьировала от 897,1 см для генотипа 1721-6 (Безостая 1 x *T.militinae*) x *T.militinae*-6 до 1731,4 см у генотипа 1712 (Эритроспермум 350 x *T.militinae*). По развитию корневой системы на более поздних стадиях выделяются генотипы 231(Безостая 1 x *Ae.triaristata*) x Карлыгаш по 9 из 12 признаков, также как и на стадии 8-10 дневных проростков (по 7 из 10) и генотип 1721-9 (Безостая 1 x *T.militinae*) x *T.militinae* (по 10 из 12 признаков) и по 3 из 12 признаков генотип 1712 (Эритроспермум 350 x *T.militinae* [1-2]).

Известно, что срезание надземной части и анализ в последствии корневой системы и отрастающих листьев может косвенно связано с засухоустойчивостью дополнительно к характеристике при прорастании.

Развитие корневой системы в течение трех недель после срезания надземной части на минимальном уровне отмечено для сорта-стандарта Карахан и самом низком среди синтетиков для генотипа 1712 – (Эритроспермум 350 x *T.militinae*) по всем параметрам за исключением количества концов [3-4].

Генотипы по разному реагируют на срезание, как стресс индуцирующий фактор. Так, генотипы 1727 (Эритроспермум 350 x *T.kiharae*) и 1671 (Жетысу x

T.militinae) после срезания характеризуются максимальной степенью выраженности, превышая в т.ч. максимальные значения для генотипов, сформировавших свою корневую систему без срезания надземной части, как по одноименным, так и по всем признакам [3, 4]. Таким образом, генотипы специфично вели себя в системе динамики: 8-10 проростки → 31 день (без среза) → 31 день (срез).

Заключения по сравнительной характеристике корневой системы синтетиков позволяет констатировать более высокий уровень в целом для синтетических пшениц относительно культурных форм.

Соотношение листья/корни (свежие) для проростков находится на уровне 1,09-1,39. Надземная часть преобладает над корневой в максимальных значениях для сорта-стандарта Карахан и генотипов: 1676 (Стекловидная 24 х *T.timopheevi*), 1727 (Эритроспермум 350 х *T.kiharae*) и 1721-6 (Безостая1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-6. Наиболее близкое к 1 соотношение листья/корни отмечено для генотипа 1718 (Безостая 1 х *Ae.cylindrica*). На более поздних стадиях развития растений (30 дней – кущение – выход в трубку) листовая часть развита наиболее мощно для сорта-стандарта Карахан (3,30) и генотипов 1721-4 ((Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-4 (2,74) и 1721-6 (Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-6 (2,43).

При срезании надземной части как ответная реакция увеличивается рост листьев сильнее, чем рост корней для большинства генотипов. Генотипы 1727 ((Эритроспермум 350 х *T.kiharae*), 1671 (Жетысу х *T.militinae*) и 1674 (Жетысу х *T.militinae*) характеризуются снижением соотношения в пользу роста корней, как по параметрам свежих, так и сухих органов. Соотношение «листья/корни» в сухом варианте после срезания изменяется генотипспецифично, хотя в целом уменьшается в пользу корней (сухих). Однонаправленная реакция генотипов на стресс (в сторону роста корней или в сторону роста листьев) в вариантах свежие и сухие органы растений позволяет дифференцировать генотипы. Разнонаправленность тенденций роста по данным для свежих и сухих вариантов для генотипов 231 ((Безостая 1 х *Ae.triaristata*) х Карлыгаш); 1712 (Эритроспермум 350 х *T.militinae*); 1721-6 ((Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-6) может свидетельствовать о разной способности удерживать воду внутри органов. С этой точки зрения сравнима потеря (удерживания) воды листьями и корнями в опыте по засухоустойчивости. Соотношение свежие/сухие отражает в определенной степени способность удерживать воду.

По листьям после срезания надземной массы увеличивается соотношение свежие/сухие в пользу воды. Листья удерживают влагу сильнее после стресса на 7 – 9 % для генотипов: 1718 (Безостая 1 х *Ae.cylindrica*); 1676 (Стекловидная 24 х *T.timopheevi*), 11-13% для генотипов 1671 (Жетысу х

T.militinae), 231 ((Безостая 1 х *Ae.triaristata*) х Карлыгаш до 43-63% для генотипов 1712 (Эритроспермум 350 х *T.militinae*), 1721-4 ((Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-4) и 1721-6 (Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-6). Практически не теряет влагу генотип 1727 (Эритроспермум 350 х *T.kiharae*), даже накапливает до 2% в листьях в сравнении с контрольным вариантом.

Корни после стресса страдают обезвоживанием (уменьшается отношение свежие/сухие), т.е. потеря влаги, способность удерживать воду характерна для генотипов 1727 (Эритроспермум 350 х *T.kiharae*) (7%), 1718 (Безостая 1 х *Ae.Cylindrica*) (9%), 231 ((Безостая 1 х *Ae.triaristata*) х Карлыгаш) (39%), 1712 (Эритроспермум 350 х *T.militinae*) (50%). Три генотипа: 1721-6 (Безостая 1 х *T.militinae*) х *T.militinae*-6); 1676 (Стекловидная 24 х *T.timopheevi*); 1674 (Жетысу х *T.militinae*) удерживали воду в корнях на одном и том же уровне при срезании надземной части и без таковой, судя по проценту прироста/потерь.

Список литературы

1. Кожухметов К.К. Биологические основы селекции зерновых колосовых культур при отдаленной гибридизации.//Дисс.на соиск.уч.ст.докт.наук.- 2010.
2. Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I. Characteristics of the synthetic wheat root system due to the drought resistance //2nd International Plant Breeding Congress & EUCARPIA – Oil and Protein Crops Conference 1-5 November 2015 Antalya. – P.263.
3. Tazhibayeva T., Abugaliyeva A., Morgounov A., Kozhakhmetov K. Introgressive forms - approach for biotechnology advance of winter wheat on environmental adaptability//16 th International Scientific Earth & Geoscience conference SGEM 2016, Nano, bio and green-technologies for a Sustainable Future. 25. Advance in Biotechnology, 28 June – 07 July, 2016. - Albena, Bulgaria. – P.614-621.
4. Масимгазиева А.С., Аbugалиева А.И., Моргунов А.И., Кожухметов К.К. Синтетические формы пшеницы – как ресурс селекции на засухоустойчивость по характеристике корневой системы//Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию НПЦЗХ им.А.И.Бараева «Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе», Астана-Шортанды. – 9-10 августа 2016 г. – Т.II. – С.124-130.

CHARACTERISTIC OF THE ROOT SYSTEM OF WHEAT AND ITS HYBRIDS WILD SPECIES IN THE BREEDING FOR DROUGHT-RESISTANCE

Massimgaziyeva A.S., masters, Kazakh scientific research institute of agriculture and plant growing, Kazakhstan, e-mail: miss.masimgaziyeva@mail.ru

Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I., Kozhakhmetov K.K.

Introgressive forms of common wheat with the participation of wild relatives were studied on the features of the root system. WinRHIZO-ROOT studied on 12 parameters at 3 objects: 1) 8-10 day sprouts; 2) the aerial part is cut off after three weeks; 3) the aerial part is not cut off. Cutting the aerial part is considered as stress, which induces the development of the root system. Two

genotypes with an increased degree of stress response were isolated: 1727 (*Erythrospermum* 350 x *T.kiharae*) u 1671 - (*Zhetysu* x *T.militinae*), by weight of roots and leaves. Three genotypes: 1721-6 (*Bezostaya* 1 x *T.militinae*) x *T.militinae*-6); 1676 (*Steklovidnaya* 24 x *T.timopheevi*); 1674 (*Zhetysu* x *T.militinae*) retained water in the roots at the same level when cutting the aerial part and without it, judging by the percentage increase / loss.

Key words: wheat, wild relatives, drought resistance, root system, leaves / roots

УДК: 632.4:633.11:321:

**УСТОЙЧИВЫЕ К БОЛЕЗНЯМ СОРТА ПШЕНИЦЫ КАК
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО
(БИОЛОГИЧЕСКОГО) ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА**

Моргунов А.И.¹, Абугалиева А.И.², Шаманин В.П.³, Гультяева Е.И.⁴, Чудинов В.А.⁵,
Рсымбетов А.А.⁶, Зеленский Ю.И.¹, Пожерукова В.Е.³

¹СИММИТ, Турция; ²КазНИИЗуР, Казахстан; ³ФГБОУ, Россия;

⁴ВИЗР, Россия; ⁵Карабалыкская СХОС, Казахстан; ⁶КазНАУ, Казахстан

e-mail: ashat_rsymbetov@mail.ru

Первоначальная признаковая коллекция выявленная по устойчивости на естественном фоне в разных блоках КАСИБ ранжирована на инфекционном фоне и идентифицирована по наличию *Lr* генов.

КАСИБ, яровая пшеница, устойчивость к ржавчине, *Lr* гены.

Казахстанско-сибирская сеть по улучшению яровой пшеницы (КАСИБ) создана под эгидой СИММИТ (Моргунов А.И., 2002) и объединяет 19 научных селекционных учреждений, ареала для более 20 млн. гектар посевных площадей пшеницы. За период деятельности в питомниках КАСИБ изучено более 600 сортообразцов яровой мягкой и твердой пшеницы. Выявлены образцы, показавшие наибольшую урожайность, а также проявившие наибольшую устойчивость к бурой ржавчине [1, 2].

Бурая ржавчина (*Puccinia triticina*) является наиболее распространенным и вредоносным заболеванием яровой пшеницы на севере Казахстана. Наиболее эффективной мерой борьбы с бурой ржавчиной является создание устойчивых к ним сортов. При их создании наиболее перспективно выявление иммунного материала из коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения, скрещивание доноров устойчивости с местными сортами и отбор из гибридных популяций ржавчиноустойчивых форм. Бурая ржавчина проявлялась в различных регионах в той или иной степени практически ежегодно. Наибольшее проявление ржавчины было отмечено в 2000, 2002, 2007, 2008, 2012 и 2013 гг.

Регионы максимального проявления бурой ржавчины отмечены в Карабалыке (КАСИБ-2, 4, 8, 14), Челябинске (КАСИБ-8, 14); Шортанды (КАСИБ-2); Омске (КАСИБ-4); Барнауле (КАСИБ-10).

На основе анализа участников КАСИБ в разных блоках на естественном фоне выделена коллекция для целенаправленного изучения на фенотипическом и генотипическом уровне в виде образцов, проявивших наибольшую устойчивость к бурой ржавчине в питомниках КАСИБ с градацией: 0% поражаемости; до 10% поражения и до 30%.

Выделившиеся образцы проявили распространение болезни в пределах 0-20%. Абсолютно устойчивыми оказались сорта Челяба 75, Экада 85, Омская 39, Экада 113, Омская 41, Эритроспермум 23390, Фитон С-54, Экада 148, Лютесценс 1147.

Из общего питомника КАСИБ для каждого сорта подсчитана доля каждого класса. Наиболее устойчивые с нулевым поражением ржавчиной отмечены Лютесценс 89-06, Лютесценс 151/03-85, Айна, Эритроспермум 85-08, Лютесценс 60/4-4, которые смогли полностью противостоять поражению бурой ржавчиной, в 88-71% случаях смогли противостоять сорта Терция (88 из всех исследованных образцов) Ария (75%), Линия 776, Омская 38, ВК-1, Лютесценс 363/96-4 Основная часть сортов отнесена к генотипам с 10%-ным поражением. К третьему классу (поражение до 30%) относятся сорта Казахстанская 15, Лютесценс 32, А-125, Акмола 2, Скэнт-2. В целом, сорта и генотипы из разных КАСИБ на естественной фоне классифицированы по степени поражаемости (0 до 10% и до 30%) методом кластерного анализа на 3 большие группы [3].

В питомнике КАСИБ 16-17 в условиях Карабалыка как наиболее представительной точке испытаний за весь период существования сети и с максимальным проявлением болезней выявлена дифференциация сортов яровой мягкой пшеницы от полностью устойчивых до полностью поражаемых бурой ржавчиной [4]. К полностью устойчивым по результатам двух репродукций относятся генотипы: Айна, Эритроспермум 85-08, Лютесценс 6/04-4, ЛД 25, слабовосприимчивые с процентом поражения 5% - Лютесценс 2712, с процентом 5-25% - Лютесценс 34/08-19 и Лютесценс 186/04-61, 10-25% - Лютесценс 208/08-4, Новосибирская 18, Чебаркульская 3 и с уровнем 15-25% - сорта Родник, Тобольская.

Таким образом, в качестве источников устойчивости к бурой ржавчине могут быть рассмотрены генотипы Айна, Эритроспермум 85-08, Лютесценс 6/04-4 и ЛД 25. Влияние болезней на качество зерна изучено в общей схеме анализа с урожайностью, методом многомерной статистики. Выявлена отрицательная корреляция между уровнем поражения стеблевой ржавчиной и общей хлебопекарной оценкой ($r=-0,42$). В группу наиболее

высококачественных отнесены генотипы: Лютесценс 715-04, Августина, Лютесценс 27-12, Лютесценс 6/04-4, Чебаркульская 3, которые практически все относятся к устойчивым образцам.

На основе анализа разных КАСИБ сформирована коллекция генотипов пшеницы, устойчивых к бурой ржавчине со стабильностью (0, 10 и 20%) для генетического анализа иммунологической оценки на инфекционном фоне [5]. В результате выявлены: а) высоко устойчивые ко всем классам идентифицированные по LR- гены. б) Высоко устойчивые ко всем клонам (Тип реакции 0 или до 2 баллов). в) Совпадение фитопатологического теста и молекулярного теста.

Таблица 1

Высоко устойчивые ко всем клонам (Тип реакции 0 или до 2 баллов)

№	Сорт/Линия	Питомник	Место происхождения сорта	Гены
1	Лютесценс 13	4 КАСИБ	КСХОС-Карабалык	
2	Лютесценс20	6 КАСИБ	КСХОС-Карабалык	
3	Лютесценс 2	12 КАСИБ	КСХОС-Карабалык	
4	Эритроспермум78	8 КАСИБ	ОмГАУ	Lr10
5	Ом ГАУ 90	10КАСИБ	ОмГАУ	
6	Эритроспермум 85-08	16-17 КАСИБ	ОмГАУ	Lr26
7	Лютесценс 30-94	4 КАСИБ	Павлодарский НИИСХ	
8	Лютесценс 53/95-98-1	8 КАСИБ	Павлодарский НИИСХ	
9	Саратовская 29	12 КАСИБ	Саратов НИИ Юго-Востока	Lr10 Lr1
10	ЛД 25	16-17 КАСИБ	Саратов НИИ Юго-Востока	Lr19
11	Омская 35	12 КАСИБ	Сибирский НИИСХ	Lr19
12	Степная 75	12 КАСИБ	АСХОС-Актюбинск	
13	Лютесценс 1569	12 КАСИБ	НИИРС-Караганда	
14	Экада 148	14 КАСИБ	Фитон-Экада	Lr1 Lr10 Lr19
15	Чебаркульская 3	16-17 КАСИБ	Челябинский НИИСХ	Lr9
Совпадение фитопатологического теста и молекулярного теста				
1	Омская 38 (Lut.242/97-1)	8 КАСИБ	Сибирский НИИСХ	Lr26 Lr19
2	Омская 41	12 КАСИБ	Сибирский НИИСХ	Lr26 Lr19
3	Лютесценс 151/03-85	12 КАСИБ	Сибирский НИИСХ	Lr26 Lr19
4	Лютесценс 186/04-61	16-17 КАСИБ	Сибирский НИИСХ	Lr26 Lr19
7	Терция	4 КАСИБ	Курганский НИИСХ	Lr26 Lr19
6	Лютесценс 120-03	10 КАСИБ	ОмГАУ	Lr26 Lr1 Lr9
Высоко устойчивые идентифицированы LR- гены				
1	Айна	16-17 КАСИБ	КСХОС-Карабалык	Lr24
2	Челяба 75	10 КАСИБ	Челябинский НИИСХ	Lr1 Lr10 Lr66

По сходству иммунологической оценки на инфекционном фоне объединены генетически разные формы, как с известными генами и их комплексом, так и неидентифицированные.

Таким образом, первоначальная признаковая коллекция выявленная по устойчивости на естественном фоне в разных блоках КАСИБ ранжирована на инфекционном фоне и идентифицирована по наличию Lr генов.

Список литературы

1. Morgounov A., Rosseeva L., Koyshibayev M. Leaf rust of spring wheat in Northern Kazakhstan and Siberia: incidence, virulence, and breeding for resistance. - Australian Journal of Agricultural Research. - 2007. - 58. – С. 847-853.

2. Ахметова А., Зеленский Ю.И., Карабаев М.К., Моргунов А.И. Урожайность и устойчивость к ржавчине питомников КАСИБ // Генофонд и селекция растений, 2013, Новосибирск. – С. 3-8.

3. Rsymbetov A., Morgunov A.I., Abugalieva A.I. Forming an indicative collection of spring wheat KASIB 1-16 by the resistance diseases // Ecology Environmental and Conservation. – Vol.23. – Issue 3. – 2017. – P.1763-1769.

4. Рсымбетов А.А., Моргунов А.И., Аbugалиева А.И., Есимбекова М.А., Шаманин В.П. Характеристика признаковой коллекции яровой мягкой пшеницы КАСИБ 4-17 по устойчивости к ржавчинным болезням //Международная научно-практическая конференция. Научные инновации-Аграрному производству, посвященная 100-летию юбилею Омского ГАУ. 21 февраля 2018 год.

5. Е.И.Гультяева. Методы идентификации генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине с использованием ДНК - маркеров и характеристика эффективности Lr- генов. Санкт-Петербург, 2012 г.

SUSTAINABLE WHEAT DISEASE DISEASES AS A GENETIC BASIS FOR ORGANIC (BIOLOGICAL) PRODUCTION OF GRAIN

¹Morgunov A.I., ²Abugalieva A.I., ³Shamanin V.P., ⁴Gulyaeva E.I., ⁵Chudinov V.I.,
⁶Rsymbetov A.A., ⁷Zelensky Yu.I., ⁸Pozherukova V.E.

¹ CIMMYT, Ankara; ²Kazakh Research Institute of Plant Cultivation, Kazakhstan; ³Omsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypin, Russia, ⁴VIZR All-Russian Research Institute for Plant Protection, Russia;

⁵Karalyk Agricultural Experimental Station, Kazakhstan.

⁶Kazakh National Agrarian University - Almaty, Kazakhstan.

e-mail: ashat_rsymbetov@mail.ru

The initial feature collection identified by resistance against a natural background in different CASIB blocks is ranked on an infectious background and identified by the presence of Lr genes.

KASIB, spring wheat resistance to rust Lr genes.

УДК 633.11.631.52

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ И ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ АМФИДИПЛОИДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Мусинов К.К., аспирант, младший научный сотрудник,

Пономаренко В.И., старший научный сотрудник

Козлов В.Е., к.б.н. старший научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал
Федерального исследовательского центра института цитологии и генетики сибирского
отделения Российской академии наук*

Россия, г. Новосибирск

e-mail: musinov29@gmail.com

Приведены результаты многолетних исследований, направленных на получение высокозимостойких, продуктивных сортов озимой пшеницы для Сибири. Наиболее результативным методом получения исходного материала для селекции сортов с высокой выраженностью зимостойкости и продуктивности зарекомендовала себя отдаленная гибридизация. На основе данного метода получены сорта Новосибирская 32, Филатовка, Новосибирская 9, Новосибирская 40 и Новосибирская 51. Успешным оказалось применение озимой ржи в качестве донора зимостойкости, что позволило получить сорт Новосибирская 3. Используя морозо-зимостойкие доноры для внутривидовых скрещиваний получены сорта Обская озимая и Краснообская озимая.

Ключевые слова. Озимая пшеница, гибридизация, зимостойкость, перезимовка, сорт

Многолетнее изучение образцов мировой коллекции ВИР в различных научно-исследовательских учреждениях Западной и Восточной Сибири показывает отсутствие сортов, обладающих высоким уровнем зимней устойчивости, пригодных для стабильного возделывания в жестких почвенно-климатических условиях Сибирского региона [1,2].

Для получения зимостойких форм озимой пшеницы были предприняты попытки индуцировать изменчивость по признаку зимостойкости у слабо зимостойких продуктивных форм методом радиационного мутагенеза (сорт Альбидум 12 ИЦиГ СО РАН), методом химического мутагенеза (сорты Омская озимая, Сибирская Нива, Омская 4 (СибНИИСХ). Методом фитогармональной обработки растений, который приводил к заглужению узла кущения, с последующим отбором по зимостойкости созданы в ФИЦ ИЦиГ СО РАН сорта Багратионовка и Кулундинка, а в СибНИИСХ сорт Омская 5.

Наиболее результативным методом получения исходного материала для селекции зимостойких сортов, оказалась отдаленная гибридизация. В ИЦиГ СО РАН путем гибридизации зимостойких форм озимой пшеницы с инбредными клонами пырея сизого (*Agropyron glaucum*) было получено обширное генетическое разнообразие образцов озимой пшеницы [3]. На его основе получены сорта Новосибирская 32, Филатовка, Новосибирская 9, Новосибирская 40 и Новосибирская 51. В данной статье изложены результаты исследований по получению высоко продуктивных и высоко зимостойких сортов озимой пшеницы на основе пшенично-пырейных и пшенично-ржаных амфидиплоидов.

Исследования проводились на опытных полях СибНИИРС-филиал ФИЦ ИЦиГ СО РАН. В качестве материала для исследований использовались сорта и селекционные линии СибНИИРС, коллекционные сортообразцы ВИР и сорта других оригинаторов.

Озимая пшеница – культура больших возможностей для восточных районов страны. Она полнее использует агроклиматические ресурсы, чем яровая. Основным лимитирующим фактором широкого возделывания озимой пшеницы в Сибири является отсутствие сортов, способных стабильно переносить перезимовку. В Новосибирской области 70% сортовых посевов озимой пшеницы составляют сорта селекции ИЦиГ СО РАН, 13% селекции СибНИИСХ.

Новосибирская 32 Сорт создан методом индивидуального отбора из гибридной комбинации [(Аврора×Агрорунгum glaucum)×Аврора]. Разновидность альбидум. Сорт среднеспелый, вегетационный период 318-334 дня. Зимостойкость 60-65%. Обладает высокой засухоустойчивостью в лесостепной зоне Сибири и устойчивостью к возвратным весенним холодам. Устойчив к пыльной и твердой головне. Масса 1000 зерен 30-32 г. Содержание сырой клейковины 27,2%, сырого протеина 14,6%. Средняя урожайность составила 4,07 т/га, максимальная - 5,77 т/га. Включен в Государственный реестр РФ с 2004 г. по 10 региону.

Новосибирская 40 Сорт создан методом многократного индивидуального отбора из гибридной популяции [(Краснодарская39×А. glaucum)×Краснодарская 39]. Разновидность лютесценс. Сорт среднеспелый. Вегетационный период 318-325 дней. Зимостойкость высокая. Устойчив к полеганию, к пыльной и твердой головне. Относительно устойчив к мучнистой росе. Масса 1000 зерен 35 - 38 г. Содержание белка 14,1-15,2%, сырой клейковины 28,2-32,7%. Урожайность, в среднем, составляет 4,33 т/га, максимальная -5,64 т/га. Включен в Государственный реестр РФ с 2010 г. по 10 и 11 регионам.

Новосибирская 51. Сорт создан методом многократного индивидуального отбора из гибридной комбинации [(Краснодар. 39× А. gaucum)×Ильичевка]. Разновидность лютесценс. Среднеспелый, вегетационный период 336-338 дней. Зимостойкость высокая (65-70%). Устойчив к полеганию, к пыльной и твердой головне. Масса 1000 зерен 34-38 г., содержание белка 13-15%, сырой клейковины в муке 31,4%. Средняя урожайность 4,27т/га, максимальная -5,54 т/га. Сорт включен в Государственный реестр РФ с 2011г. по 10 и 11 регионам.

Новосибирская 3 Сорт создан методом межвидовой гибридизации с последующим многократным отбором из гибридной комбинации F₃ и F₅ (оз.

пшеница Филатовка×тритикале ЛМК 462). Сорт Филатовка [(Краснодарская 39×А. glaucum)×Юбилейная 50] зимостойкий (68-70%), устойчив к засухе, пыльной и твердой головне, слабо поражается снежной плесенью. Селекционная линия тритикале ЛМК 462 имеет высокую зимостойкость, устойчивость к полеганию и болезням. Цитологический анализ растений сорта Новосибирская 3 показал наличие в геноме ржано-пшеничной хромосомной транслокации [4].

Разновидность лютесценс. Среднеспелый, вегетационный период 329-335 дней. Зимостойкость 65-70%, превышает стандарт Новосибирская 32 на 6,6%. На инфекционном фоне поражение бурой ржавчиной составило 0-5%, мучнистой росой -0%, снежной плесенью-5%. Масса 1000 зерен 39,5г., содержание сырой клейковины 32,5%, белка -14,9%. Средняя урожайность 5,1 т/га, максимальная -6,55 т/га. Сорт включен в Государственный реестр РФ с 2014г. по 10 и 11 регионам.

Новосибирская 2 Сорт создан методом внутривидовой гибридизации с индивидуальным отбором из гибридной популяции F₃ (Новосибирская 9×Новосибирская 51). Сорт среднеспелый, вегетационный период 329-335 дней. Зимостойкость на уровне 60-70%. Высота растений 85-90см, устойчив к полеганию (4,4 балла). Поражение мучнистой росой 15-25%, бурой ржавчиной на уровне стандарта. Масса 1000 зерен-38,9 г., натура зерна 766г/л, содержание сырой клейковины 30,2%. Средняя урожайность 4,8т/га, максимальная 6,6 т/га. Сорт включен в Государственный реестр РФ с 2015г. по 10 региону.

Обская озимая Сорт создан методом внутривидовой гибридизации с индивидуальным отбором из гибридной комбинации F₃ (Лютесценс ППГ 60-7×Мироновская 808). Селекционная линия Лютесценс ППГ 60-7, выделена из гибридной популяции [(Аврора×А. glaucum)×Ильичевка]. Сорт среднеспелый, вегетационный период 314-346 дней. Зимостойкость 63%, устойчив к полеганию. Бурой ржавчиной и мучнистой росой поражается ниже стандарта на 10-20 %. Масса 1000 зерен – 34,1 г. Содержание сырой клейковины 25%. Средняя урожайность 4,44 т/га, максимальная -5,59 т/га. Сорт включен в Государственный реестр РФ с 2018 г. по 10 региону.

Краснообская озимая Сорт создан методом внутривидовой гибридизации с индивидуальным отбором из гибридной популяции F₃ (Новосибирская 3×Омская 6). Сорт среднеспелый, вегетационный период 320-325 дней. Зимостойкость 62%, устойчив к полеганию, к пыльной и твердой головне. В условиях инфекционного фона мучнистой росой и бурой ржавчиной поражается ниже стандарта (25-40%). Масса 1000 зерен 37,3 г. Содержание сырой клейковины – 26,6%, содержание сырого протеина 14,04 %. Средний

урожай в конкурсном сортоиспытании 5,51т/га, что на 0,95 т/га выше стандарта. Сорт находится в Государственном сортоиспытании с 2018 года.

Выводы: В ИЦиГ СО РАН методом отдаленной гибридизации озимой пшеницы с пыреем сизым получено обширное генетическое разнообразие образцов озимой пшеницы. Используя их как доноры морозо-зимостойкости и иммунности, созданы сорта озимой пшеницы, востребованные в сельскохозяйственном производстве Сибири.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Артемова Г.В., Степочкин П.И., Пономаренко В.И., Христов Ю.А. Основные результаты работ с озимыми зерновыми культурами в СибНИИРС. // Селекция сельскохозяйственных растений: итоги, перспективы: сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. отделение. СибНИИРС. – Новосибирск, 2005. – С. 17-26.
2. Рутц Р.И. Использование мутантов озимой пшеницы для создания сортов озимой и яровой пшеницы. // Научные основы и практические результаты селекции яровой мягкой пшеницы и озимых мятликовых культур в Западной Сибири: Собрание научных трудов/ Новосибирск, 2005. С. 400-404.
3. Шумный В.К., Чекуров В.М., Козлов В. Е., Титков И.П., Митрофанов Н.Г. Проблемы и методические подходы к созданию сортов озимой пшеницы для Сибири // Генетические методы в селекции растений / Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение. 1992. – С.180-181
4. Степочкин П.И., Пономаренко В.И., Першина А.А., Осадчая Т.С., Трубачева Н.В. Использование отдаленной гибридизации для создания селекционного материала озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК №6. Москва.-2012 с. 37-38.

RESULTS OF WHEAT – WHEATGRASS AND WHEAT – RYE HYBRID BREEDING TO DEVELOP COMMON WHEAT CULTIVARS WITH HIGH WINTER HARDINESS AND YIELDING CAPACITY IN SIBERIAN ENVIRONMENT

Musinov K K, Junior researcher, Ponomarenko V I, Senior researcher

Kozlov V E, Candidate of Biological Sciences, Senior researcher

Siberian Institute of Plant Growing and Breeding - Branch of Federal Research Center of the Institute of Cytology and Genetics of SB RAS, Russia, Novosibirsk

e-mail: musinov 29@ gmail.com

Many years investigations directed to developing common wheat cultivars with high winter hardiness and yielding capacity in Siberian environment are discussed. Distant hybridization was the most effective source of raw material to breed the required cultivars. As a result, cultivars Novosibirskaya 32, Filatovka, Novosibirskaya 9, Novosibirskaya 40 and Novosibirskaya 51 were developed. Application of winter rye as a source of high winter hardiness was also successful and cultivar Novosibirskaya 3 was selected. Two another cultivars Obskayaozimaya and Krasnoobskayaozimaya were developed by application of intraspecific crossings of common wheat accessions with high frost and winter hardiness.

Key words: winter wheat, hybridization, winter hardiness, overwintering, cultivar

УДК 633.1: 631.527

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ОТБОР В ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЯХ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Немцев Б.Ф., научный сотрудник, Стёпочкин П.И., доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Немцев А.Б., инженер

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал
Института цитологии и генетики РАН
630501, Россия, Новосибирская обл., пос Краснообск
e-mail: nembor@ngs.ru*

В статье представлены результаты оценки методов массового отбора по признаку урожайности зерна мягкой яровой пшеницы. Вводятся понятия компенсационный позитивный и компенсационный негативный типы массового отбора, как самостоятельные методы в селекции растений. Проведен сравнительный анализ урожайности по четырем типам массового отбора. Отмечено, что компенсационный массовый отбор более эффективен, чем обычный массовый. За все годы изучения из четырех различных методов массового отбора в F₄ компенсационные отборы достоверно повысили урожайность зерна, по сравнению с исходными родительскими формами – стандартами, и популяциями без отбора.

Ключевые слова: *пшеница, отбор, гибридизация, гибридная комбинация, урожайность зерна.*

Решение о методе отбора растений из исходного материала является важным при создании сортов. Через «бутылочное горлышко» отбора можно пропустить элитное растение (индивидуальный отбор) или группу растений, выделенных по одному или нескольким признакам (массовый отбор). До сих пор актуальны исследования по совершенствованию стародавнего метода массового отбора, особенно по части сравнения массового позитивного и негативного отборов с популяцией без отбора. Выделить из гетерогенной популяции высокопродуктивные генотипы при первичном отборе элитных растений очень трудно из-за сильной модификационной изменчивости количественных признаков. «Отрицательное влияние внешней среды на эффективность отбора состоит в том, что она неодинаково воздействует на различные особи, способствуя развитию признаков у одних и тормозя этот процесс у других» [1]. Если рассматривать рост растений в сообществе, то необходимо учитывать, что растения оказывают влияния друг на друга [2-3]. Мы предполагаем, что ослабление конкуренции между растениями ведет к повышению урожайности.

Эффективность метода массового отбора при сравнении с индивидуальным у пшеницы, судя по некоторым работам [4-6], не очень

высокая, но, тем не менее, имеются селекционные достижения. В России крестьяне создали при помощи массового отбора засухоустойчивые сорта мягкой яровой пшеницы (Полтавка, Русак, Улька, Красноколоска и др.), хорошо приспособленные к местным условиям произрастания. Сибирскими учёными этим методом отбора тоже создан ряд сортов мягкой яровой пшеницы [7]. Основным достоинством данного метода является то, что он технически прост, экономичен и позволяет сравнительно быстро улучшать местные сорта при наименьших затратах труда и средств. Нам не известны случаи, когда селекционер проводил изучение забракованного материала, поэтому нашей задачей ставилось изучение и сравнение «брака» с популяцией без отбора и позитивным и негативным массовым отбором. В начале испытаний мы с академиком Гончаровым Петром Лазаревичем назвали выбракованный материал компенсационным отбором, ввели понятие позитивного и негативного компенсационного отбора, обозначив отличие от массового отбора.

Условия, материал и методика исследований. Исследования проводились в северной лесостепи Новосибирской области на выщелоченных черноземах, на полях ГНУ СибНИИ растениеводства и селекции – филиала ИЦиГ СО РАН.

Для изучения взяты четыре гибридные комбинации – Саратовская 29 х И-363956, И-363956 х Саратовская 29, Скала х Новосибирская 67, Новосибирская 67 х Скала. В делянках площадью 5м² вырывали растения с корнем на средних трёх рядках из семи, исключая краевой эффект. Каждый рядок связывали отдельно. Один ряд оставляли без отбора (популяция), а в двух других проводили позитивный или негативный отбор, учитывая параметры колоса, толщину соломины, корневую систему, длину стебля, продуктивную кустистость. Все что оставалось от позитивного и негативного отбора это и есть компенсационный позитивный и негативный отбор соответственно. Таким образом, каждая гибридная комбинация была разбита на четыре типа отбора.

В течение 1990-1991 гг., отобранный в четвертом поколении, материал и популяция без отбора были размножены в селекционных питомниках. С 1992 по 1996 годы этот материал изучался в методическом питомнике вместе с родительскими формами.

В 1996 году в этих же гибридных популяциях одиннадцатого поколения провели отбор по той же схеме и размножили семена. С 1998 по 2002 годы типы отборов изучались по схеме контрольного питомника. Площадь делянки и повторность не изменялись. Для дальнейшего изучения компенсационного отбора были взяты новые гибридные популяции F₈ (год отбора 2008 г., поколение F₃), полученные на основе сортов Новосибирская 29, Новосибирская

20, Легенда и селекционных линий Л-887 и ГК-258. Статистическую обработку проводили с использованием пакета прикладных программ Snedecor [8].

Результаты исследований. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа была выявлены значимые различия в опытах 1992-1996 гг. компенсационных отборов на урожайность зерна, а в посевах 1998-2002 гг. – всех изученных типов отборов (табл. 1 и 2). Где фактор А – гибридные комбинации, фактор В – методы отбора. Между прямыми и обратными гибридными скрещиваниями имелись существенные различия по типам отбора. Компенсационный тип отбора в эти годы изучения достоверно повысил урожайность зерна (0.10-0.84т/га) по сравнению с исходными родительскими формами – стандартами, и популяциями без отбора. Компенсационный негативный отбор, давший в среднем превышение над средней популяцией 0,28 т/га и средней по родительским формам превышение на 0,56 т/га, оказался наилучшим.

Таблица 1

Сопоставление обобщённых средних урожайности (т/га) зерна 1992-1996 гг. в результате отборов в F₄ у рецiproкных скрещиваний

Варианты	Фактор В							Средние	Разность
	ST	поп	поз	нег	ком/поз	ком/нег			
Саратовская 29 х И-363956	2,48	2,37	2,58	2,33	2,73	2,86	2,56	Контроль	
И-363956 х Саратовская 29	2,14	2,53	2,36	2,42	2,81	2,98	2,54	-0,02	
Скала х Новосибирская 67	2,54	2,61	2,59	2,64	2,89	2,97	2,71	0,15	
Новосибирская 67 х Скала	1,86	2,64	2,60	2,82	2,29	2,46	2,44	-0,11	
Средние	2,25	2,53	2,53	2,55	2,68	2,82	2,56	0,00	
Разница	-0,28	Контроль	0,00	0,02	0,14	0,28	0,03		

НСР₀₅ фактора А - 0,10, фактора В - 0,12.

Примечание к таблице: поп – популяция без отбора; поз – массовый позитивный отбор; нег – массовый негативный отбор; ком/поз – компенсационный позитивный отбор; ком/нег – компенсационный негативный отбор; ST – стандарт (родительские формы).

Таблица 2

Сопоставление обобщённых средних урожайности (т/га) зерна 1998-2002 гг. в результате отборов в F₁₁ у рецiproкных скрещиваний

Варианты	Фактор В							Средние	Разность
	ST	поп	поз	нег	ком/поз	ком/нег			
Саратовская 29 х И-363956	3,42	3,24	3,30	3,62	3,51	3,29	3,40	Контроль	
И-363956 х Саратовская 29	3,03	3,49	3,60	3,45	3,69	3,67	3,49	0,09	
Скала х Новосибирская 67	3,36	2,73	3,18	2,95	2,90	2,85	2,99	-0,40	
Новосибирская 67 х Скала	2,22	2,80	3,10	3,23	3,29	3,63	3,05	-0,35	
Средние	3,01	3,07	3,30	3,31	3,35	3,36	3,23	-0,17	
Разница	-0,06	Контроль	0,23	0,25	0,28	0,30	0,17		

НСР₀₅ фактора А - 0,15, фактора В - 0,18.

Компенсационный негативный тип отбора в F_{11} повысил в среднем по всем комбинациям урожайность зерна по сравнению с исходной популяцией на 0,30 т/га. Это еще раз подтверждает, что отбор на урожайность не всегда эффективен в ранних поколениях и только в более поздних можно отобрать лучшие генотипы.

В последующие годы изучения (2010-2013 гг.) подтвердили результативность применяемых типов отборов на гибридах других комбинаций скрещивания (табл.3). Компенсационный негативный отбор оказался наилучшим, давший в среднем превышение над средней популяцией 0,38 т/га и средней по родительским формам превышение на 0,65 т/га.

Таблица 3

Сопоставление обобщённых средних урожайности (т/га) зерна 2010-2013 гг. в результате отборов у гибридов разных комбинаций скрещивания

Варианты	Фактор В						Средние	Разность
	СТ	поп	поз	нег	ком/поз	ком/нег		
Л-887 х Новосибирская 29	2,97	3,31	3,50	3,57	3,31	3,84	3,48	Контроль
(Легенда х Новосибирская 20) х Новосибирская 20	3,28	3,79	3,95	4,01	3,86	3,70	3,76	0,28
(Легенда х Новосибирская 29) х Новосибирская 29	3,04	3,13	3,06	3,17	3,38	3,60	3,23	-0,25
(ГК258 х Новосибирская 29) х Новосибирская 29	3,15	3,30	3,35	3,47	3,62	3,89	3,46	-0,02
Средние	3,11	3,38	3,46	3,55	3,64	3,76	3,48	0,00
Разница	-0,27	Контроль	0,08	0,17	0,26	0,38	0,10	

НСР₀₅ фактора А - 0,10, фактора В - 0,13.

Выводы

1. Компенсационный позитивный отбор превысил в среднем урожайность на 0,13т/га массовый позитивный, а компенсационный негативный отбор на 0,17 т/га массовый негативный отбор.
2. При сравнении всех массовых типов отбора наилучшим оказался компенсационный негативный отбор, давший повышение урожайности зерна по сравнению с исходной гибридной популяцией на 0,28-0,30 т/га.
3. Компенсационный отбор на урожайность зерна не всегда эффективен в ранних поколениях.

Список литературы

1. Гужов Ю.Л. Закономерности генотипической и модификационной изменчивости количественных признаков и их взаимосвязей. Актовые речи ученых университета. - М.: Изд. Университета Дружбы народов, 1994. - С. 13-29.
2. Долотовский И.М. Генетико-селекционные аспекты взаимовлияния растений.- Уфа, 1987.- 97с.

3. Коновалов Ю.Б., Тукан К.Ф. Вариабельность и взаимосвязи продуктивности и её элементов в разных поколениях гибридов яровой мягкой пшеницы при массовом отборе // Известия ТСХА, 1983, №4. - С. 51-59.
4. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. 2-е изд., перераб. и доп. Новосибирск Академическое издательство `Гео` 2009г. 427с.
5. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. - М.: Колос, 1984. - 344 с.
6. Kibite, S. An evaluation of a new rhombic grid selection, gridded mass selection and simple mass selection methods for yield improvement in wheat // Euphytica. – 1988. – 38 – P.143-148.
7. Гончаров П.Л., Христов Ю.А., Чичкань Т.Н., Гордеева Т.Н., Шаламанова Л.Н., Галактионова Т.А. // Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учёными Сибири и включённых в госреестр РФ (районированных) в 1929-2008 гг. – Новосибирск. – 2009. – т.1 – 208 с.
8. Южаков А.И., Сорокин О.Д. Пакет программ прикладной «Snedecor V4» для обработки данных, полученных в биологических экспериментах// Информационные технологии, Информационные измерительные системы и приборы в исследованиях сельскохозяйственных процессов, Материалы региональной научно-практической конференции. - Новосибирск, 2000. - 324 с.

COMPENSATION SELECTION IN HYBRID COMBINATIONS OF COMMON SPRING WHEAT

B. F. NEMTSEV, researcher,

P. I. STEPOCHKIN, doctor of agricultural Sciences, lead researcher

A. B. NEMTSEV, engineer

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology
and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia

e-mail: nembor@ngs.ru

The results of evaluation methods of mass selection for yield of grain of soft spring wheat are presented in this paper. A comparative analysis on grain yields of five types of mass selection was carried on. It is noted that the compensation mass selection can be more efficient than the ordinary positive mass selection. For all years of study of five different methods of mass selection in F₄ the compensatory selections significantly increased grain yield compared to the original parental forms – standards, and the populations that were not subjected to selection.

Key words: wheat, population, selection, hybridization, hybrid combination.

УДК 631.524.86:632.4

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К РЕГИОНАЛЬНЫМ РАСАМ ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНИ ПО КОМПЛЕКСУ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЕКЦИИ ПРИЗНАКОВ

Нешумаева Н.А, к.б.н., ведущий научный сотрудник*

Голубев С.С., младший научный сотрудник

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Красноярск, Россия, *nneshumaeva@list.ru

В статье рассмотрены результаты оценки коллекции источников устойчивости ячменя к региональным расам пыльной головки по комплексу используемых в селекции признаков. Для каждого из основных направлений селекции были названы самые эффективные и рекомендованы, как исходный материал в перспективных схемах скрещивания.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекция, сорт, пыльная головня, *Ustilago nuda*

Важнейшим фактором повышения продуктивности растениеводства является предотвращение потерь урожая от вредителей, болезней и сорняков [1,2]. Эволюция научных воззрений в защите растений подвела к четкому и бесспорному пониманию роли устойчивых сортов в агроценозах с позиции экологии, экономики и надежности на Земле. Однако потеря сортами устойчивости к болезням в результате появления новых вирулентных рас возбудителей давно установленный факт [3].

В условиях Красноярского края это так же было отмечено при изучении пыльной головки пшеницы [4], причем если одни сорта и селекционные образцы сохраняют устойчивость в течение длительного периода, то другие теряют устойчивость в течение 5-8 лет. Данный факт приводит к необходимости постоянного иммунологического контроля исходного и селекционного материала, поиску новых источников устойчивости и непрерывному процессу селекции на иммунитет. Селекция на иммунитет является сложной проблемой, которую можно решить, только на основе глубоких знаний биологии и расового состава патогена, законов его изменчивости и наследования, при наличии эффективного и разнообразного исходного материала.

В условиях инфекционного питомника, заложенного в селекционных севооборотах Красноярского НИИСХ, расположенных в центральной части Красноярской лесостепи, в течение 2-х лет проводилась оценка устойчивости к пыльной головне нового набора коллекции, состоящего из 150 сортов ячменя отечественной и зарубежной селекции. Искусственный инфекционный фон по пыльной головне создавали вакуумным методом Кривченко, инокуляцию колосьев проводили суспензией свежесобранных хламидоспор 0,005% концентрации. Классификацию устойчивости к поражению *Ustilago nuda* оценивали по шкале ВИР [5]. Образцы с высокой устойчивостью (поражение пыльной головней до 5%) были изучены по комплексу используемых в селекции признаков.

По результатам иммунологической оценки, для каждого из основных направлений селекции были выбраны эффективные источники устойчивости. Так, для селекции ячменя на продуктивность рекомендовано 3 источника

устойчивости к грибным заболеваниям – *Nairn* (Чехославакия), Лука, Импульс 90 (Россия). Данные образцы показали самые высокие результаты – 950, 955 и 1025 г/м², соответственно. Сорты Днепровский 103, Нутанс 108 (Россия) выделились по такому направлению селекции как скороспелость. Их вегетационный период составил 66 и 67 дней, соответственно. Сорт ячменя Лука Кемеровского НИИСХ, наряду с высокими результатами по продуктивности, обладает повышенным содержанием белка в зерне, благодаря чему может быть с успехом использован и в селекции на кормовые цели. Также, для данного направления, рекомендован образец Муссон (Россия). Что касается сортов Адонис, Омский 86, Тобол (Россия), то они зарекомендовали себя как прекрасный исходный материал для селекции пивоваренных сортов ячменя (табл.1).

Таблица 1

Источники устойчивости к пыльной головне ячменя

Сорт	Поражение пыльной головней, %	Продуктивность, г/м ²	Вегетационный период, дней	Белок, κ=6,25
Адонис	2,5	690	78	11,99
Ача	0,0	935	75	12,47
Биом	0,0	750	67	13,15
Омский 86	3,5	820	73	13,00
Белгородец	3,0	840	75	14,28
Муссон	2,2	630	73	15,37
Тобол	4,6	915	78	12,80
Лука	0,9	955	75	15,67
Бельцкий 15	3,8	690	76	14,53
Нутанс 108	2,2	905	67	14,45
Целинный 213	0,0	685	71	15,26
Импульс 90	4,2	1025	70	14,77
Хилок	0,0	560	77	13,82
Днепровский 103	0,0	535	66	14,30
Бархатный	0,0	495	80	13,65
Оренбургский 17	0,8	590	76	14,52
Наран	1,5	620	75	14,97
Азов	0,0	740	74	14,03
<i>Nairn</i>	2,6	950	82	13,67
Святогор	0,0	690	76	14,50
НСР _(5%)	0,2	8,8	1,1	0,4

По результатам иммунологической оценки исходного материала ячменя, изучению образцов по комплексу хозяйственно-ценных признаков, данные

источники устойчивости могут быть с успехом вовлечены в перспективные схемы скрещиваний.

Список литературы

1. Дементей, Н.И. Важное звено интенсивных технологии// Защита и карантин растений. - 1988. - №2. - С. 2.
2. Алёхин, В.Т. Пути оптимизации защиты зерновых культур// Защита и карантин растений. - 2014. - № 8. - С. 3-8.
3. Афанасенко, О.С. Проблемы создания сортов сельскохозяйственных культур с длительной устойчивостью к болезням// Защита и карантин растений. - 2010. - №3. - С. 4-9.
4. Нешумаева, Н.А. Селекция яровой пшеницы на устойчивость к пыльной головне/ Н. А. Нешумаева, А. В. Сидоров, С. С. Голубев// Достижения науки и техники АПК. - 2016. - N 6. - С. 22-24.
5. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие /под ред. доктора биол. наук Е.Е. Радченко. М.: Россельхозакадемия, 2008. – С. 15.

ASSESSMENT OF COLLECTIONS OF SOURCES TO REGIONAL STABILITY OF BARLEY RACES OF LOOSE SMUT ON THE COMPLEX SIGNS USED IN THE BREEDING

Neshumaeva N.A., Golubev S.S.

Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Krasnoyarsk, Russia

The article discusses the results of evaluation of the collection of sources of resistance to regional races barley loose smut on the complex used in the selection of features. For each of the main areas of selection have been named the most effective and are recommended as a starting material in promising crossbreeding schemes.

Keywords: spring barley, breeding, variety, loose smut, Ustilago nuda

УДК 633.853.52:551.586

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РФ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ СОИ

Новикова¹ Л.Ю., Козлов² К.Н., Сеферова¹ И.В., Вишнякова¹ М.А., Самсонова² М.Г.

¹ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, E-mail: l.novikova@vir.nw.ru

²Санкт-Петербургский Политехнический университет имени Петра Великого

На основе анализа длинных (10-37 лет) рядов наблюдений за хозяйственно ценными признаками сои создан комплекс агрометеорологических линейных регрессионных моделей.

Модельный анализ периодов «посев-всходы» и «всходы-цветение» формальным методом грамматической эволюции позволил выявить нелинейный характер влияния факторов температуры, осадков, длины дня на их продолжительность. По созданному комплексу регрессионных моделей рассчитаны климатообусловленные тренды, показавшие, что у районированных ранее сортов в 1980-2014 гг. изменения климата вызывали сокращение вегетации (-1,4 сут/10 лет); слабый рост массы 1000 семян (0,9 г/10 лет), урожайности (0,2 г/м²/10 лет); содержания белка (1,5%/10 лет); высота растения и содержание масла тенденций не имели.

Ключевые слова: соя, изменения климата, коллекция, математическое моделирование

Важнейшими факторами соеводства последних десятилетий в России стали изменения экономической ситуации и климата. Посевные площади и урожайность сои имели тренд нелинейной формы, с минимумом в 90-х гг. (www.gks.ru). С 2000-х гг. в России наблюдается повышение интереса к возделыванию сои, рост площадей под культурой и урожайности. В 2000-2016 гг. средний прирост урожайности в РФ составил 0,2 ц/га/год. Этот тренд является следствием повышения уровня агротехники, расширения сортимента, ареала возделывания сои, изменения климата. Выявление климатообусловленной составляющей, прогнозирование реакции существующих сортов и создание более адаптированных к новым климатическим условиям являются актуальной задачей.

Из литературы известно, что урожайность сои на Европейской части России увеличивается с ростом суммы осадков [1], а колебания урожайности на Дальнем Востоке обуславливаются преимущественно тепловыми ресурсами [2]. Высокое содержание белка наблюдается при недостаточном количестве осадков и повышенной температуре; высокое содержание масла, напротив, при большом количестве осадков [3]. Наши модели показали зависимость роста и развития сои в условиях Северного Кавказа и Северо-Западного региона Европейской территории РФ от соотношения сумм температур выше 15°C и осадков за период с этими температурами [4, 5].

Целью данного исследования была оценка климатообусловленных трендов хозяйственно ценных признаков сои в последние десятилетия на Европейской территории РФ.

Материалом для исследования послужила коллекция сои ВИР: в Краснодарском крае на Кубанской опытной станции ВИР продолжительность вегетации, высота, масса 1000 семян, урожайность сорта Комсомолка в 1973-2009 гг., среднее содержание белка в 1442 образцах, изученных в 1987-2015 гг.,

в Пушкинских лаб. ВИР (Санкт-Петербург) продолжительность периодов «посадка-всходы» и «всходы-цветение» 9 образцов в 1999-2013 гг.

Методы. Для выявления погодно-климатических факторов роста и развития сои были использованы регрессионные модели. Для улучшения качества агрометеорологических регрессионных моделей удаляли неклиматические тренды, такие как экономический, селекционный, агротехнический [6]. В нашем исследовании для этого был использован анализ в разностях [7], не нашедший пока широкого применения в агрометеорологии. Разностью называется прирост признака за год, обозначаемый Δ . Была создана компьютерная программа Plant-TS для расчета агроклиматических показателей и реализации комплекса линейных регрессионных моделей. С помощью недавно разработанного формального подхода на основе грамматической эволюции [8, 9] и стохастической оптимизации [10] был более точно определен вид нелинейной функции зависимости продолжительности межфазных периодов от условий тепловлагообеспеченности и длины дня [11]. По полученным моделям были построены прогнозы, в том числе имитационным моделированием на суперкомпьютере. Качество моделирования оценивалось с помощью коэффициента детерминации R^2 .

Результаты и обсуждение

Продолжительность вегетации (L) сои на Кубанской ОС ВИР [4] зависела от условий увлажнения и теплообеспеченности, проявившихся в зависимости от ГТК за период устойчивого перехода температур через 15°C (ГТК_{15}) и продолжительности осеннего периода с благоприятными для дозревания семян температурами от 15 до 10°C (L_{15-10}):

$$\Delta L = 0,441 + 11,076\Delta\text{ГТК}_{15} + 0,311\Delta L_{15-10} \quad R^2=0,59 \quad (1)$$

Уравнения получились лучше во вторых разностях ($\Delta\Delta$), что отражает наличие параболического тренда за 37 лет наблюдений.

Урожайность (Y), высота растения (H) на Кубанской ОС непосредственно положительно зависели от ГТК_{10} , масса 1000 семян (M_{1000}) от осадков июля и августа ($P_{\text{июл}}$, $P_{\text{авг}}$):

$$\Delta\Delta Y = -3,326 + 237,744\Delta\Delta\text{ГТК}_{10} \quad R^2=0,44 \quad (2)$$

$$\Delta\Delta H = -0,640 + 34,615\Delta\Delta\text{ГТК}_{10} \quad R^2=0,48 \quad (3)$$

$$\Delta\Delta M_{1000} = 0,816 + 0,153\Delta\Delta P_{\text{авг}} + 0,296\Delta\Delta P_{\text{июл}} \quad R^2=0,45 \quad (4)$$

Содержание белка (C_p) увеличивалось в годы с большей продолжительностью периода выше 22°C (L_{22}) (выше температурного оптимума сои) и с меньшими осадками за период с температурами выше 18°C (P_{18}):

$$\Delta C_p = -0,234 + 0,091\Delta L_{22} - 0,013\Delta P_{18} \quad R^2=0,68 \quad (5)$$

Содержание масла (C_o) зависело от ГТК за период с температурами выше 19°C (ГТК_{19}) и продолжительности осеннего периода с температурами $15-10$ градусов (L_{15-10}), находящимися ниже температурного оптимума сои $18-22^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta C_o = -0,021 + 1,079 \text{ГТК}_{19} - 0,043 L_{15-10} \quad R^2=0,49 \quad (6)$$

Климатообусловленная часть изменчивости была рассчитана по уравнениям без свободного члена. Средние скорости роста предикторов уравнений составили в 1980-2014 гг.: $\Delta\text{ГТК}_{15}=-0,014$ 1/10 лет; $\Delta\text{ГТК}_{10}=-0,001$ 1/10 лет; $\Delta\text{ГТК}_{19}=0,006$ 1/10 лет; $\Delta L_{15-10}=-4,0$ сут./10 лет; $\Delta P_{\text{июл}}=-0,1$ мм/10 лет; $\Delta P_{\text{авг}}=5,8$ мм/10 лет; $\Delta L_{22}=19,3$ сут/10 лет, $\Delta P_{18}=21,8$ мм/10 лет. Расчеты показали, что климатически обусловлены сокращение вегетации районированных ранее сортов ($-1,4$ сут/10 лет); слабый рост массы 1000 семян ($0,9$ г/10 лет), урожайности ($0,2$ г/м²/10 лет); содержания белка ($1,5\%$ /10 лет); высота растения и содержание масла имеют нулевые тренды. Среднее содержание белка 1442 образцов коллекции в 1987-2015 гг. увеличивалось на $2,5\%$ /10 лет, что, сравнением с климатообусловленным трендом в эти годы $1,6\%$ /10 лет, дает вклад тренда за счет обогащения коллекции высокобелковыми образцами $0,9\%$ /10 лет.

Модельный анализ периода от посева до цветения сои, сокращение которого является одной из ключевых задач современной селекции, позволил определить нелинейный характер влияния факторов температуры, осадков, длины дня. Были исследованы погодно-климатические зависимости продолжительности важнейших для селекции на скороспелость периодов «посев-всходы» $L_{\text{пв}}$ и «всходы-цветение» $L_{\text{вц}}$ для совокупности 379 наблюдений за 9 образцами сои в 1999-2013 гг. в Пушкинских лаб. ВИР:

$$L_{\text{пв}} = 49,91 - 0,04P_{5\text{п5}} - 0,36T_{\text{пв}} - 3,65T_{20\text{п}} - 0,35 (P_{5\text{п}} - 13,41) + 24,48 (T_{20\text{п}} - 26,79) + 0,10T_{20\text{п}}^2 \quad R_{\text{adj}}^2=0,74 \quad (7)$$

$$L_{\text{вц}}=45,66 + 378,07D_{40\text{п}} - 1,64T_{50\text{п}} - 0,31T_{\text{вц}} - 358,46D_{\text{вц}} - 7,73 (D_{50\text{п}} - 1,04) - 1,29 (P_{60\text{п}} - 5,49) + 0,65 (D_{40\text{п}} - 0,81) \quad R_{\text{adj}}^2=0,60 \quad (8)$$

где $P_{5\text{п5}}$, $P_{5\text{п}}$ — количество осадков за период 5 дней до и 5 после посева, 5 дней после посева; $P_{60\text{п}}$ — среднее количество осадков за 60 дней после посева; $T_{\text{пв}}$ $T_{\text{вц}}$ $T_{20\text{п}}$ $T_{50\text{п}}$ — средняя температура за период «посев-всходы», «всходы-цветение», 20 и 50 сут. после посева; $D_{\text{вц}}$, $D_{40\text{в}}$, $D_{50\text{в}}$ — средняя доля светлого времени суток за период «всходы-цветение», 40, 50 дней после всходов. Моделирование в диапазоне увеличения температуры 0-20% и уменьшения влажности 0-20% для периода «посев-всходы», изменения влажности $\pm 50\%$, а также увеличения светового дня 40-80% для периода «всходы-цветение» показало, что модели демонстрируют скачкообразные возмущения, причем для модели периода «всходы-цветение» в отличие от модели периода «посев-

всходы» при уменьшении влажности не наблюдается изменения длины периода.

Благодарности:

Численные расчеты проведены с использованием Суперкомпьютерный центр «Политехнический» (СКЦ Политехнический). Работа поддержана субсидией в целях реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (соглашение № 14.575.21.0136 от 26.09.2017).

Список литературы

1. Степанова В.М. Климат и сорт. Соя. / В.М. Степанова - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 123 с.
 2. Енкен В.Б. Соя / В.Б. Енкен - М. : Государственное изд-во с/х литературы, 1959. - 622 с.
 3. Баранов В.Ф. Соя. Биология и техника возделывания / В.Ф. Баранов, В.М. Лукомец - Краснодар, 2005.- 435 с.
 4. Сеферова И.В. Оценка реакции сои сорта Комсомолка на изменения климата в Краснодарском крае / И.В. Сеферова, Л.Ю. Новикова, А.Ю. Некрасов // «Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК». -2011. - Вып. 1 (146-147). - С. 72-77.
 5. Новикова Л.Ю. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков сортов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / Л.Ю.Новикова, В.Н. Дюбин, И.Г. Лоскутов и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - СПб.:ВИР, 2013. - Т. 173. - С. 102 – 119
 6. Iler A.M. Detrending phenological time series improves climate–phenology analyses and reveals evidence of plasticity / A.M.Iler, D.W.Inouye, N.M.Schmidt, T.T. Nøye // Ecology – 2017. - 98(3). - pp. 647–655.
 7. Сиротенко О.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т.2 Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 1. Математические модели в агрометеорологии / О.Д. Сиротенко - Обнинск, 2012. - 135 с.
 8. Noorian F. gramEvol: Grammatical Evolution in R / F. Noorian, A. M. de Silva, P. H. W. Leong // J of Stat. Soft. – 2016.- 71 (1) - pp. 1-26.
 9. O’Neill M. Grammatical evolution / O’Neill M., C. Ryan // IEEE Trans. on Evol. Comp. – 2001. - 5 (4). –pp. 349–358/
 10. Kozlov K. A software for parameter optimization with Differential Evolution Entirely Parallel method / K. Kozlov, A. M Samsonov, M. Samsonova // Peer J Comp. Sci. – 2016. – Т.2. - p.e74.
- Козлов К.Н. Математическая модель влияния климатических факторов на развитие сои / К.Н. Козлов, Л.Ю. Новикова., И.В. Сеферова, М.Г. Самсонова // Биофизика. – 2018. – Т.63. – №1. - 175-176

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛЯ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ УСТОЙЧИВОГО К АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

*Новохатин В.В., к.с.-х.н., главный научный сотрудник, НИИСХ Северного
Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия,
e-mail: natalya_sharapov@bk.ru*

Выявлено, что низкостебельность сортов обусловлена, в основном, укороченным верхним междоузлием. Среднерослые и особенно низкостебельные, устойчивые к полеганию генотипы имеют укороченные нижние междоузлия, диаметр которых на уровне длинностебельных сортов. У среднерослых сортов более плотная соломина. У устойчивых к полеганию образцов более высокое отношение диаметра – высоте. Короткостебельные, устойчивые к полеганию образцы характеризуются утолщёнными диаметрами СВП, стенками соломины и склеренхимного кольца. Среднерослые, устойчивые к полеганию генотипы выделяются повышенным числом СВП и хорошо развитым склеренхимным кольцом.

Ключевые слова: сортообразец, стебель, междоузлие, диаметр, склеренхима, сосудисто-волокнистый пучок.

Яровая мягкая пшеница, испытывает негативное влияние обильно выпадающих осадков, сопровождающихся ливневыми дождями, вихревыми потоками и ветрами, приводящими к полеганию растений, снижению их продуктивности до 25-30 % и качества зерна. Полегающие растения сильнее поражаются грибными болезнями [1]. В связи с этим у 100 образцов различных по высоте и устойчивости к полеганию, представляющих интерес по тем или иным хозяйственно-ценным признакам, в течение 3-х лет был поведён морфологический анализ соломины и у 30 – анатомический анализ междоузлий [2,3]. Низкостебельные образцы показывают короткий стебель - 53 см, меньшую длину нижних междоузлий, диаметр и удельная масса которых на уровне среднеспелых и длинностебельных (табл. 1).

Более высокой плотностью стебля среди короткостебельных выделяются Siete Cerros 66 и Safed Lerma, а у среднерослых - Ранг, Apollo и Грекум 114. Среднерослые, устойчивые к полеганию образцы, имея с длинностебельными сходную морфологию стебля, характеризуются меньшей (-13 см) длиной соломины и укороченными на 1,3-1,8 см нижними междоузлиями.

Морфологические особенности стебля у сортов мягкой яровой пшеницы

Сорта	Длина стебля, см	Длина нижних м.-узл., см		Диаметр нижних м.-узл., мм		Удельная масса стебля, мг
		II	III	II	III	
Короткостебельные	53	5,4	9,1	2,5	2,8	11,3
Среднерослые, устойчивые к полеганию	79	7,0	11,4	2,5	3,0	12,1
Высокорослые, склонные к полеганию	92	8,3	13,2	2,5	2,9	11,3
НСР ₀₅	2,4	1,11	1,05	0,17	0,15	0,06

Верхнее междоузлие, как составная часть стебля, в большой степени влияет на общую устойчивость растений к полеганию. Кроме того, длина верхнего междоузлия является маркерным признаком реакции сортов на экстремальные условия засухи [4,5]. Длина колосонесущего междоузлия у короткостебельных составляет 23-28 см, уменьшаясь в более сухой год до 18 см, а у высокостебельных доходит до 44 см и снижается до 36 см в сухие годы. Промежуточные по высоте сорта отличаются от высокорослых несколько меньшими (на 3-5 см) величинами данного признака.

Устойчивость к полеганию того или иного сорта хорошо отражает коэффициент отношения высоты стебля к его диаметру: чем он меньше, тем выше устойчивость [6]. В других исследованиях [7] устойчивость к полеганию оценивается по обратной величине данных признаков, чем выше этот индекс-показатель, тем выше устойчивость к полеганию. Короткостебельные устойчивые к полеганию генотипы имеют более высокие значения индекса – $(0,403-0,813) \times 10^{-2}$, ниже он у среднерослых, устойчивых – $(0,307-0,557) \times 10^{-2}$, и ещё ниже у высокорослых полегающих – $(0,260-0,374) \times 10^{-2}$.

Устойчивость к полеганию у различных по высоте сортов зависит от развития анатомических признаков стебля. Так, короткостебельные, устойчивые сорта имеют от 31,6 до 38,7 шт. проводящих пучков в нижних междоузлиях, что на уровне полегающих высокостебельных (табл. 2). Устойчивые среднерослые сорта выделяются большим числом проводящих пучков – 44,4-46,1 шт.

Таблица 2

Анатомические показатели стебля у сортов яровой пшеницы, по междоузлиям

Признак	Число СВП всего, шт.		Диаметр больших СВП, мкр.		Толщина стенки со-ломины, мкр.		Толщина склеренхимного кольца, мкр.	
	II	III	II	III	II	III	II	III
<i>Короткостебельные, устойчивые к полеганию</i>								
Safed Lerma	35,6	37,7	155	154	828	727	81	72
Св 181-5	33,6	38,7	147	144	840	717	102	80

<i>Среднерослые, устойчивые к полеганию</i>								
Svalof01320	44,4	45,3	147	143	575	448	75	63
Ранг	44,9	46,1	126	124	615	571	79	67
<i>Длинностебельные склонные к полеганию</i>								
Стрела	37,9	39,3	133	128	636	551	70	53
Саратовская 29	37,5	38,7	136	133	623	507	60	48
НСР ₀₅	2,4	2,8	7,4	7,1	44	41	5,3	5,0

По диаметру больших СВП заслуживают внимания короткостебельные, устойчивые сорта – 144-145 мкр. Среди среднерослых сортов, в этом отношении выделяются так же: Lerma Rojo, Charola и Грекум 114 (139-146 мкр.). Степень полегания связана с развитием механической ткани стебля. У устойчивых сортов механическое кольцо толще: короткостебельные - 81-102; среднерослые - 72-80 мкр. Среди короткостебельных этот признак хорошо выражен у Safed Lerma, Св 181-5, Red River 68 и Mayo64. У них более толстая и выполненная часть соломины (828-840 и 717-727 мкр.).

Полегающие высокорослые сорта по толщине склеренхимного кольца, диаметру и числу СВП уступают среднерослым, устойчивым.

Между числом СВП по междоузлиям наблюдается высокая зависимость (0,871-0,965), в то время как между последними и диаметрами СВП она отрицательная (до -0,396). Число СВП, толщина выполненной части соломины и механического кольца находятся между собой в положительной сопряженности от – слабой, до умеренной степени. С диаметрами больших СВП положительно и достоверно сопряжены толщина выполненной части соломины и склеренхимного кольца (0,400-0,546).

Использовать анатомо-морфологические показатели для подбора исходного материала трудно. Проще работать с признаками, которые можно оценить визуально. Поэтому были рассчитаны коэффициенты между анатомическими признаками и элементами морфологии стебля, анализ которых показывает, что между числом СВП, их диаметром и элементами морфологии стебля прослеживаются положительные связи от - слабой до средней степени (табл. 3).

Таблица 3

Сопряжённость между анатомическими и морфологическими признаками стебля второго междоузлия

Коррелирующий признак	Длина стебля	Длина м.узл.	Диаметр м.узл.	Масса 1см соломины
Число СВП междоузлий	0,450 ^x	0,461 ^x	0,512 ^x	0,653 ^{x x}
Диаметр СВП междоузлий	0,334	0,374	0,518 ^{x x}	0,642 ^{x x}
Толщина стенок междоузлий	-0,407 ^x	-0,269	0,127	-0,199
Толщина склеренхимного кольца междоузлий	-0,194	0,003	0,262	0,023

^x – уровень значимости при $t_{0,05} \geq 0,381$; ^{x x} - уровень значимости при $t_{0,01} \geq 0,487$

Сильнее они выражены (0,642-0,653) у первых с массой 1 см соломины. У толщины стенок соломины и склеренхимного кольца с длиной стебля и нижнего междоузлия прослеживаются слабые отрицательные корреляции. В то же время с диаметром междоузлий и плотностью соломины они почти отсутствуют. Выявление маркерных признаков подтверждается проявляющимися сопряженностями между степенью полегаемости и основными анатомо-морфологическими признаками, определенными у различных, и среднерослых, по высоте, но различных по устойчивости к полеганию сортов (табл. 4).

Таблица 4

Сопряженность между устойчивостью к полеганию и анатомо-морфологическими признаками

Коррелирующие признаки	Различные по высоте		Среднерослые	
	от	до	от	до
Длина стебля	-0,570 ^{xx}	-0,681 ^{xx}	-0,105	-0,140
Длина II междоузлия	-528 ^{xx}	-0,781 ^{xx}	-0,100	-0,112
Диаметр II междоузлия	0,283	0,349 ^x	0,476 ^x	0,586 ^{xx}
Плотность соломины	0,760	0,312	0,543 ^{xx}	0,610 ^{xx}
Толщина стенок стебля	0,217	0,231	0,782 ^{xx}	0,882 ^{xx}
Число сосудисто-волокнистых пучков	0,100	0,110	0,318	0,402 ^{xx}
Толщина склеренхимного кольца	0,113	0,148	0,523 ^{xx}	0,568 ^{xx}
Соппротивление на излом	0,326	0,386 ^x	0,642 ^{xx}	0,711 ^{xx}

Из таблицы видно, что устойчивость к полеганию в первом случае сильно зависит от длины стебля и его нижних междоузлий ($r = -0,570 \dots -0,781$). Менее существенна положительная ее зависимость от плотности соломины, диаметра междоузлий и сопротивления стебля на излом. Влияние толщины стенок стебля, числа сосудисто-волокнистых пучков и толщины склеренхимного кольца на устойчивость к полеганию, при таком подходе не существенно. Анализ этих же сопряженных связей в группе среднерослых сортов показывает, что устойчивость к полеганию определяется толщиной стенок стебля, склеренхимного кольца, плотностью соломины, сопротивлению на излом, в меньшей степени диаметрами нижних междоузлий и числом СВП. Влияние длины стебля и нижних междоузлий на устойчивость к полеганию незначительное.

Список литературы

1. Дорофеев В.Ф. Проблемы полегания пшеницы и пути ее решения/В.Ф. Дорофеев, В.И. Пономарев // ВИНТИСХ. – М., 1970. – 124 с.
2. Новохатин В.В. Анатомическое строение стебля яровой пшеницы/В.В. Новохатин// Селекция засухоустойчивых среднеспелых и скороспелых культур. – Новосибирск, 1982. – С. 37-46.

3. Ильинская-Центилович М.А. Полегание озимой пшеницы/ М.А. Ильинская-Центилович//Тр. Харьковского с.-х. института им. В.В.Докучаева, 1962,т.37.- С.11-90.
4. Кузьмин В.П. Вопросы селекции сельскохозяйственных культур/ В.П. Кузьмин // Избр. тр. – Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 432 с.
5. Новохатин В.В.Адаптивный потенциал засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы/ В.В. Новохатин. - Сб. науч. тр.: Селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата.// Материалы международной научно-практической конференции (22-25 июля 2014 г., г. Краснообск). - Новосибирск, 2014.- С. 186-199.
6. Гальченко И.Н. Морфологические особенности яровой пшеницы в связи с полеганием/ И.Н. Гальченко// Доклады АН СССР, т. 83, №5.- С.749-752.
7. Новохатин В.В. Короткостебельные сорта яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья/В.В. Новохатин, Б.Г.Рейтер // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. - №1. – С. 20-27.

INITIAL MATERIAL OF THE YARN SOFT WHEAT TO ABIOTIC FACTORS OF ENVIRONMENT

It was revealed that the low stameness of varieties is caused, basically, by the shortened upper interstice. Medium-sized and especially low-stalked, lodging-resistant genotypes have shortened internodes, whose diameter is at the level of long-stemmed varieties. The medium-sized varieties have a denser straw. In samples resistant to lodging, a higher ratio of diameter to height. Short-stem, lodging-resistant samples are characterized by thickened diameter of SVP, straw walls and sclerenchyma ring. Middle-aged, lodging-resistant genotypes are distinguished by an increased number of SVPs and a well-developed sclerenchyma ring.

Key words: assortment, stem, internode, diameter, sclerenchyma, vascular fibrous fascicle.

УДК: 633.13:631.527

ДНК ОТБОРЫ КАК ЛИНЕЙНЫЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫЙ И ОДНОРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ В СЕЛЕКЦИИ ОВСА

*Нурпеисов М.Ж., докторант, Казахский национальный аграрный университет,
Казахстан, e-mail: zhmyrzan@gmail.com*

Абугалиева¹ А.И., Чудинов² В.А., Сариев¹ Б.С., Жундибаев¹ К., Есимбекова¹ М.А.

1. Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства

2. Карабалыкский СХОС

Отобраны чистые линии овса выделенные на основе изучения внутрисортного полиморфизма с использованием SSR маркеров. Изучены в трех репродукциях в полевых экспериментах в условиях севера и юга на предмет урожайности. Выделены высокоурожайные образцы 50-98-12, 26-05-2, 26-05-2006, 1137 Н2 показавшие высокую стрессоустойчивость в разных погодно-климатических условиях. В результате днк отбора, выявлен образец из унифицированного блока сортоиспытания 1137 Н2 проявивший высокий

показатель пластичности и стабильности урожайности в разных почвенно-климатических условиях, как следствие однородности материала.

Ключевые слова: Овес, чистые линии, SSR маркеры, внутрисортной полиморфизм, урожайность, стрессоустойчивость.

Овес - одна из основных зерновых культур Республики Казахстан, которая возделывается на площади около 500 тыс. га на зерно и на кормовые цели. Эта культура многоцелевого использования: продовольственного (крупная промышленность), кормового (комбикормовая промышленность), для переработки на солод в спиртовой промышленности, имеет также значение в оборонных целях, как стратегический пищевой продукт длительного хранения.

Ценность овса и продуктов его переработки на пищевые и кормовые цели связана с особенностями биохимического состава его зерна. Сочетание высоких биохимических и агрономических показателей в одном сорте является целью селекции овса последних лет.

Генетика большинства количественных признаков связана с действием полигенов. Анализ генетики урожая зерна осложнен комплексом характерных признаков и большой вариабельностью, в зависимости от условий выращивания и достоверностью взаимодействия генотип-среды для большинства признаков продуктивности.

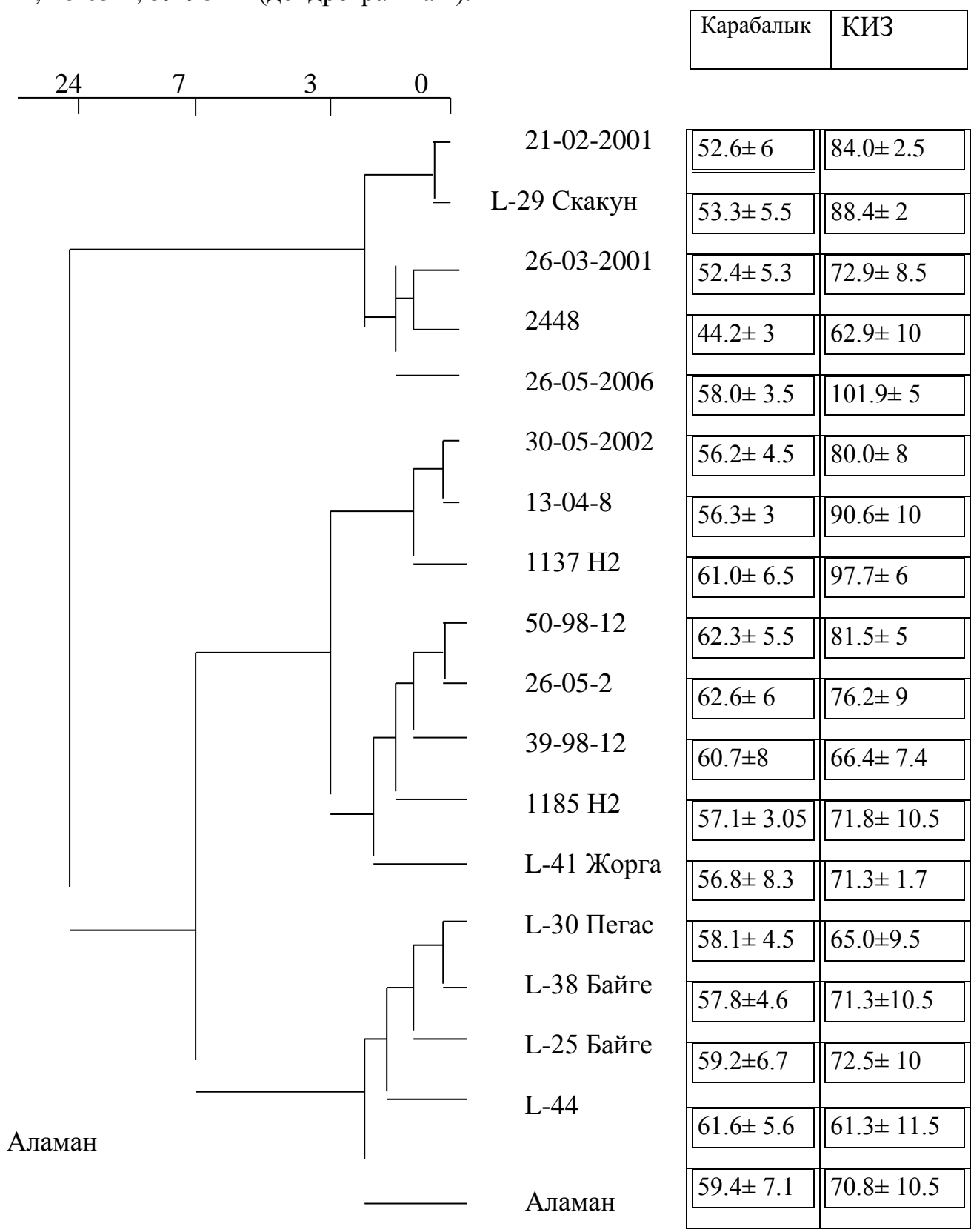
SSR маркеры можно использовать в решении актуальной проблемы охраны прав собственности на селекционные достижения, которая тесно связана с возможностью идентификации сортовой и видовой принадлежности растений (Montilla-Bascón et al. 2013).

Этот факт послужил основанием для активного применения SSR маркеров в генетических исследованиях и сортовой идентификации рода *Avena L.* Казахстан имеет отечественную селекцию, в т.ч. 12 зарегистрированных сортов овса и для подтверждения предположения о генетической однородности сортов был исследован внутрисортной полиморфизм сортов овса конкурсного, государственного сортоиспытания, коллекции Актюбинской опытной станции, коллекции Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства и НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева.

Таким образом, унифицированный блок сортоиспытания был ранжирован по однородности на основе ДНК-маркеров, проведен отбор чистотелинейных форм, которые заложены как отдельный объект изучения в полевые эксперименты в условиях севера и юга.

Полевые эксперименты в условиях севера Карабалыкской СХОС образцов овса в 2016-2017 гг., показали, что наибольшей урожайностью

зерна 55.9-68.9 ц/га отличились образцы L-44 Аламан, 50-98-12, 26-05-2 и 50-98-12, 26-05-2, 39-98-12 (дендрограмма 1).



Дендрограмма сходства-различий линий (ДНК-отборы) овса Казахстана по урожайности, Карабалык, КИЗ, 2016-2017 гг.

В критическом 2016г., когда дефицит осадков в мае-июне стал лимитирующим фактором для продуктивности овса, образцы овса 50-98-12 и 26-05-2 показали высокую устойчивость к данному стрессовому фактору. Следует отметить высокую пластичность и стабильность урожайности зерна этих сортов на уровне 56.7-68.6 ц/га в разные годы по климатическим особенностям. В то время как, образец L44 Alaman в условиях засушливого 2016 г., показавший хорошую урожайность в среднем 55.9 ц/га зерна, а в благоприятный по увлажнению 2017г., обеспечил урожайность зерна на уровне 67.2 ц/га отставая при этом на 1.7-1.4ц/га от фаворитов. А образец 39-98-12 в наиболее благоприятных условиях 2017 г., сформировал наибольшую урожайность зерна -68.9 ц/га существенно превосходя остальные образцы и уступал по урожайности в критическом 2016г., фаворитам этого года. Образец 2448 ежегодно уступал по урожайности зерна практически всем образцам, находящимся в испытании.

Полевые эксперименты в условиях юга КазНИИ земледелия и растениеводства образцов овса в 2016-2017гг., показали, что наиболее благоприятным годом для роста и развития растений овса был 2017 год, средняя урожайность составила 80.3 ц/га, наибольшей урожайностью отличились образцы 26-03-2001, 26-05-2006, Alaman (дендрограмма 1).

Тогда как, в 2016 году урожайность зерна у более половины образцов (10) была низкой по сравнению с 2017г., со средней урожайностью 74.3 ц/га и минимальная урожайность составила 41.5 ц/га, отставая от минимальной урожайности последующего года на 17.5 ц/га. Причиной этому явился недостаток влаги и отсутствие осадков в мае. Максимальной урожайностью выделились образцы 1137 Н2- 106.6 ц/га, 13-04-8 - 102.1 ц/га.

Необходимо указать на высокую пластичность и стабильность урожайности зерна образцов 25-05-2006, 1137 Н2, 13-04-8 на уровне 79.2-106.6 ц/га в разные годы по климатическим условиям.

Следует отметить, что реакция образцов овса на климатические условия 2016-2017 гг., при испытании в условиях севера на Карабалыкской СХОС была аналогичной периоду испытаний в 2016-2017 гг. в условиях юга КазНИИ земледелия и растениеводства, несмотря на различающиеся почвенные условия.

Выводы:

1.Высокую урожайность зерна за годы испытаний в разных почвенно-климатических условиях обеспечили образцы 50-98-12, 26-05-2, 26-05-2006, 1137 Н2, они показали высокую стрессовую устойчивость, обеспечив урожайность зерна 56.7 -106.6 ц/га.

2. За время испытаний в разных погодно-климатических условиях образец 1137 Н2 сочетал в себе высокие показатели пластичности и стабильности урожайности.

3. Наибольшую урожайность зерна в среднем за два года сформировали образцы 26-05-2006 и 1137 Н2.

Список литературы

1. G. Montilla-Bascón & J. Sánchez-Martín & N. Rispaíl & D. Rubiales & L. Mur & T. Langdon & I. Griffiths & C. Howarth & E. Prats (2013) Genetic Diversity and Population Structure Among Oat Cultivars and Landraces. Plant Mol Biol Rep. doi: 10.1007/s11105-013-0598-8

DNA SELECTION AS A PURE LINE, PERSPECTIVE AND HOMOGENEOUS MATERIAL IN BREEDING OF OATS

Nurpeissov Myrzan

Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Abugaliyeva Aigul, Chudinov V., Sariev B., Zhundibaev K., Esimbekova M.A,

Selected pure oats lines by using SSR markers based on the study of intracultivar polymorphism. Three reproductions of accessions were studied in the field experiments in the north and south. Distinguished high-yielding accessions 50-98-12, 02.05.26, 26-05-2006, 1137 H2 showed high stress-tolerance in different climatic conditions. As a result of DNA selection, the accession 1137 H2 was identified from a unified unit of variety testing which showed a high index of plasticity and yield stability in different soil and climatic conditions, as a consequence of material homogeneity.

Key words: Oats, pure lines, SSR markers, intracultivar polymorphism, yield, stress-tolerance.

УДК: 633.11 “321”: 631.526.32 (571.1)

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, РАЙОНИРОВАННЫХ ПО 10 РЕГИОНУ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИБОБЬЯ.

Орлова Е. А. к. с.-х. н. ведущий научный сотрудник, Бехтольд Н. П. к. с.-х. н. младший научный сотрудник СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН

[*Orlova.Lena10@yandex.ru*](mailto:Orlova.Lena10@yandex.ru)

В работе проанализированы сорта яровой мягкой пшеницы, районированные по 10 региону (57 сортов). Среди сортов различных групп спелости выделены источники с высокой продуктивностью, массой зерна и озерненностью колоса. По результатам искусственного заражения выделены образцы, резистентные к местным популяциям возбудителей болезней – пыльная головня, бурая ржавчина, мучнистая роса.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорта, продуктивность, устойчивость

Основным направлением в селекции сельскохозяйственных культур является создание высокопродуктивных сортов. Для условий Западной Сибири с ее резко континентальным климатом, это должны быть сорта, максимально адаптированные к условиям среды, способные ежегодно формировать стабильно высокие урожаи. Одним из факторов, снижающих продуктивность растений мягкой яровой пшеницы, являются вредные организмы, в том числе и патогенные возбудители болезней – пыльная головня, мучнистая роса, бурая ржавчина, проявляющиеся ежегодно в посевах растений.

Несмотря на большое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы, включенных в Государственный реестр селекционных достижений по 10 региону [1], по Новосибирской области Госсортокомиссией рекомендовано к использованию 32 [2] из них 25% сортов районированы по области более 10-15 лет.

Целью наших исследований было дать сравнительную характеристику сортам яровой пшеницы, предложенных к районированию по 10 региону (Западная Сибирь) в условиях Новосибирской области, выделить наиболее перспективные образцы для использования их в селекционных программах.

Материал и методика проведения опыта. Материалом для исследований служили 57 сортов яровой мягкой пшеницы, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, районированных по 10 региону. Для оценки на устойчивость к болезням сорта высевали на изолированном фитопатологическом участке и инокулировали их местной популяцией патогенов - пыльной головней, бурой ржавчиной, мучнистой росой. О качестве заражения судили по реакции восприимчивых сортов. Классификацию устойчивости испытуемых образцов зерновых культур к головневым болезням проводили по шкале ВИР [3] путем подсчета больных и здоровых колосьев, с дальнейшим вычислением процента поражаемости образца в фазы полного выколашивания - начало созревания растений. Степень поражения растений бурой ржавчиной определяли по шкале Петерсона и др., мучнистой росой – по шкале ВИЗР [4]. Оценку хозяйственно-полезных признаков проводили согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Результаты и обсуждения. Урожайность сорта комплексный показатель, напрямую зависящий от густоты продуктивного стеблестоя, а также элементов продуктивности колоса [5]. На протяжении вегетации на растения влияют различные факторы внешней среды, в том числе и климатические – температура, свет, влага. В системе генотип – среда показатели массы 1000 зерен и числа зерен в большей степени зависят от сорта, чем от условий вегетационного периода [6]. Среди сортов ранней и среднеранней групп спелости по крупности зерна выделились сорта Ирень - 29,5 гр. (Урал),

Алтайская 70 – 34,9; Алтайская 99 – 29,1 (Алтай), Памяти Вавенкова – 31,7; Новосибирская 29 – 33,3; Новосибирская 31 – 29,8 (Новосибирск), Омская 32 – 29,1; Омская 36 – 31,2; Росинка – 29,6 гр. (Омск).

В группе среднеспелых высокая масса 1000 зерен отмечена на сортах Алтайской селекции – Сибирский альянс – 34,5гр., Алтайская 110 – 34,8; Алтайская жница – 35,3; Бэль – 34,1 (Новосибирск); Мариинка – 36,2 (Кемерово) и сорта из Омска – Омская краса – 34,6, Омская 33 – 34,7. Омская 37 – 32,5, Мелодия – 32,8, Серебристая – 33,5 гр.

Алтайская 105 – 33,9 (Алтай) и Сибирская 12 – 32,1 гр. (Новосибирск) выделились по массе 1000 зерен в группе среднепоздних сортов.

Анализ корреляционных зависимостей выявил тесную связь признаков массы 1000 зерен и урожая в группе среднеспелых сортов (0,5792). Более тесная связь установлена между продуктивностью колоса и числом зерен. Не зависимо от группы спелости сортов она составила – 0,7269; 0,701; 0,658 – у раннеспелых, среднеранних и среднепоздних соответственно.

Показатель числа зерен в колосе анализировали в среднем по всем плодоносящим колосьям растений, а не только по главному колосу. Продуктивность колоса варьировала в группе раннеспелых и среднеранних сортов от 15,2 (Омская 12) до 24,3 (Омская 32). Наиболее показательными по этому признаку были сорта Алтайская 70 (20,2), Памяти Вавенкова (23,2), Новосибирская 31 (22,1), Новосибирская 22 (20,7), Омская 36 (21,0).

В группе среднеспелых и среднепоздних по числу зерен выделились сорта Сибирский альянс (22,3), Алтайская 110 (22,9), Алтайская жница (29,1), Бэль (24,6), Дуэт (27,0), Кантегирская 89 (24,7), Новосибирская 44 (26,4), Новосибирская 18 (29,1), Новосибирская 89 (25,9), Мелодия (30,4), Омская 33 (25,8), Памяти Афродиты (23,3).

По продуктивности среди сортов ранних групп спелости выделились сорта Новосибирская 15 – 238,1 гр./м², Памяти Вавенкова – 311,9; Новосибирская 29 – 307,8; Новосибирская 31 – 303,3; Омская 32 – 261,4 гр./м². Среди среднеспелых и среднепоздних сортов наибольшая урожайность отмечена на сортах Алтайская 110 – 320,1 гр./м², Алтайская жница – 418,7; Бэль – 316,2; Новосибирская 44 – 348,5; Новосибирская 18 – 370,7; Мариинка – 317,6; Омская 33 – 402,6; Омская краса – 379,2; Памяти Афродиты – 348,3 гр./м².

Иммунологическая оценка сортов мягкой яровой пшеницы, районированных по 10 региону, на фоне искусственного заражения позволила выявить образцы, устойчивые к одному, реже двум патогенам. Резистентностью к пыльной головне характеризовались сорта – Сибирский альянс, Алтайская 110, Алтайская жница, Дарница, Новосибирская 15, Памяти Вавенкова, Мелодия, Омская 29, Омская 36, Омская краса.

Сортов с высокой степенью устойчивости к бурой ржавчине не выявлено, практическая устойчивость (поражение до 10%) отмечена на сортах Алтайская жница, Омская 37, Обская 2. Новосибирская 31.

Высокой резистентностью к мучнистой росе характеризовались сорта Trizo, Омская 37 и Мелодия, слабая восприимчивость отмечена на сортах Обская 2, Дуэт, Омская 33, Серебристая.

Таким образом, оценка сортов яровой мягкой пшеницы, районированных по 10 региону, позволила выделить источники хозяйственно-ценных признаков для условий Новосибирской области. Высокой продуктивностью, массой 1000 зерен и озерненностью колоса обладали среднеранние сорта новосибирской селекции – Памяти Вавенкова и Новосибирская 31, а также омский сорт Омская 32, в группе среднеспелых – Алтайская 110 и Алтайская жница.

Устойчивость к двум патогенам (к пыльной головне и бурой ржавчине) отмечена на сорте Алтайская жница; (к бурой ржавчине и мучнистой росе) – Омская 37.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы.

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gossort.com> (дата обращения: 27.01.2018).
2. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур в Новосибирской области на 2016 г./ Мин. с.-х. РФ ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений», филиал ФГБУ «Госсортокомиссия» по Новосибирской области – Новосибирск, 2016. – 157 с.
3. Кривченко В.И. Изучение устойчивости зерновых культур и расового состава возбудителей головневых болезней. /В. И. Кривченко, Д. В. Мягкова, Л. Г. Щелко, З. В. Тимошенко./ Методическое указание. – Л., 1978. –107 с.
4. Радченко Е. Е. и др. / Е. Е. Радченко, В. И. Кривченко, О. В. Солодухина и др. /Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. М., Россельхозакадемия. 2008. – 416 с.
5. Неттевич Э.Д. Повышение биологического потенциала продуктивности яровой пшеницы в процессе селекции /Э.Д. Неттевич, Н. С. Щеглова, Н. Р. Пташечук// С.-х. биология. – 1979. Т 14, №4 С. 391-396
6. Цильке Р.А. Генетические основы селекции мягкой яровой пшеницы на продуктивность в Западной Сибири./ Монография НГАУ – Новосибирск, 2005. – 321 с.].

THE STUDY OF SOFT SPRING WHEAT VARIETIES, WHICH ARE ZONED IN 10TH GROWING ZONE, IN CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE OB REGION

Orlova E.A. Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher

*Bekhtold N.P. Candidate of Agricultural Sciences, Research Assistant
SibRIPP&B – Branch of ICGSBRAS
Orlova.Lena10@yandex.ru*

57 varieties of soft spring wheat which zoned for 10th region were analyzed. Among the varieties of different ripening groups, sources with high productivity, grain mass and the ear grain content were identified. According to the results of artificial infection, samples which resistant to local populations of pathogens of dust-brand, leaf rust and powdery mildew were isolated.

Key words: soft spring wheat, varieties, productivity, resistance.

УДК 575.1:633.11

СОСТАВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СУБЪЕДИНИЦ ГЛЮТЕНИНА У ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ *T. AESTIVUM*/Т. ТИМОРНЕЕВИ

*Орловская О.А., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, Вакула С.И., кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, Леонова И.Н., доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия.
e-mail: O.Orlovskaya@igc.by*

*Проведен сравнительный анализ линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *T. timopheevii* и исходных родительских форм по составу высокомолекулярных и низкомолекулярных субъединиц глютеина. Показано, что большинство линий сохранили аллельный состав высокомолекулярных субъединиц глютеинов исходных сортов мягкой пшеницы. У отдельных линий Иртышанка 10/*T. timopheevii* и Скала/*T. timopheevii* выявлены аллели локусов *Glu-3*, унаследованные от *T. timopheevii*, которые не характерны для *T. aestivum* L. и представляют интерес для расширения генофонда мягкой пшеницы.*

*Ключевые слова: мягкая пшеница *T. aestivum*, тетраплоидная пшеница *T. timopheevii*, интрогрессивные линии, глютеины.*

Улучшение качества зерна пшеницы является одним из основных направлений в селекции данной культуры. Качество зерна определяется главным образом молекулярной структурой запасных белков (глиадинов и глютеинов), которая влияет на их способность образовывать в воде сложный белковый матрикс, обеспечивающий вязкость и эластичность теста [1]. Известно, что глютеины, состоящие из высокомолекулярных (HMW-GS) и низкомолекулярных (LMW-GS) субъединиц, оказывают решающее влияние на хлебопекарные качества муки [2]. Дикие и культурные сородичи характеризуются более высоким аллельным разнообразием состава запасных белков по сравнению с культивируемыми сортами мягкой пшеницы. В литературе имеются данные об улучшении качества зерна пшеницы за счет использования интрогрессии чужеродных аллелей, кодирующих глютеины [3-

5]. В данной работе нами был исследован полиморфизм высокомолекулярных и низкомолекулярных субъединиц глютеина у линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *T. timopheevii*.

В работе использовали 19 интрогрессивных линий *T. aestivum/T. timopheevii* (BC₁F₂₂₋₂₄, 2n=42), полученных от скрещивания пяти сортов мягкой пшеницы (Саратовская 29, Скала, Иртышанка 10, Целинная 20 и Новосибирская 67) с тетраплоидной пшеницей *T. timopheevii* [6].

Глютеины выделяли из индивидуальных зерновок по методике Singh et al. [7]. Электрофоретическое разделение глютеинов проводили по методике Laemmli [8] в вертикальной электрофоретической камере Maxigel (Biometra-Biomedizinische). Для окраски гелевых пластин использовали Coomassie Blue R-250 с добавлением этилового спирта и ледяной уксусной кислоты. Высокомолекулярные субъединицы глютеинов идентифицировали по номенклатурной системе Payne [9].

Анализ спектров электрофореза показал, что в геноме *T. timopheevii* экспрессируется пять НМВ субъединиц глютеина (рис. 1), подвижность которых не совпадает с подвижностью ни одной из НМВ-GS родительских сортов мягкой пшеницы. Согласно литературным данным, субъединицы с Mr 107 и 100 кДа являются продуктами генов *IGx* и *IGy* соответственно. Лocus *Glu-A'1* экспрессирует три продукта с Mr 103, 92,3 и 67,3 кДа [10]. Таким образом, результаты свидетельствуют, что *T. timopheevii* содержит субъединицы х- и у-типа в локусах *Glu-A1* и *Glu-G1*, что может представлять ценность для улучшения селекционных признаков пшеницы, поскольку гены *LAu* коммерческих сортов практически не экспрессируются.

Спектр НМВ- субъединиц глютеина линий 10, 38, 67, 140 комбинации Иртышанка/*T. timopheevii* такой же, как у родительского сорта пшеницы и представлен 4 бэндами с Mr 108, 98, 83, 80 кДа (рис. 1), что соответствует аллелям *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a*. У линий 38 и 67 в спектре LMW-GS выявлен один компонент от *T. timopheevii* (рис. 1), что указывает на замещение *Glu-B3/Glu-G3* в данных генотипах.

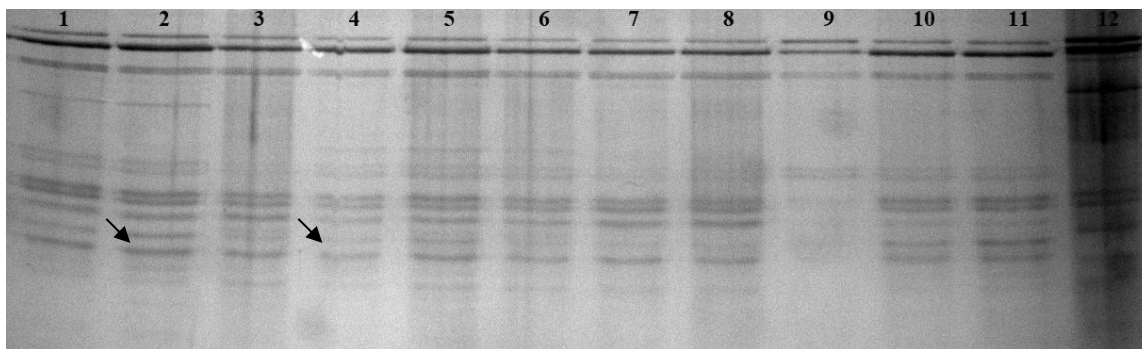


Рисунок 1 – Электрофореграмма глютеинов в SDS-PAGE линий комбинации Иртышанка/*T. timopheevii*: дорожки 1,2 - линия 10; 3,4 – линия 38; 5,6 – линия 67; 7,8 – линия

140; 9 - сорт Саратовская 29; 10,11 – сорт Иртышанка; 12 – *T. timopheevii*. Стрелками обозначен компонент *T. timopheevii*.

Анализ спектра HMW-GS линий 744, 760, 811, 821, 837 показал, что он совпадает со спектром родительского сорта Саратовская 29, который соответствует аллелям *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a*. Данные линии также сохранили аллельный состав локусов низкомолекулярных субъединиц глютеина, характерный для исходного сорта пшеницы.

При исследовании линий 141, 157, 175, 184, созданных на основе сорта пшеницы Скала, выявлен межлинейный полиморфизм. Линии 141, 175 и 184 имели состав спектра HMW-GS родительского сорта (рис. 2). У линии 157 выявлены аллели *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a*, не характерные для сорта Скала (*Glu-A1c*, *Glu-B1c*, *Glu-D1d*). Это позволяет предположить, что линия 157 происходит от другого сорта пшеницы, либо произошло переопыление другим сортом в процессе ее создания. У линий 175 и 184 в спектрах LMW- GS выявлены бэнды от *T. timopheevii* (рис. 2), которые согласно литературным данным являются продуктами *Glu-A'3* и *Glu-G3* локусов [11]. Таким образом, линии 175 и 184 содержат интрогрессию генетического материала *T. timopheevii* в коротких плечах 1А и 1В хромосом.

Линии 206 и 191 комбинации Целинная/*T. timopheevii* сохранили спектр HMW- и LMW-субъединиц глютеина как у родительского сорта пшеницы.

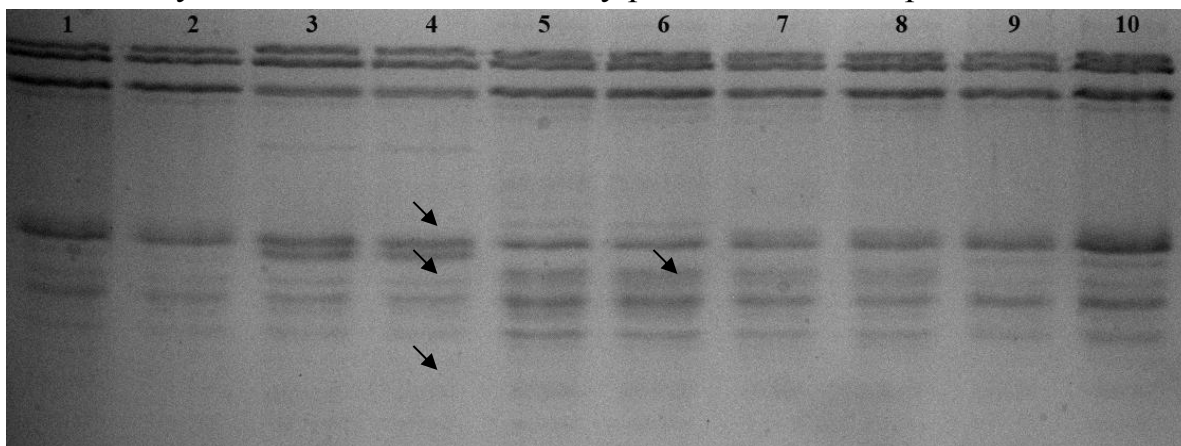


Рисунок 2 – Электрофореграмма глютеинов в SDS-PAGE линий комбинации Скала/*T. timopheevii*: дорожки 1,2 - линия 141; 3,4 – линия 157; 5,6 – линия 175; 7,8 – линия 184, 9, 10 – сорт Скала. Стрелками обозначены компоненты *T. timopheevii*.

Для линий 732 и 676 выявлен полиморфизм, обусловленный полиморфизмом сорта Новосибирская 67, который содержит аллели *Glu-A1a/b*, *Glu-B1b*, *Glu-D1a*. В результате проведенного анализа для линии 676 выявлены аллели *Glu-A1a*, *Glu-B1b*, *Glu-D1a*, а для линии 732 - *Glu-A1b*, *Glu-B1b*, *Glu-D1a*. Линия 728, скорее всего, подверглась переопылению, так как для нее установлены аллели *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1d*, которые не характерны для сорта Новосибирская 67. Спектр LMW- GS линий 728, 732 и 676 совпадает со спектром исходного сорта.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что большинство линий сохранили аллельный состав высокомолекулярных субъединиц глютеинов исходных сортов мягкой пшеницы. Только у линии 157 комбинации Скала/*T. timopheevii* и линии 728 Новосибирская 67/*T. timopheevii* обнаружены продукты, отличающиеся от родительских форм, что вероятно является следствием переопыления данных линий. Выделены линии с аллелями локусов *Glu-3* от *T. timopheevii*, которые не характерны для *T. aestivum* L. Новые аллели глютеинов могут представлять интерес для расширения генофонда мягкой пшеницы по признакам, определяющим хлебопекарные качества.

Благодарности: Исследование поддержано бюджетным проектом ФИЦ ИЦиГ СО РАН (№0324-2018-0018).

Список литературы

1. Shewry P.R. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization / P.R. Shewry, N.G. Halford // J. Exp. Bot. - 2002. - Vol. 53. - P. 947-958.
2. Ribeiro M. One hundred years of grain omics: identifying the gluteins that feed the world / M. Ribeiro, J. Miranda, G. Branlard // J. Proteome Res. - 2013. - Vol. 12. - P. 4702-4716.
3. Pflüger L. Variation in the HMW and LMW glutenin subunits from Spanish accessions of emmer wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* Schrank) / L. Pflüger, L. Martin M., J.B. Alvarez // Theor. Appl. Genet. - 2001. - Vol. 102. - P. 767-772.
4. An X. Genetic diversity of European spelt wheat revealed by glutenin subunit variations at the *Glu-1* and *Gli-3* loci / X. An, Q. Li, Y. Yan, Y. Xiao, S.L.K. Xsam, F.J. Zeller // Euphytica. - 2005. - Vol. 146. - P. 193-201.
5. Ciaffi M. Breadmaking potential of durum wheat lines expressing both x and y type subunits at the *Glu-A1* locus / M. Ciaffi, D. Lafianra, T. Turchetta, S. Ravaglia, H. Bariana, R. Gupta, F. MacRitchie // Cereal Chem. - 1995. - Vol. 72. - P. 465-469.
6. Молекулярный анализ устойчивых к бурой ржавчине интрогрессивных линий, полученных при скрещивании гексаплоидной пшеницы *T. aestivum* с тетраплоидной пшеницей *T. timopheevii* / И. Н. Леонова [и др.] // Генетика. - 2002. - Т. 38. - С. 1648-1655.
7. Singh N. K. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin / N. K. Singh, K. W. Shepherd, G. B. Cornish // Journal of Cereal Science. - 1991. - Vol. 14. - P. 203-208.
8. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U. K. Laemmli // Nature. - 1970. - № 227 (5259). - P. 680-685.
9. Payne P.I. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, and *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat / P.I. Payne, G.J. Lawrence // Cereal Res. Com. - 1983. - Vol. 11. - P. 29-35.
10. Обухова Л.В. Высокомолекулярные субъединицы глютеина у образцов пшениц – доноров иммунитета к грибным инфекциям / Л.В. Обухова // Вестник ВОГиС. - 2008. - Т. 12, №4. - С. 734-739.
11. Обухова Л.В. Исследование запасных белков у интрогрессивных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L. × *Triticum timopheevii* Zhuk.), устойчивых к листовой

COMPOSITION OF HIGH-MOLECULAR WEIGHT AND LOW-MOLECULAR WEIGHT SUBUNITS OF GLUTENINS IN *T. AESTIVUM*/T. TIMOPHEEVII INTROGRESSION LINES

Orlovskaya O.A., Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus; Vakula S.I. Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus; Leonova I.N., Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

*Comparative analysis of the composition of high- and low-molecular weight glutenin subunits in the genome of common wheat introgression lines containing *T. timopheevii* genetic material and parental forms was carried out. It was shown that the majority of the lines retained the allelic constitution of the high-molecular weight glutenins of the initial wheat cultivars. In the genomes of several lines from cross combinations Irtyshanka 10/*T. timopheevii* and Skala/*T. timopheevii* alleles of *Glu-3* loci were identified, which are not characteristic of *T. aestivum* L. and are inherited from *T. timopheevii*. These alleles are of interests for the widening of common wheat gene pool on bread making quality.*

*Key words: common wheat *T. aestivum*, tetraploid wheat *T. timopheevii*, introgression lines, glutenin.*

УДК 633. 16. 631. 527.

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Пакуль В.Н., доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора, Мартынова С.В., научный сотрудник, Андросов Д.Е., научный сотрудник Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Кемерово, Россия
e-mail: vprakyl@mail.ru

В условиях сибирской засухи, важнейшее значение приобретает способность сортов ярового ячменя формировать выокую стабильную урожайность. Для создания адаптивных сортов ярового ячменя проведено изучение коллекционного материала в условиях лесостепи Западной Сибири. При различном типе засух в годы исследований, выделены образцы: высокопродуктивный с высокой пластичностью – Ladik (к-30734, Чехия), с высокой урожайностью и её стабильностью – JB Flavour (к-31242, Германия), Sutmko (к-30265, Канада).

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, пластичность, стабильность.

При создании новых сортов сельскохозяйственных культур важное значение имеет планомерное использование генетического разнообразия

мирового генофонда. Основным источником исходного материала служит мировая коллекция ВИР [7].

Рост и развитие ярового ячменя в условиях Западной Сибири проходит в условиях сильной или средней засухи в первую половину вегетационного периода. Уменьшить негативное влияние недостатка влаги возможно при использовании адаптивных технологий выращивания, сортов с высокой экологической пластичностью.

Для создания адаптивных сортов ярового ячменя необходимо подбор и изучение исходного материала в конкретных почвенно-климатических условиях [1, 9, 2]. Селекция ярового ячменя на увеличение стабильного сбора зерна с единицы площади включает ряд сложных вопросов. Один из них – взаимосвязь количественных признаков и их роль в формировании урожайности. Структура урожайности каждого сорта индивидуальна, сорта, имеющие равную урожайность, могут значительно отличаться по её составляющим элементам. Немаловажную роль в этом процессе играют природно-климатические условия [4].

Цель проводимых исследований – провести оценку образцов ярового ячменя в коллекционном питомнике по урожайности и её составляющим, выделить наиболее перспективные.

Исследования проведены в 2014-2016 гг. в Кемеровском НИИСХ-филиале СФНЦА РАН в коллекционном питомнике ярового ячменя, Учёты и наблюдения проведены согласно методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса [6], международного классификатора рода *Hordeum vulgare* [5]. При математической и статистической обработках данных использована методика Б.А. Доспехова [3] и компьютерные программы О.Д. Сорокина [8].

В коллекционном питомнике изучалось 122 образца ярового ячменя различного эколого-географического происхождения. Перед посевом и в период всходы - начало появления четвёртого листа в 2014 г. влагообеспеченность находилась в оптимальных пределах, ГТК = 1,34 (табл. 1).

Таблица 1

Влагообеспеченность в период вегетации ярового ячменя

Годы	Гидротермический коэффициент			
	май	июнь	июль	август
2014	1,34	0,70	1,1	1,3
2015	1,45	0,56	1,07	1,02
2016	0,50	0,37	1,73	0,63

Для вегетационного периода 2014 г. характерна недостаточная обеспеченность влагой в периоды кущение – колошение (ГТК=0,70), цветение

– молочная спелость (ГТК = 0,19), что негативно сказалось на формировании урожайности ячменя. Для условий 2016 г. и 2015 г. характерно присутствие водной и воздушной засухи в период всходы- колошение (ГТК=0,37 и 0,56 соответственно). Если в 2016 г. налив зерна проходил при достаточной влагообеспеченности, ГТК=1,73, в 2015 г. отмечен её недостаток, ГТК в фазу молочной спелости – 0,21-0,49, восковой – 0,14-0,81.

По общим оценкам в период вегетации по фенотипическим признакам, общей оценке состояния посевов, результатам лабораторного анализа из 122 образцов ярового ячменя коллекции ВИР выделено восемь образцов из Чехии: Sk-983 (к-29305), Jubilant (к-29889), Ladik (к-30734), Stabil (к-30736), Svit (к-30737), Victor (к-30738), Primus (к-30935), Maridol (к-30936), шесть образцов из Канады: CDC Guardian (к-30166), Deuce (к-30168), Stein (к-30172), Symko (к-30265), Lacombe (к-30413), Herta (CN-9472, к-30702), шесть образцов из Германии: Danuta (к-30889), Margret (к-30966), Messina (к-30967), Xanadu (30973), Марни (31044), JB Flavour (к-31242).

Установлено, что в формировании урожайности ярового ячменя доля влияния фактора – условия года составили для образцов из Чехии – 67,3%, Германии – 67,2%, Канады – 40,2%, генотипа соответственно – 1,9-4,1%. При значительном влиянии метеоусловий года на урожайность сортов ярового ячменя с более высокой массой зерна с единицы площади выделены в сравнении со стандартом образцы: Stabil (к-30736) – 170,8 г/м², Primus (к-30935) – 175,0 г/м², JB Flavour (к-31242) – 181,7 г/м², Биом – 128,6 г/м² (табл 2). Достоверное превышение по отношению к стандарту имеют три образца: Ladik (к-30734, Чехия) – 58,0 г/м², Deuce (к-30168, Канада) – 68,5 г/м², Symko (к-30265, Канада) – 85,8 г/м² (НСР_{0,5} = 55,7 г). Частная парная корреляция не отражает достоверной взаимосвязи урожайности с элементами ее структуры. Средняя взаимосвязь урожайности выявлена с высотой растений, $r = 0,5080$, ниже средней с количеством зёрен в колосе, $r = 0,3939$, массой 1000 зёрен $r = 0,2519$, продуктивностью колоса, $r = 0,2417$ ($R = 0,8114$).

Для определения более чёткой взаимосвязи урожайности с количественными признаками Р.А. Максимов (2016) методом множественной линейной регрессии установил эффект их комбинированного влияния на продуктивность зерна ярового ячменя.

Урожайность и элементы продуктивности ярового ячменя, 2014-2016 гг.

Сорт	№ каталога ВИР	Происхождение	Высота растения, см	Длина колоса, см	Кол-во зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Продуктивность колоса, г	Масса зерна с 1 м ² , г
Биом St	30984	Россия	52,3	7,4	15,4	53,6	0,87	128,6
Sk-983	29305		42,2	8,5	17,1	48,5	0,75	107,0
Jubilant	28889		52,9	9,3	16,8	44,9	1,1	138,7
Ladik	30734		56,2	10,5	20,3	46,7	0,91	186,6
Stabil	30736		51,2	9,97	19,6	43,7	0,90	170,8
Svit	30737	Чехия	56,5	11,4	20,4	47,1	0,92	155,7
Victor	30738		46,9	9,93	20,8	48,4	0,99	138,6
Primus	30935		53,2	9,6	18,4	50,0	0,89	175,0
Maridol	30936		54,7	9,7	19,3	46,7	0,88	104,8
CDC Guardian	30166	Канада	56,0	11,1	22,0	50,7	1,00	168,3
Deuce	30168		59,5	10,5	21,9	51,9	1,13	197,1
Stein	30172		57,5	12,6	18,7	48,5	0,93	158,4
Symko	30265		59,4	9,6	19,2	45,9	0,90	214,4
Lacombe	30413		58,1	6,8	26,5	46,5	1,21	111,5
Herta	30702		55,9	9,5	19,1	44,0	0,82	122,2
Danuta	30889	Германия	57,5	8,7	18,8	51,0	0,81	144,3
Margret	30966		51,5	9,2	18,4	50,9	0,92	137,8
Messina	30967		59,4	10,7	23,0	52,0	1,2	150,6
Xanadu	30973		48,1	8,5	18,2	46,8	0,67	156,0
Марни	31044		60,0	10,4	20,0	50,3	0,88	138,7
JB Flavour	31242		50,6	8,8	18,4	45,8	0,81	181,7
НСП ₀₅								55,7

Его исследованиями установлено, что индекс соотношения массы 1000 зерен к озерненности колоса в селекционной работе можно применять на различных этапах селекционной работы, как маркерный признак для распознавания стабильных и пластичных генотипов. При средних значениях индекса (2,4-2,5) сорта менее пластичны, при его уменьшении или увеличении пластичность увеличивается. По стабильности, наоборот, при средних значениях соотношения (2,4-2,5) сорта наиболее стабильны в других диапазонах (1,9-2,4 и 2,6-3,3) – менее стабильны [4]. По результатам оценки индекса соотношения массы 1000 зерен к озерненности колоса образцы из Чехии имеют высокую отзывчивость на улучшение условий роста и развития, но при этом показатели урожайности по годам значительно варьируют, $V = 44,7-81,8\%$. Из сортов, созданных в Германии представляет интерес образец JB Flavour (к-31242), при превышении урожайности сорта стандарта на 41,3%, обладает высокой её стабильностью (индекс соотношения массы 1000 зерен к

озерненности колоса равен 2,5). Наибольшую ценность представляет высокопродуктивный образец ярового ячменя из Канады: Symko (к-30265), при высокой стабильности урожайности по годам (индекс 2,4), V = 15,9%.

Таким образом, в коллекционном питомнике по комплексу признаков выделены образцы: высокопродуктивный с высокой пластичностью – Ladik (к-30734, Чехия), с высокой урожайностью и её стабильностью – JB Flavour (к-31242, Германия). Наибольшую ценность представляет высокопродуктивный образец ярового ячменя из Канады: Symko (к-30265), при высокой стабильности урожайности по годам (индекс 2,4), V = 15,9%.

Список литературы

1. . Баталова Г.А. Селекция зерновых культур и гороха для условий Северо-Востока Европейской территории России / Баталова Г.А. // Зернобобовые и крупяные культуры, 2015. – № 2(14). – С. 20-25.
2. Баташева Б.А. Перспективные направления селекции ячменя / Б.А. Баташева, У.К. Куркиев, Н.С. Керимов // Вестник социально педагогического института, 2015. – № 3 (11). – С. 31-35.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: монография / Б.А. Доспехов М.: Колос, 1985. – 415 с.
4. Максимов Р.А. Эффект комбинированного влияния количественных признаков на урожайность зерна ячменя в условиях Среднего Урала / Максимов Р.А. // Достижения науки и техники АПК, 2016. – № 8. – С. 56-58.
5. Международный классификатор рода *Hordeum vulgare*. Л., 1987 г. – 46 с.
6. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / ГНУ ВИР Россельхозакадемии. Издание четвертое, дополненное и переработанное. – Санкт-Петербург, 2012. – 63 с.
7. Рутц Р. И. Генетическое разнообразие сортов озимой пшеницы мировой коллекции ВИР по элементам структуры урожая в условиях Омского Прииртышья / Р.И.Рутц, Ю.Н. Кашуба // Селекция на устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам среды. – Новосибирск, 2006. – С. 22-29.
8. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин.– Краснообск: ГУППО СЦ РАСХН, 2004. – 162 с.
9. Сурин Н.А. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя в Сибири / Н.А. Сурин, Н.В. Зобова, Н.Е. Ляхова // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2014. – Т. 18. – № 2. – С. 378-386.

Assessment of exemplars of summer barley of various ekologo-geographical origin in the conditions of Western Siberia

*Pakul Vera Nikonorovna, Martynova Svetlana Viktorovna, Androsov Dmitry Evgenyevich
The Kemerovo research institute of agriculture – branch of the Siberian federal scientific center of
agrobiotechnologies of RAS, Kemerovo, Russia.*

In the Siberian drought, the extreme importance gains ability of grades of summer barley to foromirovat vyoku stabilnyu productivity. For creation of adaptive grades of summer barley

studying of collection material in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia is carried out. At various type of droughts in days of researches, exemplars are allocated: high-yield with high plasticity – Ladik (to-30734, the Czech Republic), with high productivity and its stability – JB Flavour (to-31242, Germany), Symko (to-30265, Canada).

Keywords: *summer barley, grade, productivity, plasticity, stability.*

УДК 631 527.41:631.11: 633.14

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

АЛЛОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ДИГАПЛОИДНЫХ

ЛИНИЙ (*H. vulgare*)-*T. aestivum*

*Першина Л.А., дбн, гнс, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия, pershina@bionet.nsc.ru
Осадчая Т.С., мнс, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия, Трубачеева Н.В., кбн, нс, ИЦиГ СО
РАН, Новосибирск, Россия, Белан И.А., кс-хн, зав. лаб. ФГБНУ «Омский АНЦ», Россия
Росеева Л.П., кс-хн, внс, ФГБНУ «Омский АНЦ», Россия, Немченко В.В., дс-хн, зам. дир.
«Агрокомплекс «Кургансемена», Россия, Абакумов С.Н., зам. дир. ФГУП «Ишимское»,
Тюменская обл, Россия*

*Рассмотрены особенности получения ДГ-линий у аллоплазматических рекомбинантных и интрогрессивных генотипов мягкой пшеницы (*H. vulgare*)-*T. aestivum*. Показано, что ДГ-линии аллоплазматических линий (*H. vulgare*)-*T. aestivum* могут являться ценным материалом для селекции. На основе трех аллоплазматических линий, выделенных из гибридной популяции ДГ(1)-17F₃ × Com37, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1B, созданы сорта яровой мягкой пшеницы Сигма, Уралосибирская 2, Ишимская 11, характеризующиеся повышенной урожайностью и устойчивостью к возбудителям ряда грибных заболеваний.*

Ключевые слова: аллоплазматические линии, ДГ-линии, транслокация 1RS.1B, сорта пшеницы

Получение ДГ-линий, сформированных на основе гаплоидных растений с удвоенным числом хромосом, является важной и широко востребованной технологией как для фундаментальных исследований, так и селекции растений [1]. Поскольку ДГ-линии являются гомозиготными, то их можно быстро проанализировать в повторных испытаниях, ускоряя отбор генотипов с нужными признаками, в том числе и в процессе создания новых сортов [2], и при использовании ДГ-линий в скрещиваниях.

В задачу наших работ входила разработка подходов к получению перспективных для селекции ДГ-линий на основе генотипов мягкой пшеницы гибридного происхождения и использования методов культивирования пыльников. В качестве растений-доноров для культуры пыльников служили аллоплазматические рекомбинантные линии мягкой пшеницы (*H. vulgare*)-*T. aestivum* с восстановленной фертильностью, которые являются беккроссными потомками ячменно-пшеничных гибридов *H. vulgare* × *T. aestivum* [3], а также

полученные на их основе аллоплазматические интрогрессивные генотипы, носители генов устойчивости к грибным патогенам. Такие линии сочетают пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1RB с генетическим материалом *A. elongatum*, *A. intermedium*, *T. timopheevii*, *T. dicoccoides*.

В зависимости от происхождения растений-доноров оптимизированы: 1) условия культивирования пыльников и андрогенных эмбриоидов (за счет изменения температурного режима, концентрации и сочетания источников углеводов и фитогормонов) с целью повышения частоты развития зеленых проростков, в том числе со спонтанным удвоением числа хромосом и восстановленной фертильностью; 2) условия выращивания зеленых проростков в период их адаптации после пересадки в грунт и в период развития до созревания [4 – 6]. Для оценки эффективности метода культивирования изучали частоту образования зеленых проростков, уровень фертильности андрогенных растений, частоту цитогенетически стабильных 42-хромосомных растений R₀- и R₁-поколений, которые становились источниками ДГ-линий. Для изученных в работе генотипов показана целесообразность формирования ДГ-линий на основе андрогенных растений R₁-поколения, имеющих высокий уровень фертильности (завязываемость не менее 30 зерен на колос в условиях гидропонной теплицы, более 35 – в полевых условиях) [7]. Кроме того, в предселекционный период изучения ДГ-линий необходим отбор по устойчивости к грибным патогенам и проведение молекулярного анализа для подтверждения наличия целевых генов устойчивости. В 2014 - 2017 гг на селекционном поле лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы и в поле ИЦиГ СО РАН на естественном фоне прошли испытания более 200 ДГ-линий 16 гибридных комбинаций. Для дальнейшей селекционной работы были отобраны наиболее перспективные линии, которые характеризуются комплексной устойчивостью к грибным патогенам, продуктивностью и качеством зерна [8]. Часть таких ДГ-линий использована в скрещиваниях с коммерческими сортами и другими перспективными линиями мягкой пшеницы для получения нового исходного материала для селекции.

Ранее в селекционный процесс были включены гибриды, полученные с участием аллоплазматических ДГ-линий (*H. vulgare*)-*T.aestivum* [9]. Одна из гибридных популяций ДГ(1)-17F₃ × Com37 (несет пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL), обозначенная как Лютесценс-311/00-22, стала источником шести перспективных линий, три из которых к настоящему времени являются сортами яровой мягкой пшеницы (рис. 1) [10]. (Родословная ДГ(1)-17F₃: (*H.vulgare*-Неполегающий) × (*T.aestivum*-Саратовская 29)/Мироновская 808/Мироновская 808/Саратовская 29). Полученные сорта

Сигма, Уралосибирская 2 и Ишимская 11 характеризует повышенная урожайность и устойчивость к возбудителям ряда грибных заболеваний.



Рис. 1. Схема создания сортов яровой мягкой пшеницы Сигма, Уралосибирская 2, Ишимская 11 с использованием аллоплазматической линии ДГ(1)-17F₃.
Обозначение: КСИ – конкурсные сортоиспытания.

Таким образом, показана возможность и целесообразность использования интрогрессивных ДГ-линий, полученных с использованием аллоплазматических генотипов мягкой пшеницы, в качестве исходного материала в селекции.

Отдельные разделы работы выполнены в рамках бюджетного проекта № 0324-2016-0001 и при поддержке гранта РФФИ (проект 17-04-01738).

Список литературы

1. Barnabas B., Szakacs Ё., Karsai I., Bedö Z. *In vitro* androgenesis of wheat: from fundamental to practical application // *Euphytica*. – 2001. – Vol. 119. – P. 211- 216.
2. Germana M.A. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding // *Plant Cell Rep.* – 2011. – Vol. 30. – P. 839 - 857.
3. Pershina L.A., Numerova O.M., Belova L.I., Devyatkina E.P. Biotechnological and cytogenetic aspects of producing new wheat genotypes using hybrids // *Euphytica*. – 1998. – 100 (1-3). – P. 239 - 244.
4. Першина Л.А., Белова Л.И., Девяткина Э.П., Нумерова О.М., Шумный В.К. Эффективность получения гаплоидных растений в культуре пыльников и при отдаленных скрещиваниях злаков // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 1999. – Т. 31. – № 3. – С. 196 - 202.
5. Першина Л.А., Осадчая Т.С., Бадаева Е.Д., Белан И.А., Россеева Л.П. Изучение особенностей андрогенеза в культуре пыльников сортов и перспективной формы яровой мягкой пшеницы Западносибирской селекции, различающихся наличием

- или отсутствием пшенично-чужеродной транслокации // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 1. – С. 40 - 49.
6. Осадчая Т.С., Першина Л.А., Трубачеева Н.В., Белан И.А., Россеева Л.П., Девяткина Э.П. Способность к андрогенезу эуплазматических линий мягкой пшеницы и аллоплазматических рекомбинантных линий (*H.vulgare*)-*T.aestivum* с транслокациями 1RS.1BL И 7DL-7Ai и получение дигаплоидных линий // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 4. – С. 650 - 659.
 7. Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В., Кравцова Л.А., Белан И.А., Россеева Л.П., Першина Л.А. Изучение фертильности и цитогенетической изменчивости у андрогенных растений (R_0 и R_1) аллоплазматических интрогрессивных линий мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 3. – С. 370 - 377.
 8. Россеева Л.П., Белан И.А., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Ложникова Л.Ф., Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В., Першина Л.А. Селекция на устойчивость к стеблевой ржавчине яровой мягкой пшеницы для Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7 (153). – С. 5 - 12.
 9. Белан И.А., Россеева Л.П., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Першина Л.А., Трубачеева Н.В. Создание сортов мягкой пшеницы устойчивых к грибным заболеваниям для условий Западной Сибири и Урала // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (147). – С. 5 - 7.
 10. Belan Igor, Rosseeva Ludmila, Laikova Ludmila, Rosseev Vladimir, Pershina Lidiya, Trubacheeva Nataliya, Morgounov Alexey, Zelenskiy Yuri. Utilization of New Wheat Genepool in Breeding of Spring Bread Wheat // Abstracts of Oral and Poster Presentations of 8th International Wheat Conference. – June 1-4, 2010. – St. Petersburg, Russia. – P. 69 - 70.

**PRODUCTION AND USING OF ALLOPLASMATIC INTROGRESSIVE
DOUBLED HAPLOID LINES (*H. vulgare*) -*T. aestivum* IN BREEDING**

*Pershina L.A., Osadchaya T.S., Trubacheeva N.V., ICiG SB RAS, Novosibirsk, Russia
Belan I.A., Rosseeva L.P., Federal State Budget Scientific Institution "Omsk Agricultural
Scientific Center", Omsk, Russia*

Nemchenko V.V., "Agrocomplex" Kurgansemena ", Kurgan, Russia

*Abakumov S. N., FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE "ISHIMSKOE", Tyumen
region, Russia*

*The features of obtaining DH- lines of alloplasmic recombinant and introgressive genotypes of common wheat (*H. vulgare*)-*T.aestivum* are considered. It is shown that the DH-lines of alloplasmic lines (*H. vulgare*)-*T.aestivum* can be a valuable genotypes for breeding. Spring common wheat cultivars Sigma, Uralosibirskaya 2 and Ishimskaya 11 were produced using three alloplasmic lines isolated from the hybrid population of DH(1)-17F3 × Com37 carrying wheat-rye translocation 1RS.1BL. These cultivars are characterized by increased yield and resistance to pathogens of a number of fungal diseases.*

Key words: alloplasmic lines, DH-lines, translocation of 1RS.1BL, wheat cultivars

УДК 633.11: 631.523.11: 632.938

**СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К РЖАВЧИНЫМ
БОЛЕЗНЯМ ДЛЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ОБРАЗЦОВ
СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНОМОМ *AEGILOPS TAUSCHII*
ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР**

Плотникова Л.Я., докт. биол. наук, профессор, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия,
e-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Митрофанова О.П., докт. биол. наук, заведующая группой озимой пшеницы, Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Герасимова Я.А., магистрант, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

Для расширения генетической базы селекции мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. к ржавчинным болезням проведены исследования набора яровых синтетических форм (ВВА^uА^uDD) с геномом D от *Aegilops tauschii* Coss. из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Оценку образцов проводили в полевых условиях в лесостепной зоне юга Западной Сибири в 2014-2017 гг. На начальном этапе исследований был проведен индивидуальный отбор растений в полиморфных образцах и их размножение. После отборов были получены образцы, сочетающие высокую устойчивость к одной или двум ржавчинным болезням с сокращенным вегетационным периодом и урожайностью, сравнимой с показателями сортов-стандартов. Лучшие синтетические формы перспективны для включения в программы селекции мягкой пшеницы на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине в Западной Сибири.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, *Aegilops tauschii*, синтетики, бурая и листовая ржавчина.

Мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. – основная зерновая культура России, ее экономическое значение повышается в связи с расширением экспорта зерна. Западная Сибирь входит в число основных производителей зерна страны, при этом условия региона позволяют получать зерно с высокими хлебопекарными качествами. Урожайность и качество зерна пшеницы в значительной степени ограничены ущербом, возникающим в результате поражения посевов бурой и стеблевой ржавчиной (возбудители *Puccinia triticina* Erikss. и *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. et Henn. соответственно). На юге Западной Сибири начиная с 2013 г. отмечено усиление поражения пшеницы бурой ржавчиной, а с 2014 г. регулярно развивается стеблевая ржавчина [1, 2].

Перспективным направлением защиты мягкой пшеницы от болезней является расширение генетического полиморфизма сортов за счет введения генов устойчивости родственных видов. Вид *Aegilops tauschii* Coss. (=Ae.

squarrosa, $2n = DD$) послужил донором генома для *T. aestivum* (BBA^uA^uDD). Благодаря филогенетической близости возможен перенос его генов в пшеницу в форме транслокаций. Для облегчения интрогрессии, как правило, создают промежуточные синтетические формы путем скрещивания тетраплоидных пшениц (BBA^uA^u) с *Ae. tauschii*. Несмотря на близость геномов из *Ae. tauschii* в *T. aestivum* за несколько десятилетий был перенесен ограниченный набор генов устойчивости к бурой (*Lr*-гены) и стеблевой ржавчине (*Sr*-гены). При этом в Западной Сибири сохранили эффективность к ржавчине только *Lr39*(=*Lr41*) и *Sr33*, в то время как *Lr21*, *Lr22a*, *Lr32*, *Lr42* были частично или полностью преодолены (поражение 40-80 %) [1],

Вид *Ae. tauschii* распространен в различных регионах мира, его образцы отличаются существенным разнообразием, в частности, к бурой ржавчине, были резистентны только 18 % образцов из коллекции ВИРа [3]. Установлено, что свойства синтетиков могут зависеть как от родительских образцов эгилопса, так и тетраплоидной пшеницы [4].

В Западной Сибири регионе сформировался комплекс возбудителей болезней, адаптированных к возделываемым культурам, а также к резко континентальному климату. В частности, на посевах пшеницы существует азиатская популяция возбудителя бурой ржавчины *P. triticina*, отличающаяся по вирулентности от европейской. Целью работы было выявление устойчивых к ржавчинным болезням образцов синтетической пшеницы, пригодных для использования в селекции сортов *T. aestivum* для юга Западной Сибири.

В исследования были включены 56 яровых образцов синтетической пшеницы из коллекции ВИРа. Эксперименты проводили в полевых условиях в лесостепной зоне юга Западной Сибири (г. Омска) в 2013-2017 гг. Развитие ржавчинных болезней оценивали по международной шкале СИММУТ.

Изучение коллекции синтетиков показало, что часть образцов была гетерогенна по высоте, форме и окраске колоса, устойчивости к болезням и др. В 2014 г. был сделан индивидуальный отбор лучших растений и проведено их размножение. Известно, что изменение длины вегетационного и межфазных периодов являются способом адаптации растений к неблагоприятным условиям среды. Климат Западной Сибири нестабилен, для него характерна весенне-раннелетняя засуха, а также существенное понижение температуры и выпадение осадков в конце июля и августе, что часто затягивает созревание пшеницы. Изучение образцов в 2015-2017 гг. показало, что по средним показателям вегетационного периода они распределялись на 4 группы, при этом 50 % синтетиков были среднеранными, среднеспелыми и среднепоздними (рис. а).

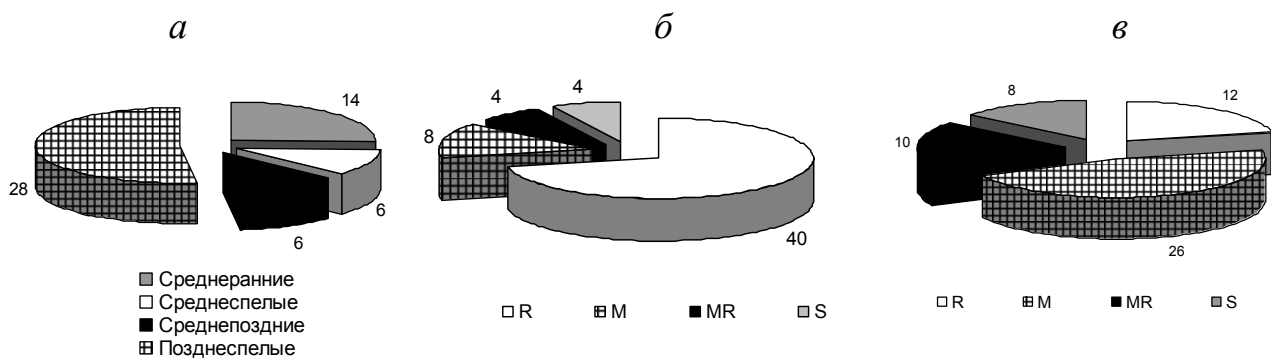


Рисунок – Распределение синтетических образцов пшеницы: а) по группам спелости; б) по устойчивости к бурой ржавчине; в – по устойчивости к стеблевой ржавчине. R – полная устойчивость (иммунитет), M – промежуточная устойчивость, MR – умеренная устойчивость, S – восприимчивость.

При изучении коллекционных образцов часто ориентируются на межфазный период «всходы – колошение», который в некоторых земледельческих зонах хорошо коррелирует с вегетационным [4]. Однако в Западной Сибири неблагоприятные условия в конце вегетации могут значительно удлинить созревание пшеницы. Характерная ситуация сложилась в 2017 г., когда лучшие образцы имели период «всходы – колошение» наравне со стандартом среднеранней группы – сортом Памяти Азиева (33 сут.), но за счет увеличения периода «колошение – восковая спелость» созрели на 2 сут. позже стандарта среднепоздней группы – сорта Серебристая (таблица). Эти особенности ритмов развития необходимо учитывать при включении образцов в селекционные программы. По продуктивности синтетические формы уступили сортам-стандартам в 2015–2016 гг. (45 – 88 % от продуктивности стандартов соответствующей группы). Однако в 2017 г. при хорошем увлажнении в период формирования зерна продуктивность синтетиков была на уровне или сравнима с показателем среднепозднего сорта Серебристая и превышала показатели сортов среднеранней и среднепоздней групп в 1,4-1,5 раза (таблица).

Таблица

Характеристика лучших синтетических образцов пшеницы, 2017 г.

Сорт, образец	Периоды, сут			Продуктивность, г/растение	Поражение, % / тип реакции*	
	всходы-колошение	колошение-спелость	вегетационный		бурая ржавчина	стеблевая ржавчина
Памяти Азиева	33	43	76	1,95	100S	75S
Дуэт	30	47	77	1,98	30S	25S
Серебристая	41	42	83	3,01	100S	65S
к-65483	31	52	83	3,01	10S	0R

к-65485	33	52	85	2,92	0R	0R
к-65489	33	52	85	2,87	0R	0R
к-65491	33	52	85	2,87	0R	0R
к-65492	33	52	85	2,92	0R	0R
к-65497	33	52	85	2,93	0R	0R
к-65503	33	52	85	2,86	0R	0R
к-65504	33	52	85	2,87	0R	0R
к-65505	33	52	85	2,58	0R	0R

* R – полная устойчивость (иммунитет), S – восприимчивость

Среди изученных синтетиков 38 образцов проявили иммунитет или высокую устойчивость к бурой ржавчине, а 48 – к стеблевой (рис. б, в). Лучшие образцы, перечисленные в таблице, сочетали групповую устойчивость с хорошей продуктивностью и высокой массой 1000 зерен. С учетом того, что большая часть известных генов устойчивости к бурой ржавчине, интрогрессированных в мягкую пшеницу от *Ae. tauschii*, потеряла эффективность в Западной Сибири, можно предполагать наличие новых генов/комбинаций генов устойчивости в изученных синтетических формах. В сравнении с коллекцией синтетиков, созданных в СИММУТ на основе озимых сортов и сорта японской селекции [4], образцы из исследованного нами набора имели более короткий вегетационный период и большую долю устойчивых к ржавчинным болезням форм.

Таким образом, проведенные исследования показали значительный полиморфизм образцов синтетических пшеницы по вегетационному периоду, продуктивности, устойчивости к болезням. Лучшие формы пшеницы проявили групповую устойчивость к двум видам ржавчины в сочетании с сокращенным вегетационным периодом и высокой продуктивностью. Данные образцы могут быть рекомендованы для использования в качестве источников резистентности для создания сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Западной Сибири.

Список литературы

1. Плотникова Л.Я. Устойчивость пшеницы Тимофеева к *Puccinia triticina* в Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, В.Е. Пожерукова, Л.В. Мешкова и др. // Микология и фитопатология, 2015. – Т. 49. – Вып. 2. – С. 116-125.
2. Плотникова Л.Я. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генами пырея удлиненного *Agropyron elongatum* устойчивые к листовым болезням на юге Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, А.Т. Айдосова, А.Т. Рыспекова и др. // Вестник ОмГАУ, 2014. – № 4 (16). – С. 3-7.

3. Михайлова Л.А. Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине / Л.А. Михайлова // Идентифицированный генофонд растений и селекция – Санкт-Петербург: ВИР, 2005. – С.513-526
4. Шаманин В.П. Оценка линий синтетической пшеницы (*Triticum durum/Aegilops tauschii*) по вегетационному периоду и устойчивости к болезням/ В.П. Шаманин, И.В. Потоцкая, С.С. Шепелев, В.Е. Пожерукова и др.// Вавиловский журнал генетики и селекции, 2017. – Т. 21. – №3. – С. 347-353.

CREATION OF THE ISSUES OF RESISTANCE TO RUST DISEASES FOR WESTERN SIBERIA ON THE BASIS OF SYNTHETIC WHEAT SAMPLES WITH AEGILOPS TAUSCHII GENOME FROM THE VIR COLLECTION

*L.Ya. Plotnikova, Dr. Sci., Professor, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia
e-mail: lplotnikova2010@yandex.ru*

O.P. Mitrofanova, Dr. Sci., Leader of Group of Winter Weats, All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin, Russia Gerasimova Ya.A., Master, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

*To enrich the genetic base of breeding of common wheat *Triticum aestivum* L. to rust diseases, studies were carried out of a set of spring synthetic forms (BBA^uA^uDD) with genome D of *Aegilops tauschii* Coss from the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR). Estimations of samples were accomplished in the field conditions in the forest-steppe zone of the South of Western Siberia in 2014-2017. At the initial stage of research, individual selection of plants in polymorphic samples and their reproduction were performed. After the selection the samples were obtained, combining high resistance to one or two rust diseases with shortened vegetation period and the yield comparable to the standard varieties. The best synthetic forms are promising to be included in bread wheat breeding programs for resistance to brown and stem rusts in Western Siberia.*

*Key words: *Triticum aestivum*, *Aegilops tauschii*, synthetic forms, brown and leaf rust.*

УДК 633.282:633.2/3:631

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА СУДАНСКОЙ ТРАВЫ ПРИ СОЗДАНИИ СОРТОВ В СИБИРИ

*Полюдина Р.И., доктор сельскохозяйственных наук, руководитель селекционного центра, Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия,
Гришин В.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия,
e-mail: polyudina@ngs.ru*

В питомниках поликроссных потомств изучалось 25 поликроссных популяций. В качестве исходного материала были использованы популяции суданской травы разного эколого-географического происхождения. Выделены перспективные для селекции исходные материнские формы с высокой общей комбинационной способностью по кормовой и по семенной продуктивности. Из лучших поликроссных потомств сформированы сложногибридные (СГП 11, СГП 12), а из лучших материнских форм – синтетические (СГП 13, СГП 14, СГП 15) популяции.

Ключевые слова: суданская трава, селекционный материал, поликросс, комбинационная способность, сложногибридные популяции.

Суданская трава (*Sorghum xdrummondii* (Steud.) Millsp. & Chase) – высокоурожайная, соле-, засухоустойчивая культура для которой характерны многогранность использования и экологическая пластичность. Как универсальная культура она является страховою для многолетних трав в засушливые годы.

Короткий вегетационный период и недостаток тепла в Западной Сибири ограничивают продуктивность растений суданской травы, что приводит к большим колебаниям урожайности. В таких условиях проблема подбора надёжных культур, а также создания на их базе высокоурожайных адаптированных сортов стоит чрезвычайно остро.

Использование генетически разнообразного исходного материала и современных методов селекции позволяет создавать новые высокопродуктивные генотипы (сорты) суданской травы для экстремальных условий Сибири. Для результативной гибридизации необходим подбор пар как по продолжительности фенологических фаз, элементам структуры урожая, так и устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам.

Целью наших исследований являлось создание селекционного материала суданской травы с высокими хозяйственно-ценными признаками для условий Сибири. В задачи исследований входило: выделение перспективных исходных форм суданской травы и создание поликроссных потомств с высоким уровнем гетерозиса для формирования сложногибридных и синтетических популяций.

В селекции сорговых культур используются различные методы создания сортов: индивидуальный и массовый отборы [1, 2], химический мутагенез [3], метод свободного переопыления [4]. При создании сорго-суданковых гибридов большое распространение получила гетерозисная селекция. [5]. Схема поликросс-метода, разработанного в СибНИИ кормов [6], позволяет наряду с изучением ОКС исследовать изменчивость поликроссной популяции по морфобиологическим, хозяйственным признакам и биологическим свойствам.

В СибНИИ кормов СФНЦА РАН селекция суданской травы ведётся с 1983 г. (Л.В. Лутай, А.П. Штаус, Р.И. Полюдина и др.). В качестве исходного материала были взяты сорт суданской травы Бродская 2 и скороспелый сорт сорго Кинельское 3. В результате свободного переопыления исходных родительских форм и многократного отбора создан сорго-суданковый гибрид Кинельское 3 × Бродская 2. В дальнейшем проводили обработку семян мутагенами (ЭМС, НЭМ, ПАБК) в разной концентрации; выделение мутантов с

их проверкой на константность наследования признаков. В поколениях М1–М3 проводили отбор форм с положительными мутациями, браковали растения с нежелательными изменениями. Мутанты, сохранившие свои изменения в М3–М4, включали в селекционные питомники для определения селекционной ценности. Формирование сложногибридных популяций основывалось на биохимических смесях мутантов. За время исследований создано 4 сорта: Новосибирская 84, Лира, Достык (совместно с ТОО Павлодарским НИИСХ), Карагандинская (совместно с ТОО Карагандинским НИИРС).

Сорт Новосибирская 84 получен при использовании метода химического мутагенеза с последующим индивидуальным отбором. Вегетационный период от всходов до полного созревания – 103 дня. Не полегает, пригоден к механизированной уборке. Устойчив к засухе и засолению.

Сорт Лира выведен методом рекуррентного отбора в мутантных потомствах сорго-суданкового гибрида. Вегетационный период от всходов до созревания семян составляет 100 дней. Не полегает, пригоден к механизированной уборке. Устойчив к засухе и возвратным весенним заморозкам. Сорт Лира обладает высокой потенциальной продуктивностью. Урожайность зеленой массы в сумме за два укоса составляет 373, абсолютно сухого вещества 93, семян 27 ц/га.

В ходе изучения 25-ти популяций суданской травы в питомниках поликроссных потомств по 17-ти биологическим и хозяйственным признакам в 2017 году было выделено: 10 номеров с очень высокой интенсивностью начального роста (>75 см); 15 номеров сильной продуктивной кустистостью (3,6–5,0 шт.); 31 номер с длиной метелки (31–40 см); 13 скороспелых номера (до 90 дней), 29 среднеранних (91–98 дней) и 43 среднеспелых номера (99–107 дней).

На основе материнских форм сортов Приобская, Кулундинская, Новосибирская 84, Лира, Бродская 2, а также образцов ВК 37/12, КМ 24/10, ВР 68/10, СК 135/11 сформированы три высокопродуктивные синтетические популяции СГП 13, СГП 14 и СГП 15.

Синтетическая популяция СГП 13 создана на основе трех исходных материнских форм (популяции 2,11 и 15), ОКС которых по урожайности семян составляла 123–144%. Синтетическая популяция СГП 14 сформирована на основе трех исходных материнских форм (популяции 12, 14 и 15), ОКС которых по урожайности сухого вещества варьировала от 123–131%. Синтетическая популяция СГП 15 создана на основе четырех исходных материнских форм (популяции 2,3, 12 и 15), ОКС которых по урожайности сухого вещества, урожайности семян и массе 1000 семян варьировала от 119–128, 133–144 и 112–123% соответственно.

На основе лучших поликроссных потомств сформированы 2 скороспелые и высокопродуктивные сложногибридные популяции СГП 11 и СГП 12. Сложногибридная популяция СГП 11 создана на основе: поликроссного потомства 12 (эффект гетерозиса по урожайности сухого вещества и семян составил соответственно 24 и 31%); поликроссного потомства 23 (эффект гетерозиса по основным хозяйственно ценным признакам составил 12–29%). Сложногибридная популяция СГП 12 сформирована на основе поликроссных потомств 11, 14, 15 у которых эффект гетерозиса по основным хозяйственно ценным признакам варьировал от 16 до 34%.

В настоящее время проходит Государственное сортоиспытание в Республике Казахстан новый сорт суданской травы Карагандинская. С 2018 года сорт Достык включен в Государственный реестр Республики Казахстан по трём областям (Костанайская, Павлодарская, Карагандинская).

Список литературы

1. Карпенко Е.Г., Кадоркина В.Ф. Результаты селекции однолетних и многолетних трав в НИИ аграрных проблем Хакасии // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №4. – С.27–29.
2. Карпенко Е.Г. Создание нового сорта суданской травы Росинка // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №6. – С.12–13.
3. Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Балыкина Н.В. и др. Суданка в кормопроизводстве Сибири. – Новосибирск, 2004. – 224 с.
4. Биктимиров Р.А., Лукманова Ф. Х. Результаты и перспективы селекции сорговых культур в Башкирском НИИСХ // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С. 44–45.
5. Павлюк Н.Т., Крюкова Т. И., Булавский А.А. Основные направления и задачи суданской травы. Исходный материал // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научных трудов – Ч. 1.– Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – С. 130–138.
6. Железнов А.В., Поляков Я.К. и др. Методические рекомендации по селекции кормовых трав / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1979. – С. 82.

USE OF THE GENOFUND OF THE SUDAN GRASS IN CREATION OF VARIETIES IN SIBERIA

R.I. Polyudina, Doctor of Agricultural Sciences, Head of breeding Center, Siberian Research Institute of Fooder Crops SFSCA RAS, Novosibirsk, Russia

V.M. Grishin, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Siberian Research Institute of Fooder Crops SFSCA RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: polyudina @ngs.ru

In the nurseries of polycross progeny, 25 polycross populations were studied. As a source material, we used the populations of sudan grass of different eco-geographical origin. We have identified promising for the selection of a sudan grass original parent forms with high general combining ability for feed and seed production. Complex hybrid populations (SGP 11, SGP 12) and synthetic (SGP 13, SGP 14, SGP 15) populations are formed.

Keywords: sudan grass, breeding material, polycross, combining ability, complex-hybrid populations.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР СИБИРИ

Полюдина Р.И., доктор сельскохозяйственных наук, руководитель селекционного центра, Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: polyudina@ngs.ru

Приводятся сорта кормовых культур, созданные в Сибири и включенные в Государственный реестр по Западно- и Восточно-Сибирскому регионам. На основе местных и зарубежных образцов люцерны изменчивой с использованием методов гетерозисной и рекомбинационной селекции созданы новые сорта для Сибири. В результате использования современных методов созданы сорта клевера лугового нового поколения раннеспелого и позднеспелого типа на диплоидной и тетраплоидной основах: СибНИИК-10, Родник Сибири, Атлант, Метеор и другие. Методом отбора из дикорастущих популяций созданы зимостойкие, засухоустойчивые и высокоурожайные сорта эспарцета Михайловский 5 и Михайловский 10, с урожайностью сухого вещества до 103 ц/га, семян до 16,5 ц/га. Даны характеристики по хозяйственно-ценным признакам сортов нового поколения.

Ключевые слова: генофонд, люцерна, клевер, эспарцет, соя.

Сибирь обладает уникальным генофондом дикорастущих видов кормовых культур, на её обширной территории произрастает значительное разнообразие ценных бобовых, злаковых и других кормовых культур. Обширная территория Сибири представлена резко различающимися между собой природно-климатическими зонами. Для Сибири это, прежде всего, дефицит влаги в первой половине вегетации и переувлажнение – во второй. Резкие перепады температур в течение года, вегетационного сезона, суток.

Одним из факторов оптимизации кормопроизводства является эффективное использование генетических ресурсов при создании сортов кормовых культур [1].

В 1933–36 гг. под руководством академика Н.В. Цицина специальные экспедиции по Сибири и Казахстану собрали большое количество семян дикорастущих трав разных видов и форм, а в 1937–38 гг. начал поступать материал из мировой коллекции генофонда ВИР и ВИК. Эта работа была продолжена во вновь созданных НИУ и ГСС ведущими сибирскими селекционерами: А.М. Константиновой, А.В. Куминовой, К.А. Соболевской, Г.И. Макаровой, И.М. Карашуком, П.Л. Гончаровым, А.В. Гончаровой, Б.А. Азубекеровым, Б.П. Сосниным, А.В. Железновым, Е.Р. Шукисом и др. Собранный обширный материал послужил исходным материалом для селекции новых сортов многолетних бобовых и злаковых культур.

В настоящее время сибирскими селекционерами создано 561 сорт по 51 культуре, в Государственном реестре селекционных достижений находится 334 сорта кормовых культур [2]. Учреждениями СФНЦА РАН на 2018 г. создано

117 сортов по 32 сельскохозяйственным культурам, 17 сортов находится на ГСИ РФ и Казахстана. Наиболее востребованы в кормопроизводстве Сибири бобовые культуры: люцерна изменчивая, клевер луговой, эспарцет песчаный и соя.

В Сибири возделываются в основном сорта **люцерны изменчивой** и в незначительном количестве – желтой. До 1970-х гг. использовались местные и дикорастущие популяции, которые обладали хорошей зимостойкостью, но имели невысокую кормовую и семенную продуктивность, а высокопродуктивные зарубежные сорта имели невысокую зимостойкость. В дальнейшем методами рекомбинационной и гетерозисной селекции П.Л. Гончаровым, А.В. Гончаровой и Б.А. Абубекеровым созданы сорта: Тулунская гибридная, Сибирская 8, Деметра, Флора 4, Флора 5, Флора 6, Флора 7, Флора 8 и др. [3]. В Госреестре зарегистрировано 73 сорта этой культуры, из них 35 для Сибири.

В селекции **клевера лугового** в качестве исходного материала использованы дикорастущие популяции, местные сорта, отечественные и зарубежные селекционные сорта, а также формы, созданные синтетическим путем в процессе селекции с помощью внутри- и межвидовой гибридизации, полиплоидии, химического мутагенеза и селекции на клеточном уровне [4].

Самые скороспелые дикорастущие популяции обнаружены в Сибири: они зацветают на 4–5 недель раньше культурного позднеспелого клевера. Наиболее высокорослые популяции выявлены в горных районах Алтая и т.д. Среди дикорастущих клеверов алтайские, северные и восточно-сибирские формы отличаются высокой облиственностью (не менее 40% к весу растения). Дикорастущие формы отличаются большим долголетием, чем культурные. Самые долголетние – это северные клевера. Они способны удерживаться в травостое 10 – 15 лет.

В СибНИИ кормов в результате использования гетерозисной селекции созданы сорта нового поколения СибНИИК-10, Родник Сибири, Атлант [5]. В результате сочетания методов мутагенеза, полиплоидии, гибридизации и отбора в жестких климатических условиях Западной Сибири создан впервые в Сибири совместно с ВНИИ кормов раннеспелый (двуукосный) зимостойкий на тетраплоидной основе сорт Метеор. Решена сложная проблема селекции клевера лугового на скороспелость, где преодолена генетическая отрицательная корреляционная связь между признаками зимостойкости и скороспелости генотипов клевера лугового [6]. Максимальная урожайность зеленой массы за два укоса у сорта установлена 700 ц/га. По программе ТОС «Клевер» в результате экологической селекции создан раннеспелый тетраплоидный сорт Памяти Лисицына.

В Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в производстве областей России, включены 102 высокоурожайных сорта клевера лугового, для Западно и Восточно-Сибирского региона – 23 сорта.

Эспарцет ценный источник растительного белка и является высокоурожайной кормовой культурой, обладающей исключительной засухоустойчивостью.

В государственном реестре РФ 26 сортов, из них 11 сибирской селекции. В качестве генетического базиса селекции используются образцы коллекции ВИР и местный генофонд. Основным методом создания новых сортов эспарцета песчаного Михайловский 5 и Михайловский 10 был многократный отбор из дикорастущих образцов 5-3 и 10-1, собранных в Пий-Хемском районе республики Тыва. Урожайность зеленой массы сорта Михайловский 5 варьирует в пределах 187–442, сухого вещества – 43,4–102,9; семян – 5,4–16,5 ц/га. Содержание протеина в сухом веществе 15,7%. Сорт Михайловский 5 включен в Государственный реестр с 2009 г. по Восточно-Сибирскому региону, Михайловский 10 – с 2014 г. по Западно- и Восточно-Сибирскому регионам.

Интродукционное изучение **сои** в Сибири началось ещё в 30-е годы прошлого столетия, первые посевы были проведены в Омской области и на Алтае. В 1938 г. на трёх сортоучастках Алтайского края было начато изучение небольшого набора сортов. Однако эта попытка была неудачной. Исследования Д.С. Яндало, М.З. Жданова, Т.М. Лазарева и В.В. Рубцовой [7] убедительно показали, что успехи и неудачи внедрения сои в Сибири тесно связаны с подбором сортов и степенью освоения технологии её возделывания. Изучавшиеся сорта были недостаточно скороспелыми, попадали под осенние заморозки и не давали урожая семян. В дальнейшем изучение сортов сои на отдельных сортоучастках Омской, Новосибирской областей и Алтайского края носило эпизодический характер.

Селекционная работа в Сибири в начале 60-х годов была начата И.Н. Смирновым и А.Г. Быковцем в СибНИИСХ (г. Омск). На первых порах основным методом селекции был индивидуальный отбор из сортообразцов ВНИИ сои. Эти сорта имели отдельные недостатки и оказались непригодными для создания сортов.

В 1970-х гг. в СибНИИ кормов продолжена селекционная работа по созданию исходного материала сои. Методом индивидуального отбора из коллекционного образца К-5828 впервые в Сибири был создан скороспелый высокоурожайный сорт сои СибНИИК-315, который с 1991 года включен в Государственный реестр по Волго-Вятскому, Средневолжскому, Уральскому и Западно- и Восточно-Сибирскому регионам.

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений России 210 сортов сои. Сибирскими селекционерами создано 19 сортов, относительно хорошо приспособленных к условиям Сибири. СибНИИК-315 включен в Госреестр в 1991 г., Омская 4 – в 1993 г., Алтом – в 1998 г., СибНИИСХОЗ-6 – в 2000 г., Дина – в 2003 г., Эльдорадо – в 2010 г., Золотистая – в 2012 г., Сибирячка и Надежда – в 2013 г., СибНИИК-9 – в 2017 г., Горинская – 2018 г. и др.

Таким образом, создание генофонда хозяйственно полезных признаков и свойств кормовых культур позволяет повысить эффективность селекции, и кормопроизводства в целом. Источники ценных признаков или их комплексов могут быть взяты из местных и селекционных сортов, а также природных генетических ресурсов.

Список литературы

1. Кашеваров Н.И., Резников В.Ф. Проблемы оптимизации кормопроизводства в Сибири / ФГБНУ СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2016. – 87 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию / МСХ РФ. Госкомиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – М., 2016. – 504 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию / МСХ РФ. Госкомиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – М., 2017. – 483 с.
4. Новоселова А.С. Селекция и семеноводство клевера. – М.: Агропромиздат, 1986. – 199 с.
5. Полюдина Р.И. Гетерозисная селекция при создании новых сортов клевера лугового // Сиб. вест. с.-х. науки. – 2004. – №4.
6. Новоселов М.Ю. Селекция клевера лугового. – М., 1999. – 183 с.
7. Енкен В.Б. Соя. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 622 с.

GENETIC RESOURCES OF FODDER PLANTS OF SIBERIA

R.I. Polyudina, Doctor of Agricultural Sciences, Head of breeding Center, Siberian Research Institute of Fodder Crops SFSCA RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: polyudina @ngs.ru

*We give cultivars of forage plants created in Siberia and included in the State register of breeding achievements approved for use on the West and East Siberian regions. On the basis of local and foreign samples of *Medicago varia* by using methods of heterosis and recombination breeding new for Siberia cultivars have been created. As a result of using modern methods early-maturing and late-maturing diploid and tetraploid cultivars of the new generation of *Trifolium pratense* have been created: SibNIИK-10, Rodnik Sibiri, Atlant, Meteor and others. By the method of selections of the wild populations winter-hardy, drought-resistant and high-yielding cultivars of *Onobrychis arenaria* Mihailovskii 5 and Mihailovskii 10 have been created, with a yield of dry matter 10 tn/ha and of seeds to 1.7 tn/ha. Characteristics for economically valuable features of the new generation of cultivars are given.*

*Key words: genetic resources, *Medicago varia*, *Trifolium pratense*, *Onobrychis arenaria*, *Glycine max*.*

УДК 633.14:631.523 (571.16-17)

СТРУКТУРА ГЕНОФОНДА ОЗИМОЙ РЖИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Пономарева М.Л., д.б.н., профессор, Пономарев С.Н., д.с.-х.н.

ТатНИИСХ - обособленное структурное подразделение ФГБУН «ФИЦ «КазНЦ РАН»

420059, Российская Федерация, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 48

(e-mail: smponomarev@yandex.ru)

Главными направлениями селекции ржи на ближайшие годы остаются адаптивность к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды, увеличение урожайности, адресное использование конечной продукции и ее высокое качество. Рассмотрены наиболее эффективные методы формирования нового генофонда. К ним отнесены создание исходного материала для гетерозисной селекции, отбор из популяционных сортов, рекомбинационная селекция на основе межсортовой гибридизации, индуцирование мутаций. Обогащение генофонда следует проводить путем использования образцов рабочей коллекции, выделенных из генетических ресурсов ВИР, по комплексу ценных признаков и адаптивному потенциалу.

Ключевые слова: озимая рожь, генофонд, образцы, адаптивность, отбор, рекомбинация, гетерозис

Озимой ржи придается большое значение в мировой экономике и продовольственных традициях 7 европейских стран, где этой культурой занято более 100 тыс. га (Россия, Германия, Польша, Беларусь, Дания, Испания, Украина). Согласно данным ФАОСТАТ в 2016 г. в мире собрано около 13 млн. тонн зерна ржи, из которых 11 млн. тонн выращено на европейском континенте при средней урожайности порядка 30 ц/га [8].

Несмотря на значительное снижение площадей ржи в мире, Россия продолжает занимать лидирующие позиции, как по площади посева (1,25 млн.га), так и по валовому сбору зерна (2,5 млн.тонн). Темпы снижения производства ржи в России чреваты непоправимыми последствиями с точки зрения экологизации современного растениеводства и устойчивости зернового производства.

Рожь - неотъемлемая культура огромных территорий России с суровым климатом и бедными почвами, обеспечивающая стабильность урожайности и полноценность питания населения страны. Специфичность селекционной работы в ржесееющих странах и регионах РФ обусловлена особенностями климатических условий, почвенным плодородием, национальными традициями потребителей. Поэтому главными направлениями селекции на ближайшие годы остаются адаптивность к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды, увеличение урожайности, адресное использование конечной продукции и ее высокое качество. Работа в этом направлении привела ведущих производителей озимой ржи в Европе к замене традиционных популяционных сортов на сорта гетерозисной селекции на 60% площадей [4], в РФ эти

исследования единичны ввиду ограниченности материальных ресурсов и особенностей менталитета специалистов и руководителей сельскохозяйственных предприятий.

Исходя из выше сказанного, первоочередной задачей отечественной селекции является поиск ценных генотипов с целью последующего включения их в качестве родительских компонентов в процесс создания гетерозисных гибридов, приспособленных к разнообразным почвенно-климатическим условиям основных регионов возделывания озимой ржи в России. Эта цель достигается путем количественной оценки комбинационной способности исходного материала. Учет таких оценок позволяет наиболее полно использовать гетерозис, целенаправленно подбирать компоненты для гибридизации и тем самым ускорять процесс создания высокогетерозисных гибридов и синтетических сортов.

Формирование и структура нового генетического фонда имеет решающее значение на конечный результат [5]. В селекции озимой ржи используются три основных метода его создания:

1. отбор в уже существующих популяциях,
2. рекомбинация с использованием простых и сложных скрещиваний,
3. индуцирование мутаций

В конце XIX и начале XX века отбор в существующих местных и зарубежных популяциях дал начало старым немецким сортам, таким как Probstei, Zeeland, Norddeutscher Champagner, отечественным – Вятка и Казанская, эстонскому – Сангасте, польским – Mikulickie, Grodkowickie, Pulawskie. Этот метод сыграл важную роль и в последующие годы.

Этот метод достаточно прост, и положительные результаты могут быть получены за относительно короткое время. Первые отборы на низкостебельность проведены у сорта Petkus в начале двадцатых годов, и уже в 1926 г. была получена новая форма Petkus Kurzstroh. Только путём непосредственного отбора из популяции этого сорта было создано 30 сортов и 8 сортов – путём отбора из производных от него. Кроме этого, от скрещивания данного сорта с другими родительскими компонентами было получено ещё 28 сортов. В целом сорт Petkus послужил основанием для создания в разных странах мира более 60 сортов [3].

Эффективность массового отбора объясняется тем, что он дает возможность относительно быстро улучшить исходный материал по целому ряду признаков. В практике селекции озимой ржи имеется ряд долгоживущих сортов, которые постепенно улучшались с помощью обычных методов отбора: это Petkus в Германии, Dankowskie Selekcujne в Польше, Вятка в России. Они послужили базисом для создания частичных или полных сортовых рядов,

каждый представитель которого является улучшенной популяцией предыдущего. В Германии это ряд сортов Petkus Kurzstroh – Kustro – Halo и Petka – Danae – Janos – Pluto – Muro, в Польше на селекционной станции в Хорине таким рядом является Dankowskie Zlote – Danko – Turbo – Motto, в Швеции типичным примером служат Stjarn – Stal – King 11, отобранные из сорта Petkus. Безусловно, эффективность отборов определялась генетическим фондом исходной популяции [2].

Высокую эффективность показала рекомбинационная селекция, послужившая основой создания большого числа старых ценных сортов, которые отмечаются в родословных наиболее распространенных современных сортов. Здесь могут быть упомянуты Petkus, Tschermaks Marchfelder и Dankowskie Seleksyine. Последний сорт имеет в своей родословной 5 родительских сортов, введенных постепенно в популяцию, в двух случаях – просто при свободном опылении. Метод межсортовой гибридизации широко используется и в настоящее время. С его помощью создан ряд высокопродуктивных сортов ржи: Балтия, Литовская 3, Стендская 2, Таращанская 4, Сангасте, Немчиновская 50, Комбайниняй, Гибрид 173, Харьковская 60, Безенчукская 3, Восход 1, Восход 2, Крона, Таловская 12, Кировская 89, Фаленская 4, Снежана, Нейва, Волна, Пышма [1]. Трудности широкого использования метода рекомбинационной селекции связаны с генетической однородностью и ограниченностью возделываемых сортов озимой ржи по сравнению с культурами-самоопылителями. В этом случае весьма важным является число партнеров, участвующих в гибридизации. Использование очень большого числа родителей редко приводит к успеху. Примером тому является польский сорт Uniwersalne, который был создан с участием более 30 родителей сразу после второй мировой войны, и оказался малоперспективным. Участие двух форм в гибридизации также не дало значительных результатов. Примером удачных сортов, полученных таким способом, являются Dankowskie Zlote и Харьковская 60 [2]. Более перспективными селекционеры считают скрещивания, в которых участвует от 3 до 5 родителей. Рекомбинационная селекция позволяет не только сочетать признаки разных родителей, но и отобрать трансгрессивные формы. Этот метод не потерял актуальности и в арсенале современной селекции.

Мутационная селекция является весьма перспективным направлением для многих зерновых культур, однако спектр сортов озимой ржи мутантного происхождения невелик. Известный немецкий сорт Carstens получен от мутанта с компактным колосом. Сорта Heinrich Roggen, Donar, Muro (Mutationsroggen), Pollux (Германия) и Hankkijas Jussi (Финляндия) созданы путем скрещиваний мутантного материала, полученного с помощью раствора азиды натрия.

Финский сорт Jussi является индуцированным мутантом высокорослого и зимостойкого сорта Вятка. Этот немногочисленный список объясняется тем, что у ржи, как перекрестно опыляемой культуры, выявление мутантов связано с большими трудностями [7].

Обогащение генофонда немислимо без использования мировой коллекции, сборы которой начаты еще Н.И.Вавиловым. Коллекция семян ржи, сосредоточенная в ВИРе, позволяет выявить источники необходимого исходного материала для создания новых сортов. Тщательно изученная коллекция позволяет отобрать «рабочий материал», охарактеризованный по комплексу ценных признаков. Селекционные учреждения разных регионов России, несмотря на широкий обмен материалом, должны создавать собственные рабочие коллекции. Чаще всего отобранный материал представляет интерес как генофонд хозяйственно ценных признаков, но слабо изучается по адаптивным показателям. Это связано с огромной трудоемкостью поддержания коллекционных образцов ржи при соблюдении условия изоляции растений от переопыления. Мы в своей селекционной практике ежегодно репродуцируем порядка 80-100 образцов под изоляционными кабинками, проводя изучение в разнообразных стрессовых условиях биотического и абиотического характера для повышения адаптивного потенциала растений к конкретным факторам среды.

В настоящее время генофонд используемых в селекции сортов озимой ржи в зависимости от происхождения подразделяют на 4 группы: северо-европейская, российская, американская и китайская [6]. Генетическое разнообразие, собранное или созданное в различных научных центрах мира, также должно быть вовлечено в селекционные программы.

Задача эта решается в процессе адаптивной селекции, целью которой является повышение реальной урожайности создаваемых сортов в конкретном диапазоне агроэкологических условий за счет сочетания в одном генотипе высокой продуктивности, стрессоустойчивости и приспособленности к условиям выращивания. Это обеспечивается использованием в селекционном процессе разнообразия (естественного или искусственно создаваемого) внешних условий при испытании селекционируемых генотипов, при этом требуется контролировать не только уровень их продуктивности, но и степень её изменчивости в ответ на значительные колебания средовых условий.

Список литературы

1. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи / А.А. Гончаренко // М.: 2014. – 372 с.
2. Пономарева М.Л. Генетические основы селекции озимой ржи / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Материалы Всероссийской научно-практ. конф. «Пути мобилизации

- биологических ресурсов повышения продуктивности пашни, энергоресурсосбережения и производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции» – Казань, 2005. – С. 156-167.
3. Чайкин В.В. Принципы и результаты подбора исходного материала в селекции озимой ржи/ В.В. Чайкин, А.А. Тороп // *Зерновое хозяйство России*. – 2014. – № 3. – С. 38-41.
 4. Шлегель Р. Селекция гибридных форм как стимул развития молекулярно-генетических исследований у ржи / Р. Шлегель // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2015. – Т. 19(5). – С. 589-603.
 5. Geiger H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) / H.H. Geiger // *Tag.-Ber.Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin*. - 1982. – В.198. - S. 305-332.
 6. Ma R. Phylogenetic relationships among genotypes of worldwide collection of spring and winter ryees (*Secale cereale* L.) determined by RAPD-PCR markers / R. Ma, T. Yli-Mattila, S. Pulli // *Hereditas*. – 2004. – N. 140. – S. 210–221.
 7. Schlegel Rolf HJ. Rye: genetics, breeding, and cultivation / Rolf HJ. Schlegel // *Crc Press*. – 2013. – 344 s.
 8. FAOSTAT, 2016. Production. Crops. / Food and Agriculture Organization of the United Nations. - Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (дата обращения 18.12.17).

GENE POOL STRUCTURE OF WINTER RYE AND MODERN TRENDS OF ITS IMPROVEMENT

Mira Ponomareva, Doctor of Biological Science, Professor, Sergey Ponomarev, Doctor of Agricultural Science, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science “Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences”; 48, Orenburg tract, Kazan, 420059 Russia

Adaptability to adverse abiotic and biotic factors of the environment, increase of productivity, targeted use of final products and its high quality remain the main directions of rye breeding for the next few years. The most effective methods of formation of new gene pool are considered. These include the creation of source material for heterosis breeding, selection from population varieties, recombination breeding based on intervarietal hybridization, the induction of mutations. Enrichment of the gene pool should be carried out through the use of samples of the working collection, allocated from the genetic resources of VIR, the complex of valuable features and adaptive potential.

Key words: winter rye, gene pool, samples, adaptability, selection, recombination, heterosis.

УДК: 633:521; 575:11, 174, 21, 22

СОЗДАНИЕ ПРИЗНАКОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЛИНЕ, РАЗМЕРУ СОЦВЕТИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ФАЗ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА БАЗЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Пороховинова Е.А., к.б.н., ст.н.с., Павлов А.В., к.с.-х.н., ст.н.с., Кутузова С.Н., д.б.н., гл.н.с.,
Брач Н.Б., д.б.н., в.н.с. Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт
генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
e.porohovinova@vir.nw.ru

На основе 363 линий генетической коллекции ВИР, создаваемой в 1995-2016гг. по морфологическим признакам, сформированы признаковые коллекции, охватывающие все известное разнообразие по технической длине, длине соцветия, продолжительности фаз вегетационного периода всходы - цветение первого цветка и цветение первого цветка – созревание первой коробочки. С помощью критерия U Манна-Уитни показано, что гибриды, в родословной которых была одна из линий гк-2, гк-1 (ген *dlb1*) или гк-124 (f^e) более длинные и скороспелые, гк-159 (*YSED1*) – более длинные и позднеспелые, гк-221 (*ygp1*) – более длинные, позже зацветают, но раньше созревают, гк-141 – значительно длиннее других, гк-65 (*ora1*) – быстро созревают, гк-396 (*cs1*) – имеют компактное соцветие.

Ключевые слова: Лен, генетическая коллекция, морфологические признаки, внутривидовое разнообразие растений, многолетние наблюдения.

Генетическая коллекция льна ВИР (ГК) насчитывает 505 линий шестого поколения инцухта. За 1995-2016гг. создано 363 линии по морфологическим признакам, каждая из которых в процессе инбридинга оценивалась по продолжительности фаз вегетационного периода: всходы – цветение первого цветка (Т1), цветение первого цветка – созревание первой коробочки (Т2) технической длине (Нт) и длине соцветия (Inf). Так как погодные условия в годы изучения различались, полученные данные выравнивались с использованием приведенного среднего [1] к раннеспелому сорту стандарту (к-7472, Призыв 81). Затем для каждой линии вычислялось среднее значение за 2-6 лет изучения. Размах варьирования признаков представляет полное разнообразие вида льна (рис.1).

Целью работы были с одной стороны – поиск контрастных пар для дальнейшего изучения совместного наследования количественных и качественных признаков, с другой – облегчение подбора родителей, сходных по количественным признакам при создании гибридов, а также составление признаковых коллекций, охватывающих имеющееся разнообразие льна.

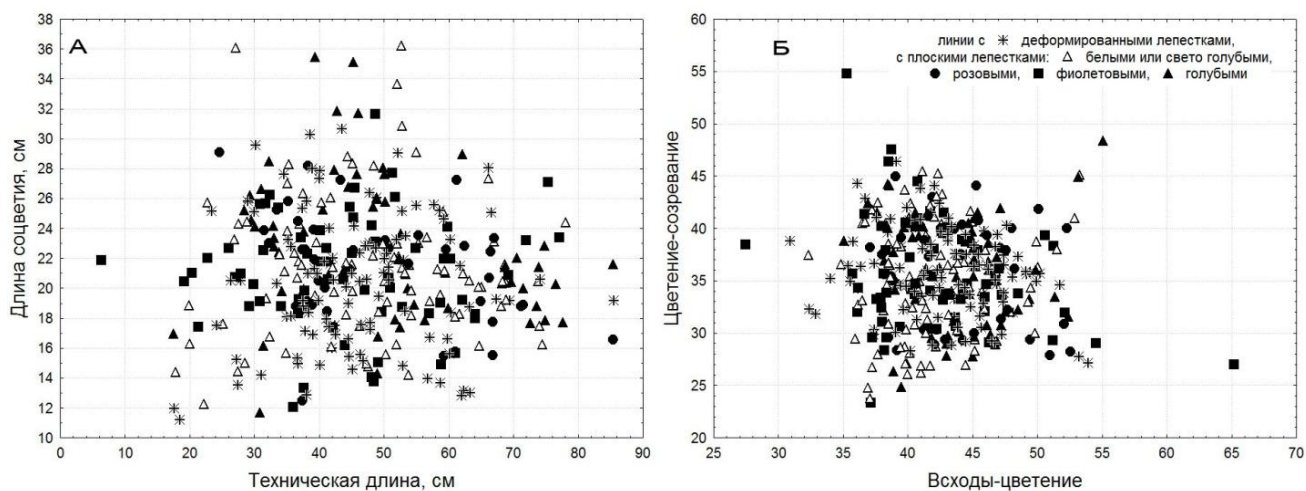


Рисунок 1. Распределение линий по технической длине и длине соцветия (А), по продолжительности фаз всходы-цветение и цветение-созревание (Б)

На основе многолетних данных отобраны наиболее стабильные линии, полностью перекрывающие вариационный ряд признаков техническая длина и длительность фазы всходы-цветение (табл.1). За основу межклассового интервала взята двойная погрешность измерения технической длины (5см) и достоверные различия между наступлением фаз для одного сорта в один год (3 дня), хотя в ГК есть линии, полностью перекрывающие генетическое разнообразие с интервалом в 1см (Ht) и в 1 день (T1). В зависимости от целей исследования можно отбирать линии различного происхождения и генотипа, так как каждый класс представлен несколькими линиями.

Таблица 1.

Линии признаковых коллекций льна, ранжированные по технической длине и продолжительности фазы всходы-цветение первого цветка

Ht, см	Линия	Родословная	T1, дн.	Линия	Родословная
20 ± 2	гк-57	л-1-2 из к-2499 (ETH)	27 ± 0	гк-209	л-2 из и-562348 (PRT)
25 ± 2	-	л-3 из к-2417 (IND)	31 ± 2	гк-358	л-1 из к-2417 (IND)
30 ± 1	гк-181	л-1 из к-1173 (ARG)	33 ± 0	гк-53	л-1-4 из к-1044 (BLR)
35 ± 1	гк-391	л-1-2 из и-601679 (AUS)	36 ± 2	гк-151	л-2 из к-7003 (FRA)
40 ± 2	гк-151	л-2 из к-7003 (FRA)	36 ± 1	гк-285	л-1 из к-3263 (IND)
45 ± 2	гк-96	л-2 из к-5691 (HUN)	39 ± 1	гк-65	л-3 из к-3178 (RUS)
50 ± 3	гк-328	л-4 из к-4043 (NLD)	42 ± 2	гк-391	л-1-2 из и-601679 (AUS)
55 ± 2	гк-199	л-3 из к-6855 (NLD)	45 ± 1	гк-173	л-1 из и-548145 (GER)
60 ± 3	гк-192	л-1 из к-4224 (RUS)	45 ± 2	гк-141	л-1 из к-6815 (RUS)
65 ± 1	гк-41	л-1-4 из к-867 (RUS)	48 ± 2	гк-384	л-1 из к-6146 (CAN)
70 ± 2	гк-473	л-1 из и-606307 (LAT)	51 ± 2	гк-292	л-1 из к-6298 (USA)
75 ± 1	гк-2	л-1 из к-48 (RUS)	41 ± 1	st	к-7472 (Призыв 81, BLR)
85 ± 4	гк-143	л-1 из к-6917 (FRA)			
71 ± 2	st	к-7472 (Призыв 81, BLR)			

Признаковая коллекция создана также по длине соцветия и продолжительности фазы цветение – созревание, но построение вариационного ряда в отрыве от первых двух признаков не имеет смысла, правильно рассматривать их в контексте направления использования льна или группы спелости.

Для изучения генетики количественных признаков необходимо иметь максимально контрастные формы. Такие линии созданы практически для всех крупных групп льна, различающихся по окраске и форме цветка (табл.2). Среди линий с экстремально коротким стеблем (17-25см) – большинство из местных кудряшей Индии (от 6см), Пакистана, Эфиопии, Туниса и Таджикистана. Самый длинный стебель (75-85см) имеют линии из сортов Франции и Бельгии. Самое короткое соцветие (11-13см) – у линий из местных кудряшей Индии и голландского сорта Lin 225, а самое длинное (35-36 см) – у линий из образцов Эфиопии, Португалии, Венгрии, Чехии, Австралии, Канады и США.

Таблица 2.

Линии, выделившиеся по технической длине и продолжительности фазы всходы-цветение

Признак	Деформированные лепестки	Лепестки не деформированные			
		белые или светло голубые	голубые	синие или фиолетовые	розовые
Ht: min <25 см max >75 см	гк-56, 358, 184 (IND), 201 (PAK)	гк-57, 283, 484 (ETH), 482 (IND), 201(PAK),481(TDJ)	гк-334 (TUN) гк-154 (BEL)	гк-182, 471, 478,487(ETH) 189 (IND) гк-295 (FRA)	гк-143(FRA)
Inf: min <13 см max >35см	гк-56, 184 (IND), 103 (NLD) гк-201(PAK), 495 (AUS), 305 (CAN), 172(CSK),492(USA)	гк-481 (IND)		гк-497 (IND) гк-402(ETH), 101 (HUN)	
T1: min<36 дн. max >52 дн.	гк-53(BLR),184, 285, 358(IND), 201(PAK), 185(PRT), 174(SWE)	гк-285 (IND), 374 (RUS), 336 (FRA) гк-305 (CAN), 474 (CZE)	гк-383(GEO), 393 (CAN)	гк-209(PRT), 189 (IND), 382 (RUS) гк-324(SWE), 256 (RUS)	
T2: min <26 дн. max >45 дн.	гк-306 (UKR), 176, 353 (RUS) гк-156 (MAR)	гк-1, 41,72,95,357, 369, 371, 381, 414, 436,443,(RUS),124 (GBR), 333, 362 (GER), 145 (NLD) гк-305 (CAN), 455 (HUN), 194 (ARG)	гк-2 (RUS)	гк-122, 200 (GBR), 324 (SWE) гк-189 (IND), 307 (UKR), 388 (PRT)	гк-341, 436 (RUS), 404 (NLD), 143 (FRA)

Экстремально быстро зацветающими (33-36 дней) являются линии из кудряшей, межеумков и долгунцов Португалии (от 27дней), России, Индии, Пакистана, Беларуси, Швеции и Франции. Поздноцветущие (52-65дней) – линии из межеумков Канады, Чехии, России и Грузии. После цветения быстро созревают (23-26 дней) линии из долгунцов России, Нидерландов, Германии, Великобритании, Швеции и Франции. Экстремально долго (45-55 дней) созревают линии из крупосемянных форм Марокко, Украины, Аргентины, межеумков Канады, Венгрии и Португалии.

В ГК есть множество высокоинбредных линий, отобранных из гибридов от скрещивания контрастных форм по морфологическим и хозяйственно ценным признакам [2]. Для изучения влияния генотипа линий на хозяйственно ценные признаки использован непараметрический критерий U Манна-Уитни, который автоматизирует первичный скрининг больших массивов данных, но затем необходим «ручной» контроль для выявления артефактов. С его помощью было показано, что гибриды, в родословной которых была одна из линий со светло голубым венчиком гк-124 (л-1 из к-6284, Великобритания, ген f^e) или гк-1 (л-1 из к-30, Россия, ген $dlb1$), а также «дикого типа» гк-2 (л-1 из к-48, Россия), были более длинными и скороспелыми.

Таблица 3.

Сравнение количественных признаков у линий, различающихся по родословной с помощью критериев U- Манна-Уитни и t-Стьюдента

Признак		Наличие линии в родословной						Критерий			
наличие линии в родословной	количественный	Есть			Нет			U-Манна-Уитни		t-Стьюдента	
		n	$\bar{x}_{cp}+S_e$	Σ рангов	n	$\bar{x}_{cp}+S_e$	Σ рангов	Z скорр.	p	t	p
гк-124 (<i>f^c</i>)	Ht	12	63 + 3,2	3569	351	46 + 0,7	62497	3,87	0,0001	4,16	0,0000
	T2	12	28 + 0,8	420	351	36 + 0,3	65646	4,94	0,0000	5,51	0,0000
гк-1 (<i>dlb1</i>)	Ht	5	64 + 4,6	1532	358	47 + 0,7	64534	2,67	0,01	2,80	0,01
	T2	5	29 + 1,5	252	358	36 + 0,3	65814	2,82	0,005	2,95	0,003
гк-2 «дикий тип»	Ht	9	73 + 2,6	3070	354	46 + 0,7	62996	4,61	0,0000	5,85	0,0000
	T2	9	29 + 0,9	448	354	36 + 0,3	65618	3,83	0,0001	4,02	0,0001
гк-159 (<i>YSED1</i>)	Ht	9	70 + 3,9	2938	354	46 + 0,7	63128	4,18	0,0000	5,23	0,0000
	T1	9	47 + 1,1	2524	354	43 + 0,2	63542	2,85	0,004	2,68	0,01
	T2	9	31 + 0,9	730	354	36 + 0,3	65336	2,92	0,003	2,75	0,01
гк-221 (<i>ugp1</i>)	Ht	9	58 + 4,8	2352	354	47 + 0,7	63714	2,30	0,02	2,54	0,01
	T1	9	49 + 1,4	2730	354	43 + 0,2	63336	3,51	0,0004	3,98	0,0001
	T2	9	31 + 0,6	699	354	36 + 0,3	65367	3,02	0,003	2,79	0,01
гк-141 (<i>pfl</i>)	Ht	37	62 + 1,8	10669	326	45 + 0,7	55397	6,51	0,0000	7,21	0,0000
гк-65 (<i>oral</i>)	T2	23	31 + 0,8	1926	340	36 + 0,3	64140	4,64	0,0000	4,93	0,0000
гк-396 (<i>cs1</i>)	inf	5	15 + 1,3	207	358	21 + 0,2	65859	3,02	0,003	3,16	0,002

Желтосемянные линии, у которых одним из родителей была гк-159 (л-1-1 из к-7659, Германия, ген *YSED1*) более длинные и позднеспелые, т.к. позже зацветают и созревают после цветения. Хлорофилл-дефектные линии, в родословной которых была гк-221 (л-1 из и-588294, Литва, ген *ugp1*), более длинные, позже зацветают, но раньше созревают. Линии, предковой формой которых была гк-141 (л-1 из к-6815, Россия) значительно выше других. Линии с оранжевыми пыльниками, в родословной которых была гк-65 (л-1 из к-3178, Россия, ген *oral*) быстро созревают после цветения. Линии с кудрявым стеблем (ген *cs1*), у которых в качестве родительской формы выступала гк-396 (л-1 из и-605311, Чехия) имеют компактное соцветие (табл.3).

Таким образом, с использованием данных, полученных при контроле однородности создаваемых линий, стало возможным сформировать признаковые коллекции по основным мерным признакам льна и выявить линии, хорошо передающие их потомкам.

Список литературы

1. Брач Н.Б., Пороховинова Е.А. Метод сравнительного анализа результатов изучения количественных признаков образцов, выращенных в различные годы (метод приведенных средних) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2011. - Т.167. - С.36-40.
2. Пороховинова Е.А. Генетический контроль морфологических признаков льна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2011. - Т.167. - С.159-184.

Creation of the flax characters collections for technical length, inflorescence size and the duration of the vegetation period phases on the basis of VIR genetic collection

Porokhvinova E. A., Pavlov A.V., Kutuzova S. N., Brutch N. B., Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources Saint-Petersburg, Russia, e-mail: e.porokhvinova@vir.nw.ru

*On the basis of 363 lines of VIR genetic collection, created in 1995 – 2016, according to the morphological characteristics, characters collection, covering all known variability of technical length, length of inflorescence, duration of vegetative period phases: germination - flowering of the first flower and flowering of the first flower - ripening of the first ball are formed. Using the U-Mann-Whitney test it was shown that the hybrids in which pedigree was included one of the lines gc-2, gc-1 (gene *dlb1*) or gc-124 (f^e) were longer and earlier, progenies of gc-159 (*YSED1*) were longer and late-maturing, that of gc-221 (*ygp1*) – longer, late bloom, but early ripe, that of gc-141 – considerably longer than the others, that of gc-65 (*ora1*) – early in ripening, that of gc-396 (*cs1*) – had a compact inflorescence.*

Key words: flax, genetic collection, morphological characters, intraspecific plant diversity, many year of observation.

УДК 633.853.494:631.527

УВЕЛИЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ПРЕДЕЛАХ ВИДА *BRASSICA NAPUS* L. ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ЖЕЛТУЮ ОКРАСКУ ОБОЛОЧКИ СЕМЯН

Потапов Д.А., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук, СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия, d_potapov@ngs.ru

*Изучена коллекция желтосемянных видов семейства *Brassicaceae*. Выделенные формы вовлечены в скрещивания с целью перенесения признака желтой окраски оболочки семян в яровой рапс. Полученные отдаленные гибриды были включены в селекционный процесс для доработки методом инбридинга в сочетании с отборами. В результате создан обширный генофонд ярового рапса с разной окраской оболочки семян, получены перспективные линии для создания сортов ярового рапса с желтой окраской оболочки семян.*

Ключевые слова: яровой рапс, желтая окраска семян, коллекция, отдаленная гибридизация

Увеличение разнообразия генофонда ярового рапса тесно связано с возросшими требованиями к качеству сельскохозяйственной продукции. Переход рапса на более высокий качественный уровень может быть обеспечен путем создания желтосемянных сортов. Семена с желтой окраской имеют более тонкую оболочку и содержат больше белка, масла и меньше сырых волокон, а проявление хлорофилла у них не маскируется темной окраской, делая возможным более точное определение степени их созревания [1]. В настоящее время все коммерческие сорта рапса, за исключением китайского желтосемянного сорта, имеют черную окраску оболочки семян. Созданные российскими и зарубежными исследователями светлосемянные формы рапса генетически нестабильны по признаку окраски оболочки семян, по содержанию белка и масла в семенах могут превышать стандартный сорт, или быть на его

уровне. По продуктивности желтосемянные формы, как правило, не превышают стандарт [2, 3]. Несмотря на многочисленные исследования по селекции рапса 000-типа, проводимые в течение нескольких десятилетий в разных странах, проблема создания стабильных по окраске семян и урожайности форм остается нерешенной.

В пределах вида *B. napus* нет желтосемянных генотипов, поэтому основным методом создания исходного материала является отдаленная гибридизация с видами рода *Brassica*, имеющими светлую окраску семенной оболочки [2-4]. Исследование четырех видов семейства *Brassicaceae*: *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L., *Brassica juncea* (L.) Czern. и *Sinapis alba* L., в количестве 258 образцов, из генофонда коллекции ВИР и учреждений-оригинаторов позволило выделить светлосемянные образцы, которые были оценены в полевых условиях в пространстве и во времени. Результаты изучения 55 выделенных светлосемянных образцов отечественного и зарубежного происхождения по продолжительности вегетационного периода и урожайности семян показали, что из всех изученных видов наиболее скороспелыми были образцы яровой сурепицы и горчицы белой. Они созревали на 5-21 день раньше рапса, но уступали ему по урожайности семян. Эти виды были использованы в скрещиваниях с рапсом как источники признака желтой окраски оболочки семян и скороспелости. Сортообразцы горчицы сарептской созревали на 3-5 дней позже рапса, но превышали его по урожайности семян на 5-33%. На рисунке представлены результаты изучения различных образцов вышеприведенных видов по урожайности семян и продолжительности вегетационного периода.

В результате оценки коллекционных образцов были выделены формы, которые включены в скрещивания с целью перенесения признака желтосемянности в яровой рапс. Однако из гибридного материала сложно вычленить стабильную по необходимым селекционеру признакам и свойствам форму. Использование метода инбридинга как одного из приемов генотипической дифференциации гетерозиготного материала позволяет выделять линии, стабильные по хозяйственно важным признакам и свойствам. Это обусловлено тем, что рапс, являясь факультативным самоопылителем (степень перекрестного опыления составляет 10-40% [3]), значительно меньше подвержен инбредной депрессии, чем перекрестноопыляющиеся виды.

Основное внимание при создании самоопыленных линий уделяли признаку окраски оболочки семян в сочетании с высокой семенной продуктивностью, скороспелостью и устойчивостью к экстремальным условиям Западной Сибири. С увеличением глубины инбридинга происходило снижение коэффициента вариации по признаку окраски семян, что

свидетельствует о гомозиготизации линий по этому признаку. Вариация по признаку окраски семян в зависимости от поколения инбридинга в значительной мере определялась генотипическими особенностями исходного материала. Метод инбридинга в сочетании с отборами, начиная с I₆, позволяет получить практически стабильные по окраске оболочки семян линии ярового рапса [5]. Сложная система генетического контроля этого признака у ярового рапса ограничивает возможности создания стабильных желтосемянных форм.

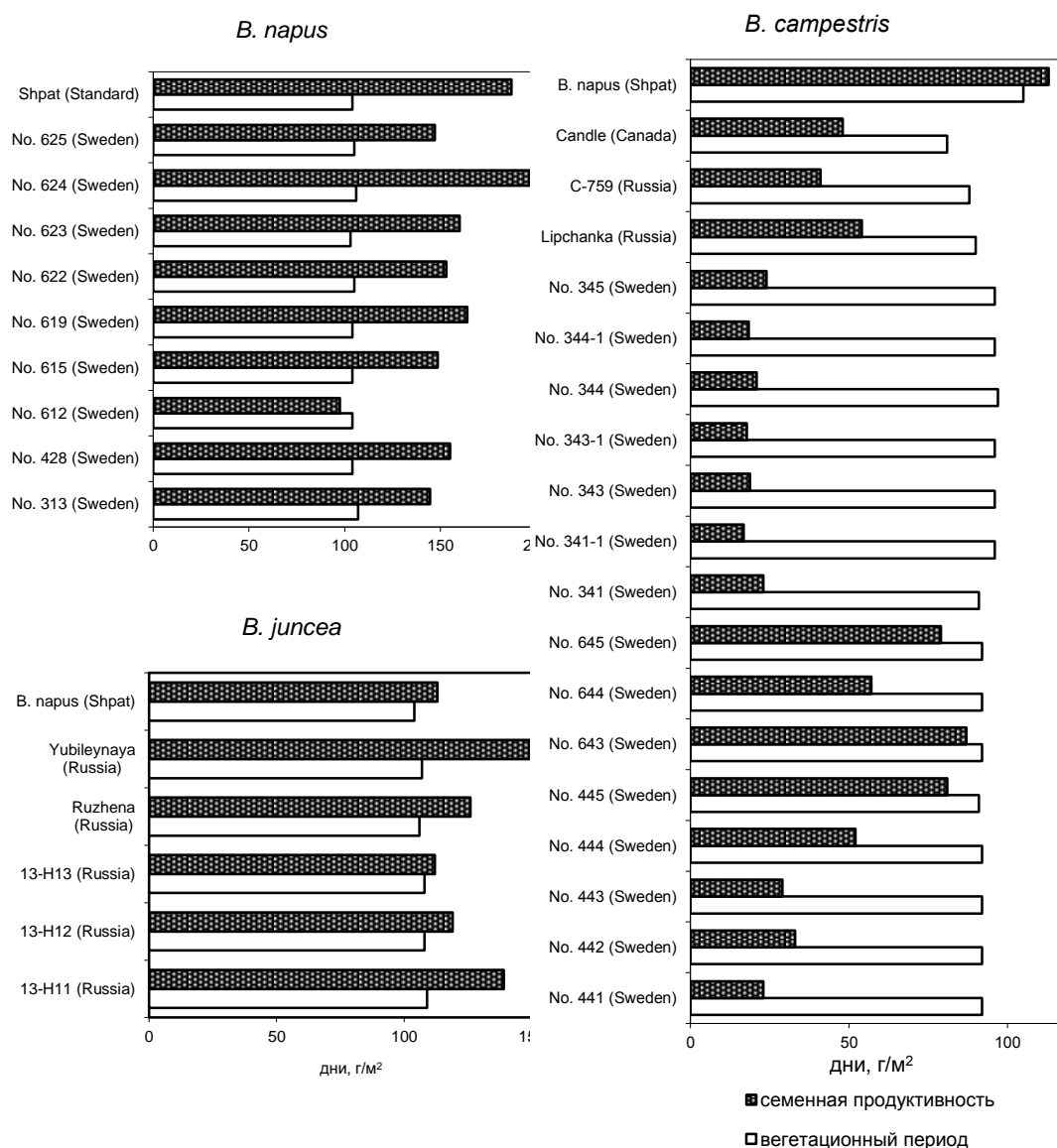


Рис. 1. Результаты изучения светлосемянных видов семейства *Brassicaceae*

Создание генетически стабильных форм ярового рапса 000-типа является сложной задачей в селекции этой культуры. Это связано, прежде всего, со сложной генетической структурой признака окраски оболочки семян, которая в зависимости от исходного материала может контролироваться двумя или несколькими парами генов, и в сильной степени подвержена влиянию факторов внешней среды и недостаточно изученных эпигенетических механизмов

контроля признаков [6, 7]. Все это указывает на необходимость глубокого, всестороннего изучения исходного и селекционного материала.

Изучение созданного нами материала на различных этапах селекционного процесса показало, что было достигнуто большое разнообразие по основным морфобиологическим и хозяйственным признакам. Так, вариабельность семенной продуктивности светлосемянных форм ярового рапса значительно превышала таковую у черноссемянных форм (табл.), что указывает на возможность отбора более продуктивных желтосемянных форм.

Таблица

Семенная продуктивность у форм ярового рапса с разной окраской оболочки семян в селекционном питомнике

Параметр	Окраска оболочки семян	
	светлая	темная
$\bar{x} \pm s_x$	29,8 ± 1,7	24,7 ± 5,1
lim	7,2 – 97,0	8,3 – 69,5
n	890	220
$t_{\text{ф}}$	0,94	

Примечание – \bar{x} – среднее арифметическое, s_x – стандартная ошибка, lim – лимиты, n – число линий, $t_{\text{ф}}$ – фактический критерий Стьюдента

Таким образом, в условиях Западной Сибири создан обширный разнообразный генофонд ярового рапса с разной окраской оболочки семян, который используется в селекционном процессе при создании желтосемянных сортов этой культуры.

Список литературы

1. Shirzadegan M. Influence of seed colour and hull proportion on quality properties of seeds in *Brassica napus* L. / Shirzadegan M., Röbbelen G. // Fette Seifen Anstrichm. – 1983. – V. 87. – P. 25-33.
2. Rahman M.H., Joersbo M., Poulsen M.H. Development of yellow-seeded *Brassica napus* of double low quality // Plant Breed. – 2001. – V. 120. – P. 473-478.
3. Осипова Г.М., Потапов Д.А. Рапс (Особенности биологии, селекция в условиях Сибири и экологические аспекты использования) / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2009. – 132 с.
4. Potapov D.A., Osipova G.M. Development of yellow-seeded *Brassica napus* in Siberia // Proceed. of 11th Intern. Rapseed Congress, 2003. – V. 1. – P. 250-252.
5. Потапов Д.А., Осипова Г.М. Селекция ярового рапса 000-типа для условий Западной Сибири // Доклады РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 53-55.
6. Осипова Г.М., Потапов Д.А. Гибридологический анализ окраски оболочки семян у ярового рапса // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2015. – № 4. – С. 32-38.
7. Somers D.J., Rakow G., Prabhu V. K., Friesen K. R. D. Identification of major gene and RAPD markers for yellow seed coat colour in *Brassica napus*. – Genome. – 2001. – V. 44. – P. 1077-1082.

INCREASING THE BIODIVERSITY WITHIN BRASSICA NAPUS L. IN BREEDING FOR YELLOW SEED COAT COLOR

Potapov D.A., Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS, Novosibirsk, Russia

A collection of the yellow-seeded species of Brassicaceae was studied. The selected forms were involved in the crosses to transfer the feature of yellowseedness into *B. napus*. The interspecific hybrids were included in the breeding for improvement by the methods of inbreeding in combination with selections. As a result, an extensive genofund of rapeseed with different colour of seed coat was created. The promising lines were obtained to develop the yellow-seeded *B. napus* cultivars.

Key words: *Brassica napus*, yellow seed colour, collection, interspecific hybridization

УДК 633.11: 631. 523: 575

СОЗДАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОТИПОВ ПЫРЕЯ СИЗОГО *ELYTRIGIA INTERMEDIUM* С ВЫСОКОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПРОДУЦИРОВАТЬ ЗЕЛЕННЫЕ АНДРОГЕННЫЕ ГАПЛОИДЫ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЫЛЬНИКОВ

Размахнин Е.П.¹, к.б.н., н.с., Размахнина Т.М.¹, Козлов В.Е.¹, к.б.н., с.н.с., Гончаров Н.П.², академик РАН

¹- Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции, филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, e-mail: eprazmakh@yandex.ru

²- ФИЦ Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

В статье рассматриваются результаты изучения и использования в селекционной практике пырея сизого – дикого сородича пшеницы. С применением разработанной авторами технологии получения андрогенных гаплоидов и метода тестирования генотипов пырея по способности к андрогенезу *in vitro* создана коллекция генотипов пырея сизого с высокой способностью продуцировать зеленые андрогенные гаплоиды в культуре изолированных пыльников и другими ценными хозяйственными признаками

Ключевые слова: пырей сизый, *Elytrigia intermedium*, андрогенез *in vitro*, коллекция растений.

Идея использования пырея для улучшения генотипа культурных злаков, в частности пшеницы, принадлежит в нашей стране Н.В. Цицину, который в конце 20-х годов XX века начал работы по изысканию диких форм, способных к скрещиванию с такими сельскохозяйственными культурами, как рожь, пшеница, ячмень. В 1934 году им были получены первые константные пшенично-пырейные гибриды [1]. Наиболее широкое распространение в качестве доноров полезных признаков получил пырей сизый, или средний *Elytrigia intermedium* (Host) Nevski (син. *Agropyron glaucum* (Desf. ex DC) Roem. &Schult.) ($2n=6x=42$). В настоящее время в десятках стран селекционеры широко вовлекают в скрещивания пырей [2]. Авторы отмечают следующие признаки пырея, которые желательно передать культурным злакам:

зимостойкость, соле- и засухоустойчивость, повышенное содержание белка и клейковины в зерне, устойчивость к болезням, меньшую требовательность к плодородию почв по сравнению с пшеницей, многоцветковость и многоколосковость [1]. В России существует проблема повышения зимо- и холодостойкости озимой пшеницы. Возделываемые сорта озимой пшеницы не полностью отвечают возрастающим требованиям, предъявляемым к ним в настоящее время сельскохозяйственным производством. Слабая зимостойкость распространенных ныне сортов нередко приводит к полной гибели посевов в отдельных районах. Считается, что в пределах рода *Triticum* L. нет таких видов и форм, которые обладали бы нужными генами зимостойкости. Для передачи генов зимостойкости пшенице одним из лучших компонентов является пырей сизый [3]. Таким образом, гибридизация пшеницы с пыреем позволяет решить ряд практических задач. По данным литературы, никакой другой из родственных пшенице родов злаков не имеет такого значения в ее селекции, как род *Elytrigia* (см. [4]).

Выяснение чрезвычайной важности пырея сизого, говорит о необходимости сбора и поддержания коллекции этой культуры. В 1971 г. В.М. Чекуровым и В.М. Шепелевым была организована экспедиция в Восточный Казахстан – регион с очень сильными зимними морозами и слабым снежным покровом. Были собраны образцы семян пырея сизого, которые послужили исходным материалом для создания коллекции растений на экспериментальном участке Института цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск. С 1984 г. мы начали разрабатывать гаплоидную биотехнологию получения андрогенных гаплоидов пырея сизого в культуре пыльников (андрогенез *in vitro*). Проведенное тестирование генотипов из собранной коллекции показало, что очень малая доля генотипов в популяции обладает способностью к гаплопродукции зеленых андрогенных растений хорошего качества. Среди генотипов пырея сизого был обнаружен всего один генотип (линия А; 0,3% от исследованных), способный к гаплопродукции исключительно зеленых, качественных гаплоидов и еще два генотипа (линии В и С; 6% от исследованных), продуцирующих от 10 до 50 % зеленых гаплоидов. Около 10% генотипов продуцировали только единичные зеленые гаплоиды, а 50% продуцировали исключительно альбиносные нежизнеспособные гаплоиды [4]. В дальнейших экспериментах по гибридизации генотипов пырея сизого, различающихся по способности продуцировать зеленые андрогенные гаплоиды с образцами озимой пшеницы, нами показано, что генотипы пырея, способные продуцировать зеленые гаплоиды хорошего качества, обладают лучшими гибридизационными свойствами, оцененными по завязываемости и среднему весу гибридных зерновок [5]. Для получения большего количества зеленых гаплоидов мы

провели массовую инокуляцию 2417 пыльников трех генотипов *Elytrigia intermedium*: линии А, В и С, обладающих высокой способностью к гаплопродукции зеленых растений в культуре пыльников, на индукционную среду, содержащую мальтозу [4]. У всех трех генотипов наблюдался высокий выход зеленых гаплоидов. После высадки полученных гаплоидных растений в поле в течение 3-х лет у них отмечено спонтанное удвоение хромосомного набора без обработки колхицином. В последующие годы часть гаплоидов и спонтанных удвоенных гаплоидов (син. гомодиплоидов) элиминировала, а у другой части наблюдали усиление габитуса и постепенное увеличение фертильности. Внешний вид колосьев гаплоидного, гомодиплоидного и донорного растений показан на рис.1.

После высадки полученных от гомодиплоидов семян в поле и последующей зимовки выжило 129 растений. Отмечено большое фенотипическое разнообразие выросших из них растений по кустистости, ширине и окраске листа (от ярко зеленого до сизого), цвету пыльников (от желтого до ярко фиолетового). Полученные растения составили первичную коллекцию первого семенного поколения удвоенных гаплоидов пырея сизого. В последующих экспериментах мы изучили способность к андрогенезу у трех групп растений *E.intermedium* различного происхождения:

AS - семенное потомство от генотипа А, способного продуцировать исключительно зеленые андрогенные гаплоиды;

HD - удвоенные гаплоиды;

DS - семенное потомство удвоенных гаплоидов.

Результаты показали, что по способности продуцировать зеленые андрогенные гаплоиды данные группы растений можно расположить в следующем порядке:

AS>DS>HD

Исходя из полученных данных, можно заключить, что и вероятность нахождения потенциально лучших генотипов *E.intermedium* намного больше среди растений семенного поколения от генотипов, обладающих высокими андрогенезными характеристиками, чем среди семенного потомства гомодиплоидов, и тем более, среди самих гомодиплоидов, даже если они получены от родительских растений с качественными андрогенезными характеристиками. Отсюда вытекает огромное значение метода андрогенеза, который, кроме использования для ускоренного создания чистых линий растений, может являться ценным методом для тестирования генотипов растений.

К настоящему времени с помощью усовершенствованной гаплоидной технологии нами создана многочисленная коллекция (более 1000 растений и семенной материал) (рис.2), состоящая из трех групп растений пырея сизого:

удвоенные гаплоиды, родительские растения, обладающие высокой способностью продуцировать зеленые андрогенные растения и растения семенного потомства от этих растений.



Рис.2. Коллекция растений пырея сизого

Эти растения проходят паспортизацию по многим параметрам. Среди растений есть «супергенотипы», обладающие широким комплексом хозяйственно ценных признаков, таких как высокая гомозиготность, вегетативная мощь, самофертильность, устойчивость к болезням, высокое содержание белка и клейковины в зерне, высокая способность к гаплопродукции зеленых андрогенных растений хорошего качества в культуре пыльников, высокая скрещиваемость с пшеницей и морозостойкость. Растения пырея сизого из созданной коллекции широко используются в исследовательских программах СИБНИИРС - филиала ИЦиГ СОРАН, г. Новосибирск. К настоящему времени получены и проходят конкурсные испытания многочисленные озимые и яровые пшенично-пырейные гибриды, отличающиеся высокой урожайностью, морозостойкостью и обладающие хорошими хлебопекарными качествами. Можно констатировать особую ценность полученной коллекции генотипов пырея сизого и рекомендовать ее к дальнейшему широкому использованию в генетических исследованиях и в селекции.

Список литературы

1. Цицин Н.В. отдаленная гибридизация растений /Н.В.Цицин.- М.; Сельхозгиз, 1954. - 432 с.
2. Luo P.G. Characterization and chromosomal location of *Pm 40* in common wheat: a new gene for resistance to powdery mildew derived from *Elytrigia intermedium* /P.G.Luo, H.J. Luo, Z.J. Chang, H.J. Zhang, M. Zhang, Z.L. Ren //Theor. Appl. Genet. 2009. - V. 118. P. - 1059-1064.
3. Цакашвили Л.М. Промежуточные ППГ(2n=56) как исходный материал для селекции на иммунитет /Л.М.Цакашвили, Б.И. Сандухадзе //Роль отдаленной гибридизации в эволюции и селекции пшеницы //Тез.докл. Всес. совещания. - Тбилиси. 16-20 июня, 1985. - С. 67.

4. Размахнин Е.П. Андрогенез *in vitro* у пырея сизого *Elytrigia intermedium*. Под ред. ак. Н.П. Гончарова /Е.П. Размахнин.- Новосибирск. АО НИИ систем, 2017.- 144 с.
5. Razmakhnin E.P. Raising Highly Frost-Resistant *Agropyron-Triticum* Hybrids / E.P. Razmakhnin, T.M. Razmakhnina, V.E. Kozlov, E.I. Gordeeva, N.P. Goncharov, G.Y. Galitsyn, S.G. Veprev, V.M. Chekurov //Russian Journal of Genetics: Applied Research, 2012. - Vol. 2, No. 4. - P. 344–351.

PRODUCE A COLLECTION OF GENOTYPES OF WHEATGRASS ELYTRIGIA INTERMEDIUM WITH HIGH ABILITY TO PRODUCE GREEN ANDROGENIC HAPLOID IN ANTHER CULTURE

Razmakhnin E.P., Razmakhnina T.M., Kozlov V.E., Goncharov N.P., Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

*The article explains the importance of studying and applying the wheatgrass *Elytrigia intermedium* – a wild relative of wheat. A genotypes of *E.intermedium* collection with a high ability to produce green androgenic haploids in anther culture and other valuable agronomic features has been produced.*

*Key words: wheatgrass, *Elytrigia intermedium*, androgenesis in vitro, plant collection.*

УДК 581.143.6: 631.527: 633.34

СЕЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ И СОРТА СОИ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

Рожанская О.А., д-р биол. наук, гл. науч. сотр.; Потапов Д.А., канд. с.-х. наук;

Горшкова Е.М., ст. науч. сотр.

СибНИИ кормов СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия

olgarozhanska@yandex.ru

Для импортозамещения сои и расширения площади её посевов в Сибири необходимы новые сорта с повышенной продуктивностью и устойчивостью к гидротермическим стрессорам и патогенам. Селекционный материал создавался с применением методов биотехнологии в сочетании с многократным индивидуальным отбором. Доказана эффективность используемых методов при создании новых сортов сои с признаками скороспелости и повышенной семенной продуктивности для регионов России и Казахстана с континентальным климатом.

Ключевые слова: селекция, биотехнология, соматоклональная изменчивость, соя

Для мобилизации генетической изменчивости как базы отбора в селекции растений применяется метод соматоклональных вариаций [1]. Как разновидность спонтанного мутагенеза, соматоклональные вариации возникают в дедифференцированных растительных клетках *in vitro* до начала процессов эмбриогенеза и регенерации при отсутствии контроля целого организма [2]. Полученные из таких клеток растения-регенеранты (соматоклоны) несут и передают потомству наследственные изменения морфологических и

физиологических признаков. Задачи исследователя состоят в получении и выявлении хозяйственно ценных соматоклональных вариаций и отборе перспективных форм, которые включаются в селекционный процесс.

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – ценная зернобобовая культура многоцелевого использования. Для импортозамещения сои и расширения её посевов в Сибири необходимы новые скороспелые сорта с повышенной семенной продуктивностью и устойчивостью к заморозкам, низким летним температурам, раннелетней засухе, болезням. Цель работы – создание с использованием методов биотехнологии перспективных, высокопродуктивных и устойчивых к био- и абиотическим стрессорам форм сои.

Нами разработаны регенерационные протоколы и методики культивирования *in vitro* для сибирских сортов сои СибНИИК 315 и Дина. Полученные *in vitro* растения-регенеранты R₀ после пересадки *ex vitro* дают семена первого поколения R₁. Дальнейшие испытания соматоклонов проводятся в полевых питомниках. Соя представляет собой однолетний самоопыляющийся вид с бутонной автогамией контактного типа. Мы рекомендуем размножать первые два поколения семенных потомств без отбора, изучая спектр соматоклональной изменчивости, а далее вести по схеме педигри отбор элитных особей по признаку массы семян на растении [2]. Количественное варьирование и достоверность различий средних можно оценивать с помощью коэффициента вариации, критерия Фишера или непараметрических критериев статистики. Селекционный материал, полученный в нашей лаборатории, успешно проходит полевые испытания в регионах России и Казахстана с разными эколого-географическими условиями [3-6].

Результаты исследований. В условиях Новосибирска проанализирована изменчивость по скороспелости при отборе на семенную продуктивность у 22 соматоклональных линий сои из потомств 9 элитных растений, отобранных по итогам 2013 г. (табл. 1). Исходным генотипом служил сорт СибНИИК 315, кроме линии 155-2, ведущей начало от регенеранта R₀1212 из тканей сорта Дина. В 2017 г. созревание позднеспелых линий оказалось затянутым по причине дождливой и холодной погоды второй декады сентября. Полное и равномерное созревание всех потомств произошло в 2015 г., когда разница между линиями по длине вегетационного периода достигала 22 дней. Выделяются две группы с увеличенной продолжительностью вегетации по сравнению с контролем СибНИИК 315, это потомства элитных растений 207-10 и 155-2, стабильно созревающие позже на 2-3 недели, и 3 линии из потомств растения 184-4, обнаружившие расщепление по признаку скороспелости, так что одна из них в 2017 г. созрела на 2 недели раньше, чем две других, и всего лишь на 5 дней позже контроля. Обе соматоклональные линии сорта Дина в 2017

г. сократили период вегетации на неделю по сравнению с наиболее позднеспелыми формами.

Таким образом, изучение потомств соматклонов сои при отборе на продуктивность показало, что в поколениях стабилизируется признак скороспелости, а варьирование этого признака у позднеспелых форм происходит в сторону сокращения вегетационного периода в силу естественного отбора.

Таблица 1

Изменчивость по продолжительности вегетационного периода у линейных потомств соматклонов сои при отборе на семенную продуктивность

Сорт, номер элитного растения	Вегетационный период, дней			
	R ₃ ...2013 г.	R ₄ ...2014 г.	R ₅ ...2015 г.	R ₆ ...2017 г.
St СибНИИК 315	105	93	97	96
207-10	116	104	107	108
			104	106
				107
165-11	109	94	99	96
				96
				94
				94
				97
209-11	102	93	99	94
186-8	101	92	99	97
				96
184-4	116	112	118	115
				114
			115	101
155-2	117	118	118	108
				107
190-13	103	96	98	92
176-5	104	92	96	92
			98	92
177-5	105	94	98	94
			96	97
				96
Среднее	109±1,26	99,7±1,94	103,5±1,75	99,7±1,55

Испытания в контрольных и конкурсных селекционных питомниках позволяют оценить урожайность и адаптивность сортообразцов и сортов сои в нестабильных погодных условиях сибирского лета. В таблице 2 представлены данные по девяти годам селекционного изучения трёх сортообразцов, полученных с помощью методов биотехнологии из сорта СибНИИК 315.

Урожайность исходного сорта колебалась от 1,33 до 2,7 т/га. Изучаемые сортообразцы в среднем превосходили его на 6–14 % (в отдельные годы до 30 %). Особенно высокую прибавку урожайности дали образцы 8 RS и 9 RS в

2012 г., отличавшемся необыкновенной засухой в июне и июле (ГТК по Селянину 0,2). Повышенная семенная продуктивность в разнообразных неблагоприятных погодных условиях свидетельствует о более высокой адаптивности экспериментальных образцов по сравнению с исходным сортом. Продолжительность вегетационного периода исходного сорта СибНИИК 315 варьировала в пределах 81–105 дней, изучаемых сортообразцов – от 79 до 107 дней. Образец 8 RS созрел в среднем на 2 дня раньше исходного сорта, остальные немного позднее, но успевали до заморозков.

Таблица 2

Урожайность и вегетационный период сои в контрольном и конкурсном испытании

Год	Урожайность семян, г/м ²				Вегетационный период, дней			
	St СибНИИК 315	7 RS	8 RS (Краснообская)	9 RS (СибНИИК 9)	St СибНИИК 315	7 RS	8 RS (Краснообская)	9 RS СибНИИК 9)
2009	218	39	229	227	105	04	104	107
2010	182	10*	210*	204	97	00	95	102
2011	153	67	165	193*	92	03	90	95
2012	133	43	173*	169*	81	03	79	86
2013	172	77	174	187*	104	04	102	107
2014	160	56	174*	178*	103	03	99	102
2015	213	212	242*	235*	95	97	94	97
2016	221	223	248*	242	83	83	81	82
2017	270	306	294	336*	94	94	92	93
Среднее	191,3	103,7	212,1	219,0	94,9	105,7	92,9	96,8

Примечания: *разница со стандартом достоверна на 5%-ном уровне значимости; 2009-2010 гг. – контрольное испытание; 2011-2017 гг. – конкурсное сортоиспытание

Сортообразец 9 RS был передан на Государственное сортоиспытание в 2013 г. как новый сорт СибНИИК 9, включен в Государственный реестр и допущен к использованию в четырех регионах РФ: Средневолжском, Уральском, Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском с 2017 г. Сортообразец 8 RS успешно проходит ГСИ с 2015 г. под названием Краснообская. Кроме того, в 2017 г. в Казахстане передан на ГСИ новый сорт сои Русия, созданный на основе соматоклональной линии 5 RS.

Наши исследования доказывают, что метод соматоклональной изменчивости в сочетании с многократным индивидуальным отбором эффективен при создании новых сортов сои для регионов России и Казахстана с холодным континентальным климатом.

Список литературы

1. Larkin P.J., Scowcroft W.R. Somaclonal variation – a novel source of variability from cell culture for plant improvement / P.J. Larkin, W.R. Scowcroft // Theor. and Appl. Genet., 1981. – 60, N1. – P. 197-214.
2. Рожанская О.А. Соя и нут в Сибири: культура тканей, соматоклоны, мутанты. / О.А. Рожанская – Новосибирск: Юпитер, 2005. – 155 с.

3. Рожанская О.А., Дидоренко С.В. Селекционное изучение сибирских соматклонов сои и нута в Казахстане / О.А. Рожанская, С.В. Дидоренко // Развитие АПК азиатских территорий: тр. XI междунар. конф. (Новосибирск, 25–27 июня 2008 г.) – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – С. 195–200.
4. Чураков А.А., Халипский А.Н. Оценка соматклональных популяций сои и нута по качеству и продуктивности / А.А. Чураков, А.Н. Халипский // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2015. – № 11. – С. 183–190.
5. Рожанская О.А., Потапов Д.А., Чураков А.А., Халипский А.Н. Особенности селекции сои в Сибири // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – №10 (41). – Ч. 3. – С. 62-65. – DOI 10.18454/IRJ.2015.41.113
6. Мелихова И.А., Рожанская О.А., Думачева Е.В., Чернявских В.И. Особенности селекционной работы с соей в Белгородской области / И.А. Мелихова, О.А. Рожанская, Е.В. Думачева, В.И. Чернявских / Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее: Материалы I Всерос. Науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Белгород, 2017. – С. 112-114.

SOYBEAN BREEDING MATERIAL AND VARIETIES, OBTAINED VIA BIOTECHNOLOGY

Rozhanskaya O. A., Dr. of Biology, chief researcher;

Potapov D. A., Cand. of agricultural Sciences, leading researcher;

Gorshkova E. M., senior researcher

Siberian research Institute of fodder crops SFSCA RAS, Novosibirsk, Russia

olgarozhanska@yandex.ru

New varieties with increased productivity and resistance to hydrothermal stressors and pathogens are needed for soybean import substitution and expansion of its sowing area in Siberia. Breeding material was created with the use of biotechnological methods in combination with multiple individual selection. The effectiveness of the methods used in the creation of new soybean varieties with signs of precocity and increased seed productivity for the regions of Russia and Kazakhstan with a continental climate is proved.

Key words: plant breeding, biotechnology, somaclonal variability, soybean

УДК 602.6:633.111.1

ОСОБЕННОСТИ ИНТРОГРЕССИИ ХРОМОСОМЫ ПЫРЕЯ 6A_i В РАЗЛИЧНЫЕ СОРТА МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Розенфрид К.К.¹, студент kr.rozenfrid@mail.ru,

Логинова Д.Б.², научный сотрудник, Стасюк А.И.², младший научный сотрудник,

Силкова О.Г.^{1,2}, ведущий научный сотрудник, silkova@bionet.nsc.ru

¹ *Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия,*

² *ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия*

В работе изучен характер интрогрессии хромосомы пырея 6A_i в сорта мягкой пшеницы Саратовская 29 (С29) и Новосибирская 15 (Н15). Анализ мейоза растений F₁ комбинаций скрещивания Саратовская 29 x Тулайковская 10 (С29 x Т10), Тулайковская 10 x Саратовская 29 (Т10 x С29) и Новосибирская 15 x Тулайковская 10 (Н15 x Т10) показал, что хромосома пырея может передаваться как целиком, так и в виде телоцентриков в результате центральных разрывов. ПЦР анализ геномной ДНК отдельных растений F₂

поколения подтвердил эти выводы, также было выявлено влияние генотипа сорта реципиента на частоты и характер передачи хромосомы 6*Ai*. При скрещивании с сортом С29 хромосома 6*Ai* обнаружена у 42.3% потомства, а телоцентрики 6*AiS* и 6*AiL* – у 2.88%; при скрещивании с сортом Н15 хромосома 6*Ai* обнаружена у 46.87% потомства, телоцентрики 6*AiS* и 6*AiL* – у 4.17% и 26.04%, соответственно. При использовании Т10 в качестве материнской формы (Т10 x С29) хромосома 6*Ai* передается реже – 26.7% потомства, а телоцентрик 6*AiS* чаще, чем в других гибридных комбинациях – 31.1% потомства.

Ключевые слова: чужеродная интрогрессия, центрические разрывы, пырей, мягкая пшеница.

Пырей *Thinopyrum intermedium* (Host) является источником агрономически ценных признаков для мягкой пшеницы. С использованием пшенично-пырейной замещенной линии Agis 1 [1] созданы сорта яровой мягкой пшеницы Тулайковская 5, Тулайковская 10, характеризующиеся комплексной устойчивостью к грибным заболеваниям [2]. В геноме сорта Тулайковская 10 хромосома пшеницы 6*D* замещена хромосомой пырея 6*Ai* [3]. Хромосома 6*Ai* несет гены устойчивости к листовой ржавчине и мучнистой росе, обеспечивающие иммунитет растениям в различных эколого-географических зонах [4]. Целью данной работы было изучить характер передачи хромосомы пырея *Th. intermedium* 6*Ai* в другие сорта пшеницы.

В работе были использованы три сорта пшеницы: Саратовская 29 (С29), Новосибирская 15 (Н15) и Тулайковская 10 (Т10). Анализ мейоза F₁ С29 x Т10, Т10 x С29 и Н15 x Т10 проводился с помощью окрашивания пыльников колосьев 3% ацетокармином. Стадии мейоза анализировались с помощью микроскопа Leica DM 2000, микрофотографии получены с помощью камеры DFC 950. Наличие хромосомы 6*Ai* в F₂ гибридов С29 x Т10, Т10 x С29 и Н15 x Т10 выявляли с помощью ПЦР анализа геномной ДНК отдельных растений с использованием хромосомо-специфичных праймеров MF2/MR1r2 (длинное плечо 6*AiL*) и Те6HS476 (короткое плечо 6*AiS*).

Гибридизация сортов С29 и Н15 с сортом Т10 была проведена с целью получения растений с центрическими разрывами хромосомы пырея в F₂, а в последующих поколениях – растений с пшенично-пырейными транслокациями. В мейозе гибридов F₁ С29 x Т10, Т10 x С29 и Н15 x Т10 хромосомы пырея 6*Ai* и пшеницы 6*D* не формировали биваленты (рис. 1 а). Во время анафазы I униваленты задерживались на экваторе и делились на сестринские хроматиды (рис. 1 б), либо отходили к полюсам, не делясь на хроматиды. Среднее число хромосом, делившихся на хроматиды у гибридов, различалось. У гибридов Т10 x С29 это значение было самым высоким - 1.95±0.02, а у гибридов Н15 x Т10 самым низким - 1.56±0.06 унивалентов на клетку (табл. 1). Во второй анафазе

хроматиды располагались на экваторе клетки, часть из них разрывалась в районе центромеры на плечи (рис. 1 в). Хроматиды или плечи в ряде случаев не могли доходить до полюсов и образовывали микроядра на стадии тетрад (рис. 1 г).

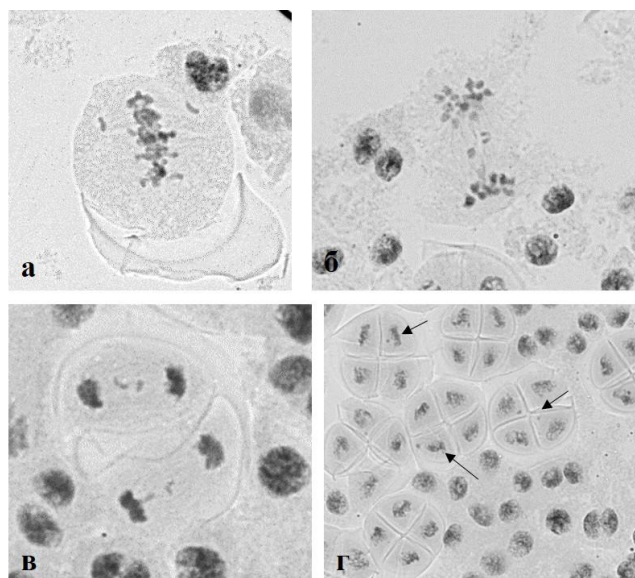


Рисунок 1. Мейоз гибридов Н15 х Т10. а) два унивалента в метафазе I; б) униваленты делятся на сестринские хроматиды в анафазе I; в) сестринские хроматиды на экваторе клетки в анафазе II; г) тетрады с микроядрами (указаны стрелками).

Анализ количества мейоцитов на стадии анафаза II показал, что у гибридов Т10 х С29 и Н15 х Т10 сестринские хроматиды чаще подвергались разрывам, чем у гибридов С29 х Т10 (табл. 1).

Таблица 1

Поведение хромосом в мейозе гибридов F₁ с сортом Тулайковская 10

Гибридная комбинация	Число хромосом, разделившихся на хроматиды в AI	Число мейоцитов с хроматидами на экваторе в AII (%)	Число микроядер в тетрадах
С29 х Т10	1.82±0.02***	60.19	0.81±0.08*
Т10 х С29	1.95±0.03	74.07	0.79±0.05**
Н15 х Т10	1.56±0.06***	78.6	1.06±0.08

*** - $p \leq 0,001$

Таким образом, в мейозе гибридов с сортом Т10 происходят центрические разрывы хромосом 6A_i и 6D, а их плечи включаются в ядра будущих пыльцевых зерен, либо элиминируют. На основании этих данных можно сделать прогноз о наличии телоцентриков в F₂ поколении. Это подтвердил ПЦР анализ (рис. 2).

Саратовская 29 x Тулайковская 10

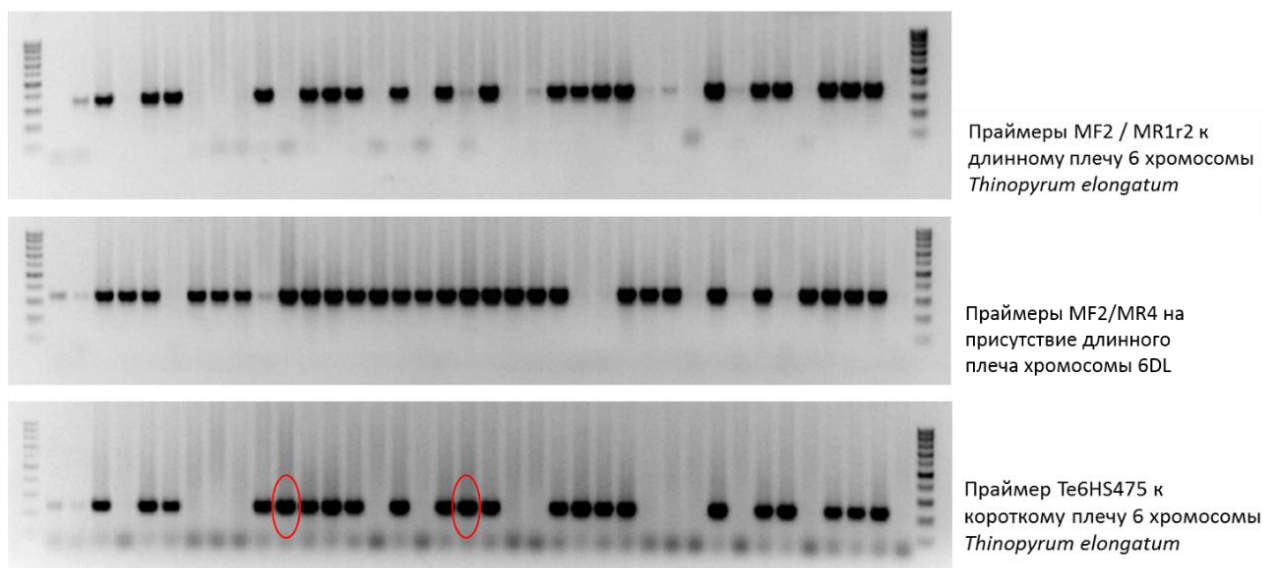


Рисунок 2. ПЦР анализ геномной ДНК отдельных растений F₂ гибридов Саратовская 29 x Тулайковская 10 с использованием специфических праймеров. Выделены растения с коротким плечом хромосомы пырея, отобранные для создания растений с транслоцированной хромосомы.

По данным ПЦР анализа среди 104 растений F₂ C29 x T10, у половины растений хромосома пырея отсутствовала, 42.3% имели оба плеча хромосомы 6Ai, 2.88% - длинное плечо 6AiL, 2.88% - короткое плечо 6AiS, а среди 45 растений F₂ T10 x C29, 26.7% имели оба плеча хромосомы 6Ai, 31.1% - короткое плечо 6AiS (табл. 2). В потомстве гибридов F₂ H15 x T10 хромосома пырея обнаружена с той же частотой, что и у C29 x T10 (46.87%). Длинное плечо хромосомы 6Ai обнаружено у 26.04%, а короткое плечо 6AiS – у 4.14% растений (табл. 2). В итоге в F₂ поколении гибридов C29 x T10 были отобраны 6 растений, в геноме которых присутствовал телоцентрик длинного или короткого плеча хромосомы пырея, в F₂ гибридов T10 x C29 – 14 растений с телоцентриком короткого плеча и в F₂ гибридов H15 x T10 – 29 растений с телоцентриками длинного или короткого плеча.

Таблица 2

Характер передачи хромосомы пырея 6Ai в F₂ поколение гибридов

Скрещивание	Изучено растений	Нулли 6Ai растений/ %	6Ai растений/ %	6AiL растений/ %	6AiS растений/ %
C29 x T10	104	54/51.9%	44/42.3%	3/2.88%	3/2.88%
T10 x C29	45	19/42.2%	12/26.7%	0	14/31.1%
H15 x T10	96	22/22.92%	45/46.87%	25/26.04%	4/4.17%

Таким образом, хромосома пырея лучше передается в потомстве при скрещивании с сортами C29 и H15, но хуже, когда материнской формой является сорт донор T10 при скрещивании с C29. Однако для получения

транслоцированных хромосом лучше подходят скрещивания Н15 x Т10 и Т10 x С29.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-16-0011. Работа по выращиванию растений в ЦКП ЛИВР была поддержана бюджетным проектом №0324-2018-0018.

Список литературы

1. Синиговец, М.Е. Перенесение устойчивости к ржавчине от пырея в пшеницу путем добавления и замещения хромосом / М.Е. Синиговец // Генетика. 1976. - Т.12. - №9. - С. 13-20.
2. Сибикеев С.Н. Идентификация чужеродной хромосомы у линии мягкой пшеницы мульти 6R / С.Н. Сибикеев, В.А. Крупнов, С.А. Воронина, Е.Д. Бадаева // Генетика – 2005 – Т. 41. С. 1084–1088.
3. Сюков В.В. Генетические аспекты селекции яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье: дисс. ... д-ра биол. наук. 2003. 194 с. Саратов.
4. Salina E.A. A *Thinopyrum intermedium* chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases / E.A. Salina, I.G. Adonina, E.D. Badaeva, P.Yu. Kroupin, A.I. Stasyuk, I.N. Leonova, A.A. Shishkina, M.G. Divashuk, E.V. Starikova, T.M.L. Khuat, V.V. Syukov, G.I. Karlov // Euphytica. 2015. – V. 204. – P. 91–101. DOI 10.1007/s10681-014-1344-5

Features wheatgrass chromosome introgression 6Ai into various bread wheat varieties

Rozenfried Kristina Konstantinovna, Novosibirsk agriculture state university, Russia.

The pattern of introgression of the wheatgrass chromosome 6Ai into the bread wheat varieties Saratovskaya 29 (C29) and Novosibirskaya 15 (N15) has been studied. Meiotic analysis in plants F1 of crosses Saratovskaya 29 x Tulaikovskaya 10 (C29 x T10), Tulaikovskaya 10 x Saratovskaya 29 (T10 x C29) and Novosibirskaya 15 x Tulaikovskaya 10 (N15 x T10) showed that wheatgrass chromosome can be transmitted as a whole or as telocentrics by the result of centric breaks. PCR analysis of genomic DNA of the individual F2 generation plants confirmed these findings, and the effect of the genotype of the recipient species on the frequencies and pattern of the 6Ai chromosome transfer was also revealed. When crossing with the C29 variety, the chromosome 6Ai was found in 42.3% of the offspring, and the telocentrics 6AiS and 6AiL - in 2.88%; when crossing with the H15 strain, the chromosome 6Ai was found in 46.87% of the offspring, the telocentrics 6AiS and 6AiL - in 4.17% and 26.04%, respectively. When using T10 as a mother form (T10 x C29), the 6Ai chromosome is transmitted less often - 26.7% of the offspring, and the 6AiS telocentric is more often than 31.1% of the offspring in other hybrid combinations.

Key words: alien introgression, centric breaks, Agropyron intermedium, bread wheat.

ИННОВАЦИОННОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ЭКСПОРТНОЙ КУЛЬТУРЫ

ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО

МАРКИРОВАНИЯ И ДИГАПЛОИДИЗАЦИИ

(ВЫСОКОПРОТЕИНОВЫЕ И УСТОЙЧИВЫЕ К БОЛЕЗНЯМ)

*Савин Т.В.¹, к.б.н., СЧС, Карабалыкская СХОС, Костанай, Казахстан,
e-mail: savintimur_83@mail.ru*

*Чудинов В.А.¹, Бердагулов М.И.¹, Абугалиева А.И.², Моргунов А.И.³
¹ – Карабалыкская СХОС; ² – КазНИИЗуР; ³ - СИММИТ*

Рассматриваются схемы семеноводства сортов, созданных различными методами в Карабалыкской СХОС: а) традиционными методами скрещивания и отбора; б) методом белковых маркеров; в) методами дигаплоидизации и ДНК-отбора существующих коммерчески востребованных сортов; г) челночная селекция; д) геномная селекция.

Ключевые слова: Инновационное семеноводство, дигаплоиды, ДНК-маркеры, пшеница.

Эффективность и целесообразность вложения средств в создание и внедрение сортов как средства производства с экономической и экологической точки зрения является наиболее доступным и дешевым способом увеличения производства зерна. Главный принцип мирового растениеводства – быстрая сортосмена, сортообновление и научно-обоснованное семеноводство.

Семеноводческие хозяйства республики заинтересованы в производстве семян сортов и линий с более высокими качественными и количественными показателями, а также устойчивостью и однородностью, так как это более привлекательный товар для сельхозтоваропроизводителей с точки зрения получения прибыли. В решении задач современного растениеводства, в устойчивом росте его продуктивности, рентабельности значительную роль играют селекция и ускоренное использование (внедрение) новых сортов в производство. Т.е. решение продовольственной безопасности страны, устойчивое развитие сельского хозяйства в значительной степени зависит от уровня развития селекции и семеноводства. Из-за недостаточной организации семеноводства потенциальные возможности новых сортов реализуются не в полной мере, сроки сортосмены и обновления семян отстают от научно-рекомендуемых [1, 2].

Между тем, иностранные эксперты полагают, что указанные меры предпринимаются в условиях усиления позиций западных транснациональных корпораций. В частности, со стороны последних происходит монополизация рынка инноваций, усиливается научно-технологическая зависимость

агропромышленного комплекса от импорта «ноу-хау», что создает дополнительные риски для продовольственной безопасности страны.

Первичное семеноводство является важным звеном между селекцией и использованием выведенных сортов в земледелии региона. Главная задача – сохранение генетического потенциала и уникальности внедряемых в производство сортов сельскохозяйственных культур путем создания исходного семенного материала с высокой сортовой чистотой [3, 4].

Используемые в настоящее время схемы первичного семеноводства предусматривают обеспечение отбираемых растений соответствия сорту, по которому ведется семеноводство, оценкой растений по фенотипу в течение двух лет, в питомнике испытания потомств первого и второго года. В этих питомниках линии, которые отличаются по признакам и свойствам от описания сорта, выбраковывают. Даже после 2 лет изучения растений по фенотипу не достигается 100% соответствия сорту в силу фенотипической и модификационной изменчивости. Необходимость развития семеноводческой деятельности связана так же с тем, что в предыдущие годы велась нами селекционная работа с использованием современных методов биотехнологии - удвоенные гаплоиды и молекулярные маркеры по разным культурам [5-10].

Комбинирование методов удвоенных гаплоидов с MAS (marker-assisted selection) еще больше усиливает возможности селекционного процесса. Важно отметить, что эти методы позволяют программам селекции пшеницы быстро реагировать на изменяющиеся требования, например, введением признаков устойчивости к новым болезням и максимизацией уровня генетического усовершенствования. Методы удвоенных гаплоидов и маркерной селекции можно использовать в обычной селекции без дополнительных регуляторных проблем и совмещать последние этапы селекции с первичным семеноводством, как это было показано ранее по белковым маркерам [5, 6].

Имеются патенты на ДГЛ Казахстанская раннеспелая, ДГЛ Казахстанская 19, ДГЛ Астана 2. В настоящее время продолжается процесс скрининга сортов на ДГ основе с признаками устойчивости к болезням и более высокого протеина ($\geq 14,0\%$). В процессе производственных испытаний дигаплоидные сорта показали себя выравненными, гомозиготными по хозяйственно-полезным признакам. Селекция данных сортов направлена на повышение урожайности за счёт устойчивости к различным факторам (засухоустойчивость, устойчивость к болезням), а также повышения качества производимых сортов. Материал для создаваемых сортов был отобран из пула коммерческого производства сортов, т.е. уже зарекомендован у производителя. А полученные с применением современных методов биотехнологий сорта - это улучшенные формы коммерчески используемых сортов, с дополненными необходимыми

признаками. В этой связи они имеют преимущества и более востребованы на рынке.

Эти методы семеноводства возможны и реальны для проведения на базе Карабалыкской СХОС, которая при создании сортов работает по различным методам и имеет уже зарегистрированные сорта или на последних стадиях селекционного процесса: а) традиционными методами скрещивания и отбора; б) методом белковых маркеров; в) дигаплоидизации и ДНК-отбора существующих коммерчески востребованных сортов; г) челночная селекция; д) геномная селекция.

В результате предыдущих совместных проектов АЦФГР (руководитель П.Лангридж) были созданы ДГЛ засухоустойчивых сортов Казахстана [7, 8] в различном объеме в зависимости от их регенерационной способности (табл. 1), созданы на ДНК-основе сорта ячменя и пшеницы [9], овса [10] в рамках ПЦФ МСХ РК 0722 (2015-2017 гг.).

Таблица 1

Перечень ДГЛ яровой мягкой пшеницы

Сорта	КИЗ, ДН ₂	Карабалык, ДН ₂	ДН ₁	всего
Казахстанская раннеспелая	217	425	778	1420
Казахстанская 19	360	350	-	710
Саратовская 29	10	-	2188	2198
Казахстанская 15	-	7	-	7
Астана 2	40	-	-	40
Целинная 26	-	347	-	347
Целинная 3С	-	303	-	303

По ДГЛ сорта Казахстанская раннеспелая также отмечена однотипность по длине вегетационного периода, (57-59 дней), массе 1000 зерен (33,4-35,7 г), высоте растений (117-121 см), полеганию (0). По продуктивности выделяются линии Казахстанская раннеспелая – 10 и Казахстанская раннеспелая 12 с 10% - превышением над средним для всего блока. Линии неоднозначны по устойчивости к болезням: *KZR-1* – поражалась желтой ржавчиной (до 30%). Септориозом поражались все линии с наименьшим уровнем для линий *KZR-8*, *KZR-9* и *KZR-10* (20-40%) против (40-90%) для всего блока. По устойчивости к бурой ржавчине отмечено 2 линии: *KZR 11* и *KZR 12*.

Таким образом, отбор на дигаплоидном уровне позволяет совместить его с семеноводством для ускоренного воспроизводства близнецовых линий зерновых культур. Общим для селекционного и семеноводческого процесса является использование метода индивидуально-семейственного отбора для получения потомства, а специфика состоит в том, какие категории генотипов

избираются исследователями для дальнейшего размножения в сочетании и комбинировании с методами дигаплоидизации и ДНК-маркирования.

Список литературы

1. Реестр сортов Казахстана, 2017 год.
2. Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I. The history of Wheat Breeding in Southern Kazakhstan. – The World Wheat Book. – 2016. - Paris. – P.311-329.
3. ГОСТ 20081-74 «Семеноводческий процесс сельскохозяйственной культуры. Основные понятия».
4. Методические рекомендации по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур. – Москва, 1990. – 30 с.
5. Аbugалиева А.И., Аймаков Ж.Ж., Мамонов Л.К., Таранов О.Н. «Способ оценки и отбора эталонных растений в процессе первичного и элитного семеноводства промышленных сортов риса» - Иновационный патент №24197 от 08.06.2010.
6. Кожемякин Е.В., Аbugалиева А.И., Савин В.Н., Николаева Н.А., Аbugалиева С.И. Генетические маркеры и системный метод в селекции и семеноводстве хлебопекарной пшеницы – Алматы: ВО ВАСХНИЛ, 1994. – С.390.
7. Ismagul A., Iskakova G., Abugaliyeva A., Eliby S. Homozygous doubled haploid Australian and Kazakhstan wheat from isolated microspore cultures// International wheat genetics symposium. – 8-14 September, 2013, Pacifico Yokohama, Japan. – P.209.
8. Аbugалиева А.И., Исмагул А.Ж., Елибай С., Башабаева Б.М., Кененбаев С.Б. Заявка на сорт яровой мягкой пшеницы «ДГЛ KZR» №2013/061.4 от 27.12.2013 г. - Промышленная собственность. Официальный бюллетень. №6(1), 2015 г. – С.137.
9. Turuspekov Ye., Sariev B., Chudinov V., Sereda G., Tokhetova L., Ortaev A., Tsygankov V., Doszhanov M., Volis S., Abugaliyeva S. Genotype x Environment Interaction Patterns for Grain Yield of Spring Barley in Different Regions of Kazakhstan //Russian Journal of Genetics. – 2013. – Vol.49, No.2
10. Nurpeissov M., Abugaliyeva A., Langdon T. Genetic identification of Kazakhstan oat varieties //Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. – V.12(3). – P.2227-2233.

INNOVATIVE SEED GROWING OF WHEAT CULTIVARS CREATING BY DOUBLE HAPLOIDS, DNA MARKERS

Savin Timur Vladimirovich, Karabalyk ARS, Kostanay, Kazakhstan

Chudinov V.A., Berdagulov M.I., Abugaliyeva A.I., Morgounov A.I.

The varieties seed growing schemes created by different methods in the Karabalyk ARS are considered: a) traditional crossing and breeding methods; b) protein markers method; c) double haploidization and DNA-selection methods of existing commercially popular varieties; d) shuttle breeding; e) genomic breeding.

Innovative seed growing, double haploids, DNA markers, wheat.

УДК:633.511:576.312.3

ЦИТОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УНИВАЛЕНТНЫХ ХРОМОСОМ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСЛОКАЦИОННЫХ МАРКЕРОВ

Санамьян М.Ф., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Бобохужаев Ш У., базовый докторант, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан,

sanam_marina@rambler.ru

Транслокационный тест вовлек 15 моносомных линий Цитогенетической коллекции Национального университета Узбекистана. Была обнаружена гомологичность унивалентных хромосом у моносомных линий с хромосомами 2, 4, 6 и 7 At –субгенома хлопчатника. 11 линий были идентифицированы как дубликаты трех хромосом (2, 4, 6).

Ключевые слова: моносома, идентификация, транслокационный набор

Поскольку до настоящего времени не существует полного покрытия генома хлопчатника нехватками отдельных хромосом или их плеч, исследования по обнаружению нехваток хромосом остаются актуальными [1]. Унифицированная идентификация унивалентных хромосом у моносомных линий Цитогенетической хлопчатника НУУз с помощью транслокаций тестерного набора [2] и молекулярно-генетических маркеров может позволить обнаружить новые моносомы [3]. Для идентификации моносом проводились скрещивания моносомных линий (НУУз) с транслокационными линиями (США). Анализ проводился у всех гибридных потомств, однако в таблицу по конъюгации хромосом вошли только те варианты, у которых были обнаружены общие хромосомы. Моносомная линия Мо11 была протестирована в шести вариантах скрещиваний, где в одном варианте была обнаружена негомологичность моносомы и хромосом в обменах, поскольку у моносомных гибридов в метафазе I мейоза наблюдалось 23 бивалента + один квадριвалент + один унивалент, тогда как в пяти вариантах скрещиваний была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (Табл. 1) (Рис.1а), Так как в транслокации пяти транслокационных линий, участвовавших в скрещиваниях, вовлечена одна общая хромосома 2, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Мо11 является хромосомой 2 At –субгенома хлопчатника.

Моносомная линия Мо13 была изучена в семи вариантах скрещиваний, где в четырех вариантах была обнаружена негомологичность моносомы и хромосом в обменах, тогда как в трех вариантах скрещиваний была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (Табл. 1). Поскольку в транслокации у всех трех линий вовлечена одна общая хромосома 6, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Мо13 является хромосомой 6 At –субгенома хлопчатника.

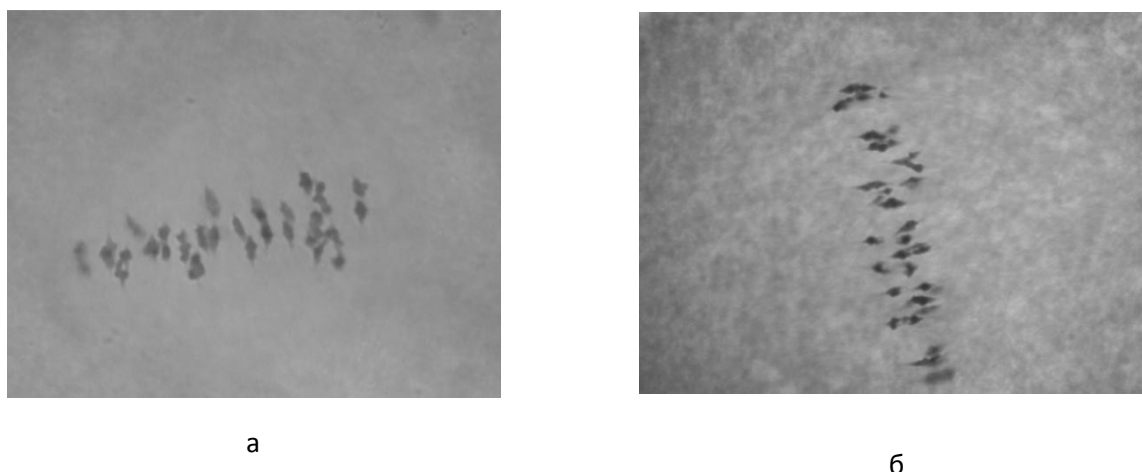


Рис. 1. Конфигурации хромосом в метафазе I мейоза у гибридных моносомных растений, полученных от скрещиваний: а) Мо11 x **TT2R-8Rb**, б) Мо31x**TT4L-19R** ($24^{II} + 1^{III}$).

Моносомная линия Мо16 была исследована в семи вариантах скрещиваний, где в трех вариантах была обнаружена негомологичность моносомы и хромосом в обменах, тогда как в четырех вариантах скрещиваний была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (Табл. 1). Так как в транслокации у всех четырех транслокационных линий, участвовавших в скрещиваниях, вовлечена одна общая хромосома 2, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Мо16 является хромосомой 2 *At* –субгенома хлопчатника. Моносомная линия Мо19 также была протестирована в семи вариантах скрещиваний с семью транслокационными линиями. У двух моносомных транслокационных гибридов была обнаружена конъюгация хромосом, указывающая на негомологичность моносомы и хромосом в обменах, тогда как в пяти других вариантах скрещиваний с тестерными линиями - **TT2L-6R**, **TT2L-3Lb**, **TT2R-8Ra**, **TT2R-8Rb** и **TT2R-14R** у моносомных транслокационных гибридов была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента, что указало на гомологичность моносомы и одной из хромосом в обменах у моносомной линии Мо19.

Таблица 1

Цитогенетический анализ гибридов F₁, полученных от скрещиваний моносомных линий с транслокационными линиями тестерного набора

Номер хромосомы	Гибридный вариант	Конъюгация у моносомиков
2 <i>A_t</i> -субгенома	Мо11 x TT 2L-3Lb	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо11 x TT 2R-3La	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо11 x TT 2R-8Ra	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо11 x TT 2R-8Rb	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо11 x TT 2R-14R	$24^{II} + 1^{III}$
2 <i>A_t</i> -субгенома	Мо16 x TT 2L-3Lb	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо16 x TT 2R-8Ra	$24^{II} + 1^{III}$
	Мо16 x TT 2R-8Rb	$24^{II} + 1^{III}$

	Mo16 x TT 2R-14R	24 ^{II} +1 ^{III}
2 A _t -субгенома	Mo19 x TT 2L-6R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo19 x TT 2L-3Lb	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo19 x TT 2R-8Ra	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo19 x TT 2R-8Rb	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo19 x TT 2R-14R	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo7 x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo31x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo31x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo75x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo75x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo60x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo69x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo70x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo70x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo71x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo72x TT 4L-19R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo72x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
4 A _t -субгенома	Mo73x TT 4R-15L	24 ^{II} +1 ^{III}
6 A _t -субгенома	Mo13x TT 3L-6L	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo13x TT 6L-7L	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo13x TT 6L-10R	24 ^{II} +1 ^{III}
6 A _t -субгенома	Mo34x TT 6L-14L	24 ^{II} +1 ^{III}
6 A _t -субгенома	Mo67x TT 6L-7L	24 ^{II} +1 ^{III}
7 A _t -субгенома	Mo27x TT 1L-7L	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo27x TT 7L-12R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo27x TT 7R-11R	24 ^{II} +1 ^{III}
	Mo27x TT 7R-21R	24 ^{II} +1 ^{III}

Так как в пять транслокационных линий вовлечена одна общая хромосома 2, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Mo19 является хромосомой 2 At –субгенома хлопчатника.

Моносомная линия Mo27 была протестирована в девяти вариантах скрещиваний (Табл. 1). В четырех вариантах скрещиваний - **Mo27xTT1L-7L**, **Mo27xTT7L-12R**, **Mo27xTT7R-11R** и **Mo27xTT7R-21R** была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента, что указало на гомологичность моносомы и одной из хромосом в обменах у моносомной линии Mo27. Так как в четыре транслокационные линии была вовлечена одна общая хромосома 7, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Mo27 является хромосомой 7 At –субгенома хлопчатника.

Моносомная линия Mo31 была исследована в семи вариантах скрещиваний с транслокационными линиями (Табл.1). В двух вариантах скрещиваний – с линиями **TT4L-19R** и **TT4R-15L** была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (Рис. 1б), что указало на гомологичность моносомы с одной из хромосом в обменах у линии Mo31. Так как в две транслокационные линии была вовлечена одна общая хромосома 4,

можно утверждать, что унивалентная хромосома у линии Мо31 является хромосомой 4 At –субгенома хлопчатника.

У трех моносомных линий Мо70, Мо72 и Мо75 в двух гибридных вариантах с линиями **ТТ4L-19R** и **ТТ4R-15L** была выявлена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (табл. 1). Поскольку, в транслокации у этих двух линий вовлечена одна общая хромосома 4, можно утверждать, что унивалентная хромосома у линий Мо70, Мо72 и Мо75 является хромосомой 4 At –субгенома хлопчатника.

Другие пять моносомных линий – Мо7, Мо60, Мо69, Мо71 и Мо73 также имели общие хромосомы с одной из двух линий **ТТ4L-19R** и **ТТ4R-15L**, включивших хромосому 4. Поскольку, молекулярно-генетическое исследование [3] указало на нехватку по хромосоме 4, можно утверждать, что моносомы у этих линий - гомологичны хромосоме 4 At –субгенома.

Другая моносомная линия Мо67 была протестирована в трех вариантах скрещиваний, где в одном варианте скрещивания с линией **ТТ6L-7L** была обнаружена конъюгация в виде 24 бивалентов и одного тривалента (Табл.), что указало на гомологичность моносомы и одной из хромосом в обмене у линии Мо67. Поскольку, молекулярно-генетическое исследование указало на нехватку по хромосоме 6, можно утверждать, что нехватка у линии Мо67 гомологична хромосоме 6 At –субгенома хлопчатника.

Таким образом, использование транслокационного теста позволило осуществить идентификацию и нумерацию унивалентных хромосом у 15 моносомных линий Цитогенетической коллекции НУУЗ, среди которых были идентифицированы три линии по хромосоме 2, девять линий по хромосоме 4, две линии по хромосоме 6 и одна линия по хромосоме 7 At –субгенома хлопчатника.

Список литературы

1. Endrizzi J.E., Brown M.S. Identification of monosomes for six chromosomes in *Gossypium hirsutum*//Amer. J. Bot.-1964, V.51, N2, P. 117-120.
2. Endrizzi J.E., Turcotte E.L., Kohel R.J. Genetics, cytology and evolution of *Gossypium*//Adv. Genet. -1985, V.23, P. 271-375.
3. Санамьян М.Ф. и др. Создание новой серии анеуплоидных линий у хлопчатника (*Gossypium hirsutum*) с идентификацией отдельных хромосом с помощью транслокационных и SSR-маркеров//Вавилов. журнал генетики и селекции.- 2016, Т.20, №5, С. 545-554.

Cytologic identification of the univalent chromosomes by means translocation markers.

Sanamyan M.F., Bobokhujaev Sh.U. National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan. Translocation test involved 15 monosomic lines. It has revealed homology of the univalent chromosomes monosomic lines with chromosomes 2, 4, 6 and 7 At-subgenome cotton. 11 monosomic lines were identified as duplicates of three chromosomes (2, 4, 6).

Key words: monosome, identification, translocation set

УДК 635.21;631.52

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

*Сафонова А. Д. - с.н.с., Кошева О.Н – м.н.с., Салмина И.С. – с.н.с.
СибНИИРС – филиал ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск.*

В исследовании изменчивости процентного содержания сухого вещества и крахмала в процессе хранения сортов различных групп спелости выявлены некоторые отличия как по группам спелости, так и по различным генотипам по уменьшению и увеличению биохимических показателей.

Ключевые слова: сорт, сортообразец, сухое вещество, крахмал, хранение.

Картофель является одной из важных культур многоцелевого использования. Он служит сырьем для спиртовой, декстриновой, пищевой и других отраслей промышленности и является одной из важнейших продовольственных культур. Клубни картофеля характеризуются высокой питательной ценностью благодаря оптимальному соотношению в них органических и минеральных веществ. [1]. Одним из важных показателей сорта картофеля, помимо основных хозяйственно ценных признаков, являются качественные параметры клубней. [2]. В нем содержатся практически все химические элементы необходимые человеку, он богат витамином С, калием, фосфором, железом и кальцием. Высокое содержание крахмала важно для большого количества видов переработки на технические цели и на пищевые продукты [3,4]. Чем выше содержание сухого вещества и крахмала, тем лучше вкус продуктов из картофеля и тем выше экономическая эффективность промышленного производства. Оптимальным содержанием крахмала для производства считается 16-18 % от массы сырого вещества, содержание сухого вещества не ниже 27 %. [5].

Цель исследований - изучение накопления и изменения в процессе хранения сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля различных групп спелости

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытных полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции, в зоне южной лесостепи Западной Сибири. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, $pH_{\text{сол}}$ – 5,1-6,2, содержание гумуса (по Чиркову) -118-460 мг/кг, K_2O (по Чиркову) 96- 257 мг/кг почвы. Температура в

начале мая была ниже средней многолетней на 2,2 градуса, но в третьей декаде достигла 15,8 °С, что выше средней многолетней на 3 °С. Равномерные осадки мая составили 85 % от средних многолетних, что дало хорошую влагообеспеченность для роста и развития картофельных растений. В 2016 году июнь и июль были наиболее теплыми месяцами вегетации, со средними температурами 19,7 °С и 20,2 °С в июле. Август по температурным показателям превысил средние многолетние на 1,1 °С.

В течение 2016-2017 гг. проводилось изучение 36 сортообразцов картофеля различных групп спелости в сравнении со стандартами. Оценка сортов проводилась на содержание сухого вещества и крахмала в начале хранения – после лечебного периода (ноябрь) и в конце хранения (апрель). Определение биохимических параметров проводили в лабораторных условиях по общепринятым методикам: сухое вещество методом взвешивания и полного высушивания, крахмал поляриметрическим методом по Эверсу [6].

Результаты исследований. Изучение коллекционного материала в условиях 2016 -2017 г.г. показало, что сочетание влажности и температуры и их оптимальное распределение по фазам развития растений дает наивысшие результаты накопления биохимических веществ как в целом по коллекции, так и по группам спелости.

Наивысший показатель сухого вещества в группе раннеспелых сортообразцов в начале хранения был у сорта Ломоносовский - 27,0 %. У 11 сортообразцов содержание сухого вещества превысило стандарт Юна от 0,5 % у Г-25/861 до 5,7 и 6,9 % у сортов Регги и Ломоносовский. В конце хранения процент сухого вещества у 8 сортов повысился от 0,9 % у Юны, до 6,0 % у сорта Метеор. У 6 сортов процент сухого вещества снизился от 1,0 % у сорта Чароит, до 4,2 % у сортов Жуковский ранний, Крепыш (табл.1.).

Высокие показатели крахмала у ранних сортов (более 17,0%) в начале хранения были у 3 образцов: Регги, Жуковский ранний, Г. 3-43-6. У семи сортообразцов показатели крахмала были ниже стандарта.

В конце хранения процент содержания крахмала у 5 образцов картофеля (Метеор, Самба, Любава, Удача) повысился, а у 9 образцов снизился (табл. 1).

Таблица 1

Биохимические показатели раннеспелых сортообразцов картофеля.

Образец	Сухое вещество, %			Крахмал, %		
	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения
Метеор	18,6	24,6	+6,0	14,0	15,1	+1,1
Самба	24,0	26,8	+2,8	15,0	17,8	+2,8
Чароит	23,7	22,7	-1,0	16,6	15,6	-1,0

Г. 3-43-6	24,9	20,7	-4,2	17,0	12,4	-4,6
Г. 25/861	20,6	23,7	+3,1	10,0	12,4	+2,4
Жуковский ран.	24,9	20,7	-4,2	17,0	12,4	-4,6
Импала	18,7	17,5	-1,2	12,0	8,9	-3,1
Крепыш	22,2	18,0	-4,2	12,9	9,3	-3,6
Ломоносовский	27,0	25,4	-1,6	16,0	14,2	-1,8
Любава	22,5	26,0	+3,5	13,4	15,6	+2,2
Ред Скарлет	16,9	21,6	+4,7	13,0	11,5	-1,5
Регги	25,8	27,2	+1,4	20,0	15,5	-4,5
Удача	23,4	25,7	+2,3	14,5	17,4	+2,9
Юна ст.	20,1	21,0	+0,9	15,0	11,5	-3,5

В среднеранней группе сортообразцов наибольший процент сухого вещества в начале хранения был у Г-06-08-2015 - 26,6 % и у сорта Сударыня - 24,8%. Восемь образцов (Г-06-08-2015, Сударыня, Сафо, Кемеровчанин, Кортни, Танай, Ильинский) по содержанию сухого вещества превышали стандарт Невский, а у двух сортов (Гала и Кузнечанка) процент сухого вещества был ниже стандарта. В процессе хранения у шести сортов процент сухого вещества повысился: от 0,1 % у сорта Невский, до 7,7 % у сорта Кемеровчанин. У четырех образцов - Кузнечанка, Сафо, Сударыня, Танай содержание сухого вещества понизилось на 0,1 – 0,7 % (табл.2).

Высокое содержание крахмала в начале хранения было получено у образцов Кузнечанка, Сударыня и Г-06-08-2015. Все образцы по содержанию крахмала превысили стандарт от 0,5% у сорта Ильинский, до 4,5% у сорта Кузнечанка. В конце хранения содержание крахмала незначительно повысилось у четырех сортообразцов от 1,0 до 1,7%. У пяти образцов содержание крахмала понизилось от 0,5 % у Сударыни, до 4,6 % у Кузнечанки. Содержание крахмала у сорта Танай осталось прежним (табл.2).

Таблица 2

Биохимические показатели среднеранних сортообразцов картофеля

Образец	Сухое вещество, %			Крахмал, %		
	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения
Гала	19,3	22,5	+3,2	15,0	12,5	-2,5
Ильинский	21,5	22,5	+1,0	14,0	15,1	+1,1
Кемеровчанин	23,1	30,8	+7,7	14,8	13,4	-1,4
Кортни	23,0	27,5	+4,5	16,0	18,7	+2,7
Кузнечанка	20,9	20,6	-0,3	18,0	13,4	-4,6
Сафо	23,5	23,2	-0,3	14,6	13,8	-0,8
Сударыня	24,8	24,1	-0,7	17,0	16,5	-0,5
Танай	23,0	22,9	-0,1	15,1	15,1	0
Г. 06-08-2015	26,6	31,9	+5,3	17,0	18,2	+1,2
Невский ст.	21,2	21,3	+0,1	13,5	15,1	+1,6

У среднеспелых сортов в начале хранения все сорта, кроме Гусара и Златки превысили по содержанию сухого вещества стандарт Тулеевский от 1,9 % у Вымпела до 8,0 % и 7,8% у Танго и Никулинского. В конце хранения содержание сухого вещества повысилось у 4 сортов, а у 5 понизилось (табл.3).

Таблица 3.

Биохимические показатели среднеспелых сортообразцов картофеля.

Образец	Сухое вещество, %			Крахмал, %		
	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения	Ноябрь 2016	Апрель 2017	+,- к началу хранения
Великан	25,8	21,7	-4,1	17,1	13,4	-3,7
Вымпел	24,7	20,5	-4,2	18,0	10,7	-7,3
Гусар	21,7	20,8	-0,9	15,1	14,0	-1,1
Голубизна	28,5	28,7	+0,2	21,0	18,7	-2,3
Златка	22,2	21,7	-0,5	18,1	13,8	-4,3
Колобок	28,0	26,9	-1,1	20,0	16,5	-3,5
Накра	32,4	35,8	+3,4	21,0	21,4	+0,4
Никулинский	30,6	29,2	-1,4	21,0	19,9	-1,1
Танго	30,8	32,6	+1,8	24,0	18,2	-5,8
Фаворит	24,2	21,4	-2,8	17,8	11,6	-6,2
Фрителла	25,5	24,6	-0,9	16,0	13,8	-2,2
Тулеевский ст.	22,8	25,3	+2,5	14,2	13,8	-0,4

Наиболее высокое содержание крахмала в начале хранения было у сортов: Танго- 24,0 %, Голубизна, Накра и Никулинский по 21,0 %, Колобок - 20 %. В среднеспелой группе 9 сортов из 12 исследуемых накопили крахмала к началу хранения не менее 17,0 %, тогда как в ранней и среднеранней группах спелости с такими показателями было по 3 сорта. Однако и наиболее интенсивное снижение крахмала к концу хранения наблюдалось в группе среднеспелых сортов. Кроме сорта Накра, у которого наблюдали повышение крахмала на 0,4%, у всех сортов этой группы было понижение крахмала к концу хранения от 0,4% у сорта Тулеевский до 6,2% у сорта Фаворит и даже до 7,3 % у сорта Вымпел.

Таким образом, более стабильными по содержанию крахмала за время хранения оказались среднеранние сорта, только у 20 % образцов отмечена высокая потеря во время хранения. У среднеспелых свыше 40 % образцов имеют высокую потерю крахмала, а у ранних сортов самый высокий процент 50 % сортов имеет потери крахмала в пределах 2,8 – 4,6 %

Как у раннеспелых сортов, так и у среднеранних и среднеспелых в процессе хранения идет понижение процентного содержания в клубнях сухого вещества и крахмала за счет дыхания. А повышение этих параметров можно

объяснить повышенным выделением влаги. Из-за сортовых особенностей этот процесс протекает по-разному у разных генотипов. При использовании различных высококрахмальных сортов для переработки следует учитывать эти особенности.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Картофель России. Том II. Технология возделывания. Под редакцией Коршунова А.В.// М-2003 324с.
2. Дергачева Н.В, Кожевникова Л.М. Изменчивость биохимических показателей клубней у сортов картофеля в условиях лесостепной зоны Западной Сибири Картофелеводство. Материалы международной научно - практической конференции Москва 2016..С 100-107.
3. Земцова М.А. Тимофеева И.И. Технологическая оценка сортов картофеля на пригодность для переработки на хрустящий картофель и картофель «фри». Защита картофеля № 1, 2011. С.17-20.
4. Physiochemical properties of starches during potato growth / Q/ Liu [et.Al.] // Cfrbohydr. Polym. -2003.- Vol. 51. P. 213-221.
5. Сафонова А.Д., Доманская М.К., Салмина И.С. Динамика биохимических показателей в зависимости от года вегетации и в период хранения сортов и гибридов картофеля Материалы международной научно- практической конференции Современные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур. (п. Краснообск, 18-20 июля 2011г). Новосибирск 2012. С. 156-164.
6. Ермаков А.И., Арасимович В.В. и др. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987.-72с.

VARIABILITY OF BIOCHEMICAL PARAMETERS OF POTATO TUBERS DURING STORAGE

Safonova A.D. Senior Research Officer, Kosheva O.N. Research Assistant, Salmina I.S. Senior Research Officer

SibRIPP&B – Branch of ICGSBRA

In the study of the variability of the percentage of dry matter and starch during storage of varieties of different ripeness groups, some differences were revealed for both ripening groups and different genotypes, both in reducing and increasing biochemical indices.

Key words: variety, variety specimen, dry matter, starch, storage.

УДК 58.071

ОЦЕНКА ПШЕНИЧНОГО ПИТОМНИКА-ЛОВУШКИ ДЛЯ РАСЫ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ UG99 В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ В 2017 ГОДУ.

Сколотнева Е.С., кандидат биологических наук, научный сотрудник, «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения

Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия,
skolotnevaES@bionet.nsc.ru

Букатич Е. Ю., Бойко Н. И., Пискарев В.В., Салина Е.А.

Проведена полевая оценка набора сортов и линий с различными генами *Sr* из питомника-ловушки 4ISRTN в условиях лесостепи Приобья в 2017 г. Выявлено отсутствие патотипов агрессивной расы *Ug99* в популяции стеблевой ржавчины на территории Новосибирской области. Гены устойчивости *Sr31*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr23*, *Sr24*, *Sr28*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr35*, *Sr38*, *Sr2 complex* продемонстрировали эффективность к стеблевой ржавчине.

Ключевые слова: мягкая пшеница, стеблевая ржавчина, раса *Ug99*, питомник-ловушка, гены устойчивости.

Длительное время стеблевая ржавчина не имела хозяйственного значения для посевов яровой и озимой пшеницы на территории Западной Сибири. В условиях лесостепи Приобья отмечались лишь очаги заболевания в 2001-2003, 2005 гг. Однако начиная с 2007г. развитие стеблевой ржавчины в регионе регулярно стало отмечаться, доходя до эпифитотийного уровня в 2009, 2011, 2014 [1, 2], 2016 [3]. Вероятнее всего, складывающаяся фитосанитарная ситуация на посевах пшеницы отражает общую тенденцию потепления климата на территории Западной Сибири. В этих условиях важное хозяйственное значение приобретает глобальное распространение вирулентной расы стеблевой ржавчины *Ug99* (ТТКСК) и ее модификаций *Ug99+Sr24* (ТТКСТ), *Ug99+Sr36* (ТТТСК), уже зарегистрированных в Турции и на северо-западе Ирана [4]. Наибольшая вероятность проникновения патогена в Западную Сибирь из пограничных регионов Казахстана, где неоднократно отмечались эпифитотии стеблевой ржавчины.

Поэтому необходимой профилактической мерой является опережающая селекция сортов пшеницы, устойчивых к расе *Ug99*. В Международном Исследовательском Центре Защиты Пшеницы и Кукурузы (СІММУТ) были созданы питомники-ловушки для мониторинга распространения расы *Ug99* и ее модификаций [2].

Цель настоящего исследования - оценка на устойчивость к *Puccinia graminis f.sp. tritici*, возбудителю стеблевой ржавчины, набора сортов и линий мягкой яровой пшеницы с различными генами *Sr* и их сочетаниями (питомник-ловушка 4ISRTN, International Stem Rust Trap Nursery) в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы. Питомник-ловушка 4ISRTN, International Stem Rust Trap Nursery, представлен 44 сортами и линиями с различными генами устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr*, переданный в генофонд растительных ресурсов СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН после тестирования на опытных полях ОмГАУ (таб. 1).

Таблица 1.

Полевая оценка устойчивости к стеблевой ржавчине пшеничного питомника-ловушки 4
ISRTN, International Stem Rust Trap Nursery

Сорт/линия	Гены	Повторения (I/II/III/IV)	Реакция в поле, обобщенная
Челяба 67	стандарт уст-сти	R/R/R/R	R
Новосибирская 67	стандарт воспр-сти	20S/15S/10S/30S	20S
Чернява 13	стандарт воспр-сти	50S/70S/80S/70S	70S
Мороссо	стандарт воспр-сти	30S/30S/10S/30S	10-30S
Seri 82	Sr31	R/R/R/R	R
PWB 343	Sr31	R/R/R/R	R
Sr31 (Benno)6LMPG	Sr31	R/R/R/R	R
Cham 6	Sr31	R/R/R/R	R
Cham 10	Sr31	R/R/R/R	R
Chris	Sr7a,Sr12,Sr6	20MS/5MS/15MS/20MS	20MS
MDS7 W2691 AA/3498	Sr7a, Sr10	30MS/10MS/10MS/5S	10MS
Barleta Benvenuto	Sr8b	50MS/20MS/20MS/50MS	50MS
W2691 Sr9b	Sr9b	15MR/10S/15S/10S	10S
Vernstein	Sr9e	5MS/M/10MR/M	M
W2691 Sr10	Sr10	5S/5MS/5MR/30MS	M
ISr11RA	Sr11	5R/10MR/5R/5MR	5MR
CS-TC3B Sr12	Sr12	10MR/5S/5MR/10MR	5MR
W2691 Sr13	Sr13	5MS/10MR/5MS/10MR	M
St 464 Sr13	Sr13	TS/10MS/TS/5MS	10MS
LC/ Kenya Hunter	Sr17	15MS/M/5MS/M	M
Combination VII	Sr17 + Sr13	15MR/15MS/M/15MR	M
LC-Sr19 MQ	Sr19	15MS/10MR/M/10MS	M
LC-Sr20 MQ	Sr20	20MS/5MR/15MS/M	M
SW Sr22 TB	Sr22	TS/15S/40MS/5S	40MS
Exchange - Sr23.SrMcN	Sr23	R/10MR/M/10MR	MR
LCSr24Ag + BTSr24Ag	Sr24	R/M/R/R	R
Sr24(Agent)9*LMPG	Sr24	R/R/R/R	R
Eagle-Sr26.Sr9g	Sr26	15MS/20MS/10MS/15MS	15MS
Eagle	Sr26	5MS/20MS/10MS/15MS	15MS
W 2691 Sr28kt	Sr28	5R/5MS/5MR/10MR	10MR
Pusa4/Etoile de Choisy	Sr29	10MR/5MR/10MR/15MR	10MR
BtSr30Wst	Sr30	5MS/5S/15S/40S	40S
Cns Sr32 As	Sr32	10MR/0/5R/5R	5R
RL 5405	Sr33	M/5R/5MS/5MR	M
Mg(2)5*G2919	Sr35	30MR/TS/15MR/TS	15MR, TS
W2691 SrTt-2	Sr37	5S/5MS/10S/15S	10S
RL-6081	Sr38	R/R/R/R	R
RL-6088	Sr40	15MS/TS/5MR/10MS	10MS
Taf-2	Sr44	TS/15MS/5MS/10MS	10MS
BTSrWld	SrWld	5S/20MS/TS/15MS	15MS

IR-53	Sr2	5R/10MR/15MR/10MR	10MR
Pavon 76	Sr2 complex	15MR/10MR/15MR/5MS	15MR
Buck Buck	Sr2+Sr23	15MR/10MR/15MR/15MS	15MR

Полевая оценка устойчивости питомника-ловушки 4ISRTN проводилась в соответствии со следующими методическими подходами:

1. Полевая оценка устойчивости линий: посев сортообразцов в нескольких повторениях на естественном инфекционном фоне при соблюдении дистанции между опытами от 1.5 км.
2. Включение в оценку стандартов восприимчивости к инфекциям. Использовались восприимчивые сорта Черныява 13, Новосибирская 67 и устойчивый сорт Челябинка 67, к комплексу листостебельных заболеваний в условиях Западной Сибири. Сорт Морокко выступали в качестве международного стандарта восприимчивости к ржавчинным заболеваниям.
3. Соблюдение регулярности и частоты оценки развития инфекции на растениях при использовании соответствующих шкал. Для оценки развития стеблевой ржавчины применялась международная шкала, разработанная СИММУТ, которая совмещает две категории показателей реакции хозяина на внедрение патогена: качественные (устойчивость R, средняя устойчивость MR, средняя восприимчивость MS, восприимчивость S, восприимчивость к одной расе, специфическая TS) и количественные (% пораженной поверхности органа растения). Во время летнего периода вегетации в 2017 фитопатологические учеты проводились со второй половины июля включая первую декаду августа в несколько раундов с промежутком в 4-5 дней.

Результаты. Полевая оценка сортообразцов была проведена в четырех повторениях на опытных полях исследовательских институтов СибНИИРС - филиал ИЦиГ СО РАН, ИЦиГ СО РАН, и НГАУ (I, II, III, IV) во время летнего периода вегетации в 2017. Первое проявление стеблевой ржавчины на пшенице было зарегистрировано уже 10-13 июля (п. Краснообск, ВАСХНИЛ). Однако благоприятные условия для интенсивного развития инфекции сложились только месяц спустя, что совпало с периодом созревания яровой пшеницы - поздняя инфекция, и существенно не отразилось на урожайности. Такой тип развития инфекции свидетельствует об агрессивности популяции патогена (качественная характеристика патогенности). То есть такая популяция представлена расами гриба, развитие которых сдерживается только неблагоприятными условиями среды, вне зависимости от состава генов вирулентности (количественной характеристики патогенности). Степень вирулентности популяции стеблевой ржавчины косвенно может быть оценена

как средняя (присутствие генов вирулентности к 14 генам устойчивости из 44 проверенных генов и их сочетаниями).

Эффективность в условиях Новосибирской области продемонстрировали гены: *Sr31*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr23*, *Sr24*, *Sr28*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr35*, *Sr38*, *Sr2 complex*. Инфекционные типы на линиях с перечисленными генами попадали в диапазон R - 15MR (реакция устойчивости и средней устойчивости до 15% поражения органа). Пораженными стеблевой ржавчиной на уровне стандартов восприимчивости (30S - 70S) оказались линии и сорта питомника-ловушки, несущие следующие гены: *Sr9b*, *Sr30*, *Sr37*. Для линий с генами и сочетаниями генов *Sr7a+Sr12+Sr6*, *Sr7a+Sr10*, *Sr8a*, *Sr13*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr40*, *Sr44*, *SrWld*, была отмечена реакция средней восприимчивости (10MS - 40MS), поэтому для данных генов можно предположить дальнейшую потерю эффективности к местной популяции *P. graminis* f.sp. *tritici*.

Известно, что в составе расы *Ug99* присутствуют гены, вирулентные к генам устойчивости *Sr*: 5, 6, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b, 9f, 9h, 10, 16, 18, 19, 20, 23, 30, 41, 49, 54, McN, Tmp, Wld-1 от *Triticum aestivum*, 9d, 9e, 9g, 11, 12, 17 от *Triticum turgidum*, 21 от *Triticum monococcum*, 36 от *Triticum timopheevi*, 34 от *Triticum comosum*, 38 от *Triticum ventricosum*, 24 от *Triticum ventricosum*, 31 от *Secale cereale*. В популяции стеблевой ржавчины Новосибирской области, проанализированной в 2017 году, патотипа, соответствующего расе *Ug99*, не выявлено. Ген *Sr31*, привнесенный в геном пшеницы, и являющийся индикатором появления в регионах опасной расы, обнаружил эффективность к местной популяции стеблевой ржавчины, находясь в составе различных генотипов (Seq1 82, PWB 343, Sr31 (Benno)6LMPG, Cham 6, Cham 10).

Таким образом, изучение набора сортов и линий с различными генами *Sr* из питомника-ловушки 4ISRTN позволило:

- 1) оценить агрессивность популяции стеблевой ржавчины и ее степень вирулентности;
- 2) получить информацию о реакции генов устойчивости у взрослых растений, выращиваемых в полевом опыте - выявить эффективность/неэффективность исследуемых генов в пределах региона;
- 3) выявить отсутствие патотипов агрессивной расы *Ug99* в популяции стеблевой ржавчины на территории Новосибирской области.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований в рамках научного проекта № 17-29-08018.

Список литературы

1. Сочалова Л.П. и Лихенко И.Е. Генетическое разнообразие яровой пшеницы по устойчивости к мигрирующим заболеваниям. – Новосибирск: СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН. 2015. -196 с.

2. Шаманин В.П., Моргунов А.И., Петуховский С.Л., Лихенко И.Е., Левшунов М.А., Салина Е.А., Потоцкая И.В., Трущенко А.Ю. // Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине в Западной Сибири: монография. - Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2015. – 152 с.
3. Сколотнева Е.С., Салина Е.А. Особенности возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы в условиях Западной Сибири // Тезисы в сборнике Материалов Международной научно-практической конференции «Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы» - Московская область, Большие Вяземы, 2016. - С. 67-71.
4. <http://rusttracker.cimmyt.org>

SCREENING OF INTERNATIONAL STEM RUST NURSERY TRAP FOR UG99 IN CONDITIONS OF PRIOBIE FOREST-STEPPE IN 2017.

Skolotneva E.S., Bukatich E.Yu., Boyko N.I., Piskarev V.V., Salina E.A.

The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia

Field studies to evaluate wheat varieties and lines from nursery trap 4ISRTN with different Sr genes were conducted in conditions of Priobie forest-steppe in 2017. Lack of aggressive race Ug99 pathotypes in the stem rust population were detected in Novosibirsk region. Resistance genes Sr31, Sr11, Sr12, Sr23, Sr24, Sr28, Sr29, Sr32, Sr35, Sr38, Sr2 shows effectiveness to stem rust.

Keywords: common wheat, stem rust, Ug99 race, nursery trap, resistance genes.

УДК 633.13:631.531

К ВОПРОСУ О ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СЕМЯН ОВСА

Сотник А.Я., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий

научный сотрудник Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции - филиал ИЦиГ СО РАН, Россия

e-mail: sibniirs@bk.ru

Представлены результаты оценки влияния упаковочного материала на жизнеспособность семян овса при хранении в условиях лабораторного помещения. Варианты упаковочного материала: стандартный бумажный пакет; стеклянная бутылка объёмом 0,25 л.; полиэтиленовая бутылка объёмом 0,5 л. Отмечено, что во всех вариантах упаковочного материала всхожесть семян через 7 лет хранения не различалась: стандартная бумажная -93,0%; стеклянная – 92,1%; полиэтиленовая – 93,7%. Выявлено, что всхожесть семян через 11 лет в герметичной полиэтиленовой упаковке была 85,1%, что на 5,8 %, выше по сравнению с применением стандартной бумажной. Различий по всхожести между вариантами стеклянной и полиэтиленовой упаковками не наблюдалось.

Ключевые слова: Жизнеспособность, хранение, упаковка, всхожесть, овёс.

Главная задача при хранении семян – сохранение их всхожести. Продолжительность сохранения жизнеспособности семян зависит от таких важнейших условий, как влажность семян и содержание влаги в окружающей среде, температура окружающих объектов, доступ воздуха к семенной массе. В настоящее время в генетических хранилищах семена хранятся при низких

положительных температурах в герметических упаковках. В Кубанском филиале генбанка ВИР семена хранятся при температуре +4°C [1]. В подземной лаборатории Института мерзлотоведения семена хранятся на глубине 11 м, на которой температура постоянна и равна -2,7°C [2]. В настоящее время в ВИР отработаны методики ускоренного старения семян зернобобовых культур, для прогнозирования их долговечности при хранении [3]. В Сибирском НИИ растениеводства и селекции сохранение коллекционных семян ведется с 1972г., но хранилища для многолетнего хранения семян нет, по - этому зерно хранится при обычных температурах воздуха в комнатах лабораторного корпуса с интервалом репродукции 7 - 9 лет. Этот интервал обусловлен продолжительностью хранения семян пшеницы, ячменя, овса [4], риса, сои [5] без потери всхожести 8- 10 лет. Такая периодичность посева и ограниченность температурного режима ставит задачу поиска дополнительных вариантов упаковки, позволяющих продлить период жизнеспособности генотипов.

Цель исследования: оценить жизнеспособность семян овса при хранении в различающихся по герметичности упаковках в условиях лабораторного помещения.

Методика исследований. Материалом исследований явились 17 сортов овса посевного в т.ч. 10 – отечественной и 7 – зарубежной селекции, хранившиеся в разных упаковочных материалах. Варианты упаковочного материала: стандартный бумажный пакет (бумага); стеклянная бутылка объемом 0,25 л. (стекло); полиэтиленовая бутылка объемом 0,5 л. (полиэтилен). Уборка делянок проведена 08.08.2006г.. Закладку семян на хранение проводили в декабре 2006г. Исходная влажность семян – 8,5%, т.к. в герметичные упаковки необходимо закладывать совершенно сухие семена. Сорты сгруппированы с учетом исходной лабораторной всхожести семян: 10 сортов с исходной высокой всхожестью 96-99 %; 7 сортов с исходной низкой всхожестью 86-90 %. Влажность семян определяли по ГОСТ 12041-82 [6]. Посевные качества семян определяли по ГОСТ 12038-84 [7].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования показали, что исходная влажность семян остается в процессе хранения 11-и лет без существенных изменений. Влажность зерна по вариантам упаковочного материала: бумага; стекло и полиэтилен - составила 8,15; 8,75 и 8,95% соответственно. Понижение влажности семян в бумажной упаковке можно объяснить контактом семян с теплым воздухом обогреваемого помещения.

Во всех вариантах упаковочного материала всхожесть семян через 7 лет хранения не различалась. Семена в полиэтиленовой упаковке имели лабораторную всхожесть в среднем двух групп через 6 лет выше на 0,7 %, а

через 11 лет на 5,8 %, по сравнению с применением стандартной бумажной упаковки (табл. 1).

Лабораторная всхожесть у группы сортов с низкой исходной всхожестью через 6 лет повысилась во всех вариантах упаковочного материала. По мнению Л.А. Трисвятского повышение всхожести связано с тем, что при определённых условиях хранения уменьшается количество водорастворимых веществ, снижается количество небелкового азота, как следствие, повышается всхожесть и энергия прорастания [8].

Таблица 1

Качество семян овса при хранении в разных упаковках (2006-2017гг.)

Всхожесть семян исходная, %	Упаковочный материал	Качество семян на протяжении хранения					
		лабораторная всхожесть, %				влажность, %	
		7 лет		11 лет		11 лет	
		средн	max÷min	сред	max÷min	сред	max÷min
I. Средняя по группе = 97,7	бумага	91,6	99,2 ÷ 84,4	76,8	90,1 ÷ 47,1	8,2	8,6 ÷ 8,0
	стекло	92,7	98,1 ÷ 89,1	91,2	98,0 ÷ 76,2	8,7	9,0 ÷ 8,4
	полиэтилен	92,8	97,3 ÷ 88,0	91,5	98,0 ÷ 81,9	9,1	9,2 ÷ 9,0
II. Средняя по группе = 88,7	бумага	94,4	98,0 ÷ 80,4	81,8	92,9 ÷ 75,2	8,1	8,4 ÷ 8,0
	стекло	94,4	97,3 ÷ 91,9	87,3	95,8 ÷ 79,3	8,8	9,4 ÷ 8,4
	полиэтилен	94,7	95,5 ÷ 84,8	78,7	84,1 ÷ 69,2	8,8	9,2 ÷ 8,1
Средняя групп	бумага	93,0		79,3		8,15	
	стекло	92,1		84,1		8,75	
	полиэтилен	93,7		85,1		8,95	

После 11-летнего хранения у этой группы сортов отмечено снижение всхожести в сравнении с исходной. Аналогичную тенденцию отмечали в исследованиях Н.В. Жукова, Н.Г. Хорошайлов [9], M. Nagel, A. Börner [10]. Семена, находящиеся в бумажной стандартной упаковке, подвержены изменениям влажности окружающего воздуха в течение периода апрель – октябрь при отключении обогрева помещения, что влияет на ритмы жизнедеятельности семян и в итоге приводит к снижению всхожести. В герметичной упаковке такого воздействия нет, поэтому в ней создается более стабильный режим жизнедеятельных процессов, протекающих в семенах, что способствует продлению их долголетия.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

ВЫВОДЫ

1. Во всех вариантах упаковочного материала всхожесть семян через 6 лет хранения не различалась.

2. Всхожесть семян через 11 лет в герметичной полиэтиленовой упаковке была на 5,8 %, выше по сравнению с применением стандартной бумажной.

3. Различий по всхожести между вариантами стеклянной и полиэтиленовой упаковками не наблюдалось.

Список литературы

1. Филиппенко Г.И., Использование вечной мерзлоты с целью сохранения генетических ресурсов растений/ Г.И. Филиппенко, О.И. Силаева, Н.Н. Сторожева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 169. Спб. ВИР.2012г.С.240-245.

2. Сторожева Н.Н. Вечная мерзлота как криобанк генетических ресурсов сельскохозяйственных культур/ Н.Н. Сторожева // Сб. матер. IV науч.-практ. Конф. « Природно – ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». Пенза, 2006. С.211-214

3. Сафина Г.Ф. Долговечность семян при хранении и ее прогнозирование методом ускоренного старения/ Г.Ф. Сафина, Г.И. Филиппенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 174. Спб. ВИР.2013г.С. 123-132.

4. Захарченко И.В. Послеуборочная обработка семян в Нечерноземной зоне. М., 1983. 263с.

5. Силаева О.И. Хранение коллекции семян мировых растительных ресурсов в условиях низких положительных температур – оценка, состояние, перспективы/ О.И. Силаева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 169. Спб. ВИР.2012г.С.230-239.

6. ГОСТ 12041-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2011. С.107-114.

7. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2011. С.35-64.

8. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. 4-е изд., перераб и доп. М.: Колос, 1975. 400с.

9. Методические указания по длительному хранению семян./ Н.В. Жукова, Н.Г. Хорошайлов // Л., 1981. 85с.

10. Nagel M. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions/ M. Nagel, A. Börner // Seed Science Research. 2010. № 20. P. 1-12.

TO THE QUESTION ABOUT OATS SEEDS VIABILITY

A.YA. SOTNIK, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher*

Siberian Research Institute of Plant Production and selection - branch of the Institute of Cytology and Genetics of the SB RAS

630501, Novosibirsk Region, pos. Krasnoobsk

e-mail: sibniirs@bk.ru

The results of evaluation of the influence of packaging material on the viability of seeds of oats, when stored in conditions of a laboratory room. Options packaging material: standard paper package; glass bottles of 0.25 l; plastic bottle 0.5 l. Noted that differences from the effect of packaging material on seed germination after 7 years storage was not observed. The average germination rate of the two groups of packages were: standard paper -93,0%; glass – 92,1%;

plastic – 93,6%. It was revealed that seed germination after 11 years in sealed plastic packaging was of 85.1%, which is 5.8% higher than using standard paper. Differences in germination between glass and plastic packaging were observed.

Key words: Viability, storage, packaging, germination, oats.

УДК 633.11”321”:631.524.86:632.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К ИНФЕКЦИЯМ PUSCINIA RECONDITA В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Сочалова Л.П., старший научный сотрудник, Пискарев В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией генофонда растений, СибНИИРС - филиал ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия, e-mail: sochalova_lp@mail.ru

Представлены результаты полевого (2007-2008 и 2015-2017 гг.) и лабораторного (2016 г.) исследования набора моногенных Lr-линий Thatcher и образцов яровой и озимой пшеницы с идентифицированными Lr-генами по устойчивости к бурой ржавчине в лесостепной зоне Приобья Новосибирской области. Выявлены гены и источники генов, эффективные к местной популяции патогена (с Lr19, Lr23, Lr24, Lr25, Lr28, Lr41, Lr42, Lr43, Lr45, Lr47, Lr50, LrW(=52), LrAe.spelt., LrAgi, LrKu, LrBel, LrU, Lr12, Lr35) и отдельным её вирулентностям (с Lr19, Lr24, Lr28, Lr41, Lr45, Lr47, LrAe.spelt., LrAgi, LrKu, LrBel, LrU).

Ключевые слова: пшеница, патоген, популяция, инокулюм, изолят, реакция.

Бурая ржавчина, вызываемая грибом *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss., – одна из наиболее широко распространенных и вредоносных болезней мягкой пшеницы во всем мире [1], в том числе и в Новосибирской области в эпифитотийные годы может приводить к потере урожая до 50% [2]. Сложность селекции к ржавчине определяется непрерывно идущими у гриба расообразовательными процессами, что требует постоянного поиска эффективных генов и источников новых генов устойчивости пшеницы [1]. В решении данной задачи значительная роль принадлежит мировой коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова (ВИР).

Цель работы заключалась в изучении разнообразных образцов пшеницы - носителей одиночных Lr-генов по устойчивости к бурой ржавчине в лесостепи Приобья Новосибирской области.

Материалы и методы. Оценка устойчивости образцов пшеницы к патогену проводилась в условиях изолированного питомника (2007–2008 и 2015–2017 гг., п. Мичуринский) на фоне искусственного заражения по методике [3] и в лаборатории (2016г.) по методике [4]. Материалом для исследования послужили 39 Lr-линий Thatcher (Th), 12 образцов яровой пшеницы и 6 – озимой (оз) с идентифицированными Lr-генами, уредоинокулюм местной популяции гриба *P.recondita* (P.rec.) и 32

монопустульных изолята. Реакции на заражение определяли в баллах по шкалам [5, 6], в поле – в процентах по шкале Peterson R.F. et al. [6]. Стандартом восприимчивости (st-S) к грибу послужил сорт яровой мягкой пшеницы Новосибирская 67. Годы исследования взяты выборочно для более полного освещения происходивших изменений в местной структуре патогена.

Результаты и обсуждение. Популяция гриба *P.sec.* в лесостепной зоне Приобья Новосибирской обл. во все годы изучения была эволюционно активна и имела свойства к нарастанию в ней частот вирулентностей к генам Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr14b, Lr15, Lr17, Lr20, Lr21, Lr26, Lr29, Lr34, Lr37, Lr38, Lr46. В исследуемых сезонах наиболее сильно популяцией *P.sec.* поражались (70...100%) сорта и 18 линий Th с генами по отдельности: Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr2d, Lr2c, Lr3a, Lr3bg, Lr3ka, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr15, Lr16, Lr20, Lr26, Lr30, Lr32, Lr33, Lr48, LrB. У 11 Lr-линий наблюдались колебания по фенотипической реакции к патогену. Наибольший размах варьирования оценок (0...100%) выявлен у линий Th с Lr17, Lr18, Lr22a, Lr34; средний (0...60%) – с Lr14b, Lr46; умеренный (1...30%) – с Lr13, Lr37, Lr44 и наименьший (0...10%) – с Lr21, Lr29. Как видно в табл. 1, в 2008 г. к *P.sec.* утратил устойчивость ген Lr9 [7]. До острозасушливого сезона 2012 г. (поражение отсутствовало) на инфекции гриба в слабой (15%) и средней степени (до 65%) реагировали генотипы с Lr19 (Юлия, Волгоуральская [8]). В 2017 г. впервые было отмечено изменение фенотипической реакции на линии с Lr38 (5-60%).

Высокую эффективность к популяции патогена (табл. 1) в инфекционном питомнике сохраняли ювенильные гены: Lr23 (Gaza), Lr24 (Agent из США), Lr25, Lr28 (CS2A/2M из Австралии), Lr39 (KS86WGRC02), Lr40 (KS89WGRC07), Lr41 (KS90WGRC10), Lr42 (KS91WGRC11), Lr43 (KS91WGRC16 из США), Lr45 (RL 6144), Lr47 (Pavon из Мексики), Lr50 (KS91WGRC36 из США), LrW (=52) [9], LrAgi (Тулайковская 10 из Самарской обл.), LrKu (Лютесценс 13), LrBel (Воевода из Саратовской обл.) [10], LrAe.spelt. (Челяба 75 из Челябинской обл.) [8], LrU (unidentified) – неизвестный (КВС Аквилон из Германии) и возрастные – Lr12 и Lr35. С 2013 г. на территории области высокую резистентность к *P.sec.* изогенной линии Th и генотипам яровой пшеницы обеспечивает ген Lr19.

Таблица 1.

Оценка Lr-линий Th и сортов пшеницы с идентифицированными генами, выделившихся по устойчивости к бурой ржавчине (инф. питомник, п.Мичуринский)

Lr-ген, генотип	Поражение бурой ржавчиной, %				
	2007 г.	2008 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
ювенильные гены - Lr9	0	0-45	80-90	100	80
Lr19	25...65	15	0	0	0
Lr23,-24,-25,-28,-45,-47,W(52)	0	0	0	0	0

LrAgi, -Ku, -Bel, -Ae spelt, -U	0	0	0	0	0
Lr39,-40, -41, -42, -43, -50 - оз	0	0	0	0	0
Lr29	-	-	0	1	1-5
Lr38	-	-	0	0	5-60
Lr44	0	0	1-30	0	0
возрастные гены – Lr21	-	-	1-5	0	5-10
Lr12, Lr35	-	-	0	0	0
Lr37			15	1	5-30
Lr46+Lr, Pavon F 76	-	-	50	15	30
Новосибирская 67st-S	100	80	100	100	80-100

Анализ Lr–линий Th и генотипов яровой и озимой пшеницы по устойчивости к отдельным вирулентностям выявил местной структуре популяции P.рес. следующее (табл. 2).

Таблица 2.

Типы реакции на заражение Lr–линий и сортов пшеницы отдельными вирулентностями возбудителя P. recondita, 2016 г. (лаборатория, СибНИИРС)

Образец	Поражение популяцией		Тип реакции на проростках к 32-м изолятам, балл	Доля вирулентных, %
	в поле	лаборатории		
Lr2d, 2c, 3a, 3ka, 3bg, 14a, 16, 30, 33	80...100	3	S	100
Lr10, Lr11	80...100	3	1MS:31S	98,44
Lr1, 2a, 2b, 15	80...100	3	1R:31S	96,87
Lr14b, Lr17	40...70	3	1R:1MS:30S	95,31
Lr20	80...100	3	5R:27S	84,38
Lr29	0...5	3	4R:5MS:23S	79,69
Lr9	80...100	3	18R:14S	43,75
Lr26	70...100	0	27R:5S	15,63
Lr19, 24, 28, 41, 45, 47, Agi,-Ku,-Bel,-Aespelt,U	0	0	R	0
Новосибирская 67 st S	100	3-4	S	100

- R - устойчивые, MS – средневосприимчивые, S – восприимчивые.

Стопроцентную вирулентность к монопустульным изолятам проявили 9 линий Th с генами Lr2d, Lr2c, Lr3a, Lr3ka, Lr3bg, Lr14a, Lr16, Lr30, Lr33. К 8-и линиям Th доля вирулентных изолятов также была высокой, а колебания между ними незначительны: 98,44% с Lr10, Lr11; 96,87% – с Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr15 и 95,31% - с Lr14b, Lr17. Частота вирулентности к линиям с генами Lr20 и Lr29 была незначительно ниже: 84,38% и 79,69% соответственно.

В местной структуре гриба P.рес. умеренной частотой встречаемости характеризовались изоляты, вирулентные к Lr9 (43,75%, в 2015 г. – 48,15% [11]), а наименьшей – к Lr26 (15,63%, в 2015 г. – 29,63% [11]). Увеличение частоты встречаемости в местной популяции P.рес. вирулентного клона р9 обусловлено резким расширением посевов на территории Западно-Сибирского региона высокопродуктивных сортов, имеющих ген Lr9 [7-9,11].

По данным комплексного исследования 100% авирулентность к P.res. продолжали обеспечивать одиночные гены: Lr19, Lr24, Lr28, Lr41, Lr45, Lr47, LrAgi, LrKu, LrBel, LrAe spelt. и LrU (неизвестный). Однако контролируемая Lr19 геном устойчивость может быть недлительной (см. табл. 1), в случае возобновления миграции уредоинфекций с территории Поволжья, где в производстве широко выращиваются сорта с этим геном [8,9].

Выводы. Популяция бурой ржавчины пшеницы в лесостепной зоне Приобья достаточно агрессивная и имеет свойства к нарастанию в ней частот вирулентностей к генам: Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr10, Lr14b, Lr15, Lr17, Lr20, Lr26, утратившим устойчивость к грибу и может способствовать нарастанию новых вирулентностей к Lr19, Lr21, Lr29, Lr37, Lr38, Lr44.

Высокую эффективность к популяции патогена линиям Th и генотипам пшеницы во все годы изучения обеспечивали ювенильные гены Lr23 (Gaza), Lr24 (Agent), Lr28 (CS2A/2M), Lr41 (KS90WGRC10), Lr42 (KS91WGRC11), Lr43 (KS91WGRC16), Lr45, Lr47 (Pavon), Lr50 (KS91WGRC36), LrAgi (Тулайковская 10), LrKu (Лютесценс 13), LrBel (Воевода), LrAe.spelt. (Челяба 75), LrU-unidentified (КВС Аквилон) и возрастные гены – Lr12 и Lr35. Источники этих генов устойчивости мы можем рекомендовать для включения в селекционные работы против инфекций бурой ржавчины в зоне лесостепи Приобья Новосибирской области.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур /Э.Э. Гешеле // Одесса, 1971. – 180 с.
2. Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири /А.Н. Лубнин// Новосибирск, 2006. – 372 с.
3. Неклесса Н.П. Применение влажной камеры при создании искусственного инфекционного фона /Н.П. Неклесса// Труды V Всесоюз. совещания по иммунитету растений. Киев, 1969. – С. 104–110
4. Михайлова Л.А.. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. *tritici* /Л.А. Михайлова, К.В. Квитко.// Микология и фитопатология. Л., 1979. Т. 4. № 3. – С. 269–273.
5. Mains E.B. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticina* Eriks/ E.B. Mains, H.S. Jackson //Phytopathology, 1926. V. 16, № 1. – P. 89–120.
6. Peterson R.F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals / R.F. Peterson, A.B. Campbell, A.E.Hannah// Canad. J. Res. (Section C), 1948. V. 26. – P. 496–500.
7. Сочалова Л.П. Влияние генотипа сорта на структуру популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita*/ Л.П. Сочалова, Ю.А. Христов// Сибирский вестник с.-х. науки, 2009. № 10. – С. 61–67.
8. Гулятьева Е.И. Разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по генам устойчивости к бурой ржавчине // Тезисы докладов IV Международной научной

конференции /Е.И. Гуляева// С.- Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений, 2016. С. 27

9. Гуляева Е.И. Методы идентификации генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине с использованием ДНК-маркеров и характеристика эффективности Lr-генов / Е.И. Гуляева// С. – Петербург, 2012. – 71 с.

10. Сюков В.В. Генетическая коллекция мягкой пшеницы по устойчивости к листовой ржавчине: метод. рек. /В.В. Сюков, Д.Е. Зубов// Самара: СамНЦ РАН, 2008. – 24 с.

11. Сочалова Л.П. Оценка устойчивости к бурой ржавчине изогенных по генам Lr-линий и сортов пшеницы в условиях Новосибирской области / Л.П. Сочалова, И.Е. Лихенко //Достижение науки и техники АПК, 2016. Т.30. № 3. – С. 46–50.

Characteristics of wheat resistance genes for *Puccinia recondita* infections in the forest-steppe of the Ob region

Sochalova L.P. Senior Researcher of the Laboratory of the Plant Genofund, Siberian Research Institute for Plant Industry and Breeding - Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences S-100, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: sochalova_lp@mail.ru;

Piskarev V.V. Head of the Laboratory of the Plant Genofund, Siberian Research Institute for Plant Industry and Breeding - Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences S-100, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation.

There are the results of the field research (2007-2008 and 2015-2017) and laboratory (2016) studies of monogenic Lr lines Thatcher, spring and winter wheat samples with identified Lr-genes on the degree of resistance to brown rust in the forest-steppe zone of the Ob region of the Novosibirsk Region. Single genes and sources of individual wheat resistance genes were identified - with Lr19, Lr24, Lr25, Lr28, Lr35, Lr41, Lr42, Lr43, Lr45, Lr47, Lr50, LrW(=52), LrAe.spelt., LrAgi, LrKu, LrBel, which are able to show effectiveness, both to the local population of the pathogen, and to its individual virulence- with Lr19 (Dobrynya), Lr24 (Agent), Lr28 (CS2A/2M), Lr41 (KS90WGRC10), Lr45 (RL6144), Lr47 (Pavon), LrAe.spelt (Chelyba 75), LrAgi (Tulajkovskaya 10), LrKu (Lutesbel 13), LrBel (Voevoda), LrU-unidentified (KBS Aquilon).

Key words: wheat, pathogen, population, inoculum, isolate, reaction.

УДК 575

НОКАУТ КЛЮЧЕВЫХ ГЕНОВ БИОСИНТЕЗА НИКОТИНА N.

ТАВАСУМ МЕТОДОМ РНК-НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА

*Спасельникова А.В. *^{1,2}, студент, Егорова А.А. ^{1,2} студент, Кочетов А.В. ^{1,2} член-корр. РАН, главный научный сотрудник, Герасимова С.В. ¹ к.б.н., научный сотрудник*

(1) Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирск, Россия

(2) Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

**e-mail: spaselnikova@gmail.com*

Проведен анализ последовательностей ключевых генов, ответственных за биосинтез никотина в растениях *N. tabacum*. Подобраны сайты-мишени для РНК-направленного мутагенеза, выбран вектор для проведения клонирования.

Ключевые слова: никотин, путресцин-N-метилтрансфераза (PMT), кинолинат фосфорибозилтрансфераза (QPT), BBL (*berberine bridge enzyme-like*)

Биосинтез никотина происходит в корнях растения, далее никотин транспортируется по ксилеме в листья, где накапливается в вакуолях. Синтез никотина происходит путем формирования пирролидинового кольца, пиридинового кольца и дальнейшего объединения двух колец.

В настоящее время доступны последовательности основных генов, участвующих в синтезе никотина. Ключевым геном, определяющим этап синтеза пирролидинового кольца, считается путресцин-N-метилтрансфераза (PMT), ключевым геном биосинтеза пиридинового кольца считается кинолинат фосфорибозилтрансфераза (QPT), геном, принимающим участие в объединении колец, является BBL (*berberine bridge enzyme-like*).

Целью данной работы является инактивация отдельно каждого этапа синтеза никотина путем нокаута ключевых генов. В качестве генов-мишеней были выбраны гены PMT, QPT2 и BBL.

Используя базу данных NCBI были найдены последовательности целевых генов в геноме табака. Для поиска всех имеющихся в базе гомологов последовательностей использовали программу BLAST. Далее производили выравнивание последовательностей экзонов и интронов, кодирующих и аминокислотных последовательностей.

У генов семейства PMT найдено шесть локусов. В результате выравнивания последовательностей обнаружили три функциональные копии генов и три предположительно поврежденные копии.

У генов семейства QPT найдено четыре локуса. В результате выравнивания последовательностей и построения филогенетического дерева обнаружили четыре функциональные копии генов.

У генов семейства BBL найдено шесть локусов. В результате выравнивания и построения филогенетического дерева обнаружили пять функциональных копий генов и одну предположительно поврежденную копию. В таблице 1 приведены найденные локусы генов.

Таблица 1

Локусы целевых генов

Ген	Локусы	Локусы off-target
PMT	LOC107770255, LOC107771646 LOC107771647, LOC107771649 LOC107799425, LOC107799426	LOC107771646, LOC107771647 LOC107771649

<i>QPT</i>	LOC107820078, LOC107825849 LOC107829122, LOC107829123	LOC107825849, LOC107829122
<i>BBL</i>	LOC107779537, LOC107789210 LOC107791775, LOC107821171 LOC107830440, LOC107831580	LOC107831580

Далее осуществляли подбор сайтов-мишеней, используя программы «DeskGen» [2], «Wu-CRISPR» [4] и программу для предсказания вторичных структур RNAfold [1]. При подборе обращали внимание на предсказанную активность направляющих РНК и правильную вторичную структуру. Чем выше активность нРНК, тем эффективнее будет происходить мутагенез. Было подобрано 6 сайтов-мишеней: 2 сайта для семейства генов *PMT* (во втором экзоне), 2 – для семейства генов *QPT* (1 во втором экзоне и 1 в пятом экзоне) и 2 – для *BBL* (в первом экзоне). Для этих сайтов произвели дизайн нРНК (таблица 2). Предположительно будут инактивированы пять генов семейства *PMT* и пять генов семейства *BBL*. У генов семейства *QPT* существует два варианта, обозначаемых как *QPT1* и *QPT2*. Инактивация гена *QPT1* может оказаться летальной для растений, так как он участвует в обеспечении синтеза НАД, поэтому, будет инактивирован только ген *QPT2*.

Таблица 2

Подбор нРНК для внесения мутаций в гены семейства *PMT*, *QPT* и *BBL* *N. tabacum*

Обозначение нРНК	Позиция	Цепь	Структура целевого сайта (подчеркнут PAM)	Структура нРНК
<i>PMT_ex2</i>	55-76 Exon 2	+	CTCAAAGAGCATGACAT CTTGG	AAAGAGCATGACATCT
<i>PMT_ex2</i>	55-78 Exon 2	+	ACCTCAAAGAGCATGAC ATCTTGG	ACCTCAAAGAGCATGACATCT
<i>QPT_ex2</i>	35-58 Exon 2	-	ATACAAGAGTGGAGTCA TTAGAGG	ATACAAGAGTGGAGTCATAG
<i>QPT_ex5</i>	9-31 Exon 5	-	ACAACATTGTTATAGCT GAGAGG	ACAACATTGTTATAGCTGAG
<i>BBL_ex1</i>	317-339 Exon 1	+	TATGAAATCAGAGTAAG GTGCGG	TATGAAATCAGAGTAAGGTG
<i>BBL_ex1</i>	320-342 Exon 1	+	GAAATCAGAGTAAGGTG CGGAGG	GAAATCAGAGTAAGGTGCGG

Для дальнейшей работы был подобран бинарный вектор [3], в состав которого входит нуклеаза Cas9 с оптимизированным для растений кодоновым составом под контролем промотора убиквитина *Petroselinum crispum* UBIQUITIN-4-2 и ген каркаса направляющей РНК под контролем промотора U6-26 *A.thaliana*. На основе этого вектора ведется создание ряда конструкций.

Работа поддержана интеграционным проектом СО РАН 0324-2018-0037.

Список литературы

1. Gruber A.R. et al. The Vienna RNA Websuite // *Nucleic Acids Res.* 2008. Vol. 36, № Web Server. P. W70–W74.
2. Hough S.H. et al. Erratum to: Guide Picker is a comprehensive design tool for visualizing and selecting guides for CRISPR experiments. [*BMC Bioinformatics.* 167 (2017)(18)] DOI: 10.1186/s12859-017-1581-4 // *BMC Bioinformatics.* BMC Bioinformatics, 2017. Vol. 18, № 1. P. 1–10.
3. Schedel S. et al. RNA-Guided Cas9-Induced Mutagenesis in Tobacco Followed by Efficient Genetic Fixation in Doubled Haploid Plants. // *Front. Plant Sci.* 2017. Vol. 7, № 1. P. 1–14.
4. Wong N., Liu W., Wang X. WU-CRISPR: Characteristics of functional guide RNAs for the CRISPR/Cas9 system // *Genome Biol.* Genome Biology, 2015. Vol. 16, № 1. P. 1–8.

KNOCKOUT OF KEY NICOTINE BIOSYNTHESIS GENES IN *N. TABACUM* VIA RNA-DIRECTED MUTAGENESIS

Spaselnikova Alisa^{1,2}, Egorova Anastasia^{1,2}, Kochetov Alex^{1,2}, Gerasimova Sophia¹

(1) *Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

(2) *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

*We analyzed the sequences of key genes responsible for nicotine biosynthesis in *N. tabacum* plants. By that, target sites for RNA-directed mutagenesis were selected, and the vector for further cloning was chosen.*

nicotine, putrescine N-methyltransferase (PMT), quinolinate phosphoribosyltransferase (QPT), BBL (berberine bridge enzyme-like)

УДК 631.524.84: 633.111

ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ЯРОВЫХ ГИБРИДОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ СКРЕЩИВАНИЯ ОЗИМЫХ И ЯРОВЫХ ФОРМ

Стасюк А.И. м.н.с., Леонова И.Н., Салина Е.А.

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: stasyuk@bionet.nsc.ru,

Проведена сравнительная оценка хозяйственно ценных признаков у яровых гибридов мягкой пшеницы поколения F_{4,5}, полученных от скрещивания озимых сортов Новосибирская 3 и Новосибирская 40 с яровой линией 21-4, содержащей ген устойчивости к бурой ржавчине. Показано, что большинство гибридных образцов, несмотря на одинаковый состав генов VRN-1, выколашивались позже линии 21-4. Выраженность признаков число зерен в колосе, масса зерен с колоса и масса 1000 зерен зависела от года испытания: в 2016 году все образцы показали меньшие, либо равные родительской линии значения, в 2017 году большинство образцов достоверно превышало контроль по всем изучаемым признакам. Не отмечено влияния чужеродной транслокации на проявление признаков продуктивности.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, маркер-ориентированный отбор, признаки продуктивности, бурая ржавчина

Мягкая яровая пшеница (*T. aestivum* L.) является основной зерновой культурой в Российской Федерации. Для повышения урожайности и валового сбора зерна необходимо создавать более продуктивные сорта, устойчивые к

биотическим и абиотическим стрессовым факторам. Нами ранее для создания озимых форм мягкой пшеницы, устойчивых к бурой ржавчине, была использована схема гибридизации, где в качестве источников генов резистентности привлекались яровые доноры мягкой пшеницы [1]. Отбор потомства на наличие генов, контролирующих устойчивость и образ жизни, проводился с использованием маркеров, сцепленных с целевыми локусами. Целью данной работы было изучение выраженности хозяйственно важных признаков у яровых растений, полученных в результате таких скрещиваний.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили потомства F_{4-5} , полученные от скрещивания озимых сортов Новосибирская 3 и Новосибирская 40 с яровой интрогрессивной линией 21-4, несущей локус устойчивости к бурой ржавчине *LrAsp5* от *Ae. speltoides* в хромосоме 5BL. Яровые и озимые растения отбирали в поколении F_2 с помощью аллель-специфичных маркеров для генов *VRN-1*. Структура и условия проведения ПЦР для праймеров к генам *VRN-1* подробно описаны в работе [2]. Для идентификации локуса *LrAsp5* использовали праймеры *Pr1/Pr5*, как описано в работе [1].

Потомство F_{4-5} и родительские формы выращивали на экспериментальном поле в 2016-2017 гг. (Новосибирская обл., п. Краснообск) и оценивали по признакам: период всходы–колошение, число зерен в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен. Оценку устойчивости к бурой ржавчине проводили по шкале Майнса и Джексона и модифицированной шкале Кобба [3, 4]. Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0 («StatSoft, Inc.», США).

Результаты. В результате гибридизации озимых сортов Новосибирская 3 и Новосибирская 40 с линией 21-4 было получено 179 потомков, из которых на стадии F_2 с помощью молекулярного маркирования отобрали 55 гомозиготных яровых растений. Все они имели такой же состав аллелей генов *VRN-1* (*Vrn-A1a vrn-B1 Vrn-D1*), как у яровой линии 21-4. Генотипование растений праймерами *Pr1/Pr5* показало, что 13 растений содержат чужеродную транслокацию с геном *LrAsp5* в гомозиготном состоянии.

Для сравнительного анализа использовали 3 потомка (31-14; 32-10; 34-12) F_2 из комбинации скрещивания Новосибирская 3 × 21-4 и 10 потомков (53-1; 53-10; 54-6; 54-7; 54-10; 54-14; 56-8; 57-5; 57-8; 57-11) из комбинации Новосибирская 40 × 21-4. Мониторинг восприимчивости к бурой ржавчине яровых гибридов и родительских сортов показал, что степень устойчивости варьировала в зависимости от года испытаний. Образцы 32-10, 34-12, 54-6, 54-7, 56-8, 57-8, 57-11 показали иммунный или высокоустойчивый тип реакции в

оба года (балл 0-1 по шкале иммунности, % поражения 0-10) и были сравнимы с яровым донором 21-4.

Согласно литературным данным гены *VRN-1*, определяющие тип развития растений, влияют на время колошения у пшеницы [5, 6]. Оценка периода всходы-колошение у яровых потомков F_{4-5} показала, что образец 32-10 (Новосибирская 3 × 21-4) выколашивался позже линии 21-4 как в 2016, так и в 2017 году на 1,3 и 1,1 суток соответственно (рис. 1). В другой комбинации скрещивания у семи образцов из 10, за исключением 53-10, 54-10 и 57-11, колошение также наступало позже, чем у линии 21-4 (от 0,43 до 1,27 суток).

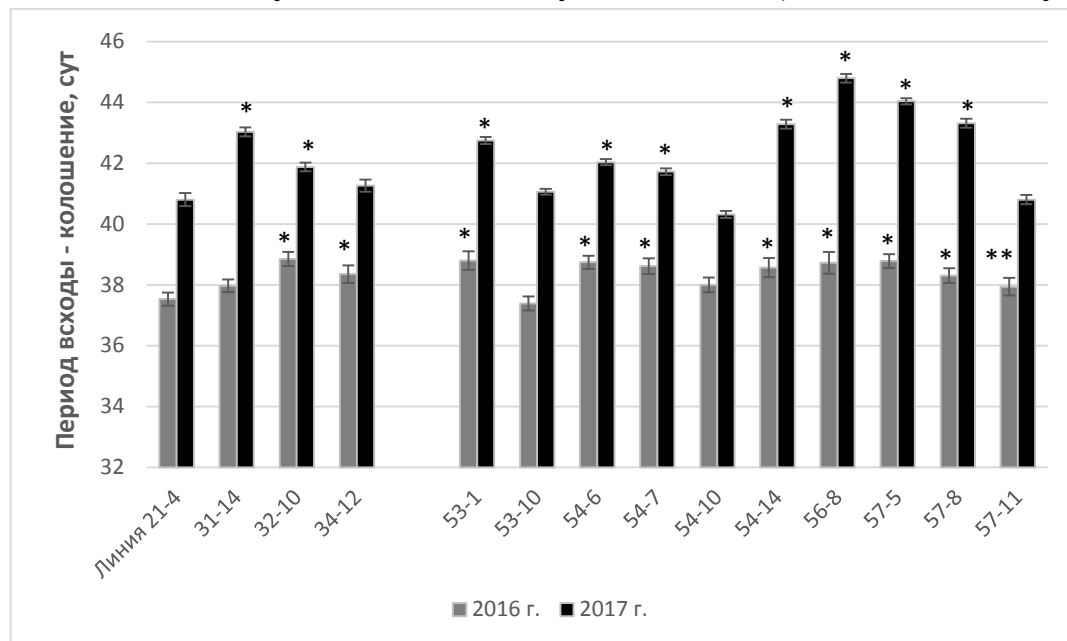


Рис. 1. Длительность периода всходы-колошения у яровых растений F_{4-5} от скрещивания сортов Новосибирская 3 и Новосибирская 40 с интрогрессивной линией 21-4. *, ** образцы, достоверно отличающиеся от контрольной линии 21-4 при $p < 0,001$ и $p < 0,05$ соответственно.

Выраженность признака число зерен в колосе у гибридов обеих комбинаций скрещивания зависело от года испытаний (табл. 1). У образцов 31-14, 32-10, 34-12 54-10, 56-8, 57-5, 57-8 в 2016 году число зерен было значительно меньше, чем у линии 21-4, при этом в 2017 году средние показатели признака были на уровне или значительно выше контроля. Масса зерен с колоса в 2016 году у изучаемых образцов из обеих гибридных комбинаций была достоверно ниже или равна родительской линии. В 2017 году все гибриды, за исключением 32-10, значительно превышали контроль по этому признаку. Аналогичная ситуация наблюдалась по признаку масса 1000 зерен. В 2017 году только у образцов 34-12 и 54-14 масса 1000 зерен была на уровне контроля, остальные растения превышали этот показатель.

Таблица 1

Выраженность хозяйственно важных признаков у яровой мягкой пшеницы семейств F₄₋₅ и родительской линии 21-4 в разные годы в двух комбинациях скрещивания

Комбинация скрещивания	Образец	Признак	2016 год	2017 год
			$X \pm s_x$	$X \pm s_x$
Линия 21-4	контроль	Число зерен в колосе, шт.	30,4±1,5	37,3±1,8
		Масса зерен с колоса, г	0,8±0,6	1,0±0,8
		Масса 1000 зерен, г	22,8±1,0	25,3±1,2
Новосибирская 3 × 21-4	31-14	Число зерен в колосе, шт.	21,3±1,6**	37,0±1,3
		Масса зерен с колоса, г	0,6±0,7*	1,3±0,6**
		Масса 1000 зерен, г	24,4±1,1	34,7±0,8***
	32-10	Число зерен в колосе, шт.	22,9±1,7**	38,1±1,3
		Масса зерен с колоса, г	0,5±0,7*	1,2±0,6*
		Масса 1000 зерен, г	20,9±1,1	30,5±0,8***
	34-12	Число зерен в колосе, шт.	20,4±2,0**	40,8±1,8
		Масса зерен с колоса, г	0,4±0,9**	1,2±0,8
		Масса 1000 зерен, г	19,9±1,3	27,5±1,2
Новосибирская 40 × 21-4	53-1	Число зерен в колосе, шт.	26,4±2,2	44,3±1,1***
		Масса зерен с колоса, г	0,7±0,9	1,6±0,5***
		Масса 1000 зерен, г	19,9±1,4	34,4±0,7***
	53-10	Число зерен в колосе, шт.	27,5±1,6	42,2±0,8**
		Масса зерен с колоса, г	0,8±0,7	1,5±0,4***
		Масса 1000 зерен, г	25,3±1,0	34,6±0,5***
	54-6	Число зерен в колосе, шт.	25,9±1,5	42,9±0,9***
		Масса зерен с колоса, г	0,6±0,6*	1,3±0,4***
		Масса 1000 зерен, г	20,0±1,0	29,7±0,6***
	54-7	Число зерен в колосе, шт.	24,0±1,8	49,5±1,1***
		Масса зерен с колоса, г	0,6±0,8	1,4±0,5***
		Масса 1000 зерен, г	23,6±1,2	28,0±0,7**
	54-10	Число зерен в колосе, шт.	17,0±1,7***	42,1±1,0*
		Масса зерен с колоса, г	0,4±0,7***	1,4±0,4***
		Масса 1000 зерен, г	20,3±1,1	32,9±0,7***
	54-14	Число зерен в колосе, шт.	23,5±2,4	46,3±1,3***
		Масса зерен с колоса, г	0,4±1,0**	1,3±0,6**
		Масса 1000 зерен, г	16,7±1,5*	25,5±0,8
	56-8	Число зерен в колосе, шт.	11,5±2,6***	43,6±1,3**
		Масса зерен с колоса, г	0,3±1,1**	1,5±0,6***
		Масса 1000 зерен, г	24,5±1,7	32,1±0,8***
57-5	Число зерен в колосе, шт.	21,0±1,5***	42,8±0,9***	
	Масса зерен с колоса, г	0,6±0,7	1,5±0,4***	
	Масса 1000 зерен, г	25,3±1,0	33,2±0,6***	
57-8	Число зерен в колосе, шт.	19,5±1,7***	41,6±1,3*	
	Масса зерен с колоса, г	0,5±0,7**	1,5±0,6***	
	Масса 1000 зерен, г	22,3±1,1	33,6±0,8***	
57-11	Число зерен в колосе, шт.	26,1±2,0	35,7±1,3	
	Масса зерен с колоса, г	0,6±0,9	1,4±0,6***	
	Масса 1000 зерен, г	20,6±1,3	36,8±0,8***	

*, **, *** Различия между гибридными образцами и линией 21-4 статистически значимы соответственно при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что почти у всех изучаемых образцов показатели признаков снижались в 2016 году, что, по-видимому, связано с влиянием факторов внешней среды. В более благоприятных условиях 2017 года, большинство образцов превышали ярового родителя по хозяйственно ценным признакам, что дает возможность провести отбор образцов для дальнейшей селекции.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-16-00011.

Список литературы

1. Leonova I.N., Stasyuk A.I., Skolotneva E.S., Salina E.A. Enhancement of leaf rust resistance of Siberian winter wheat varieties by marker-assisted selection // *Cereal Research Communications*. – 2017. – V. 45. – P. 621–632. DOI: 10.1556/0806.45.2017.048
2. Likhenko, I.E. Study of allelic composition of *Vrn-1* and *Ppd-1* genes in early–ripening and middle–early varieties of spring soft wheat in Siberia / I.E. Likhenko, A.I. Stasyuk, A.B. Shcherban' // *Rus. J. Genet. Applied Research*. 2015. – V. 5. – P. 198–207. DOI: 10.1134/S2079059715030107.
3. Mains, E.B. Physiological specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss / E.B. Mains, H.S. Jackson // *Phytopathol.* – 1926. – V. 16. – P. 89–120.
4. Peterson, R.F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals / R.F. Peterson, A.B. Campbell, A.E. Hannah // *Can. J. Research Sect.* – 1948. – V. 26. – P. 496–500.
5. Стельмах, А.Ф. Генетика типа развития и продолжительность вегетационного периода мягких пшениц / А.Ф. Стельмах // *Селекция и семеноводство*. – 1981. – 48. – С. 8-15.
6. Потокина, Е.К., Кошкин В.А., Алексеева Е.А., Матвиенко И.И., Филобок В.А., Беспалова Л.А. Комбинация аллелей генов *Ppd* и *Vrn* определяет сроки колошения у сортов мягкой пшеницы / Е.К. Потокина, В.А. Кошкин, Е.А. Алексеева и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2012. – Т. 16. – P. 77–86.

ESTIMATION OF AGRONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN SPRING HYBRIDS OF COMMON WHEAT OBTAINED FROM HYBRIDIZATION OF WINTER AND SPRING VARIETIES

Stasyuk A.I., Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: stasyuk@bionet.nsc.ru, Leonova I.N., Salina E.A.

*A comparative analysis of agronomically valuable traits in $F_{4.5}$ spring hybrids of bred wheat obtained from hybridization of Novosibirskaya 3 and Novosibirskaya 40 winter varieties with the spring wheat line 21-4 containing leaf rust resistance gene was carried out. It is shown that most hybrids, despite on the same composition of *VRN-1* genes, had a longer heading date than line 21-4. The manifestation of the traits grain number per ear, grain weight per ear and the thousand grain weight depended on the year: in 2016 all selection forms showed smaller or equal value comparing with line 21-4, in 2017 most samples significantly exceeded parental line. There was no evidence of the effect of alien translocation on the manifestation of productivity traits.*

Key words: spring bred wheat, marker-assisted selection, productivity traits, leaf rust

УДК 631.1:581.14: [633.11:633.14]

ИЗУЧЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО ПЕРИОДА «ВСХОДЫ – КОЛОШЕНИЕ» У ЯРОВЫХ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Стёпочкин П.И., доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия, petstep@ngs.ru

В результате трёхлетнего (в 2012, 2014 и 2017 гг.) изучения мировой коллекции ВИР ярового тритикале, выделено 5 источников раннеспелости с продолжительностью межфазного периода «всходы-колошение» 35 - 37 суток, которые рекомендуется использовать в дальнейшей селекционной работе для создания раннеспелых сортов пшенично-ржаных амфиплоидов в лесостепной зоне Приобья Западной Сибири. В популяциях гибридов третьего поколения озимого тритикале сорта Сирс 57 с двумя яровыми коллекционными образцами IRA-M2A (к-688) и Арсенал (к-3874) не найдено растений, достигающих продолжительности межфазного периода «всходы-колошение» отцовских яровых форм. Яровые тритикале – потомства спонтанно возникших мутантных яровых растений, выделенных из популяций озимых форм амфиплоидов, характеризуются более длительным межфазным периодом «всходы-колошение» (51 – 56 суток), чем изученные коллекционные яровые образцы.

Ключевые слова: тритикале, межфазный период «всходы-колошение»

Большинство форм гексаплоидных (6х) тритикале более позднеспелые, чем исходные родительские виды. В Западной Сибири, где лето короткое, желательно иметь раннеспелые сорта яровых зерновых культур. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на получение раннеспелых форм.

Известно, что этот признак, в основном, определяется межфазным периодом «всходы-колошение», который у яровой пшеницы на 70% детерминирован системой доминантных генов *Vrn*, определяющие тип развития растений [1]. Выявлено, что переход к генеративному развитию растений при весеннем севе у пшеницы и ржи контролируется доминантными аллелями генов *Vrn*, локализованными в хромосомах 5А, 5В, 7В и 5D пшеницы [2 - 4] и в хромосоме 5R ржи [5]. Очевидно, что яровые пшенично-ржаные амфиплоиды (ПРА) должны наследовать от родительских форм эти гены.

Цель работы – изучить разнообразие имеющихся в СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН коллекционных форм и гибридов яровых гексаплоидных тритикале по признаку «число дней от всходов до колошения».

Для сравнительного изучения по длительности межфазного периода «всходы – колошение» были взяты выращенные в 2012, 2014 и 2017 гг. в открытом грунте одни и те же 42 образца яровых 6х тритикале из коллекции ВИР (Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург). Кроме них в 2017 г. изучали 31 линию яровых мутантных форм,

выделенных в СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН из популяций четырёх озимых гексаплоидных тритикале Сирс 57, О.312, ЛМК 462 и УК 30 [6], 2 популяции гибридов F₃ от скрещиваний озимого сорта тритикале Сирс 57 с яровыми коллекционными образцами Арсенал (к-3874) и IRA-M2A (к-688).

Коллекционные образцы яровых ПРА, в основном, можно отнести к среднеранним. Коротким межфазным периодом «всходы - колошение» (31-34 суток в засушливый и жаркий 2012 год и 37 – 39 суток в годы с повышенной влажностью) характеризуются Presto//2*Tesmo 1 (к-3883), IRA-M2A (к-688), Скорый (к-3745), Fahad 8-2*2//PTR... (к-3878) и POP-WG (к-3882). В среднем за 3 года изучения этот период у них равнялся 35 – 37 суток (табл. 1). У самых позднеспелых из изученных форм тритикале колошение наступало в 2012 г. спустя 39 – 43 суток, а в годы с повышенной влажностью более 45 суток.

Таблица 1

Межфазный период «всходы-колошение» у 5 раннеспелых тритикале в 2012, 2014 и 2017 гг.

Название образца, номер каталога	Межфазный период «всходы-колошение», сутки			
	2012 г.	2014 г.	2017 г.	Средняя
Presto//2*Tesmo 1, к-3883	31	38	37	35 ± 4
IRA-M2A, к-688	32	38	39	36 ± 4
Скорый, к-3745	34	38	36	36 ± 2
Fahad 8-2*2//PTR..., к-3878	34	39	37	37 ± 3
POP-WG, к-3882	33	39	38	37 ± 4
HCP _{0,05}	1,1	0,5	1,0	

Все гибриды F₃ от скрещиваний озимого сорта Сирс 57 с раннеспелыми коллекционными образцами IRA-M2A (к-688) и Арсенал (к-3874) были более позднеспелыми, чем исходные яровые родительские формы, хотя в F₂ для дальнейшей работы отбирали растения самые раннеспелые для данной комбинации скрещивания. Правда, все они, тем не менее, были более позднеспелыми, чем яровые родители. У самых раннеспелых растений популяции F₃ из комбинации Сирс 57 × IRA-M2A выколашивание отмечено на 2 дня позднее, чем у яровой родительской формы, а из комбинации Сирс 57 × Арсенал – на 1 день. Возможно, помимо ожидаемых гомозигот по доминантным генам *Vrn* (которыми априори обладают яровые формы), у гибридов есть ещё какие-то гены, замедлившие развитие растений. Не исключено, также, влияние цитоплазмы исходной материнской формы озимого сорта Сирс 57.

Число озимых растений во втором поколении было меньшим, чем ожидалось из дигибридного распределения 1: 15, но большим, чем для соотношения 1: 63 (табл. 2).

Таблица 2

Число яровых и озимых растений в двух популяциях F₂ тритикале.

Комбинация скрещивания	Число растений		χ^2 ($\chi^2_{0,05} = 3,84$)	
	яровых	озимых	для 1 : 15	для 1 : 63
Сирс 57 × Арсенал	504	18	7,0	12,1
Сирс 57 × IRA-M2A	553	15	12,6	4,3

Так, в популяции F₂ Сирс 57 × Арсенал соотношение озимых растений к яровым было 1: 28, а в F₂ Сирс 57 × IRA-M2A – 1 : 37. Можно предположить, что у исходных родительских форм имеются три доминантных гена *Vrn1* (в А, В и R геномах), но часть «слабых» гетерозигот не успели перейти к генеративному развитию.

Коллекция мутантных яровых форм, созданных в СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в разные годы [6], высевается для поддержания всхожести семян через 5-6 лет. Выращенные в 2017 г. в полевых условиях линии, выделенные из четырёх озимых форм тритикале, различались по изучаемому признаку (табл. 3). У них этот период был почти на 10 дней продолжительней, чем у изученных тритикале из мировой коллекции ВИР. Самым длительным периодом ($55,6 \pm 2,2$ суток) отличились линии из УК 30. Однако в пределах этой группы тритикале достоверной разности средних нет.

Таблица 3

Продолжительность периода «всходы – колошение» у яровых линий четырёх озимых форм тритикале, 2017 г.

Наименование исходных озимых популяций тритикале	Число изученных яровых линий	Продолжительность периода «всходы – колошение», дни
Сирс 57	4	$51,7 \pm 1,3$
ЛМК 462	10	$51,6 \pm 0,7$
О.312	8	$55,6 \pm 2,2$
УК 30	9	$51,2 \pm 0,7$

Абсолютная устойчивость тритикале к мучнистой росе и видам головни позволяет считать эту культуру экологически более чистой, чем пшеница, так как уменьшает потребность в применении химикатов против этих заболеваний. Большое значение имеет создание раннеспелых форм тритикале, которые по данному признаку были бы на уровне раннеспелых сортов яровой пшеницы. Выделенные из коллекционных образцов раннеспелые формы тритикале необходимо изучать в качестве возможных источников данного признака и использовать в гибридизации для создания исходного для селекции материала.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0324- 2018-0018.

Список литературы

1. Стельмах А.Ф. Изучение генетики типа и скорости развития мягких пшениц во ВСГИ /А.Ф. Стельмах // Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений: Сб. науч. тр. Одесса, 1984. - С. 5–15.
2. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats / A.J. Worland // Euphytica, 1996.- V. 89. - P. 49 –57
3. Yan L., Fu D., Li C., Blechl A., Tranquilli G., Bonafede M., Sanchez A., Valarik M., Yasuda S., Dubcovsky J . The wheat and barley vernalization gene Vrn-3 is an orthologue of FT / L. Yan, D. Fu, C. Li, A. Blechl, G. Tranquilli, M. Bonafede, A. Sanchez, M. Valarik, S. Yasuda, J. Dubcovsky // Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 2006. - V. 104. - P. 19581–19586. - doi: 10.1073/pnas.0607142103.
4. Yoshida T., Nishida H., Zhu J., Nitcher R., Distelfeld A., Akashi Y., Kato K., Dubcovsky, J. Vrn-D4 is a vernalization gene located on the centromeric region of chromosome 5D in hexaploid wheat / T. Yoshida, H. Nishida, J. Zhu, R. Nitcher, A. Distelfeld, Y. Akashi, K. Kato, J. Dubcovsky // Theor. Appl. Genet., 2010. - V. 120. - P. 543–552. - doi: 10.1007/s00122-009-1174-3.
5. Plaschke J. RFLP-mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye / J. Plaschke, A. Börner, D.X. Xie, R.M.D. Koebner, R. Schlegel, M.D. Gale // Theor. Appl. Genet., 1993. – Vol. 85. – P. 1049 – 1054.
6. Стёпочкин П.И. Изучение факторов, влияющих на частоту возникновения яровых растений в популяциях озимой тритикале / П.И. Стёпочкин // Доклады РАСХН, 2005. - №2. – С. 3 – 5.

STUDY OF THE "SHOOTS – EARING" INTERPHASE PERIOD OF SPRING TRITICALE UNDER CONDITIONS OF THE OB REGION OF WESTERN SIBERIA

Stepochkin P.I.

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding –
Branch of the Institute of Cytology and Genetics SB RAS,
Novosibirsk, Russia*

As a result of a three-year (in 2012, 2014 and 2017) study of the world collection of VIR spring triticales samples, there were identified 5 sources of early maturity with the duration 35 - 37 days of the interphase period "shoots-ears", which are recommended for use in further breeding work to create early-ripening varieties of wheat-rye amphiploids in the forest-steppe zone of Western Siberia. In the populations of hybrids of the third generation between a winter triticales variety Sears 57 and two spring collection samples IRA-M2A (k-688) and Arsenal (3874) there were not found plants, that would achieve a parental spring variety duration of the interphase period "shoots-earring". Spring triticales lines – the offsprings of spontaneous mutant spring plants isolated from populations of winter forms of amphiploids are characterized by a longer interphase period "shoots-earring" (51 – 56 days) in comparison with the studied spring collection samples.

Key words: triticales, interphase period "shoots-earring"

ГЕНЫ-РЕГУЛЯТОРЫ АНТОЦИАНОВОЙ ОКРАСКИ ЗЕРНОВКИ ЯЧМЕНЯ

*Стрыгина К.В. * аспирант, Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, *e-mail: pushpandzhali@mail.ru*
Хлесткина Е.К. д.б.н., главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: khlest@bionet.nsc.ru

*Многие высшие растения, включая важную сельскохозяйственную культуру ячмень (*Hordeum vulgare* L.), синтезируют вторичные метаболиты антоцианы. Активация синтеза антоцианов происходит с помощью комплекса «MBW», который формируется благодаря совместному действию транскрипционных факторов MYB, bHLH и WD40. Данные регуляторные элементы активируют процесс синтеза пигмента в определённых тканях растения. Целью настоящего исследования было выявление и анализ дублированных копий генов MBW в геноме ячменя.*

*Ключевые слова: биосинтез антоцианов, дивергенция генов, дупликация генов, транскрипционные факторы, *Hordeum*, MBW*

Разные типы окраски растения достигаются благодаря большому разнообразию регуляторных факторов, вовлеченных в процесс биосинтеза пигментов. Синтез антоцианов у всех высших растений осуществляется благодаря активности структурных генов, кодирующих ферменты халконсинтазу (CHS), халконфлаванонизомеразу (CHI), флаванон-3-гидроксилазу (F3H), флавоноид-3'-гидроксилазу (F3'H), флавоноид-3',5'-гидроксилазу (F3'5'H), дигидрофлавонол 4-редуктазу (DFR) и антоцианидинсинтазу (ANS) (рис.1). Экспрессию генов биосинтеза антоцианов опосредуют многочисленные факторы транскрипции. Регуляция данного пути биосинтеза осуществляется комплексом транскрипционных факторов «MBW», который формируется благодаря совместному действию белков MYB, bHLH/MYC и WD40. Благодаря разнообразию факторов транскрипции обуславливается высокая степень изменчивости по окраске растений.



Рис.1. Схема синтеза антоцианов. Ферменты: CHS — халконсинтаза, CHI — халконфлаванонизомераза, F3H — флаванон-3-гидроксилаза, F3'H — флавоноид 3'-гидроксилаза, F3'5'H — флавоноид 3', 5'-гидроксилаза, DFR — дигидрофлавонол 4-редуктаза, ANS — антоцианидинсинтаза.

Ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) является важной сельскохозяйственной культурой. Благодаря своим ценным питательным свойствам, ячмень используется в качестве корма для животных и сырья для пищевой промышленности. На данный момент у ячменя описано несколько типов окраски, связанной с накоплением антоциановых пигментов в зерновке растения. Регуляторные гены MYB, bHLH/MYC и WD40, контролирующие накопление антоцианов в алейроновом слое, впервые были обнаружены в нашей лаборатории. Было показано, что основным регулятором появления голубой пигментации алейронового слоя является bHLH/MYC-кодирующий ген *Myc2*, локализованный на хромосоме 4Н [1]. Целью настоящей работы стала идентификация и анализ ранее неаннотированных дублированных генов ячменя, кодирующих транскрипционные факторы MYB и WD40 типа.

Поиск гомологичных последовательностей генов *MYB* проводился на основании последовательностей паралогичных генов *HvMpc1/HvAnt1* (KP265977) и *HvMpc2* (MF679153). Последовательность, выявленная на хромосоме 4НL ячменя, имеет 73.1% идентичности с *HvMpc1*. Данный ген обладает схожей с *HvMpc1* и *HvMpc2* структурой, состоящей из двух экзонов. Последовательность была обозначена нами *HvMpc3*. Паралогичная последовательность гена *HvWD40-2* была обнаружена на хромосоме 6НS ячменя в результате поиска на основании последовательности *HvWD40* (MF679149). Обнаруженная нуклеотидная последовательность имеет 58.6% идентичности с *HvWD40*. Первичная структура выявленного гена не отличается от *HvWD40*.

Был проведён анализ экспрессии генов *HvMrc3* и *HvWD40-2* с помощью разработанных праймеров на образцах кДНК, полученных из разных тканей почти изогенных линий Bowman. Транскрипты *HvWD40-2*, как и транскрипты ранее обнаруженного WD40-кодирующего гена, наблюдались во всех проанализированных образцах кДНК без отличий в экспрессии. Для *HvMrc3* было отмечено проявление экспрессии в тканях оболочек зерновок ячменя, причем как в окрашенных, так и без антоциановой окраски.

Таким образом, рамках настоящего исследования были идентифицированы последовательности ранее неаннотированных генов *MYB* и *WD40*, потенциально вовлечённых в биосинтез антоцианов. Результаты, полученные в настоящей работе, могут быть использованы для ускорения селекции сортов продовольственного и кормового ячменя с повышенной пищевой ценностью зерна.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 16-14-00086).

Список литературы

1. Strygina K. V., Börner A., Khlestkina E. K. Identification and characterization of regulatory network components for anthocyanin synthesis in barley aleurone //BMC plant biology. – 2017. – Т. 17. – №. 1. – С. 184.

REGULATORY GENES OF ANTHOCYANIN PIGMENTATION IN THE BARLEY GRAIN

Strygina K.V.^{2}, Khlestkina E.K.²*

¹*Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

** e-mail: pushpandzhali@bionet.nsc.ru*

*Many higher plant, including an important agricultural crop barley (*Hordeum vulgare* L.), synthesize secondary metabolites anthocyanins. Activation of the anthocyanins synthesis occurs with MBW complex, which is formed due to the action of the transcription factors MYB, bHLH and WD40. These regulatory elements provide the accumulation of pigment in certain tissues of the plant. The purpose of this study was to identify and analyze duplicate copies of MBW genes in the barley genome.*

Key words: biosynthesis of anthocyanins, Hordeum, gene divergence, gene duplication, MBW, transcription factors

УДК 631.522:631.523:581.1

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЛОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ МЕЖВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЙ

*Терлецкая Н.В., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник РГП «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан,
e-mail: teni02@mail.ru*

*В статье на основании данных литературы и собственных экспериментов показана перспективность использования аллоплазматических линий, полученных от межвидовых скрещиваний, в исследованиях по физиологии и генетике стрессоустойчивости пшеницы. Особое внимание уделяется тетраплоидному виду *T. dicoccum* Shuebl. как возможному источнику важных для селекции признаков устойчивости к абиотическим стрессорам и качества зерна.*

*Ключевые слова: пшеница, аллоплазматические линии, стрессоустойчивость, качество зерна, *T. dicoccum* Shuebl.*

Продуктивность растения и его приспособленность к факторам окружающей среды во многом зависит от скоординированности работы геномов ядра и цитоплазмы [1, 2]. Разработка и развитие технологий получения аллоплазматических линий от межвидовых скрещиваний привели к формированию фактически направления в биологии – исследованию ядерно-цитоплазматических взаимодействий, что послужило мощным генератором генетической изменчивости и вызвало как практический, так и теоретический интерес. Аллоплазматические линии, полученные путем отдаленных скрещиваний важных сельскохозяйственных культур с чужеродными цитоплазмами дикорастущих видов, обладают множеством полезных морфологических, функциональных или адаптивных признаков и могут использоваться для селекции новых сортов [3].

Технология замещения ядерного генома, основанная на замене ядерного генома одного вида на другой методом многократных насыщающих возвратных скрещиваний (не менее 7 кроссов), с помощью которой получают аллоплазматические гибриды, начала применяться исследователями для высших растений еще в 20-е годы XX века. Часть агрономически полезных признаков, возникающих в процессе скрещиваний и перемещений ядерных геномов одних хозяйственно важных видов в чужеродные цитоплазмы других родственных дикорастущих видов, впоследствии стали использовать для селекции новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур [4]. Помимо того, что такие линии с замещенными геномами сами по себе могут представлять интерес в качестве селекционного материала, перевод ядерных генов на новую цитоплазму позволяет исследовать, с одной стороны,

воздействие генетических факторов цитоплазмы на процессы экспрессии, рекомбинации и трансмиссии генов ядра, а, с другой – дает возможность оценить вклад ядерного генома в регуляцию различных процессов, происходящих в хлоропластах и митохондриях [5, 6].

Сочетание одного и того же ядерного генома с различным цитоплазматическим окружением зачастую приводит к изменению взаимоотношений ядро-цитоплазма и отражается на особенностях ко-функционирования генетических систем в растительной клетке [7]. Изучение различных ядерно-цитоплазматических химер позволило выявить многочисленные факты влияния геномов органелл на ряд функциональных процессов и физиологических свойств растений, в том числе и таких, как: экспрессия ядерных генов, контролирующих морфологические и количественные признаки; фотосинтетические и респираторные параметры и устойчивость к стрессовым факторам [2].

Установлено влияние ядерного генома и взаимодействий ядерного и цитоплазматического геномов на адаптивность пшеницы и ее гибридов с эгилопасами [8]. При оценке степени влияния чужеродных цитоплазм на формирование ряда важных количественных признаков у ядерноцитоплазматических гибридов пшениц и эгилопсов, установлено, что около 30% общей генотипической изменчивости у таких растений может быть обусловлено генами органелл [9]. Именно поэтому цитоплазматическому фактору в настоящее время отводится столь значительная роль в видообразовании растений [10].

На основании изучения коллекции аллоплазматических линий ячменя показано, что замещение ядра на различных цитоплазматических фонах приводит к изменению ряда характеристик фотосинтетического аппарата: содержания хлорофиллов и каротиноидов, количества Q_w – невосстанавливающих центров ФСII, нефотохимического тушения хлорофиллов и т.д. [11].

Ранее нами были получены данные по анатомии [12, 13] и морфофизиологии [14, 15, 16], позволяющие сравнить стрессоустойчивость и фотосинтетическую активность разных видов пшениц и выявить высокую адаптивную способность тетраплоидных форм и, в частности, – вида *T. dicocum* Shuebl. к засухе и солевому стрессу

На это указывают показатели содержания хлорофилла в листовых пластинках 10-дневных проростков (рис. 1), данные по исследованию фотосинтетического CO_2 (рис. 2), параметры фотосинтеза, выраженные в режиме записи световой кривой (рис. 3), а также существенные отличия по соотношению F_v / F_m , показанные в таблице 1. Листовые пластинки

устойчивых видов компенсировали переизбыток световой энергии главным образом через регулируемый механизм тушения флуоресценции, что говорит об относительно стабильном функционировании их ФС II в стрессовых условиях.

На проростках 9-и аллоплазматических линий пшеницы, полученных на основе скрещиваний вида *T. aestivum* L. с видом *T. dicoccum* Shuebl. также был сделан вывод о том, что вид *T. dicoccum* Shuebl. может успешно использоваться в скрещиваниях с культурными сортами пшеницы при селекции на устойчивость к осмотическому и солевому стрессу [17]. В качестве примера в таблице 2 представлены данные по выживаемости проростков аллоплазматических линий в условиях водного дефицита. Как следует из данных, представленных в таблице, несмотря на большие различия между линиями в их реакции на жесткий осмотический стресс, все аллоплазматические линии по выживаемости превосходили родительские формы.

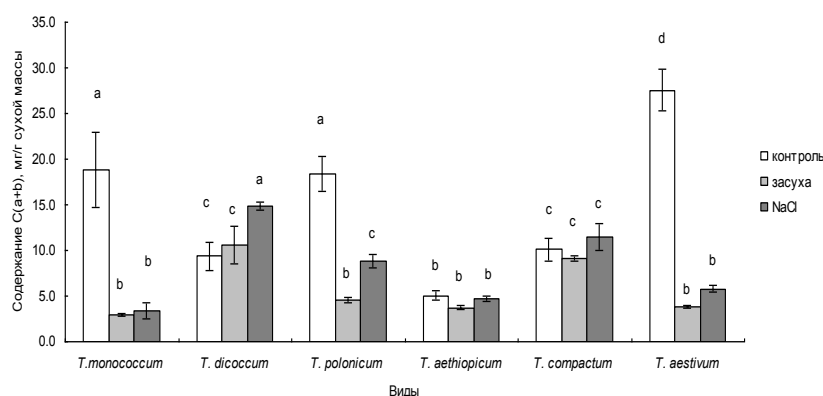


Рисунок 1. Уровень хлорофилла в листовых пластинках различных видов пшениц в условиях индуцированной засухи (сахароза, 17,6%) и солевого стресса (NaCl, 1,68%), 72 ч
Примечание – бары означают стандартные отклонения, латинские буквы над барями указывают на достоверные различия при $p \leq 0,05$, их отсутствие или одинаковые буквы – отсутствие различий

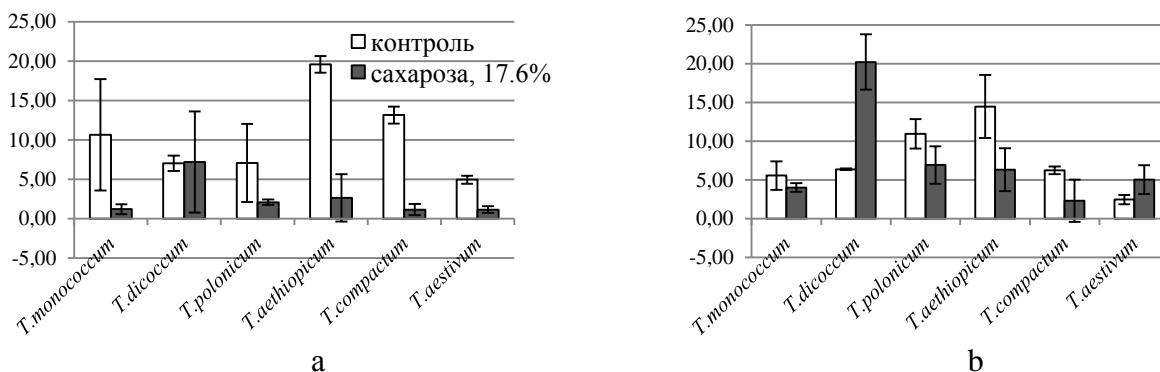


Рисунок 2. Фотосинтетический CO₂ газообмен у различных видов пшениц в условиях индуцированной засухи, (µmol / (c* g Chl): а – ассимиляция, б – транспирация листьев

Таблица 1

Значения PSII Fv / Fm проростков различных видов пшениц в условиях засухи (сахароза, 17,6%, 72 ч) и солевого стресса (NaCl, 1,68%, 72 ч)

Вид	Контроль	Засуха	Солевой стресс
<i>T. monocosmit</i>	0,76 ± 0,01	0,73 ± 0,03**	0,58 ± 0,10**
<i>T. dicocmit</i>	0,75 ± 0,01	0,71 ± 0,03**	0,73 ± 0,03*
<i>T. polonicum</i>	0,74 ± 0,01	0,70 ± 0,04**	0,73 ± 0,01**
<i>T. aethiopicum</i>	0,74 ± 0,01	0,72 ± 0,01**	0,73 ± 0,01**
<i>T. compactum</i>	0,75 ± 0,01	0,70 ± 0,03**	0,74 ± 0,01
<i>T. aestivum</i>	0,76 ± 0,01	0,71 ± 0,02**	0,73 ± 0,04*

Примечание – знак плюс/минус в таблицах показывает относительную ошибку среднего значения, знаки *, ** показывают достоверность различий по *t*-критерию на 0,05 и 0,01 уровне значимости по отношению к контролю

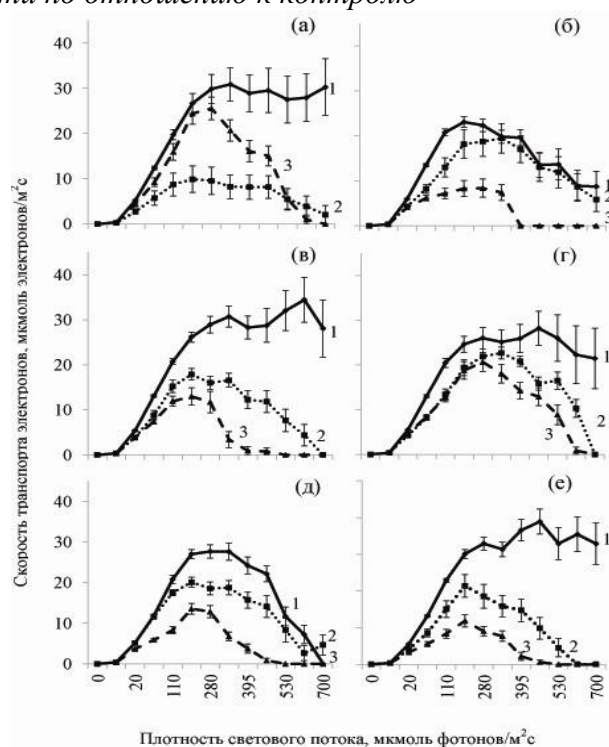


Рисунок 3. Изменение НТЭ через ФСП листовых пластинок 10-дневных проростков пшеницы: (а) *T. monocosmit* (б) *T. dicocmit* (в) *T. polonicum*, (г) *T. aethiopicum*, (д) *T. compactum*, (е) *T. aestivum* в различных условиях культивирования: 1 – контроль, 2 – солевого стресс (NaCl, 1,68%, 72 ч), 3 – засуха (сахароза, 17,6%, 72 ч).

Примечание – бары означают стандартные ошибки ($\pm SE$).

Таблица 2

Выживаемость проростков *T. dicocmit* Schuebl., сорта Мироновская-808 и их межвидовых гибридов F₉ (аллоплазматических линий) в условиях существенного водного дефицита (подсушивание, 24 ч)

Вид, сорт, линия	Всего проростков, шт	Кол-во выживших, шт	Выживание, %
<i>T. dicocmit</i>	105	37	35,2
Мироновская-808	107	38	35,5
D-41-05 ХНА	102	77	74,5
D-40-05-ХНА	100	89	88,5
D-F-05	101	49	48,5
D-N-05-ХНА	83	37	44,6
D-42-05-ХНА	98	70	71,4

D-D-05, безостая	100	58	58,0
D-D-05, остистая	106	69	65,1
D-a-05	114	66	57,9
D-b-05	102	64	62

В связи с проблемой качества зерна пшеницы были изучены анатомические характеристики зерновок аллоплазматических линий [18] и показано, что вид *T. dicoccum* Shuebl. и ряд аллоплазматических линий характеризуются намного меньшей толщиной оболочки, чем вид *T. aestivum* L., и при этом крупными клетками алейронового слоя и эндосперма (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика зерновок вида *T. dicoccum* Schuebl., сорта Мироновская-808 и их межвидовых гибридов F₂ (аллоплазматических линий)

Вид, сорт, аллоплазматическая линия	Толщина оболочки, мкм	Характеристика клеток алейронового слоя		Характеристика клеток эндосперма	
		длина, мкм	ширина, мкм	длина, мкм	ширина, мкм
<i>T. dicoccum</i> Schuebl.	30,8±0,5	58,7±0,7	41,3±0,6	36,0±0,7	7,9±0,2
Мироновская-808	63,0±1,0	56,9±0,5	39,5±0,7	36,5±0,6	7,7±0,2
D-N-05-ХНА	36,6±0,8	56,5±0,6	42,0±0,6	33,9±0,5	8,5±0,2
D-41-05 ХНА	58,0±2,2	57,1±0,8	42,2±0,6	33,8±0,6	8,0±0,2
D-D-05, безостая	64,5±1,8	55,1±0,6	47,1±0,8	34,0±0,4	7,9±0,2
D-D-05, остистая	62,8±1,2	55,7±0,8	40,8±0,8	33,8±0,6	7,8±0,2
D-a-05	62,0±1,0	56,7±0,5	40,0±0,6	34,2±0,5	8,0±0,2
D-42-05-ХНА	48,3±1,8	56,2±0,6	37,9±0,7	33,4±0,6	7,7±0,2
D-F-05	36,7±0,9	51,7±0,6	38,2±0,7	33,4±0,5	8,7±0,2
Д-40-05-ХНА	58,4±1,5	58,0±0,6	38,6±0,7	31,4±0,7	7,9±0,2
D-b-05	66,6±1,0	53,4±0,4	39,5±0,7	34,3±0,5	7,4±0,2

Чем толще оболочки, тем меньше питательных веществ содержит зерно и соответственно меньше выход продуктов при переработке. При этом клетки алейронового слоя, часто удаляемые вместе с оболочками, богаты белками и жиром. Следовательно, выделенные аллоплазматические линии, имеющие хорошо развитый эндосперм, относительно тонкие зерновые оболочки и крупные клетки алейронового слоя, могут представлять интерес для изучения с точки зрения их пищевой ценности.

Таким образом, засухо- и солеустойчивые виды и, в частности, тетраплоидный вид *T. dicoccum* Shuebl, являются перспективными для использования в межвидовых скрещиваниях с *T. aestivum* L. А создание и изучение аллоплазматических линий предоставляет материал и возможности для лучшего понимания роли ядерных, хлоропластных и митохондриальных геномов во многих фундаментальных процессах растительной клетки и

растительного организма и получить новый перспективный селекционный материал.

Список литературы

1. Орлов П.А. Взаимодействие ядерных и цитоплазматических генов в детерминации развития растений. – Минск, 2001. – С. 170.
2. Даниленко Н.Г. Миры геномов органелл / Н.Г. Даниленко О.Г. Давыденко. – Минск: Тэхналогія, 2003. – С. 494.
3. Ратушняк Я.И. Эффекты аллоплазматических взаимодействий у реципрокных цибридов высших растений / Ратушняк Я.И., Кочевенко А.С. // Біотехналогія, – Т. 5, №1, – 2012. – С. 18-32.
4. Палилова А.Н. Фундаментальные и прикладные проблемы взаимодействия ядерной и цитоплазматических генетических систем у растений / Палилова А.Н., Орлов П.А., Волуевич Е.А. // Вестн. ВОГиС. – 2005. – Т. 9, № 4. – С. 499–504.
5. Goloenko I.M. Productivity characteristics of substituted barley lines collection with marked chloroplast and mitochondrial genomes / Goloenko I.M. et al. // Cellular & Molecular Biology Letters. – 2002. – Vol. 7. – № 2A. – P. 483-491.
6. Шимкевич А.М., Луханина Н.В., Голоенко И.М., Давыденко О.Г. Анализ частот расщепления по морфологическим и SSR-блокусам в гибридных комбинациях замещённых линий ячменя / Шимкевич А.М., Луханина Н.В., Голоенко И.М., Давыденко О.Г. // Генетика. – 2007. – № 1. – С. 209-216.
7. Синявская М.Г. Сравнительная оценка экспрессии геномов органелл у аллоплазматических линий ячменя / Синявская М.Г., Сивицкая Л.Н., Шимкевич А.М., Даниленко Н.Г. Механизмы регуляции функций растительных органелл / Даниленко Н.Г., Давыденко О.Г. // Материалы Всероссийской научной конференции – Иркутск, 2014. – С. 85-86.
8. Сечняк А.Л., Голуб Ю.В. Адаптивность аллоплазматических линий пшеницы при гибридизации / Сечняк А.Л., Голуб Ю.В. – Цитология и генетика. – 2010. – № 1. – С.30-35.
9. Tsunewaki K. Plasmon analysis of *Triticum* (wheat) and *Aegilops*. I. Production of alloplasmic common wheats and their fertility / Tsunewaki K., Wang G.S., Matsuoka Y. // Genes Genet. Syst. – 1996. – V. 71, N 5. – P. 293–311.
10. Levin D. A. The cytoplasmic factor in plant speciation // Syst. Bot. – 2003. – V. 28, – № 1.– P. 5-11.
11. Шимкевич А.М. Функциональное состояние фотосинтетического аппарата у аллоплазматических линий ячменя / Шимкевич А.М., Макаров В.Н., Голоенко И.М., Давыденко О.Г. // Экологическая генетика. – 2006. – Т.IV, № 2. – С.37-42.
12. Terletskaia N.V. Change of leaf anatomical parameters of different species of wheat seedlings under conditions of drought and salt stress / Terletskaia N.V., Kurmanbayeva M.S. // Pac. J. Bot. – 2017 – 49 (3) – P. 857-865.
13. Terletskaia N.V. Influence of the drought on morphological and natomic parameters of the top tier leaves of different wheat species / Terletskaia N.V., Kurmanbayeva M.S. // Current Science – V. 114, I.7.
14. Terletskaia N.V. Osmotic stress effect on different cytological characters of roots and grown parameters in different wheat species / Terletskaia N.V., Khailenko N.A. // Annual Research & Review in Biology – 2015.– V.05: I. 04 – P.347-356.

15. Terletskaia N. Growth and photosynthetic reactions of different species of wheat seedlings under drought and saltstress / Terletskaia N., Zobova N., Stupko V., Shuyskaia E. // *Periodicum Biologorum* – 2017 – V. 119, № 1, – P. 37–45.
16. Терлецкая Н.В. Изучение устойчивости фотосинтетического аппарата мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) и ее диких сородичей к абиотическим стрессорам in vivo и in vitro / Терлецкая Н.В., Зобова Н.В., Ступко В.Ю., Исакова А.Б., Луговцова С.Ю., Курманбаева М.С. / Монография. – Алматы, 2017. – 172 с.
17. Терлецкая. Н.В. Особенности реакции проростков аллоплазматических линий мягкой пшеницы на действие осмотического и солевого стресса / Терлецкая. Н.В., Хайленко Н.А., Исакова А.Б. // Вестник Самарского государственного университета, сер. Естественная, 2011. – №2 (83) – с.244-249.
18. Khailenko N. The Study of the Anatomical Features of Wheat Grains in the Species *T. dicoccum* Schuebl., Sort Mironovskaya-808 and Alloplasmic Lines (Their Interspecific Hybrids F9) / Khailenko N., Altayeva N., Terletskaia N. // *Journal of Agricultural Science and Technology* – В 3 – 2013 – P. 597-602.

УДК 633.14: 631.527

ЗНАЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ВИР В РАЗВИТИИ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ОЗИМОЙ РЖИ В КРАСНОЯРСКОМ НИИСХ

*Тимина М.А.*¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
Кобылянский В.Д.², доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Солодухина
О.В.², доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник*

¹*Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»
Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Красноярск,
Россия*

²*Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И.Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия*

**e-mail: marina3912@mail.ru*

Использование созданных в ВИР источников и доноров ценных признаков способствовало развитию новых направлений в селекции озимой ржи в Красноярском крае. Для создания неполегающих сортов Мининская, Енисейка, Синильга были использованы доноры с доминантным генетическим контролем короткостебельности EM-1, местная болгарская рожь к-10028. На основе доноров низкого содержания водорастворимых пентозанов получен сорт озимой ржи Красноярская универсальная с расширенной сферой хозяйственного использования.

Ключевые слова: озимая рожь, доноры, сорта, короткостебельность, низкопентозановая рожь.

В Красноярском крае селекция озимой ржи была начата со сбора местного материала, затем в изучение были включены сорта коллекции ВИР. На этом этапе селекция была направлена на создание сортов, сочетающих зимостойкость местных форм с повышенной продуктивностью. В 1961 году

был районирован сорт Камалинская 4, полученный в результате многократного свободного переопыления сорта Лисицина лучшими образцами коллекции. Путем переопыления сорта Местная Бичуринская сортами Вятка, Житкинская, Удинская был создан сорт Камалинская 13, районированный в 1963 году. Сорта Камалинская 4 и Камалинская 13 обладали исключительно высокой зимостойкостью и были достаточно продуктивными. В опытах Красноярского НИИСХ их урожайность составляла до 40 ц/га. Характеризуясь ранним отрастанием весной, сорта успешно возделывались не только на зерно, но и на зеленый корм. Камалинская 4 и Камалинская 13 отличались высокой устойчивостью к прорастанию на корню, содержанием белка 14-15%, были рекомендованы как генетические источники морозоустойчивости и хороших хлебопекарных качеств [1] и использовались в селекционных программах научных учреждений страны [2]. Однако данные сорта обладали существенным недостатком – высокой слабой соломиной, поэтому во влажные годы они сильно полегли, что снижало биологический урожай, затрудняло механизированную уборку, приводило к потерям зерна, значительно ухудшало качество зерна и семян.

Для создания неполегающих сортов озимой ржи потребовалось привлечение принципиально нового исходного материала.

Так как основным признаком, влияющим на устойчивость к полеганию, является высота растений, изучение генофонда мировых растительных ресурсов было направлено на выявление источников короткостебельности. Были проведены масштабные исследования агрономических показателей сортов мировой коллекции, а также, для выявления редких форм с ценными селекционными признаками, изучена внутривидовая изменчивость растений.

Открытие доминантного типа короткостебельности, изучение его генетического контроля позволило создать доноры для селекции короткостебельной озимой ржи. Были разработаны методы их использования и получен новый гибридный материал [3].

В Красноярском НИИСХ для создания неполегающих сортов озимой ржи были использованы доноры с доминантным генетическим контролем короткостебельности ЕМ-1, местная болгарская рожь к-10028. Первые испытания короткостебельных популяций озимой ржи показали, что растения ржи с укороченной соломиной больше страдают от поражения грибными болезнями, чем высокостебельные. Для решения этой проблемы в селекционные программы был включен созданный в ВИР донор иммунитета к грибным болезням Имериг 1. В результате были созданы и включены в

Государственный реестр по Восточносибирскому региону сорта Мининская, Енисейка и Синильга.

Сорт Мининская создан методом многократных рекуррентных скрещиваний сорта Ситниковская с донорами короткостебельности (ЕМ-1) и иммунитета к мучнистой росе (Имериг-1 НЛ). Диплоидная форма. Зимостойкость, устойчивость к полеганию и засухе высокие. Районирован по Иркутской области. Максимальная урожайность на сортоучастках 50,0 ц/га.

Сорт Енисейка получен от скрещивания короткостебельных аналогов сортов Омка и Ситниковская с сортом Чулпан. Диплоидная форма. Зимостойкость и устойчивость к полеганию высокая. Хлебопекарные качества удовлетворительные. Бурой и стеблевой ржавчиной, мучнистой росой поражается слабо. Наибольшая урожайность (57,5 ц/га) получена на Назаровском сортоучастке в 2015 году.

Сорт Синильга создан с участием штамма 32/80, сортов Омка НЛ, Чулпан. Диплоидная форма. Зимостойкость, устойчивость к полеганию и засухоустойчивость на уровне сорта Енисейка. Хлебопекарные качества хорошие. Максимальная урожайность 65,2 ц/га (Назаровский ГСУ, 2015 год)

Создание в ВИРе доноров низкого содержания водорастворимых пентозанов позволило начать разработку нового направления – селекции сортов озимой ржи с расширенной сферой хозяйственного использования. Возделывание низкопентозановых сортов позволяет получать продукцию для использования в хлебопекарной, крахмалопаточной, солодовой и спиртовой промышленности, на зеленый корм и зернофураж для всех видов сельскохозяйственных животных. При включении в рацион для кормления животных может служить основным компонентом [4, 5]. В результате обследования более 400 образцов озимой и яровой ржи из коллекции ВИР среди зерна разных популяций ржи выделены единичные зерновки с низким содержанием пентозанов. Была разработана технология селекции низкопентозановой ржи, создан исходный материал [6], на основе которого получена популяция (селекционный номер 94/12) с содержанием водорастворимых пентозанов 0,42%, принятая на Государственное сортоиспытание с названием Красноярская универсальная. В 2016-2017 годах сорт Красноярская универсальная проходил Государственное испытание на 7 сортоучастках Красноярского края. На четырех сортоучастках отмечена достоверная прибавка по урожаю по сравнению со стандартным сортом Енисейка. Максимальная прибавка (7,7 ц/га) в среднем за два года испытаний отмечена на Назаровском ГСУ, при урожайности 53,4 ц/га.

Красноярская универсальная, обладает хорошими технологическими свойствами, в том числе в неблагоприятные по метеоусловиям годы. По

амилолитической активности мука сорта характеризуется как «пригодная для выпечки на закваске и дрожжах». Красноярская универсальная превосходит стандарт по объемному выходу хлеба, по общей хлебопекарной оценке находится на уровне стандарта [7].

Использование в созданной в ВИР коллекции источников и доноров ценных позволило ускорить селекционный процесс, повысить его эффективность, в значительной степени решить проблему полегания, начать работу по развитию нового направления – селекции сортов озимой ржи, пригодных как для традиционного, так и для зернофуражного использования.

Список литературы

1. Культурная флора СССР. Том 2. Рожь. Ленинград. ВО «Агропромиздат» Ленинградское отделение. 1989. 368 С.
2. Лещенко Н.И., Шакирзянов А.Х., Мызгаева В.А. Роль сорта в повышении урожая и качества зерна озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 2. С.13-15.
3. Кобылянский В.Д. К генетике доминантного фактора короткостебельности у ржи // Генетика. 1972. Т.8. №2. С.12-17.
4. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Селекция зернофуражной озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С.31-34.
5. Лунегова И.В., Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Низкопентозановое зерно ржи – ценный концентрированный корм для животных // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 2. С. 30-37.
6. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Использование доноров ценных признаков растений в селекции новых сортов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 7. С.7-12.
7. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Тимина М.А., Плеханова Л.В. Селекция озимой ржи на качество зерна в условиях Красноярского края // Вест. КрасГАУ. 2017. Вып. 5. С.8-14.

THE SIGNIFICANCE OF COLLECTIONS OF PLANT GENETIC RESOURCES OF VIR IN THE DEVELOPMENT OF BREEDING WORK ON WINTER RYE IN THE KRASNOYARSK RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

M.A. Timina, Federal State Autonomous Scientific Institution «Federal Scientific Center Krasnoyarsk Science Centre of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences» Krasnoyarsk Agricultural Research Institute, Krasnoyarsk, Russia

V.D. Kobylyansky, O.V. Solodukhina, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St.-Petersburg, Russia

The use of sources and donors of valuable traits created in VIR has contributed to the development of new directions in the selection of winter rye in the Krasnoyarsk region. Dominant dwarfing gene donors EM-1, local Bulgarian rye 10028 were used to create non-lodging cultivars Mininskaya, Yeniseika, and Sinilga. On the basis of donors of low content of water-soluble pentosans, the cultivar of winter rye Krasnoyarsk universal with an extended sphere of economic use was obtained.

Keywords: winter rye, donors, cultivars, dwarfism, rye with low pentosan content.

УДК 631.524.633.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЦР-МАРКЕРОВ ПРИ СОЗДАНИИ И ИЗУЧЕНИИ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ ЯЧМЕННО- ПШЕНИЧНЫХ ГИБРИДОВ

Трубачеева Н.В., к.б.н., н.с ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия,

Першина Л.А., д.б.н., г.н.с, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

natas@bionet.nsc.ru

С помощью ПЦР-маркеров изучены аллоплазматические линии, потомки ячменно-пшеничных гибридов *H.vulgare* x *T.aestivum* и *H. marinum subsp. gussoneanum* x *T. aestivum*. Установлено, что определенное состояние оргanelльных геномов ассоциировано с фертильностью/стерильностью растений. Определены сорта мягкой пшеницы – восстановители и закрепители фертильности на цитоплазме культурного ячменя *H.vulgare*. Идентифицированы хромосомы дикорастущего ячменя *H. marinum subsp. gussoneanum* в геноме аллоплазматических дополненных и замещенных линий.

Ключевые слова: ПЦР-маркеры, ячменно-пшеничные гибриды, аллоплазматические линии, ядерно-цитоплазматические взаимодействия

Поскольку базовый подход для увеличения генетического разнообразия культурных аллополиплоидов, к которым относится и мягкая пшеница, основан на интрогрессивной гибридизации, то разработка и использование методов идентификации чужеродного генетического материала и детектирования целевых генов в геноме интрогрессивных генотипов являются актуальными и востребованными [1]. В наших исследованиях уделено внимание созданию и изучению новых генотипов пшеницы, полученных в результате отдаленной гибридизации мягкой пшеницы с видами ячменя – культурным *H. vulgare* L. (2n=14) и диким *H.marinum ssp. gussontanum* Hudson (2n=28) [2-4], а также созданию на их основе новых интрогрессивных форм и линий, используемых в селекции [5, 6]. В связи с этим в зависимости от задач исследования при изучении генотипов, полученных на основе ячменно-пшеничных гибридов используются определенные молекулярные маркеры, основанные ПЦР (табл. 1).

Таблица 1.

Генотипы пшеницы, полученные в результате отдаленных скрещиваний между видами ячменя и мягкой пшеницей, и изученные с использованием ПЦР-маркеров.

Генотипы	Цель изучения	Методы и публикации авторов
----------	---------------	-----------------------------

Рекомбинантные алло-линии (<i>H.vulgare</i>)- <i>T.aestivum</i>	--геномный состав --состояние последовательностей мт-ДНК --состояние последовательностей хп-ДНК	SSR-маркеры [4]; ПЦР со специфическими праймерами к районам мтДНК <i>cob</i> , <i>nad3-orf156</i> , <i>18S/5S</i> и хпДНК <i>ndhH</i> , <i>rpoB</i> , <i>psaA</i> , <i>infA</i> , <i>ycf5</i> [7]
Интрогрессивные алло-линии (<i>H.vulgare</i>)- <i>T.aestivum</i>	-- детектирование целевых генов	Молекулярные маркеры, сцепленные с генами <i>Lr26</i> и <i>Lr19</i>
Неполные амфиплоиды <i>H.marinum</i> × <i>T.aestivum</i> (2n=54, 55); Ячменно-пшеничные замещенные и дополненные алло-линии (<i>H.marinum</i>)- <i>T.aestivum</i>	--состояние последовательностей мт-ДНК --состояние последовательностей хп-ДНК -- идентификация наличия хромосом <i>H.marinum</i>	ПЦР со специфическими праймерами к районам мтДНК <i>cob</i> , <i>nad3-orf156</i> , <i>18S/5S</i> и хпДНК <i>ndhH</i> , <i>rpoB</i> , <i>psaA</i> , <i>infA</i> , <i>ycf5</i> [3, 7] EST-маркеры ячменя <i>H.vulgare</i>

В наших работах в результате беккроссирования ячменно-пшеничных гибридов определенными сортами мягкой пшеницы была восстановлена фертильность, а фертильные растения ВС₃₋₄-поколений стали источниками для формирования аллоплазматических линий (алло-линий), которые служат моделями для изучения эффектов ядерно-цитоплазматических взаимодействий, а также использования в качестве исходного материала в селекции [5, 6]. В наших работах показано, что в процессе беккроссирования гибридов и становления алло-линий происходит изменчивость не только ядерных, но органельных – митохондриальных (мт) и хлоропластных (хп) геномов. Для изучения состояния мт- и хп-ДНК с помощью ПЦР-анализа изучаются районы митохондриальной ДНК *cob*, *nad3-orf156*, *18S/5S* и хлоропластной ДНК *ndhH*, *rpoB*, *psaA*, *infA*, *ycf5*. Показано, что восстановление фертильности алло-линий ассоциировано с уменьшением копий мт- и хп-ДНК ячменного типа и увеличением копий мт- и хп-ДНК пшеничного типа [3, 8].

Важным аспектом работы с рекомбинантными алло-линиями является изучение их геномного состава с тем, чтобы выявить сорта пшеницы – восстановители фертильности ее на цитоплазме ячменя. С этой целью используется SSR-анализ. Так, у рекомбинантных алло-линий, ядерный геном

которых сформирован с участием сортов пшеницы Саратовская 29 и Пиротрикс 28 было показано, что у линии с полной фертильностью большая часть проанализированных локусов (87,5 %) соответствует сорту Пиротрикс 28, и лишь 12,5 % локусов – сорту пшеницы Саратовская 29. У частично стерильной линии, напротив, большая часть локусов (68,75 %) соответствует сорту Саратовская 29, а 31,25 % локусов – сорту Пиротрикс 28. Сделан вывод, что сорт пшеницы Пиротрикс 28 является восстановителем фертильности пшеницы на цитоплазме культурного ячменя, а сорт Саратовская 29 – закрепителем стерильности [4].

Показано, что алло-линии (*H.vulgare*)-*T.aestivum* с восстановленной фертильностью могут использоваться в интрогрессивной гибридизации, сохраняя полную фертильность [8]. Включение генов, определяющих устойчивость к грибным патогенам, в геном алло-линий, используемых в селекции, предполагает необходимость их детектировать в процессе селекционного процесса, что осуществляется с помощью молекулярных маркеров.

Интерес к интрогрессии хромосом дикого ячменя *H.marinum* ssp. *gussoneanum* в геном мягкой пшеницы определяется тем, что есть возможность перенести в пшеницу от этого вида ячменя гены, определяющие устойчивость к абиотическим факторам (засолению, затоплению) [9, 10], и повышенное содержание белка в зерне [11]. Полученные в нашей работе алло-линии (*H.marinum*)-*T.aestivum* и неполные ячменно-пшеничные амфиплоиды (НАмф) ($2n=54, 55$) используются в качестве доноров хромосом дикого ячменя для их интрогрессии в геном сортов мягкой пшеницы при получении новых исходных генотипов для селекции. С целью идентификации индивидуальных хромосом *H.marinum* проверяется возможность использования для этой цели EST-маркеров культурного ячменя *H. vulgare*. Около 60% проанализированных EST-маркеров, локализованных на всех семи хромосомах *H. vulgare*, амплифицировались в геноме *H. marinum* subsp. *gussoneanum* и были использованы для изучения аллоплазматических дополненных и замещенных линий (*H.marinum* subsp. *gussoneanum*)- *T.aestivum*. Результаты EST-анализа были подтверждены С-окрашиванием хромосом неполных амфиплоидов, выполненным Е.Д. Бадаевой.

Работа выполнена в рамках в рамках бюджетного проекта № 0324-2016-0001 и при поддержке гранта РФФИ (проект 17-04-01738).

Список литературы

1. Landjeva S., Korzun V., Börner A. Molecular markers: actual and potential contributions to wheat genome characterization and breeding // *Euphitica*. 2007. V. 156. P. 271–296.

2. Pershina L.A., Numerova O.M., Belova L.I., Devyatkina E.P. Biotechnological and cytogenetic aspects of producing new wheat genotypes using hybrids // *Euphytica*. – 1998. – 100 (1-3). – P. 239 - 244.
3. Трубочеева Н.В., Ефремова Т.Т., Бадаева Е.Д., Кравцова Л.А., Белова Л.И., Девяткина Э.П., Першина Л.А. Получение аллоплазматических и эуплазматических пшенично-ячменных дителосомно замещенных линий 7Н¹L^{mar}(7D) и изучение 18S/5S митохондриального повтора у этих линий // *Генетика*, 2009, Т. 45. № 12. С. 1627-1633.
4. Першина Л.А., Девяткина Э.П., Трубочеева Н.В., Кравцова Л.А., Добровольская О.Б. Особенности восстановления фертильности аллоплазматических линий, полученных на основе гибридизации самоопыленного потомка ячменно-пшеничного амфиплоида (*Hordeum vulgare* L. x *Triticum aestivum* L.) с сортами мягкой пшеницы Саратовская 29 и Пиротрикс 28 // *Генетика*. 2012. Т.48, №12, С.1372-1379.
5. Белан И.А., Россеева Л.П., Трубочеева Н.В., Осадчая Т.С., Дорогина О.В., Жмудь Е.В., Колмаков Ю.В., Блохина Н.П., Кравцова Л.А., Першина Л.А. Особенности хозяйственно ценных признаков линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL // *Информационный вестник ВОГИС*. 2010. №4, т.14, с.632-640.
6. Белан И.А., Россеева Л.П., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Першина Л.А., Трубочеева Н.В. Создание сортов мягкой пшеницы устойчивых к грибным заболеваниям для условий Западной Сибири и Урала // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 1 (147). – С. 5 - 7.
7. Trubacheeva N.V., Kravtsova L.A., Devyatkina E.P., Efremova T.T., Sinyavskaya M.G., Shumny V.K., Pershina L.A. Heteroplasmic and homoplasmic states of mitochondrial and chloroplast DNA regions in progenies of distant common wheat hybrids of different origins // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2012. V.2, №6, P. 494-500.
8. Першина Л.А., Трубочеева Н.В., Синявская М.Г., Девяткина Э.П., Кравцова Л.А. Ядерно-цитоплазматическая совместимость и состояние районов митохондриальной и хлоропластной ДНК у аллоплазматических рекомбинантных и интрогрессивных линий (*H. vulgare*)–*T. aestivum* // *Генетика*. – 2014. – Т. 50(10). – С. 1154-1162.
9. Colmer T.D., Flowers T.J., Munns R. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat // *Journal of Experimental Botany*. – 2006. – V.57. – P. 1059-1078.
10. Islam S., Malik A.I., Islam A.K.M.R., Colmer T.D. Salt tolerance in a *Hordeum marinum*- *Triticum aestivum* amphiploid, and its parents // *Journal of Experimental Botany*. – 2007. – V.58. – P. 1219 - 1229.
11. Першина Л.А., Девяткина Э.П., Белова Л.И., Трубочеева Н.В., Арбузова В.С., Кравцова Л.А. Изучение особенностей аллоплазматических пшенично-ячменных замещенных и дополненных линий (*Hordeum marinum* subsp. *gussoneanum*)–*Triticum aestivum* // *Генетика*. – 2009. – Т. 45. – №10. – С. 1386-1392.

Using of PCR markers in the development and studying of new genotypes of common wheat based on barley-wheat hybrids

Trubacheeva Nataliya Victorovna, ICiG RB RAS, Novosibirsk, Russia

Pershina Lidiya Aleksandrovna, ICiG RB RAS, Novosibirsk, Russia

*Alloplasmic lines derived from of barley-wheat hybrids *H. vulgare* x *T. aestivum* and *H. marinum* subsp. *gussoneanum* x *T. aestivum* were studied using PCR markers. It is established that a certain state of organelle genomes is associated with fertility/sterility of plants. The cultivars of common wheat – fixers and restorers of fertility on the cytoplasm of the cultivated barley *H. vulgare* were determined. Chromosomes of wild barley *H. marinum* subsp. *gussoneanum* were identified in the genome of alloplasmic addition and substituted lines.*

Key words: PCR-based markers, barley-wheat hybrids, alloplasmic lines, nuclear-cytoplasmic interactions

УДК 633.1+631.524.02

ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

Тысленко А.М., к. с.-х. н., ведущий научный сотрудник,

Зуев Д.В., научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, г. Владимир, Россия, e-mail: tslo@bk.ru

Приведены результаты исследований по изучению особенностей формирования продуктивности и адаптивности сортов и селекционных линий ярового тритикале в условиях Владимирской области. Показаны лимитирующие факторы формирования урожайности культуры: продолжительность вегетационного периода, полегание растений, прорастание зерна в колосе, поражение спорыньей. В результате исследований выделены сорта и линии с высокой продуктивностью: раннеспелые – Россика, ТР-850, №35, среднеспелые – Лотас, Норманн, Кармен среднепоздние – линия Т-351.

Ключевые слова: яровое тритикале, сорт, линия, устойчивость к полеганию, урожайность.

Яровое тритикале – новая для сельскохозяйственного производства зерновая культура, созданная путём скрещивания озимой ржи и пшеницы. Практическая ценность её обусловлена такими преимуществами как высокая урожайность, повышенная устойчивость к болезням, невысокая требовательность к почвенному плодородию, более низкая себестоимость производства зерна (по сравнению с пшеницей), а также высокая кормовая ценность [1]. Химический состав зерна тритикале характеризуется значительным содержанием белка высокой биологической ценности. По содержанию незаменимых аминокислот белок тритикале более полноценен, чем белки пшеницы и ржи. Тритикале отличается от других зерновых культур высоким содержанием протеина (15-18%) и биологически активных веществ, поэтому рекомендовано к применению на корм без ограничений [2].

Ареал распространения ярового тритикале в стране ежегодно расширяется. В настоящее время сорта культуры допущены к использованию

практически во всех регионах Российской Федерации, в этой связи особый интерес представляет их адаптивность к специфическим почвенно-климатическим условиям Центрально-Нечернозёмной зоны.

В 2014-2017 гг. на дерново-подзолистых супесчаных почвах Всероссийского НИИ органических удобрений и торфа (ВНИИОУ, г. Владимир) проводилось экологическое сортоиспытание 20 сортов и перспективных линий ярового тритикале селекции Владимирского НИИСХ, ВНИИОУ и НПЦ НАН Беларуси по земледелию.

Полевые опыты закладывались согласно методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [3]. Посев сортов производился сеялкой ССФК-7 с оптимальной нормой высева семян для зоны 5,0 млн. шт./га, с глубиной заделки 5...6 см, площадь делянок 10 м², повторность 4-х кратная. Перед посевом вносили минеральные удобрения NPK90. Уборку проводили в один день комбайном Сампо-500.

Одним из показателей стабильности сорта является его способность обеспечить устойчивые сборы зерна при любых погодных условиях [4]. При этом важно, чтобы рекомендованные сорта ярового тритикале были высокоурожайными, устойчивыми к биотическим и абиотическим стрессам, различались по продолжительности вегетационного периода.

Годы исследований различались по погодным условиям. Самым благоприятным для роста, развития растений и налива семян был 2017 г. Менее благоприятными, с длительными периодами засухи, оказались 2014 и 2015 гг. 2016 год характеризовался избыточным увлажнением в фазу налива, что привело к ухудшению качества зерна, прорастанию его в колосе и сильному поражению спорыньей.

Анализ полученных данных показал, что в условиях Центрально-Нечернозёмной зоны наиболее часто на посевах ярового тритикале встречались такие болезни, как септориоз, корневые гнили и спорынья. Весь материал оказался устойчивым к видам ржавчины, пыльной головне и мучнистой росе.

Основной признак ценности сорта – его урожайность. Результаты исследования ярового тритикале в местных условиях показали, что урожайность сортов и линий может существенно меняться в зависимости от погодных условий (табл. 1).

Существенное снижение урожайности ярового тритикале в 2016 году (25-30%) объясняется переувлажнением почвы и пониженными температурами воздуха в фазу налива зерна, что привело к удлинению периода от колошения до созревания на 10 дней, высокой влажности убранных семян, поражению колосьев спорыньей.

Наиболее благоприятным по климатическим условиям для роста и развития растений ярового тритикале был 2017 год. В среднем за четыре года исследований, комплексную полевую устойчивость и наиболее высокие урожаи зерна показали среди раннеспелых сортов линии ТР-850 (43,6 ц/га) и № 35 (43,5 ц/га); среднеспелых - сорта Норманн (45,6 ц/га) и Кармен (44,3 ц/га); среднепоздних - линия Т-351 (табл.1).

Таблица 1

Урожайность адаптивных сортов и линий ярового тритикале в 2014-17 гг.

Сорт	Происхождение	Урожайность, ц/га по годам				
		2014	2015	2016	2017	средняя
раннеспелые						
Амиго, ст.	ВНИИОУ	46,0	35,2	29,2	41,6	38,0
Россика	ВНИИОУ	45,7	36,6	32,3	51,6	41,6
ТР-850	ВНИИОУ	45,6	35,5	31,8	61,6	43,6
№ 35	ВНИИСХ	42,8	37,0	33,5	60,7	43,5
среднеспелые						
Ульяна, ст.	Беларусь	42,6	46,0	32,3	51,4	43,1
Лотас	Беларусь	43,8	46,6	30,4	53,2	43,5
Гребешок	ВНИИСХ, ВИР	41,5	44,1	31,1	55,3	43,0
Норманн	ВНИИСХ	46,4	44,8	31,6	59,5	45,6
Кармен	ВНИИОУ	45,1	43,5	30,0	58,5	44,3
Узор	Беларусь	40,1	38,0	29,0	52,7	40,0
среднепоздние						
Память Мережко, ст.	ВНИИСХ	42,0	43,7	29,0	41,2	39,0
Заозёрье	ВНИИСХ	40,6	38,7	29,5	40,5	37,3
Т-351	ВНИИСХ	42,8	40,0	29,4	50,4	40,6

На формирование продуктивности ярового тритикале под воздействием внешних факторов среды большое влияние оказывают особенности взаимосвязей количественных признаков. Нами были изучены следующие элементы структуры урожая: общая и продуктивная кустистость, масса 1000 зерен, масса и число зерен с главного колоса и растения.

В годы исследований наибольшее количество продуктивных стеблей формировали среднеспелые и раннеспелые сорта (продуктивная кустистость 1,18 - 1,26). У среднепоздних сортов при высокой общей кустистости продуктивная не превышала 1. По крупности зерна выделились сорта Норманн (45,6 г), Кармен (44,3 г), линия Т-351 (44,4 г).

Максимальное число зёрен в колос формировали сорта Россика (35,7 шт.), Ульяна (36,4 шт.), Норманн (38,3 шт.), Память Мережко (40,1 шт.) Лучшими по массе зерна с колоса оказались раннеспелый сорт Россика (1,65 г),

среднеспелые Лотас (1,64 г), Ульяна (1,50 г), Норманн (1,50 г), среднепоздний Память Мережко (1,58 г).

Внедрение в сельскохозяйственное производство нового сорта требует оценки его экономической эффективности. Расчёты показали, что прибавка к стандарту условно чистого дохода при возделывании скороспелых сортов достигает 2880 руб./га, среднеспелых – 2000 руб./га, позднеспелых линий – 1280 руб./га. Следовательно, производству можно рекомендовать расширить площади посевов раннеспелых и среднеспелых сортов, как наиболее экономически эффективных. К наиболее рентабельным сортам относятся сорта Норманн, Кармен, перспективная линия ТР-850.

Таким образом, на дерново-подзолистых супесчаных почвах Центрально-Нечернозёмной зоны РФ лимитирующими факторами формирования урожайности ярового тритикале являются продолжительность вегетационного периода, прорастание зерна в колосе, поражение спорыньёй, септориозом и корневыми гнилями. Выделены сорта и линии ярового тритикале с достаточно стабильной и относительно высокой продуктивностью по группам спелости: скороспелые - Россия, линии ТР-850, № 35; среднеспелые - Норманн, Кармен, обеспечивающие урожайность от 41,6 до 45,6 ц/га. В производственных условиях рекомендуется расширять посевные площади под раннеспелым сортом Россия и среднеспелыми Норманн и Кармен как наиболее рентабельным.

Список литературы:

1. Сечняк, Л.К. Тритикале /Л.К. Сечняк, Ю.Т. Сулима// – М.: Колос, 1984.– 317с.
2. Гриб, С.И. Тритикале – ценная зернофуражная культура /С.И. Гриб, Т.М. Булавина, Ю.Ф. Хататовский// Вестник семеноводства в СНГ.– 2009.– №1.– С.17-19.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры/ [ред. А.И.Григорьева]. – М.: Колос. – 1989. – 194 с.
4. Зуев Д.В., Московкин В.В., Тысленко А.М. Влияние погодных условий на продуктивность сортов ярового тритикале /Д.В. Зуев, В.В. Московкин, А.М. Тысленко// Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале. Коллективная монография.– Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, Иваново: ПресСто, 2017. – С. 207-215.

FORMATION OF PRODUCTIVITY OF PROMISING VARIETIES AND LINES OF SPRING TRITICALE

Tyslenko Anatoly Mikhailovich, Zuev Denis Vyacheslavovich

All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, Vladimir, Russia

The results of studies on the study of the features of the formation of productivity and adaptability of varieties and selection lines of spring triticale in the Vladimir region are presented. The limiting factors of crop yield formation are shown: the duration of the growing season, the lodging of plants, the germination of the grain in the ear, the defeat of ergot. As a result of

research, varieties and lines with high productivity were identified: early ripening varieties - Rossica, TR-850, No. 35, mid-ripening - Lotas, Normann, Carmen mid-late - line T-351.

Key words: spring triticale, variety, line, resistance to lodging, yield.

УДК 633.11:631.527:632.485.2

СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, УСТОЙЧИВОГО К ВОЗБУДИТЕЛЮ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ, В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Тюнин В.А. доктор с.-х. н., гл.н.с., ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», Челябинская обл., Чебаркульский район, п. Тимирязевский, Россия, chniisx2@mail.ru

Шрейдер Е.Р. к. с.-х. н., в.н.с., ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», Челябинская обл., Чебаркульский район, п. Тимирязевский, Россия

Гультяева Е.И. к.б.н., в.н.с., ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург, Россия

Проведена идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у 80 селекционных линий яровой мягкой пшеницы Челябинского НИИ сельского хозяйства. Установлено наличие у них генов *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr34*, *LrSp*. Выявлены эффективные сочетания генов *Lr* в генотипе многих образцов. 13 ржавчиноустойчивых линий защищены *Lr*-генами, неидентичными известным эффективным.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, бурая ржавчина, устойчивость, *Puccinia triticina*, *Lr*-гены.

Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) – распространенное и вредоносное заболевание пшеницы на Южном Урале. В последние годы (2014-2017 гг.) оно характеризуется высокой степенью развития и на восприимчивых сортах составляет 80-100 %. Возделывание резистентных сортов – экологически безопасный метод борьбы с ней. Селекция на устойчивость к бурой ржавчине в Челябинском НИИ сельского хозяйства (ЧНИИСХ) имеет долгую историю (свыше 50 лет). Сорта Россиянка, Изумрудная, Нива 2, районированные, соответственно, в 1981, 1996, 1997 годах, обладали высокой полевой устойчивостью к уральской популяции патогена. С 1992 года в гибридизации широко использовались сорт Терция и линия Целинная 20 х АНК-102, являющиеся донорами специфического гена устойчивости к бурой ржавчине *Lr9*. Первые иммунные, защищенные этим геном сорта яровой мягкой пшеницы Квинта и Дуэт были созданы в ЧНИИСХ в 1999-2000 годах. Высокая концентрация сортов с данным геном, возделываемых в Уральском (Дуэт, Челяба 2, Памяти Рюба, Челяба юбилейная, Челяба степная, Челяба ранняя) и Западно-Сибирском (Терция, Дуэт, Соната, Сibaковская юбилейная, Ария, Алтайская 530, Апасовка, Новосибирская 18, Сибирский альянс, Сибирская 17) регионах РФ, привела к появлению в 2007 году новых вирулентных рас [3], способствовала существенному изменению

структуры патогена и окончательной потере эффективности гена *Lr9* к 2015 году.

Для расширения генетического разнообразия по устойчивости к бурой ржавчине в селекцию пшеницы в ЧНИИСХ были привлечены другие доноры эффективной устойчивости. Например, линии типа «кукушки», полученные с участием *Aegilops speltoides*, и несущие ген *LrSp*, а также изогенные линии сортов Тэтчер и Новосибирская 67 и другой исходный материал с генами *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr37*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr49*, *LrAsp5* [5]. Цель настоящей работы – идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у перспективных селекционных линий яровой пшеницы, созданных в ЧНИИСХ.

Материалом исследований служили 80 линий яровой мягкой пшеницы. В 2016 году они характеризовались повышенной урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию и болезням, в том числе показали и высокий уровень защиты от бурой ржавчины в условиях Южного Урала.

Идентификацию *Lr*-генов проводили с использованием фитопатологического теста и молекулярных маркеров. Для фитопатологического теста использовали 4 клона гриба: k9, выделенный из челябинской популяции (вирулентность/авирулентность (v/av): Tc*Lr*1,2a,2b,2c,3a,3bg,3ka,9,10,11,14a,14b,15,16, 17,18, 20,21, 30/Tc*Lr*19, 23,24,26, 28,29,45,47,51), k19 выделенный из тамбовской популяции (v/av Tc*Lr*1,2a,2b,2c,3a,3bg,3ka,10,11,14a,14b,15,16, 17,18,19, 20,21,30 / Tc*Lr* 9, 23,24,26,28, 29, 45,47,51), k26, выделенный из краснодарской популяции (v/av Tc*Lr*1, 2a,2b,2c,3a,3bg,3ka,10,11,14a,14b,15,16, 17,18,20,21,26,30 / Tc*Lr* 9,19,23,24,28, 29, 45,47,51), kNW, выделенный из северо-западной популяции (v/av 1,2a,2b,2c,3a,3bg,3ka,10,11,14a,14b,15,16, 17,18,20,21, 30/ Tc*Lr*9, 19,23,24,29, 26(тип1-2)). Оценку устойчивости в фазе проростков проводили с использованием метода отрезков листьев, помещенных в раствор бензимидазола (0,004%) [1]. С помощью ПЦР-маркеров определяли наличие у изучаемых линий генов *Lr9* (SCS5), *Lr19* (SCS265), *Lr24* (Sr24≠12), *Lr25* (Lr25F/R), *Lr26* (SCM9), *Lr34* (csLV34) и *Lr37* (Ventriup/LN2). Для идентификации гена *LrSp*, переданного от *Aegilops speltoides* и сцепленного с гаметоцидным геном Gc (линии типа «кукушка») [4], использовали маркеры генов *Lr35* (Sr39≠22r) и *Lr66* (S13-R16). Эти маркеры не являются строго специфичными для идентификации генов *Lr35* и *Lr66*, при этом они выявляются у линий «кукушек» и селекционных образцов, созданных с их участием. Эффективность данных маркеров для идентификации гена *LrSp* подтверждено нами при массовом скрининге селекционного материала.

ДНК выделяли микрометодом по методике Дорохова и Клоке [2]. Амплификацию проводили по протоколам, предложенным авторами

праймеров, и при необходимости модифицировали. Амплифицированные фрагменты разделяли с помощью электрофореза в 1,5% агарозном геле в 1xTBE буфере, который был окрашен бромистым этидием.

В результате фитопатологической оценки 5 линий (Ферругинеум 25814, 26057, 26204, Мильтурум 26232, Лютесценс 26623) показали восприимчивость ко всем используемым клонам, соответственно у них отсутствуют высокоэффективные ювенильные *Lr*-гены. Линии Мильтурум 26021 и Ферругинеум 26650 были восприимчивы только к клону *KLr19*, а линия Ферругинеум 26056 к клону *KLr9*, что указывает на наличие у них этих генов. Все другие изученные линии характеризовались высокой степенью устойчивости ко всем используемым клонам.

В результате ПЦР анализа подтверждено наличие гена *Lr19* у линий Мильтурум 26021 и Ферругинеум 26650 и гена *Lr9* у линии Ферругинеум 26056. Ген *Lr19* также выявлен у линий Лютесценс 26601 и Эритроспермум 26076, а ген *Lr9* у Ферругинеум 26386. Последние три линии характеризовались устойчивостью ко всем клонам, что указывает на наличие у них дополнительных генов, не идентифицированных в настоящем анализе. Ген *LrSp* выявлен у линий Эритроспермум 26517, 26465, 26464, 26438, 26432, 26431, 26430, 26411, 26393, 25805, 25866, 25891, 26035, 26173, 26339, 26356, 26357 и Мильтурум 26370, а ген *Lr24* у линий Лютесценс 26560, Эритроспермум 26572, 26648. Ген частичной устойчивости *Lr34* (partial resistance gene) выявлен у восприимчивой в фазе проростков линии Ферругинеум 26204 и устойчивых Ферругинеум 26215, 26223, 26224, 26226, 26227. Несмотря на то, что данный ген утратил эффективность в России, показано, что его сочетание с другими малоэффективными *Lr*-генами, повышает уровень полевой устойчивости сортов [6].

Свыше 30% изученных линий имели высокоэффективные сочетания *Lr*-генов: *Lr9+Lr24* – Лютесценс 26031, Эритроспермум 26443, Эритроспермум 26625; *Lr19+Lr26* – Эритроспермум 26298, Лютесценс 26307, 26322, 26326, 26331, 26638; *Lr9+Lr26* – Эритроспермум 25843, 25908, Ферругинеум 26016, Лютесценс 26348, Мильтурум 26516, 26551; *Lr24+Lr26* – Эритроспермум 26065, Лютесценс 26567; *Lr9+Lr19* – Лютесценс 26081, 26084; *Lr24+Lr34* – Ферругинеум 26215; *Lr9+LrSp* – Ферругинеум 26242; *Lr19+Lr26+Lr34* – Эритроспермум 25787, 26066, 26649.

У 13 высокоустойчивых линий (Эритроспермум 26005, Ферругинеум 26020, Эритроспермум 26096, Эритроспермум 26155 и др.) не выявлено идентифицируемых маркеров, что указывает на наличие в их генотипах других высокоэффективных *Lr*-генов.

Идентификация генов *Lr* в селекционном материале ЧНИИСХ будет

способствовать повышению эффективности селекции и расширению генетического разнообразия устойчивости новых сортов яровой мягкой пшеницы к бурой ржавчине для Уральского региона.

Список литературы

1. Гультяева Е.И., Солодухина О.В. Ржавчинные болезни зерновых культур / Е.И. Гультяева., О.В.Солодухина // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. – М., 2008. – С.5-11.
2. Дорохов Д.Б., Клоке Э. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов / Д.Б. Дорохов, Э. Клоке // Молекулярная генетика. – 1997. – № 3-4. – С.443-450.
3. Мешкова Л.В. Вирулентность патотипов возбудителя бурой ржавчины пшеницы к ThLr9 в регионах Сибири и Урала / Л.В. Мешкова, Л.П. Росеева, Е.Р. Шрейдер, А.В. Сидоров // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: Вторая Всероссийская конференция, Санкт-Петербург, 29 сентября-2 октября 2008г. – СПб, 2008. – С. 70-73.
4. Одинцова И.Г. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с устойчивостью к бурой ржавчине, переданной от *Aegilops speltoides* / И.Г. Одинцова, Н.А. Агафонова, Р.Л. Богуславский // Исходный материал и проблемы селекции пшеницы и тритикале: Сборник научн. трудов по прикл. ботанике, генетике и селекции. – Л.: ВИР, 1991. – Т.142. – С. 106 -110.
5. Тюнин В.А. Характеристика вирулентности популяций *Puccinia triticina* и перспектива использования генов Lr 24, Lr 25, LrSp в селекции яровой мягкой пшеницы на Южном Урале / В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2017; 21(5):523-529.DOI 10/18699/VJ17.269
6. Samborski D.J., Dyck P.L. Enhancement of resistance to *Puccinia recondita* by interactions of resistance genes in wheat / D.J. Samborski, P.L. Dyck // Can. J. Plant Pathol., 4, 1982, p.. 152-156.

DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT BREEDING MATERIALS RESISTANT TO LEAF RUST IN THE SOUTHERN URAL CONDITIONS

Tyunin V.A¹., Shreyder E.R¹, Gulyaeva E.I.²

1Federal State Budget Scientific Institution "Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture", Chelyabinsk Region, Russia Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk, Russia

² All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Identification of leaf rust resistance genes in 80 breeding spring wheat lines developed in Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture was carried out. The genes Lr9, Lr19, Lr24, Lr26, Lr34, LrSp were identified. The high effective Lr genes combinations were revealed in many studded wheat genotypes. 13 lines resistant to leaf rust have Lr-genes not identical known effective ones.

Key words: spring common wheat, leaf rust, resistance, Puccinia triticina, Lr-genes

УДК 633.111.1

НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

^{1,2}Утебаев М.У., ¹Дашкевич С.М., ¹Бабкенов А.Т., ²Боме Н.А.

¹Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева,
п. Шортанды-1, Казахстан

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Было определено содержание каротиноидных пигментов в зерне 27 сортов яровой мягкой пшеницы. Установлено, что накопление «желтого пигмента» составляет от 0,21 до 0,45 мг/100 г. Выявлена слабая корреляция с хлебопекарным параметром: объемом хлеба, которая составила 0,33.

Ключевые слова: каротиноидные пигменты, качество, селекция, хлебопекарная пшеница.

Хлебопекарная пшеница является основной сельскохозяйственной культурой, и при этом очень мало информации о ее потенциально полезных компонентах, таких как: антиоксиданты, витамины, микро- и макроэлементы, фенольные соединения.

Известно, что для нормальной жизнедеятельности человеку необходимы витамины, среди которых, одним из важнейших является витамин А или его природная форма β-каротин. Исследования показали, что продукты, богатые каротиноидами, уменьшают риск дегенеративных заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые заболевания; болезни, связанные с возрастными изменениями. Витамины также поддерживают здоровую кожу и зрение, что особенно важно при нынешнем темпе использования различных гаджетов и компьютеров [1]. Соответственно использование пищи, богатой каротином и каротиноидами является отличным средством предупреждения заболеваний. Установлено, что каротин, ингибируя действие фитатов, способствует более полному усвоению железа из пищи [2], и можно предположить, что каротин является профилактирующим средством от анемии.

Поэтому, основной целью растениеводства, является обеспечение населения высококачественными продуктами, в том числе целенаправленно обогащенными каротиноидами. Эта проблема может быть решена в рамках «Пищевого дизайна» - нового направления, ориентированного на получение продуктов питания с заданными или функциональными свойствами.

На сегодняшний день исследования по изучению и получению пшеницы с повышенным содержанием каротиноидов проводятся во многих странах мира: Германии [3], Пакистане [4], США, Китае [5], Чили [6], тогда как в

странах бывшего СССР информация о таких исследованиях встречается крайне мало.

На основе вышеизложенного, считаем, что изучение содержания каротиноидных пигментов в зерне мягкой пшеницы является чрезвычайно актуальной и важной задачей.

Материалом исследования служило зерно 27 сортов яровой мягкой пшеницы североказахстанской селекции урожая 2016 года. Каротиноидные пигменты экстрагировались водонасыщенным бутанолом-1 и фотокалориметрировались на КФК-3 при длине волны $\lambda=450$ нм в соответствии с ГОСТ Р 56576-2015. Хлеб, полученный методом лабораторной пробной выпечки из 100 г муки, оценивался по следующим параметрам: объем хлеба, формоустойчивость и пористость [7], общая хлебопекарная оценка [8].

Содержание каротиноидных пигментов в зерне изученных сортов пшеницы составило в среднем 0,34 мг/100 г (табл. 1). Выделились 5 сортов по высокому содержанию каротиноидных пигментов: Ишимская 88, Целинная юбилейная, Шортандинская 125, Шортандинская 2012 и Шортандинская юбилейная. Максимальное и минимальное содержание в изучаемых образцах составило 0,45 и 0,21 мг/100 г соответственно. При расчете корреляции содержания каротиноидных пигментов с другими характеристиками, выявлена невысокая положительная связь с объемом хлеба, которая составила 0,33.

Необходимо отметить что, образцы с высоким содержанием каротиноидов и по другим характеристикам имеют показатели выше среднего, что является важным фактором при отборе исходного материала на определенные признаки.

Таблица 1.

Биохимическая и хлебопекарная оценка сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт	Каротиноидные пигменты, мг/100 г	Объем хлеба, мл	Формоустойчивость, h/d	Пористость, балл	Общая хлебопекарная оценка, балл
Акмола 2	0,38	898	0,6	4,5	4,8
Акмола 3	0,37	786	0,5	4,3	4,5
Акмола 40	0,33	798	0,6	4,5	4,7
Астана	0,34	908	0,5	4,3	4,6
Астана 2	0,29	780	0,6	4,4	4,7
Асыл сапа	0,27	840	0,5	4,6	4,8
Байтерек	0,36	790	0,5	4,6	4,7
Достык	0,28	817	0,6	4,6	4,8
Ишимская 88	0,44	863	0,6	4,5	4,8
Ишимская 90	0,37	765	0,6	4,5	4,8
Ишимская 92	0,39	780	0,5	4,5	4,7
Карабалыкская 90	0,21	789	0,6	4,5	4,8

Карагандинская 22	0,22	791	0,6	4,7	4,9
Кенжегали	0,25	810	0,5	4,4	4,7
Орал	0,24	905	0,6	4,6	4,9
Солтустык	0,29	880	0,5	4,7	4,8
Тауелсыздық	0,36	810	0,5	4,4	4,7
Целинная 20	0,24	800	0,6	4,6	4,9
Целинная юбилейная	0,40	914	0,6	4,5	4,8
Шортандинская 95 улучшенная	0,37	880	0,6	4,5	4,8
Шортандинка	0,33	827	0,6	4,5	4,7
Шортандинская 125	0,43	870	0,6	4,4	4,8
Шортандинская 2012	0,40	853	0,6	4,6	4,8
Шортандинская 2014	0,36	843	0,7	4,5	4,8
Шортандинская 2015	0,36	790	0,6	4,6	4,7
Шортандинская 25	0,39	868	0,5	4,6	4,8
Шортандинская юбилейная	0,45	897	0,6	4,5	4,7
$x \pm S$	0,34±0,07	835±47	0,57±0,05	4,51±0,1	4,76±0,09
<i>Max</i>	0,45	914	0,6	4,7	4,9
<i>Min</i>	0,21	765	0,5	4,3	4,5
<i>CV, %</i>	20,2	5,5	9,5	2,3	1,9

Известно, что объем хлеба – является суммарным параметром, в котором отражаются все физические и биохимические признаки зерна, и влияние клейковинного комплекса здесь является доминирующим. По нашим данным каротиноидные пигменты имеют небольшую корреляцию с объемом хлеба. Тогда как при сравнительном анализе содержания каротиноидных пигментов и аллельного состава глиадинов [9] связь не выявлена. Все это говорит о достаточно сложном взаимодействии белковых и низкомолекулярных веществ. Поэтому изучение накопления и сохранения каротиноидных пигментов в зерне, муке и в готовых хлебобулочных изделиях поможет проводить целенаправленную селекцию пшеницы для получения новых функциональных продуктов питания.

Список литературы

1. Burkhardt, S., Boehm V. Development of a new method for the complete extraction of carotenoids from cereals with special reference to durum wheat (*Triticum durum* Desf) // J Agricultural and Food Chemistry. - 2007. - 55. - 21. P. 8295-8301.

2. García-Casal M.N., Layrisse M, Solano L, Barón MA et al. Vitamin A and β -Carotene Can Improve Nonheme Iron Absorption from Rice, Wheat and Corn by Humans // J. Nutr. -1998. - 1. - 128. - 3. - P. 646-650.
3. Ziegler J.U., Schweiggert RM et al. Lipophilic antioxidants in wheat (*Triticum* spp.): A target for breeding new varieties for future functional cereal products // J Funct Foods. - 2016.- 20. - P. 594-605.
4. Hussain A, Larsson H, Kuktaite R et al. Carotenoid Content in Organically Produced Wheat: Relevance for Human Nutritional Health on Consumption // Int. J. Environ. Res. Public Health. - 2015. - 12. - 11. - P. 14068-14083.
5. Qina X, Fischerae K, Dubcovsky J, Li T. Endosperm Carotenoid Concentrations in Wheat are Better Correlated with *PSY1* Transcript Levels than Enzyme Activities // Crop Science. - 2016. - 56. - P. 3173 – 3184.
6. Schulthess A, Schwember A,R. Improving durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum) grain yellow pigment content through plant breeding // Cien. Inv. Agr. – 2013. - 40. - 3. - P. 475-490.
7. ГОСТ 27669-88 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. - М.,1988. - 121 с.
9. Utebayev, M., Dashkevich, S., Babkenov, A. et al. Application of gliadin polymorphism for pedigree analysis in common wheat (*Triticum aestivum* L.) from Northern Kazakhstan //Acta Physiol Plant. - 2016. - 38. - P. 204.

УДК 631.52:633.13 (571.12)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ ОВСА В ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Фомина М.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; Иванова Ю.С., научный сотрудник; Шабанова О.А., научный сотрудник; Брагин Н.А., научный сотрудник.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН), Тюмень, Россия, e-mail:

maria_f72@mail.ru

Представлены результаты многолетней работы в зоне Северного Зауралья по изучению и использованию в селекционных программах коллекционного материала овса ярового, полученного из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И.Вавилова (ВИР). С целью выделения источников и доноров хозяйственно-ценных признаков в условиях северной лесостепи Тюменской области за 35-летний период было оценено 1746 коллекционных образцов овса ярового из 49 стран мира. Было выделено 244 источника с хозяйственно-ценными признаками, 67 из них были включены в гибридизацию. С участием выделенных источников было создано и передано в государственное

сортоиспытание 12 сортов, четыре из которых внесены в государственный реестр селекционных достижений.

Ключевые слова: коллекция, селекция, источники, сорт, образец, гибридизация.

Овес – одна из наиболее важных зерновых сельскохозяйственных культур на земном шаре. Селекционная проработка современных сортов овса достаточно высока. Вовлечение разнообразного, географически отдаленного исходного материала в селекционный процесс отвечает требованиям улучшения данной культуры [1]. Необходимость планомерного изучения исходного растительного материала по важнейшим культурным растениям с дальнейшим вовлечением в селекцию ценнейших форм отмечалась еще Н.И. Вавиловым [2]. Генетический фонд растительных ресурсов представляет собой материальную и интеллектуальную ценность, обеспечивающую продовольственную и экономическую безопасность страны. Сбор, изучение и сохранение генетических ресурсов – первостепенная задача научных учреждений, выполняющих селекционные исследования по созданию новых сортов [3].

Северное Зауралье – обширный регион с разнообразным почвенно-климатическим потенциалом. Существенное различие сельскохозяйственных зон по природно-климатическим условиям требует соответствующего подхода при подборе и создании сортов овса для каждого региона. Для успешного создания сортов, отвечающих требованиям производства и эффективно использующих природно-климатический потенциал, необходимо наличие разнообразного исходного материала. Огромные возможности для подбора исходных форм обеспечивает генетический банк ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И.Вавилова» (ВИР). Благодаря коллекции ВИР в условиях Северного Зауралья было изучено 1746 коллекционных образцов овса из 49 стран мира (табл. 1).

Таблица 1

Генофонд овса ярового, изученный в условиях Северного Зауралья
(1982-2017 гг.)

Видовой состав	Изучено образцов, шт.	Число стран - оригина-торов	Выделено источников ценных признаков, шт.	Включено в гибридизацию, шт.	Создано сортов, шт.
<i>A. sativa</i> L.	1566	49	194	59	12
<i>A. strigosa</i> Schreb.	15	7	5	-	-
<i>A. byzantine</i> C. Koch.	31	8	19	5	-
<i>A. sativa</i> × <i>A. byzantine</i>	132	25	24	1	-
<i>A. fatua</i> L.	2	1	2	2	-
Всего	1746	49	244	67	12

В результате проведенных исследований были выявлены основные закономерности формирования хозяйственно-ценных признаков у сортов овса разных групп спелости и определены лимитирующие факторы для данной зоны (среднесуточная температура воздуха и количество осадков в период вегетации). Было отмечено, что овес менее требователен к теплу ($r = - 0,68...- 0,78$) в первый межфазный период (всходы – выметывание), чем во второй (выметывание – восковая спелость) ($r = - 0,80...-0,95$). Относительно использования осадков весенне-летнего периода, необходимо отметить, что раннеспелые и среднеранние сорта были более чувствительны к недостатку влаги в период всходы - выметывание, чем среднеспелые и среднепоздние. Последние полнее использовали осадки второй половины вегетации (период выметывание – восковая спелость) [4]. Установлено влияние метеорологических факторов (среднесуточная температура воздуха, сумма эффективных температур, количество выпавших осадков, ГТК) на формирование урожая и качественных показателей зерна. Отмечена отрицательная роль высокой среднесуточной температуры воздуха в период вегетации ($r = - 0,11...- 0,53$) и ГТК первого межфазного периода ($r = - 0,37...- 0,99$) в формирование урожайности, а также положительная - суммы эффективных температур ($r = 0,11- 0,96$) и гидротермического коэффициента (ГТК) в период выметывание – восковая спелость ($r = 0,47 - 0, 79$).

Установлено, что формирование устойчивости к полеганию определялось не столько размерами частей стебля, сколько их соотношением. Отмечено, что чем выше отношение длины к диаметру у первого (l_1/d_1) и второго междоузлий (l_2/d_2), тем сильнее склонность к полеганию ($r_1 = - 0,39...- 0,98$; $r_2 = - 0,62...- 0,97$). Установлена тесная отрицательная связь устойчивости к полеганию с отношением длины соломины к диаметру первого междоузлия (Lc/d_1) ($r = - 0,70... - 0,91$).

Установленные связи между отдельными показателями структуры и их влияние на урожайность показали, что продуктивность овса в зоне Северного Зауралья формировалась, в основном, за счет массы зерна с растения ($r = 0.33- 0.72$). Ведущим элементом продуктивности метелки было количество зерен. Данные показатели и определяли направление отбора в процессе селекции.

Проведенные исследования позволили выделить источники хозяйственно-ценных признаков, необходимые для селекционной работы и разработать основные параметры модели сортов овса пленчатого и голозерного типа для данного региона. Лучшие образцы после детального изучения вовлекались в скрещивания и использовались для формирования рабочей коллекции.

Большинство сортов и перспективных селекционных линий, созданных в условиях Северного Зауралья, берут начало из генетического банка Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И.Вавилова (ВИР), в том числе и сорта, внесенные в государственный реестр селекционных достижений: Мегион (Нарымский 943 × Пшебуй II), Талисман (Flamingsnova × Метис), Отрада (WW 170079 × Рс 39) × (Mutica 600 × Risto), Фома (WW 170079 × Рс 39) × (Mutica 600 × Risto) (табл. 2).

Таблица 2

Происхождение сортов овса, созданных в зоне Северного Зауралья

Сорт	Происхождение	Годы	
		государственного испытания	регистрации в государственном реестре селекционных достижений
Тюменский 82	Risto × Forward	1982-1984	
Вагай	И. о. Forward	1985-1987	
Мегион	Нарымский 943 × Пшебуй II	1990-1993	1993
Сезаир	Toral × Nerva	1995-1997	
Талисман	Flamingsnova × Метис	1999-2001	2002
Мальш	(Омсий 85-3170 × Иртыш 13) × (Иртыш 10 × Перона)	2001-2003	
Журавленок	Алтайский 85-1130 × Вагай	2002-2004	
Шансон	Blendohavre × Elgin	2004-2006	
Боец	Тюменский 82 × Endspurt	2010-2012	
Отрада	(WW 170079 × РС 39) × (Mutica 600 × Risto)	2011-2013	2013
Фома	(WW 170079 × РС 39) × (Mutica 600 × Risto)	2013-2015	2015
Тоболяк *	Таежник × Орион	2018	

- сорт включен в государственное сортоиспытание с 2018 г.

Список литературы

1. Лоскутов И.Г. Овес (*Avena L.*). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. – СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2007. 336 с.
2. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений. – Л.: Наука, 1987. 440 с.
3. Лихенко И.Е. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений / И.Е. Лихенко, Г.В. Артёмова, П.И. Степочкин, А.Я. Сотник, Е.Г. Гринберг// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. -2014. - № 5. – С. 35-41.
4. Фомина М.Н. Развитие селекции в Северном Зауралье с использованием генофонда мировой коллекции ВИР / М. Н. Фомина// Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР. - 2009.- Т. 165.- С. 134-137.

USE OF THE GENE POOL OF THE VIR WORLD COLLECTION FOR CREATION OF GRADES OF OATS IN THE ZONE OF THE NORTHERN TRANS-URAL REGION

*Fomina Maria Nikolaevna, Ivanova Yulia Semenovna,
Shabanova Olga Alekseevna, Bragin Nikolay Alexandrovich.*

*Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region - Branch of
Federal State Institutions Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of
the Russian Academy of Sciences (SRIA for NTUR – Branch of Tyumen Scientific Centre SB RAS),
Tyumen, Russia;
e-mail: maria_f72@mail.ru.*

The results of long-term work in the zone of the Northern Trans-Ural region on the study and use in collection programs of the oats spring collection material, obtained from N. I. Vavilov All-Russian institute of plant genetic resources (VIR). In order to identify the sources and donors of economic-value traits in the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region over a 35-year period, 1746 collection samples of spring oats from 49 countries of the world were estimated. 244 sources with economically valuable traits were isolated, 67 of them were included in the hybridization. With the participation of the allocated sources, 12 varieties were created and handed over to the state variety testing, four of which were included in the state register of breeding achievements.

Key words: collection, selection, sources, variety, sample, hybridization.

УДК 633/635 575.2 581.4 581.192

**КАЙ-ЛАН (BRASSICA ALBOGLABRA) – ОСОБЕННОСТИ
МОРФОЛОГИИ, ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА И
БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА**

*Фотев Ю.В., к.с.-х.н., с.н.с. ФГБУН Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН, г.
Новосибирск, Россия,
fotev_2009@mail.ru.*

*Приведены результаты оценка параметров роста и развития, SSR анализа, электронно-микроскопического исследования поверхности пыльцы и семян, биохимического состава, содержания макро- и микроэлементов в стеблевой части растений 8 образцов кай-лан или китайской брокколи (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*), выращенных в условиях необогреваемой пленочной теплицы ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск (54°49'33" с. ш. 83°06'34" в. д.) и фитотрона. При исследовании поверхности семенной кожуры (спермодермы) семян видов рода *Brassica* L. установлено сходство крупной ячеистости поверхности семян *B.oleracea* var. *alboglabra* (сортобразец “Siji Xianggu jie lan” (“SX”) с семенами *B.oleraceae* var. *capitata* f. *alba*, св. “Слава. Растения кай-лан характеризуются коротким периодом от всходов до технической спелости (49-54 дня), характеризующейся утолщением стебля и переходом растений к бутонизации. В результате молекулярно-генетического скрининга 5 SSR маркерами (Na10D09, O112F02, Ra2E12, BC 7 и BC 65) наибольший полиморфизм был при скринировании исследуемого материала маркером BC 7 - пять аллелей размером от 160 до 295 п.н. Стеблевая часть *B. oleracea* var. *alboglabra* является достаточно хорошим источником витамина С, накапливая 32-46 мг%, также отличаясь повышенной концентрацией К, Са, Mg и Си.*

*Ключевые слова: Китайская брокколи; *Brassica oleracea* var. *alboglabra*; морфология; электронная микроскопия; SSR анализ; биохимический состав.*

Среди всего разнообразия капустных культур, выращиваемых в России, кай-лан или китайскую брокколи – *Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* (L.H.Bailey) Musil. (Syn.: *Brassica alboglabra* L.H. Bailey) в полной мере можно отнести к малораспространенным в России видам овощных растений. Растение характеризуется утолщенным стеблем с небольшим числом мелких цветочных головок, сходных с капустой брокколи, листьями овальной формы с голубовато-зеленой окраской и обычно белой окраской лепестков цветка, достигает высоты 0,4 м в вегетативной стадии и 1-2 м к концу цветения [1]. В КНР эта культура выращивается, преимущественно, на юге – в провинциях Гуандун, Юньнань и Гуанси. В пищу используют цветonoсные побеги и молодые листья этой культуры. Обычно нежные побеги тушат в растительном масле, иногда с добавлением имбиря и чеснока. Вид используется в меж- и внутривидовой гибридизации [2], для картирования QTL [3]. Его таксономическое положение требует уточнения [4]. Китайская брокколи является ценным источником антиоксидантов и веществ, обладающих антикарциногенным действием.

Целью исследования было оценить морфометрические показатели роста и развития сортообразцов китайской брокколи, провести электронно-микроскопическое исследование пыльцы и спермодермы семян, оценить биохимический состав, в том числе содержание макро- и микроэлементов, а также полиморфизм при скринировании исследуемого материала SSR маркерами.

Материал и методы исследования. В качестве объекта исследований использовали семена и растения 8 образцов китайской брокколи *B. oleracea* L. var. *alboglabra* Bailey из коллекции ЦСБС СО РАН (Siji Xianggu jie lan =“SX”) и ВИРа. Сортообразец “SX” находился в изучении в 2012 - 2016 гг. при выращивании в условиях необогреваемой пленочной теплицы ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск (54°49'33" с. ш. 83°06'34" в. д.), остальные образцы – в течение 2017 г. в условиях фитотрона ВИРа при температурном режиме 18-20°C; освещенность – 5000 люкс; фотопериод – 12 часов. Морфометрические показатели замеряли на 55 день после массовых всходов. Для электронно-микроскопического исследования использовали пыльцу и семена сортообразца “SX”, электронный сканирующий микроскоп HITACHI TM-1000. Для выделения ДНК использовали модифицированный метод Д.Б.Дорохова и Э.Клоке, 1997 [5]. В исследовании были использованы 5 SSR маркеров (Na10D09, O112F02, Ra2E12, BC 7 и BC 65), генетически сцепленных с хозяйственно ценными биохимическими и морфологическими признаками. Общее содержание некоторых макро- и микроэлементов и тяжелых металлов определяли с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра.

Результаты и обсуждение. В условиях пленочной необогреваемой теплицы ЦСБС СО РАН продолжительность периода от всходов до технической спелости, характеризующейся утолщением стебля китайской брокколи и переходом растений к бутонизации, у сортообразца “SX”, составляет 49-54 дня. Наибольшим диаметром товарной части стебля отличались формы вр.к-1076, вр.к-1117 и “SX”. При среднем показателе массы товарной части стебля для всех образцов кай-лан, изучавшихся в условиях фитотрона - 92,6 г, наибольшая масса ($111,2 \pm 10,5$ г) была достигнута у формы *Kuaida siji Jielan* (к-618). В условиях пленочной необогреваемой теплицы этот же показатель у образца “Siji Xianggu jie lan” достиг $228,1 \pm 23,0$ г. Установлена тесная корреляционная связь между наибольшим диаметром стебля и длиной черешка листа ($r=0,87$, $p < 0,001$), а также между длиной черешка листа и массой товарной части стебля ($r=0,77$, $p < 0,001$).

Результаты анализа морфометрических данных методом главных компонент (Рисунок 1 а, б) показали разделение образцов по первым двум главным компонентам, обусловившим 79% общей дисперсии данных. Расположение переменных анализа, т.е. морфометрических показателей, в плоскости первых двух главных компонент, позволяет связать это различие в первую очередь с такими значимыми характеристиками, как диаметр стебля и его масса, длина черешка, наличие (длина) выроста листа. Использование корреляционной матрицы показало, что в первую группу вошли сортообразцы к-144, к-618, вр.к-1075, вр.к-1076 и вр.к-1252, во вторую - к-144 и к-447, в третью (несмотря на условность сравнения образца, выращенного в других условиях) – “SX”. Тесно коррелировали между собой в группе признаки: наибольший диаметр стебля, длина черешка, наличие (длина) выроста листа и масса товарной части стебля. Также тесную взаимосвязь наблюдали в парах признаков: длина и ширина листа, толщина стебля на уровне корневой шейки и отношение длины к ширине листа. Независимо от других были распределены признаки: высота растений и число листьев на растении.

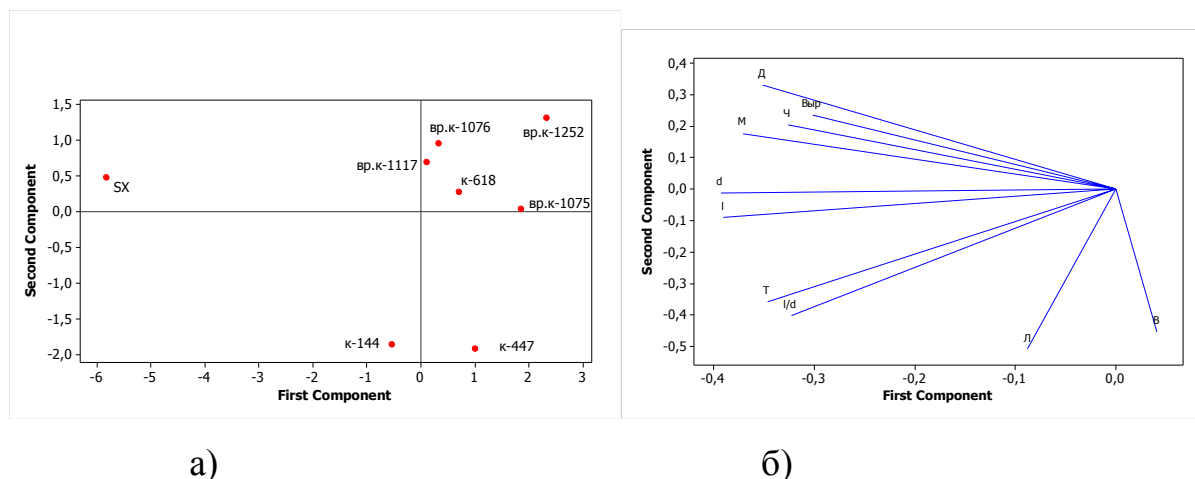


Рисунок 1. Анализ методом главных компонент матрицы данных с сортообразцами китайской брокколи в качестве объектов (а) и морфометрическими показателями растений (б) в качестве переменных анализа: расположение переменных в плоскости первых двух главных компонент. Обозначения: В - высота растения, Л - число листьев, l и d - длина и ширина листа, l/d - отношение длины листа к его ширине, Т - толщина стебля на уровне корневой шейки, Д - диаметр стебля, Ч - длина черешка листа, Выр - наличие (длина) выроста листа; М - масса товарной части стебля.

В результате молекулярно-генетического скрининга 5 SSR маркерами 8 образцов китайской брокколи уровень полиморфизма составил 15 полиморфных фрагментов размером от 139 до 295 пар нуклеотидов. Наибольший полиморфизм был при скринировании исследуемого материала маркером ВС 7, связанного с количеством листьев, пять аллелей размером от 160 до 295 п.н. При электронно-микроскопическом исследовании пыльцы отмечено формирование в пыльниках кольчатой пыльцы эллипсоидного очертания, размером $32,9 \pm 0,76$ x $17,8 \pm 0,42$ мкм, характеризующейся фовеолятной орнаментацией, с соотношением длины к диаметру 1,85. При исследовании поверхности семенной кожуры (спермодермы) семян видов рода *Brassica* L. установлено сходство крупной ячеистости поверхности семян *B.oleracea* var. *alboglabra*, "SX" с семенами *B.oleraceae* var. *capitata* f. *alba*, 'Слава'. Семена экзотестального типа. Отмечено резкое отличие семенной кожуры этих образцов от форм *Brassica rapa* (ssp. *pekinensis* и ssp. *chinensis*).

Китайская брокколи накапливает в продукционной фитомассе (стебель) довольно много азота, фосфора, калия и кальция, причем атомные отношения элементов оказались относительно узкими (C/N=8,5; C/P=121 и N/P=16), что делает нетоварную фитомассу этой культуры хорошим материалом для компостирования, мульчирования и т.п. Содержание других элементов близко к значениям, полученным ранее в других исследованиях, за исключением калия, которого в фитомассе "SX" оказалось почти в 2 раза больше, и цинка, которого было в среднем в 5 раз меньше. Повышенным содержанием аскорбиновой кислоты отличались формы к-618 и к-144, накапливавшие ее 44 ... 46 мг% или

на 16 ... 23% больше, по сравнению со средним значением по образцам. Данный показатель несколько выше его референтного значения (29,6 мг%), приведенного на сайте Американского департамента сельского хозяйства (USDA) [6]. Высокое отношение суммы сахаров к кислотности говорит в пользу благоприятных органолептических показателей этого вида капусты. Повышенным на 9 ... 31%, относительно других образцов, содержанием хлорофилла а и b, каротиноидов, каротинов, в том числе β-каротина, отличалась желтоцветковая форма к-447.

Заключение. Полученные данные по морфометрии пыльцы и поверхности семян данного вида близки к аналогичным показателям у вида *Brassica oleraceae* L., полученным другими исследователями, что подтверждает статус данного вида капусты в качестве разновидности *B.oleraceae* L. Результаты проведенного исследования показали ценные биохимические качества китайской брокколи: повышенную концентрацию К, Са, Mg и Cu, высокое содержание аскорбиновой кислоты и сахаров. Достаточно короткий период от всходов до потребительской спелости (49 ... 54 дня) вместе с возможностью ведения семеноводства в течение одного вегетационного периода можно рассматривать как основу для позиционирования этой малораспространенной разновидности капусты в качестве перспективной культуры для овощеводческой отрасли Российской Федерации.

Список литературы

1. Plant Resources of South-East Asia/ Brassica oleracea Chinese Kale (PROSEA). – 2016. URL: [http://uses.plantnet-project.org/en/Brassica_oleracea_Chinese_Kale_\(PROSEA\)](http://uses.plantnet-project.org/en/Brassica_oleracea_Chinese_Kale_(PROSEA)) (дата обращения: 01.03.2018)
2. Bothmer R., Gustafsson M., Snogerup S. Brassica sect.Brassica (Brassicaceae) II. Inter- and intraspecific crosses with cultivars of B. oleracea // Genet. Resources Crop Evol. – 1995. – V.42, N 2. – P.165-178.
3. Guihua L., Guiquan Z., Yan Z., Kai L., Tingyao L., Hancai C. Identification of quantitative trait loci for bolting and flowering times in Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) based on SSR and SRAP markers// J.Hort.Sci.Biotech. – 2015. – V.90, N6. – P.728-737.
4. Артемьева А.М., Клоке Э., Чесноков Ю.В. Анализ филогенетических связей вида *Brassica oleracea* L. (Капуста огородная) // Вестник ВОГиС. – 2009. – Т.13, № 4. – С. 759-771.
5. Дорохов Д.Б., Клоке Э. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов // Генетика. – 1997. – Т. 33. № 4. – С. 358-365.
6. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016. Agricultural Research Service/ USDA, 2016. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3602?manu=&fgcd=&ds=> (дата обращения: 01.03.2018).

KAI-LAN (*BRASSICA ALBOGLABRA*) – MORPHOLOGICAL FEATURES, GENETIC POLYMORPHISM AND BIOCHEMICAL COMPOSITION

Fotev Y.V., Central Siberian Botanical Garden, Novobirsk, Russia, fotev_2009@mail.ru.

The results of estimation of growth and development parameters, SSR analysis, electron microscopic examination of the surface of pollen and seeds, biochemical composition (ascorbic acid, carotenoids, carotenes, macro- and microelements content in the stem part of plant) of 8 Chinese broccoli, Brassica oleracea var. alboglabra samples grown in the unheated greenhouse of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk (54°49'33" N, 83°06'34" E) and phytotron of N. I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR) have been presented. Through the study, the large surface cellularity of B.oleracea var. alboglabra (cv. "Siji Xianggu jie lan" ["SX"]) seeds was similar with seed coat surface of B.oleraceae var. capitata f. alba cv. "Slava". The duration of the period from emergence stage to thickening of a stalk and flower-bud formation of cv. "SX" continued for 49-54 days, As a result of molecular screening of Chinese broccoli using 5 SSR markers (Na10D09, OI12F02, Ra2E12, BC 7 u BC 65) the greatest polymorphism was in the test with the BC 7 marker - five alleles from 160 to 295 bp in size. The stem part of B. oleracea var. alboglabra is a fairly good source of vitamin C, accumulating as much as 32-46 mg/100 g, and also increased concentration of K, Ca, Mg and Cu.

Key words: Chinese broccoli; Brassica oleracea var. alboglabra; SSR analysis; plant morphology; scanning electron microscopy, pollen, seeds, biochemical composition.

УДК-634.7

RESULT OF COMPARATIVE STUDY ON STRAWBERRY (*FARAGARIA ANNASA DUCH.*)'S VARIETIES

Khandsuren D¹- doctor (Ph.D), ass. Professor, Altangoo²- doctor (Ph.D)

¹Mongolian University of Life Sciences,

² Institute of Plant and agricultural Sciences

E-mail: khandsuren@mul.s.edu.mn

Growth and development of strawberry is going normally at polyethylene green house with 3358.8⁰C active temperature sum in central cropping region; that shows that it is possible to grow strawberry in other regions.

Key words: Strawberry, nodule daughter plants, sowing materials, varieties

Legal environment for Fruit and berry husbandry consist of Mongolian Government resolution Nr. 237 (1991), "Green revolution" program of the Mongolian Government (1991-2001), "Fruit and berry" project of the Ministry of Food and Agriculture. It's stated that development of fruit husbandry at farm and household level is necessary.

Specially, as result of "Green revolution" program, growing field and yield is increasing since 2001, continuously. Fruit and berry field quantity reached to 3880-hectare yield amount reached 3246.7ton in 2010; yield was increase by 4.6 times compare 2010 with 1990.

As an increasing demand of selecting and growing fruit and berry varieties, gaining abundant yield, the need of intensified, adapted fruit and berry husbandry, which is adapted to regional soil and climate condition, with high value of biology

and husbandry; and provision of fruit and berry husbandry by highly qualified, healthy seedling is growing.

There are two types remontant and normal (big fruited) varieties of strawberry are grown worldwide.

Therefore, to increase types of various high nutritious fruits and berries, introduction of strawberry varieties, propagation of healthy and highly qualified seedlings, and development of strawberry farming are the facing issues to fruit and berry husbandry.

Research aim and goals. It is important to grow strawberry in protected soil in Mongolian cold, dry, arid condition. Therefore, our study's aim is to conduct a comparative study on biological characters of foreign varieties and samples; to select the most adaptable variety in polyethylene greenhouse; to reveal growth regulator's effect on varieties yield and seedlings' propagation.

For achieving this aim we've implemented following objectives in our study. Therein:

1. To compare and reveal the biological characters of strawberry varieties in condition of polyethylene greenhouse,
2. To determine chlorophyll content in leaves of strawberry varieties,
3. To assess drought resistance of some varieties of strawberry,
4. To determine impact of growth regulator on yield and seedlings quantity of strawberry varieties.

Result and discussion. Strawberry's regrowth has started in the polyethylene greenhouse condition, when the day's mean temperature has reached up to 19-20°C and its leafing was evenly. As a result of our study, leafing of varieties were continued on 22-26th April, remontant varieties *Bors*, *Ostara*, *Flamenco* were leafing earlier by 3-4 days, normal varieties *Maxim*, *Polka* were leafing earlier by 4 days in comparison to control variety, respectively. In case of increased usable temperature sum in the greenhouse from 115.6 to 138.0°C, the condition is letting the start of flowering for strawberry varieties.

In Mongolian condition, flowering of chosen strawberry varieties were starting in the first decade of May. Among them remontant *Sulhyang*, *Albion* varieties and normal variety *Polka* had flowered earlier by 2-3 days than the control variety. They were evenly flowering in 6-8 days.

Active temperature sum above 10°C degrees were 1899°C in 2013, 1843.6°C in 2014, 1901.5°C in 2015 at the beginning of flowering of strawberry varieties; that shows that temperature supply is sufficient for growing strawberry in greenhouse in Mongolian extreme climate condition.

Period of fruitfulness strawberry varieties, (2013-2015)

Table1.

origin of the varieties	Varieties	Start period of fruiting	Remontant		The end of the fruit	Fruity period, days
			dormancy	Second period of fruiting		
Remontant varieties of strawberry						
USA	<i>Albion</i>	22.V	28.VI- 22.VII	VII.22	IX.30	102
	<i>Aromas</i>	23.V	28.VI- 23.VII	VII.24	IX.24	95
Canada	<i>Bors</i>	25.V	28.VI- 22.VII	VII.28	IX.26	91
Holland	<i>Flamingo</i>	26.V	30.VI- 20.VII	VII.23	IX.30	101
	<i>Ostara</i>	24.V	26.VI- 22.VII	VII.24	IX.26	94
Korea	<i>Seolhyang /standard/</i>	25.V	28.VI- 22.VII	VII.28	IX.29	94
	<i>Sulhyang</i>	24.V	30.VI - 20.VII	VII.21	IX.30	105
Normal varieties of strawberry						
Holland	<i>Polka</i>	5.VI	-	-	28.VI	23
	<i>Maxim</i>	4.VI	-	-	24.VI	20

First fruiting of remontant varieties was started in the 3rd decade of May, but fruiting of normal varieties was in the 1st decade of June. Normal varieties have medium maturity; therefore, their fruiting was observed later. First fruiting of remontant varieties was continuing in average 34 days. If see by variety, *Albion* variety's fruiting continued for 36 days, *Aromas* 35, *Bors* 33, *Flamenco* 34, *Ostara* 32, *Seolhyang* 33, *Sulhyang* 36 days, respectively.

Pecularity of yeild formation of strawberry varieties. Yield of remontant strawberry varieties was fluctuating between 0.85 and 1.71kg/m² in average during study years. But normal varieties gave 0.60-0.75kg/m² yield, this is relative low yield compare to remontant strawberry varieties, this is connected to their biological character. Among remontant strawberry varieties, the American *Albion* variety gave the maximum yield 1.71kg/m² yield.

Korean *Sulhyang* variety, which was selected as a progressive variety, gave higher yield per bush by 85.77gr than the control variety. Among remontant varieties, *Aromas* variety had higher value (23.65gr) for one fruit's average weight by 13.85gr, *Albion* (19.85gr) higher by 10.05gr than the control variety; the other varieties had close values to control variety. An average value of yield per bush is fluctuating between 102.29 and 280.0 gr. Yield per bush of each varieties was positively and

strongly correlated ($r= 0.97$) with total yield. But the mean weight of single fruit was weakly correlated ($r=0,09-0,11$) with average value of yield per bush.

Biochemical and technological characters of strawberry varieties, (2013-2015)

table2.

origin of the varieties	varieties	Vitamin C, mg/%	Sugar, %	Dry substance,%	Acid, %
USA	<i>Albion</i>	68.4	10,6	9.8	1.0
	<i>Aromas</i>	81.0	8.5	7.5	1.5
Canada	<i>Bors</i>	72.0	7.8	6.9	1.1
Holland	<i>Flamingo</i>	72.2	9.6	8.4	1.2
	<i>Ostara</i>	58.6	7.2	7.0	1.3
Korea	<i>Seolhyang</i>	68.3	8.0	8.4	1.3
	<i>/standard/</i>				
Holland	<i>Sulhyang</i>	70,5	10.3	8.7	1.2
	<i>Polka</i>	70.6	7.2	6.7	1.0
	<i>Maxim</i>	73,5	7.7	6.5	1.4
Average		70,5	8.5	7.7	1.2

The quality assessment of fruit was fluctuated between score of 13.5 and 16.8, the best varieties were *Albion* variety with 16.5 score, *Sulhyang* variety 16.8, *Flamenco* variety 16.4 score, respectively. Sugar content was 7.2-10.6%, *Albion*, *Flamenco*, *Sulhyang* varieties had more sugar by 1.6-2.6% than the control variety. Vitamin C content was fluctuated between 58.6 and 81.0 mg%, and *Aromas*, *Maxim* varieties had more vitamin C content by 7.5-12.7 mg/% than the control variety, respectively.

Result of quality impact study of sowing materials on yield of strawberry varieties. First daughter plant has good development, but next 2nd, 3rd and 4th daughter plants have weaker development, consequently. For studying this difference, we have assessed quality effectiveness of seedlings. First runner was emerging at the beginning of April, daughter plants of 1st and 2nd nodules of runners were rooting at 2nd decade of June, but daughter plants of 3rd and 4th nodules were rooting at the end of July.

Crown diameter of daughter plant, mm
(2015-2016)

Table3.

Varieties	Daughter plant			
	I	II	III	IV
<i>Albion</i>	17.7±0.28	11.82±0.27	9.4±0.35	6.03±0.30
<i>Aromas</i>	14.55±0.74	12.85±1.77	13.4±1.17	5.9±0.9
<i>Bors</i>	12.2±0.28	8.25±0.34	5.31±0.15	5.2±0.43
<u>Flamengo</u>	13.99±0.44	13.92±0.47	13.43±0.47	7.90±0.78

<i>Seolhyang</i> /standard/	13.7±1.01	12.9±0.26	12.85±0.26	12.55±0.27
<i>Sulhyang</i>	16.42±0.22	13.30±0.34	9.69±0.30	6.55±0.22
Average	14.76±0.49	12.17±0.57	10.68±0.35	7.35±0.48

Crown diameter of daughter plant, which formatted on the 1st nodule, was 14.76±0.49mm in average, it was for 2nd nodule daughter plant was lower than 1st daughter plant by 1.59±0.92 mm, 3rd nodule daughter plant was lower by 4.08±0.14mm, 4th nodule daughter plant was lower by 7.41±0.01, respectively. This says that sequence of daughter plants is influencing on crown diameter. 1st and 2nd nodule daughter plants can root early; this gives possibility of gaining good seedling material to us.

To compare crown diameters of 1st nodule daughter plants, *Sulhyang* variety had higher diameter by 4±0.27mm, *Albion* variety had higher diameter by 1.72±0.21mm than the control variety.

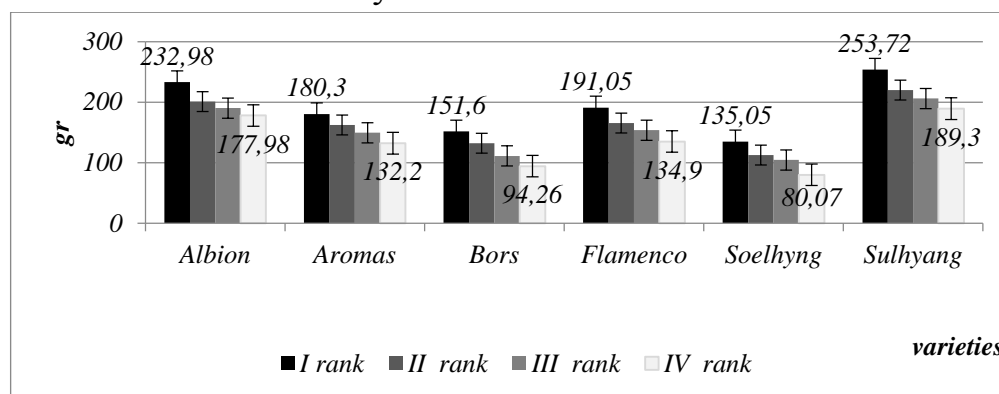


Figure 1. Nodule daughter plants

To compare yield of 1st and 2nd nodule daughter plants, yield of 1st nodule daughter plant of *Sulhyang* variety was higher by 118.67±1.62gr, yield of *Albion* variety was higher by 97.93±7.16gr, and yield of *Flamenco* variety was higher by 55±9.93gr than the control variety, respectively. But comparing of 2nd nodule daughter plants, *Sulhyang* variety's yield was higher by 109.95±1.53gr, *Albion* variety's yield was higher by 88.02±7.19gr, *Flamenco* variety's yield was higher by 52.55±2.53 than the control variety, respectively. But the yield of 2nd nodule daughter plants was slightly lower than yield of 1st nodule daughter plants.

Result of growth regulators' impact study on yield of strawberry varieties. We've studied effect of growth regulator on four remontant varieties, growth regulators circon 0.9mkl/m², Energy-M 50mg/m², getero-auksin 120mg/m² were sprayed two times at budding and at the beginning of flowering stages.

Varieties	Control	Regulator		
		Circin	Energy M	Getero-Auksin
<i>Seolhyang</i>			1.20±0.10	1.32±0.15
<i>/standard/</i>	1.00±0,0	1.30±0,12		
<i>Sulhyang</i>	1.50±0.19	2.80±0.20	1.70±0.18	2.50±0.13
<i>Flamingo</i>	1.3±0.06	1.10±0.08	0.90±0.03	1.00±0.0
<i>Bors</i>	1.00±0.0	1.80±0.14	1.20±0.10	1.70±0.11
Avarage	1.26±0.25	1.75±0.13	1.25±0.10	1.62±0.09

Mean value of yield with growth regulator circon was **1.75±0.13**kg/m² this was higher by 0.48±0.88kg/m², yield of variant with getero-auksin was **1.62±0.09** kg/m², this was higher by 0.35±0.84 kg/m², yield of variant with Energy-M was equal to the control variant's yield. Variants with growth regulator circon gave higher yield than the control variant, *Seolhyang* gave higher yield by 0.30±0.12, *Sulhyang* 1.30±0.10, *Flamenco* 0.20±0.02, *Bors* 0.8±0.14, respectively.

As result of our study *Sulhyang* variety gave higher yield by 0.2-1.3kg/m² in all variants and selected as the best variety. We've observed the possibility of improving quantity of seedlings by 6-13 pieces due to growth regulator's usage.

Summary

1. *Sulhyang* variety gave 1.7kg/m² yield, *Albion* variety gave 1.4 kg/m² yield, *Flamenco* variety gave 1.42 kg/m² yield and they are selected as the best varieties.
2. The regrowth and leafing observed between 20th and 28th April, flowering has started in the second decade of May; flowering continued for remontant varieties for 15-20 days; fruiting continued for 91-105 days but it continued 20-23 days for normal varieties, respectively.
3. According to the biochemical analysis, *Albion*, *Flamenco*, *Sulhyang* varieties had more sugar by 1.6-2.6% than the control variety, *Aromas*, *Maxim* varieties had more vitamin C content by 7.5-12.7 mg/% than the control variety, respectively.
4. In variant of with growth regulator circon, *Sulhyang* variety gave 480,3gr/bush yield, *Flamenco* variety 378,0gr/bush, *Bors* 310,3 gr/bush, *Seolhyang* 220,3gr/bush and their yield quantity were more by 54.3-230.3 gr/bush than the control variety. This shows that the certain growth regulator has possibility of improving the yield quantity by 0.2-1.3kg/m².
5. According to the drought resistance assessment, *Maxim* variety got 2 score- drought resistant; *Bors*, *Ostara* varieties got 3 score – they are classified as medium drought resistant varieties.

Reference

1. Altangoo G., Oyungerel D., Battumur S., Gantuya D. "Study result of drought resistant strawberry varieties in greenhouse condition" // International journal of research studies in

- science engineering and technology Volume 3, ISSN-476X Impact factor-1.063. 2016. 43-45 p.
2. Галиулина А.А. “Эколого биологические особенности выращивания сортов *Fragaria x ananassa Duch* в условиях лесного предуралья” // Автореферат. Оренбург, 2011.
 3. Линник Татьяна Александровна. “Повышение эффективности способов размножения сортов земляники садовой (*Fragaria x ananassa duch*) характеризующихся низкой усообразующей способностью” // Диссертаци. Москва, 2014.
 4. Мажоров Е.В. “Исходны материал для селекций земляники на высокой содержание в ягодах основных химических веществ” // Науч-техн, бюл. ВИР. 1991. 83-86 с.
 5. Мичурина И.В. “Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур”. Мичуринск, 1980. 495 с.

УДК 576.311.31, 57.088.1

**ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ
КРАХМАЛА - ШАГ НА ПУТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
СВОЙСТВАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Хлесткин В.К.^{1,2}, к.х.н., старший научный сотрудник, Эрст Т.В.¹ аспирант, Гвоздева Л.М.¹ аспирант, Хорошавин Ю.А.²- студент*

*¹Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия*

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

** e-mail: khlestkin@bionet.nsc.ru*

Рациональное управление свойствами природного сырья уже на этапе его выращивания позволит оптимизировать его дальнейшее выделение, очистку, первичную обработку, повысит его практический выход и облегчит последующую переработку в конечный продукт. Одним из вариантов такого управления является получение растений с оптимальной настройкой генных сетей биохимического синтеза целевых химических соединений и/или содержащих их биологических органелл, способствующей их выделению и переработке. В частности, получение картофельного крахмала с заданными характеристиками является важной и актуальной задачей, связанной как с пищевой индустрией, так и с целями химической и биохимической перерабатывающих промышленности. В данной работе на серии отечественных сортов и гибридов картофеля отработываются методы тестирования основных биохимических свойств картофельного крахмала, отбираются контрастные по этим свойствам формы, оценивается возможная связь этих свойств с генами биосинтеза крахмала.

Ключевые слова: картофельный крахмал, морфологические признаки, амилоза, амилопектин, содержание фосфатных групп, резистивный крахмал.

В связи с возрастающую важностью возобновляемого растительного сырья для мировой экономики растет актуальность и ценность методов работы

с таким сырьем. Растения становятся источниками ряда новых материалов - композитов, волокон, углеродных материалов, новых «строительных блоков» для химической промышленности, лекарственных средств и микро- и наноустройств для их доставки [1]. Растущим на этом базисе отраслям важно обеспечить себя надежными регулярными источниками сырья со строго определенными свойствами. Поэтому наряду с агротехнологиями выращивания и методами переработки биомассы идет работа над тонкой настройкой генетических сетей значимых растений с целью оптимизировать их работу так, чтобы повысить эффективность использования вложенных энергетических и материальных ресурсов, а также обеспечить на выходе сырье с требуемыми заданными параметрами.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является значимым источником качественного крахмала, доступного и экономичного сырья как для пищевой, так и для перерабатывающей промышленности.

Нативный картофельный крахмал представляет собой овальные гранулы со средним размером в пределах 30 – 50 микрон. В состав гранулы крахмала входят два типа полимерных биомолекул – полисахариды амилоза и амилопектин в соотношении примерно 25:75. Оба полисахарида являются полимерами глюкозы, линейным (амилоза) и разветвленным (амилопектин). Такое устройство крахмала дает возможность предположить целый ряд его молекулярных параметров, влияющих на конечные практически важные для промышленности свойства: выход крахмала, кристалличность гранул, морфологические признаки гранул, соотношение амилоза/амилопектин, молекулярные веса полисахаридов, разветвленность амилопектина, содержание фосфатных групп.

«Сборку» гранулы крахмала в пластиде осуществляет небольшое количество ферментов [2]. Это несколько крахмалосинтаз (SSI-IV, GBSS), разветвляющие ферменты (SBEI и SBEII), глюкан-Н₂О-дикиназа (GWD), и несколько ферментов, ответственных за отделение и присоединение олигомерных сахаридов к растущим полимерным цепям.

Кроме этого, было показано, что в геноме картофеля имеется целый ряд локусов, также связанных с биохимическим строением и составом полисахаридов крахмала [3], но роль этих локусов в рассматриваемых процессах пока не выяснена.

В настоящее время нами впервые проводится комплексная работа по фенотипированию широкого ряда сортообразцов картофеля отечественной селекции, а также нескольких сортов зарубежной селекции, по биохимическим параметрам крахмала с целью проведения ассоциаций «геном – признак» и разработки маркеров для высокотехнологичной селекции.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В исследовании задействованы 92 сорта картофеля: 60 из них – это сорта и гибриды, участвующие в эколого-географических испытаниях (ЭГИ) в 2017 году [4]. Из них – 58 сортов и гибридов российской селекции и 2 сорта-голландской селекции. Остальные 36 сортов и гибридов - из коллекции «ГенАгро» ФИЦ ИЦиГ СО РАН. Одновременно отбирались здоровые клубней для получения и исследования крахмала. Из числа здоровых клубней каждого сортообразца (от 100 до 300 штук) отбрасывались по 25% самых крупных и самых мелких, из оставшихся 50% отбирались по пять клубней с видом и морфологией, типичными для данного сорта. Выделение крахмала и тестирование биохимических признаков проводилось по разработанным нами или стандартным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования представлены в деталях в нескольких презентациях. Так, были разработаны и применены к крахмалу исследуемых сортов картофеля методы тестирования на соотношение амилоза/амилопектин, определение резистивного крахмала, содержание фосфора, морфологические параметры, вязкость крахмальных гелей и др. Были выявлены контрастные формы по указанным признакам, проведен первичный статистический анализ полученных данных (Рисунок 1).

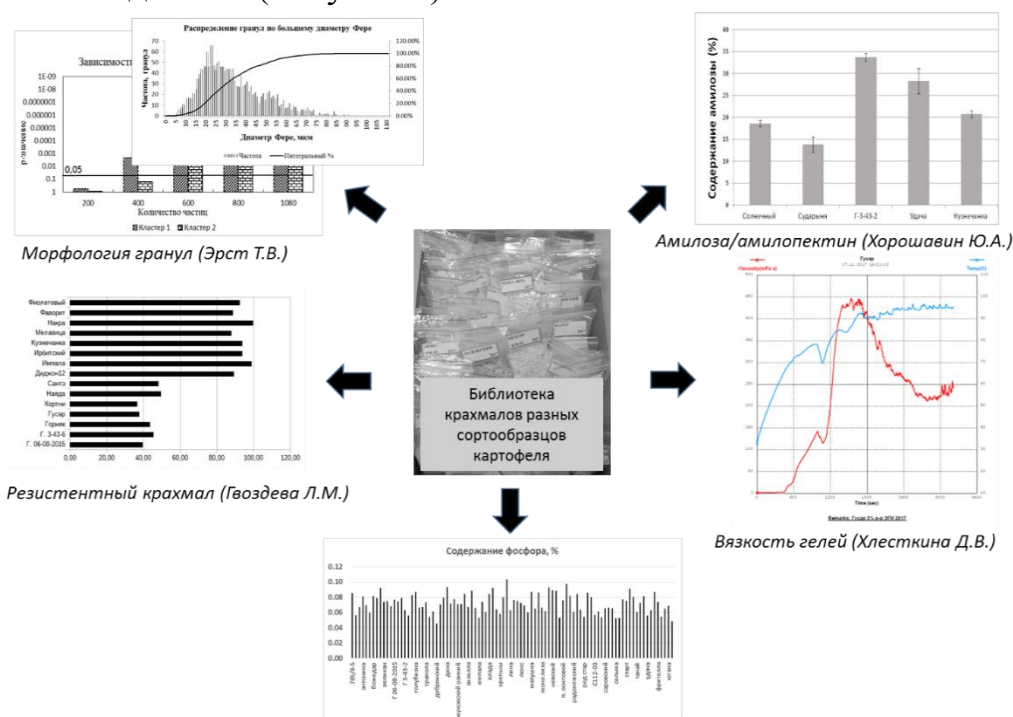


Рисунок 1. Исследование биохимических свойств картофельного крахмала.

Таким образом, впервые получены данные о биохимических свойствах крахмала отечественных сортов. Установлены контрастные формы по

исследованным признакам. ДНК 92 сортов и гибридов отправлены для SNP-генотипирования для дальнейшего полногеномного анализа ассоциаций «генотип-фенотип» (GWAS).

Работа по определению биохимических свойств крахмала проводится при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 17-29-08006). Образцы картофеля получены из коллекции ЦКП «ГенАгро» ИЦиГ СО РАН.

Список литературы

1. Khlestkin, V. K., Peltek, S. E., & Kolchanov, N. A. Review of direct chemical and biochemical transformations of starch. - Carbohydrate Polymers. – v.181 – P. 460 – 476.
2. Хлесткин В. К., Пельтек С. Е., Колчанов Н. А. Гены-мишени для получения сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с заданными свойствами крахмала. - Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Том 52. – № 1. – С. 25-36.
3. W e r i j J.S., F u r r e r H., v a n E s c k H.J., V i s s e r R.G.F., B a c h e m C.W.B. A limited set of starch related genes explain several interrelated traits in potato. – Euphytica – 2012 – v. 186 – P. 501 - 516.
4. Е.В. Журавлева и др. Методические положения по проведению оценки сортов и гибридов картофеля на испытательных участках. – Москва: ФАНО России - 2017.

PHENOTYPING OF STARCH BIOCHEMICAL PROPERTIES IS A STEP FORWARD IN GENETIC MANAGEMENT OF PLANT FEEDSTOCK PROPERTIES

Rational management of the properties of natural feedstock at the stage of its cultivation will allow to optimize its further isolation, purification, primary processing, increase its practical yield and facilitate subsequent processing into the final product. One of the approaches to such management is the production of plants with the optimal tuning of the gene networks of biochemical synthesis of the target chemical compounds and / or containing them biological organelles, which contributes to their isolation and processing. In particular, the production of potato starch with specified characteristics is an important and actual task related to both the food industry and the chemical and biochemical processing industries. In this paper, on a series of domestic potato varieties and hybrids several phenotyping procedures of the basic biochemical properties of potato starch were tested. Contrasting forms were selected, and a possible relationship between these properties and the genes of starch biosynthesis is evaluated.

Key words: potato starch, morphological traits, amylose, amylopectin, phosphate content, resistant starch.

УДК 57.088.1

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ АМИЛОЗЫ И АМИЛОПЕКТИНА В КРАХМАЛЕ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Хорошавин Ю.А.^{1, 2} - студент, Хлесткин В.К.^{1, 2} - к.х.н., старший научный сотрудник*

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*²Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия*

* e-mail: khoroshavin@bionet.nsc.ru

*Крахмал – важное сырьё для промышленности, поэтому для селекции растений с оптимальными его свойствами нужны данные по изменчивости тех или иных фенотипических признаков. В связи с этим необходимо разработать эффективные методы оценки физико-химических параметров большого количества образцов крахмала, в том числе содержания амилозы в крахмале. В данной статье описывается новый метод измерения соотношения амилоза/амилопектин в картофельном крахмале. Он отличается от уже существующих простотой, доступностью и надёжностью. Метод применен для фенотипирования сортов и гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) из коллекции «ГенАгро» (ФИЦ ИЦиГ СО РАН). Выявлены контрастные по содержанию амилозы в крахмале сорта и гибриды.*

Ключевые слова: картофель, крахмал, амилоза, амилопектин, ДМСО, физико-химические свойства, измерение.

Картофельный крахмал – ценное и доступное техническое сырьё для целого ряда отраслей промышленности [1]. Для селекции растений, продуцирующих крахмал с оптимальными для переработки свойствами, нужны данные по изменчивости тех или иных фенотипических признаков. Таким образом, эффективные методы оценки физико-химических параметров большого количества образцов крахмала имеют важное значение как для развития фундаментальных работ по идентификации локусов генома, отвечающих за широкий спектр характеристик крахмала картофеля, так и для прикладных работ по ускоренной селекции новых сортов пищевого и технического назначения.

Одной из наиболее важных характеристик крахмала является соотношение входящих в его состав полисахаридов – амилозы и амилопектина. Синтез амилозы в крахмале контролируется всего одним геном – *GBSS* (granule bound starch synthase) [2]. Отсутствие или низкая концентрация амилозы в крахмале в значительной степени влияет на его физико-химические характеристики, что делает этот признак интересной мишенью как для генетических модификаций методами нокаута генов [3] и CRISPR [4], так и для традиционной или высокотехнологичной селекции (маркер-ориентированной или геномной селекции). Узким местом маркер-ориентированной селекции является быстрое биохимическое фенотипирование большого количества образцов, что требует разработки соответствующих поточных методов фенотипирования.

Как правило, оценка соотношения амилоза/амилопектин основана на спектрофотометрическом определении комплекса иода с амилозой. Однако существующие методики такой оценки не отличаются простотой и надёжностью. Это связано со сложным процессом растворения крахмала и

неустойчивостью амилопектина в водных растворах, особенно щелочных или кислотных, что приводит к искажению данных анализа.

В данной работе мы предлагаем новый, доступный, производительный и надёжный способ оценки соотношения амилоза/амилопектин в картофельном крахмале, объединяющий в себе подходы из ряда ранее описанных методов. В частности, в качестве первичного растворителя крахмала мы предлагаем использовать ДМСО, как в [5], и для определения содержания в растворе комплексов йода с амилозой и амилопектином использовать измерение поглощения света на двух волнах (610 и 520 нм), как в [6].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления образцов крахмала использовали клубни сортов картофеля, участвовавших в 2017 году в эколого-географических испытаниях на базе СибНИИРС (филиала ФИЦ ИЦиГ СО РАН), а также сортов из коллекции «ГенАгро» (ФИЦ ИЦиГ СО РАН). Крахмал был выделен в соответствии с методикой, описанной ранее [7]. Крахмал растворялся в ДМСО в пробирках при помощи термошейкера, затем окрашивался водным раствором йода. Далее производилось измерение поглощения света (Abs) на волнах 620 нм и 510 нм при помощи спектрофотометра SmartSpec Plus. Калибровка выполнена при помощи выделенных из картофельного крахмала амилозы и амилопектина.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод применен нами для фенотипирования большого количества сортов и гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) из коллекции «ГенАгро» (ФИЦ ИЦиГ СО РАН). В разных образцах Abs_{620} изменялось в пределах от 0.33 до 0.43, Abs_{510} от 0.25 до 0.37. Разница ($Abs_{620} - Abs_{510}$) менялась в пределах от 0.016 до 0.048.

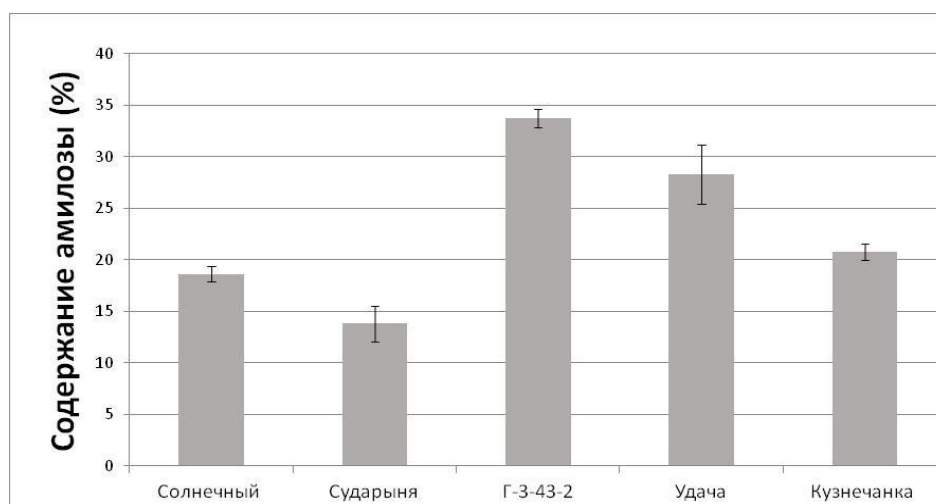


Рисунок 1. Содержание амилозы в некоторых сортах картофеля российской селекции.

Показано, что содержание амилозы в исследованных сортах соответствует величинам, приведенным в литературе для других селекционных (не генномодифицированных) сортов картофеля. Исследование позволило выявить контрастные по содержанию амилозы сорта и гибриды. Полученные данные будут использованы для поиска маркёров в локусах, участвующих в биосинтезе крахмала.

Работа по определению содержания амилозы в крахмале проводится при финансовой поддержке гранта РФФИ-НСО (проект № 17-44-540510). Образцы картофеля получены из коллекции ЦКП «ГенАгро» ИЦиГ СО РАН.

Список литературы

1. В.К. Хлесткин и др. Гены-мишени для получения сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с заданными свойствами крахмала //Сельскохозяйственная биология, 2017, том 52, ¹ 1, с. 25-36.
2. Edwards A. et al. Biochemical and molecular characterization of a novel starch synthase from potato tubers //The Plant Journal (1995) 8(2), 283-294.
3. Wandelt C. Quality traits: altered starch composition in potato (BASF Plant Science Company GmbH, Meeting on «Genetic basis of unintended effects in modified plants», 14-15 January 2014, Canada). Ottawa, 2014.
4. Andersson M., Turesson H., Nicolia A., Falt A-S., Samuelsson M., Hofvander P. Efficient targeted multiallelic mutagenesis in tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) by transient CRISPR-Cas9 expression in protoplasts. Plant Cell Rep., 2017, 36: 117-128.
5. Wu A. C., Lia E., R., Gilberta R. G. Exploring extraction/dissolution procedures for analysis of starch chain-length distributions //Carbohydrate Polymers 114 (2014) 36–42.
6. Zhu T., Jackson, D. S., Wehling R. L., and Geera B. Comparison of Amylose Determination Methods and the Development of a Dual Wavelength Iodine Binding Technique //Faculty Publications in Food Science and Technology (2008), paper 105.
7. В.К. Хлесткин, Т.В. Эрст. Практическое руководство по оценке морфологии гранул картофельного крахмала методом микрофотографирования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(6):728-734.

EVALUATION OF THE CONTENT OF AMYLOSE AND AMYLOPECTIN IN THE STARCH OF POTATO VARIETIES OF RUSSIAN SELECTION

Khoroshavin Y. A.^{1,2*}, Khlestkin V. K.^{1,2}

¹Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

* e-mail: khoroshavin@bionet.nsc.ru

Starch is an important raw material for industry. For selection of plants, that produce starch with optimal properties, data on variability of starch phenotype are required. In this regard, it is necessary to develop effective methods for evaluating the physical and chemical parameters such as amylose content for a large number of starch samples. This article describes a new method for measuring the amylose / amylopectin ratio in potato starch. It differs from existing ones by its simplicity, availability and reliability. The method is used for phenotyping potato varieties and

hybrids (*Solanum tuberosum* L.) from the collection "GenAgro" (FRC ICG of the SB RAS). Starch varieties and hybrids with contrasting amylose content in were identified.

Key words: potato, starch, amylose, amylopectin, DMS, physical and chemical properties, measurement.

УДК 631.529:633.88:582.949.27

ИТОГИ ИНТРОДУКЦИОННОЙ РАБОТЫ С ЛЕКАРСТВЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ СЕМЕЙСТВА LAMIACEA

Чумакова В.В., к.с.-х.н., в.н.с., Чумаков В.Ф., н.с., Романенко Н.М., аспирант
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», г. Михайловск, Россия,
e-mail: sniish@mail.ru

В современных условиях потребность фармации и медицины в использовании лекарственных растений и лекарственных препаратов на их основе значительно возросла. Представители лекарственных трав семейства яснотковые (*Lamiaceae*) имеют наиболее широкий диапазон родов и видов, востребованных не только в медицине, но и в пищевой, перерабатывающей промышленности, косметологии и ветеринарии. Многие яснотковые отличные эфиромасличные растения. Большинство видов обладают высокими декоративными свойствами и являются отличными медоносами.

Интродукционная и селекционная работа в Ставропольском крае с 12 родами семейства *Lamiaceae* позволила выделить генетические источники и доноры полезных признаков, создать селекционный материал и новые сорта, максимально приспособленные для возделывания на юге России.

Ключевые слова: интродукция, селекция, вид, сорт, продуктивность.

Семейство яснотковые (или губоцветные) включает в себя более 300 родов и около 3500 видов растений, многие из которых имеют широкие перспективы использования в качестве лекарственных, пряных, ароматических, эфиромасличных, декоративных и медоносных растений [1].

Дикорастущая флора Ставропольского края представлена 190 видами лекарственных растений, интродукция которых из природы, позволила получить ценный исходный материал для селекции, максимально приспособленный к местным условиям.

Для селекционной практики лучшими исходными формами из местной дикорастущей флоры оказались популяции душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) и пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* L.).

Для передачи в Государственную комиссию по испытанию и охране селекционных достижений РФ подготовлен новый сорт пустырника. Новый сорт душицы обыкновенной Карамелька, внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2001г. Сорт создан методом многократного целенаправленного отбора из дикорастущей популяции с закреплением в

поколениях таких признаков, как устойчивость к полеганию, облиственность, урожайность фитомассы и семян, кустистость [2].

Ценными генетическими источниками в работе с иссопом лекарственным (*Hyssopus officinalis* L.), змееголовником молдавским (*Dracosephalum moldavica* L.), многоколосником (*Agastache* L.), чабером садовым (*Satureja hortensis* L.) в условиях Ставрополя оказались образцы различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР. Интродукционное изучение позволило установить высокую внутривидовую и популяционную изменчивость по всем морфо-биологическим признакам и свойствам изученных видов и сортообразцов. Наиболее варьируемыми признаками были отмечены: длина вегетационного периода, продуктивность, высота, облиственность, устойчивость к полеганию, болезням и вредителям. Наибольшей популяционной изменчивостью характеризовались образцы дикорастущего происхождения.

С использованием различных приемов и схем отбора, гибридизации (в т.ч. межвидовой) на основе широкого разнообразия интродуцированного материала получен ценный исходный материал для селекционной работы. Созданы новые сорта, характеризующиеся комплексом хозяйственно-полезных признаков и свойств, 7 из которых уже допущены к использованию в сельскохозяйственном производстве всех регионов РФ (табл. 1).

Таблица 1

Сорта лекарственных и пряно-ароматических трав семейства Lamiaceae селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Культура, сорт	Год внесения в Госреестр	Метод создания, исходные формы	Направление использования
Душица обыкновенная Карамелька	2001	Отбор из местного дикорастущего образца	Лекарственное, пряное, декоративное
Змееголовник молдавский Эгоист	2006	Межсортная гибридизация коллекционных образцов	Пряное, эфиромасличное, лекарственное, медоносное
Иссоп лекарственный Розовый фламинго	2008	Индивидуальный отбор из коллекционного сортообразца	Пряное, лекарственное, эфиромасличное, декоративное, медоносное
Шалфей лекарственный Добрыня	2010	Интродукция с последующим отбором коллекционных образцов	Лекарственное, пряное, декоративное, медоносное

Чабер огородный Карапуз	2010	Межсортовая гибридизация интродуцированных сортообразцов	Пряное
Лофант анисовый Премьер	2011	Межвидовая гибридизация коллекционных образцов	Лекарственное, пряное, эфиромасличное, декоративное, медоносное
Шалфей мускатный Салют	2016	Внутривидовая гибридизация и отбор коллекционных образцов	Эфиромасличное, лекарственное, декоративное, медоносное
Котовник кошачий перспективный сорт	Подготовлен к передаче в ГСИ	Отбор из коллекционного образца	Эфиромасличное, лекарственное, пряное, медоносное
Пустырник пятилопастный перспективный сорт	Подготовлен к передаче в ГСИ	Отбор из местной дикорастущей популяции	Лекарственное, медоносное

Список литературы

1. Лекарственное растениеводство. Промышленное производство лекарственных трав. – [Электронный ресурс]. – точка доступа: <http://w.w.w. lekarstvennye-rasteniya.net/prom.htm>/ (дата обращения 17.12.2017).
2. Кулинцев В.В., Чумакова В.В., Кравцов В.В. и др. Сорта сельскохозяйственных культур ФГБНУ Ставропольский НИИСХ и его сети: каталог, 7-ое изд. Доп. Саратов: Амрит, 2016. – С. 142-160.

The results of the introduction of medicinal plants of the family Lamiaceae

Chumakova V.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,

Chumakov V.F., N.S.

Romanenko N.M., graduate student FGBICU "North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center"

city of Mikhailovsk, Russia

In modern conditions, the need for pharmacy and medicine in the use of medicinal plants and medicines on their basis has increased significantly. Representatives of the medicinal herbs of the family clearing (Lamiaceae) have the widest range of genera and species in demand not only in medicine, but also in the food, processing industry, cosmetology and veterinary medicine. Many clear-flowing great oil plants. Most species have high decorative properties and are excellent medonos.

Introductory and selection work with 12 genera of the Lamiaceae family allowed to identify genetic sources and donors of useful traits, to create breeding material and new varieties adapted for cultivation in the south of Russia.

Key words: introduction, selection, species, variety, productivity.

УДК 633.111: 631.527: 631.523.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ПШЕНИЧНО-ЯЧМЕННЫХ ЗАМЕЩЕННЫХ ЛИНИЙ (*T. AESTIVUM* L. × *H. MARINUM* SSP. *GUSSONEANUM* 4X HUDSON) ПО ХРОМОСОМАМ СЕДЬМОЙ ГОМЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Чуманова Е.В. мнс, Ефремова Т.Т., Трубачеева Н.В., Першина Л.А.

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия, e-mail: chumanova@bionet.nsc.ru

С помощью GISH анализа показано наличие пары телоцентрических хромосом ячменя у дителосомных пшенично-ячменных $7HL^{mar}(7A)$ и $7HL^{mar}(7B)$ замещенных линий. Замещенные линии цитологически стабильны, обладают хорошей жизнеспособностью и продуктивностью. Наиболее позднеспелой среди трех линий оказалась линия $7HL^{mar}(7B)$.

Ключевые слова: мягкая пшеница, *Hordeum marinum* subsp. *gussoneanum*, замещенные линии, GISH анализ, время колошения

Дикорастущий вид *Hordeum marinum* ssp. *gussoneanum* Hudson 4x может служить потенциальным источником хозяйственно ценных признаков, в частности устойчивости к затоплению и солеустойчивости [1, 2]. Также было установлено положительное влияние хромосомы $7HL$ *H. marinum* на содержание белка в зерне [3]. Важным этапом переноса ценных генов в геном мягкой пшеницы от родственных видов злаков является получение линий с дополненными и замещенными хромосомами или транслокациями [4, 5]. Линии с чужеродным замещением хромосом используют для определения гомеологии хромосом родственных видов и для оценки влияния чужеродного генетического материала на проявление важных адаптивных признаков.

В нашей предыдущей работе мы сообщали о получении монотелосомных пшенично-ячменных (*T. aestivum*-*H. marinum*) замещенных линиях по хромосомам 7 гомеологической группы [6]. В настоящее время завершено создание дителосомных (ДТ) $7HL^{mar}(7A)$ и $7HL^{mar}(7B)$ замещенных линий, а линия ДТ $7HL^{mar}(7D)$ была получена ранее [7]. Однако при работе с пшенично-чужеродными линиями важное значение имеет идентификация чужеродных хромосом с помощью молекулярно-цитологических методов, определение замещающей и компенсационной способности хромосом. Поэтому необходимо было охарактеризовать полученные пшенично-ячменные замещенные линии.

Важную роль в адаптационной способности злаков играют гены, контролирующие потребность в яровизации (*VRN*) и чувствительность к фотопериоду (*Ppd*), локализованные в хромосомах 2, 5 и 7 гомеологических групп [8-10]. В настоящее время для локусов *VRN1* и *PPD1* обнаружен ряд аллелей и разработаны ДНК-маркеры [8]. Показано, что различные комбинации

аллелей локусов *VRN1* и *PPD1* по-разному влияют на время колошения и продуктивность. Изучение пшенично-ячменных линий показало, что они различаются между собой по времени колошения при выращивании в разных условиях [11, 12]. Поэтому изучение аллельного состава генов *VRN1* позволит установить влияние чужеродного замещения хромосом на время колошения.

Целью данной работы являлась идентификация хромосом ячменя *H. marinum* у пшенично-ячменных замещенных линий (*T. aestivum* L. × *H. marinum* Hudson) с использованием GISH-анализа и изучение влияния замещения хромосом на время колошения и выраженность количественных признаков.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили пшенично-ячменные (*T. aestivum* L. × *H. marinum* Hudson) дителосомные замещенные линии по хромосомам седьмой гомеологической группы: 7HL^{mar}(7A), 7HL^{mar}(7B) и 7HL^{mar}(7D).

Определение конфигурации хромосом проводили на стадии метафазы I мейоза на препаратах, окрашенных 2%-ным раствором ацетокармина. GISH-анализ проводили по методике [13]. Идентификация известных доминантных и рецессивных аллелей генов *Vrn* проведена с использованием аллель-специфичных праймеров [8, 14].

Результаты и обсуждение

Геномная *in situ* гибридизация показала наличие пары телоцентрических хромосом ячменя в генотипе пшенично-ячменных ДТ7HL^{mar}(7A) и ДТ7HL^{mar}(7B) замещенных линий (рис. 1а). Большинство изученных растений оказались цитологически стабильными и в метафазе I мейоза наблюдали 21 бивалент, один из которых был телоцентрическим (20''+t'') (рис. 1б).

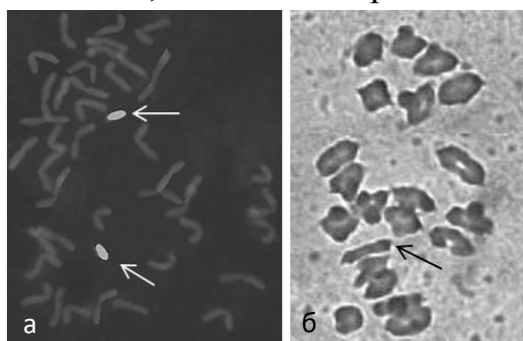


Рис. 1. Геномная *in situ* гибридизация (GISH) пшенично-ячменной линии ДТ7HL^{mar}(7A) (а) и конфигурация хромосом в МI мейоза (в МКП) (б). Стрелками указаны хромосомы ячменя и телоцентрический бивалент.

В табл. 1 представлены результаты по изучению количественных признаков у пшенично-ячменных замещенных линий. В качестве контроля использовались сорта Саратовская 29 (С29) и Пиротрикс 28 (П28). По длине колоса и числу колосков в колосе среди трех замещенных линий выделялась линия 7HL^{mar}(7B), которая достоверно превышала сорт С29 ($p < 0,05$). По числу

и массе зерен в колосе все три линии достоверно отличались в меньшую сторону от сортов. Таким образом, на основании компенсационного теста и изучения мейотической стабильности замещенных линий показано, что 7HL^{mar} хромосома *H. marinum* гомеологична хромосомам седьмой группы мягкой пшеницы.

Таблица 1

Выраженность количественных признаков у пшенично-ячменных дителосомных замещенных линий по хромосомам седьмой гомеологической группы

Сорт, линия	Длина колоса, см	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Масса зерен с колоса, г
С29	8,43±0,72	13,35±1,23	36,76±3,65	1,39±0,27
П28	9,79±0,78	17,33±1,22	47,48±4,36	1,59±0,26
ДТ7HL ^{mar} (7А)	8,54±0,51	12,92±0,95^{**2}	27,36±2,74^{*1***2}	0,80±0,11^{*1**2}
ДТ7HL ^{mar} (7В)	11,14±0,88^{*1}	16,65±0,93^{*1}	31,85±5,03^{*2}	0,79±0,19^{*1*2}
ДТ7HL ^{mar} (7D)	8,37±0,51	14,78±0,78	31,12±3,33^{***2}	0,91±0,10^{*1*2}

Достоверные отличия: ¹ – от С29, ² – от П28. * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001.

В табл. 2 приведены данные по продолжительности периода «всходы-колошение» при выращивании в теплице в условиях длинного и короткого дня и в условиях естественного длинного дня, а также генотип пшенично-ячменных линий по генам *VRN*, определенный с использованием аллель-специфичных праймеров. У всех трех замещенных линий обнаружено по два доминантных гена - *Vrn-A1* и *Vrn-B1*. Среди трех линий самой скороспелой как на длинном, так и на коротком дне, оказалась линия 7HL^{mar}(7А), а самой позднеспелой – 7HL^{mar}(7В). Достоверные отличия линии 7HL^{mar}(7В) от двух других линий были выявлены только в условиях короткого дня. Это, вероятно, можно объяснить отсутствием хромосомы 7В пшеницы, в которой локализован доминантный ген *Ppd-B2* [10].

Таблица 2

Продолжительность периода «всходы-колошение» у пшенично-ячменных замещенных линий

Линии	Число дней от всходов до колошения			Генотип
	Теплица		Поле	
	12 ч	16 ч		
7HL ^{mar} (7А)	51,75±1,73	46,19±1,83	48,96±1,65	<i>VRN-A1b/VRN-B1c/vrn-D1/vrn-B3</i>
7HL ^{mar} (7В)	64,19±4,75 ^{*1*2}	51,75±4,95	52,93±3,47	<i>VRN-A1a/VRN-B1c/vrn-D1/--</i>
7HL ^{mar} (7D)	53,67±1,33	51,00±3,39	52,00±0,82	<i>VRN-A1b/VRN-B1c/vrn-D1/vrn-B3</i>

Достоверные отличия: ¹ – от 7HL^{mar}(7А), ² – от 7HL^{mar}(7D). * p<0,05.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-04-00721.

Список литературы

1. Islam S. Salt tolerance in a *Hordeum marinum*–*Triticum aestivum* amphiploid and its parents / Islam S., Malik A.I., Islam A.K.M.R., Colmer T.D // J Exp Bot. - 2007. - V. 58. - P. 219–1229.
2. Garthwaite A.J. Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na⁺ and Cl⁻ into the shoots / Garthwaite A.J., von Bothmer R., Colmer T.D // J Exp Bot. - 2005. -V. 56. - P. 2365–2378.
3. Першина Л.А. Изучение особенностей аллоплазматических пшенично-ячменных замещенных и дополненных линий (*Hordeum marinum* subsp. *gussoneanum*)-*Triticum aestivum* / Першина Л.А., Девяткина Э.П., Белова Л.И. и др. // Генетика. 2009. - Т. 45. - №10. С. 1386-1392.
4. Friebe B. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: status / Friebe B., Jiang J., Raupp W.J. et al. // Euphytica. - 1996. - V. 91. - P. 59 – 87.
5. Molnar-Lang M. Wheat–barley hybridization: the last 40 years / Molnar-Lang M., Line G., Szakacs E. // Euphytica. – 2014. – V. 195. – P. 315–329.
6. Efremova T. Substitution of *Hordeum marinum* ssp. *gussoneanum* chromosome 7HL into wheat homoeologous group-7 / Efremova T., Arbuzova V., Trubacheeva N. et al. // Euphytica. – 2013. - V.192. - P. 251-257.
7. Трубочеева Н.В. Получение аллоплазматических и эуплазматических пшенично-ячменных дителосомных замещенных линий 7H¹L^{mar} (7D) и изучение 18S/5S митохондриального повтора у этих линий / Трубочеева Н.В., Ефремова Т.Т., Бадаева Е.Д. и др. // Генетика. 2009. - Т. 45. - №12. - С. 1627-1633.
8. Yan L. The wheat and barley vernalization gene *VRN3* is an orthologue of *FT*. /Yan L., Fu D., Li C. et al. // Proceeding of the National Academy of Sciences. - U.S.A. 2006. - V. 103. - P.19581-19586.
9. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats / Worland A.J. // Euphytica. - 1996. - V. 89. - P. 49-57.
10. Khlestkina E.K. A new gene controlling the flowering response to photoperiod in wheat / Khlestkina E. K., Giura A, Röder M.S., Börner A. // Euphytica. - 2009. - V. 165. - P. 579–585.
11. Потокина К.К. Комбинация аллелей генов *Ppd* и *Vrn* определяет сроки колошения у сортов мягкой пшеницы / Потокина К.К., Кошкин В.А., Алексеева Е.А. и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2012. - Т.16. - №1. - С. 77-86.
12. Stelmakh A.F. Geographic distribution of *Vrn* genes in landraces and improved varieties of spring bread wheat / Stelmakh A.F. // Euphytica. - 1990. - V. 45. - P. 113-118.
13. Mukai Y. Detection of barley chromatin added to wheat by genomic in situ hybridization / Mukai Y., Gill B.S. // Genome. - 1991. - V. 34. - P. 448 – 452.
14. Milec Z. A new multiplex PCR test for the determination of *Vrn-B1* alleles in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / Milec Z., Tomková L., Sumíková., Pánková K. // Mol Breeding. - 2012. - V. 30. - P. 317-323.

CHARACTERISTICS OF WHEAT-BARLEY SUBSTITUTION LINES (*T. AESTIVUM* L. × *H. MARINUM* SSP. *GUSSONEANUM* 4X HUDSON) OF THE SEVEN HOMOEOLOGICAL GROUP CHROMOSOME

E.V.Chumanova, T. T. Efremova, N. V.Trubacheeva, L. A. Pershina

The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, e-mail: chumanova@bionet.nsc.ru

Using the GISH analysis, a pair of telocentric chromosomes of barley is shown in the ditelosome wheat-barley 7HL^{mar}(7A) and 7HL^{mar}(7B) substitution lines. Substitution lines are cytologically stable, have good viability and productivity. The most late maturing among the three lines was the 7HL^{mar}(7B) line.

Key words: common wheat, *Hordeum marinum* subsp. *gussoneanum*, substitution lines, GISH analysis, heading time

УДК 631.5275 (571.1)

СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ В ОМСКОМ ГАУ

Шаманин В.П., профессор, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия,
e-mail: vp.shamanin@omgau.org

Чурсин А.С., зав. лабораторией, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

Потоцкая И.В., доцент, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

Шепелев А.С., зав. лабораторией, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

Пожерукова В.Е., науч. сотр., ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

Моргунов А.И., представитель турецкого отделения СИММИТ, Анкара, Турция

Проведена селекционная оценка материала, полученного по программе КАСИБ и челночной селекции СИММИТ, полученные путем отдаленной гибридизации с использованием *Ae. squarrosa*. Показано, что в рамках данной программы в Омского ГАУ созданы селекционные сорта, с участием в их родословных синтетической пшеницы СИММИТ. Приведены результаты испытания селекционных сортов за период 2015–2017 гг. в КСИ и данные их генотипирования ДНК-маркерами по 45 селекционно-значимым признакам.

Ключевые слова: синтетическая пшеница, урожайность, бурая и стеблевая ржавчина, ДНК-маркеры, генотипирование

Дикий злак *Ae. squarrosa* может служить источником в селекции пшеницы для повышения таких хозяйственно-ценных признаков, как масса 1000 зерен, продуктивность главного колоса, засухоустойчивость и качество зерна [7, 8].

В настоящее время приоритетным направлением в селекции пшеницы является создание синтетических гексаплоидов с геномом *Ae. tauschii*. Линии гексаплоидной синтетической пшеницы доказали свою эффективность на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды и получили широкое распространение в селекции пшеницы для засушливых условий [5]. Использование синтетических пшениц в селекции подразумевает скрещивание синтетиков с лучшими адаптивными сортами пшеницы с последующими беккроссами и получением синтетических беккроссных линий пшеницы с ценными рекомбинациями от донора генома D. Для создания синтетиков на основе *Ae. tauschii* достаточно одного-двух беккроссов для получения линий с желаемыми агрономическими признаками [6, 10, 11].

В Западной Сибири основные регионы, занимающиеся производством зерна пшеницы расположены в засушливых степных условиях. Для повышения засухоустойчивости создаваемых сортов синтетическая пшеница представляет определенный интерес, как источник адаптивности. По результатам челночной селекции СИММИТ с участниками программы улучшения пшеницы в Казахстанской и Российской сети (КАСИБ) в Омском ГАУ был отобран селекционный материал в родословных с синтетической пшеницей и сортами России, Казахстана и других стран [4, 9]. Лучшие селекционные сорта доведены до конкурсного сортоиспытания.

Методика проведения исследований. Исследования проводились в 2015–2017 гг. по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [3]. Площадь делянок – 25 м², повторность – 4-кратная. Предшественник – чистый пар. Тип устойчивости к стеблевой ржавчине определяли по международной шкале [2]. Математическая обработка проведена с использованием дисперсионного анализа проведена по Б.А. Доспехову [1]. Стандартами служили сорта соответствующих групп спелости: среднеранний тип – Памяти Азиева, среднеспелый – Дуэт и среднепоздний – Элемент 22. Материалом исследований служили сорта-синтетики яровой мягкой пшеницы селекции Омского ГАУ (табл. 1).

Таблица 1

Родословная селекционных сортов яровой мягкой пшеницы, КСИ, 2015–2017 гг.

№ п/ п	Сорт	Родословная
1	Памяти Азиева	Стандарт для сортов среднераннего типа
2	Касибовская	SONATA*2 /5/ CHEN/AE.SQ // 2*WEAVER /3/ BAV92 /4/ JARU
3	Лютесценс 128-15	LUTESCENS 210.99.10 /3/ SRN / AE.SQUARROSA (358) // MILAN / SHA7 /4/ CHELYABA YUBILEINAYA
4	Эритроспермум 53-15	DUET /5/ LUTESCENS 70/2*PASTOR /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) // 3*PASTOR /4/ LUTESCENS 210.99.10
5	Дуэт	Стандарт для сортов среднеспелого типа
6	Лютесценс 27-12	LUTESCENS 30-94*2 /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) // 3*PASTOR
7	Элемент 22	Стандарт для сортов среднепозднего типа
8	Лютесценс 87-12	KAZAKHSTANSKAYA-25 / 2*ATTILA /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) // 3*PASTOR /4/ OMSKAYA 37
9	Лютесценс 87-13	LUTESCENS 30-94*2 /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) // 3*PASTOR
1	Лютесценс	LUTESCENS 30-94*2 /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) //

0	нс 88-13	3*PASTOR
1 1	Лютесце нс 70-13	LUTESCENS 30-94*2 /3/ T.DICOCCON PI94625 / AE.SQUARROSA (372) // 3*PASTOR
1 2	Лютесце нс 124-13	BVXIAOBINGMAI (T.AT) / MILAN /5/ CHEN / AE.SQ // 2*WEAVER /3/ BAV92 /4/ JARU /6 / EMB16 / CBRD // CBRD

В 2016 г. на базе ИЦиГ СО РАН проведены работы по идентификации генов устойчивости к болезням синтетиков яровой пшеницы и выделены источники устойчивости. Установлено наличие у изучаемых сортов следующих генов устойчивости к стеблевой и бурой ржавчине *Lr3*, *Lr10*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr26*, *Sr23*, *Sr31*, *Sr36*, что говорит о большом генетическом разнообразии доноров хозяйственно-ценных признаков, использованных при создании изучаемых сортов. Проведена оценка устойчивости сортов к возбудителям бурой и стеблевой ржавчины. В 2015 г. в группе среднеранних сортов, при эпифитотийном развитии стеблевой ржавчины, Лютесценс 128-15 и Эритроспермум 53-15 показали очень высокую степень устойчивости к данному заболеванию (10 MR и 5 MR соответственно). У стандарта Памяти Азиева поражение составило 80S. За остальные годы испытания данные сорта проявили иммунитет, несмотря на сильное развитие болезни – стандарт поражен на 60S и 40S соответственно. К бурой ржавчине, за три года наблюдений, изучаемые сорта так же проявили иммунитет, при поражении стандарта на 80–100% и типе поражения S. Сорт Касибовская стабильно в течении трех лет показывал высокую горизонтальную устойчивость, процент поражения не превышал 20, тип – М.

Сорт среднеспелой группы Лютесценс 27-12 так же показал значительно более высокую устойчивость, как к стеблевой, так и к бурой ржавчине по сравнению со стандартом Дуэт. В эпифитотийном 2015 г. поражение стеблевой ржавчиной составило лишь 15% при типе поражения MR, у сорта стандарта Дуэт 80S. В 2016–2017 гг. сорт Касибовская показал полную устойчивость к данному заболеванию.

В группе среднепоздних образцов все изучаемые сорта обладают высокой горизонтальной устойчивостью к стеблевой и бурой ржавчине. Процент поражения лишь в одном случае составил 25%, в среднем варьируя от 5 до 20 % с типом поражения от MR до М.

По урожайности в группе среднеранних сортов Касибовская и Лютесценс 128-15 в 2015–2016 гг. показали достоверное превышение над стандартом Памяти Азиева. Сорт Эритроспермум 53-15 в 2016–2017 гг. также достоверно превышал стандарт. В среднем за три года достоверное превышение

урожайности сорта Касибовская над стандартом составило 0,5 т/га, сорта Лютесценс 128-15 0,53 т/га, у сорта Эритроспермум 53-15 – 0,63 т/га.

Сорт Лютесценс 27-12 показал достоверное превышение по урожайности над стандартом Дуэт в течение всего периода изучения, в среднем за три года достоверная прибавка составила 0,33 т/га.

В группе среднепоздних сортов только лучшие образцы в отдельные годы превзошли по урожайности устойчивый к болезням высокоурожайный стандарт Элемент 22. В 2015 г. Лютесценс 87-12 имел урожайность 2,47 т/га (к стандарту +0,22 т/га), в 2016 году Лютесценс 87-13 при урожайности 4,5 т/га имел превышение 0,56 т/га, Лютесценс 88-13, соответственно, 4,95 т/га (+1,08 т/га), Лютесценс 70-13 - 4,2 т/га (+0,36 т/га) и Лютесценс 124-13 – 4,65 т/га (+0,78 т/га).

В 2017 г. проведено генотипирование вышеуказанных сортов из КСИ ДНК-маркерами по 45 селекционно-значимым признакам. Генотипирование выполнено в лаборатории LGC Genomics (Великобритания) по технологии KASP. Особый интерес представляют доминантные гены, влияющие на размер зерновки (маркер гена 1D TaGS_D1_SNP). Сорта с данными генами имели достоверное превышение по урожайности зерна. Расположение генов в 1D хромосоме позволяет сделать предположение об их принадлежности к транслокации от *Ae. squarrosa*, если учесть, что синтетические пшеницы отличаются большей крупнозерностью. Достоверное превышение содержания белка (15,6%) выявлено у сортов с генами развития, связанными с фазой цветения (маркер TaMOT1_D1), которые находились в гетерозиготном состоянии (Aa), что, вероятно, обусловлено явлением гетерозиса.

Продолжительность вегетационного периода у сортов с генами реакции на фотопериод (маркер PRR73A1_9IND), в доминантном гомозиготном состоянии (AA) в среднем на 4 суток короче, чем у сортов с рецессивными генами (aa). Представляют интерес доминантные гены устойчивости к засухе (маркеры fehW3_SNP и TaELF3_B1), которые, вероятно, оказывают определенное влияние на увеличение урожайности, о чем свидетельствуют данные конкурсного сортоиспытания.

Заключение. В целом, анализ полученных данных конкурсного сортоиспытания показывает значимость сортов, созданных с участием диких сороричей (*T. dicoccon*, *Ae. squarrosa*) для селекции в условиях Западной Сибири. В 2017 г. на Государственное сортоиспытание передан первый в России сорт Касибовская, в родословной которого участвует синтетическая пшеница (Chen /*Ae. squarrosa*). Сорт высокоурожайный, максимальная урожайность отмечена в 2016 г. на уровне 4,93 т/га. В конкурсном испытании средняя урожайность составила 3,65 т/га. В степной зоне Омской области за

годы экологического испытания максимальная урожайность сорта Касибовская составила 3,17 т/га.

Благодарности

Данное исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-16-10005).

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1985. – 321 с.
2. Койшыбаев М. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: методические указания / М. Койшыбаев, В.П. Шаманин, А.И. Моргунов. – Анкара: ФАО-СЕК, 2014. – 58 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. – М., 1985. – Вып. 1. – 269 с.
4. Селекционно-генетическая оценка популяций яровой мягкой пшеницы сибирского питомника челночной селекции СИММИТ / В.П. Шаманин и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 21-32.
5. Gill B.S., Friebe B., Raupp W.J., Wilson D.L., Cox T.S., Sears R.G., Brown-Guedira G.L., Fritz A.K. Wheat genetic resource center: the first 25 years. *Adv. Agr.* 2006; 89:73-136.
6. Mujeeb-Kazi A., Gul A., Farooq M., Rizwan S., Ahmad I. Rebirth of synthetic hexaploids with global implications for wheat improvement. *Austral. J. Agr. Res.* 2008; 59:391-398.
7. Ogbonnaya F.C., Halloran G.M., Lagudah E.S. D genome of wheat-60 years on from Kihara, Sears and McFadden. Ed. K. Tsunewaki. *Frontiers of Wheat BioScience*. (Kihara Memorial Yokohama Foundation for the Advancement of Life Sciences). Yokohama, Japan, 2005.
8. Ogbonnaya F.C., Abdalla O., Mujeeb-Kazi A., Kazi A.G., Xu S.S., Gosman N., Lagudah E.S. Synthetic hexaploids harnessing species of primary gene pool for wheat improvement. *J. Plant Breed. Rev.* 2013; 37:35-122.
9. Shamanin, V., Salina E., Wanyera R., Zelenskiy Yu., Morgounov A. Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99. *Euphytica*, 2016; 12:287-296. DOI 10.1007/s10681-016-1769-0.
10. Shamanin, V.P., Pototskaya I.V., Shepelev S.S., Pozherukova V.E. and A.I. Morgounov, The phenotyping of synthetic wheat *Aegilops tauschii* genome in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc.* 2017; 19 (1): 153-159.
11. Trethowan R.M., van Ginkel M. Synthetic wheat an emerging genetic resource. *Wheat Sci. Trade*. Ed. B. Carver. Wiley-Blackwell, Ames, IA, 2009; 369-386.

CREATION OF THE BREEDING MATERIAL ON THE BASIS OF SYNTHETIC WHEAT IN OMSK SAU

*Shamanin V.P., professor, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia,
e-mail: vp.shamanin@omgau.org*

Chursin A.S., head of the laboratory, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

Pototskaya I.V., associate professor, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

Shepelev S.S., head of the laboratory, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

Pozherukova V.E., researcher, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

Morgounov A.I., representative of CIMMYT-Turkey, Ankara, Turkey

*Selection estimation of the material received according to the KASIB and shuttle breeding program of CIMMYT, created by wide hybridization with *Ae. squarrosa* was performed. It was shown that on the frame of this program in Omsk SAU the varieties with synthetic wheat CIMMYT in their pedigrees were created. Results of breeding varieties trial for the period 2015–2017 in CYT and data of their genotyping by DNA markers on 45 substantial traits are presented.*

Key words: synthetic wheat, yield, leaf and stem rust, DNA markers, genotyping

УДК 631.52:631.559:633.11

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

Шеломенцева Т.В., старший научный сотрудник, НИИСХ Северного Зауралья - филиал

ТюмНЦ СО РАН), Тюмень, Россия, e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

В селекции важное значение имеет привлечение, в качестве компонентов, раннеспелых генотипов, с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств. Многолетними исследованиями выявлено, что в большой степени этим требованиям отвечает Омская 26. Для создания экономичных, в биологическом отношении сортов, большой интерес представляет Тулунская 12. По скороспелости заслуживают внимания Новосибирская 15 и Фора. Устойчивостью к предуборочному прорастанию зерна в колосе характеризуется СУРЭНТа 7 и выносливостью – СУРЭНТа 6 и Новосибирская 15.

Ключевые слова: пшеница, колос, зерно, озёрность, абсолютная масса, мякина.

В повышении урожайности мягкой яровой пшеницы важное значение отводится сорту. В Северном Зауралье – зоне интенсивного земледелия распространение получили интенсивные сорта, потенциал которых (5-6 т/га) в хозяйствах высокой культуры земледелия используется на 72-80 % [1]. Эти сорта требовательны к оптимальным агроэкологическим условиям и сильно реагируют на лимфакторы среды - ограниченный период вегетации, частые раннелетние засухи, обильные, часто ливневые осадки, сильные ветра, морозящие дожди и недостаток активных температур в период налива зерна, недостаток элементов питания. В таких условиях важно создавать климатоустойчивые сорта ранне-среднеспелого типа, устойчивые к полеганию и пониканию колоса, предуборочному прорастанию зерна, с зерном высокого качества. В связи с этим, оптимальным для региона является возделывание здесь раннеспелых (30%) с периодом вегетации 72-76 дней и среднеспелых (70%) с вегетацией 78-80 дней сортов [2]. Ограниченные тепловые ресурсы зоны обуславливают неэффективность продуктивной кустистости, так как

побеги второго и особенно третьего и последующих порядков получают ограниченное число часов солнечного сияния и активных температур ($> 10^{\circ}\text{C}$). Поэтому основной прирост урожайности у новых сортов должен формироваться за счёт продуктивности колоса [2]. При этом важное место должно уделяться его озернённости и оптимальному проявлению абсолютной массы зерна (38-42 г.). При этом возрастает доля зерна в урожае биомассы без снижения её количества [3]. Высокоурожайные сорта требовательные к оптимальным агроклиматическим условиям, поскольку они в большей степени «сканируют» изменением урожайности, неравномерное распределение лимитирующих факторов [4].

В течение 6 лет (2006-2012 гг.) было изучено 68 сортов сибирской и местной селекции. В их число вошли все сорта районированные в Северном Зауралье с 1929 (год образования ГСИ) по 2015 год – 32 шт., а также изучающиеся в последние 10-15 лет на сортоучастках Тюменской области – 36 шт. Большинство созданных сортов довольно хорошо адаптированы к местным агроклиматическим условиям.

Каждый сорт высевался на делянках площадью 5 м^2 , повторность четырехкратная с нормой высева 600 всхожих зёрен на 1 м^2 , посев в оптимальные сроки. Изучение проводилось по методике ГСИ (1989). Структурный анализ проводился по 20 растениям каждого сорта, которые брались из пробных площадок. Годы исследований отличались контрастностью – 2007, 2008 и 2012 были засушливыми, 2006, 2010 и 2011 благоприятными для яровой пшеницы.

Среди общего набора изучаемых сортов раннеспелых 17, из них скороспелостью отличаются Новосибирская 15 и Фора. Лучшие по комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств с хорошими показателями продуктивности колоса сорта показаны в таблице 1. Из неё видно, что масса колоса хорошо выражена у более новых сортов: №№ 5, 6, 7, 8, 9, 10. Из них она наибольшая у Новосибирской 29 и Латоны – 1,34; 1,31 г., при средней 1,22 г.

Все сортообразцы, за исключением Новосибирской 15, относятся к рыхлоколосым – плотность колоса которых от 16,8 до 19,8. Более плотный колос у Новосибирской 15 – 23,7, при этом она характеризуется меньшей длиной колосового стержня – 4,9 см. В этом отношении выделяются Омская 26 и СУРЭНТа 4, у которых более длинный колосовой стержень – 7,1 см. При этом, Омская 26 выделяется большим числом колосков – 14,3 и числом зёрен – 28,8 шт. в колосе. Такой же уровень озернённости отмечается у №№ 2, 9, 10. У

всех этих сортов более двух зёрен в колоске – 2,10-2,25, что является одним из резервов повышения озернённости колоса. Рыхлоколосые, с небольшим числом колосков в колосе Ирень и Скала (12,3-12,6 шт.), имеют самую низкую его озернённость – 24,4-25,2 шт. Такой же низкий уровень признака у Новосибирской 15 (23,6 шт.), у которой самая меньшая и озернённость колоска – 1,87 шт.

Таблица 1

Элементы продуктивности колоса у раннеспелых сортов пшеницы

(средние, 2006-2012 гг.)

№ п/п	Сорт	Масса колоса, г	Длина колосового стержня, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зёрен в колосе, шт.	Число зёрен в колоске, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с колоса, г	Масса мякины	
									г	в %
1	Скала	1,08	5,9	12,6	25,2	2,00	33,7	0,84	0,24	22,2
2	Тулунская 12	1,23	6,3	13,1	28,0	2,14	32,4	1,00	0,23	19,0
3	Новосибирская 15	1,06	4,9	12,6	23,6	1,87	32,7	0,80	0,26	24,5
4	Омская 26	1,20	7,1	14,3	28,8	2,01	34,9	0,96	0,24	20,0
5	Новосибирская 29	1,34	6,4	13,0	27,2	2,10	37,6	1,03	0,31	23,1
6	Фора	1,28	6,1	13,1	26,3	2,01	37,7	0,99	0,29	22,6
7	Латона	1,31	6,4	12,5	26,9	3,15	35,8	1,01	0,30	22,9
8	СУРЭНТа-4	1,29	7,1	13,8	26,4	1,91	35,0	0,92	0,37	28,7
9	СУРЭНТа-5	1,25	6,2	12,8	28,9	2,25	35,3	0,98	0,29	23,2
10	СУРЭНТа-6	1,27	6,6	13,2	28,7	2,17	35,4	0,97	0,30	24,0
11	СУРЭНТа-7	1,16	6,9	13,0	26,3	2,02	36,8	0,90	0,26	22,5
12	Ирень	1,21	6,7	12,3	24,0	2,02	35,8	0,83	0,38	31,4
	$\bar{x}_{ср.}$	1,22	6,4	13,0	26,7	2,13	35,1	0,94	0,29	23,7
	$S\bar{x}$	0,02	0,17	0,16	0,51	0,10	0,49	0,02	0,01	0,98
	V, %	7,1	9,4	4,3	6,7	15,7	4,8	8,2	16,6	14,3

Наряду с озернёностью колоса масса 1000 зёрен вносит ощутимый вклад в его массу зерна ($r=0,641-0,708$). При этом, между озернёностью колоса и массой 1000 зёрен, у возделывавшихся в Северном Зауралье сортов, сопряженность слабо выражена от $r=-0,149$ до $r=0,283...0,313$. Биологическая масса 1000 зёрен у всего набора сортов в опыте не превышала 42 г (без просева). Объяснением этого является то, что крупнозёрные формы отличаются утончённым перекарпием, что благоприятствует проникновению фитофагам, молекулам воды и снижает содержание белка. Мелкозерные же генотипы имеют пониженную товарность.

Среди выделенных сортов, мелкое зерно у Тулунской 12 и Новосибирской 15, абсолютная масса которых - 32,4-32,7 г, что следует учитывать при подборе исходного материала в селекционной работе. Выраженная крупнозёрность характерна для Новосибирской 29 и Форы, масса 1000 зёрен которых в пределах 38 г. Из таблицы 1 видно, что ранее возделывавшиеся сорта: Скала, Новосибирская 15, Ирень, в связи с незначительной озернёностью колоса и абсолютной массы зерна первых двух, формируют малопродуктивный колос – в пределах 0,8 г. Это в значительной степени и объясняет пониженную до 20% их продуктивность. Сорта с массой колоса в пределах 1,0 г., при продуктивном ценозе - 450-520 стеблей, обеспечивают их урожайность 4,5 – 5,2 т/га[2].

Немаловажное значение имеет экономическая эффективность создаваемых сортов, обусловленная выходом непродуктивной части колоса – мякины ($x_{\text{ср}}=23,7\%$), которая колеблется по сортам от 19,0 до 31,4%. Невысокое её содержание обусловлено генетико-физиологической системой микрораспределений атрагирующих пластических веществ между зерном и мякиной [5]. Поэтому в этом отношении особого внимания заслуживают Тулунская 12 и Омская 26, у которых при довольно хорошей урожайности колоса $\approx 1,0$ г, самое низкое содержание в нём мякины - 19-20%.

В дополнение к сказанному, следует отметить, что почти все сорта среднерослые – до 95 см. Из них Фора на 10-13 см ниже. Фора, Омская 26 и СУРЭНТа бсклонны к полеганию. Важным показателем характеристики сортов является предуборочное прорастание зерна в колосе. Оценка сортов, в провокационных условиях, показывает довольно контрастные результаты. Сильное предуборочное прорастание зерна у Скалы (59%), Ирени (53,5), Латоны (44,9), Новосибирской 29 (40,3) и Тулунской 12 (34,6%), устойчивостью характеризуется СУРЭНТа 7 (5,1%) и выносливостью Новосибирская 15 (10,1%) и СУРЭНТа 6 (15,1%).

Всесторонняя оценка хорошо адаптированных к условиям Северного Зауралья раннеспелых, продуктивных сортов позволяет более целенаправленно использовать лучшие из них в селекционных программах, направленных на создание высокопродуктивных, экономичных – в биологическом отношении, адаптированных к местным условиям сортов мягкой яровой пшеницы.

Список литературы

1. Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В. Рост урожайности яровой мягкой пшеницы в Северном Зауралье.- М.: Вестник РАСХН, 2014.-№4.- С.14-17.

2. Новохатин В.В. Селекция яровой мягкой пшеницы в Северном Зауралье /В.В. Новохатин// Научные результаты агропромышленному производству: Сб. научн. тр. – Курган: Зауралье, 2004. – С. 214-218.
3. Лукьяненко П.П. Селекция и семеноводство озимой пшеницы/ П.П.Лукьяненко // Избр. труды. – М.: Колос, 1973б. – 448 с.
4. Якушев В.П. Агротехнические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур в России/ В.П. Якушев, И.М. Михайленко, В.А. Драгавцев // Сельскохозяйственная биология. 2015, Т.50. №5. С.550-560.
5. Драгавцев В.А. Новые подходы к экспериментальной оценке генотипической и генетической (аддитивной) дисперсии свойств продуктивности растений/ В.А. Драгавцев, Г.А. Макарова, А.А. Кочетов, Г.В. Мирская, Н.Г. Синявина// Вавиловский журнал генетики и селекции.- 2012.Том 16.№2.- С.427-436

INITIAL MATERIAL OF THE YARN SOFT WHEAT PRODUCTIVITY

Shelomentseva Tatiana Vladimirovna, SRIA for Northern Trans-Ural Region - Branch – Branch of Tyumen Scientific Centre SB RAS. Tyumen, Russia, e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

In breeding, it is important to attract, as components, early maturing genotypes, with a set of economically valuable traits and properties. Long-term studies have revealed that to a large extent these requirements are met by Omskaya 26. To create economically biologically effective varieties, Tulunskaya 12 is of great interest. According to precocity, Novosibirsk's 15 and Fora deserve attention. The resistance to pre-harbor germination in the ear is characterized by SURENT 7 and endurance - SURENT 6 and Novosibirsk 15.

Key words: wheat, ear, grain, lacustrine, absolute mass, chaff

УДК 57.088.1

ИЗМЕРЕНИЕ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГРАНУЛ КРАХМАЛА МЕТОДОМ МИКРОСКОПИРОВАНИЯ

*Эрст Т.В. – аспирант, Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, * e-mail: erst@bionet.nsc.ru*

Хлесткин В.К. – к.х.н., старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail:

khlestkin@bionet.nsc.ru

Морфология гранул крахмала различается для различных сортов картофеля. Определяя морфологические параметры гранул с помощью микроскопирования можно выделять контрастные формы, а также показать, что межсортные различия в морфологических признаках превосходят внутрисортные различия. Таким образом, можно предположить, что морфология гранул крахмала генетически детерминирована и может рассматриваться в качестве признака при поиске ассоциаций «геном-признак».

Ключевые слова: картофель, крахмал, гранула, морфология

Крахмал в клетках мякоти картофельного клубня присутствует в виде гранул разной степени округлости, варьируя, в основном, в диапазоне от 10 до 100 микрон.

Морфология и кристалличность гранул крахмала, по-видимому, регулируются генами его биосинтеза [1]. Гены, кодирующие разветвляющие крахмальные цепи ферменты (starch branching enzyme) *SBEI*, *SBEII*, по-видимому, влияют на размер гранул [2]. Таким образом, создавая растения с определенными аллельными вариациями генов, можно запрограммировать растения картофеля на производство крахмала со свойствами, являющимися наиболее подходящими для того или иного применения.

Обнаружив крайние формы фенотипических проявлений морфологических признаков и проведя генотипирование соответствующих сортов и гибридов с помощью SNP-чипа (single-nucleotide polymorphism), направленного на выявление полиморфных сайтов, можно разработать маркеры, связанные с соответствующими аллельными вариациями для дальнейшей маркер-ориентированной селекции, направленной на создание улучшенного генотипа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы картофеля были получены из коллекции ЦКП «ГенАгро» ИЦиГ СО РАН. Крахмал из клубней картофеля был получен гравитационным осаждением крахмальных гранул в воде по методике, описанной в [3]. Окрашивание гранул крахмала и их микроскопирование проводилось согласно процедуре, описанной в нашей предыдущей работе [3]. Препарат фотографировался в проходящем свете, обычно 4-6 кадров при использовании x10 объектива, 4248x2832 размера кадра и адаптера 1.0 достаточно для репрезентативной выборки, в сумме изображения 1500-2500 частиц.

Автоматизированный подсчет и измерение морфологических параметров гранул осуществляли в программе ImageJ.

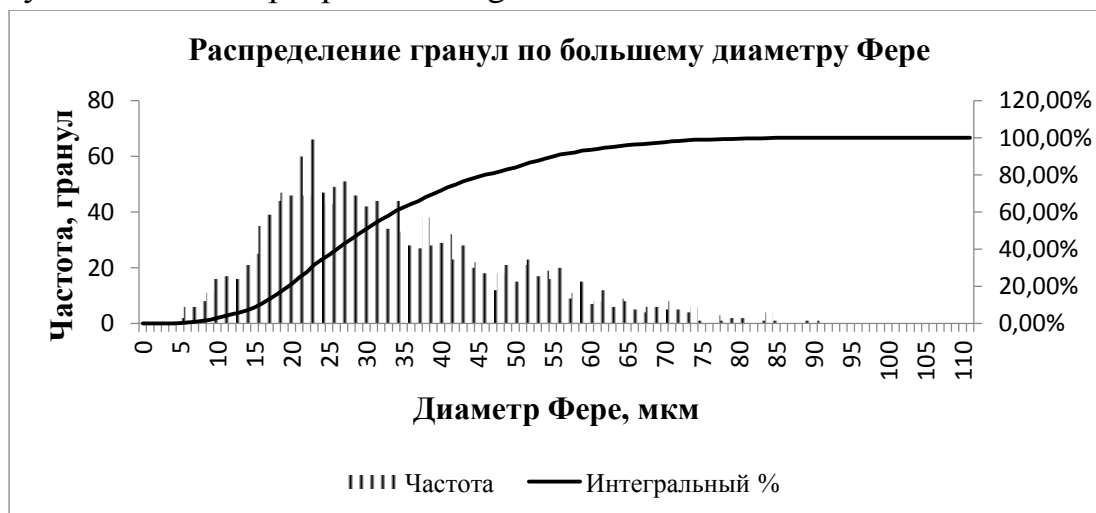


Рисунок 1. Гистограмма распределения значений признака «диаметр Фере» для гранул крахмала сорта Сафо.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовав сорта и гибриды из коллекции «ГенАгро» ФИЦ ИЦиГ СО РАН удалось установить, что сорта и гибриды различаются по морфологии гранул крахмала, а именно по диаметру Фере, площади проекции гранулы, занимаемой в кадре, округлости, стандартному отклонению, медиане. Проведя кластерный анализ по средним диаметрам Фере на 10 сортах, можно различить 4 кластера, значительно различающихся по этому признаку. В двух кластерах – по одному сорту (Фиолетовый и Лина), в двух других кластерах – по четыре сорта: Любава, Сафо, Метеор, Юна и Фрителла, Алена, Саратовский, Кузнечанка (рис.2).

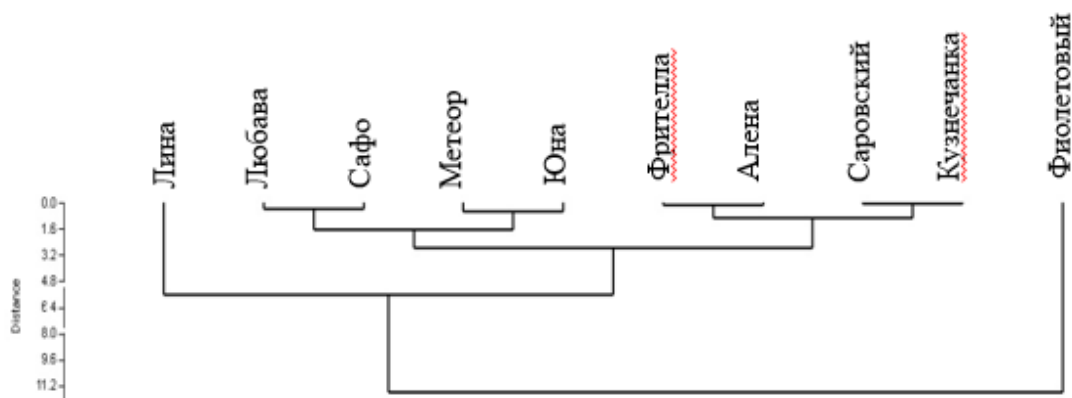


Рисунок 2. Кластеризация сортов по средним значениям диаметра Фере.

Для сравнения внутрисортных и межсортных различий внутри образовавшихся кластеров проведен однофакторный дисперсионный анализ, при помощи которого удалось установить необходимое для каждого сорта количество частиц для достижения значения $p < 0,05$. Вычисления проводили на выборках из 200, 400, 600, 800 и 1080 частиц из каждого кластера, в одном кластере p -значение менее 0,05 достигалось на выборке из 400 частиц, во втором – 600 частиц. В обоих кластерах, при числе частиц, равном 800, p -значение продолжало уменьшаться по сравнению с количеством частиц в предыдущих выборках (400 и 600), однако, при увеличении выборки до 1080 частиц, p -значение изменилось незначительно (рис.3).

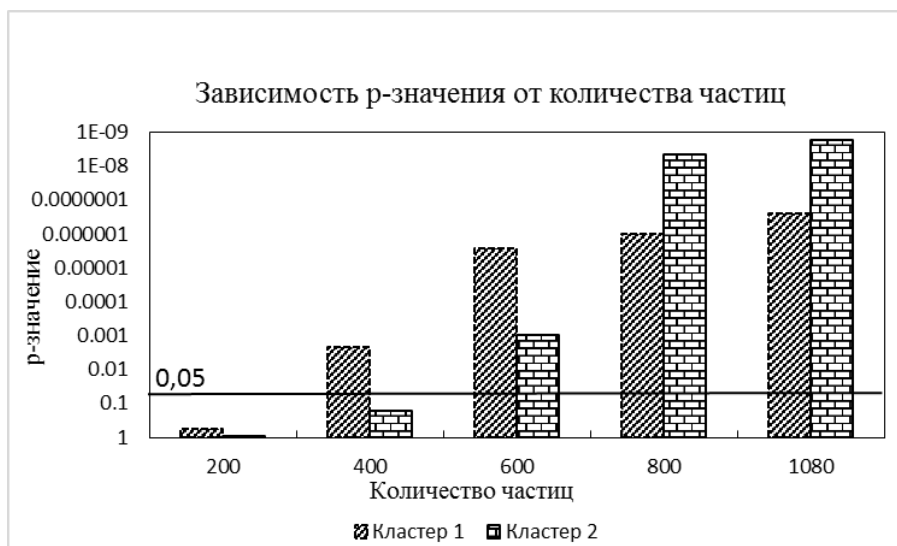


Рисунок 3. Зависимость р-значения от количества частиц.

Следовательно, выборка из 800 частиц является достаточной для установления достоверного межсортового отличия на основании диаметров Фере крахмальных гранул. Микроскопирование с последующей статистической обработкой является доступным, простым в использовании, высокопроизводительным для анализа фенотипического разнообразия гранул крахмала большого числа образцов на ограниченном количестве материала.

Микрофотографирование, цифровая обработка и анализ препаратов крахмала выполнены при финансовой поддержке РФФИ-НСО (проект № 17-44-540510). Образцы картофеля получены из коллекции ЦКП «ГенАгро» ИЦиГ СО РАН.

Список литературы

1. Yamamori M., Fujita S., Hayakawa K., Matsuki J., Yasui T. Genetic elimination of a starch granule protein, SGP-1, of wheat generates an altered starch with apparent high amylose. *Theor. Appl. Genet.* – 2000 – №. 101. – С. 21-29 DOI 10.1007/s001220051444
2. Hofvander P., Andersson M., Larsson C.-T., Larsson H. Field performance and starch characteristics of high amylose potatoes obtained by antisense gene targeting of two branching enzymes. *Plant Biotechnol. J.* – 2004 – №. 2 – С.311-320 DOI 10.1111/j.1467-7652.2004.00073.x
3. Хлесткин В.К., Эрст Т.В. Практическое руководство по оценке морфологии гранул картофельного крахмала методом микроскопирования. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2017 – Т. 21. – №. 6. – С.728-734. DOI 10.18699/VJ17.290

PHENOTYPIC STARCH PROPERTIES MEASUREMENT BY MICROSCOPY

Erst T.V.^{1}, Khlestkin V.K.^{1,2}*

¹*Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

* e-mail: erst@bionet.nsc.ru

Starch granule morphology varies for different potato cultivars. Measuring granules' morphological parameters by microscopy we distinguished contrasting forms and demonstrated that intercultivar variance reliably exceeds intracultivar one. Thus, we may suppose that starch granules' morphology is genetically determined and may be treated as a trait while studying "genome-trait" associations.

Key words: potato, starch, granule, morphology

УДК 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АГРАРНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

Юсова О.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, в. н. с., заведующая лаб. генетики, биохимии и физиологии растений ФГБНУ «ОМАНЦ» г. Омск, 644012, г. Омск,

Россия, e-mail: ksanajusva@rambler.ru Николаев П.Н. – н.с., заведующий лаб. селекции зернофуражных культур ФГБНУ «ОМАНЦ» г. Омск, Россия, e-mail: nikolaevpetr@mail.ru

Представлена агробиологическая характеристика новых перспективных сортов ячменя, селекции Омского АНЦ (Сибирского НИИСХ). Сорт пивоваренного направления Омский 100, а также сорта кормового и крупяного – Подарок Сибири. Перечисленные сорта переданы на Государственное сортоиспытание в 2014 и 2015 гг. Сорта рекомендуются для испытания во всех зонах Уральского (9), Западно-Сибирского (10) и Восточно-Сибирского (11) регионов.

Ключевые слова: ячмень пивоваренный, пленчатый, качество зерна, урожайность.

Ячмень является одной из ведущих сельскохозяйственных культур мира, благодаря своим огромным приспособительным возможностям, высокой урожайности и разностороннему использованию. Одним из важнейших условий получения высоких урожаев и увеличения валовых сборов зерновых культур является использование новых сортов. Сорт – самое дешевое и доступное средство повышения урожайности [1].

В России лишь 8% производимого зерна ячменя расходуется на приготовление пива. Более 80% пивоваренного ячменя выращивается из семян сортов зарубежной селекции. Как правило, при выращивании иностранных сортов в условиях Западной Сибири показатели произведенного из них солода и пива зачастую не достигают заявленных характеристик [2]. Известно, что пивоваренный ячмень гарантированно можно получить лишь в зонах, где из года в год складываются благоприятные гидротермические условия для формирования низкобелкового зерна. Но в отдельные годы благоприятная обстановка может сложиться также в зонах, не входящих в список районов заготовок пивоваренного ячменя, к которым относится и Западная Сибирь. Более полное использование гидротермических ресурсов таких зон может быть реализовано лишь на основе создания и возделывания пивоваренных сортов местной селекции. Примером этому является новый перспективный

пивоваренный сорт ячменя ярового Омский 100, переданный на Государственное сортоиспытание в 2015 г.

Яровой ячмень Омский 100 (Медикум 4747) выведен в ФГБНУ СибНИИСХ путем гибридизации сортов (Медикум 4365 × Медикум 4549) с последующим индивидуальным отбором. Скрещивание сортов проведено в 1998 году. В 1998 г. размножение в теплице, в 1999 г. – в СП-1. В гибридном питомнике в 2000 г. проведен отбор элитного растения, которое высеяно в 2001 году в СП-1. В полевых условиях эта линия изучалась в СП-II – 2002 г. и в КП – 2003 г. С 2004 по 2015 гг. Медикум 4747 проходил испытание в КСИ. Сорт ячменя Омский 100 относится к разновидности медикум. Куст полупрямостоячий, толщина и прочность стебля средние, лист средней ширины – промежуточный. Влагалища нижних листьев без опушения. Антоциановая окраска ушек имеется, очень слабая. Встречаемость растений с наклоненным флажковым листом низкая. Восковой налет на влагалище слабый. Окраска стеблевых узлов коричневая. Ушки серповидные, светлые. Язычок обыкновенный. Колос цилиндрический, двурядный, соломенно-желтый, рыхлый, средней длины, прямостоячий. Переход цветочной чешуи в ость постепенный, нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, расположены параллельно колосу, гладкие, легко осыпающиеся при созревании, желтые. Первый сегмент колосового стержня со слабым изгибом. На среднем колоске длина колосовой чешуи и ости равна зерновке. Зерно желтое, пленчатое, полуудлиненное, крупное. Масса 1000 зерен, в среднем, составляет 52–54 г. Сыпучесть зерна при посеве хорошая. Сорт Омский 100 относится к лесостепной экологической группе сортов, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, среднерослый (64–80 см), соломина прочная, засухоустойчив. Сорт среднеспелый, период вегетации, в среднем, составила 81–89 дней, что на уровне стандарта Омский 95. За годы испытания на искусственном инфекционном фоне сорт, в целом, характеризовался слабой восприимчивостью к черной головне, средней – к пыльной головне и сильной – к каменной головне, но отличался более высокой устойчивостью к этим заболеваниям в сравнении со стандартным сортом Омский 95. Биохимический анализ зерна ячменя образцов КСИ свидетельствует, что новый сорт Омский 100 имел пониженное содержание белка – 12,8%, что на 0,5% ниже, чем у пивоваренного сорта Омский 90 (13,3%), и на 1,1% меньше, чем у пивоваренного сорта Беатрис (13,9%). Натура зерна исследуемого сорта, в среднем, составила 634 г/л, (+ 44 г/л st.), пленчатость зерна 8,5% (– 0,2% st.). По другим биохимическим показателям – экстрактивности (80,6%), пленчатости (8,5%) и массе 1000 зерен (53,3 г) сорт Омский 100 соответствовал требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень и рекомендуется для

использования в пивоваренной промышленности. По продуктивности сорт Омский 100 относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири: при средней урожайности 4,5 т/га прибавка к стандартному сорту Омский 95 составила 0,4 т/га.

Ячмень выращивается для продовольственных и технических целей, а также в качестве ценнейшего концентрированного корма в животноводстве, т.к. содержит полноценный белок и богат крахмалом. В России на кормовые цели используют до 70 % этой важной зерновой культуры [3]. Кроме голозерных сортов, в качестве кормовых используют сорта пленчатых форм. Примером этому является новый перспективный сорт ячменя ярового Подарок Сибири (передан на ГСИ в 2014 г.).

Сорт Подарок Сибири выведен в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства путем гибридизации сортов (Медикум 4369 × Медикум 4396) с последующим индивидуальным отбором в F₅. Скрещивание сортов проведено в 1996 г. В 1999 г. отобрано элитное растение, которое с 2000 по 2002 гг. высевалось в СП-1 и СП-2. В полевых условиях эта линия изучалась в КП и КСИ с 2003 по 2014 гг. Подарок Сибири относится к степной экологической группе сортов, разновидность – медикум, засухоустойчив, среднеспелый (от всходов до созревания 73-86 сут.), среднерослый (высота 63-71 см), соломина прочная. Колосья двурядные, пленчатые, остистые, соломенно-желтые, цилиндрической формы, средней длины, рыхлые. Переход цветочной чешуи в ость постепенный, нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, гладкие, расположены вдоль колоса, соломенно-желтые, средней толщины, в отдельные годы могут быть слабо зазубрены вначале или в конце ости, иногда и по всей длине ости. Характер щетинки волосистый. Зерно желтое, пленчатое, полуудлиненное, крупное. Масса 1000 зерен, в среднем, составила 47,3 г, что на 4,6 г больше, чем у стандартного сорта Омский 91. Сыпучесть зерна при посеве хорошая. Сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию. За годы изучения сорт Подарок Сибири на искусственном инфекционном фоне по поражению пыльной головней варьировал от практически устойчивого (поражение 4,2%) до средневосприимчивого (26,7%). Биохимический анализ зерна ячменя образцов КСИ свидетельствует о том, что новый сорт Подарок Сибири, в среднем, имеет 13,5% белка, что выше, чем у стандарта Омского 91 на 0,3%. По остальным показателям качества данный сорт также не уступает стандарту. По продуктивности сорт Подарок Сибири относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири: средняя урожайность отмечена на уровне 4,4 т/га, прибавка к стандартному сорту Омскому 91 составила 0,9 т/га

Таким образом, итогом селекционной работы лаборатории селекции зернофуражных культур Омского АНЦ (Сибирского НИИСХ) стало создание и передача на Государственное сортоиспытание новых перспективных сортов ячменя ярового:

- сорт пивоваренного направления Омский 100;
- сорт кормового направления пленчатой формы Подарок Сибири.

Перечисленные сорта превышают стандарты по урожайности и качеству зерна, характеризуются средней и слабой восприимчивостью к инфекционным заболеваниям. По результатам изучения сорта рекомендуются для испытания во всех зонах Уральского (9), Западно-Сибирского (10) и Восточно-Сибирского (11) регионов.

Список литературы

1. Аниськов Н.И. Яровой ячмень в Западной Сибири (Селекция, семеноводство, сорта): Монография / Н.И. Аниськов, П.В. Поползухин. – Омск: ООО «Вариант–Омск», 2010. -338 с.
2. Пивоваренный ячмень в Западной Сибири: метод. рекомендации / МСХ РФ АПК. СибНИИЗХим. АНИИЗиС. Новосибирск, 2000. 52 с.
3. Звейнек И.А. Скороспелость местных образцов ярового ячменя (*Hordeum Vulgare* L.) из стран юго-восточной Азии и ближнего востока / И.А. Звейнек // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 4. – С. 121-126.

NEW PROMISING VARIETIES OF BARLEY BREEDING IN OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

P.N. Nikolaev, head of laboratory Omsk Agrarian Scientific Center, prosp. Koroleva, O.A. Yusova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow Omsk Agrarian Scientific Center, prosp. Koroleva, 26, Omsk, 644012, Russian Federation.

Presented agrobiological characterization of new promising varieties of barley, breeding ants Omsk (Siberian research Institute of agriculture). A variety of brewing direction Omsk 100, as well as varieties of fodder and cereal – a gift of Siberia. These varieties submitted for State trials in 2014 and 2015 Varieties are recommended for testing in all areas of the Ural (9), West Siberian (10), East Siberian (11) regions.

Key words: malting barley, naked oat, husked, grain quality, yield.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абугалиева А.И., Моргунов А.И., Масимгазиева А.С., Кожжахметов К.</i>	4
ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ФОРМ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С УЧАСТИЕМ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ МЕТОДОМ NDVI ДЛЯ ОТБОРА НА АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В ОЗИМОМ И ЯРОВОМ ПОСЕВЕ	
<i>Агеева Е.В., Лихенко И.Е.</i>	8
КАЧЕСТВО ЗЕРНА РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	
<i>Адолина И.Г., Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян Э.Р., Салина Е.А.</i>	12
ХРОМОСОМНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЯХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕНОМНО-ЗАМЕЩЕННЫХ И ГЕНОМНО-ДОБАВЛЕННОЙ ФОРМ	
<i>Асеева Т.А., Зенкина К. В.</i>	16
РАСШИРЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ С ЦЕЛЬЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ	
<i>Асеева Т.А., Мельничук И. Б.</i>	21
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНА ОВСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ	
<i>Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф.</i>	27
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ <i>CAMELINA SATIVA L.</i> В УСЛОВИЯХ ТАТАРСТАНА	
<i>Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Василова Н.З., Багавиева Э. З., Тазутдинова М. Р., Гайфуллина Г. Р.</i>	30
УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ВИДА <i>TRITICUM AESTIVUM L.</i> К ОСНОВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ В УСЛОВИЯХ ТАТАРСТАНА	
<i>Байрамова Д.О., Томилин М.А., Жирнов И.В., Филипенко Е.А., Герасимова С.В., Кочетов А.В.</i>	34
СБОРКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БАКТЕРИОФАГА MS2 В РАСТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКСПРЕССИИ	
<i>Баранова О.А., Сибикеев С.Н., Дружин А.Е.</i>	36
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ В ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЯХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	
<i>Белан И. А., Россеева Л. П., Мешкова Л.В., Блохина Н. П., Ложникова Л. Ф., Золкин Д.А., Трубочеева Н.В., Першина Л. А.</i>	40
ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА КАСИБ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
<i>Börner A., Nagel M., Agacka-Moldoch M., Börner M., Lohwasser U., Pshenichnikova T.A., Khlestkina E. K.</i>	45
THE IMPORTANCE OF PLANT GENETIC RESOURCES FOR UPCOMING CHALLENGES IN BREEDING AND RESEARCH	
<i>Бехтольд Н.П., Григорьев Ю.Н., Орлова Е.А.</i>	50
УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К ГОЛОВНЕВЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ	
<i>Брач Н.Б., Брач Е.А., Забегаева О.Н.</i>	54
ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЛЬНА К РАЗЛИЧНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ КАДМИЯ В ФАЗЕ	

ПРОРОСТКОВ

- Быкова И.В., Лашина Н.М., Ефимов В.М., Афанасенко О.С., Хлесткина Е.К.* 58
 ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКУСОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ, НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНОГО КАРТИРОВАНИЯ
- Варивода Е.А., Малуха С.В., Вербицкая Л.Н.* 62
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ АРБУЗА
- Василова Н.З., Багавиева Э.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Вафин Р.Р.* 66
 РАЗНООБРАЗИЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ТАТАРСКОГО НИИСХ
- Вихорев А.В., Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К.* 70
 ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ГЕНОВ ФЛАВОНОИД 3'-ГИДРОКСИЛАЗЫ И ФЛАВОНОИД 3', 5'-ГИДРОКСИЛАЗЫ В ГЕНОМЕ ЯЧМЕНЯ
- Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Ваганова О.Ф., Матвеева И.П., Мирошниченко О.О.* 74
 ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ЛИСТОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ
- Гвоздева Л.М., Хлесткин В.К.* 77
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗИСТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА РЯДА СОРТООБРАЗЦОВ
- Герасимова С.В., Хертиг К., Короткова А.М., Хикель С., Кумлен Й., Кочетов А.В., Хлесткина Е.К.* 81
 ВЫБОР ЦЕЛЕВЫХ САЙТОВ И НАПРАВЛЯЮЩИХ РНК ДЛЯ НОКАУТА ГЕНОВ NUD И VRS1 ЯЧМЕНЯ ПРИ ПОМОЩИ РНК-НАПРАВЛЕННОЙ ЭНДОНУКЛЕАЗЫ
- Глаголева А.Ю., Хлесткина Е.К.* 85
 ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ СЕМЕЙСТВА ГЕНОВ ХАЛКОНСИНТАЗЫ У ПШЕНИЦЫ И ЕЁ СОРОДИЧЕЙ
- Гончарова А.В., Андрусович Е.Э., Ряттель Т.В.* 88
 СОЗДАНИЕ СОРТОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СИБИРИ
- Гордеева Е.И., Юдина Р.С., Усенко Н.И., Стабровская О.И., Шарфунова И.Б., Отмахова Ю.С., Хлесткина Е.К.* 92
 МАРКЕР-КОНТРОЛИРУЕМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ФОРМ ПШЕНИЦЫ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ АНТОЦИАНОВ В ЗЕРНЕ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
- Грабовец А.И., Фоменко М.А.* 97
 ГЕНОФОНД И СЕЛЕКЦИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДОНУ
- Дивашук М.Г., Черноок А. Г., Карлов Г.И., Крупин П.Ю.* 101
 ПЛЕЙОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ ГЕНА НИЗКОСТЕБЕЛЬНОСТИ DDW1 РЖИ У ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ
- Дидоренко С.В., Абуғалиева А.И., Ержебаева Р.С., Сидорик И.В., Рожанская О.А.* 103
 СОМАКЛОНАЛЬНЫЕ ЛИНИИ КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ В СЕЛЕКЦИИ СОИ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ
- Егорова А.А., Герасимова С.В., Хорошавин Ю.А., Романова А.В., Ибрагимова С.М., Кочетов А.В.* 107
 ПОЛУЧЕНИЕ НОКАУТА SOLANUM TUBEROSUM ПО ГЕНУ

ВАКУОЛЯРНОЙ ИНВЕРТАЗЫ PAIN-1 МЕТОДОМ РНК-НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА	
<i>Ержебаева Р.С.</i> СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ТРИТИКАЛЕ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ IN VITRO	110
<i>Ержебаева Р.С., Абекова А.М., Берсимбаева Г.Х., Коньсбеков К. Т., Азимбек Н. И.</i> СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ IN VITRO	115
<i>Ермошкина Н.Н., Артемова Г.В., Сурначев А.С., Стёпочкин П.И.</i> ОСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ И ПЕРЕЗИМОВКА ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАННЕМ И ПОЗДНЕМ СРОКАХ СЕВА	119
<i>Есимбекова М.А., Абугалиева А.И., Моргунов А.И., Пеня Х.</i> КАЧЕСТВО СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ КазНИИЗиР В СЕТИ КАСИБ	123
<i>Ефремова Т.Т., Чуманова Е.В., Кручинина Ю.В.</i> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫМИ ГЕНАМИ, КОНТРОЛИРУЮЩИМИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА, ТИП РАЗВИТИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ К СТРЕССАМ	127
<i>Ефремова О.С., Фисенко П. В.</i> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ РЕГЕНЕРАНТНЫХ ЛИНИЙ СОИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ	131
<i>Ж. Ганболд, Б. Ганбаатар, Я Мязмарсүрэн</i> ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ МОНГОЛИИ	135
<i>Затыбеков А.К., Абугалиева С.И., Дидоренко С.В., Турусбеков Е.К.</i> ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СОИ К FUSARIUM SPP. В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА	139
<i>Зобова Н.В., Луговцова С.Ю.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА КАРТОФЕЛЯ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ	144
<i>Клименко И.А., Козлов Н.Н., Коровина В.Л., Макаренков М.А.</i> МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОФОНДА ВНИИ КОРМОВ ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА	148
<i>Клыков А.Г., Барсукова Е.Н., Парская Н.С.</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ В СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ	153
<i>Ковтун В.И., Ковтун Л.Н.</i> НОВЫЕ ГЕНОТИПЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТИПА СЕВЕРО - КАВКАЗСКОГО ФНАЦ	157
<i>Козлечков Г.А., Романов Б.В., Пасько С.В.</i> ПРИНЦИП СОРАЗМЕРНОСТИ В РЕАЛИЗАЦИИ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ВЕГЕТАТИВНЫХ И РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ ПОБЕГА ПШЕНИЦЫ (РОАСЕАЕ)	161
<i>Койшыбаев М., Чудинов В.А., Бердагулов М.А., Канафин Б. К.</i> СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИДАМ РЖАВЧИНЫ И СЕПТОРИОЗА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ	164
<i>Колёбошина Т.Г., Белов С.И., Вербитская О.Г.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЕРИОДА РЕАЛИЗАЦИИ АРБУЗА В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ	169

Короткова А.М., Герасимова С.В., Кукоева Т.В., Хлесткина Е.К.	174
ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ И ГЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИБИРСКИХ ЯРОВЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ С РАЗЛИЧНЫМ РЕГЕНЕРАЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ	
Крохмаль А.В., Грабовец А.И.	176
РОЛЬ СОВРЕМЕННОГО ГЕНОФОНДА В СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ ТРИТИКАЛЕ НА ДОНУ	
Крупин П.Ю., Кузнецова В. М., Карлов Г.И., Дивашук М.Г.	181
ИЗУЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПЫРЕЯ ПОНТИЙСКОГО (<i>TRINOPYRUM PONTICUM</i>) МЕТОДАМИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ IN SITU И ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	
Кузьмина А.А., Кузьмин А.В.А.	183
ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД КРЫЖОВНИКА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ	
Кузьмина С.П.	188
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ НУТА ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Кузьмицкая Г.А., Агеева О.Ю.	193
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТА ДЛЯ УСЛОВИЙ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ	
Лихенко Н.Н., Паркина О.В., Капко Т.Н., Салмина И.С.	196
ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОДОВ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ (<i>Pyrus ussuriensis Maxim. ex Rupr.</i>)	
Логинов Ю.П., Казак А.А., Семенков А.С.	200
СОРТА КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ, КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ	
Логинова Д.Б., Володина Е.А., Силкова О.Г.	206
ФОРМИРОВАНИЕ КАРИОТИПОВ У ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ ГИБРИДОВ F5 ПОКОЛЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСОМНО-ЗАМЕЩЕННОЙ ЛИНИИ 1Rv(1A)	
Мальцева Л.Т., Филиппова Е.А., Банникова Н.Ю.	210
ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА КАЧЕСТВО	
Масимгазиева А.С. магистр, Абугалиева А.И, Моргунов А.И, Кожяхметов К.К.	214
ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ ГИБРИДОВ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ В СЕЛЕКЦИИ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ	
Моргунов А.И., Абугалиева А.И., Шаманин В.П., Гультяева Е.И., Чудинов В.А., Рсымбетов А.А., Зеленский Ю.И., Пожерукова В.Е.	218
УСТОЙЧИВЫЕ К БОЛЕЗНЯМ СОРТА ПШЕНИЦЫ КАК ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО (БИОЛОГИЧЕСКОГО) ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА	
Мусинов К.К., Пономаренко В.И., Козлов В.Е.	221
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ И ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ АМФИДИПЛОИДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Немцев Б.Ф., Стёпочкин П.И., Немцев А.Б.	226
КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ОТБОР В ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЯХ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	

Нешумаева Н.А., Голубев С.С. ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К РЕГИОНАЛЬНЫМ РАСАМ ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНИ ПО КОМПЛЕКСУ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЕКЦИИ ПРИЗНАКОВ	230
Новикова Л.Ю., Козлов К.Н., Сеферова И.В., Вишнякова М.А., Самсонова М.Г. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РФ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ СОИ	233
Новохатин В.В. СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ УСТОЙЧИВОГО К АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ	238
Нурпеисов М.Ж., Абугалиева А.И., Чудино В.А., Сариев Б.С., Жундибаев К., Есимбекова М.А. ДНК ОТБОРЫ КАК ЛИНЕЙНЫЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫЙ И ОДНОРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ В СЕЛЕКЦИИ ОВСА	242
Орлова Е.А., Бехтольд Н.П. ХАРАКТЕРИСТИКА СОТРОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, РАЙОНИРОВАННЫХ ПО 10 РЕГИОНУ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ	246
Орловская О.А., Вакула С.И., Леонова И.Н. СОСТАВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СУБЪЕДИНИЦ ГЛЮТЕНИНА У ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ <i>T. AESTIVUM/T. ТИМОРНЕЕVII</i>	250
Пакуль В.Н., Мартынова С.В., Андросов Д.Е. ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО - ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	254
Першина Л.А., Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В., Белан И.А., Россеева Л.П., Немченко В.В., Абакумов С.Н. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ АЛЛОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ДИГАПЛОИДНЫХ ЛИНИЙ (<i>H. vulgare</i>)- <i>T. Aestivum</i>	259
Плотникова Л.Я., Митрофанова О.П., Герасимова Я.А. СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К РЖАВЧИНЫМ БОЛЕЗНЯМ ДЛЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ОБРАЗЦОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНОМ ОМ AEGILOPS TAUSCHII ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР	263
Полюдина Р.И., Гришин В.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА СУДАНСКОЙ ТРАВЫ ПРИ СОЗДАНИИ СОРТОВ В СИБИРИ	267
Полюдина Р.И. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР СИБИРИ	271
Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. СТРУКТУРА ГЕНОФОНДА ОЗИМОЙ РЖИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ	275
Пороховинова Е.А., Павлов А.В., Кутузова С.Н., Брач Н.Б. СОЗДАНИЕ ПРИЗНАКОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЛИНЕ, РАЗМЕРУ СОЦВЕТИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ФАЗ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА БАЗЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР	279
Потанов Д.А. УВЕЛИЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ПРЕДЕЛАХ ВИДА <i>BRASSICA NAPUS L.</i> ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ЖЕЛТУЮ ОКРАСКУ ОБОЛОЧКИ СЕМЯН	284

Размахнин Е.П., Размахнина Т.М., Козлов В.Е., Гончаров Н.П. СОЗДАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОТИПОВ ПЫРЕЯ СИЗОГО <i>ELYTRIGIA INTERMEDIUM</i> С ВЫСОКОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПРОДУЦИРОВАТЬ ЗЕЛЕННЫЕ АНДРОГЕННЫЕ ГАПЛОИДЫ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЫЛЬНИКОВ	288
Рожанская О.А., Потапов Д.А., Горшкова Е.М. СЕЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ И СОРТА СОИ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ	292
Розенфрид К.К., Логинова Д.Б., Стасюк А.И., Силкова О.Г. ОСОБЕННОСТИ ИНТРОГРЕССИИ ХРОМОСОМЫ ПЫРЕЯ 6A1 В РАЗЛИЧНЫЕ СОРТА МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	296
Савин Т.В., Чудинов В.А., Бердагулов М.И., Абугалиева А.И., Моргунов А.И. ИННОВАЦИОННОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ЭКСПОРТНОЙ КУЛЬТУРЫ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАРКИРОВАНИЯ И ДИГАПЛОИДИЗАЦИИ (ВЫСОКОПРОТЕИНОВЫЕ И УСТОЙЧИВЫЕ К БОЛЕЗНЯМ)	301
Санамьян М.Ф., Бобохужаев Ш.У. ЦИТОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УНИВАЛЕНТНЫХ ХРОМОСОМ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСЛОКАЦИОННЫХ МАРКЕРОВ	305
Сафонова А.Д., Кошева О.Н., Салмина И.С. ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ	309
Сколотнева Е.С., Букатич Е. Ю., Бойко Н. И., Пискарев В.В., Салина Е.А. ОЦЕНКА ПШЕНИЧНОГО ПИТОМНИКА-ЛОВУШКИ ДЛЯ РАСЫ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ UG99 В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ В 2017 ГОДУ	313
Сотник А.Я. К ВОПРОСУ О ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СЕМЯН ОВСА	318
Сочалова Л.П., Пискарев В.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К ИНФЕКЦИЯМ <i>RUSSINIA RECONDITA</i> В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ	322
Спасельникова А.В., Егорова А.А., Кочетов А.В., Герасимова С.В. НОКАУТ КЛЮЧЕВЫХ ГЕНОВ БИОСИНТЕЗА НИКОТИНА N. ТАВАСУМ МЕТОДОМ РНК-НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА	326
Стасюк А.И., Леонова И.Н., Салина Е.А. ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ЯРОВЫХ ГИБРИДОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ СКРЕЩИВАНИЯ ОЗИМЫХ И ЯРОВЫХ ФОРМ	329
Стёпочкин П.И. ИЗУЧЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО ПЕРИОДА «ВСХОДЫ – КОЛОШЕНИЕ» У ЯРОВЫХ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	334
Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К. ГЕНЫ-РЕГУЛЯТОРЫ АНТОЦИАНОВОЙ ОКРАСКИ ЗЕРНОВКИ ЯЧМЕНЯ	338
Терлецкая Н.В. ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЛОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ МЕЖВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЙ	341

Тимина М.А., Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. ЗНАЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ВИР В РАЗВИТИИ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ОЗИМОЙ РЖИ В КРАСНОЯРСКОМ НИИСХ	347
Трубачеева Н.В., Першина Л.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЦР-МАРКЕРОВ ПРИ СОЗДАНИИ И ИЗУЧЕНИИ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ ЯЧМЕННО-ПШЕНИЧНЫХ ГИБРИДОВ	351
Тысленко А.М., Зуев Д.В. ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ	355
Тюнин В.А., Шрейдер Е.Р., Гультяева Е.И. СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, УСТОЙЧИВОГО К ВОЗБУДИТЕЛЮ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ, В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА	359
Утебаев М.У., Дашкевич С.М., Бабкенов А.Т., Боме Н.А. НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (<i>Triticum aestivum</i> L.) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	363
Фомина М.Н., Иванова Ю.С., Шабанова О.А., Брагин Н.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ ОВСА В ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ	366
Фомев Ю.В. КИТАЙСКАЯ БРОККОЛИ ИЛИ КАЙ-ЛАН (<i>BRASSICA OLERACEA</i> VAR. <i>ALBOGLABRA</i>) – НОВАЯ ДЛЯ РОССИИ ОВОЩНАЯ КУЛЬТУРА (ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ, ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА)	370
Khandsuren D., Altango RESULT OF COMPARATIVE STUDY ON STRAWBERRY (<i>FARAGARIA ANNASA</i> DUCH.)'S VARIETIES	375
Хлесткин В.К., Эрст Т.В., Гвоздева Л.М., Хорошавин Ю.А. ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ КРАХМАЛА – ШАГ НА ПУТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	381
Хорошавин Ю.А., Хлесткин В.К. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ АМИЛОЗЫ И АМИЛОПЕКТИНА В КРАХМАЛЕ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ	384
Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Романенко Н.М. ИТОГИ ИНТРОДУКЦИОННОЙ РАБОТЫ С ЛЕКАРСТВЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ СЕМЕЙСТВА <i>LAMIACEA</i>	388
Чуманова Е.В., Ефремова Т.Т., Трубачеева Н.В., Першина Л.А. ХАРАКТЕРИСТИКА ПШЕНИЧНО-ЯЧМЕННЫХ ЗАМЕЩЕННЫХ ЛИНИЙ (T. <i>AESTIVUM</i> L. × H. <i>MARINUM</i> SSP. <i>GUSSONEANUM</i> 4X HUDSON) ПО ХРОМОСОМАМ СЕДЬМОЙ ГОМЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ	391
Шаманин В.П., Чурсин А.С., Потоцкая И.В., Шепелев А.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ В ОМСКОМ ГАУ	395

<i>Шеломенцева Т.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ	400
<i>Эрст Т.В., Хлесткин В.К.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГРАНУЛ КРАХМАЛА МЕТОДОМ МИКРОСКОПИРОВАНИЯ	404
<i>Юсова О.А., Николаев П.Н.</i> НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АГРАРНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	408

Научное издание

ГЕНОФОНД И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

*Материалы IV Международной научно-практической конференции
4–6 апреля 2018 г.*

Подписано в печать 15.03.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,76
Тираж 90 экз. Заказ № 311

Информационно-издательский отдел ИЦиГ СО РАН
630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 10
Отпечатано в типографии ООО «Междуречье», г. Искитим, ул. Советская, 236, тел. 2-07-68

