



PlantGen2025

VIII Международная научная конференция
«Генетика, геномика, биоинформатика и биотехнология растений»
2–5 июля 2025 года, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

8th International scientific conference
“Plant genetics, genomics, bioinformatics and biotechnology”
July 2–5, 2025, ICG SB RAS, Novosibirsk, Russia



ЛАБОРАТОРИЯ СИГНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ №5

Регуляция активных форм кислорода и уровня паттерн-распознающих рецепторов под влиянием сигнальных молекул ризобий как основа развития бобово-ризобиального симбиоза

А.М. ДЫМО*, П.Ю. КОЗЮЛИНА, О.А. ПАВЛОВА, Е.С. КАНЦУРОВА, А.Д. БОВИН, А.В. ДОЛГИХ, Е.А. ДОЛГИХ

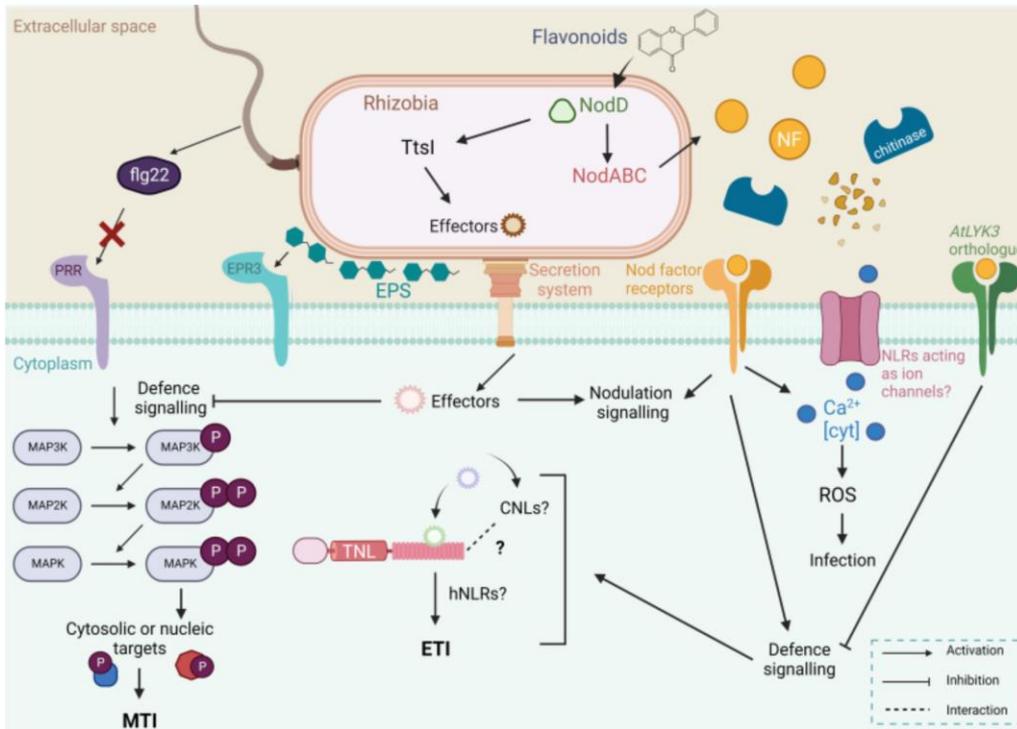
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ

Новосибирск 2025

* dymolina@yandex.ru

Как происходит регуляция иммунного ответа у растений при бобово-ризобийном симбиозе?



Grundy et al, 2023

Гипотеза

Nod-факторы ризобий могут активировать гены ферментов, влияющих на стабильность паттерн-распознающих рецепторов (PPR) и стимулируемых ими митоген-активируемых протеинкиназ (MAP-киназ), что может приводить к подавлению иммунного ответа со стороны растений

MTI – иммунный ответ, вызванный при узнавании молекулярных структур микроорганизмов
ETI- эффектор активируемая иммунитет

Цель

Выявить регуляторы, которые активируются у растений под влиянием Nod-факторов и участвуют в контроле иммунного ответа

Задачи

- Поиск регуляторов иммунного ответа у растений гороха, активируемых Nod-факторами ризобий
- Оценить взаимодействие выявленных регуляторов с их потенциальными мишенями
- Поиск рецепторов, регулирующих иммунный ответ у растений гороха и люцерны при узнавании Nod-факторов

I. Поиск регуляторов иммунного ответа у растений гороха, активируемых Nod - факторами ризобий

Сравнительный анализ дифференциально-экспрессирующихся генов в корнях гороха сорта Frisson в ответ на обработку Nod-факторами ризобий (10^{-7} М).

PPR LYK9



RLCK



МАРККК



МАРКК6



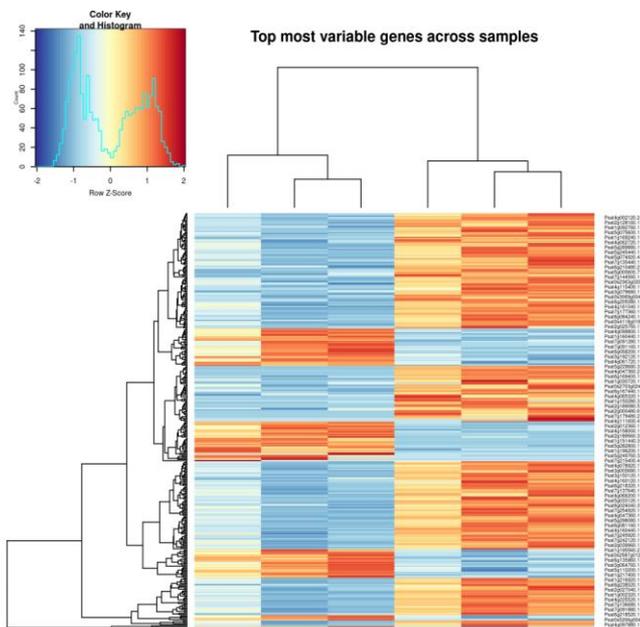
МАРК



WRKY, MYB



PR-белки



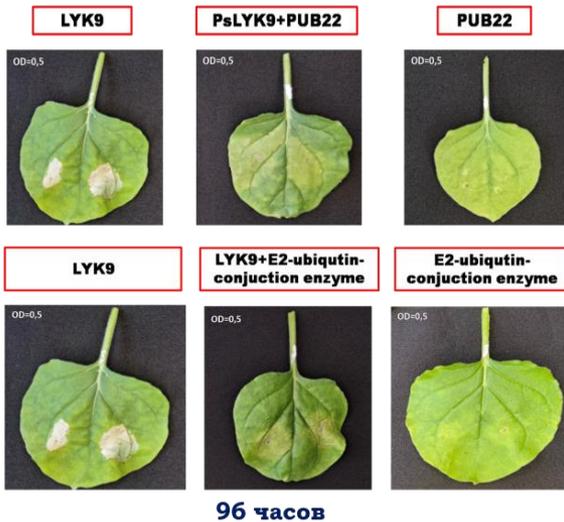
Medicago.v4	Pisum_sativum	Description	Medicago.v5.1.8
Medtr1g111000	Psat0s3342g0160	Glycosidase	MtrunA17Chr1g0209911
Medtr2g069400	Psat1g003480	stress tolerance protein	MtrunA17Chr2g0312011
Medtr3g011270	Psat5g226640	disease resistance protein	MtrunA17Chr3g0080601
Medtr4g104690	Psat4g061720.1	phosphatase	MtrunA17Chr4g0058301
Medtr5g071550.1	Psat0s7911g0040	MIPP2C phosphatase	MtrunA17Chr5g0430481
Medtr8g022790	Psat4g166200	acylhydrolase	MtrunA17Chr8g0344931
Medtr4g068940	Psat7g185480	E3 ubiquitin ligase	MtrunA17Chr4g0034371
Medtr1g039380	Psat6g101520	Phosphatase	MtrunA17Chr1g0165341
Medtr3g011270	Psat5g149840	NBS-LRR	MtrunA17Chr3g0108101
Medtr3g452710	Psat5g183840	Serine/threonine phosphatase	MtrunA17Chr3g0097231
Medtr5g057095	Psat2g055360	Ubiquitin activating enzyme	MtrunA17Chr0c01g0489601
Medtr3g11111	Psat5g017920	Ubiquitin conjugating enzyme 1	MtrunA17Chr3g0141001
Medtr2g078010	Psat5g239360	Ubiquitin conjugating enzyme 2	MtrunA17Chr2g0316211
Medtr0019s0100	Psat1g003480	NBS-LRR Genot	MtrunA17Chr6R0151720

Вывод

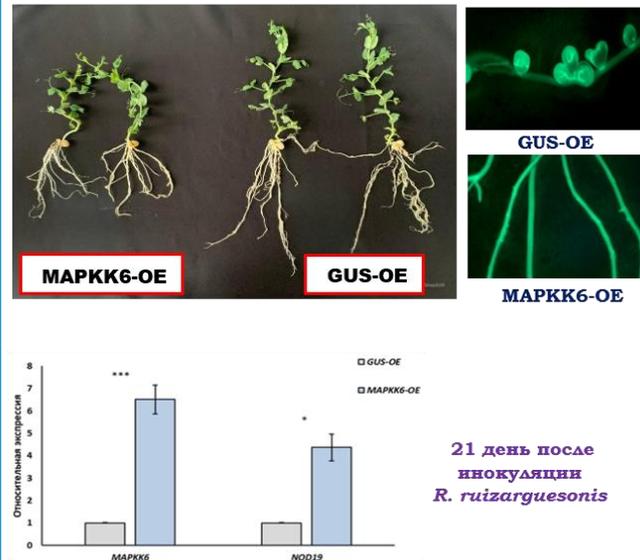
- ✓ Транскриптомный анализ выявил гены E3 убиквитин-лигаз и фосфатаз, которые могут влиять на стабильность PRR и активность MAP-киназ.
- ✓ Протеомный показал существенное увеличение синтеза ферментов с антиоксидантной активностью (супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионтрансферазы и тиоредоксинов), которые блокируют избыточное накопление АФК и подавляют окислительный стресс

II. Оценка взаимодействия выявленных регуляторов с их потенциальными мишенями

Влияние убиквитин-лигаз на уменьшение литической реакции в листьях *Nicotiana benthamiana*

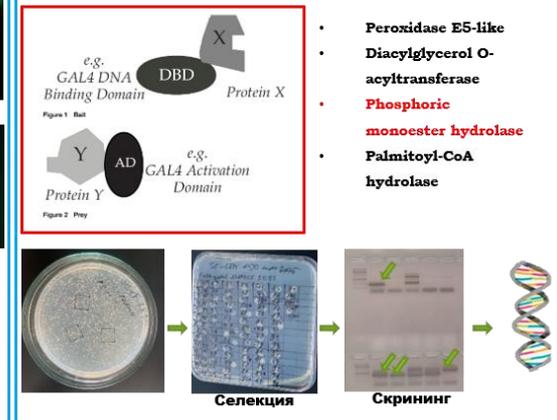


Участие MAPKK6 в контроле развития иммунного ответа у растений гороха



Поиск регуляторов взаимодействующих с MAPKK6 у гороха

Дрожжевая двугибридная система

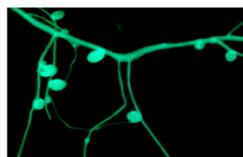


Вывод

- ✓ Активация выявленных убиквитин лигаз может приводит к снижению содержания PRR LYK9 у гороха на самых ранних стадиях симбиоза
- ✓ С помощью метода дрожжевой двугибридной системы были выявлены фосфатазы, взаимодействующие с митогенактивируемой киназой киназы (MAPKK6)

III. Поиск рецепторов, регулирующих иммунный ответ у растений гороха и люцерны при узнавании Nod-факторов

Участие рецептора LYK11 в развитии иммунного ответа у растений гороха при инокуляции *Rhizobium ruizarguesonis*



GUS-OE

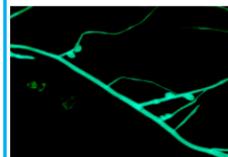


LYK11-OE

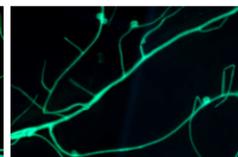
LYK11-OE – LYK11 overexpression)
GUS-OE – gene overexpressing bacterial glucuronidase (GUS control)



Влияние рецептора LYK11 на развитие иммунного ответа у растений люцерны усеченной *M. truncatula* при симбиозе с *Sinorhizobium meliloti*

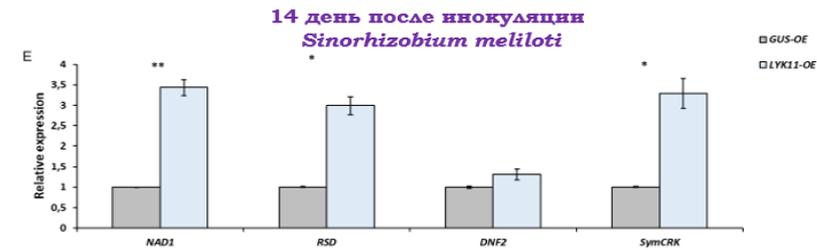


GUS-OE



LYK11-OE

LYK11-OE – LYK11 overexpression)
GUS-OE – gene overexpressing bacterial glucuronidase (GUS control)



Вывод

- ✓ Выявлено влияние рецепторов PsLYK11 и MtLYK11 у гороха посевного и люцерны усеченной на подавление иммунного ответа в ответ на инокуляцию ризобиями (снижение уровня экспрессии защитных генов *PR10*, *WRKY33*, *WRKY35* и *NOD19*).
- ✓ Выявлено участие рецептора PsLYK11 и MtLYK11 у гороха посевного и люцерны усеченной на регуляторы, активируемые при симбиозе (увеличение уровня экспрессии генов *SymCRK*, *DNF2*, *NAD1* и *RSD*).

**Исследование было поддержано грантом Российского
научного фонда № 24-16-00180 "Изучение влияния микроРНК,
рецепторов NLR и эффекторов на регуляцию иммунного ответа
у бобовых растений при внутриклеточных симбиозах"**

Спасибо за внимание!

