

АБСЦИЗОВАЯ КИСЛОТА КАК МОДУЛЯТОР ИММУННОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ

Е. О. Клочкова

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, helianna1905@gmail.com
Научный руководитель — А.В. Колубако

Растения *Capsicum annuum*, как многие представители семейства *Solanaceae*, подвержены заболеваниям, вызываемым бактериями рода *Pectobacterium*. Каждый год регистрируются новые случаи заражения и расширяется география патогена. Выяснение механизмов иммунного ответа растений необходимо для разработки эффективной стратегии защиты.

Ключевые слова: абсцизовая кислота, реакция гиперчувствительности, *Capsicum annuum*

Абсцизовая кислота (АБК) играет важную роль в адаптации растений к стрессам абиотической природы (засуха и солевой стресс) [1], а также к стрессами биотической природы, регулируя иммунные реакции при детекции патогенов [2]. Перец является одной из важнейших овощных культур в мире, но его урожайность часто снижается из-за различных заболеваний. Выяснение роли абсцизовой кислоты в модуляции иммунного ответа растений перца приблизит исследователей к созданию новых механизмов защиты растений [3]. В этой статье мы обсудим и попытаемся выяснить, как гены метаболизма абсцизовой кислоты растений перцев *Capsicum annuum* влияют на иммунный ответ при заражении патогеном *Pectobacterium versatile*.

Молодые растения *C. annuum* в фазе 2-3 настоящих листьев были подвержены сайленсингу генов биосинтеза абсцизовой кислоты *AAO3* (оксидазы абсцизового альдегида), *NCED3* (9-цис-эпоксикаротеноид диоксигеназы), а также гидроксилазы абсцизовой кислоты *CYP707a1*, метаболизирующей гормон до неактивной формы, а также, в качестве положительного контроля сайленсинга, гена *PDS*, кодирующего фермент биосинтеза каротеноидов, фенотип сайленсинга которого – отсутствие пигментации листьев. Сайленсинг проводился при помощи агробактериальной трансформации конструкциями на основе вируса TRV, содержащими участки указанных генов. В качестве негативного контроля сайленсинга использовалась конструкция, содержащая участок гена *GFP*. По истечении 45 дней листья растений перцев были инфильтрованы суспензиями (в 0,85 % NaCl, OD₆₀₀ = 1) клеток патогена *P. versatile* JN42 (дикий тип) и *P. versatile* TA5 (*hrpL*-мутант с инактивированной системой секреции III типа, доставляющей эффекторный белок в клетки растений-

хозяев). Учет результатов заражения и регистрация реакции гиперчувствительности проводились на третьи сутки после заражения.

Растения с индуцированным сайленсингом гена *PDS* (положительный контроль сайленсинга) изображены на рисунке 1.



pTRV2::GFP



pTRV2::PDS

Рис. 1. Растения *C. annuum* с сайленсингом гена *PDS* в сравнении с контрольными

Наиболее типичная реакция растений перцев с сайленсингом генов метаболизма абсцизовой кислоты на заражение штаммами *P. versatile* изображена на рисунке 2. В контрольной группе (pTRV2::GFP) растения реагировали на инфильтрацию суспензией штамма *P. versatile* JN42 (д.т.) индукцией реакции гиперчувствительности (РГ) в среднем на 30 % зоны инфильтрации. Мутантный штамм РГ в тканях растений не вызывал, и реакция растений на него была неотличима от раневого ответа (инфильтрация NaCl 0,85 %).

Группа растений со сниженной экспрессией гена *CYP707a1*, отвечающего за биосинтез гидроксилазы абсцизовой кислоты (т.е. мы предполагаем, что активной формы гормона стало больше) показала усиление симптомов заболевания при инфицировании штаммами *P. versatile*. Наблюдалось увеличение индукции реакции гиперчувствительности (РГ) до 80% в зоне инфильтрации при воздействии суспензией штамма дикого типа на листовые ткани, а также появление симптомов РГ при заражении растений *hrpL*-мутантом (до 20% зоны инфильтрации).

Растения с уменьшенной экспрессией гена *AAO3*, отвечающего за биосинтез абсцизовой кислоты, реагировали на инфицирование штаммом *P. versatile* дикого типа гибелью клеток в области от трети до половины зоны инфильтрации, в то время как *hrpL*-мутант *P. versatile* вызывал РГ в зоне от 10 до 40% зоны инфильтрации.

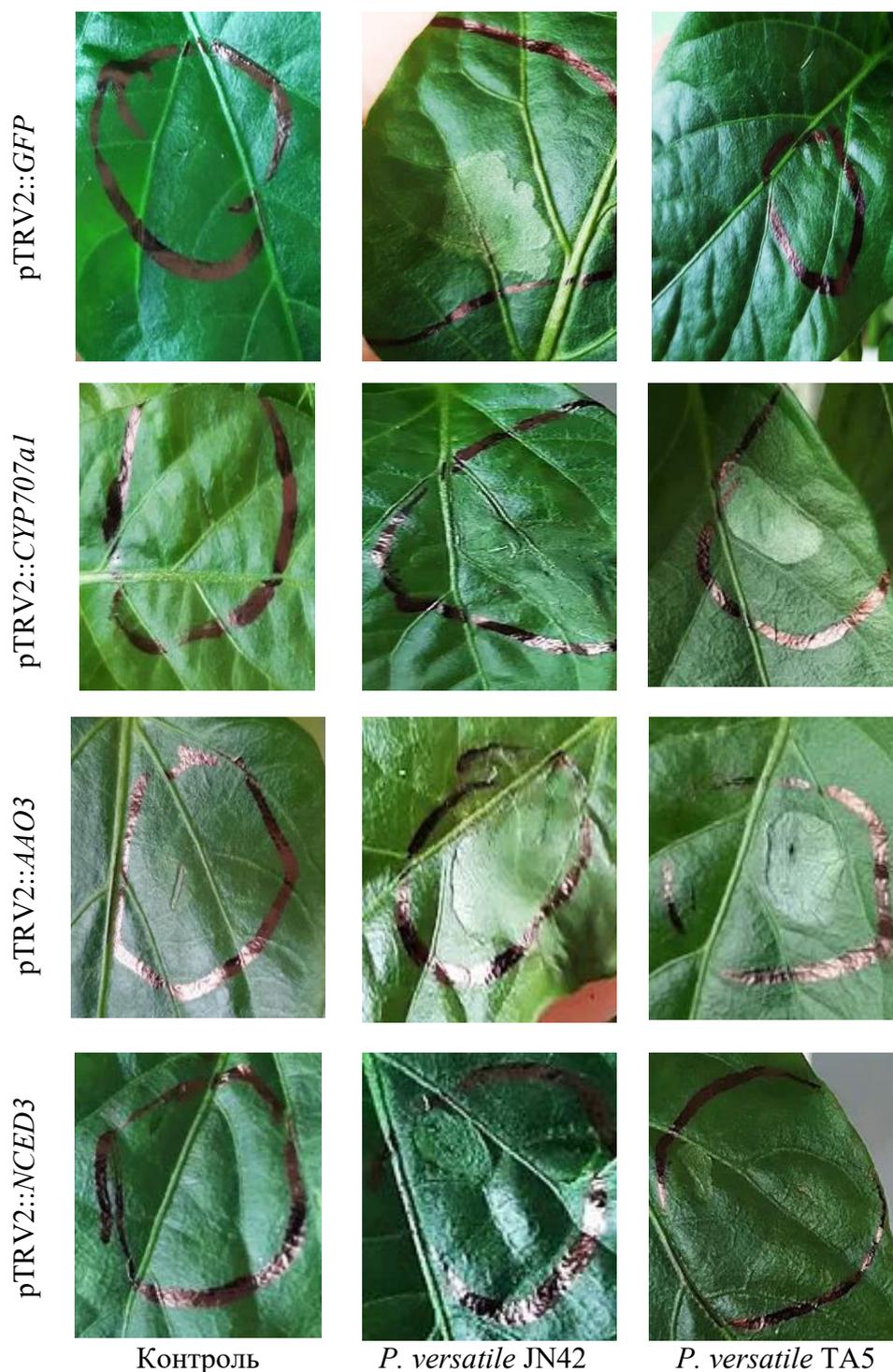


Рис. 2. Сравнительная реакция растений *C. annuum* на инфильтрацию суспензиями клеток различных штаммов *P. versatile*

В растениях с сайленсингом гена *NCED3* наблюдалось увеличение РГ в области до 60% зоны инфильтрации при инфицировании *P. versatile* JN42 и до 10% при инфицировании *P. versatile* TA5. Инфильтрация

физиологическим раствором не вызывала видимых фенотипических изменений в растениях всех групп.

Статистическая обработка данных показала, что в группах растений *GFP* (контрольной) и *CYP707a1* заражение штаммом *P. versatile* дикого типа вызывает симптомы, имеющие статистически значимые отличия от мутантного штамма *P. versatile* TA5 ($p = 0,0408$ и $p = 0,0381$ соответственно). В группах *AAO3* и *NCED3* статистическая разница пропадает.

Исходя из полученных данных можно заключить, что активная форма абсцизовой кислоты в растениях *C. annuum* участвует в индукции реакции гиперчувствительности в ответ на внедрение патогена *P. versatile*. Помимо этого, абсцизовая кислота оказывает влияние на распознавание эффекторного белка DspE патогена *P. versatile*, доставляемого в растение посредством системы секреции 3 типа.

Библиографические ссылки

1. Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants / K. Chen [et al.] // J. Integr. Plant Biol. 2020. Vol. 62, iss. 1. P. 25-54.
2. Cao F.Y. The roles of ABA in plant – pathogen interactions // J. Plant Res. 2011. Vol. 124, iss. 4. P. 489-499.
3. Nambara E. Abscisic Acid Biosynthesis And Catabolism // Annu. Rev. Plant Biol. 2005. Vol. 56, iss. 1. P. 165-185.