

по сравнению с контролем, что, как можно предположить, связано со способностью ризобияльной инфекции изменять обмен веществ растения-хозяина с целью создания благоприятных условий для установления симбиотических взаимоотношений (Глянко и др., 2009).

Инокуляция проростков гороха *Escherichia coli* (штамм XL-1Blue) увеличивала активность данного ферментного комплекса в микросомальной клеточной фракции корней на 48% через 24 ч ($P \geq 0,99$) и на 64% через 48 ч ($P \geq 0,95$) по сравнению с контролем. Очевидно, что взаимодействие *Escherichia coli* с корнями бобового растения инициирует защитные механизмы, приводящие к активации НАДФН-оксидазного ферментного комплекса растения, что, в свою очередь, может коррелировать с увеличением АФК, приводя к окислительному взрыву.

При одновременной обработке корней проростков гороха *Escherichia coli* и *Rhizobium leguminosarum*, ризобияльная инфекция не только не снимала стимулирующий эффект условно-патогенной бактерии на НАДФН-оксидазную активность, но еще больше усиливала действие данного неблагоприятного фактора, при этом активность фермента увеличивалась более чем в два раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с контролем через 24 ч после обработки и на 91% ($P \geq 0,95$) через 48 ч.

В данном случае наблюдался синергический эффект двух биотических факторов на активность фермента. Открытым в этой проблеме остается вопрос о внутриклеточной передаче сигналов от мембранносвязанного НАДФН-оксидазного ферментного комплекса на генетический аппарат растительной клетки. В связи с этим, дальнейшие исследования могут быть направлены на более детальное изучение установленных физиологических закономерностей.

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНА PCS И СОДЕРЖАНИЕ НЕПРОТЕИНОВЫХ ТИОЛОВ В КОРНЯХ И ЛИСТЬЯХ ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА РАСТЕНИЙ

Казнина Н.М., Титов А.Ф., Топчиева Л.В., Лайдинен Г.Ф., Батова Ю.В.

Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН; ул. Пушкинская, 11, 185910 Петрозаводск, тел.:(8142)762706, факс:(8142)769810

E-mail: kaznina@krc.karelia.ru (Казниной Н.М.)

В условиях лабораторного опыта изучали влияние кадмия на экспрессию гена *PCS*, кодирующего фитохелатинсинтазу, и

содержание непротеиновых тиолов у растений ячменя (сорт Зазерский 85) разного возраста. Проростки выращивали в песчаной культуре при температуре воздуха 20-22°C, освещенности 10 клк, фотопериоде 14 ч. На 3-и и 7-е сут после появления шильца соответственно 1-го или 2-го листа, растения переносили на раствор Кнопа половинной концентрации (контроль). В опытных вариантах к питательному раствору добавляли 100 мкМ кадмия в форме сульфата. Через 4 сут определяли уровень экспрессии гена *HbPCS*, содержание восстановленного глутатиона (GSH) и фитохелатинов (ФХ) в корнях и листьях, сформированных за это время. Помимо этого был проведен анализ содержания кадмия в органах растений. Уровень экспрессии гена оценивали методом ПЦР в режиме реального времени. Количество GSH и ФХ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, а содержание кадмия – вольтамперометрическим методом.

Обнаружено, что в присутствии кадмия в корнях ячменя во всех вариантах опыта экспрессия гена *HbPCS*, а также общее содержание ФХ существенно возрастают. Вместе с тем уровень экспрессии гена в корне 3-дневных проростков, несмотря на меньшее количество в нем металла, оказался почти в 2 раза, а количество ФХ – в 1.5 раза выше, чем у 7-дневных. При этом содержание GSH в корне более молодых растений заметно снижалось, тогда как у более взрослых, наоборот, повышалось.

Влияние кадмия на изученные показатели в листьях было выражено в гораздо меньшей степени, чем в корнях, и зависимость их от возраста растений проявлялась менее отчетливо. В частности, в листьях не обнаружено достоверного увеличения экспрессии гена *HbPCS*. Содержание ФХ повышалось незначительно. В несколько большей степени изменялось количество GSH, причем, также как и в корнях, у 3-дневных проростков оно уменьшалось, а у 7-дневных увеличивалось.

В целом, результаты исследований показали, что в присутствии кадмия в корнях 3-дневных растений ячменя увеличивается экспрессия гена *HbPCS*, повышается содержание ФХ, при этом уровень GSH снижается. В отличие от этого, в корнях 7-дневных растений при меньших значениях уровня экспрессии гена и ФХ, наблюдается повышение количества GSH. В листьях изменения изученных показателей, а также влияние на них возрастных различий оказалось незначительным.