

Характеристики потенциала действия, наряду с другими электрофизиологическими параметрами, могут быть использованы как биомаркеры токсичности не только кадмия, но и других ксенобиотиков.

Литература

1. Laetitia S. Astolfi, S. Zuchi, C. Passera. Effect of cadmium on H⁺-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from roots of different S-supplied maize (*Zeamays L.*) plants // Plant Science.– 2005.– V.169.– P.361–368.
2. Perfus-Barbeoch, Nathalie Leonhardt, Alain Vavasseur and Cyrille Forestier (2002). Heavy metal toxicity: cadmium permeates through calcium channels and disturbs the plant water status // The Plant Journal.– 2002.– V.32.– P.539–548.

СОРТОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА У РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ, ВЫЗВАННЫЕ ГЕРБИЦИДОМ ТРЕФЛАНОМ

Ю.И. Кожуро, Е.А. Семенчик, Н.П. Максимова

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь
kazhura@tut.by

В последние годы стремительно развиваются исследования сигнальных систем клеток растений, которые участвуют в формировании адаптационного синдрома (стресса), вызванного действием факторов различной природы [1]. Вместе с тем, с сигнальной сетью связаны компоненты цитоскелета, изменения в функционировании которого приводят к активации защитных механизмов клеток [2]. Несмотря на интерес к этой проблеме, практически не изучены ответные реакции растительных клеток на целый ряд веществ, воздействующих на такие специфические клеточные мишени как генетический аппарат и цитоскелет. Тем не менее, такого рода исследования имеют практическое значение, так как вещества, индуцирующие нарушения цитоскелета и процесса деления клеток, используются в сельском хозяйстве в качестве гербицидов.

При патологических состояниях растительных клеток часто происходит накопление тех или иных активных форм кислорода (АФК). Полученные данные показывают, что устойчивость растительных организмов к разнообразным воздействиям во многом определяется состоянием систем детоксикации АФК [3]. Выяснение этих особенностей для конкретных растительных организмов является основанием для проведения поиска и получения устойчивых к действию гербицидов сельскохозяйственных растений.

В связи с вышесказанным изучена зависимость между степенью функционирования микротрубочек цитоскелета и развитием реакции окислительного стресса у растений ячменя *Hordeum vulgare L.* сортов «Гонар», «Дзивосны», «Атаман» и «Сталы». Дестабилизацию микротрубочек цитоскелета индуцировали гербицидом *трефлан* (2,6-динитро-4-(трифторметил)-N,N-дипропиланилин). Степень дестабилизации цитоскелета оценивали с помощью цитогенетического анализа по количеству многоядерных интерфазных клеток и клеток с микроядрами, возникающих в зоне деления корня, а реакцию окислительного стресса – по изменению пероксидазной активности и концентрации восстановленной формы глутатиона в клетках растений.

Анализ динамики появления многоядерных клеток при обработке ячменя сорта «Гонар» трефланом в концентрации 0,1 мг/л показал, что у двухдневных проростков их количество не превышает контрольного значения (0,20±0,20 %), а у трех- и четырехдневных проростков возрастает до 3,00±0,76 % и 6,77±1,12 % соответственно. При обработке растений гербицидом в концентрации 1,0 мг/л более 1/3 всех клеток содержат нарушения. Аналогичные результаты получены при обработке трефланом растений сортов «Дзивосны» и «Атаман».

У растений ячменя сорта «Сталы» микротрубочки цитоскелета повреждались в значительно меньшей степени, чем у растений вышеуказанных сортов. Об этом свидетельствует появление меньшего количества клеток с нарушениями генетического аппарата. Так, при обработке растений трефланом в концентрации 0,1 мг/л появления таких клеток не наблюдалось. У двухдневных проростков обработанных трефланом в концентрации 1,0 мг/л $18,40 \pm 1,73$ % клеток содержат подобные нарушения, а в последующие сроки наблюдений количество клеток с нарушениями хроматина постепенно снижалось, и у трех- и четырехдневных проростков составляло $6,80 \pm 1,13$ % и $3,40 \pm 0,81$ % соответственно. У растений, не подвергавшихся обработке трефланом, количество aberrantных клеток не превышало $0,20 \pm 0,20$ %.

Нарушение стабильности микротрубочек цитоскелета сопровождалось развитием реакции окислительного стресса. Об этом свидетельствует анализ пероксидазной активности в клетках корней растений. Показано, что трефлан индуцирует увеличение активности ферментов пероксидазного комплекса у растений ячменя сортов «Гонар», «Дзивосны» и «Атаман» более чем в 2 раза. Следует отметить, что у обработанных гербицидом растений ячменя сорта «Сталы» увеличения пероксидазной активности не наблюдалось.

Известно, что устойчивость растений к неблагоприятным внешним воздействиям коррелирует с уровнем глутатиона – низкомолекулярного тиолового соединения [4]. Нами показано, что в условиях индуцированного окислительного стресса значительного изменения уровня восстановленной формы глутатиона у проростков изученных сортов растений не наблюдается. Однако, концентрация восстановленной формы глутатиона у различных сортов варьировала в значительной степени: у растений сорта «Сталы» более чем в 3 раза превышала таковой показатель для сорта «Дзивосны», и в 1,5–2 раза – сортов «Атаман» и «Гонар».

Индуцируемые трефланом изменения числа клеток с нарушениями хроматина, увеличение пероксидазной активности, а также количество восстановленной формы глутатиона в клетках исследуемых сортов ячменя коррелировали со степенью ингибирования ростовых процессов – гербицид в меньшей степени угнетал рост корневой системы проростков ячменя сорта «Сталы» по сравнению с проростками других изученных сортов.

Таким образом, гербицид трефлан индуцирует реакцию окислительного стресса у ячменя, что связано с нарушением полимеризации микротрубочек цитоскелета. Растения ячменя сорта «Сталы» обладают меньшей чувствительностью к трефлану. Об этом свидетельствуют меньшая степень повреждений микротрубочек цитоскелета, отсутствие индукции пероксидазной активности и более высокий уровень глутатиона в клетках.

Установлено, что маркерами устойчивости различных форм ячменя к воздействию гербицидов, как неблагоприятного фактора внешней среды, могут служить не только биохимические (степень индукции ферментов пероксидазного комплекса, количество восстановленного глутатиона), но и цитогенетические (количество клеток с нарушениями генетического аппарата) критерии. Полученные результаты могут являться основой для разработки подходов направленной селекции устойчивых к действию гербицидов сельскохозяйственных растений.

Литература

1. Signal transduction networks and the biology of plant cells / M.J. Chrispeels [et al.] // Biol. Res.– 1999.– V.32, № 1.– P.35–60.
2. Papakonstanti E.A., Vardaki E.A., Stournaras C. Actin cytoskeleton: a signaling sensor in cell volume regulation // Cell Physiol. Biochem.– 2000.– V.10, № 5/6.– P.257–264.
3. Alscher R.G., Donahue J.L., Cramer C.L. Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells // Physiol. Plant.– 1997.– V.100, № 2.– P.224–233.
4. Vanacker H., Carver T.L.W., Foyer C.H. Pathogen-induced changes in the antioxidant status of the apoplast in barley leaves // Plant Physiol.– 1998.– V.117.– P.1103–1114.