

## ОСОБЕННОСТИ ОТВЕТНОЙ РЕАКЦИИ НА СТРЕСС, ВЫЗВАННЫЙ ГЕРБИЦИДОМ ТРЕФЛАН, У РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

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

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

*e.semenchik@gmail.com*

Известно, что при стрессовых состояниях в клетках растений в первую очередь индуцируется синтез и изменяется активность растворимых пероксидаз [1], что может служить биоиндикатором чувствительности или, наоборот, устойчивости растений к стрессу. Помимо пероксидаз и других ферментов (например, супероксиддисмутазы, каталазы и др.), в стрессовом ответе участвуют низкомолекулярные соединения, в частности, глутатион [2], которые также могут участвовать в формировании ответной реакции растений на стресс.

Устойчивость растений к стрессовым условиям связана с состоянием систем детоксикации активных форм кислорода (АФК), которые накапливаются в клетках в ответ на неблагоприятные внешние воздействия [3]. В связи с этим представляет интерес изучение сравнительной устойчивости различных сортов сельскохозяйственных культур к стрессу, вызванному действием гербицидов.

В настоящей работе изучены уровни активности пероксидазного комплекса и восстановленного глутатиона при развитии реакции окислительного стресса в клетках проростков ячменя *Hordeum vulgare* L. десяти различных сортов – «Гонар», «Дзивосны», «Сталы», «Атаман», «Якуб», «Дублет», «Поспех», «Сябра», «Талер», «Бровар», как активно используемых в сельском хозяйстве в настоящее время, так и новых. Для индукции окислительного стресса использовали гербицид трефлан (2,6-динитро-4-(трифторметил)-N,N-дипропиланилин).

Анализ динамики повышения активности пероксидаз при обработке ячменя трефланом в концентрациях 0,1 мг/л и 1,0 мг/л показал, что после обработки в течение 2-х суток этот показатель не превышал контрольные значения для растений всех исследуемых сортов. На 3-е сутки обработки трефланом в концентрации 0,1 мг/л наблюдалось увеличение активности пероксидаз только у растений ячменя сорта «Гонар» – в 2 раза по сравнению с контролем.

Однако при увеличении концентрации ксенобиотика до 1,0 мг/л картина изменилась. На 3-е сутки повышенный уровень пероксидаз регистрировался уже у половины исследованных сортов – «Бровар» в 1,5 раза, «Поспех» – 1,8 раза, «Якуб» – 2,2 раза, «Дзивосны» – 2,8 раза, а у растений сорта «Гонар» активность пероксидаз превышал контрольную величину в 3 раза. На 4-е сутки обработки ксенобиотиком в концентрации 1,0 мг/л повышенный уровень пероксидаз был обнаружен еще для 2-х сортов: «Сябра» в 2,3 раза, «Атаман» – 2 раза.

Интересно отметить, что активность пероксидаз в клетках растений ячменя сортов «Сталы», «Талер» и «Дублет» не изменялась на протяжении 96 ч независимо от используемых для обработки доз трефлана и не отличалась от уровня их активности у растений в контроле.

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что изученные сорта ячменя различаются по степени устойчивости к вызванному трефланом окислительному стрессу, на что указывает различный уровень активации их пероксидаз.

Известно, что устойчивость растений к неблагоприятным внешним воздействиям коррелирует с уровнем низкомолекулярного тиолового антиоксиданта глутатиона [4]. Нами установлено, что в условиях индуцированного трефланом окислительного стресса значительного изменения уровня восстановленного глутатиона у ячменя различных сортов не наблюдается независимо от используемой дозы ксенобиотика и продолжительности обработки.

Вместе с тем, в ходе экспериментов зарегистрирован интересный факт – исходный уровень восстановленной формы глутатиона у разных сортов варьировал в значительной степени. Так, наименьшее внутриклеточное содержание восстановленного глутатиона наблюдает-

ся в проростках ячменя сортов «Якуб» –  $15,9 \pm 4,4$  нМ/мг, «Дублет» –  $16,6 \pm 1,7$  нМ/мг, «Поспех» –  $17,5 \pm 2,06$  нМ/мг, «Дзівосны»  $18,2 \pm 2,2$  нМ/мг. Далее следуют сорта со средним содержанием глутатиона, такие как «Гонар» ( $32,5 \pm 5,3$  нМ/мг), «Бровар» ( $28,9 \pm 5,1$  нМ/мг), «Сябра» ( $33,9 \pm 8,9$  нМ/мг), «Талер» ( $35,6 \pm 8,1$  нМ/мг), «Атаман» ( $48,2 \pm 9$  нМ/мг). Самое высокое содержание глутатиона зарегистрировано для сорта «Сталы» – в его клетках содержание этого соединения достигало  $61,2 \pm 5,1$  нМ/мг, что почти в 3 раза превышает данный показатель для сортов со средним содержанием глутатиона и более чем в 4 раза – для сортов с низким содержанием глутатиона в клетках.

Сопоставляя зависимые от сорта ячменя исходные уровни восстановленного глутатиона с повышением показателей активности пероксидазного комплекса под действием трефлана, можно сделать вывод, что сорта с более высоким содержанием глутатиона проявляют более позднюю пероксидазную реакцию либо вообще ее не проявляют.

Таким образом, в ходе выполнения работы установлено, что гербицид трефлан индуцирует реакцию окислительного стресса у ячменя, о чем свидетельствует изменение пероксидазной активности в клетках исследуемых растений. Уровень вызванного данным ксенобиотиком окислительного стресса зависит от сорта. Растения ячменя сорта «Сталы» обладают меньшей чувствительностью к трефлану по сравнению с другими исследованными сортами, на это указывает отсутствие индукции пероксидазной активности, а так же сравнительно более высокий уровень восстановленного глутатиона в клетках.

Проведенные исследования свидетельствуют, что маркерами устойчивости различных форм ячменя к воздействию гербицидов, как неблагоприятного фактора внешней среды, могут служить биохимические критерии, в частности степень индукции ферментов окислительного стресса – пероксидаз и внутриклеточный уровень восстановленного глутатиона.

### Литература

1. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 240с.
2. Chrispeers M.J. Signal transduction networks and the biology of plant cells // Biol. Res.– 1999.– V.32, № 1.– P.35–60.
3. Alscher R.G., Donahue J.L., Cramer C.L. Reactive oxygen species and antioxidants: relationship in green cells // Phisiol. 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 Phisiol.– 1998.– V. 117.– P.1103–1114.

## СИСТЕМА АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ВОЗМОЖНЫЙ БИОМАРКЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**А.В. Сидоров**

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь  
sidorov@bsu.by

Одной из наиболее многочисленных групп беспозвоночных являются моллюски. При этом многие из них обитают в водной среде, в том числе и в пресноводных водоемах суши. Среди естественных экотопов целого ряда легочных моллюсков (роды *Lymnaea*, *Planorbis*) особое место занимают мелководные мелиоративные каналы, пруды и озера промышленных и сельскохозяйственных территорий, т.е. акватории, подвергающиеся сильному антропогенному воздействию. Принимая во внимание относительно высокую проницаемость кожных покровов моллюсков для различных веществ, в том числе для органических поллютантов и тяжелых металлов (кадмий, медь, свинец и др.) можно предположить, что данные предста-