

УДК 633.11

КОМПЛЕКС АФК-РЕГУЛИРУЮЩИХ ФЕРМЕНТОВ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИНФИЦИРОВАНИИ СЕПТОРИОЗОМ

Г.Ф. Бурханова, А.А. Каримов, И.В. Максимов

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия, guzel_mur@mail.ru

Целью данной работы являлось изучение влияния инфицирования возбудителем септориоза на закономерности функционирования про-/антиоксидантной системы в контрастных по устойчивости растениях пшеницы. Показано, что в процессе патогенеза в устойчивых растениях пшеницы происходит многократное повышение уровня перекиси водорода за счет активации фермента пероксидазы, а также повышения экспрессии кодирующего его гена. С другой стороны, поддержание необходимого уровня перекиси водорода обеспечивалось снижением ферментативной и транскрипционной активности каталазы. Интересно, что в восприимчивых растениях повышение каталазной активности обусловлено синтезом ее фитопатогеном *S.nodorum*. Полученные данные указывают на перспективность использования таких признаков как экспрессия генов каталазы и пероксидазы и их ферментативная активность для отбора устойчивых форм растений.

Ключевые слова: *T.aestivum*, *T.timopheevii*, перекись водорода, пероксидаза, каталаза, экспрессия.

При инфицировании патогенами в растительных клетках запускается механизм интенсивной генерации перекиси водорода, от концентрации которой зависит развитие

устойчивости или восприимчивости растений [Novo-Uzal et al., 2013]. Перекись водорода является сигнальной молекулой, которая регулирует многие физиологические про-

цессы, в том числе продукцию фитоалексинов, открытие устьиц, экспрессию защитных PR-белков, формирование устойчивости и лигнификацию клеточных стенок [Novo-Uzal et al., 2013]. В то же время, длительное накопление перекиси водорода токсично для растений. В связи с этим у растений существует АФК-регулирующие ферменты, которые контролируют уровень активных форм кислорода [Kurahashi et al., 2015].

В нашей работе было проведено комплексное изучение содержания перекиси водорода и активности ферментов пероксидазы и каталазы, а также экспрессии их генов в растениях *Triticum aestivum* и *Triticum timopheevii*, различающихся по устойчивости к фитопатогену *Stragonospora nodorum* Berk. Показано, что в устойчивых растениях пшеницы при инфицировании уровень перекиси водорода быстро возрастает и превышает таковой у восприимчивых растений на протяжении всего опыта (данные не приведены).

Ферментативная активность пероксидазы и уровень ее экспрессии в ответ на заражение повышались в большей степени в устойчивых растениях *T. timopheevii* по сравнению с восприимчивыми растениями *T. aestivum* (рис. 1а, в), что коррелировало с внешним проявлением симптомов грибной инфекции (данные не приведены). Активация пероксидазы в ответ на инфицирование подтверждает мне-

ние о ее неспецифической функции в формировании ответа растений на стрессы [Novo-Uzal et al., 2013].

В устойчивых растениях *T. timopheevii* как активность каталазы, так и экспрессия данного гена снижается при инфицировании *S. nodorum* (рис. 1б, г). Поскольку перекись водорода является необходимым компонентом развития локальной и системной устойчивости растений, то подавление ферментативной активности каталазы, способной разрушать активные формы кислорода, способствует индукции защитного ответа в растениях пшеницы к *S. nodorum*.

При инфицировании в восприимчивых растениях пшеницы наблюдалось повышение активности каталазы (рис. 1б). Что интересно, уровень транскрипционной активности гена каталазы в растениях *T. aestivum* значительно не отличается от контроля (рис. 1г). Следовательно, растение не синтезирует данный фермент в ответ на инфицирование. Ранее была показана, что уровень перекиси водорода в инфицированных тканях растений снижается за счет синтеза и активации внеклеточной каталазы фитопатогеном *S. nodorum* [Максимов, 2013].

Таким образом, баланс АФК-регулирующих ферментов определяет протекание защитных реакций у растений и формирование совместимых или несовместимых взаимоотношений в системе «растение – патоген».

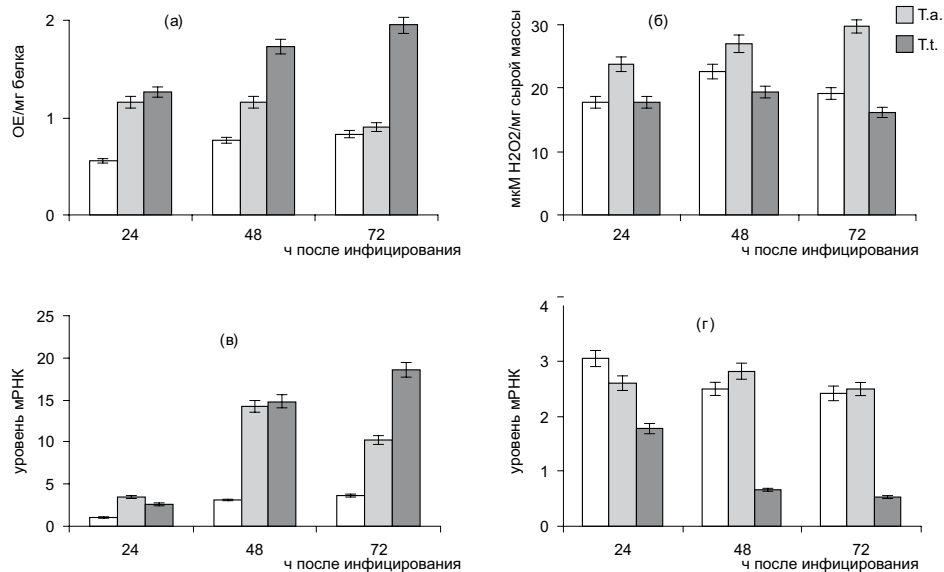


Рисунок 1. Ферментативная (а, б) и транскрипционная (в,г) активность пероксидазы (а,в) и каталазы (б,г) в восприимчивых *T. aestivum* и устойчивых *T. timopheevii* растениях пшеницы при инфицировании *S. nodorum*

Библиографический список (References)

Максимов И.В., Ярулина Л.Г., Бурханова Г.Ф., Заикина Е.А. Связь агрессивности возбудителя септориоза с активностью внеклеточной каталазы // Известия РАН. Серия биологическая, 2013. N.5. С. 558–564.
Kurahashi T., Fujii J. Roles of Antioxidative Enzymes in Wound Healing // Journal of Developmental Biology, 2015. T. 3. P. 57–70.

Novo-Uzal E., Fernandez-Perez F., Herrero J. et al. From Zinnia to Arabidopsis: approaching the involvement of peroxidases in lignification // Journal of Experimental Botany, 2013. V. 64. N.12. P. 3499–3518.

Plant Protection News, 2016, 3(89), p. 33–35

COMPLEX ROS-REGULATING ENZYME IN THE PROTECTION OF WHEAT PLANTS INFECTED *S. NODORUM*

G.F. Burkhanova, A.A. Karimov, I.V. Maximov

Institute of Biochemistry and Genetics Ufa Scientific Centre RAS,
guzel_mur@mail.ru

The aim of this work was to investigate the effect of infection pathogen *S. nodorum* on the regularity functioning pro- / antioxidant system in wheat plants. It is shown that pathogenesis leads multiple increase of hydrogen peroxide level through enhanced activity and expression of peroxidase in resistant wheat plants. On the other hand, decrease enzymatic and transcriptional

activity of catalase provides the necessary level of hydrogen peroxide. In the susceptible plants high catalase activity is due to its expression phytopathogen *S.nodorum*. The findings are evidence of the use of such features as the expression of catalase and peroxidase genes and their enzymatic activity for the selection of resistant forms of plants.