

Таким образом, комплексное исследование в регулируемых лабораторных экспериментах и естественных полевых условиях с использованием морфологических, физиологических и биохимических критериев позволяет описать общую реакцию сельскохозяйственных культур на меняющиеся факторы окружающей среды, а также выявить разнообразие генотипов по чувствительности к каждому фактору.

### Список литературы

1. *Porter J. R., Semenov M. A.* Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B // Biological Sciences*. 2005. Vol. 360 (1463). P. 2021–2035.
2. *Buschmann C., Konanz S., Zhou M.* Excitation kinetics of chlorophyll fluorescence during light-induced greening and establishment of photosynthetic activity of barley seedlings // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51. P. 221.
3. *Honsdorf N., March, T., Hecht, A., Eglinton J.* Evaluation of juvenile drought stress tolerance and genotyping by sequencing with wild barley introgression lines // *Molecular Breeding*. 2014. Vol. 34. P. 1475.
4. *Pour-Aboughadareh A., Ahmadi J., Mehrabi A.* Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement // *Acta Physiology Plant*. 2017. Vol. 39. P. 106.
5. *Talman M., Santelia D.* Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress // *New Phytologist*. 2017. Vol. 214. P. 943–951.

УДК 632.4.01/08: 579.64

**В. Г. Джавахия, Т. М. Воинова,  
Н. В. Стацюк, Л. А. Щербакова**

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский  
институт фитопатологии,  
143050, Россия, Московская обл., Одинцовский район,  
Большие Вяземы, ВНИИФ  
vitaly@vniif.ru*

### **ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ФУНГИЦИДУ «ФОЛИКУРУ» С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГОВ ПРИРОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ\***

**Ключевые слова:** хемосенсибилизация, фитопатогенные грибы, фунгициды, фосфоаналоги аминокислот, биосинтез поликетидов.

Согласно ряду авторов, биосинтез поликетидных микотоксинов у ряда фитопатогенных грибов является ответной реакцией на окислительный стресс и связан с их патогенностью [1]. Нельзя исключить, что вещества, ингибирующие этот метаболизм, могут повышать чувствительность фитопатогенных

\*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-16-00084.

© Джавахия В. Г., Воинова Т. М., Стацюк Н. В., Щербакова Л. А., 2018

грибов к коммерческим фунгицидам. Ранее в результате проведенного скрининга ряда природных и синтетических соединений нами были выявлены вещества, обладающие таким хемосенсибилизирующим действием [2]. В настоящей работе представлены результаты дальнейшего поиска соединений такого рода и исследования их сенсибилизирующих свойств, в частности способности некоторых аналогов аминокислот, таких как аминоксилфосфиновая кислота (АЭФК) и аминоксилтиофосфоновая кислота (АМТФК), усиливать действие коммерческого фунгицида «Фоликура» на различные фитопатогенные грибы.

Соединения АЭФК и АМТФК, которые, как было показано ранее, ингибировали продуцирование алфатоксина В1 у *A. flavus*, но не тормозили рост гриба *in vitro* [3], были протестированы в качестве сенсибилизаторов в отношении *Phoma glomerata*, *Fusarium culmorum* и *Alternaria alternata*. С этой целью для каждого из этих веществ были подобраны нефунгицидные или суб-фунгицидные концентрации, после чего предполагаемые хемосенсибилизаторы были использованы совместно с субфунгицидными дозами «Фоликура». Для оценки возможного синергетического характера действия испытываемых препаратов использовали критерий Лимпела [4].

Степень ингибирования роста *A. alternata* на КГА смесью «Фоликура» (0,25 ppm) и АЭФК (0,01%) составила 44%, в то время как под действием только «Фоликура» (0,25 ppm) или только АЭФК (0,01%) значение данного параметра было равно 27 и 1%, соответственно. Эффект подавления роста гриба смесью тестируемых веществ  $E_r$  (44%) превысил суммарный эффект от применения этих же веществ по отдельности  $E_e$  (28%), что, согласно критерию Лимпела, свидетельствует о синергетическом действии фунгицида и АЭФК.

Возможный эффект хемосенсибилизации АЭФК при совместном применении с «Фоликуром» был также исследован в отношении роста *F. culmorum* на КГА. В этом случае совместное действие «Фоликура» (0,25 мкг/мл) и АЭФК (0,01%) также носило синергетический характер:  $E_r$  (63%) >  $E_e$  (57%).

Поскольку используемые потенциальные хемосенсибилизирующие агенты являются аналогами природных аминокислот, то в экспериментах, проведенных на полных питательных средах, могла иметь место конкуренция между содержащимися в среде природными аминокислотами и их фосфоаналогами. В этой связи опыты по тестированию рост-ингибирующей активности «Фоликура» на фоне АЭФК и АМТФК были повторены на агаризованной минимальной питательной среде Чапека.

Ингибирование роста гриба *F. culmorum* под действием смеси «Фоликура» (0,01 ppm) и АЭФК (0,0001%) при росте на среде Чапека носило синергетический характер:  $E_r$  (15,9%) >  $E_e$  (10,22%). В случае применения смеси Фоликура (0,01 ppm) и АЭФК (0,0002%), также наблюдали синергизм:  $E_r$  (22,4%) >  $E_e$  (10,07%).

При росте *F. culmorum* на минимальной среде, ингибирующее действие смеси «Фоликура» (0,01 ppm) с другим предполагаемым сенсибилизатором АМТФК (0,01%), также был обнаружен эффект синергизма:  $E_r$  (29,0%) >  $E_e$  (20,83%).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что фосфиновые производные природных аминокислот могут увеличивать чувствительность фитопатогенных грибов к промышленному фунгициду «Фоликура». В даль-

нейшем планируется изучение сенсibiliзирующей активности производных других аминокислот. Представляет определенный теоретический интерес изучение механизма сенсibiliзирующего действия этих доступных коммерческих, но относительно дорогих, соединений. В случае успешного обнаружения несложного в производстве вещества, обладающего аналогичным действием, появится возможность удешевить подходы к решению вопросов, связанных со снижением доз используемых в настоящее время промышленных фунгицидов, в том числе и против резистентных к этим фунгицидам форм патогенов.

#### Список литературы

1. Chemosensitization of aflatoxigenic fungi to antimycin A and strobilurin using salicylaldehyde, a volatile natural compound targeting cellular antioxidation system / J. H. Kim, B. C. Campbell, N. Mahoney, K. L. Chan, R. J. Molyneux // *Mycopathologi*. 2010. Vol. 171. P. 291–298.
2. Chemosensitization of plant pathogenic fungi to agricultural fungicides / V. G. Dzhavakhiy, L. A. Shcherbakova, Y. V. Semina, N. S. Zhemchuzhina, B. Campbell // *Frontiers in Microbiology*. 2012. Vol. 3. Art. 87.
3. Some natural and synthetic compounds inhibiting the biosynthesis of aflatoxin B1 and melanin in *Aspergillus flavus* / V. G. Dzhavakhiya, T. M. Voinova, S. B. Popletaeva et al. // *Agricultural Biology*. 2016. Vol. 51. No. 4. P. 533–542.
4. *Richer D. L.* Synergism: A patent view // *Pesticide Science*. 1987 Vol. 19. P. 309–315.

УДК 632.9

О. А. Киселева, М. Б. Завьялова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,  
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,  
kiselevaolga@inbox.ru, zavvylova-marina@mail.ru

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИТАЛАЙЗЕРОВ И БИОФУНГИЦИДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНТЕЙНЕРНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА\*

**Ключевые слова:** виталайзеры, биофунгициды, посадочный материал.

Получение здорового посадочного материала – необходимое условие поддержания коллекций растений. Разработка систем защиты отдельных промышленных декоративных культур актуальна для нужд озеленения. В связи с задачами охраны окружающей среды и доказательством высокой токсичности пестицидов в последнее время возник пристальный интерес к защитным препаратам природного происхождения. Использование виталайзеров, синтетических стимуляторов роста и усилителей неспецифической сопротивля-

\*Работа при поддержке ФНИ государственной академии наук № АААА-А17-117072810010-4.

© Киселева О. А., Завьялова М. Б., 2018