

## Возможность усиления фунгицидного эффекта Фоликура® 250, КЭ против некоторых грибов рода *Fusarium* с помощью одного из вторичных метаболитов *Penicillium citrinum*

Щербакова Л.А., Карташов М.И., Арсланова Л.Р., Джавахия В.Г.

Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вязёмы; [larisavniif@yahoo.com](mailto:larisavniif@yahoo.com)

Микроорганизмы продуцируют множество биологически активных соединений, исследование которых открывает возможности для создания новых биотехнологий. Поскольку эти биологически активные соединения не являются ксенобиотиками, и не создают проблемы загрязнения окружающей среды трудно разлагаемыми токсичными остатками, многие технологии, основанные на их использовании, находят практическое применение в растениеводстве и других областях сельского хозяйства. Биотехнологические разработки для защиты растений включают использование вторичных микробных метаболитов в качестве действующих веществ при создании биофунгицидов и других биопестицидов [1-2]. Кроме того, целый ряд веществ, которые синтезируют микроорганизмы, способны индуцировать устойчивость сельскохозяйственных культур к вредителям и возбудителям болезней, активируя природные защитные механизмы растений [1, 3, 4]. На основе некоторых индукторов устойчивости уже созданы эффективно действующие коммерческие препараты [5]. Еще одним перспективным и новым направлением в сфере защиты растений, связанным с применением микробных метаболитов является их использование в качестве сенсibilизаторов, повышающих чувствительность фитопатогенных грибов к сельскохозяйственным фунгицидам. Подобный подход позволяет значительно снижать дозировки последних, сохраняя или даже усиливая фунгицидный эффект. Вещества с сенсibilизирующей активностью обнаружены как среди вторичных метаболитов микроорганизмов, не обладающих фунгитоксичностью, так и среди метаболитов, токсичность которых для фитопатогенных грибов значительно ниже, чем у фунгицидов [6]. Особый интерес вызывают микробные метаболиты, способные повышать чувствительность к фунгицидным препаратам у фузариевых грибов, поражающих пшеницу и другие экономически важные культуры, а также продуцирующих опасные для человека и животных микотоксины. Фунгициды из группы триазолов широко используются для борьбы с фитопатогенными фузариями, но не всегда оказываются достаточно эффективными, особенно против их резистентных форм.

Полученные нами результаты демонстрируют принципиальную возможность применения 6-деметилмевинолина (6-ДММ), одного из вторичных метаболитов *P. citrinum*, для многократного усиления эффективности действия триазолового фунгицида Фоликур® 250, КЭ (д.в. тебуконазол) против трех видов из патоконплекса возбудителей корневой гнили злаковых и фузариоза колоса. Тестирование рост-ингибирующего эффекта 6-ДММ с расчетом его ЭД<sub>50</sub> для каждого фитопатогена показало, что в среднем фунгитоксичность данного метаболита была ниже, чем у тебуконазола в 45, 50 и 80 раз для *F. culmorum*, *F. avenaceum* и *F. graminearum* соответственно. Использование 6-ДММ в нефунгитоксичных или слаботоксичных концентрациях совместно с Фоликуром® значительно повышало чувствительность указанных фитопатогенных грибов к этому фунгициду. В последующих исследованиях были выявлены сочетания долевых ингибирующих концентраций (FIC) фунгицида с 6-ДММ, при которых полное подавление роста патогенов в присутствии данного сенсibilизатора достигалось даже в том случае, если FIC фунгицида была в десятки и сотни раз ниже его минимальной концентрации, дающей 90-100% ингибирующий эффект (MIC) при индивидуальном применении (Таблица). В экспериментах с *F. culmorum*, и *F. graminearum* значения индексов долевых ингибирующих концентраций (FICI), рассчитанные для определения характера взаимодействия в комбинациях Фоликура® с 6-ДММ, были достоверно ниже 0.50, что свидетельствовало о синергизме компонентов [7], в

то время как их взаимодействие при применении против *F. avenaceum* носило аддитивный характер (FICI = 0.54). Было установлено, что контакт с 6-ДММ не стимулирует у *F. culmorum* продукцию микотоксина дезоксиниваленола (ДОНа). Судя по результатам ВЭЖХ-анализа культуральной жидкости двух токсигенных штаммов гриба, выращенных на среде с 6-ДММ, секреция ДОНа была в несколько раз ниже, чем в контроле (среда без 6-ДММ). Следовательно, перспектива практического применения данного сенсibilизатора совместно с триазоловыми фунгицидами для усиления эффективности их антипатогенного действия в этом отношении представляется безопасной.

Усиление фунгицидного эффекта Фоликура® 250, КЭ  
в отношении трех видов фитопатогенных грибов рода *Fusarium*  
при использовании данного фунгицида в комбинации с 6-деметилмевинолином

Контролируемые параметры	Фоликур®				
	индивидуально		+ сенсibilизатор		
	МИС*		FIC*		
	<i>F. culmorum</i>				
Концентрация фунгицида, мкг/мл	32.0	64.0	0.1	0.2	0.4
Ингибирование роста колоний, %	99.0	100.0	99.6	100.0	100.0
	<i>F. graminearum</i>				
Концентрация фунгицида, мкг/мл	64.0	128.0	0.1	0.2	0.4
Ингибирование роста колоний, %	97.8	100.0	93.9	100.0	100.0
	<i>F. avenaceum</i>				
Концентрация фунгицида, мкг/мл	64.0	128.0	0.2	0.8	1.6
Ингибирование роста колоний, %	93.5	100.0	85.9	90.0	100.0

\* МИС - minimum inhibitory concentration; FIC - fractional inhibitory concentration – минимальные концентрации тестируемых соединений, при которых в случае их раздельного (МИС) или совместного использования (FIC) достигается полное ингибирование роста патогена.

#### Литература

1. Shcherbakova L.A. Some natural proteinaceous and polyketide compounds in plant protection and their potential in green consumerization. In: Natural Products in Plant Pest Management, 2011: 109-133.
2. Klaić R., Foletto E., Prá V. et al. Fungal biomolecules: sources, applications and recent developments. In: Fungal Biomolecules, 2015: 183-199.
3. Wiesel L., Newton A. C., Elliott I. et al. Molecular effects of resistance elicitors from biological origin and their potential for crop protection. *Frontiers in Plant Science*, 2014, 5: 1-13.
4. Щербакова Л.А., Джавахия В.Г. Микробные белки и пептиды, представляющие интерес для разработки экологически безопасных технологий защиты растений от фитопатогенов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2013. 15: 1705-1709.
5. Dewen Q., Yijie D., Yi Z., Shupeng L., Fachao S. Plant immunity inducer development and application. *Molecular Plant Microbe Interaction*, 2017, 30: 355-360.
6. Campbell B., Chan K., Kim J.H. Chemosensitization as a means to augment commercial antifungal agents. *Frontiers in Microbiology*, 2012, 3: 1-79.
7. Canton E., Peman J., Gobernado M., Viudes A., Espinel I.A. Synergistic activities of fluconazole and voriconazole with terbinafine against four *Candida* species determined by checkerboard, time-kill, and Etest methods. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2005, 49: 1593–1596.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-16-00084).*