

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

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 патоккомплекса возбудителей корневой гнили злаковых и фузариоза колоса. Тестирование рост-ингибирующего эффекта 6-ДММ с расчетом его ЭД₅₀ 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).