

OECD+WoS: 1.06+RQ

[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-1\(99\)-18-24](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-1(99)-18-24)*Полнотекстовая статья*

**ВЛИЯНИЕ КОНИДИЙ И МЕТАБОЛИТОВ ЭНТОМОПАТОГЕННОГО ГРИБА  
*LECANICILLIUM MUSCARIUM* НА ХИЩНОГО КЛЕЩА *AMBLYSEIUS SWIRSKII*  
И КОРМОВОГО КЛЕЩА *CARPOGLYPHUS LACTIS***

**Г.В. Митина\*, Л.П. Красавина, О.В. Трапезникова**

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург*

*\*ответственный за переписку, e-mail: galmit@rambler.ru*

Для разработки условий совместного применения оценено действие споровой суспензии гриба *Lecanicillium muscarium* в концентрации  $5 \times 10^7$  спор/мл и лабораторного образца вертициллина М в 0.5%-ной концентрации на хищного клеща *Amblyseius swirskii* и сухофруктовых клещей *Carpoglyphus lactis*, поддерживаемых на корме с отрубями. При непосредственной обработке корма с клещами оба вида проявили высокую чувствительность. Смертность на 3-и сутки *C. lactis* и *A. swirskii* составила в среднем 62% и 84%, соответственно, с учетом нарастания численности клещей в контроле. При выпуске хищного клеща на обработанные листья, заселенные белокрылкой, прямого токсического действия грибных спор и вертициллина М не выявлено, в течение 6 суток численность хищника не изменялась, но снижалась на 10-е сутки в результате недостатка корма. Дополнительное

внесение кормовых клещей с кормом приводило к увеличению численности хищных клещей во всех вариантах опыта, однако отмечалось снижение прироста численности хищника на 16-е сутки в результате обработки листьев спорами и вертициллином М по сравнению с контролем на 18% и на 25%, соответственно.

**Ключевые слова:** биологический контроль, энтомопатогенные грибы, хищные клещи, оранжерейная белокрылка, побочное воздействие на полезную фауну

Поступила в редакцию: 08.01.2019

Принята к печати: 05.03.2019

### Введение

Хищный клещ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot первоначально был использован в качестве акарифага оранжерейной *Trialeurodes vaporariorum* W. и табачной белокрылки *Bemisia tabaci* Gen. Кроме того, он оказался эффективным хищником нескольких видов трипсов, в частности западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* Perg. (Van Lenteren 2012; Calvo et al., 2012). В настоящее время *A. swirskii* широко используется в программах биологической защиты растений в теплицах. Его применение особенно актуально в условиях повышения температуры воздуха до 25–32 °С, при которых другие виды клещей, например, *Amblyseius cucumeris* Ond. не выживают – они выдерживают не выше 23 °С. При заражении растений одновременно трипсом и белокрылкой *A. swirskii* питается обоими вредителями, при этом его эффективность зависит от начальной плотности фитофагов и стадии вредителя. *A. swirskii* предпочитает личинок трипса первого возраста, а также яйца и личинок младших возрастов белокрылок. В связи с этим, для обеспечения быстрого, надежного и эффективного контроля всех стадий вредителей могут понадобиться дополнительные естественные враги (хищные клопы, почвенные хищные клещи или энтомопатогенные грибы). При разработке комплексной защиты растений необходимо обеспечить совместимость агентов биологического контроля, которые используются для подавления вредных организмов.

Среди энтомопатогенных грибов (ЭГ) в борьбе с сосущими вредителями наибольшее применение нашли грибы рода *Lecanicillium*, являющиеся природными патогенами тлей и белокрылок (Hall, 1981; Ravensberg et al., 1990). Их эффективность была неоднократно доказана в лабораторных и полевых опытах (Goettel et al., 2008; Ansari et al., 2011), отдельные виды используются для получения биопрепаратов против сосущих вредителей (De Faria, Wraight, 2007; Koppert, 2015). Вид *Lecanicillium muscarium* (Petch) R. Zare et W. Gams является также перспективным продуцентом микробиологических пестицидов для борьбы с табачной белокрылкой (Cuthbertson et al., 2008; Ali et al., 2017).

Благодаря относительной безопасности и специфичности ЭГ достигнуты успехи в совместном применении грибов рода *Lecanicillium* с энтомофагами *Encarsia formosa* Gah., *Amblyseius* spp., *Serangium japonicum* Chapin (Kanagaratnam et al., 1979; Bennison et al., 1990; Buxton, Wardlow, 1992; Ren et al., 2010). Однако, результаты изучения влияния энтомопатогенных грибов на

хищных клещей неоднозначны. Установлена безопасность *L. muscarium* для *Eretmocerus* sp., паразитоида *Bemisia tabaci* (Lazreg et al., 2009). Известна также способность хищных клещей видов *Neoseiulus barkeri* Hughes, *Typhlodromus pyri* Scheuten и *A. swirskii* использовать грибы *Ascomycetes* как альтернативный источник пищи (Momen, Abdelkader, 2010; Zemek, Prenerov, 1997), включая фитопатогенные виды (Ryo et al., 2012) и энтомопатогенный гриб *Beauveria bassiana* Vuill. (Wu et al., 2016), что также указывает на его безопасность для хищных клещей. По данным других авторов, *L. muscarium* может проявлять патогенность в отношении хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot при высоких концентрациях спор (Donka et al., 2008). В некоторых случаях получены аддитивный или синергетический эффекты при совместном применении ЭГ с хищными клещами, например, *B. bassiana* с *P. persimilis* (Ullah, Lim, 2017). В то же время, в коммерческих теплицах результаты успешного применения *A. swirskii* совместно с ЭГ единичны (Messelink et al., 2013).

Наряду со спорами ЭГ, несомненный интерес представляют инсектицидные метаболиты ЭГ, на основе которых разрабатываются новые препаративные формы (Митина и др., 2012; Liande et al., 2007). В ВИЗР разработан биопрепарат контактного действия вертициллин М на основе органического экстракта из мицелия гриба *L. muscarium* против сосущих вредителей. Установлена его безопасность для ряда энтомофагов: энкарзии *E. formosa* в стадии мумии, галлицы *Aphidoletes aphidimyza* Rond. и ориуса *Orius laevigatus* Fieber в стадии личинок, а также подвижных стадий фитосейулюса *P. persimilis* (Митина и др., 2018). Его действие на хищных клещей *A. swirskii* не изучалось. При разведении этого вида хищных клещей в качестве корма используются сухофруктовые клещи семейства *Glycyphagidae* (Красавина и др., 2009). При выпуске хищника эти клещи служат дополнительным кормом и также могут попасть под обработку при сочетании приемов биологической борьбы в теплицах; влияние энтомопатогенных грибов и грибных метаболитов на них не изучалось.

Цель работы: оценить влияние спор энтомопатогенного гриба *L. muscarium* и вертициллина М на *A. swirskii* и его кормового клеща *Carpoglyphus lactis* L. в лабораторных опытах для разработки приемов совместного применения хищных клещей и ЭГ.

### Материалы и методы

**Культуры клещей.** Лабораторная популяция *A. swirskii* поддерживается в коллекции энтомофагов ФГБНУ ВИЗР и разводится на сухофруктовом клеще *C. lactis*, которого

размножают на пшеничных отрубях с добавлением 10% яблочной муки. Условия разведения разработаны ранее для хищного клеща *A. cucumeris* (Красавина и др., 2009).

Численность кормовых клещей в корме стандартизирована и составляет 120 клещей / см<sup>3</sup> корма.

Штаммы гриба *L. muscarium*. Штаммы ЭГ отобраны из Государственной коллекции ВИЗР WFCC WDCM № 760 (УНУ). Для получения конидий использован штамм Г-033 ВИЗР *L. muscarium*, перспективный для борьбы с оранжевой белокрылкой, тлями и паутиным клещом (Митина и др., 2016). Конидии смывали 0.01 % раствором Твина 80 с колонии 9-суточной культуры гриба, выращенной на среде Сабуро в чашках Петри при 26 °С; для тестирования концентрацию конидий доводили 0.01 % раствором Твина 80 до 5x10<sup>7</sup> спор/мл.

Для получения лабораторного образца препарата вертициллин М использовали штамм Г-21 ВИЗР *L. muscarium*, характеризующийся высоким уровнем образования инсектицидных метаболитов. Для получения биомассы штамм выращивали в качалочных колбах на среде с пептоном в течение 3 суток при 28 °С и 200 об/мин, биомассу концентрировали центрифугированием и экстрагировали этанолом с последующим выпариванием растворителя. Полученный лабораторный образец вертициллина М представляет собой масляный концентрат эмульсии, хорошо растворимый в воде. Вертициллин М тестировали на энтомофагах в максимальной рекомендованной концентрации (0.5 %).

Испытания конидий *L. muscarium* и лабораторного образца вертициллина М на клещах. Взрослых клещей *A. swirskii* (по 10 особей) подсаживали на 10 см<sup>3</sup> корма, содержащего клеща *C. lactis* (120 особей клещей / см<sup>3</sup>), непосредственно перед обработкой. Обработку корма с клещами проводили из ручного опрыскивателя по 1.5 мл / 10 см<sup>3</sup> на ватмане, подсушивали на воздухе в течение 5 минут и переносили в энтомологические стаканчики высотой 7 см

и диаметром 3 см. Стаканчики накрывали двойным слоем фильтровальной бумаги или нетканым материалом, которую ежедневно увлажняли для поддержания влажности около 86 %, оптимальной для развития клещей. Влажность определяли с помощью переносного датчика влажности ОВЕН Логгер100-ТВ. Эксперименты проводили при температуре 24–25 °С. Живых клещей учитывали под бинокляром в 16-кратном увеличении в 5-ти полях зрения в 1 см<sup>3</sup> корма на 3, 6, 9 сутки.

Во второй серии опытов хищных клещей по 10 особей помещали на обработанные биопрепаратами листья роз площадью 20–25 см<sup>2</sup>, зараженные личинками белокрылки (30–50 личинок/лист). Обработку листьев проводили из ручного опрыскивателя по 1 мл / лист, подсушивали на воздухе в течение 20 минут. Листья изолировали, размещая их на вате, находящейся в воде в чашках Петри (Ху, Enkegaard, 2010). Через 3 дня переносили в стаканчики с кормом и кормовыми клещами (10 см<sup>3</sup>). В качестве контрольных использовали два варианта: обработку водой и 0.05 % Твин 80, который использовался для смыва конидий и при приготовлении споровой суспензии. Опыты проводили в 5 повторностях два раза.

Для статистической обработки данных использовали двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента, критерий Тьюки (Turkey's SHD test) или Хи-квадрат Пирсона (Pearson Chi-square). Расчет биологической эффективности тестируемых образцов биопрепаратов (снижение численности подопытных особей относительно исходной с учетом нарастания численности в контроле) проводили по формуле Хендерсона и Тилтона (Püntener, 1981).

## Результаты

В результате непосредственной обработки корма, содержащего хищных и кормовых клещей, суспензией спор гриба и вертициллином М было обнаружено существенное снижение численности клещей обоих видов на третьи сутки (табл.1, 2). Более высокую чувствительность проявили хищные клещи. При этом в контроле численность кормовых клещей увеличилась в 1.9 раза (табл.1), а хищника – в 2.2 раза (табл. 2). На 6-е сутки наибольшее снижение численности кормовых и хищных клещей произошло под действием спор (различия достоверны), количество хищника в контроле продолжало увеличиваться и составило около 26 особей / 10 см<sup>3</sup>. На 9-е сутки в опытных и контрольных вариантах численность кормовых клещей продолжала снижаться, а количество амблисейулюса снизилось до единичных экземпляров (между действием спор и вертициллина М не было существенной разницы) (табл. 2). Обработка раствором Твина 80 не оказала существенного влияния на прирост численности кормовых клещей на 3-и сутки по сравнению с обработкой водой. Однако, начиная с 6-х суток, отмечалось значительное снижение численности кормовых клещей во всех вариантах, включая контрольные, а прирост хищных клещей был незначительным.

При опрыскивании растений (листья роз) биопрепаратами и посадке клещей *A. swirskii* на зараженные

белокрылкой и обработанные листья (метод плотиков), численность хищника в опытных вариантах и в контроле не изменялась в течение 6 суток (рис. 1а), токсического действия на хищника и его смертности не было выявлено. При этом наблюдалось снижение численности личинок белокрылки уже на 3-и сутки до 3–5 личинок/лист и в опыте, и в контроле за счет активного питания хищных клещей, а на 6-е сутки белокрылки не было обнаружено во всех вариантах опыта. При более длительном содержании клещей на обработанных листьях его численность снижалась и в опытных, и в контрольном вариантах. Очевидно, что количества личинок белокрылки было недостаточно для питания хищника. Дополнительное внесение корма обеспечивали путем размещения обработанных листьев в стаканчиках с кормом 10 см<sup>3</sup> и с кормовыми клещами сразу после обработки. Это приводило к увеличению численности хищных клещей на 6 сутки в два раза во всех вариантах, включая контроль (рис. 1б). В то же время, при обработке вертициллином М прирост численности *A. swirskii* был меньше, чем в контроле (различия достоверны) на 6 и 10 сутки. Негативное влияние обоих препаратов отмечено на 16-е сутки – прирост численности по сравнению с контролем составил на 18.7% меньше под действием спор и на 25.3% под действием вертициллина М.

Таблица 1. Влияние спор *Lecanicillium muscarium* Г-033 ВИЗР и вертициллина М на выживаемость кормовых клещей *Carpoglyphus lactis*

Вариант обработки, концентрация	Количество <i>C. lactis</i> на сутки учета, особей/см <sup>3</sup>			Биологическая эффективность на сутки учета, %		
	3	6	9	3	6	9
Конидии <i>L. muscarium</i> , 5x10 <sup>7</sup> , спор/мл	80.1±4.8	58.7±0.7	54.7±0.3	64.6±2.1 <sup>a</sup>	46.5±0.6 <sup>a</sup>	42.9±0.3 <sup>a</sup>
Вертициллин М, 0.5%	90.5±5.1	78.4±3.3	67.9±2.1	60.0±2.2 <sup>a</sup>	28.6±3.0 <sup>b</sup>	29.1± 2.2 <sup>b</sup>
Твин 80	203.6±10.0	98.7±4.0	86.2±3.8	10.0±4.4 <sup>c</sup>	10.1±3.6 <sup>c</sup>	10.0±4.0 <sup>c</sup>
Контроль (вода)	226.3±11.1	109.7±4.4	95.8±4.3			

Примечания: численность кормовых клещей до обработки во всех вариантах - 120 клещей /см<sup>3</sup>корма; одинаковыми буквами отмечены варианты, где различие опыта с контролем не достоверно, разными буквами обозначены варианты, где различия достоверны при P ≤ 0.05.

Таблица 2. Влияние спор *Lecanicillium muscarium* Г-33 ВИЗР и вертициллина М на выживаемость хищных клещей *Amblyseius swirskii*

Вариант обработки, концентрация	Количество особей <i>A. swirskii</i> на сутки учета			Биологическая эффективность на сутки учета, %		
	3	6	9	3	6	9
Конидии <i>L. muscarium</i> , 5x10 <sup>7</sup> , спор/мл	4.4±0.5	1.8±0.4	1.8±0.4	80.4±2.3 <sup>a</sup>	93.1±1.4 <sup>a</sup>	93.9±1.3 <sup>a</sup>
Вертициллин М, 0.5%	3.0±0.7	3.2±0.4	1.0±0.4	86.6±3.2 <sup>a</sup>	87.7±1.4 <sup>b</sup>	96.6±1.5 <sup>a</sup>
Твин 80	11.4±0.5	5.8±1.0	5.8±0.7	49.1±2.3 <sup>b</sup>	77.7±3.7 <sup>cb</sup>	80.4±2.5 <sup>c</sup>
Контроль (вода)	22.4±1.8	26.0±1.9	29.6±1.6			

Примечания: численность хищных клещей до обработки во всех вариантах - 10 клещей /10 см<sup>3</sup>корма; одинаковыми буквами отмечены варианты, где различие опыта с контролем не достоверно, разными буквами обозначены варианты, где различия достоверны при P ≤ 0.05.

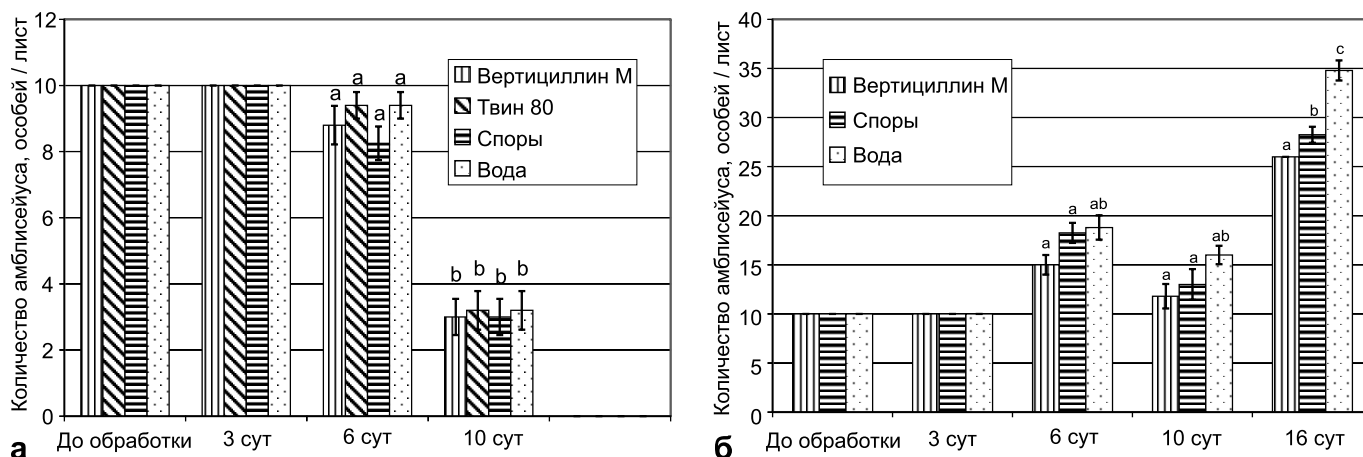


Рисунок 1. Динамика численности хищного клеща *Amblyseius swirskii* при выпуске на зараженные белокрылкой и обработанные листья без добавки корма и кормовых клещей (а); с добавкой корма и кормовых клещей (б)

### Обсуждение

Для совместного использования энтомофагов и биопрепаратов на основе энтомопатогенных грибов крайне важно оценить возможное негативное воздействие этих биопрепаратов на полезных членистоногих. По литературным данным, изоляты *Lecanicillium*, патогенные для тли и белокрылки, не заражали хищного клеща *P. persimilis* и *E. formosa* (Hall, 1981). Нами также отмечено отсутствие токсичности биопрепарата вертициллин М для хищного клеща *P. persimilis* и для паразита белокрылки энкарзии в концентрации (0.5%) при опрыскивании клеща на листьях и пупариев энкарзии (Митина и др., 2018). В настоящей работе изучение действия споровых суспензий *L. muscarium* и вертициллина М показало, что сухофруктовый клещ *C. lactis* и хищный клещ *A. swirskii* проявили высокую

чувствительность при непосредственной обработке корма с клещами путем опрыскивания споровыми суспензиями *L. muscarium*. Причина проявления высокой токсичности образцов, возможно, связана с чувствительностью изученных клещей, особенно *A. swirskii*, к изменению влажности корма (отрубей) при его обработке. Клещи *A. swirskii* характеризуются мягкой кутикулой и имеют оптимум развития при влажности 80–85%. Особенно уязвимы в сухих условиях личинки и нимфы (Buitenhuis et al., 2015). Непосредственное опрыскивание корма приводило к слипанию поверхности корма, ухудшению доступа воздуха и созданию в субстрате неблагоприятных для развития клещей условий, при которых повышалась токсичность изучаемых образцов грибных препаратов. При биологической

защите растений в теплицах возможно внесение хищного клеща *A. swirskii* вместе с кормом и кормовыми клещами. Очевидно, что необходимо избегать прямого контакта этих клещей и корма с грибными биопрепаратами, которые могут быть использованы совместно с энтомофагами при последующих обработках в теплицах.

Как показали наши исследования, предварительная обработка листьев с белокрылкой спорами и метаболитами ЭГ с последующим выпуском клещей *A. swirskii* не привела к снижению численности хищника. Клещи не покидали обработанные листья, не было обнаружено погибших и зараженных особей. Это свидетельствует об отсутствии патогенности спор *L. muscarium* и токсичности вертициллина М в отношении клещей *A. swirskii* при таком способе внесения грибных биопрепаратов. Однако, негативное влияние обработок листьев проявилось в снижении прироста численности хищных клещей по сравнению с контролем на 18.7% и на 25.3%, под действием спор и вертициллина М, соответственно. Это может быть результатом репеллентного, антифидантного или овицидного действия биопрепаратов. Подобные не прямые эффекты отмечались при воздействии ЭГ на хищника *S. japonicum* и паразитоида *Eretmocerus* sp. в ходе совместного применения

грибов и энтомофагов против белокрылки *B. tabaci* (Ren et al., 2010), на жука-короеда *Ips sexdentatus* De Geer его хищника *Thanasimus formicarius* L. (Steinwender et al., 2010), на клопа *O. laevigatus* (Otieno et al., 2017). Конидии гриба *B. bassiana* проявляли репеллентность в отношении хищного клопа *Anthocoris nemorum* L. (Meyling, Pell, 2006) и семиточечной коровки *Coccinella septempunctata* L. (Ormond et al., 2011).

Результаты исследований, представленные в статье, указывают на возможность совместного применения спор энтомопатогенного гриба *L. muscarium* или вертициллина М с хищным клещом *A. swirskii* при условии выпусков хищника на защищаемые растения, предварительно обработанные грибными биопрепаратами. Необходимо избегать прямых обработок хищных клещей, питающихся на растениях. Отмеченное в процессе проведения опытов снижение прироста численности клещей свидетельствует о целесообразности дальнейшего детального изучения репеллентного, антифидантного и овицидного действия спор и вертициллина М на хищных клещей *A. swirskii* для оценки их влияния на плодовитость и дальнейшее развитие клещей.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 16-16-04079).

#### Библиографический список (References)

- Красавина ЛП, Белякова НА, Зуева ЛИ, Осемеж НС и др (2009) Способ разведения хищного клеща амблисейуса *Amblyseius cucumeris* Ond. Патент на изобретение RU 2351126.
- Митина ГВ, Борисов БА, Первушин АЛ, Чоглокова АА и др (2016) Штамм гриба *Lecanicillium muscarium*, обладающий инсектоакарицидной и антибиотической активностью для борьбы против сосущих вредителей, грибных и бактериальных болезней. Патент на изобретение RU 2598251.
- Митина ГВ, Козлова ЕГ, Пазюк ИМ (2018) Влияние биопрепарата вертициллин М на основе экстракта энтомопатогенного гриба *Lecanicillium muscarium* и его инсектицидных метаболитов на энтомофагов защищенного грунта. *Вестник защиты растений* 96(2):28–35. [http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2\(96\)-28-35](http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2(96)-28-35)
- Митина ГВ, Сокорнова СВ, Павлюшин ВА (2002) Выделение и изучение спектра действия фосфолипидов с инсектицидной активностью из энтомопатогенного гриба *Lecanicillium lecanii*. *Микология и фитопатология* 36(6):53–59
- Митина ГВ, Юзихин ОС, Исангалин ФШ, Якимов АП (2012) Выделение и изучение химической структуры токсина с инсектицидной активностью из гриба *Lecanicillium muscarium*. *Научное приборостроение* 22(2):3–10
- Ali S, Zhang C, Wang Z, Wang XM et al (2017) Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matriline against *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Sci Rep* 7:46558. <https://www.doi.org/10.1038/srep46558>
- Ansari MA, Pope EC, Carpenter S, Scholte EJ et al (2011) Entomopathogenic fungus as a biological control for an important vector of livestock disease: the *Culicoides* biting midge. *PLoS One* 6:e16108. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0016108>
- Bennison JA, Hockland S, Jacobson R (1990) Recent developments with integrated control of thrips on cucumber in the United Kingdom. *Bull. SROP / WPRS* 13(5):19–26
- Buitenhuis R, Murphy G, Shipp L, Scott-Dupree C (2015) *Amblyseius swirskii* in greenhouse production systems: a floricultural perspective. *Exp Appl Acarol* 65(4):451–464. <http://www.doi.org/10.1007/s10493-014-9869-9>
- Buxton J, Wardlow L (1992) Two years of trials with biological control programmes in all-year-round chrysanthemums. *Bulletin OEPP / EPPO* 22:503–511
- Calvo FJ, Bolckmans K, Belda JE (2012) Biological control-based IPM in sweet pepper greenhouses using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Biocontrol Sci Technol* 22 (12):1398–1416. <http://www.doi.org/10.1080/09583157.2012.731494>
- Cuthbertson AS, Blackburn L, Northing P, Luo W et al (2008) Further compatibility tests of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* with conventional insecticide products for control of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* on poinsettia plants. *Insect Sci* 15 (4):355–360. <https://www.doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00221.x>
- Donka A, Sermann H, Buttner C (2008) Effect of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* as a non-target organism. *Commun Agri Appl Biol Sci* 73:395–404
- De Faria MR, Wraight SP (2007) Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol Control* 43(3):237–256. <http://www.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>

- Goettel MS, Koike M, Kim JJ, Aiuchi D et al (2008) Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *J Invertebr Pathol* 98(3):256–261. <https://www.doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.009>
- Hall RA (1981) The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: Burges HD (ed) *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970–1980*. London: Academic Press. 483–498
- Kanagaratnam P, Burges HD, Hall RA (1979) Integration of *Verticillium lecanii* and *Encarsia formosa* for whitefly control. The Glasshouse Crops Research Institute, Annual Report. 133–134
- Koppert BV. Mycotal: *Verticillium lecanii*-m. URL: <http://www.koppert.com> (29.04.2015)
- Lazreg F, Huang Z, Ali S, Ren S (2009) Effect of *Lecanicillium muscarium* on *Eretmocerus sp. nr. furuhashii* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *J Pest Sci* 82(1):27–32. <http://www.doi.org/10.1007/s10340-008-0215-z>
- Liande W, Jian H, Minsheng Y, Xiong G et al (2007) Toxicity and feeding deterrence of crude toxin extracts of *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* (Hyphomycetes) against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science* 4(63):381–387. <http://www.doi.org/10.10042/ps.1359>
- Meyling NV, Pell JK (2006) Detection and avoidance of an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator. *Ecol Entomol* 31(2):162–171
- Messelink GJ, Bloemhard CMJ, Sabelis MW, Janssen A (2013) Biological control of aphids in the presence of thrips and their enemies. *Biocontrol* 58(1):45–55. <http://www.doi.org/10.1007/s10526-012-9462-2>
- Momen F, Abdelkader M (2010) Fungi as food source for the generalist predator *Neoseiulus barkeri* (Hughes) (Acari: Phytoseiidae). *Acta Phytopathol Entomol Hung* 45(2):401–409. <http://www.doi.org/10.1556/APhyt.45.2010.2.18>
- Otieno JA, Pallmann P, Poehling HM (2017) Additive and synergistic interactions amongst *Orius laevigatus*, entomopathogens and azadirachtin for controlling western flower thrips. *BioControl* 62(1):85–95. <http://www.doi.org/10.1007/s10526-016-9767-7>
- Ormond EL, Thomas APM, Pell JK, Freeman SN et al (2011) Avoidance of a generalist entomopathogenic fungus by the ladybird, *Coccinella septempunctata*. *FEMS Microbiol Ecol* 77(2):229–237
- Püntener W (1981) *Manual for field trials in plant protection*. Basile: Documenta Ciba-Geigy. 2-nd. ed. 205p.
- Ravensberg WJ, Malais M, Van der Schaaf DA (1990) Applications of *Verticillium lecanii* in tomatoes and cucumbers to control whitefly and thrips. *SROP / WPRS Bulletin* 13(5):173–178
- Ren SX, Ali S, Huang Z, Wu JH (2010) *Lecanicillium muscarium* as microbial insecticide against whitefly and its interaction with other natural enemies. *Microbiol Microbiol Biotechnol* 2(1):339–348
- Ryo T, Yosataka S, Katsuo T (2012) Development and oviposition of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot fed on cucurbit powdery mildew *Sphaerotheca cucurbitae* (Jaczewski) Zhao or sooty mold *Capnodium sp. Kyushu Plant Protection Res* 58:53–58. <http://www.doi.org/10.4241/kyubyochu.58.53>
- Steinwender BM, Krenn HW, Wegensteiner R (2010) Different effects of the insectpathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota) on the bark beetle *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Curculionidae) and on its predator *Thanasimus formicarius* (Coleoptera: Cleridae). *J Plant Dis Prot* 1(117):33–38. <http://www.doi.org/10.1007/BF03356331>
- Ullah MS, Lim UT (2017) Synergism of *Beauveria bassiana* and *Phytoseiulus persimilis* in control of *Tetranychus urticae* on bean plants. *Syst Appl Acarol* 22 (11):1924–1935. <http://www.doi.org/10.11158/saa.22.11.11>
- Van Lenteren JC (2012) The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol* 57(1):1–20. <http://www.doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- Wu S, Zhang Y, Xu X, Lei Z (2016) Insight into the feeding behavior of predatory mites on *Beauveria bassiana*, an arthropod pathogen. *Sci Rep* 24062(6). <http://www.doi.org/10.1038/srep24062>
- Xu X, Enkegaard A (2010) Prey preference of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* between first instar western flower thrips *Frankliniella occidentalis* and nymphs of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae*. *J Insect Sci* 149(10):1–11. <http://www.doi.org/10.1673/031.010.14109>
- Zemek R, Prenerov E (1997) Powdery mildew (Ascomycotina: Erysiphales) – an alternative food for the predatory mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 21(6-7):405–414. <http://www.doi.org/10.1023/A:1018427812075>

#### Translation of Russian References

- Krasavina LP, Belyakova NA, Zueva LI, Osemezh NS et al (2009) Method of breeding predatory mite *Amblyseius cucumeris* Ond. Invention patent RU 2351126. (In Russian)
- Mitina GV, Borisov AA, Choglokhova AA, Pervushin AL et al (2016) *Lecanicillium muscarium* fungus strain having insecto-acaricidal and antibiotic activity for fighting against sucking pests, fungal and bacterial diseases. Invention patent RU 2598251. (In Russian)
- Mitina GV, Kozlova EG, Pazyuk IM (2018) [Effect of biopreparation verticillin M based on the extract from entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and its insecticidal metabolites on the entomophages in greenhouses]. *Vestnik zashchity rasteniy* 2(96):28–35 (In Russian) [http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2\(96\)-28-35](http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2(96)-28-35)
- Mitina GV, Sokornova SV, Pavlyushin VA (2002) [Isolation and study of the spectrum of action of phospholipids with insecticidal activity from the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii*]. *Mikologiya i fitopatologiya* 36(6):53–59 (In Russian)
- Mitina GV, Yuzikhin OS, Isangalin FSh, Yakimov AP (2012) [Isolation and study of the toxin chemical structure with insecticidal activity from the fungus *Lecanicillium muscarium*]. *Nauchnoye priborostroyeniye* 22(2):3–10 (In Russian)

EFFECT OF CONIDIA AND METABOLITES OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS  
*LECANICILLIUM MUSCARIUM* ON THE PREDATORY MITE *AMBLYSEIUS SWIRSKII*  
AND ITS FEED MITE *CARPOGLYPHUS LACTIS*

G.V. Mitina\*, L.P. Krasavina, O.V. Trapeznikova

*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

*\*corresponding author, e-mail: galmit@rambler.ru*

The main aim of this study is to assess the conditions for the joint application of the fungus *Lecanicillium muscarium* and the derivative of its mycelial extract verticillin M against the predatory mite *Amblyseius swirskii* and dried fruit mite *Carpoglyphus lactis*. The *Lecanicillium muscarium* spore suspension at concentration of  $5 \times 10^7$  spores/ml and a laboratory sample of 0.5% solution of verticillin M were used. Mites were maintained on the artificial feed. Both species of mites showed high sensitivity when mite-containing forage was directly surface-sprayed. Mortality on the 3rd day after application of bioformulations reached 62% and 84% in average for *C. lactis* and *A. swirski*, respectively, whereas the growth of mite number was recorded in the control.

We also released the predatory mites on the leaves which were infested with the greenhouse whitefly and treated by the fungal spores and verticillin M before the experiment. We did not observe the direct toxic effect on the mites. The predator's number did not change during 6 days, but decreased on the 10th day as a result of forage decrease. Increasing the forage supply led to the increase of predatory mite numbers in all essays. However, the increment of predator's number on 16<sup>th</sup> day after treatment with fungal spores and verticillin M was lower than in control, the number of mites increased by 18% in the treated samples, whereas it increased by 25% in the control.

**Key words:** biocontrol, entomopathogenic fungi, predatory mites, greenhouse whitefly, side effects on beneficials

*Received: 08.01.2019*

*Accepted: 05.03.2019*