

**ЭНТОМОПАТОГЕННЫЙ ГРИБ *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill.
КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ БИОАГЕНТ РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ
МАЛИННОЙ ПОБЕГОВОЙ ГАЛЛИЦЫ *Resseliella theobaldi* (Barnes)*****Т.В. ШПАТОВА¹, М.В. ШТЕРНШИС¹, А.А. БЕЛЯЕВ¹, А.А. ЛЕЛЯК²,
А.И. ЛЕЛЯК²**

Малинная побеговая галлица *Resseliella theobaldi* (Barnes) — опасный вредитель, повреждающий малину красную (*Rubus idaeus* L.), одну из самых распространенных ягодных культур в мире. Для защиты растений от галлицы используют химические инсектициды, однако в последние годы подтверждена необходимость защиты ягодных культур экологически безопасными биологическими препаратами. Для насекомых отряда *Diptera*, к которому относится малинная побеговая галлица, наиболее подходящим биологическим агентом регуляции численности представляется энтомопатогенный гриб *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. В настоящей работе мы впервые использовали энтомопатогенный гриб *B. bassiana* в качестве агента биологической регуляции сибирской популяции малинной побеговой галлицы. Нашей целью было продемонстрировать возможности сибирского штамма гриба *Beauveria bassiana* в подавлении численности личинок малинной побеговой галлицы в лабораторных и полевых экспериментах на двух сортах растений малины красной. Штамм гриба *B. bassiana* IC-1480-25 был выделен из погибших личинок колорадского жука в Новосибирской области. В лабораторных условиях изучали влияние *B. bassiana* на вылет имаго насекомого из почвы, где находились личинки последнего возраста, обработанные грибом. Использовали суспензии 10^6 - 10^7 КОЕ/мл. Биологическая эффективность грибного биоагента была не ниже 80 %. В 2015-2016 годах изучали влияние *B. bassiana* на вредителя в модельных полевых опытах на экспериментальных участках (СХА «Сады Сибири», Новосибирская обл.). Использовали растения малины двух сортов — Зоренька Алтая и Желтый гигант, различающихся по устойчивости к галлице. Чтобы обеспечить надежное заселение экологической ниши фитофагом и получить достоверные результаты, предварительно создавали искусственные трещины на побегах. В полевых опытах были подтверждены результаты лабораторных исследований. Действие *B. bassiana* зависело от погодных условий, в частности от влажности. Во влажном 2015 году сорт оказывал большее влияние на эффективность биоагента. На сорте Зоренька Алтая при обработке побегов малины грибом *B. bassiana* (10^7 КОЕ/мл) биологическая эффективность не превышала 60 %, на сорте малины Желтый Гигант при действии суспензии гриба в той же концентрации все личинки погибли. Подученные результаты свидетельствуют о том, что подавление малинной побеговой галлицы потенциальным агентом регуляции ее численности зависит от сорта малины, степени заселяемости трещин коры побегов вредителем, погодных условий и используемой концентрации суспензии *B. bassiana*. Различия в численности личинок и их смертности, а также степени заселяемости трещин коры побегов вредителем в значительной степени определялись сортовыми особенностями растений малины, их реакцией на погодные условия и влиянием погодных условий на популяцию галлицы. Результаты нашего исследования подтвердили данные российских и зарубежных ученых о том, что для заметного положительного эффекта штаммов гриба боверии на насекомых отряда двукрылых концентрация грибной суспензии должна быть близка к 10^7 КОЕ/мл.

Ключевые слова: малина красная, малинная побеговая галлица, гриб *Beauveria bassiana*, регуляция численности, биологическая эффективность.

Малина красная (*Rubus idaeus* L.) — одна из самых распространенных ягодных культур в мире (1, 2), включая евразийский континент (3-6). К опасным организмам, паразитирующим на ней, относится малинная побеговая галлица *Resseliella theobaldi* (Barnes) (7-10). Самки откладывают яйца в повреждения или естественные трещины на побегах малины, после чего вылупившиеся личинки повреждают ткани стеблей. Фитофаг способен уничтожить 30-80 % побегов малины и снизить урожай в 5-6 раз. В Западную Сибирь вредитель был завезен из европейской части бывшего СССР с посадочным материалом не позднее первой половины 1970-х годов. Здесь галлица успешно адаптировалась, сформировав местную попу-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ для Новосибирского государственного аграрного университета (проект № 14-16-00101).

ляцию, и распространилась по региону, хотя была выявлена не сразу вследствие мелких размеров имаго и скрытного образа жизни личинок. В Новосибирской области галлица впервые обнаружена в 1983 году, в дальнейшем была изучена ее вредоносность и возможности подавления численности опасного фитофага (11).

Для защиты растений малины от галлицы традиционно используются химические инсектициды (12-14), основой которых служат разные классы соединений (15, 16). Однако все чаще высказывается озабоченность применением химических средств защиты (17) и обсуждается необходимость минимизировать пестицидные нагрузки при сохранении высокого качества продукции (18), в связи с чем внимание привлекают экологически безопасные биологические препараты, в особенности для обработки посадок ягодных культур (19, 20). Впервые возможность биологической регуляции численности малинной побеговой галлицы показана на примере российского бактериального препарата на основе *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*, предназначенного для контроля численности двукрылых насекомых (20). В то же время для насекомых отряда *Diptera*, к которому относится малинная побеговая галлица, наиболее подходящим биологическим агентом регуляции численности представляется энтомопатогенный гриб *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. (21-24). Ранее в лабораторных условиях было установлено, что биологическая эффективность трех штаммов *Beauveria bassiana*, выделенных в разных географических зонах, в отношении малинной побеговой галлицы превышает 90 % (25). В связи с тем, что галлица повреждает внутреннюю часть коры побега (паренхиму первичной коры, а также неопробковевшую перидерму), важна способность *B. bassiana* к эндофитной колонизации растений (26-29).

В настоящей работе мы впервые показали эффективность местного изолята энтомопатогенного гриба *B. bassiana* в качестве биоагента при регуляции численности сибирской популяции малинной побеговой галлицы.

Нашей целью было продемонстрировать возможности сибирского штамма гриба *Beauveria bassiana* в подавлении численности личинок малинной побеговой галлицы в лабораторных и полевых экспериментах на двух сортах растений малины красной.

Методика. Опыты проводили в 2015-2016 годах. Штамм гриба *B. bassiana* IC-1480-25 из коллекции ООО НПФ «Исследовательский центр» был выделен из погибших личинок колорадского жука в Новосибирской области. Для культивирования штамма готовили питательные среды различного состава (рН 6,5), разливали по 500 мл в колбы Эрленмейера вместимостью 2000 мл, закрывали ватно-марлевыми пробками и стерилизовали в автоклаве при температуре 121 °С в течение 40 мин. После стерилизации рН составляла 6,3. Охлажденную до 25 °С питательную среду засеивали культурой, выращенной на картофельно-глюкозном агаре, и инкубировали на термостатируемом шейкере при 25 °С в течение 8-10 сут.

Для лабораторной оценки действия биоагента на личинки малинной побеговой галлицы суспензию конидий гриба (10^6 и 10^7 КОЕ/мл) вносили в пластиковые стаканчики объемом 125 мл, предварительно заполненные просеянной почвой (100 г) из-под кустов малины. Повторность опыта 4-кратная. В контрольном варианте почву в стаканчиках обрабатывали водой (25 мл). В период опыта почву систематически увлажняли (10 мл воды на стаканчик), опрыскивая поверхность из ручного пульверизатора (24). Через 14-20 сут инкубации при комнатной температуре на поверхность почвы помещали по 20 готовых к окукливанию личинок *R. theobaldi* 3-го возраста, извлеченных кисточкой из трещин на побегах малины

с той же плантации, где брали почву. Стаканчики накрывали капроновой тканью, смазанной с внутренней стороны энтомологическим клеем Полификс (ООО ИЦ «Химтэк», Россия), на который прилипали отрождающиеся из куколок взрослые особи, и через 20 сут учитывали вылетевших из почвы имаго вредителя.

Биологическую эффективность ($BЭ$, %) рассчитывали по формуле Аббота: $BЭ = (K_1 \cdot K_k) \cdot (K_0 \cdot K_2)^{-1} \cdot 100$, где K_0 — число живых особей в опыте до обработки, K_1 — число живых особей в опыте после обработки, K_k — число живых особей в контроле до обработки, K_2 — число живых особей в контроле после обработки.

Влияние энтомопатогенного гриба *B. bassiana* на личинок галлицы в модельных полевых опытах (экспериментальные участки плантаций малины, СХА «Сады Сибири», Новосибирская обл., 2015–2016 годы) на растениях малины двух сортов — Зоренька Алтая (относительно устойчив к галлице) и Желтый гигант (неустойчив к повреждению вредителем). Использовали суспензии гриба в концентрациях 10^6 и 10^7 КОЕ/мл. Эталонном служил химический инсектицид Искра-М («Техноэкспорт», Россия), контролем — необработанные побеги малины. Оценивали число личинок на одну трещину и их гибель, рассчитывали биологическую эффективность биоагента.

Чтобы обеспечить надежное заселение экологической ниши фитофагом и получить достоверные результаты, предварительно создавали искусственные трещины на побегах. Для этого на побеге на высоте 30–50 см от поверхности почвы препаровальной иглой делали по одному порезу длиной около 10 см, чтобы привлечь самок галлицы. У искусственной трещины отслаивали полосу эпидермиса 1–2 мм для образования кармана, в который имаго галлицы производила яйцекладку, после чего в этот же день побеги обрабатывали суспензией гриба. Использовали ранцевый опрыскиватель марки Orion-Kwazar («Kwazar Corporation Sp. z o.o.», Польша) при норме расхода рабочей жидкости 500–1000 л/га. Через 2 нед после обработки биоагентом срезали по 5–6 маркированных побегов, подсчитывали общее число личинок на одну трещину и число погибших личинок.

Обработку полученных данных проводили с помощью компьютерных программ ANOVA и Microsoft Excel 2010. Рассчитывали средние значения (M) и стандартные ошибки средних ($\pm SEM$). Для выявления статистической значимости различий использовали t -критерий Стьюдента; данные считали значимыми при $p < 0,05$ (30).

Результаты. В лабораторном опыте по определению влияния энтомопатогенного гриба *B. bassiana* в двух концентрациях на малинную побеговую галлицу наблюдалось статистически достоверное ($p < 0,05$) снижение числа вылетевших имаго по отношению к контролю. Биологическая эффективность грибного биоагента в использованных концентрациях (10^6 и 10^7 КОЕ/мл) была не ниже 80 % (табл. 1).

1. Отрождение имаго малинной побеговой галлицы *Resseliella theobaldi* (Barnes) при обработке энтомопатогенным грибом *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. (лабораторный опыт)

Вариант	Выход имаго		Биологическая эффективность, %
	экз., в среднем на вариант $M \pm SEM$	к исходной численности личинок, %	
Контроль	14,3 \pm 0,7		
<i>B. bassiana</i> , 10^6 КОЕ/мл	2,8 \pm 0,6	13,8	80,5
<i>B. bassiana</i> , 10^7 КОЕ/мл	1,3 \pm 0,5	6,3	91,0

Эти результаты соответствуют данным, полученным в лаборатор-

ных испытаниях со штаммами боверии (10^7 КОЕ/мл), которые были выделены Б.А. Борисовым (25) в трех географически удаленных местностях России и Украины.

2. Плотность заселения личинками малинной побеговой галлицы *Resseliella theobaldi* (Barnes) коры (экз. на трещину) на растениях малины двух сортов при обработке энтомопатогенным грибом *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. и химическим инсектицидом ($M \pm SEM$, СХА «Сады Сибири», Новосибирская обл.)

Вариант	Число личинок, экз.				Смертность, %		Биологическая эффективность, %	
	всего		живых		2015 год	2016 год	2015 год	2016 год
	2015 год	2016 год	2015 год	2016 год				
Сорт Зоренька Алтая								
Контроль	6,0±0,9	14,6±0,1	4,3±0,1	10,4±0,2	28,3	28,8		
<i>B. bassiana</i> , 10^6 КОЕ/мл	5,1±0,7	5,2±0,2 ^{ab}	0,8±0,2 ^a	1,0±0,3 ^{ab}	84,3	80,8	54,0	52,0
<i>B. bassiana</i> , 10^7 КОЕ/мл	5,7±0,7	5,5±0,2 ^{ab}	0,7±0,3 ^a	0,9±0,2 ^{ab}	87,7	83,6	57,6	54,9
Искра-М, 0,2 %	6,8±1,0	7,4±0,1 ^{ac}	0,4±0,2 ^a	0,1±0,1 ^{ac}	94,1	98,8	70,2	70,0
Сорт Желтый Гигант								
Контроль	9,1±2,8	16,8±0,2	8,2±0,1	13,0±0,2	9,9	22,6		
<i>B. bassiana</i> , 10^6 КОЕ/мл	11,9±3,3 ^b	3,4±0,4 ^{ab}	6,1±0,2 ^a	1,0±0,3 ^a	48,5	70,6	39,5	48,0
<i>B. bassiana</i> , 10^7 КОЕ/мл	7,7±2,9	2,7±0,5 ^{ab}	0	0,7±0,3 ^a	100,0	74,1	77,1	51,5
Искра-М, 0,2 %	5,0±3,7	8,0±0,4 ^{ac}	0	0	100,0	100,0	90,1	77,4

Примечание. а — различия с контролем достоверны при $p < 0,05$, б — различия со стандартом достоверны при $p < 0,05$, с — различия с препаратом меньшей концентрации достоверны при $p < 0,05$.

Результаты лабораторных исследований подтвердились в полевых опытах в 2015-2016 годах (табл. 2). В 2015 году на сорте Зоренька Алтая при обработке побегов малины грибом *B. bassiana* в двух концентрациях наблюдалось статистически достоверное снижение числа личинок по отношению к контролю ($p < 0,05$), число живых личинок не превышало 1 экз. на трещину. Биологическая эффективность достигала 54,0-57,6 %. При использовании химического препарата Искра М число живых личинок не превышало 0,4 экз. на трещину, их гибель достигала 94 %, биологическая эффективность — 70,0 %. На сорте Желтый Гигант после обработки побегов суспензией гриба живые личинки были обнаружены только при использовании *B. bassiana* в концентрации 10^6 КОЕ/мл. В варианте с концентрацией суспензии 10^7 КОЕ/мл все личинки погибли. Биологическая эффективность энтомопатогенного гриба (10^7 КОЕ/мл) была достаточно высокой, хотя не достигала соответствующей величины при действии химического инсектицида. В 2016 году результаты, полученные на малине сорта Зоренька Алтая, практически не отличались от данных предыдущего года. На растениях сорта Желтый Гигант столь резких различий в действии разных концентраций гриба, как в предыдущий год, не наблюдали (см. табл. 2). По-видимому, выбор сорта оказывает определенное влияние на активность *B. bassiana* вследствие разной привлекательности для вредителя. Известно также, что действие грибных препаратов зависит от погодных условий, в частности, от влажности. Поскольку 2015 год был более влажным, это могло привести к повышению эффективности грибного биоагента на растениях малины сорта Желтый Гигант, неустойчивого к повреждению галлицей.

Полученными нами данными подтверждаются результаты других ученых (22, 24, 31-33), свидетельствующие, что для заметного положительного эффекта штаммов боверии на насекомых отряда *Diptera* концентрация грибной суспензии должна быть не ниже 10^7 КОЕ/мл. При этом отметим, что в имеющихся публикациях представлены результаты только лабораторных испытаний. Так, при заражении *in vitro* личинок, куколок и имаго мексиканской плодовой мухи *Anastrepha ludens* (Loew) бразильским, мексиканским и эквадорскими штаммами *B. bassiana* значимая гибель

продемонстрирована только для взрослых насекомых (22). Показано, что в лабораторных условиях при контактном и пероральном заражении боверией (10^8 КОЕ/мл) взрослых особей оливковой мухи *Vactrocera oleae* (Gmelin) гибель насекомых достигала 50 % (24). Три штамма *B. bassiana* в лабораторных условиях были протестированы на куколках луковой мухи *Delia antiqua* (Meigen) (*Diptera: Anthomyiidae*). При концентрации гриба 10^7 КОЕ/мл гибель насекомых составляла 35,4-52,5 % (33). Также *in vitro* показано влияние штаммов *B. bassiana* на пупарии и имаго плодовой мухи *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (*Diptera: Tephritidae*). При этом штамм *B. bassiana* Bb-1333 вызывал более 50 % гибели этих насекомых (31). Кроме того, упоминается о выделении боверии из того же насекомого в Бразилии (32). Данных о влиянии этого грибного агента биоконтроля на малинную побеговую галлицу как *in vitro*, так и *in vivo* в литературе мы не обнаружили. Известная способность гриба *B. bassiana* распространяться под корой растений (34), скорее всего, способствует его действию как биоагента при регуляции численности малинной побеговой галлицы, что показало и наше исследование.

Таким образом, в лабораторных и полевых условиях продемонстрирована возможность биологического контроля малинной побеговой галлицы *Resseliella theobaldi* сибирским штаммом гриба *Beauveria bassiana*. Показано, что подавление вредителя потенциальным агентом регуляции его численности зависит от сорта малины, погодных условий и концентрации *B. bassiana* (концентрация грибной суспензии должна быть близка к 10^7 КОЕ/мл). Различия в численности личинок и их смертности, а также в заселяемости трещин коры побегов в большей степени определяются сортовыми различиями растений малины, их реакцией на погодные условия и влиянием погодных условий на популяцию галлицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Williams I.H. Effects of environment on *Rubus idaeus* L. V. Dormancy and flowering of the mature shoot. *Journal of Horticultural Science*, 1960, 35(3): 214-220 (doi: 10.1080/00221589.1960.11513985).
2. Казаков И.В. *Малина и ежевика*. М., 2001.
3. Кичина В.В. *Крупноплодные малины России*. М., 2005.
4. Jennings S.N., Brennan R.M. Improvement of raspberry cultivars in Scotland. *Acta Horticulturae*, 2002, 585: 179-183 (doi: 10.17660/ActaHortic.2002.585.27).
5. Sønsteby A., Heide O.M. Environmental control of growth and flowering of *Rubus idaeus* L. cv. Glen Ample. *Scientia Horticulturae*, 2008, 117(3): 249-256 (doi: 10.1016/j.scienta.2008.05.003).
6. Woznicki T.L., Heide O.M., Remberg S.F., Sønsteby A. Effects of controlled nutrient feeding and different temperatures during floral initiation on yield, berry size and drupelet numbers in red raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Scientia Horticulturae*, 2016, 212: 148-154 (doi: 10.1016/j.scienta.2016.09.047).
7. Łabanowska B.H., Cross J. Raspberry cane midge — *Resseliella theobaldi* (Barnes) — flight and egg laying dynamics on raspberry fruiting on two year old canes. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2008, 16: 315-323
8. Vetek G., Fail J., Penzes B. Susceptibility of raspberry cultivars to the raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* Barnes). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2006, 14(Suppl. 3): 61-66.
9. Беляев А.А., Шпатов Т.В., Штерншис М.В. Феромониторинг малинной побеговой галлицы *Resseliella theobaldi* (Barnes). *Сельскохозяйственная биология*, 2010, 3: 113-117.
10. Tanasković S., Milenković S. Monitoring of flight phenology of raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* Barnes (*Diptera: Cecidomyiidae*) by pheromone traps in Western Serbia. *Acta Entomologica Serbica*, 2010, 15(1): 81-90.
11. Сидорович А.С., Беляев А.А., Белова Л.Б. Малинная побеговая галлица и пурпуровая пятнистость в Новосибирской области. В сб.: *Товарное ягодоводство: организация, технологии, сорtiment*. Бердск, 1990: 28-31.
12. Dalman P., Malkki S. Experiments on chemicals and cultural control of the raspberry cane midge (*Resseliella theobaldii*) and midge blight. *Annales Agriculturae Fenniae*, 1986, 25(4): 233-241.

13. Прокофьев М.А. *Защита садов Сибири от вредителей*. М., 1987.
14. Milenković S., Retenović D., Antonijević M. Raspberry gall midge *Resseliella theobaldi* (Barnes) (Diptera: Cecidomyiidae) — harmfulness and control. *Journal of Yugoslav pomology*, 2004, 38(3-4): 191-198.
15. Williamson B. Effect of fenitrothion and benomyl sprays on raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi*) and midge blight, with particular reference to *Leptosphaeria coniothyrium* in the disease complex. *Journal of Horticultural Science*, 1987, 62(2): 171-175 (doi: 10.1080/14620316.1987.11515766).
16. Łabanowska B.H., Cross J. Raspberry cane midge — flight dynamics, eggs laying and the efficacy of neonicotinoid insecticide acetamiprid on primocane fruiting raspberry. *IOBC/wprs Bulletin*, 2008, 39: 19-25.
17. Gordon S.C., Woodford J.A.T., Birch A.N.E. Arthropod pests of *Rubus* in Europe: pest status, current and future control strategies. *Journal of Horticultural Science*, 1997, 72(6): 831-862 (doi: 10.1080/14620316.1997.11515577).
18. Birch A.N.E., Gordon S.C., Fenton B., Malloch G., Mitchel C., Jones A.T., Griffiths D.V., Brennan R., Graham J., Woodford J.A.T. Developing a sustainable IPM System for high value *Rubus* crops (Raspberry, Blackberry) for Europe. *Acta Horticulturae*, 2004, 649: 289-292 (doi: 10.17660/ActaHortic.2004.649.54).
19. Штерншис М.В. Биологическая защита растений в Сибири. *Защита и карантин растений*, 2013, 4: 19-22.
20. Mohamedova M. Field evaluation of three biopesticides for control of the raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* (Barnes) in Bulgaria. *Advances in Horticultural Science*, 2017, 31(3): 183-189 (doi: 10.13128/ahs-20575).
21. Shternshis M.V., Belyaev A.A., Shpatova T.V., Bokova J.V., Duzhak A.B. Field testing of Bacticide®, Phytoverm® and Chitinase for control of the raspberry midge blight in Siberia. *BioControl*, 2002, 47(6): 697-706 (doi: 10.1023/A:1020574914831).
22. De la Rosa W., Lopez F. L., Liedo P. *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 2002, 95(1): 36-43 (doi: 10.1603/0022-0493-95.1.36).
23. Ekesi S., Dimbi S., Maniania N.K. The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. In: *Use of entomopathogenic fungi in biological pest management* /S. Ekesi, N.K. Maniania (eds.). Kerala, India, 2007: 136-172.
24. Mahmoud M.F. Pathogenicity of three commercial products of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Lecanicillium lecanii* against adults of olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) in the laboratory. *Plant Protection Science*, 2009, 45(3): 98-102 (doi: 10.17221/34/2008-PPS).
25. Штерншис М.В., Шпатов Т.В., Борисов Б.А., Беляев А.А. Влияние энтомопатогенных грибовицетов и препарата Фитоверм® на малинную побеговую галлицу (*Resseliella theobaldi*) и возбудителя пурпуровой пятнистости малины (*Didymella applanata*). *Микология и фитопатология*, 2005, 39(1): 76-82.
26. Ownley B.H., Pereira R.M., Klingeman W.E., Quigley N.B., Leckie B.M. *Beauveria bassiana*, a dual purpose biocontrol organism, with activity against insect pests and plant pathogen. In: *Emerging concepts in plant health management* /R.T. Lartey, A.J. Caesar (eds.). Research Signpost, Kerala, 2004: 255-269.
27. Posada F.J., Vega F.E. Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte in cocoa seedlings (*Theobroma cacao*). *Mycologia*, 2005, 97(6): 1195-1200 (doi: 10.1080/15572536.2006.11832729).
28. Vega F.E. Insect pathology and fungal endophytes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2008, 98(3): 277-279 (doi: 10.1016/j.jip.2008.01.008)
29. Ownley B.H., Gwinn K.D., Vega F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. *BioControl*, 2010, 55(1): 113-128 (doi: 10.1007/s10526-009-9241-x).
30. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М., 1985.
31. Quesada-Moraga E., Ruiz-García A., Santiago-Álvarez C. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 2006, 99(6): 1955-1966 (doi: 10.1093/jee/99.6.1955).
32. Ekesi S., Maniania N.K., Lux S.A. Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*, 2002, 12(1): 7-17 (doi: 10.1080/09583150120093077).
33. Poprawski T.J., Robert P.-H., Boivin I.M. G. Susceptibility of *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) to eleven isolates of entomopathogenic hyphomycetes. *Environmental Entomology*, 1985, 14(5): 557-561 (doi: 10.1093/ee/14.5.557).
34. Kreutz J., Zimmermann G., Vaupel O. Horizontal transmission of the entomopathogenic fun-

gus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 2004, 14(8): 837-848 (doi: 10.1080/788222844).

*1*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
630039 Россия, г. Новосибирск ул. Добролюбова, 160,
e-mail: tshpatova@ngs.ru ✉, shternshis@mail.ru, belyaev.an.ar@gmail.com;
*2*ООО НПФ «Исследовательский центр»,
630559 Россия, Новосибирская обл., Новосибирский р-н,
научоград Кольцово, промзона, корпус 200,
e-mail: leliak1@yandex.ru, leliak2@yandex.ru

Поступила в редакцию
8 июля 2018 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2019, V. 54, № 3, pp. 505-511

ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. AS A PROMISING AGENT FOR THE RASPBERRY CANE MIDGE *Resseliella theobaldi* (Barnes) BIOCONTROL

T.V. Shpatova¹, M.V. Shternshis¹, A.A. Belyaev¹, A.A. Lelyak², A.I. Lelyak²

¹Novosibirsk State Agrarian University, 160, ul. Dobrolubova, Novosibirsk, 630039 Russia, e-mail tshpatova@ngs.ru (✉ corresponding author), shternshis@mail.ru, belyaev.an.ar@gmail.com;

²ООО НПФ Research Center, 200, promzona, Koltsovo Science Town, Novosibirsk Region, Novosibirsk Province, 630559 Russia, e-mail leliak1@yandex.ru, leliak2@yandex.ru

ORCID:

Shpatova T.V. orcid.org/0000-0002-0022-4309
Shternshis M.V. orcid.org/0000-0002-9660-1606

Lelyak A.A. orcid.org/0000-0002-6822-8015

Lelyak A.I. orcid.org/0000-0001-8219-9559

Belyaev A.A. orcid.org/0000-0003-2461-0762

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by the grant of Russian Science Foundation for Novosibirsk State Agrarian University (project No. 14-16-00101)

Received July 8, 2018

doi: 10.15389/agrobiology.2019.3.505eng

Abstract

Red raspberry *Rubus idaeus* L. is a widespread crop including Eurasian continent. This berry crop is often damaged by the dangerous pest, the raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* (Barnes). This insect pest commonly destroys 30-80 % of raspberry canes and decreases berry yield 5-6-fold. Chemical insecticides predominate in raspberry plant protection against the pest. However, the trend of recent years lays in replacement of chemicals for ecologically safe biological agents, especially for soft fruit plant protection. The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. is a well-known agent for biocontrol of *Diptera* insects, including the cane midge. In this paper for the first time we have used a Siberian isolate of *B. bassiana* as a biological agent for regulation of Siberian population of this dangerous pest of the red raspberry. The aim of the research was to demonstrate capability of Siberian *B. bassiana* strain to suppress the number of raspberry cane midge in the laboratory and in the field conditions for two red raspberry cultivars. *B. bassiana* strain IC-1480-25 was isolated from Colorado beetle dead larvae in Novosibirsk region. In the laboratory the influence of *B. bassiana* was studied by counting of adults flying from soil where larvae of last instar were treated with entomopathogenic fungus at 10^6 - 10^7 CFU/ml concentration. Laboratory test efficacy was more than 80 %. In 2015-2016 the impact of *B. bassiana* on *R. theobaldi* was studied in the field conditions (plantation of Siberian Garden, Novosibirsk region). Raspberry cultivars Altai Zorenka (cv. 1) and Yellow Giant (cv. 2) differed in the susceptibility to the insect were field tested. In order to provide a reliable occupancy of ecological niche by phytophagous insect and to obtain reliable results, the artificial cane splits were created before the strain application. The results of field test were in line with the laboratory experiments. The *B. bassiana* activity depended on weather conditions, particularly on humidity. In the more humid 2015, the contrast between two varieties in response to *B. bassiana* was more pronounced. The efficacy of treatment with 10^7 CFU/ml fungal suspension was less than 60 % for cv. 1 and 100 % (all larvae died) for cv. 2. The results of this research evidence that the suppression of raspberry cane midge by the potential biocontrol agent depends on berry cultivar, weather conditions and *B. bassiana* dose. Larvae number and their mortality as well as degree of bark splits occupancy is mainly determined by the differences in raspberry variety and their response to weather changes, and also by the impact of weather on insect population. These results confirm the data of Russian and foreign researchers that 10^7 CFU/ml concentration of *B. bassiana* provides a marked effect on *Diptera* pests.

Keywords: red raspberry, raspberry cane midge, fungus *Beauveria bassiana*, pest number regulation, biological efficacy.