

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПУРПУРОВОЙ ПЯТНИСТОСТИ МАЛИНЫ, ВЫЗВАННОЙ *DIDYMELLA APPLANATA*, ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СМЕСИ МИКРОБНЫХ АГЕНТОВ

¹Т.В. Шпатова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

^{1,2}М.В. Штерншис, доктор биологических наук, профессор

¹А.С. Козлова, аспирант

¹Новосибирский государственный аграрный университет

²Федеральный научный центр биологической защиты растений

E-mail: Anastasiakozlova970711@ya.ru

Ключевые слова: малина, *Didymella applanata*, пурпуровая пятнистость, микробная смесь, Фитоп 26.82, биоконтроль, биологическая эффективность.

Реферат. Приведены результаты трехлетних полевых испытаний смесового экспериментального биопрепарата Фитоп 26.82, состоящего из бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В 10642, *Bacillus licheniformis* ВКПМ В 10562, *Bacillus subtilis* ВКПМ В 10641, нематофаговых грибов *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, а также энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*, против основного заболевания малины – пурпуровой пятнистости в производственных насаждениях культуры. Концентрация смеси составляла 10⁵ КОЕ/мл. В качестве сравнения использовали химический фунгицид Топаз, КЭ в 0,1 %-й концентрации. Предварительно оценивали влияние этой микробной смеси на возбудителя болезни *Didymella applanata* в лабораторных условиях, что явилось основой полевых испытаний. Выявлено, что при поражении однолетних побегов малины пурпуровой пятнистостью обработка вегетирующих растений сокращала развитие болезни практически в 3 раза в течение более месяца после применения микробной смеси. Распространенность заболевания снижалась в 2 раза и более относительно контроля. Биологическая эффективность экспериментального биопрепарата Фитоп 26.82 достигала 72,7 %, что сопоставимо с использованием химического фунгицида Топаз. Применение этого смесового микробиологического препарата перспективно в качестве экологически безопасного средства защиты малины от пурпуровой пятнистости при одновременном подавлении других потенциальных болезней и вредителей на этой культуре, а также снижения нежелательного влияния абиотических факторов внешней среды.

BIOLOGICAL CONTROL OF RASPBERRY SPUR BLIGHT CAUSED BY *DIDYMELLA APPLANATA* USING A MIXTURE OF MICROBIAL AGENTS

¹T.V. Shpatova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

^{1,2}M.V. Shternshis, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹A.S. Kozlova, PhD student

¹Novosibirsk State Agrarian University

²Federal Research Center for Biological Plant Protection

Keywords: raspberry, *Didymella applanata*, purple blotch, microbial mixture, Fitop 26.82, biocontrol, biological efficiency.

Abstract. The article presents the results of three-year field trials of the mixed experimental bio preparation Phytop 26.82, consisting of the bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* RCIM (All-Russian Collection of Industrial Microorganisms) B 10642, *Bacillus licheniformis* RCIM (All-Russian Collection of Industrial Microorganisms) B 10562, *Bacillus subtilis* RCIM (All-Russian Collection of Industrial Microorganisms) B 10641, nematophagous fungi *Arthrobotrys oligospora* RCIM (All-Russian Collection of Industrial Microorganisms) F-1141 and *Duddingtonia flagrans* VKM F-2574, as well as the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, against the central raspberry disease - purple spot in the production plantations of

the culture. The concentration of the mixture was 10^5 CFU/ml. As a comparison, we used the chemical fungicide Topaz, EC (emulsion concentrate) at 0.1% concentration. Previously, the authors evaluated the effect of this microbial mixture on the pathogen *Didymella applanata* in laboratory conditions, which was the basis of field trials. It was found that when one-year-old raspberry shoots were affected by purple spotting, the treatment of vegetative plants reduced the development of the disease by almost three times for more than a month after applying the microbial mixture. Furthermore, the prevalence of the disease decreased by two times or more relative to the control. The biological efficiency of the experimental bio preparation Phytop 26.82 reached 72.7%, comparable to the Topaz chemical fungicide. This mixed microbiological preparation is promising as an environmentally friendly means of protecting raspberries from purple spotting while suppressing other potential diseases and pests on this crop and reducing the undesirable influence of abiotic environmental factors.

Малина является одной из самых популярных ягодных культур в Сибири. Из наиболее вредоносных заболеваний этой культуры известна пурпуровая пятнистость, вызываемая грибом *Didymella applanata* (Niessl.) Sacc. Учитывая, что продукция малины используется главным образом в свежем виде, важно максимально замещать химические препараты на экологически безопасные биологические на основе полезных микроорганизмов при защите растений малины от болезней или вредителей. Как правило, такие биопрепараты состоят из одного микробиологического агента [1–4].

Однако все чаще для более эффективной микробиологической защиты различных растений от вредных организмов стали использовать смеси биологических агентов разной природы для одновременного действия против вредителей и болезней [5–10].

Основное внимание в этих работах уделяется, как правило, двойным или тройным смесям биологических агентов, в то же время актуальной проблемой является разработка и использование мультифункциональных смесей не только действующих на вредителей и болезни, присутствующие в данной экосистеме, но способствующих также увеличению роста растений и адаптации к изменениям внешней среды (учет абиотических и биотических факторов). При использовании смеси возникает синергический эффект, даже если это разные штаммы одного вида микроорганизмов [11–14].

Такие полифункциональные смеси биоагентов могут быть применимы также к защите растений от одного вредного объекта, учитывая их синергический потенциал, а также возможность адаптации к резким изменениям внешней среды [15], что важно для сибирских условий.

Цель исследования – оценка влияния полифункциональной микробной смеси биоагентов разной природы на пурпуровую пятнистость малины.

Исследования первоначально проводили в лабораторных условиях для определения ингибирующей активности микробной смеси в отношении *Didymella applanata*, затем в 2017–2019 гг. в полевых опытах в производственных насаждениях малины в сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» Новосибирской области. Опытный участок расположен в подзоне дренированной лесостепи Приобья, почва серая лесная. Сроки обработки обуславливались появлением первых симптомов болезней. Объектами исследования являлись: растения малины сорта Зоренька Алтая; пурпуровая пятнистость побегов малины (возбудитель *Didymella applanata* (Niessl.) Sacc., Dothideales, Ascomycota); экспериментальный биопрепарат Фитоп 26.82 (производитель препарата – ООО НПФ «Исследовательский центр» (накоград Кольцово, Новосибирская область). Биопрепарат представляет собой микробную смесь, состоящую из бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В 10642, *Bacillus licheniformis* ВКПМ В 10562, *Bacillus subtilis* ВКПМ В 10641, нематофаговых грибов *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, а также энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*.

Концентрация рабочей смеси 10^5 КОЕ/мл. В качестве химического эталона использовали Топаз, КЭ (действующее вещество – пенконазол) в 0,1 %-й концентрации.

Сумма осадков за период вегетации малины с мая по сентябрь составляла в 2017 г. 329 мм (115 % от нормы, повышенная влажность), в 2018 г. – 298 мм (113 % от нормы, повышенная влажность), в 2019 г. – 263 мм (100 %, нормальное увлажнение). Температура превышала норму в 2017 г. на 1 °С, в 2019 г. – на 0,4 °С, а в 2018 г. была ниже нормы на 0,3 °С.

Схема опыта включала три варианта: контроль (без обработки), микробная смесь Фитоп 26.82 и химический фунгицид Топаз, КЭ 0,1 %. Повторность четырехкратная. Площадь делянки 10 м². Размещение повторностей рендомизированное. Расход рабочей жидкости 500 л/га. Пораженность растений малины пурпуровой пятнистостью оценивали по известной шкале [16]. Учеты по показателям развития и распространенности болезни проводили в течение вегетационного периода, на основании полученных данных определяли биологическую эффективность. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ Snedecor для Windows [17].

В лабораторных условиях нами проведено изучение действия микробной смеси (биопрепарат Фитоп 26.82) в отношении возбудителя пурпуровой пятнистости малины *D. applanata*. Под влиянием Фитопа 26.82 на 3-и сутки отмечено подавление роста колонии гриба *D. applanata* в 1,4 раза, на 7-е сутки – в 1,5 раза по сравнению с контролем. Ингибирующая активность экспериментального биопрепарата также возрастала на 7-е сутки (табл. 1).

Таблица 1

Влияние смеси биоагентов Фитоп 26.82 на рост фитопатогена *D. applanata*
The effect of a mixture of bioagents Phytop 26.82 on the growth of the phytopathogen *D. applanata*

Вариант	Диаметр колоний, см		Ингибирующая активность, %	
	3-и сутки	7-е сутки	3-и сутки	7-е сутки
Контроль	2,9	5,9	–	–
Фитоп 26.82	2,1*	3,9*	27,6*	33,9*
НСР ₀₅ по вариантам = 0,2; НСР ₀₅ по суткам = 0,2				

*Различия с контролем статистически достоверны ($p < 0,05$).

В 2017 г. распространенность и развитие пурпуровой пятнистости однолетних побегов малины через 4 недели под действием микробной смеси Фитоп 26.82 и химического фунгицида Топаз снижалась по сравнению с контролем с некоторым преимуществом Топаса (табл. 2).

Через 8 недель пораженность побегов малины пурпуровой пятнистостью в контроле продолжала возрастать, однако биопрепарат оказывал сдерживающее влияние. Распространенность болезни одинаково снижалась под действием микробной смеси и химического препарата, а на развитие болезни чуть большее влияние оказывал Топаз. Эта тенденция сохранилась и в конце вегетации. Снижение пораженности по сравнению с контролем отмечено практически в 2 раза под влиянием микробной смеси.

В 2018 г. распространенность и развитие пурпуровой пятнистости в контроле через 4 недели после обработки при применении биопрепарата снизились практически в 3 раза, при применении Топаса – в 4,2 раза по сравнению с контролем.

Через 8 недель распространенность заболевания под действием и биопрепарата, и химического фунгицида сократилась в 2,8 раза по сравнению с контролем. Развитие болезни в контроле продолжало возрастать. При использовании Фитопа 26.82 развитие болезни значительно уменьшалось, в той же степени, что и под действием Топаса (см. табл. 2).

В конце вегетации распространенность болезни в контроле достигала 75 %, однако при применении биопрепарата тенденция к снижению данного показателя сохранилась. В этот период развитие болезни в контроле увеличилось незначительно – в 1,2 раза по сравнению с предыдущим периодом наблюдений, а при применении Фитоба 26.82 сократилось более чем в 3 раза по сравнению с контролем. Полученный защитный эффект при использовании микробной смеси сопоставим с химическим препаратом Топаз.

В 2019 г. через 4 недели распространенность заболевания в контроле была достаточно высокой, но под влиянием Фитоба 26.82 сократилась в 2,3 раза.

Развитие болезни было не столь значительным в контроле, тенденция по нарастанию этого показателя сохранялась до сентября. Под влиянием микробной смеси развитие заболевания малины снижалось практически в 3 раза относительно контроля.

Таблица 2

Влияние смеси биоагентов Фитоб 26.82 на пораженность растений малины пурпуровой пятнистостью (сорт Зоренька Алтай, 2017 – 2019 гг.)
The effect of a mixture of bioagents Phytob 26.82 on the infestation of raspberry plants with purple spotting (variety Zorenka Altai, 2017 – 2019)

Вариант	Год	Распространённость болезни, %			Развитие болезни, %		
		4 недели после обработки	8 недель после обработки	конец вегетации (10 – 12 недель)	4 недели после обработки	8 недель после обработки	конец вегетации (10 – 12 недель)
Контроль (без обработки)	2017	45,0	60,0	80,0	13,1	22,5	28,1
Фитоб 26.82		32,5*	35,0*	45,0*	5,6*	12,5*	15,0*
Топаз		10,0*	37,5*	37,5*	2,5*	9,4*	10,6*
НСР ₀₅ по препаратам=1,4; НСР ₀₅ по срокам=1,6					НСР ₀₅ по препаратам=2,1; НСР ₀₅ по срокам=1,9		
Контроль (без обработки)	2018	42,5	70,0	75,0	10,8	20	23,1
Фитоб 26.82		15,0*	25,0*	25,0*	3,8*	6,3*	6,3*
Топаз		10,0*	25,0*	25,8*	2,5*	6,3*	6,5*
НСР ₀₅ по препаратам=4,6; НСР ₀₅ по срокам=3,8					НСР ₀₅ по препаратам=1,0; НСР ₀₅ по срокам=1,1		
Контроль (без обработки)	2019	52,5	67,5	80,0	15,0	16,9	24,4
Фитоб 26.82		22,5*	25,0*	22,5*	5,0*	6,3*	6,9*
Топаз		20,0*	25,0*	30,0*	5,0*	6,3*	7,5*
НСР ₀₅ по препаратам=5,7; НСР ₀₅ по срокам=4,5					НСР ₀₅ по препаратам=1,2; НСР ₀₅ по срокам=0,9		

*Различия с контролем статистически достоверны (p < 0,05).

Через 8 недель отмечено проявление пролонгированного действия Фитоба 26.82 в сравнении с контролем. Развитие болезни в контроле возрастало. При использовании биопрепарата этот показатель уменьшался, микробная смесь продолжала оказывать сдерживающее влияние, развитие болезни снижалось в 2,7 раза относительно контроля.

В конце вегетации распространенность болезни в контроле достигала 80 %, при применении биопрепарата Фитоп 26.82 тенденция к снижению этого показателя сохранилась. Развитие болезни в контроле увеличилось незначительно – в 1,4 раза по сравнению с данными, полученными в предыдущий период (8 недель после обработки смесью). При применении Фитопа 26.82 эта величина сократилась более чем в 3,5 раза по сравнению с контролем.

Биологическая эффективность использования химического препарата Топаз в 2017 г. через 4 недели после обработки была в 1,5 раза выше, чем микробной смеси, но в последующие сроки определения этого показателя разница сокращалась. Защитное действие препарата, согласно этому показателю, сохранялось (табл. 3). В 2017 г. погодные условия зимнего периода, а также в начале вегетации способствовали ослаблению растений малины, что связано с их большей восприимчивостью к заражению возбудителем заболевания и увеличением показателя развития болезни как в контроле, так и с применением Фитопа 26.82.

Биологическая эффективность использования микробной смеси в 2018 г. через 4 недели после обработки меньше отличалась от соответствующего показателя при использовании химического фунгицида по сравнению с предыдущим годом. Через 8 недель уже не наблюдалось разницы в этом показателе между двумя препаратами.

Таблица 3

Биологическая эффективность смеси биоагентов Фитоп 26.82 в отношении пурпуровой пятнистости малины (сорт Зоренька Алтай, 2017 – 2019 гг.)
The biological effectiveness of the mixture of bioagents Phytop 26.82 about the purple spotting of raspberries (variety Zorenka Altai, 2017 – 2019)

Вариант	Год	Биологическая эффективность, %		
		4 недели после обработки	8 недель после обработки	конец вегетации (10 – 12 недель)
Фитоп 26.82	2017	52,9	44,4	46,6
Топаз		79,0	58,2	62,3
Фитоп 26.82	2018	64,8	68,5	72,7
Топаз		76,9	68,5	71,9
Фитоп 26.82	2019	66,7	62,7	71,7
Топаз		66,7	62,7	69,3

В конце вегетации защитное действие микробной смеси Фитоп 26.82 также не уступало влиянию химического фунгицида, что связано с менее выраженным увеличением пораженности побегов малины заболеванием в контроле, а также стабилизацией фона поражения при использовании данного биопрепарата. Данные, полученные по биологической эффективности в этом году, вероятно, связаны со смещением периодов вредоносности заболевания и более выраженным антистрессовым действием используемой микробной смеси.

В 2019 г. биологическая эффективность использования микробной смеси Фитоп 26.82 не отличалась от таковой при применении химического фунгицида Топаз во все сроки проведения исследования (см. табл. 3). Данные, полученные по биологической эффективности в этом году, связаны с выраженным антистрессовым действием экспериментального препарата Фитоп 26.82, особенно в периоды засухи в течение июня и августа.

Представленные данные соответствуют результатам, полученным при успешном использовании против гельминтоза земляники похожей микробной смеси с несколько большим содержанием ингредиентов [18].

Следует отметить, что при определенных условиях на малине возможны другие вредители и болезни, для которых приемлема эта смесь. Например, часто встречающаяся малинная побеговая галлица контролируется, как показано ранее [19], грибом *Beauveria bassiana*. Так, в лабораторных и полевых условиях продемонстрирована возможность биологического контроля малинной побеговой галлицы *Resseliella theobaldi* сибирским штаммом гриба *Beauveria bassiana* [19]. Кроме того, полифункциональная микробная смесь, изученная в этой работе, ранее была успешно использована в защите картофеля от ризоктониоза и колорадского жука [20].

Таким образом, в данной работе нами впервые показано использование препарата Фитоп 26.82 против основной болезни малины. В годы наших исследований на посадках малины выявлена только пурпуровая пятнистость, но существует потенциал этой смеси в случае совместного повреждения растений и болезнью, и вредителями. Изучение полифункциональных смесей микроорганизмов как основы биопрепаратов является важным фактором увеличения эффективности биологической защиты растений от вредителей и болезней.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Действие смеси микроорганизмов на возбудителя пурпуровой пятнистости малины в лабораторных условиях явилось основой дальнейшего проведения полевых испытаний.

2. Использование микробной смеси Фитоп 26.82 показало эффективность данного биопрепарата против основного заболевания малины – пурпуровой пятнистости в течение трех полевых сезонов, в основном действие смеси сопоставимо с влиянием химического фунгицида Топаз на данное заболевание малины.

3. Полученные результаты являются предпосылкой для исследования влияния микробной смеси против основного вредителя малины – малинной побеговой галлицы на фоне изученного в данной работе эффекта подавления пурпуровой пятнистости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шпатова Т.В., Штерншиш М.В., Беляев А.А. Оценка биологических препаратов в отношении фитопатогенных грибов *Didymella applanata* и *Botrytis cinerea* // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 43–46.

2. Действие бактерий рода *Bacillus* на возбудителей болезней малины / М.В. Штерншиш, Т.В. Шпатова, А.А. Лемяк, А.И. Лемяк // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2010. – № 3 (15). – С. 48–53.

3. The effect of chitinase on *Didymella applanata*, the causal agent of raspberry cane spur blight / M. Shternshis, A. Belyaev, T. Shpatova [et al.] // BioControl. – 2006. – Vol. 51. – P. 311–322.

4. Mohamedova M. Field evaluation of three biopesticides for control of the raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* (Barnes) in Bulgaria // Advances in Horticultural Science. – 2017. – Vol. 31(3). – P. 183–189.

5. Assessment of entomopathogenic fungi and their extracts against a soil-dwelling pest and soil-borne pathogens of olive / M.D. Lozano-Tovar, A. Ortiz-Urjauiza, I. Garrido-Jurado [et al.] // Biological Control. – 2013. – Vol. 67. – P. 409–420.

6. Возможность и механизмы действия *Bacillus subtilis* 26Д и *Beauveria bassiana* Уфа-2 при применении для защиты растений картофеля от фитофтороза и колорадского жука / И.В. Максимов, А.В. Сорокань, А.Р. Нафикова, Г.В. Беньковская // Микология и фитопатология. – 2015. – Т. 49, № 5. – С. 317–324.

7. Mixtures of plant-growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens / K. Liu, J.A. McInroy, C.-H. Hu, J.W. Kloepper // Plant Disease. – 2018. – Vol. 102. – P. 67–72.

8. *Biotechnological potential of microbial consortia and future perspectives* / S.K. Bhatia, R.K. Bhatia, Y.-K. Choi [et al.] // *Critical Review of Biotechnology*. – 2018. – Vol. 38. – P. 1209–1229.
9. *Endophytes vs tree pathogens and pests: can they be used as biological control agents to improve tree health?* / M. Rabiey, H. Luke, R. Shjamali [et al.] // *European Journal of Plant Pathology*. – 2019. – Vol. 155. – P. 711–729.
10. *Microbial Consortia for Effective Biocontrol of Root and Foliar Diseases in Tomato* / Z. Minchev, O. Kostenko, R. Soler, M.J. Pozo // *Frontiers of Plant Science*. – 2021. – Vol. 12. – URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.756368> (дата обращения: 11.03.2023).
11. *Dual effects of entomopathogenic fungi on control of the pest Lobesia botrana and the pathogenic fungus Eutypella microtheca on grapevine* / J. Aguilera Sammaritano, J. Caballero, M. Deymie [et al.] // *Biological Research*. – 2021. – Vol. 54 (44). – P. 1–10.
12. *Bacillus-based nanobioformulations for phytopathogens and insect-pest management* / P. Kumar, S.S. Pandhi, D.K. Mahato [et al.] // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. – 2021. – Vol. 31. – P. 128.
13. *Fungal entomopathogens: new insights on their ecology* / F.E. Vega, M.S. Goettel, M. Blackwell [et al.] // *Fungal Ecology*. – 2009. – Vol. 2. – P. 149–159.
14. *Asghari B., Khademian R., Sedaghati B. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (Mentha pulegium L.) under water shortage condition* // *Science Horticulture*. – 2020. – Vol. 263 (15). – P. 1–10.
15. *Adaptation of primocane fruiting raspberry plants to environment factors under the influence of Bacillus strains in Western Siberia* / A. Belyaev, M. Shternshis, N. Chechenina [et al.] // *Environment Science and Pollution Research*. – 2017. – Vol. 24. – P. 7016–7022.
16. *Белых А.М., Бакланова Г.И., Беляев А.А. Малина красная в лесостепи Приобья: монография / РАСХН. Сиб. отд-ние. НЗПЯОС им. И.В. Мичурина. – Новосибирск, 2004. – 128 с.*
17. *Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск, ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.*
18. *Беляев А.А., Стороженко А.А., Шпатов Т.В. Оценка действия биоагентов против гельминтоза земляники // Инновации и продовольственная безопасность. – 2022. – № 4 (3). – С. 37–42.*
19. *Шпатов Т.В., Штерншиш М.В., Беляев А.А. Энтомопатогенный гриб Beauveria bassiana как перспективный биологический агент регуляции малинной побеговой галлицы // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 3. – С. 505–511.*
20. *Цветкова В.П., Масленникова В.С., Штерншиш М.В. Влияние полифункциональной микробной смеси на ризоктониоз картофеля и колорадского жука // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 3. – С. 26–31.*

REFERENCES

1. Shpatova T.V., Shternshis M.V., Beljaev A.A., *Prikladnaja biohimija i mikrobiologija*, 2003, Vol. 39, No. 1, pp. 43–46. (In Russ.)
2. Shternshis M.V., Shpatova T.V., Leljak A.A., Leljak A.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2010, No. 3 (15), pp. 48–53. (In Russ.)
3. Shternshis M., Belyaev A., Shpatova T., Duzhak A., Panfilova Z., The effect of chitinase on *Didymella applanata*, the causal agent of raspberry cane spur blight, *BioControl*, 2006, Vol. 51, pp. 311–322.
4. Mohamedova M. Field evaluation of three biopesticides for control of the raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* (Barnes) in Bulgaria, *Advances in Horticultural Science*, 2017, No. 31 (3), pp. 183–189.
5. Lozano-Tovar M.D., Ortiz-Urjauiza A., Garrido-Jurado I., Trapero-Casas A., Jauesada-Moraga E., Assessment of entomopathogenic fungi and their extracts against a soil-dwelling pest and soil-borne pathogens of olive, *Biological Control*, 2013, Vol. 67, pp. 409–420.
6. Maksimov I.V., Sorokan' A.V., Nafikova A.R., Ben'kovskaja G.V., *Mikologija i fitopatologija*, 2015, Vol. 49, No. 5, pp. 317–324. (In Russ.)
7. Liu K., McInroy J.A., Hu C.-H., Kloepper J.W., Mixtures of plant-growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens, *Plant Disease*, 2018, Vol. 102, pp. 67–72.

8. Bhatia S.K., Bhatia R.K., Choi Y.-K., Kan E., Kim Y.-G., Yang Y.-H., Biotechnological potential of microbial consortia and future perspectives, *Critical Review of Biotechnology*, 2018, Vol. 38, pp. 1209–1229.
9. Rabiye M., Luke H., Shjamali R., Grenz K., Al-Zadjali M., Glyn B., Jackson R., Endophytes vs tree pathogens and pests: can they be used as biological control agents to improve tree health? *European Journal of Plant Pathology*, 2019, Vol. 155, pp. 711–729.
10. Minchev Z., Kostenko O., Soler R., Pozo M.J., Microbial Consortia for Effective Biocontrol of Root and Foliar Diseases in Tomato, *Frontiers of Plant Science*, 2021, Vol. 12, Available at: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-017-0531-x> (Accessed 11.03.2023).
11. Aguilera Sammaritano J., Caballero J., Deymie M., Rosa M., Fabio Vazquez F., Pappano D., Lechner B., Gonzalez Teuber M., Dual effects of entomopathogenic fungi on control of the pest *Lobesia botrana* and the pathogenic fungus *Eutypella microtheca* on grapevine, *Biological Research*, 2021, Vol. 54 (44), pp. 1–10.
12. Kumar P., Pandhi S.S., Mahato D.K., Kamle M., Mishra A., *Bacillus* based nanobioformulations for phytopathogens and insect–pest management, *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, Vol. 31, p. 128.
13. Vega F.E., Goettel M.S., Blackwell M., Chandler D., Jackson M.A., Keller S., Koike M., Maniania N.K., Monzon A., Ownley B.H., Pell J.K., Drauzio E.N., Rangel D.E.N., Roy H.E., Fungal entomopathogens: new insights on their ecology, *Fungal Ecology*, 2009, Vol. 2, pp. 149–159.
14. Asghari B., Khademian R., Sedaghati B., Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage condition, *Science Horticulture*, 2020, Vol. 263 (15), pp. 1–10.
15. Belyaev A., Shternshis M., Chechenina N., Shpatova T., Lelyak A., Adaptation of primocane fruiting raspberry plants to environment factors under the influence of *Bacillus* strains in Western Siberia, *Environment Science and Pollution Research*, 2017, Vol. 24, P. 7016–7022.
16. Belyh A.M., Baklanova G.I., Belyaev A.A. *Malina krasnaja v lesostepi Priob'ja: monografija* (Red raspberries in the forest-steppe of the Ob region), RASHN. Sib. otd-nie. NZPJaOS im. I.V. Michurina, Novosibirsk, 2004, 128 p.
17. Sorokin O.D. *Prikladnaja statistika na komp'jutere* (Applied statistics on a computer), Krasnoobsk, GUP RPO So RASHN, 2009, 222 p.
18. Belyaev A.A., Storozhenko A.A., Shpatova T.V., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'*, 2022, No. 4 (3), pp. 37–42. (In Russ.)
18. Shpatova T.V., Shternshis M.V., Belyaev A.A., *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2019, Vol. 54, No. 3, pp. 505–511. (In Russ.)
19. Cvetkova V.P., Maslennikova V.S., Shternshis M.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, Vol. 34, No. 3, pp. 26–31. (In Russ.)