

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ МИКОЗНОГО УВЯДАНИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.)

Е.З. Савин¹, *Н.В. Немцева², **Т.В. Березина¹, ***Т.Н. Чурилина³

¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

²Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Россия, Оренбург

³Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, Оренбург

e-mail: *nvnemtseva@gmail.com, **gaevskayatatyana@mail.ru, ***tachuna@mail.ru

Возделывание смородины черной в условиях Южного Урала сопровождается рядом агроэкологических ограничений. Помимо этого, в последние годы отмечается повреждение смородины фитопатогенными грибами – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp., которые вызывают увядание и массовые выпадения культуры. В исследовании для борьбы с фитопатогенами использовали биологические препараты Триходерма Вериде, Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био, а также культуру живых микроорганизмов штамм *Bacillus pumilus* Chl.31. Опыты закладывали осенью 2016 и 2017 гг. в пригороде г. Оренбурга. В качестве объекта использована смородина черная сорт *Вологда*. В посадках 2016 г. лучшие результаты по суммарной урожайности показали варианты с применением препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст; 43,9 ц/га), а также Триходерма Вериде (1,9 кг/куст; 31,3 ц/га). В посадках 2017 г. высокая урожайность (2,7 кг/куст; 89,1 ц/га) были достигнуты при применении препарата Чистофлор Био. Высокие результаты также отмечены у вариантов с Бактофитом СП (2,9 кг/куст; 76,5 ц/га) и Триходерма Вериде (2,8 кг/куст; 64,7 ц/га). Контрольные растения полностью выпали из опыта к 2024 г. В отдельном опыте, заложенном весной 2017 г. изучали влияние суспензии живых клеток *B. pumilus* Chl.31. Суммарный урожай за период с 2018 по 2024 гг. в опытном варианте составил 5,85 кг/куст, что более чем в два раза превысило результаты контроля (2,7 кг/куст). Таким образом, результаты в комплексе подтверждают эффективность ряда штаммов *Bacillus* и *Trichoderma* в условиях Оренбургской области. Особенно перспективным для практического использования представляется штамм *B. pumilus* Chl.31, который сочетает биозащитное и ростостимулирующее действие.

Ключевые слова: смородина черная, фитопатогены, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, биопрепараты, биофунгициды, *Bacillus*, *Trichoderma*.

Введение

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) – одна из основных ягодных культур в России. Она пользуется популярностью благодаря своей скороплодности, высокой пищевой ценности и продуктивности насаждений. Ягоды содержат различные витамины, минеральные и органические соединения. Плоды данной культуры крайне полезны для оздоровления и очищения организма человека от тяжелых металлов, радиоактивных изотопов, обладают антиоксидантными свойствами [1-3].

В России смородина выращивается около 400-500 лет [4]. В настоящее время ассортимент насчитывает около 1200 сортов. Ежегодный сбор ягоды в 2010-2015 гг. составлял 320-360 тыс. т. В последние годы валовый сбор увеличился на 35-110 %. В Оренбуржье на 2010 г. смородина выращивалась на площади 178 га, ежегодное производство этой ягоды составляет 74 т и в основном сосредоточено в частном секторе [1, 5, 6].

Возделывание смородины черной в условиях Южного Урала сопровождается рядом агроэкологических ограничений, связанных с неблагоприятными свойствами почв: карбонатностью, высокой щелочностью (pH>8,0), засолением и повышенным содержанием ионов хлорида и сульфатов. Данные факторы снижают усвояемость микроэлементов,

вызывают развитие хлороза, ухудшают физиологическое состояние растений и приводят к снижению урожайности и гибели насаждений [7].

В последние 15 лет отмечается повреждение смородины фитопатогенными грибами, которые вызывают увядание и массовые выпадения культуры (рис. 1). Среди грибковых патогенов серьезную опасность для смородины черной представляют возбудители сосудистого увядания – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp. [8-10].

Как отмечают Petkovšek M. et al. (2013), поражение черной смородины патогенными грибами приводит к потенциальному сокращению площади фотосинтеза и, как следствие, уменьшению количества содержания сахаров, основных органических кислот и вторичных метаболитов. Кроме того, как правило, зараженные сорта становятся менее устойчивыми к воздействию внешних факторов среды, а также других патогенов [11].

Как известно, возбудители сосудистого увядания сохраняются в почве, они хорошо переносят условия с выраженными природными контрастами. Эти патогены инфицируют растения через корневую систему и блокируют сосудистую ткань растения, вызывая некрозы и гибель кустов.

Химические методы защиты имеют ограниченную эффективность, поскольку системные фунгициды слабо проникают в проводящие ткани. В связи с этим актуально применение биофунгицидов, т.е. препаратов, созданных на основе живых микроорганизмов-антагонистов и их метаболитов.

Исходя из этого, целью настоящего исследования была оценка эффективности применения различных биофунгицидов при возделывании смородины черной в условиях карбонатных почв степного региона.

Материалы и методы

Опыты закладывали осенью 2016 и 2017 гг. в пригороде г. Оренбурга. Климатические условия степной зоны Оренбуржья резко континентальные. В зимнее время температура опускается до -40°C , а местами доходит до -48°C . Летом температура поднимается до $+40-42^{\circ}\text{C}$, а на почве до $60-70^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). Относительная влажность воздуха составляет 50-60 %, а количество дней с относительной влажностью воздуха <30 % находится в пределах 100. Атмосферные осадки за год около 360 мм. Продолжительность летнего периода с температурой 10°C – 140-150 дней. Сумма положительных температур сохраняется в пределах 3000°C , эффективных – $2100-2500^{\circ}\text{C}$, активных $2800-3000^{\circ}\text{C}$.

Почвы – чернозем южный, карбонатный, тяжелосуглинистый мощностью 30-40 см, с содержанием гумуса до 4-5 %, грунтовые воды залегают на глубине 35-40 м.

По данным агрохимической службы (табл. 2) почвы опытных участков характеризовались высоким содержанием карбонатов, щелочной реакцией ($\text{pH} > 8,0$) и засолением до глубины 3 м. Наибольшие концентрации солей отмечены на горизонтах 100–220 см, где сумма солей достигала 0,22-0,28 %, содержание хлоридов – до 0,75 мг-экв%, сульфатов – до 2,49 мг-экв%. Устойчивое проявление хлороза (до 5 баллов в 2022-2023 гг.) связано именно с неблагоприятными почвенными условиями, усугубленными сухой и жаркой погодой в эти годы.

В сухое и жаркое лето 2022-2023 гг. отмечено развитие хлороза до 5 баллов, что сопровождалось снижением урожайности и выпадением растений из эксперимента.

Экспериментальные исследования по обработке биофунгицидами проводили на смородине черной сорта Вологда осенью 2016 и 2017 гг.

Таблица 1 – Метеорологические показатели по г. Оренбургу за годы исследований (2015-2024 гг.)

Метеорологические показатели	Норма	Год								
		2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Средняя температура воздуха, °С	5,7	6,5	4,7	5,8	5,4	7,8	6,3	5,7	9,5	6,2
Мах температура на поверхности почвы, °С	-	63	64	64	60	64	66	60	62	59
Мин температура на поверхности снега, °С	-	-32	-36	-28	-32	-27	-32	-30	-36	-11
Сумма осадков, мм	358	464	327	243	386	264	255	372	384	623
Относительная влажность воздуха (апрель-сентябрь), %	58	56	54	54	52	53	48	57	54	67
Число дней с относительной влажностью воздуха ≤ 30 %	-	99	56	59	104	109	153	82	95	47
Снежный покров, см	31	44	41	22	46	38	34	36	42	39
Глубина промерзания почвы, см	150	46	108	150	94	63	129	78	143	131
Мин температура почвы (°С) на глубине 20 см	-	-4,6	-8,4	-15,0	-6,4	-13	-7,6	-10,0	-9,3	-8,0
Мин температура почвы (°С) на глубине 3 см	-	-4,8	-10,2	-11,0	-5,7	-5	-11	-11	-9	-10
Сумма температур воздуха, °С										
Положительных выше 0°С	3160	3457	3305	3450	3377	3555	3530	3458	3246	3286
Эффективных выше 5°С	2148	2469	2263	2415	2285	2400	2505	2386	2531	2316
Активных выше 10°С	2887	3272	2799	3122	2763	3050	3107	2935	3695	3008

Таблица 2 – Засоленность почвы по глубинам (по данным Агрохимической службы, г. Оренбург, 29.06.2023 г.)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, %	Ион-хлорида, мг/экв, %	Ион-сульфата, мг/экв, %	pH
0-20	0,192	0,250	1,67	8,0
20-40	0,20	0,250	1,65	8,1
40-60	0,182	0,250	1,63	8,0
100-120	0,278	0,750	1,66	8,4
150-160	0,22	0,250	2,16	8,6
200-220	0,245	0,300	2,49	8,6
250-270	0,163	0,400	1,26	8,3
300-320	0,234	0,750	1,39	8,4

Ранее нами было показано, что в природных условиях г.Оренбурга среди препаратов на основе культуры микоризных грибов (Триходерма Вериде, Глиокладин, Экори́з 1) наиболее эффективным по приживаемости черенков, их росту, сохранности и продуктивности в условиях Оренбуржья оказался препарат Триходерма Вериде. Из коммерческих препаратов на основе бактерий-антагонистов *Bacillus* sp. (Фитоспорин М, Алирин Б, Бактофит СП, Гамаир ТРБ, Чистофлор Био) наиболее эффективными были Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био [12]. Поэтому в дальнейшем мы сконцентрировали свое внимание на препаратах Триходерма Вериде, Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био, а также на культуре живых микроорганизмов *Bacillus* sp. штамм Chl.31 – симбионта из культуры одноклеточной зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beijer., показавшими наибольшую эффективность. Общая характеристика использованных биофунгицидов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика биофунгицидов, используемых в опыте

№	Название препарата	Состав
1	Алирин Б	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР, титр не менее 10^{11} КОЕ/мл
2	Бактофит СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215; концентрация, БА-10000 ЕД/г, титр не менее 2 млрд спор/г
3	Триходерма Вериде	Спорово-мицелиальная масса гриба <i>Trichoderma viride</i> , штамм 471 ГНУ ВНИИСХМ РАСХН, титр не менее 1 млрд
4	Чистофлор Био	Живые клетки бактерий <i>Bacillus subtilis</i> , сухой порошок.
5	<i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31	Суспензия живых бактерий <i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31, титр КОЕ $2,5 \times 10^9$

Испытание биофунгицидов на смородине проводили в трех опытах.

В первом (посадка 2016 г.) и втором (посадка 2017 г.) опытах препараты разводили в воде согласно методическим указаниям производителя. Черенки смородины черной выдерживали в растворе в количестве 20 штук каждого варианта опыта в течение 24 часов. Далее высаживали в грунт (октябрь-ноябрь) с оставлением верхней почки на поверхности с последующим их мульчированием перегноем на 2,0-3,0 см.

В третьем опыте (посадка 2017 г.) был использован изолят бактерий *Bacillus* sp. штамм Chl.31. Из суспензии живых бактерий готовили маточный раствор ($2,5 \times 10^9$ колониеобразующих единиц (КОЕ)/мл). Далее маточный раствор культуры живых бактерий вносили в почву под взрослыми растениями (3-4 года) из расчета 100 мл/10 л воды и на $2,5 \text{ м}^2$. Для последующей идентификации бактерий в работе использован метод масс-спектрометрии MALDI-TOF (Matrix-Assistend Laser Desorption / Ionization Time of Flight). Принцип метода основан на ионизации белков клеточной поверхности и рибосомальных белков под действием лазера в присутствии матрицы – низкомолекулярного органического соединения, поглощающего энергию. Полученные ионы ускоряются в электрическом поле и разделяются по времени пролета (time-of-flight), что позволяет регистрировать характер спектра масс. Идентификацию до вида методом масс-спектрометрии MALDI-TOF (Масс-спектрометр VITEK MSv1.6.2, bioMereux) осуществляли в бактериологической лаборатории ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (г. Оренбург). Выбор метода MALDI-TOF был обоснован тем, что он сочетает скорость, дешевизну и достаточную точность, что позволяет решать задачи, подобные нашей: идентификация потенциального штамма биоконтролера.

Весной следующего года проводили учеты по приживаемости черенков. Состояние растений оценивали в конце сезона с учетом проявления микозного увядания. Учеты по продуктивности растений проводили ежегодно во время уборки урожая. Обработывали материал согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Орёл, 1999 г.) [13]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием процессора электронных таблиц Exel for Windows 10.

Результаты и обсуждение

Первые опыты по изучению эффективности применения биофунгицидов при возделывании черной смородины сорта *Вологда* в условиях карбонатных почв Оренбургской области были заложены в 2016-2017 гг. В последующие годы (2023-2024 гг.) на опытных участках отмечено появление хлороза растений интенсивностью до 4-5 баллов, что сопровождалось снижением урожайности и гибелью более 50 % кустов.

Результаты исследований (табл. 4) показали, что применение различных биофунгицидов оказывало значительное влияние на приживаемость, сохранность и продуктивность растений.

Таблица 4 – Влияние биофунгицидов на приживаемость, сохранность и продуктивность смородины черной сорта Вологда

Показатели	Ед. измерения	Год	Препараты									
			I опыт. Посадка 2016 г.					II опыт. Посадка 2017 г.				
			Триходерма Вериде	Алирин Б	Чистоплор Био	Бактофит СП	Контроль	Триходерма Вериде	Алирин Б	Чистоплор Био	Бактофит СП	Контроль
Посажено	штук		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Прижилось	штук		8	10	7	9	7	10	9	13	10	0
	%		40,0	50,0	35,0	45,0	35,0	50,0	45,0	65,0	50,0	0,0
Состояние	балл	2024	3,0	4,0	4,0	5,0	2,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-
Сохранилось	штук	2024	4	3	4	5	0	7	7	13	8	-
	%		50,0	30,0	57,1	55,5	0,0	70,0	77,8	100	80,0	-
Хлороз	балл	2024	5,0	5,0	5,0	5,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Урожайность	кг/куст	2020	0,4	0,5	0,5	0,5	-	0,4	0,5	0,3	0,3	-
		2021	0,3	0,3	0,2	0,5	-	0,8	0,5	0,7	0,7	-
		2022	0,3	0,3	0,2	0,5	-	0,5	0,5	0,7	0,7	-
		2023	0,5	0,5	0,4	0,5	-	0,8	0,7	0,7	0,5	-
		2024	0,4	0,1	0,3	0,4	-	0,3	0,1	0,3	0,2	-
Сумма урожая	кг/куст		1,9	1,7	1,6	2,4	-	2,8	2,3	2,7	2,9	-
	ц/га		31,3	16,8	30,1	43,9	-	64,7	59,1	89,1	76,5	-

В посадках 2016 г. лучшие результаты по суммарной урожайности показали варианты с применением препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст; 43,9 ц/га), а также Триходерма Вериде (1,9 кг/куст; 31,3 ц/га). При этом уровень сохранности растений в данных вариантах составил, соответственно, 55,5 % и 50 %. Варианты с Алирином Б и Чистоплор Био характеризовались более низкими показателями сохранности (30–50 %) и урожайности (1,5–1,7 кг/куст).

В посадках 2017 г. наибольшая сохранность растений (100 %) и высокая урожайность (2,7 кг/куст; 89,1 ц/га) были достигнуты при применении препарата Чистоплор Био. Высокие результаты также отмечены у вариантов с Бактофитом СП (2,9 кг/куст; 76,5 ц/га) и Триходерма Вериде (2,8 кг/куст; 64,7 ц/га). Контрольные растения полностью выпали из опыта к 2024 г.

В итоге установлено, что применение биофунгицидов обеспечивает повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям и позволяет поддерживать их продуктивность в течение всего периода исследований.

На следующем этапе осенью 2024 г. нами проведен анализ состояния почвы, корневой системы и надземной части растений. Установлено, что наибольшая эффективность наблюдалась при обработке препаратами Алирин Б (*Bacillus subtilis* B-10), Чистоплор Био (*Bacillus subtilis*), а также Триходерма Вериде (*Trichoderma viride*). В данных вариантах растения сохраняли удовлетворительное состояние и продуктивность, что подтверждает положительное влияние биофунгицидов на адаптацию смородины черной к стрессовым условиям карбонатных почв.

В отдельном опыте, заложенном весной 2017 г., изучали влияние суспензии живых клеток *Bacillus* sp. штамм Chl.31 на состояние и урожайность смородины черной сорта Вологда (табл. 5). Результаты показали, что к 2024 г. сохранность растений в опытных и контрольных вариантах оставалась на уровне 100 %. Однако обработка штаммом Chl.31

положительно сказалась на общем состоянии растений (5,0 баллов против 4,0 в контроле), а также обеспечила значительный прирост урожайности.

Таблица 5 – Влияние суспензии живых бактерий *Bacillus* sp. штамм Chl.31 на состояние, сохранность и урожай смородины черной сорта Вологда. Закладка весна 2017 г. (данные 2024 г.)

Показатели		Варианты III опыта	
		<i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31	Контроль
Сохранность, %		100	100
Состояние, балл		5,0	4,0
Урожай, кг/куст	2018 г.	0	0
	2019 г.	0,6	0,4
	2020 г.	0,45	0,1
	2021 г.	0,4	0,2
	2022 г.	0,7	0,5
	2023 г.	1,9	0,5
	2024 г.	1,8	1,0
Сумма урожая		5,85	2,7

В течение первых лет после посадки (2018-2020 гг.) различия в продуктивности были умеренными (0,4-0,6 кг/куст в опыте против 0,1-0,4 кг/куст в контроле). Начиная с 2022 г. различия стали более выраженными: урожайность в варианте с обработкой штаммом Chl.31 достигала 0,7 кг/куст против 0,5 кг/куст в контроле, а в 2023-2024 гг. – 1,8-1,9 кг/куст против 0,5-1,0 кг/куст, соответственно. Суммарный урожай за период с 2018 по 2024 гг. в опытном варианте составил 5,85 кг/куст, что более чем в два раза превысило результаты контроля (2,7 кг/куст).

Параллельно была произведена идентификация бактериального изолята *Bacillus* sp. штамм Chl.31. Для идентификации был применен метод масс-спектрометрии MALDI-TOF. Как известно, каждый вид микроорганизмов имеет уникальный «спектральный отпечаток» белков, который сравнивается с эталонной библиотекой. Такой подход обеспечивает быструю, высокоточную и воспроизводимую идентификацию бактерий без необходимости применения сложных биохимических тестов или секвенирования, поскольку для большинства бактерий метод MALDI-TOF позволяет различать даже близкородственные виды, что трудно сделать по биохимическим тестам или даже по 16S рРНК (при которой идентичность может достигать 99 %).

В данном исследовании штамм *Bacillus* sp. штамм Chl.31 идентифицирован как *Bacillus pumilus* с сохранением для него прежнего номера Chl.31.

В итоге применение штамма *B. pumilus* штамм Chl.31 обеспечило не только сохранение жизнеспособности растений, но и существенный рост их продуктивности в условиях карбонатных и засоленных почв.

Результаты полевых исследований показали, что использование биофунгицидов на основе штаммов *Trichoderma* и *Bacillus* оказывает существенное влияние на приживаемость, сохранность и продуктивность смородины черной.

В опытах с закладкой в 2016 г. отмечено неблагоприятное влияние условий роста растений, обусловленное карбонатными почвами с высоким pH (свыше 8,0) и повышенным содержанием солей, в частности, сульфатов и хлоридов (табл. 2). Эти факты способствовали развитию выраженного хлороза (до 5 баллов) и снижению урожайности, вплоть до гибели 50 % растений к 2023-2024 гг. Тем не менее, даже в этих условиях применение биофунгицидов позволило частично сохранить продуктивность. Так, наибольшая суммарная урожайность за 2023-2024 гг. была получена при использовании препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст, 43,9 ц/га), что почти в два раза превышало показатели контроля. Аналогично, препараты

Триходерма Вериде и Чистофлор Био продемонстрировали умеренное положительное действие на сохранность растений и продуктивность.

В посадках 2017 г. картина оказалась значительно более благоприятной. Здесь биофунгициды обеспечили как лучшую приживаемость, так и высокую урожайность. Особенно выделялся препарат Чистофлор Био на основе *Bacillus subtilis*, при действии которого сохранность достигала 100 %, а суммарная урожайность составила (2,7 кг/куст, 89,1 ц/га), что более чем в три раза выше контрольных значений. Высокие показатели также наблюдали при использовании препаратов Бактофит СП и Триходерма Вериде (2,8-2,9 кг/куст). Это указывает на то, что биопрепараты способны смягчить стрессовые эффекты почвенных условий и повысить устойчивость растений в длительной перспективе.

Особого внимания заслуживает опыт с использованием изолята живых бактерий штамма Chl.31, идентифицированного методом MALDI-TOF, как *Bacillus pumilus*. Его применение обеспечило сохранность 100 % растений и привело к увеличению суммарного урожая за 2018-2024 гг. до 5,85 кг/куст, что более чем в два раза выше контроля (2,7 кг/куст). При этом разница в урожайности особенно заметно проявилась в 2023-2024 гг., когда обработанные растения давали почти в два раза больше плодов. Это свидетельствует о высокой адаптивности штамма и его выраженном биостимулирующем эффекте в условиях засоленных и карбонатных почв.

В качестве аргумента в пользу применения бактерий рода *Bacillus* можно привести данные, представленные в обзорах [14-16], в которых отмечена их способность повышать устойчивость сельскохозяйственных культур к многочисленным абиотическим и биотическим стрессам.

Известно, что бактерии рода *Bacillus* подавляют рост патогенных микробов в почве и/или в тканях растений, а также пагубно влияют на патогены растений, продуцируя широкий спектр ферментов, белков и небольших биоактивных вторичных метаболитов, участвующих в конкуренции за пространство и питательные вещества, а также в стимулировании защиты растения-хозяина. Метаболическое и генетическое разнообразие бактерий рода *Bacillus* позволяет адаптироваться к различным условиям окружающей среды. Такая гибкая приспособляемость к окружающей среде делает их подходящими кандидатами для биологического контроля [17].

Перспективность использования штаммов *B. pumilus* в настоящее время активно обсуждается. Так, *B. pumilus* известен как источник антибиотических соединений и индуктор системной устойчивости растений [18]. Роль бактерий данного вида в повышении толерантности культур к абиотическим стрессам (засоление, засуха) и улучшение фитосанитарного состояния почвы делает их привлекательными для интеграции в системы биологической защиты смородины и других ягодных культур [19].

Выводы

Таким образом, результаты в комплексе подтверждают эффективность ряда штаммов *Bacillus* и *Trichoderma* в условиях стрессовых почв Оренбургской области. Особенно перспективным для практического использования представляется штамм *Bacillus pumilus* Chl.31, который сочетает биозащитное и ростостимулирующее действие. Учитывая его устойчивость и выраженное влияние на урожайность, данный штамм может рассматриваться как основа для разработки новых биопрепаратов, адаптированных к условиям черноземов с высоким pH и засолением.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИС УрО РАН по теме «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» (№ ГР АААА-А21-

121011190016-1) и ИКВС УрО РАН по теме «Исследование симбиотических систем про- и эукариот в биологии и медицине» (№ 122020100106-5).

Список литературы

1. Помология. Т. IV. Смородина. Крыжовник / Под ред. Е.Н. Седова. Орёл: ВНИИСПК, 2009. 468 с.
2. Сазонов Ф.Ф., Луцко В.П. Достижения и перспективы селекции черной смородины на Кокинском опорном пункте ФГБНУ ВСТИСП // Сборник научных трудов ГНБС. 2019. Т. 148. С. 217-227. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.23.
3. Мяснищева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3. С. 36-40.
4. Доронина А.Ю., Терехина Н.В. *Ribes nigrum* L. – Смородина черная // Проект «Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения». Основные сельскохозяйственные культуры. [Интернет-версия 2.0] (2013). URL: https://agroAtlas.ru/ru/content/cultural/Ribes_nigrum_K/ (дата обращения: 23.07.2024).
5. Князев С.Д., Зарубин А.Н., Андрианова А.Ю. Динамика обновления и направления совершенствования сортимента черной смородины в России // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (36). С. 72-77.
6. Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах, 2008-2025. Производство фруктов и ягод в России и странах мира. URL: <https://refru.ru/gardening.html> (дата обращения: 30.05.2025).
7. Гасымов Ф.М., Кутенева И.Е. Устойчивость сортов смородины черной к болезням в условиях Южного Урала // Современное садоводство. 2022. № 2. С. 1-10. DOI: 10.24411/23126701_2022_0201.
8. Сухова Е.А., Головин С.Е., Горбунова О.С., Немцева Н.В., Савин Е.З. Чувствительность различных видов и сортов смородины к трахеомикозам // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 7 (195). С. 85-91.
9. Выборнова М.В., Полунина Т.С., Лаврионова В.А. Микробиота ягод смородины // Научные труды СКФНЦСВВ. 2020. Т. 29. С. 122-126. DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-122-126.
10. Сидорова О.С. Микробиологический анализ образцов черной смородины (*Ribes nigrum* L.) // Universum: химия и биология: электрон. науч. журн. 2017. № 8 (38). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5049> (дата обращения: 04.03.2024).
11. Petkovšek M., Slatnar M., Schmitzer A., Štampar V., Veberič F., Darinka R., Darinka K. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot // Scientia horticulturae. 2013. Vol. 150. P. 399-409. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.038.
12. Савин Е.З., Немцева Н.В., Березина Т.В. Мониторинг роста саженцев черной смородины в условиях биоконтроля фитопатогенов различными биопрепаратами // Проблемы региональной экологии. 2024. № 2. С. 17-25. DOI: 10.24412/1728-323X-2024-2-17-25.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
14. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Potential use of *Bacillus* spp. as an effective biostimulant against abiotic stresses in crops – A review // Current Research in Biotechnology. 2023. Vol. 5. P. 100128. DOI: 10.1016/j.crbiot.2023.100128.
15. Максимов И.В., Сингх Б.П., Черепанова Е.А., Бурханова Г.Ф., Хайруллин Р. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 1. С. 19-34. DOI: 10.31857/S0555109920010134.
16. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика

(обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

17. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Biocontrol of plant diseases by *Bacillus* spp. // Physiological and Molecular Plant Pathology. 2023. Vol. 126. P. 102048.

18. Dobrzyński J., Jakubowska Z., Dybek B. Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth // Front Microbiol. 2022. Vol. 13: 1069053. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1069053.

19. Abd-El-Kareem F., Elshahawy I.E., Abd-Elgawad M.M.M. Application of *Bacillus pumilus* isolates for management of black rot disease in strawberry // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2021. Vol. 31(1). P. 25. DOI: 10.1186/s41938-021-00371-z.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 11.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

USE OF BIOFUNGICIDES AGAINST MYCOTIC WILT OF BLACK CURRANT (*RIBES NIGRUM* L.)

E. Savin¹, *N. Nemtseva², **T. Berezina¹, ***T. Churilina³

¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

²Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

³Orenburg State Agrarian University, Russia, Orenburg

e-mail: *nvnemtseva@gmail.com, **gaevskayatatyana@mail.ru, ***tachuna@mail.ru

The cultivation of black currant in the Southern Urals is accompanied by a number of agroecological restrictions. In recent years, damage from phytopathogenic fungi – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp. has been noted, causing wilting and massive crop failures. In the study, biological preparations such as Trichoderma Veride, Alirin B, Bactofit SP, Chistoflor Bio, as well as a culture of live microorganisms of the *Bacillus pumilus* Chl.31 strain were used to combat phytopathogens. Experiments were conducted in autumn 2016 and 2017 near Orenburg. The black currant *Vologda* variety was used as an object. In 2016, the highest yields were obtained with the use of Bactofit SP (2.4 kg/bush; 43.9 kg/ha), and Trichoderma Veride (1.9 kg/bush; 31.3 kg/ha). In 2017, high yields were achieved using Chistoflor Bio (2.7 kg/bush; 89.1 c/ha). High results were also observed in variants with Bactofit SP (2.9 kg/bush; 76.5 kg/ha) and Trichoderma Veride (2.8 kg/bush; 64.7 kg/ha). The control plants had completely dropped out of the experiment by 2024. In a separate experiment conducted in the spring of 2017, the effect of a suspension of living cells of *B. pumilus* Chl.31 was studied. The total yield for the period from 2018 to 2024 in the experimental version was 5.85 kg/bush, which was more than twice the control results (2.7 kg/bush). Thus, combined results confirm the effectiveness of a number of *Bacillus* and *Trichoderma* strains in the Orenburg region. The strain *B. pumilus* Chl.31, which combines bioprotective and growth-stimulating effects, is particularly promising for practical application.

Key words: black currant, phytopathogens, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, biologics, biofungicides, *Bacillus*, *Trichoderma*.

References

1. Pomologiya. T. IV. Smorodina. Kryzhovnik. Pod red. E.N. Sedova. Orel: VNIISPK, 2009. 468 s.
2. Sazonov F.F., Lushcheko V.P. Dostizheniya i perspektivy selektsii chernoi smorodiny na Kokinskom opornom punkte FGBNU VSTISP. Sbornik nauchnykh trudov GNBS. 2019. T. 148. S. 217-227. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.23.
3. Myasishcheva N.V., Artemova E.N. Izuchenie biologicheskii aktivnykh veshchestv yagod chernoi smorodiny v protsesse khraneniya. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2013. № 3. S. 36-40.
4. Doronina A.YU., Terekhina N.V. Ribes nigrum L. – Smorodina Chernaya. Proekt "Agroekologicheskii atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheskii znachimye rasteniya, ikh bolezni, vrediteli i sornye rasteniya". Osnovnye sel'skokhozyaistvennye kul'tury. [Internet-versiya 2.0] (2013). URL: https://agroatlas.ru/ru/content/cultural/Ribes_nigrum_K/ (data obrashcheniya: 23.07.2024).
5. Knyazev S.D., Zarubin A.N., Andrianova A.Yu. Dinamika obnovleniya i napravleniya sovershenstvovaniya sortimenta chernoi smorodiny v Rossii. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. N 3 (36). S. 72-77.
6. Kalabekov I.G. Rossiiskie reformy v tsifrakh i faktakh, 2008-2025. Proizvodstvo fruktoy i yagod v Rossii i stranakh mira. URL: <https://refru.ru/gardering.html> (data obrashcheniya: 30.05.2025).
7. Gasyimov F.M., Kuteneva I.E. Ustoichivost' sortov smorodiny chernoi k boleznyam v usloviyakh Yuzhnogo Urala. Sovremennoe sadovodstvo. 2022. N 2. S. 1-10. DOI: 10.24411/23126701_2022_0201.
8. Sukhova E.A., Golovin S.E., Gorbunova O.S., Nemtseva N.V., Savin E.Z. Chuvstvitel'nost' razlichnykh vidov i sortov smorodiny k trakheomikozam. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. N 7 (195). S. 85-91.
9. Vybornova M.V., Polunina T.S., Lavrionova V.A. Mikrobiota yagod smorodiny. Nauchnye trudy SKFNTSSVV. 2020. T. 29. S. 122-126. DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-122-126.
10. Sidorova O.S. Mikrobiologicheskii analiz obraztsov chernoi smorodiny (*Ribes nigrum* L.). Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauch. zhurn. 2017. N 8 (38). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5049> (data obrashcheniya: 04.03.2024).
11. Petkovšek M., Slatnar M., Schmitzer A., Štampar V., Veberič F., Darinka R., Darinka K. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. Scientia horticulturae. 2013. Vol. 150. P. 399-409. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.038.
12. Savin E.Z., Nemtseva N.V., Berezina T.V. Monitoring rosta sazhentsev chernoi smorodiny v usloviyakh biokontrolya fitopatogenov razlichnymi biopreparatami. Problemy regional'noi ekologii. 2024. N 2. S. 17-25. DOI: 10.24412/1728-323X-2024-2-17-25.
13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Pod obshch. red. E.N. Sedova, T.P. Ogol'tsovoi. Orel: VNIISPK, 1999. 606 s.
14. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Potential use of *Bacillus* spp. as an effective biostimulant against abiotic stresses in crops – A review. Current Research in Biotechnology. 2023. Vol. 5. P. 100128. DOI: 10.1016/j.crbiot.2023.100128.
15. Maksimov I.V., Singkh B.P., Cherepanova E.A., Burkhanova G.F., Khairullin R. Perspektivy primeneniya bakterii – produtsentov lipopeptidov dlya zashchity rastenii (obzor). Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2020. T. 56. N 1. S. 19-34. DOI: 10.31857/S0555109920010134.
16. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Mikrobiologicheskaya zashchita rastenii v tekhnologiyakh fitosanitarnoi optimizatsii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55. N 3. S. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
17. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Biocontrol of plant diseases by *Bacillus* spp. Physiological and Molecular Plant Pathology. 2023. Vol. 126. P. 102048.

18. Dobrzyński J., Jakubowska Z., Dybek B. Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13: 1069053. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1069053.

19. Abd-El-Kareem F., Elshahawy I.E., Abd-Elgawad M.M.M. Application of *Bacillus pumilus* isolates for management of black rot disease in strawberry. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 2021. Vol. 31 (1). P. 25. DOI: 10.1186/s41938-021-00371-z.

Сведения об авторах:

Савин Евгений Захарович

Д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-2974-5175

Savin Evgenij

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Landscape Ecology, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Немцева Наталия Вячеславовна

Д.м.н., профессор, Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-6458-9171

Nemtseva Natalia

Doctor of Medical Sciences, Professor, Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Березина Татьяна Владимировна

К.б.н., старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-3528-0263

Berezina Tatyana

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Чурилина Татьяна Николаевна

К.б.н., доцент кафедры земледелия, биозологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет

ORCID 0009-0001-1438-7176

Churilina Tatiana

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University

Для цитирования: Савин Е.З., Немцева Н.В., Березина Т.В., Чурилина Т.Н. Использование биофунгицидов против микозного увядания смородины черной (*Ribes nigrum* L.) // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 170-180. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-170-180