

Научная статья/Research Article

УДК 579.64; 632.3.01/08; 632.4.01/08

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-209-218

Татьяна Викторовна Першакова¹, Мария Владимировна Бабакина^{2✉},
Мария Владимировна Самойленко³, Анна Анатольевна Тягущева⁴

^{1,2,3,4}Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

¹17999997@inbox.ru

²wuhdz@mail.ru

³marimanro13@yandex.ru

⁴777any777@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШТАММОВ *B. SUBTILIS* И *TR. HARZIANUM* И ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ – ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАНИЙ КАБАЧКОВ

Цель исследования – выявление эффективных видов и форм применения микроорганизмов-антагонистов для предотвращения развития характерных заболеваний, вызывающих порчу кабачков, для их дальнейшего применения при разработке технологий биологического контроля. Задачи: изучить состав филлосферы и фитопатогенных микроорганизмов на ней, вызывающих заболевания кабачков; установить свойства микроорганизмов-антагонистов *B. subtilis* штамм ИПМ 215, *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР, *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР по отношению к возбудителям характерных бактериальных и грибковых заболеваний кабачков – *Alternaria radicina*, *Fusarium culmorum* и *Pectobacterium carotovora*. Объекты исследования – кабачки Марселла F1, СА7585, Даша F1, Невира F1, Ясна F1, Донья Перфекта F1, выращенные в 2022 г. в Краснодарском крае (Темрюкский район, ИП Ерохин); микроорганизмы-антагонисты *B. subtilis* штамм ИПМ 215, *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР, *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР; плесневые грибы *Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum* и бактерия *Pectobacterium carotovora*. Установлено, что обработка культуральной жидкостью (КЖ) *B. subtilis* штамм ИПМ 215 принудительно зараженных дисков кабачков позволяет снизить поражение в среднем на 15–35 % в сравнении с контрольными образцами; обработка КЖ *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР – на 25–65 %; обработка КЖ *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР – на 65–80 %. Можно утверждать, что использование КЖ клеток плесневых грибов *Tr. harzianum* штамм Г 30 ВИЗР является перспективным для дальнейших исследований по хранению различных овощей.

Ключевые слова: биотехнологии, микрофлора, кабачки, хранение, антагонистическая активность, микробиальная порча

Для цитирования: Исследование взаимодействия штаммов *B.subtilis* и *Tr.harzianum* и патогенных микроорганизмов – возбудителей заболеваний кабачков / Т.В. Першакова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 209–218. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-209-218.

Tatiana Viktorovna Pershakova¹, Maria Vladimirovna Babakina^{2✉}, Maria Vladimirovna Samoilenko³,
Anna Anatolyevna Tyagushcheva⁴

^{1,2,3,4}Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

¹17999997@inbox.ru

²wuhdz@mail.ru

³marimanro13@yandex.ru

⁴777any777@mail.ru

STUDY OF *B. SUBTILIS* AND *TR. HARZIANUM* STRAINS INTERACTION AND PATHOGENIC MICROORGANISMS OF ZUCCHINI DISEASES

The purpose of the study is to identify effective types and forms of application of antagonist microorganisms to prevent the development of characteristic diseases that cause spoilage of zucchini, for their further use in the development of biological control technologies. Tasks: to study the composition of the phyllosphere and phytopathogenic microorganisms on it, causing diseases of zucchini; to establish the properties of antagonist microorganisms of *B. subtilis* strain IPM 215, *B. subtilis* strain M-22 VIZR, *Trichoderma harzianum* strain G 30 VIZR in relation to the causative agents of characteristic bacterial and fungal diseases of zucchini – *Alternaria radicina*, *Fusarium culmorum* and *Pectobacterium carotovora*. The objects of the study are zucchini Marsella F1, CA7585, Dasha F1, Nevira F1, Yasna F1, Donya Perfecta F1, grown in 2022 in the Krasnodar Region (Temryuisky District, IP Erokhin); antagonist microorganisms *B. subtilis* strain IPM 215, *B. subtilis* strain M-22 VIZR, *Trichoderma harzianum* strain G 30 VIZR; the mold fungi *Alternaria radicina* and *Fusarium culmorum* and the bacterium *Pectobacterium carotovora*. It has been established that the treatment with culture fluid (CL) of *B. subtilis* strain IPM 215 of forcibly infected squash discs reduces the damage by an average of 15–35 % compared with control samples; treatment of QOL with *B. subtilis* strain M-22 VIZR by 25–65 %; treatment of QOL *Trichoderma harzianum* strain G 30 VIZR – by 65–80 %. It can be argued that the use of CL of mold cells *Tr. harzianum* strain G 30 VIZR is promising for further research on the storage of various vegetables.

Keywords: biotechnology, microflora, zucchini, storage, antagonistic activity, microbial spoilage

For citation: Study of *B.subtilis* and *Tr.harzianum* strains interaction and pathogenic microorganisms of zucchini diseases / T.V. Pershakova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(7): 209–218. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-209-218.

Введение. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН – Food and Agriculture Organization (FAO), потери, связанные с заболеваниями и снижением качества сельскохозяйственной продукции в процессе хранения, составляют 30–40 %. Согласно данным за 2021 г., экономические потери от заболеваний продукции растениеводства превышают 220 млрд долларов США в год [1]. Опасность заболеваний сельскохозяйственных культур выражается не только в гибели растений или потерях урожая, но и в снижении его качества из-за загрязнения сельскохозяйственной продукции токсинами бактериального и грибного происхождения.

Кабачки – популярная овощная культура, отличающаяся ранним формированием урожая, ценными диетическими свойствами при высокой урожайности и являющаяся неотъемлемой составляющей рационов питания населения Российской Федерации. Кроме того, кабачки в значительных количествах используются в перерабатывающей промышленности.

Потери выращенных кабачков на стадиях их сортирования, транспортирования, хранения и реализации составляют в среднем 35–40 %.

Причиной потерь чаще всего является микробиологическая порча, для предотвращения которой необходимо учитывать ряд факторов: адаптацию возбудителей микробиологических заболеваний к традиционным средствам защиты, увеличение их активности, расширение видовой структуры и ареала; различный характер взаимодействия штаммов-продуцентов биологических препаратов и патогенных микроорганизмов в зависимости от вида растительного объекта в процессе хранения; снижение адаптивного потенциала объектов хранения к воздействию патогенных микроорганизмов филлосферы [2].

В связи с этим актуально исследование процессов развития и взаимодействия штаммов-продуцентов известных биологических препаратов и патогенных микроорганизмов (бактериальной и грибковой природы), обеспечивающих снижение потерь от микробиологической порчи овощей для совершенствования существ-

вующих и разработки новых технологий хранения.

Цель исследования – выявление эффективных видов и форм применения микроорганизмов-антагонистов для предотвращения развития характерных заболеваний, вызывающих порчу кабачков, для их дальнейшего применения при разработке технологий биологического контроля.

Задачи: сравнить обсемененность филлосферы кабачков различных сортов, выращенных в Темрюкском районе Краснодарского края, характерными группами патогенной микрофлоры; установить свойства известных микроорганизмов-антагонистов *B. subtilis* штамм ИПМ 215, *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР, *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР по отношению к распространенным фитопатогенам.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись кабачки Марселла F1, СА7585, Даша F1, Невира F1, Ясна F1, Донья Перфекта F1, выращенные в 2022 г. в Краснодарском крае (Темрюкский район, ИП Ерохин); микроорганизмы-антагонисты *B. subtilis* штамм ИПМ 215, *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР, *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР; плесневые грибы *Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum* и бактерия *Pectobacterium carotovora*.

Микробиологические исследования проводились в соответствии со стандартами [3–7] и по методикам, разработанным авторами. Фитопатологические исследования проводили с использованием методов визуальной диагностики, биометрии и микроскопии с помощью микроскопа Axioimager Z2.

При исследовании свойств микроорганизмов-антагонистов к возбудителям бактериальных и грибковых заболеваний кабачков в качестве тестовых микроорганизмов-антагонистов были подобраны культуры бактерий рода *Bacillus* и почвенного гриба рода *Trichoderma*: бактерии *Bacillus subtilis* штамм ИПМ 215 и штамм М-22 ВИЗР, гриб *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР [8–12].

Идентификация культур проводилась с помощью стандартных определителей и вспомогательной литературы [13–21].

Проверку антагонистических свойств выбранных культур проводили по отношению к основным установленным возбудителям бактериальных и грибковых заболеваний кабачков. Для предотвращения перезаселения плодов микроорганизмами-антагонистами был выбран способ обработки искусственно зараженных кабачков культуральной жидкостью (КЖ) исследуемых микроорганизмов-антагонистов.

Для проведения исследований микроорганизмы-антагонисты выращивались на жидкой питательной среде МПБ в течение 48 ч при температуре 27 ± 1 °С, затем клетки микроорганизмов вместе с питательной средой центрифугировали в течение 10 мин при 5000 об/мин для их осаждения. Далее отбирали кабачки без видимых поражений, промывали водопроводной водой и нарезали ломтиками толщиной 5–7 мм; ломтики кабачков дважды промывали в этиловом спирте, затем в стерильной воде. В каждую стерильную чашку Петри на фильтровальную бумагу помещали ломтик кабачков. Для принудительного заражения использовали плесневые грибы *Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum* и бактерию *Pectobacterium carotovora*. Культуральную жидкость микроорганизмов-антагонистов и суспензию микроорганизмов-патогенов вносили по 1 капле. Эксперимент проводился в трехкратной повторности. Контроль активности культур-антагонистов в отношении фитопатогенов производили через 7 и 14 дней хранения при температуре 23 ± 2 °С, определяли поражение поверхности дисков кабачков.

Результаты и их обсуждение. Поскольку каждый из органов растений представляет особую эконишу по отношению к распространенным на нем микроорганизмам, определяли микрофлору с поверхности филлосферы, а именно с филлоплана (поверхности листьев) и карпосферы (поверхность плодов) [2]. Был проведен количественный подсчет и анализ состава микробных сообществ филлосферы кабачков (табл. 1).

Сравнение обсемененности филлосферы кабачков различных сортов, выращенных в Темрюкском районе Краснодарского края

Сорт	Количество микроорганизмов, КОЕ/г					
	Микроорганизмы филлоплана			Микроорганизмы карпосферы		
	МАФАНМ	Дрожжи	Плесени	МАФАНМ	Дрожжи	Плесени
СА7585	$9 \cdot 10^2$	$12 \cdot 10^2$	$85 \cdot 10^2$	$41 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^2$	$32 \cdot 10^2$
Даша F1	$12 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^2$	$19 \cdot 10^3$	$31 \cdot 10^2$	$10 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^3$
Невира F1	$2 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^2$	$29 \cdot 10^2$	$32 \cdot 10^2$	$9 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^3$
Ясна F1	$5 \cdot 10^2$	$9 \cdot 10^2$	$54 \cdot 10^2$	$27 \cdot 10^2$	$10 \cdot 10^2$	$27 \cdot 10^2$
Донья Перфекта F1	$6 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^2$	$47 \cdot 10^2$	$43 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10^2$	$10 \cdot 10^3$
Марселла F1	$15 \cdot 10^3$	$22 \cdot 10^2$	$20 \cdot 10^3$	$59 \cdot 10^2$	$12 \cdot 10^2$	$13 \cdot 10^3$

На основании исследований было установлено, что сорта Даша F1, Невира F1, Донья Перфекта F1 и Марселла F1 в большей степени подвержены патогенным плесневым и бактериальным заболеваниям. У сортов Даша F1 и Марселла F1 плесневыми микроорганизмами поражаются и листья, и плоды, у сорта Невира F1 и Донья Перфекта F1 – плоды.

Сорта СА7585 и Ясна F1 подвержены плесневым и бактериальным заболеваниям в меньшей степени, листья при этом поражены в большей степени плесневыми микроорганизмами, плоды – бактериальными.

Можно также отметить, что сорт Ясна F1 был поражен фитопатогенными микроорганизмами меньше других, а сорт Марселла F1 оказался наиболее уязвимым к поражению патогенными микроорганизмами.

На исследуемых частях растений всех сортов обнаружено 2 постоянно присутствующих вида плесневых микроорганизмов – *Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum*. Они известны как потенциальные производители микотоксинов, являющихся биологическими контаминантами (природными загрязнителями) [22–26].

Наиболее распространенный вид патогенной бактерии на всех исследуемых сортах – *Pectobacterium (Erwinia) carotovorum sub sp.* (визуально проявляется в виде прозрачных пятен и потрескавшейся кожицы).

Для изучения влияния различных микроорганизмов-антагонистов на фитопатогены, вызывающие заболевания кабачков, использовались микроорганизмы-антагонисты: *B. subtilis* штамм ИПМ 215; *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР; *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР.

Известно, что штаммы-антагонисты образуют при культивировании зоны подавления роста и развития культур патогенов, выделяя в среду вещества, ингибирующие развитие конкурирующих с ними патогенов. Подавление роста обусловлено продуцированием антагонистами продуктов обмена в виде перекиси водорода, летучих кислот, эфиров, ферментов, антибиотиков, сидерофоров и других биологически активных соединений, действующих на биологические объекты, в частности на фитопатогены [27–32].

Проверку антагонистических свойств выбранных культур проводили на кабачках сорта Марселла F1 по отношению к основным возбудителям бактериальных (*Pectobacterium carotovora*) и грибковых (*Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum*) заболеваний кабачков (табл. 2).

Диски кабачков, принудительно зараженные и обработанные КЖ микроорганизмов-антагонистов и без обработки, через 14 дней хранения при температуре 23 ± 2 °С представлены на рисунке 1.

Активность культур-антагонистов в отношении фитопатогенов кабачков

Вариант опыта		Поражение поверхности диска, %	
		Срок хранения	
Обработка КЖ антагонистов	Инфицирование	7 сут	14 сут
Контроль (без заражения)	Контроль (без инфицирования)	50,0	85,0
<i>B. subtilis</i> штамм ИПМ 215	<i>Pectobacterium carotovora</i>	35,0	50,0
<i>B. subtilis</i> штамм ИПМ 215	<i>Alternaria radicina</i>	45,0	70,0
<i>B. subtilis</i> штамм ИПМ 215	<i>Fusarium culmorum</i>	40,0	70,0
<i>B. subtilis</i> штамм М-22 ВИЗР	<i>Pectobacterium carotovora</i>	12,0	20,0
<i>B. subtilis</i> штамм М-22 ВИЗР	<i>Alternaria radicina</i>	35,0	60,0
<i>B. subtilis</i> штамм М-22 ВИЗР	<i>Fusarium culmorum</i>	20,0	50,0
<i>Trichoderma harzianum</i> штамм Г 30 ВИЗР	<i>Pectobacterium carotovora</i>	2,0	5,0
<i>Trichoderma harzianum</i> штамм Г 30 ВИЗР	<i>Alternaria radicina</i>	10,0	20,0
<i>Trichoderma harzianum</i> штамм Г 30 ВИЗР	<i>Fusarium culmorum</i>	2,0	10,0

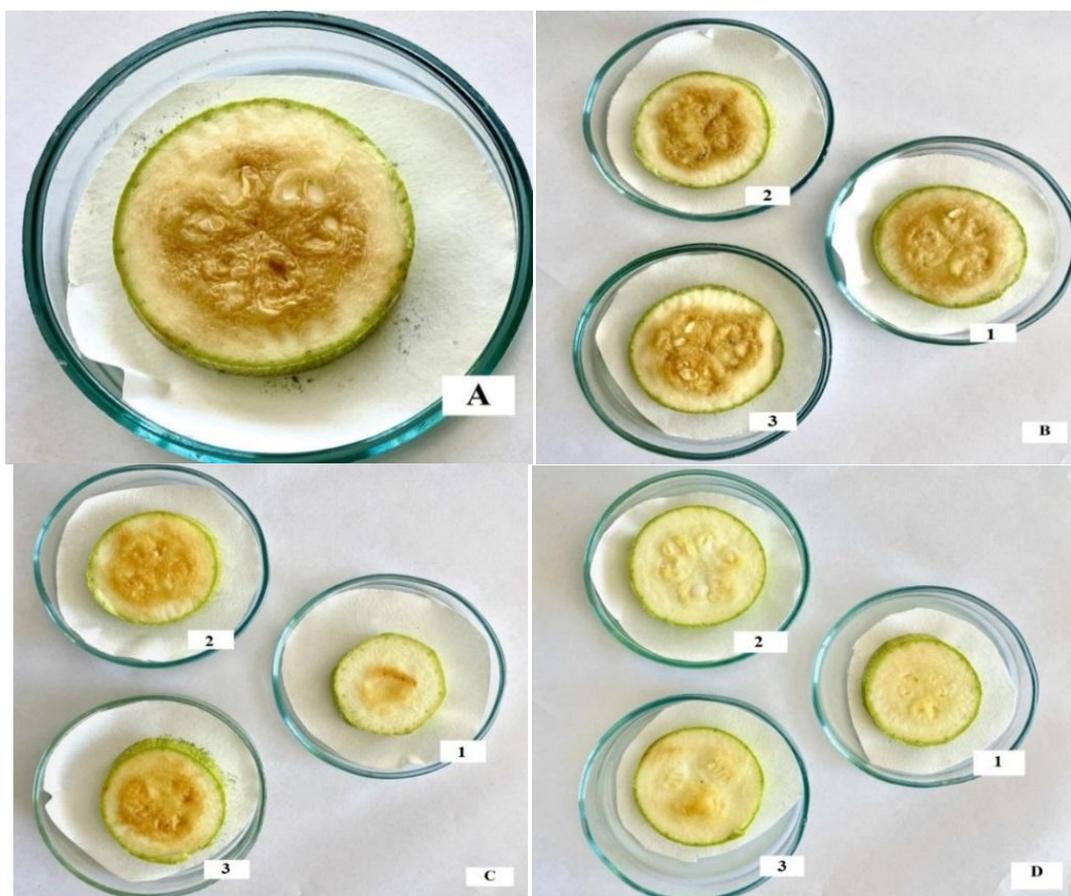


Рис. 1. Активность культур-антагонистов в отношении фитопатогенов после 14 сут культивирования: А – контроль (без обработки КЖ микроорганизмов-антагонистов); В – обработка КЖ *B. subtilis* штамм ИПМ 215; С – обработка КЖ *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР; D – обработка КЖ *Tr. harzianum* штамм Г 30 ВИЗР; 1 – с инфицированием *Pectobacterium carotovora*; 2 – с инфицированием *Fusarium culmorum*; 3 – с инфицированием *Alternaria radicina*

Образцы кабачков, не обработанных КЖ, и пространство на фильтровальной бумаге вокруг них через 14 сут были поражены неидентифицированными бактериями и плесенями с мицелием серо-зеленого цвета в среднем на 85 % (рис. 1, А).

В результате исследований наилучшие результаты показала обработка дисков кабачков КЖ *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР по отношению ко всем исследуемым фитопатогенам грибковой (*Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum*) и бактериальной природы (*Pectobacterium carotovora*).

Установленная эффективность биологического контроля фитопатогенов с использованием *Trichoderma spp.* обуславливается способностью триходермы к синтезу ряда вторичных метаболитов с высокой, установленной ранее проведенными исследованиями [33], антибиотической активностью (пептаболы, поликетиды и терпены).

На образцах кабачков, обработанных КЖ *B. subtilis* штамм ИПМ 215, уже на четвертые сутки хранения развились признаки порчи (размягчение и побурение поверхности образцов). Можно утверждать, что обработка кабачков КЖ *B. subtilis* штамм ИПМ 215 для защиты кабачков от фитопатогенов при хранении не является целесообразной.

Бактерии *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР проявляют незначительный антагонистический эффект по отношению к *Alternaria radicina* (рис. 1, С-3).

Заключение. Изучен состав филлосферы кабачков, выращенных в мае-июле 2022 г. в хозяйстве ИП «Ерохин Александр Александрович» (Темрюкский район, Краснодарский край). Установлено, что у разных сортов кабачков состав филлосферы изменяется мало. Отличия обнаруживаются в количественном соотношении между отдельными группами микроорганизмов, а не в их качественном составе. Характерными представителями микрофлоры кабачков, выращиваемых в Темрюкском районе Краснодарского края, являются бактерии родов *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Clavibacter*, *Pectobacterium*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, дрожжи рода *Zygosaccharomyces*, плесневые грибы рода

Colletotrichum и грибы *Alternaria radicina* и *Fusarium culmorum*.

Изучено взаимодействие *B. subtilis* штамм ИПМ 215, *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР; *Tr. harzianum* штамм Г 30 ВИЗР и патогенных микроорганизмов *Alternaria radicina*, *Fusarium culmorum* и *Pectobacterium carotovora*. Установлено, что обработка КЖ *B. subtilis* штамм ИПМ 215 принудительно зараженных кабачков позволяет снизить поражение в среднем на 15–35 % в сравнении с контрольными образцами; обработка КЖ *B. subtilis* штамм М-22 ВИЗР – на 25–65 %; обработка КЖ *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР – на 65–80 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно предположить эффективность использования культуральной жидкости клеток плесневых грибов *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР для дальнейших исследований по разработке технологий хранения овощей.

Список источников

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. URL: <https://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode> (дата обращения: 02.02.2023).
2. Ерина Н.В., Коптеева Т.С. Микробные сообщества филлосферы некоторых растений семейства Grossulariaceae // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 110. С. 660–671.
3. ГОСТ 31904-2012. Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.
4. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
5. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введ. 01.01.1996. М.: Стандартинформ, 2010. 7 с.
6. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологи-

- ческих анализов. Введ. 01.07.1986. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.
7. ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов. Введ. 01.01.93. М.: Издательство стандартов, 1992. 8 с.
 8. *Sidorova T.M., Asaturova A.M., Khomyak A.I.* Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms // *Agricultural Biology*. 2018. V. 53. № 1. P. 29–37.
 9. Prospects for the use of bacteria – producers of lipopeptides for plant protection (review) / *I.V. Maksimov* [et al.] // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2020. V. 56. № 1. P. 19–34.
 10. Trichoderma: the “secrets” of a multitiered biocontrol agent / *M. Sood* [et al.] // *Plants (Basel)*. 2020. V. 9. № 6. Article № 762.
 11. Characterisation and antifungal activity of extracellular chitinase from a biocontrol fungus, *Trichoderma asperellum* PQ34 / *N.H. Loc* [et al.] // *Mycology*. 2019. V. 11. № 1. P. 38–48.
 12. Changes in peptaibol production of *Trichoderma* species during in vitro antagonistic interactions with fungal plant pathogens / *P.R. Tamandegani* [et al.] // *Biomolecules*. 2020. V. 10. № 5. Article № 730.
 13. Paul De Vos. *Systematic Bacteriology* / *M. Garrity George* [et al.] // Springer. 2009. Vol. 3. P. 1450.
 14. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition / Editor-in-Chief: John G. Holt. Williams and Wilkins, Baltimore, MD. 2009. P. 1450.
 15. *Srivastava S.* *Understanding Bacteria* / Springer Netherlands. 2014. P. 469.
 16. *Ившина И.Б., Криворучко А.В., Куюкина М.С.* Биоразнообразие и систематика микроорганизмов: учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 304 с.
 17. The identification of fatty acids in bacteria / *M.S. Da Costa* [et al.] // *Methods in Microbiology*. 2011. Vol. 38. P. 183–196.
 18. The all-species living tree project: a 16S rRNA-based phylogenetic tree of all sequenced type strains / *P. Yarza* [et al.] // *Systematic and Applied Microbiology*. 2008. Vol. 31. P. 241–250.
 19. *Заварзин Г.А.* Фенотипическая систематика бактерий. Пространство логических возможностей. М.: ЛЕНАНД, 2018. 152 с.
 20. Обобщенная база данных микробных геномов Объединенного института генома. URL: <https://img.jgi.doe.gov/cgi-bin/m/main.cgi> (дата обращения: 01.03.2023).
 21. *Лукашов В.В.* Молекулярная эволюция и филогенетический анализ. М., 2009. 256 с.
 22. Fungi of the genus *Fusarium* on wheat grain in Western Siberia / *E.Yu. Toropova* [et al.]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/griby-roda-fusarium-na-zerne-pshenicy-vzapadnoi-sibiri> (дата обращения: 05.02.2023).
 23. *Monastyrsky O.A.* Mycotoxins – a global problem of food and feed safety // *Agrochemistry*. 2016. № 6. P. 67–71.
 24. *Газкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Орина А.С.* Первое обнаружение гриба *Fusarium globosum* в микробиоте зерновых культур на территории Урала и Сибири // *Вестник защиты растений*. 2019. № 1 (99). С. 10–18.
 25. *Litovka Yu.A., Gromovkyh Yu.I.* Species composition and pathogenicity of fungi of the genus *Fusarium* on seedlings of coniferous species in forest nurseries of Central Siberia // *Mycology and Phytopathology*. 2008. V. 42. № 1. P. 35–42.
 26. *Аллахвердян В.В., Сидорова Т.М., Асатурова А.М.* Перспективные штаммы бактерий рода *Bacillus* в защите растений от возбудителей фузариоза и контаминации микотоксинами // *Юг России: экология, развитие*. 2022. № 2 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-shtammy-bakteriy-roda-bacillus-v-zaschite-rasteniy-ot-vozbuditeley-fuzarioza-i-kontaminatsii-mikotoksinami> (дата обращения: 01.03.2023).
 27. Review: Biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes / *F.B. Taher* [et al.] // *Toxicon*. 2019. Vol. 160. P. 12–22.
 28. *Семенов А.В.* Исследование роли чувствительных тест-культур в проявлении антагонизма бактериями-симбионтами человека // *Саратовский научно-мед. журнал*. 2011. № 2. С. 441–445.
 29. *Семенов А.В., Черкасов С.В.* Влияние ассоциативных микроорганизмов на антаго-

- нистическую активность бактерий // Вестник Новосибир. гос. ун-та. Сер. Биол. клин. мед. 2011. Т. 9, № 3. С. 20–26.
30. Семенов А.В. Антагонизм как результат межмикробных отношений // БОНЦ УрО РАН. 2013. № 1. С. 8.
 31. Optimization of laboratory cultivation conditions for the synthesis of antifungal metabolites by *Bacillus subtilis* strains / T.M. Sidorova [et al.] // Saudi journal of biological sciences. 2020. V. 27. Iss. 7. P. 1879–1885.
 32. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Аллахвердян В.В. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсигенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16 (4). С. 86–103.
 33. Trichoderma: the "secrets" of a multitiered biocontrol agent / M. Sood [et al.] // Plants (Basel). 2020. V. 9. № 6. Article № 762.
- References**
1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. URL: <https://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode> (data obrascheniya: 02.02.2023).
 2. Erina N.V., Kopteva T.S. Mikrobnye soobshchestva fillofery nekotoryh rastenij semeystva Grossulariaceae // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 110. S. 660–671.
 3. GOST 31904-2012. Produkty pischevye. Metody otbora prob dlya mikrobiologicheskikh ispytaniy. Vved. 01.07.2013. M.: Standartinform, 2014. 8 s.
 4. GOST 10444.12-2013. Mikrobiologiya pischevyh produktov i kormov dlya zhivotnyh. Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva drozhzhej i plesnevyyh gribov. Vved. 01.07.2015. M.: Standartinform, 2014. 12 s.
 5. GOST 10444.15-94. Produkty pischevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nyh a'erobnyh i fakultativno-ana'erobnyh mikroorganizmov. Vved. 01.01.1996. M.: Standartinform, 2010. 7 s.
 6. GOST 26669-85. Produkty pischevye i vkusovye. Podgotovka prob dlya mikrobiologicheskikh analizov. Vved. 01.07.1986. M.: Izd-vo standartov, 1986. 9 s.
 7. GOST 26670-91. Produkty pischevye. Metody kul'tivirovaniya mikroorganizmov. Vved. 01.01.93. M.: Izdatel'stvo standartov, 1992. 8 s.
 8. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Khomyak A.I. Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms // Agricultural Biology. 2018. V. 53. № 1. P. 29–37.
 9. Prospects for the use of bacteria - producers of lipopeptides for plant protection (review) / I.V. Maksimov [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. V. 56. № 1. P. 19–34.
 10. Trichoderma: the "secrets" of a multitiered biocontrol agent / M. Sood [et al.] // Plants (Basel). 2020. V. 9. № 6. Article № 762.
 11. Characterisation and antifungal activity of extracellular chitinase from a biocontrol fungus, *Trichoderma asperellum* PQ34 / N.H. Loc [et al.] // Mycology. 2019. V. 11. № 1. P. 38–48.
 12. Changes in peptaibol production of *Trichoderma* species during in vitro antagonistic interactions with fungal plant pathogens / P.R. Tamandegani [et al.] // Biomolecules. 2020. V. 10. № 5. Article № 730.
 13. Paul De Vos. Systematic Bacteriology / M. Garrity George [et al.] // Springer. 2009. Vol. 3. P. 1450.
 14. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition / Editor-in-Chief: John G. Holt. Williams and Wilkins, Baltimore, MD. 2009. P. 1450.
 15. Srivastava S. Understanding Bacteria / Springer Netherlands. 2014. P. 469.
 16. Ivshina I.B., Krivoruchko A.V., Kuyukina M.S. Bioraznoobrazie i sistematika mikroorganizmov: ucheb. posobie / Perm. gos. nac. issled. un-t. Perm', 2019. 304 s.
 17. The identification of fatty acids in bacteria / M.S. Da Costa [et al.] // Methods in Microbiology. 2011. Vol. 38. P. 183–196.
 18. The all-species living tree project: a 16S rRNA-based phylogenetic tree of all sequenced type strains / P. Yarza [et al.] // Systematic and Applied Microbiology. 2008. Vol. 31. P. 241–250.

19. Zavarzin G.A. Fenotipicheskaya sistematika bakterij. Prostranstvo logicheskikh vozmozhnostej. M.: LENAND, 2018. 152 s.
20. Obobschennaya baza dannyh mikrobnih genomov Ob`edinennogo instituta genoma. URL: <https://img.jgi.doe.gov/cgi-bin/m/main.cgi> (data obrascheniya: 01.03.2023).
21. Lukashov V.V. Molekulyarnaya `evolyuciya i filogeneticheskij analiz. M., 2009. 256 s.
22. Fungi of the genus *Fusarium* on wheat grain in Western Siberia / E.Yu. Toropova [et al.]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/griby-roda-fusarium-na-zerne-pshenicy-vzapadnoi-sibiri> (data obrascheniya: 05.02.2023).
23. Monastyrsky O.A. Mycotoxins - a global problem of food and feed safety // *Agrochemistry*. 2016. № 6. P. 67–71.
24. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P., Orina A.S. Pervoe obnaruzhenie griba *Fusarium globosum* v mikrobiote zernovyh kul'tur na territorii Urala i Sibiri // *Vestnik zaschity rastenij*. 2019. № 1 (99). S. 10–18.
25. Litovka Yu.A., Gromovykh Yu.I. Species composition and pathogenicity of fungi of the genus *Fusarium* on seedlings of coniferous species in forest nurseries of Central Siberia // *Mycology and Phytopathology*. 2008. V. 42. № 1. P. 35–42.
26. Allahverdyan V.V., Sidorova T.M., Asaturova A.M. Perspektivnye shtammy bakterij roda *Bacillus* v zaschite rastenij ot vozбудitelej fuzarioza i kontaminacii mikotoksinami // *Yug Rossii: `ekologiya, razvitie*. 2022. № 2 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-shtammy-bakteriy-roda-bacillus-v-zaschite-rasteniy-ot-vozbuditeley-fuzarioza-i-kontaminatsii-mikotoksinami> (data obrascheniya: 01.03.2023).
27. Review: Biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes / F.B. Taher [et al.] // *Toxicon*. 2019. Vol. 160. P. 12–22.
28. Semenov A.V. Issledovanie roli chuvstvitel'nyh test-kul'tur v proyavlenii antagonizma bakteriyami-simbiontami cheloveka // *Saratovskij nauchno-med. zhurnal*. 2011. № 2. S. 441–445.
29. Semenov A.V., Cherkasov S.V. Vliyanie associativnyh mikroorganizmov na antagonistskuyu aktivnost' bakterij // *Vestnik Novosib. gos. un-ta. Ser. Biol. klin. med*. 2011. T. 9, № 3. S. 20–26.
30. Semenov A.V. Antagonizm kak rezul'tat mezhmikrobnih otnoshenij // *BONC UrO RAN*. 2013. № 1. S. 8.
31. Optimization of laboratory cultivation conditions for the synthesis of antifungal metabolites by *Bacillus subtilis* strains / T.M. Sidorova [et al.] // *Saudi journal of biological sciences*. 2020. V. 27. Iss. 7. P. 1879–1885.
32. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Allahverdyan V.V. Osobennosti antagonizma bakterij roda *Bacillus* po otnosheniyu k toksinogennym gribam *Fusarium* pri zaschite rastenij ot bolezni i kontaminacii mikotoksinami (obzor) // *Yug Rossii: `ekologiya, razvitie*. 2021. T. 16 (4). S. 86–103.
33. Trichoderma: the "secrets" of a multitalented biocontrol agent / M. Sood [et al.] // *Plants (Basel)*. 2020. V. 9. № 6. Article № 762.

Статья принята к публикации 20.04.2023 / The article accepted for publication 20.04.2023.

Информация об авторах:

Татьяна Викторовна Першакова¹, ведущий научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, доктор технических наук, доцент

Мария Владимировна Бабакина², младший научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Мария Владимировна Самойленко³, младший научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Анна Анатольевна Тягуцева⁴, младший научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Information about the authors:

Tatiana Viktorovna Pershakova¹, Leading Researcher of the Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials, Doctor of Technical Sciences, Docent

Maria Vladimirovna Babakina², Junior Researcher, Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials

Maria Vladimirovna Samoilenko³, Junior Researcher, Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials

Anna Anatolyevna Tyagushcheva⁴, Junior Researcher, Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials

