



ЭКОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 99–109
Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 99–109
<https://ichbe.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-99-109>

Научная статья
УДК 579.8:[574.43:[633.14:632.7]]

Видовой состав микроорганизмов трофической цепи: озимая рожь – злаковая тля

А. С. Дымнич ✉, Е. В. Глинская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Дымнич Антонина Сергеевна, ассистент кафедры микробиологии и физиологии растений, dymnich_as@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8887-7135>

Глинская Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и физиологии растений, elenavg-2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1675-5438>

Аннотация. Статья посвящена изучению видовой состава микроорганизмов трофической цепи: злаковые растения – тля. Задачами исследования являлись определение видовой состава, индекса встречаемости и количественных показателей ассоциативных микроорганизмов растений ржи сорта «Марусенька» и обыкновенной злаковой тли. Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н. Г. Чернышевского. Объектом исследования являлись растения ржи (*Secale cereale* L., 1753) сорта «Марусенька», собранные на полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратов, Россия), в периоды фенологических фаз развития злаков (выход в трубку, колошение, созревание, молочная спелость) и насекомые-вредители (обыкновенная злаковая тля – *Schizaphis graminum* Rondani, 1852), собранные с растений в периоды колошения и созревания. Микробиологические исследования осуществляли стандартными методами. Исследовано 120 образцов стеблей, листьев и почвы, из которых выделено 48 штаммов бактерий, отнесенных к 13 родам и 24 видам. Из 20 образцов тлей выделено 14 штаммов бактерий, отнесенных к 3 родам и 8 видам. Обнаружены фитопатогенные микроорганизмы рода *Erwinia*, энтомопатогенные бактерии видов *Xenorhabdus luminescens* и *Bacillus thuringiensis*.

Ключевые слова: озимая рожь сорта «Марусенька», обыкновенная злаковая тля, микробные ассоциации, фитопатогенные микроорганизмы, энтомопатогенные микроорганизмы

Для цитирования: Дымнич А. С., Глинская Е. В. Видовой состав микроорганизмов трофической цепи: озимая рожь – злаковая тля // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 99–109. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-99-109>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Species composition of microorganisms of the trophic chain: Cereal plants – aphids

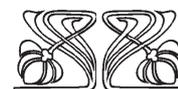
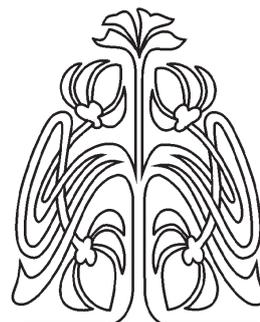
А. S. Dymnich ✉, E. V. Glinskaya

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

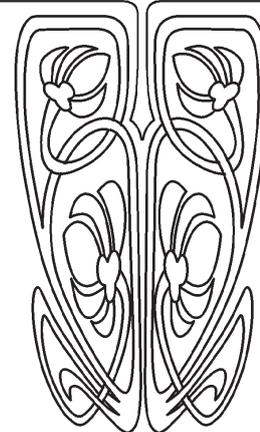
Antonina S. Dymnich, dymnich_as@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8887-7135>

Elena V. Glinskaya, elenavg-2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1675-5438>

© Дымнич А. С., Глинская Е. В., 2022



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





Annotation. The article is devoted to the study of the species composition of microorganisms of the trophic chain: cereal plants – aphids. The objectives of the study were to determine the species composition, occurrence index and quantitative indicators of associative microorganisms of rye plants of the “Marusenka” variety and common grass aphids. The work was carried out on the basis of the Department of Microbiology and Plant Physiology of N. G. Chernyshevsky SSU. The object of the study was rye plants (*Secale cereale* L., 1753) of the “Marusenka” variety, collected in the fields of the Federal State Budget Scientific Institution “FANC of the South-East” (Saratov, Russia), during the periods of phenological phases of cereal development (emergence into the tube, heading, ripening, milk ripeness) and insect pests (common cereal aphid – *Schizaphis graminum* Rondani, 1852) collected from plants during the periods of earing and maturation. Microbiological studies were carried out by standard methods. 120 samples of stems, leaves and soil were studied, from which 48 strains of bacteria were isolated, assigned to 13 genera and 24 species. From 20 aphid samples, 14 strains of bacteria were isolated, assigned to 3 genera and 8 species. Phytopathogenic microorganisms of the genus *Erwinia*, entomopathogenic bacteria of the species *Xenorhabdus luminescens* and *Bacillus thuringiensis* were found.

Keywords: winter rye variety “Marusenka”, common cereal aphid, microbial associations, phytopathogenic microorganisms, entomopathogenic microorganisms

For citation: Dymnich A. S., Glinskaya E. V. Species composition of microorganisms of the trophic chain: Cereal plants – aphids. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 99–109 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-99-109>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Рожь посевная (*Secale cereale* L., 1753) – вид травянистого растения, с мочковатой корневищной системой, полым и прямым стеблем, широколинейными и плоскими листьями. Стебель несет на верхушке соцветие сложный колос с удлиненными или овальными зернами. Относится к роду Рожь (*Secale*) семейства Мятликовые (Poaceae). Единственный вид культурной ржи, который широко распространен в мировой земледелии как важнейшая продовольственная и кормовая культура. Ее возделывают повсеместно. Лидерами по выращиванию ржи являются Германия, Россия и Польша. Вид объединяет более 40 разновидностей. Первоначально она рассматривалась как сорное растение, но при культивации в Европе приобрела самостоятельное значение ввиду особой стойкости к холодам. Существуют озимая и яровая формы ржи, причем урожайность озимой ржи выше, чем яровой [1, 2].

В России яровую рожь выращивают в Центральной Сибири, Якутии и Забайкалье. Поскольку рожь хорошо выдерживает заморозки, яровую рожь можно высевать очень рано, когда температура почвы поднимается до 1–2 °С. В России допущено к использованию около 49 сортов озимой ржи. К сортам ржи саратовской селекции относятся «Елисеевская», «Волжанка», «Солнышко», «Безенчукская желтозерная», «Памяти Бамбышева», «Марусенька», «Саратовская 1», «Саратовская 4», «Саратовская 6», «Саратовская 7», «Саратовская крупнозерная» и др. [3].

Изученный нами сорт «Марусенька» выведен в ФГБНУ «НИИСХ ЮгоВостока» (Саратов) методом непрерывного индивидуального отбора в 1995 г. из гибридных популяций и относится к степной экологической группе. По результатам пятилетнего изучения в конкурсном сортоиспытании при средней урожайности 36,4 ц с га превысил стандарт на 3,9 ц/га. Устойчивость

к полеганию 5 баллов. Даже в условиях 2003 г. при ливневых дождях и урагане полегание сорта не наблюдалось. Сорт «Марусенька» имеет более крупное и хорошо выполненное зерно. Масса 1000 зерен равна в среднем 43,2 г, а у стандарта 41,4 г. Сорт превосходит стандарт по массе и числу зерен с колоса, обладает высокими физическими и мукомольно-хлебопекарными качествами зерна и рекомендуется для возделывания в Нижневолжском, Средневолжском, Центрально-Черноземном регионах Российской Федерации. Высокоурожайный сорт интенсивного типа, хорошо адаптированный к различным почвенно-климатическим условиям России. Основное достоинство сорта – высокая урожайность в сочетании с хорошими технологическими качествами зерна [4–5].

Обыкновенная злаковая тля (*Schizaphis graminum* Rondani, 1852) относится к семейству Настоящие тли (Aphididae) отряда Равнокрылых (Homoptera). Однодомный вид насекомых, олигофаг, с округлым телом (2–3 мм), тонкими ногами и антеннами. Брюшко оканчивается удлиненным выростом – хвостиком – и несет пару придатков – соковых трубочек. Взрослые особи представлены крылатой и бескрылой формами. В течение года развивается до 30 поколений. Насекомые являются злостными вредителями злаков, на территории РФ распространены в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском регионах, Поволжье, на юге Сибири и Дальнего Востока. Немигрирующий вид. На растениях образует крупные скопления – колонии. Обитает на листьях, стеблях и листовых влагалищах. Первоначально насекомые концентрируются на молодых верхних листьях, образуя колонии. В результате высасывания соков на листьях появляются обесцвеченные пятна, при сильном повреждении листья желтеют и засыхают. К началу восковой спелости зерна культурные растения становятся непригодными для питания.



Тогда вредитель и переселяется на дикие злаки, посеы сорго, молодые растения пожнивных посевов. Немного позднее крылатые девственницы обыкновенной злаковой тли предпочитают заселять всходы озимых растений. Яйца зимуют на листьях озимых злаков. Наиболее благоприятна для развития тли теплая погода без проливных дождей. В таких условиях размножение идет в массовом количестве, особенно в южных районах ареала. Наибольший вред наблюдается при недостатке влаги. Сильное заражение молодых растений в период выхода в трубку способно нанести серьезный вред и привести к гибели растений. Повреждения тлей вызывают частичную белоколосость и пустоцветность, в период налива – щуплость, невыполненность зерновок. Злаковые тли переносят вирусные заболевания: желтую карликовость ячменя, полосатую мозаику пшеницы, мозаики ковра безостого, корончатость и карликовость кукурузы. Места повреждений на растении обесцвечиваются, иногда краснеют. Вредители питаются в основном флоэмным соком, содержащим высокие концентрации углеводов [6–8].

Исследование микробных ассоциаций растений и микробиоценозов тлей – важный этап разработки новых микробиологических методов ограничения численности насекомых в результате создания новых биологически активных препаратов на основе штаммов бактерий и разработки схем и методов биологической защиты сельскохозяйственных культур [9–13].

Целью настоящей работы являлось изучение микробных ассоциаций трофической цепи рожь (*Secale cereale* L., 1753) – злаковая тля (*Schizaphis graminum* Rondani, 1852).

Для решения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить видовой состав, индекс встречаемости и количественные показатели ассоциативных микроорганизмов растений ржи сорта «Марусенька» и обыкновенной злаковой тли;
- 2) выявить наличие фитопатогенных и энтомопатогенных бактерий в исследуемых объектах.

Материалы и методы

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений биологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в период с 2017 г. по 2020 г.

Объектом исследования являлись растения ржи (*Secale cereale* L., 1753) сорта «Марусенька», собранные на полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Восто-

ка» (Саратов, Россия), в периоды фенологических фаз развития злаков (выход в трубку, колошение, созревание, молочная спелость) и насекомые-вредители (обыкновенная злаковая тля – *Schizaphis graminum* Rondani, 1852), собранные с растений в периоды колошения и созревания. Видовую принадлежность насекомых определяли по мировому каталогу тлей Р. Блэкмана и В. Эстопа (Blackman, Eastop, 2006).

На первом этапе работы нами проводилось изучение основных микробиологических показателей (видовой состав, численность, индекс встречаемости – ИВ) выделенных штаммов с поверхности, внутренней среды и ризосферы растений ржи сорта «Марусенька». Для исследования поверхности побега озимой ржи отбирали крупные листья (10 образцов), площадь поверхности которых была 10 см². Посев осуществляли методом отпечатка на плотные питательные среды: ГРМ (Оболонск, Россия), картофельная среда КС (100 мл дистиллированной воды, 20 г картофеля, 2 г голодного агара). Культивировали при температуре 28 °С в течение 48–96 часов.

Для изучения внутренней среды растений тщательно обрабатывали мылом стебли и листья, выдерживали в 75% этаноле 2–5 минут и промывали в физиологическом растворе 2 раза. Затем делали навеску 10 образцов по 1 г и растирали в стерильной ступке с 9 мл физиологического раствора. Посев осуществляли по 0,1 мл в чашки Петри с плотными питательными средами (ГРМ, КС). Инкубировали в течение 48–96 часов при температуре 28 °С.

При исследовании ризосферы делали бактериологический посев прикорневой почвы. Для этого осуществляли разведение 10 образцов до показателя 10⁻⁶. По 0,1 мл почвенной суспензии высевали на ГРМ-агар из разведения 10⁻⁶, а на среду КС высевали из разведения 10⁻³. Все посеы инкубировали при температуре 28 °С в течение 48–96 часов [14–16].

Далее проводили количественный учет выделенных штаммов микроорганизмов и отсеивали их на скошенную среду с целью дальнейшего изучения биохимических свойств и идентификации.

Идентификацию проводили по Определителю бактерий Берджи путем анализа 30 фенотипических признаков. Индексы общности видового состава микробиоценозов рассчитывали как отношение видов, общих для двух сравниваемых групп, к общему количеству выделенных из них видов, выраженное в процентах. Индекс встречаемости рассчитывали как число проб, в которых обнаружены бактерии данного вида, к общему числу проб, выраженное в процентах [17–21].



На втором этапе микробиологических исследований изолировали штаммы из насекомых-вредителей. Усыпляли насекомых хлороформом, отбирали 5 особей тлей и гомогенизировали в 1 мл физиологического раствора (0,9% NaCl). Затем высевали по 0,1 мл на плотные питательные среды: КС и ГРМ. Посевы инкубировали при температуре 28 °С в термостате 1–5 суток. Выделенные штаммы отсеивали на скошенные среды для последующих исследований. Проводились те же тесты для дальнейшей идентификации штаммов, которые применялись на первом этапе работы. Численность микроорганизмов насекомых оценивали по количеству колониеобразующих единиц (КОЕ) в пробе из 5 особей злаковой тли.

Обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерной программы Statistica версия 6.0. Проводился расчет основных вероятностных характеристик случайных величин: первого или нижнего квартиля (25%), медианы (второго квартиля) для центрирования распределения и третьего или верхнего (75%) квартиля. При проверке статистических гипотез

критический уровень показателя достоверности p принимали равным 0,05. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$ [22].

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований из 120 образцов стеблей, листьев и почвы было выделено 48 штаммов бактерий, которые были отнесены к 13 родам и 24 видам, из которых 12 – грамотрицательные палочки, 2 – грамположительные палочки, 5 – грамположительные споровые палочки и 5 – грамположительные кокки.

При исследовании насекомых-вредителей злаковых культур из 20 образцов тли было выделено 14 штаммов бактерий, которые были отнесены к 3 родам и 8 видам. Все выделенные микроорганизмы – грамположительные палочки, из которых 5 штаммов не образуют спор и 9 штаммов образуют.

С поверхности растений выделено 10 видов микроорганизмов, отнесенных к 7 родам (*Bacillus*, *Erwinia*, *Exiguobacterium*, *Kurthia*, *Listeria*, *Microbacterium* и *Staphylococcus*) (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Индексы встречаемости (ИВ, %) и количественные показатели микроорганизмов (lg КОЕ/см²), выделенных с поверхности растений ржи сорта «Марусенька»
Indices of occurrence (IO, %) and quantitative indicators of microorganisms (lg CFU/cm²) isolated from the surface of rye plants of the variety “Marusenka”

Виды бактерий Species of bacteria	Выход в трубку Exit to the tube		Колошение Earing		Созревание Maturation		Молочная спелость Milk ripeness	
	lg КОЕ/см ² lg CFU/cm ²	ИВ IO						
<i>Bacillus oleronius</i>	$\frac{0,2 *}{0,1 - 0,4 **}$	90	$\frac{0,7}{0,1 - 3,4}$	80	$\frac{5,9}{2,8 - 10}$	30	0	0
<i>Bacillus clausii</i>	$\frac{0,5}{0,1 - 1,0}$	70	0	0	0	0	0	0
<i>Erwinia cypripedii</i>	0	0	$\frac{0,8}{0,1 - 3,2}$	70	0	0	0	0
<i>Erwinia persicinus</i>	0	0	0	0	0	0	$\frac{1,1}{0,3 - 2,7}$	90
<i>Erwinia Stewartii</i>	0	0	$\frac{0,3}{0,1 - 0,6}$	80	0	0	0	0
<i>Exiguobacterium aurantiacum</i>	$\frac{0,3}{0,1 - 0,6}$	80	0	0	0	0	0	0
<i>Kurthia sp.</i>	$\frac{0,1}{0,1 - 0,2}$	60	0	0	0	0	0	0
<i>Listeria grayi</i>	$\frac{0,3}{0,1 - 0,6}$	60	0	0	$\frac{0,3}{0,1 - 0,5}$	40	0	0
<i>Microbacterium lacticum</i>	$\frac{0,1}{0,1 - 0,2}$	20	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus xylosum</i>	$\frac{0,1}{0,1 - 0,2}$	50	$\frac{3,0}{2,0 - 3,1}$	30	0	0	0	0

Примечание. *В числителе – медиана. **В знаменателе – межквартильный размах.

Notes. * The numerator is the median; ** The denominator is the interquartile range.



В фенологической фазе выход в трубку встречаются виды микроорганизмов: *Bacillus oleronius* (0,2 КОЕ/см²), *Bacillus clausii* (0,4 КОЕ/см²), *Exiguobacterium aurantiacum* (0,3 КОЕ/см²), *Kurthia* sp. (0,1 КОЕ/см²), *Listeria grayi* (0,3 КОЕ/см²), *Microbacterium lacticum* (0,2 КОЕ/см²) и *Staphylococcus xylosus* (1,2 КОЕ/см²).

На стадии колошения изолированы *Bacillus oleronius* (2,1 КОЕ/см²), *Erwinia cypripedii* (0,7 КОЕ/см²), *Erwinia stewartii* (0,6 КОЕ/см²) и *Staphylococcus xylosus* (3 КОЕ/см²).

В фенофазу созревания обнаружены *Bacillus oleronius* (6 КОЕ/см²) и *Listeria grayi* (0,3 КОЕ/см²).

На стадии молочной спелости растений обнаружен вид *Erwinia persicinus* в количестве 0,9 КОЕ / см² и с индексом встречаемости 90%. Остальные обнаруженные нами микроорганизмы на различных стадиях имеют индекс встречаемости от 20 до 80 %, что можно проследить в табл. 1. Некоторые изолированные виды были обнаружены на нескольких изучаемых стадиях развития растений. Это виды – *Bacillus oleronius*, *Listeria grayi* и *Staphylococcus xylosus*.

На основании полученных данных, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод о том, что в фенологическую фазу выхода в трубку наблюдается наибольшая обсемененность поверхности растений ржи сорта «Марусенька» такими видами бактерий, как: *Bacillus oleronius*, *Exiguobacterium aurantiacum* и *Bacillus clausii* (с индексом встречаемости от 70 до 90%). В период колошения, наблюдается наибольшее количество микроорганизмов рода *Erwinia* с индексом встречаемости до 80%. На стадии молочной спелости преобладает лишь один вид *Erwinia persicinus* с индексом встречаемости 90%. *Bacillus oleronius* присутствует на стадиях выхода в трубку, колошения и созревания, со временем индекс встречаемости этого вида уменьшается, а его количественные показатели возрастают. Вид *Listeria grayi* обнаружен на стадиях: выход в трубку (ИБ 60%) и созревание (ИБ 40%). Вид *Staphylococcus xylosus* изолирован с растений на стадиях: выход в трубку (ИБ 50%) и колошение (ИБ 30%).

При исследовании внутренней среды растений выделено 10 видов бактерий, отнесенных к 5 родам (*Erwinia*, *Microbacterium*, *Paracoccus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*) (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Индексы встречаемости (ИБ, %) и количественные показатели микроорганизмов (lg КОЕ/г), выделенных из внутренней среды растений ржи сорта «Марусенька»
Indices of occurrence (IO, %) and quantitative indicators of microorganisms (lg CFU/g) isolated from the internal environment of rye plants of the «Marusenka» variety

Виды бактерий Types of bacteria	Выход в трубку Exit to the tube		Колошение Earing		Созревание Maturation		Молочная спелость Milk ripeness	
	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИБ IO	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИБ IO	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИБ IO	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИБ IO
<i>Erwinia carotovora</i>	0	0	0	0	$\frac{4,4}{4,0 - 5,0}$	70	0	0
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	0	0	$\frac{3,1}{2,0 - 4,0}$	80	0	0	0	0
<i>Erwinia cypripedii</i>	0	0	$\frac{4,5}{3,0 - 5,0}$	30	0	0	0	0
<i>Erwinia rhapontici</i>	0	0	0	0	$\frac{4,3}{4,0 - 5,0}$	30	0	0
<i>Erwinia stewartii</i>	0	0	$\frac{4,9}{4,0 - 5,0}$	100	0	0	0	0
<i>Erwinia uredovora</i>	0	0	0	0	0	0	$\frac{4,8}{4,0 - 5,0}$	50
<i>Microbacterium lacticum</i>	$\frac{3,0}{1,0 - 5,0}$	60	0	0	0	0	0	0
<i>Paracoccus alcaliphillus</i>	0	0	0	0	$\frac{4,8}{4,0 - 5,0}$	50	0	0
<i>Pseudomonas facilis</i>	$\frac{0,5}{0,4 - 0,7}$	30	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus capitis</i>	$\frac{3,0}{1,0 - 5,0}$	50	0	0	$\frac{2,8}{2,0 - 3,0}$	40	0	0



Из внутренней среды растений на стадии выхода в трубку изолированы *Microbacterium lacticum* (10^3 КОЕ/г, 60%), *Pseudomonas facilis* (10^2 КОЕ/г, ИВ 30%) и *Staphylococcus capitis* (10^3 КОЕ/г, ИВ 50%). На стадии колошения – *Erwinia chrysanthemi*, *Erwinia cypripedii* и *Erwinia stewartii*. Преобладают *E. stewartii* (10^4 КОЕ/г, ИВ 100%) и *E. chrysanthemi* (10^4 КОЕ/г, ИВ 80%). На стадии созревания – *Erwinia carotovora* (10^4 КОЕ/г, ИВ 70%), *Erwinia rhapontici* (10^4 КОЕ/г, индекс встречаемости 30%), *Paracoccus alcaliphillus* (10^4 КОЕ/г ИВ 50%) и *Staphylococcus capitis*

(10^3 КОЕ/г, индекс встречаемости 40%). На стадии молочной спелости найден вид *Erwinia uredovora* (10^4 КОЕ/г, индекс встречаемости 50%). Вид *Staphylococcus capitis* был изолирован дважды (стадии выхода в трубку и созревания). Остальные виды, выделенные из эндосферы ржи, на протяжении четырех изучаемых стадий не повторялись.

При исследовании прикорневой почвы растений выделено 10 видов микроорганизмов, отнесенных к 7 родам (*Bacillus*, *Kocuria*, *Curtobacterium*, *Microbacterium*, *Staphylococcus*, *Xenorhabdus*) (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Индексы встречаемости (ИВ, %) и количественные показатели микроорганизмов (lg КОЕ/г), выделенных из ризосферы растений ржи сорта «Марусенька»
Indices of occurrence (IO, %) and quantitative indicators of microorganisms (lg CFU/g) isolated from the rhizosphere of rye plants varieties “Marusenka”

Виды бактерий Species of bacteria	Выход в трубку Exit to the tube		Колошение Earing		Созревание Maturation		Молочная спелость Milk ripeness	
	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИВ IO	lg КОЕ/г lg CFU/g	ИВ IO	lg КОЕ/г CFU/g	ИВ IO	lg КОЕ/г CFU/g	ИВ IO
<i>Bacillus clausii</i>	0	0	$\frac{6,7}{6,0 - 7,0}$	60	0	0	0	0
<i>Bacillus horikoshii</i>	0	0	$\frac{4,6}{4,0 - 5,0}$	100	0	0	0	0
<i>Bacillus Okuhidensis</i>	0	0	$\frac{7,5}{7,0 - 8,0}$	100	0	0	$\frac{4,1}{4,0 - 5,0}$	60
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	0	0	0	0	0	0	$\frac{6,9}{6,0 - 7,0}$	40
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	$\frac{4,1}{4,0 - 5,0}$	40	0	0	0	0	0	0
<i>Kocuria varians</i>	0	0	$\frac{3,9}{3,0 - 4,0}$	90	0	0	0	0
<i>Microbacterium Lacticum</i>	$\frac{0,2}{0,1 - 0,3}$	60	0	0	0	0	0	0
<i>Micrococcus sp.</i>	$\frac{0,6}{0,1 - 1,2}$	80	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus Xylosus</i>	0	0	$\frac{7,2}{7,0 - 8,0}$	50	0	0	0	0
<i>Xenorhabdus Luminescens</i>	0	0	0	0	$\frac{4,3}{4,0 - 5,0}$	30	0	0

Наибольшая обсемененность ризосферы наблюдалась в период колошения и представлена микроорганизмами родов *Bacillus*, *Staphylococcus* и *Kocuria*. На стадии выхода в трубку изолированы *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Microbacterium lacticum* и *Micrococcus sp.* На стадии созревания обнаружен энтомопатогенный вид *Xenorhabdus luminescens* (10^4 КОЕ/г, ИВ 40%). В фенофазе молочной спелости преобладает вид *Bacillus weihenstephanensis* (10^7 КОЕ/г с ИВ 40%). Вид *Bacillus okuhidensis* выделен в количестве

10^4 КОЕ/г, с ИВ 60%, что значительно меньше, по сравнению со стадией колошения (10^7 КОЕ/г и ИВ до 100%).

Соотношение родов микробной ассоциации ржи сорта «Марусенька» по количеству представленных видов можно видеть на рис. 1.

Из насекомых-вредителей было изолировано 8 видов бактерий, отнесенных к 3 родам (*Microbacterium*, *Listeria* и *Bacillus*) (табл. 4).

Из тлей, собранных в период колошения растений ржи сорта «Марусенька», было изолиро-

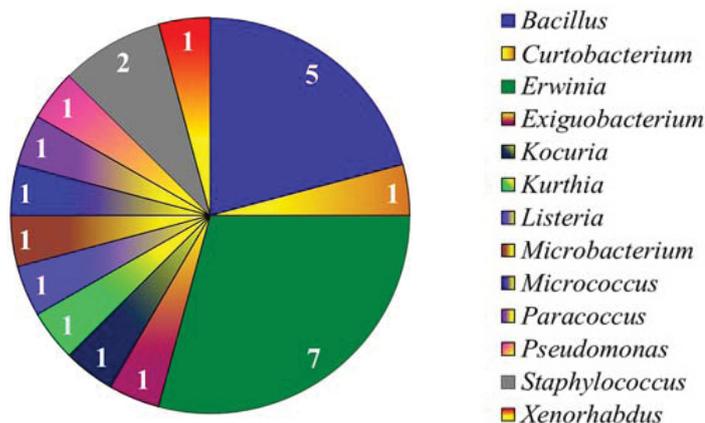


Рис. 1. Структура бактериальной ассоциации ржи сорта «Марусенька» (цвет online)

Fig. 1. The structure of the bacterial association of rye variety “Marusenka” (color online)

Таблица 4 / Table 4

Индексы встречаемости (ИВ, %) и количественные показатели микроорганизмов (lg КОЕ в пробе), выделенных из злаковой тли
Indices of occurrence (%) and quantitative indicators of microorganisms (lg CFU in the sample) isolated from the cereal aphid

Виды бактерий Species of bacteria	Колошение / Earing		Созревание / Maturation	
	lg КОЕ в пробе / lg CFU in the sample	ИВ / IO	lg КОЕ в пробе / lg CFU in the sample	ИВ / IO
<i>Bacillus halodurans</i>	$\frac{2,5}{2,3 - 2,7}$	80	0	0
<i>Bacillus horti</i>	$\frac{2,0}{2,7 - 3,0}$	20	$\frac{2,2}{0,9 - 1,4}$	30
<i>Bacillus oleronius</i>	$\frac{2,3}{1,6 - 3,0}$	60	0	0
<i>Bacillus psychrodurans</i>	$\frac{2,5}{2,0 - 3,0}$	80	0	0
<i>Bacillus thuringiensis</i>	0	0	$\frac{2,5}{2,0 - 3,0}$	60
<i>Listeria innocua</i>	$\frac{3,0}{2,9 - 3,1}$	20	$\frac{2,8}{2,6 - 3,0}$	20
<i>Listeria murrayi</i>	$\frac{2,9}{2,8 - 3}$	30	0	0
<i>Microbacterium lacticum</i>	0	0	$\frac{2,8}{2,7 - 2,9}$	60

вано значительное количество микроорганизмов рода *Bacillus* с индексом встречаемости до 80 %. На стадии созревания растений в тле преобладают микроорганизмы видов *Bacillus thuringiensis* и *Microbacterium lacticum* (ИВ до 60%). Обнаружен энтомопатогенный вид *Bacillus thuringiensis* (10^3 КОЕ в пробе с ИВ 60%).

Соотношение родов микробной ассоциации злаковой тли по количеству представленных видов можно видеть на рис. 2.

Нами были подсчитаны индексы общности видового состава бактерий растений ржи на разных фенологических стадиях развития. Общие

виды присутствуют одновременно в разных группах сравнения (по стадиям развития растений).

На поверхности растений между микроорганизмами-ассоциантами, выделенными на стадиях колошения и выхода в трубку, индекс общности составляет 20%, на стадиях созревания и выхода в трубку – 20%, на стадиях созревания и колошения – 10%.

Во внутренней среде растений на протяжении всех исследуемых нами фенологических стадий ни один вид, который мы изолировали, не обнаружен дважды (все виды, выделенные из эндосферы ржи, были различны).

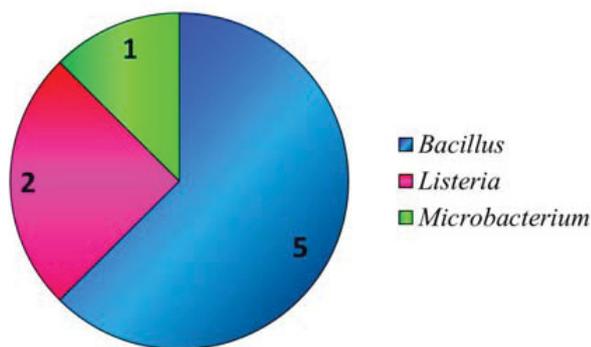


Рис. 2. Структура бактериальной ассоциации злаковой тли (цвет online)

Fig. 2. The structure of the bacterial association of cereal aphids (color online)

Виды бактерий прикорневой почвы растений ржи сорта «Марусенька», изолированные на стадиях колошения и молочной спелости, имеют индекс общности 10%. Изолированные виды в других группах сравнения не повторялись.

Индекс общности видового состава микробных ассоциаций озимой ржи и злаковой тли был рассчитан из совокупности всех найденных нами видов, не учитывая, что насекомые были собраны только с двух фенологических фаз развития злаков (колошение и созревание). Тогда как виды, изолированные с растений, были приурочены к четырем фазам (выход в трубку, колошение, созревание, молочная спелость).

Индекс общности видового состава микроорганизмов тли и эндосферы растений, тли и ризосферы растений составляет по 3,57%. Между группой сравнения тля – экзосфера растений индекс общности 7,14%. А между экзосферой – ризосферой растений и экзосферой – эндосферой растений индекс общности по 10,71%.

В ходе исследования обнаружилось, что некоторые виды микроорганизмов ассоциированы как с растениями, так и с насекомыми-вредителями. Вид *Bacillus oleronius* наблюдался на поверхности растений в периоды выхода в трубку, колошения и созревания, а в злаковой тле – на стадии, приуроченной к колошению озимой ржи. Вид *Microbacterium lacticum* изолирован на стадии выхода в трубку с поверхности растений, внутренней среды и прикорневой почвы, а из насекомых, собранных с озимой ржи, на стадии созревания растений.

В ходе исследований озимой ржи сорта «Марусенька» на различных фенологических этапах развития растений (выход в трубку, колошение, созревание, молочная спелость)

нами были обнаружены фитопатогенные микроорганизмы рода *Erwinia*, которые могут вызывать различные болезни растений. Например, *E. rhapontici* вызывает порозовение зерна злаков, бобовых культур и масличного рапса. *E. stewartii* вызывает бактериоз листьев кукурузы. *E. uredovora* вызывает сердцевинную гниль у растений хлопчатника, ананаса, риса и сахарного тростника [23–24]. Особый интерес представляют энтомопатогенные микроорганизмы, выделенные из прикорневой почвы растений – *Xenorhabdus luminescens*, которые являются смертельным патогеном насекомых [25–28]. Энтомопатогенные микроорганизмы *Bacillus thuringiensis*, изолированные из тли, используются в биозащите растений от насекомых благодаря выделению Сгу-токсина [29]. Найдены были общие виды микроорганизмов, которые ассоциированы как с растениями, так и с насекомыми-вредителями. Это *Bacillus oleronius* и *Microbacterium lacticum*. Проведенное комплексное изучение микробных ассоциаций растений ржи сорта «Марусенька» и микробных ассоциаций обыкновенной злаковой тли открывает перспективы использования данных видов в качестве биологических методов ограничения численности вредителей [30–31].

Список литературы

1. Губанов И. А. [и др.]. *Secale cereale* L. – Рожь посевная // Иллюстрированный определитель растений Средней России : в 3 т. М. : Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. исслед., 2002. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). 526 с.
2. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М. : ФГБНУ Росинформагротех, 2014. 372 с.
3. Корнев Г. В., Подгорный П. И., Щербак С. Н. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / под общ. ред. Г. В. Корнев. СПб. : Квадро, 2015. 576 с.
4. Сорта, созданные в НИИСХ Юго-Востока и его опытной сети. URL: <https://www.arisarsar.ru/culture.htm> (дата обращения: 10.01.20).
5. Сорт «Марусенька». Саратовская селекция. URL: <https://www.arisarsar.ru/marusenka.htm> (дата обращения: 20.02.2020).
6. Орлов В. Н. Вредители зерновых колосовых культур. М. : Печатный город, 2006. 104 с.
7. Ухова О. В., Замшина Г. А., Николаева Н. В. Фауна и экология тлей (Homoptera, Aphidinea) биостанции уральского государственного университета //



- Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее : материалы конф. молодых ученых. Екатеринбург : Голицкий, 2008. С. 288–292.
8. Дымнич А. С., Глинская Е. В. Ассоциативные микроорганизмы обыкновенной злаковой тли (*Schizaphis graminum*), паразитирующей на растениях ржи // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов : Амирит, 2020. Вып. 17. С. 121–125.
 9. Добронравова М. В., Глазунова Н. Н. Фитосанитарное состояние и защита озимой пшеницы от сосущих вредителей в Центральном Предкавказье // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 425–426.
 10. Sadia Latif, Sameeda Bibi, Rabia Kouser, Fatimah H., Farooq S., Samar Naseer, Kousar R. Characterization of bacterial community structure in the rhizosphere of *Triticum aestivum* L. // Genomics. 2020. Vol. 112, iss. 6. November. P. 4760–4768.
 11. Larsbrink J., McKee L. Bacteroidetes Bacteria in the Soil: Glycan Acquisition, Enzyme Secretion, and Gliding Motility // Advances in Applied Microbiology. 2020. Vol. 110. P. 63–98.
 12. Wolinska A., Kuzniar A., Zielenkiewicz U., Izak D., Szafranek-Nakoneczna A., Banach A., Btaszczyk M. Bacteroidetes as a sensitive biological indicator of agricultural soil usage revealed by a culture-independent approach // Applied Soil Ecology. 2017. Vol. 119. P. 128–137.
 13. Rassokhina I. I., Platonov A., Laptev G., Bolshakov V. Morphophysical reaction of *Hordeum vulgare* to the influence of microbial preparations // Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. № 2. P. 220–225.
 14. Somova L. A., Mikheeva G., Pechurkin N. S. Introduction of microbiocenosis in agroecosystem for increasing the plant productivity // Журнал Сиб. федерал. ун-та. Биология. 2017. № 3. P. 333–342.
 15. Kumar A., Verma J. Does plant-microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review // Microbiol. Res. 2018. Vol. 207. P. 41–52.
 16. Лавренчук Л. С., Ермошин А. А. Микробиология : практикум. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. 107 с.
 17. Определитель бактерий Берджи : в 2 т. / под ред. Дж. Хоулта, И. Крига, П. Синта, Д. Стейми. М. : Мир, 1997. Т. 1. 432 с.
 18. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. / под ред. Дж. Хоулта, И. Крига, П. Синта, Д. Стейми. М. : Мир, 1997. Т. 2. 368 с.
 19. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. USA : Springer, 2001. Vol. 3. 1450 p.
 20. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. USA : Springer, 2007. Vol. 2. 1136 p.
 21. Garrity G. M., Bell J. A., Lilburn T. G. Taxonomic Outline of the Prokaryotes Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Second edition. USA : Springer, 2004. 399 p.
 22. Елисеева И. И., Боченина М. В., Капралова Е. Б., Капралова А. В., Потахова Л. М., Михайлова Б. А., Бороздина О. О., Парик И. Ю., Флуд Н. А., Долотовская О. В., Куртышева С. В., Силаева С. А., Нерадовская Ю. В., Лантев В. И. Статистика : учебник для вузов / под ред. И. И. Елисеевой. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2020. 572 с.
 23. Дьяков Ю. Т., Еланский С. Н. Фитопатология : учеб. пособие для среднего профессионального образования. М. : Юрайт, 2018. 230 с.
 24. Zhukova L.V. Root rots of spring barley, their harmfulness and the basic effective protection measures // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 2. P. 232–238.
 25. Boemare N. E., Akhurst R. J., Mourant R. G. DNA Relatedness between *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae), Symbiotic Bacteria of Entomopathogenic Nematodes, and a Proposal to Transfer *Xenorhabdus luminescens* to a New Genus, *Photorhabdus* gen. Nov // International Journal of Systematic Bacteriology. 1993. Vol. 43, № 2. P. 249.
 26. Waqar I., Adnan M., Shabbir A., Naveed H., Abubakar Y., Qasim M., Tayyab M., Noman A., Nisar M., Khalid Ali Khan, Ali H. Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests // Microbial Pathogenesis. 2021. Vol. 159. P. 105–122.
 27. Wei J.-Z., Hale K., Carta L., Platzer E., Cynthia Wong S., Fang R. Aroian Bacillus thuringiensis crystal proteins that target nematode // PNAS. 2003. Vol. 100, № 5. P. 2760–2765.
 28. Nishanth S., Mohandas C., Nambisan B. Purification of an antifungal compound, cyclo (1-Pro-d-Leu) for cereals produced by *Bacillus cereus* subsp. *Thuringiensis* associated with entomopathogenic nematode // Microbiological Research. 2013.12 June. Vol. 168, iss. 5. P. 278–288.
 29. Deepa N., Sreenivasa M. Y. Chapter 13 – Biocontrol Strategies for Effective Management of Phytopathogenic Fungi Associated With Cereals // New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Microbial Biotechnology in Agro-Environmental Sustainability / eds. J. Singh, D. P. Singh. Elsevier, 2019. P. 177–189.
 30. Gouda S., Rout G. K., Gitishree D., Paramithiotis S., Han-Seung S., Patra J. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture // Microbiol. Res. 2018. Vol. 206. P. 131–140.
 31. Kergunteuil A., Bakhtiari M., Formenti L., Xiao Z., Defosse E., Rasmann S. Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores // Insects. 2016. Nov 29. Vol. 7, iss. 4. P. 70. <https://doi.org/10.3390/insects7040070>

References

1. Gubanov I. A. *Secale cereale* L. – Sowing rye. Illustrated guide to plants of Central Russia: in



- 3 vols. Moscow, T-vo nauch. izd. KMK, In-t technol. issled., 2002. Vol. 1. Ferns, horsetails, club mosses, gymnosperms, angiosperms (monocots). 526 p. (in Russian).
- Goncharenko A. A. *Aktual'nye voprosy seleksii ozimoy rzhii* [Topical issues of winter rye breeding]. Moscow, FGBNU Rosinformagrotech Publ., 2014. 372 p. (in Russian)
 - Korenev G. V., Podgornyy P. I., Shcherbak S. N. *Rasteniyevodstvo s osnovami seleksii i semenovodstva. Pod red. G. V. Koreneva* [G. V. Korenev, ed. Plant growing with the basics of selection and seed production]. St. Petersburg, Kvadro Publ., 2015. 576 p. (in Russian).
 - Varieties created at the Research Institute of Agriculture of the South-East and its experimental network*. Available at: <https://www.arisersar.ru/culture.htm> (accessed 10 January 2020) (in Russian).
 - Variety «Marusenka». Saratov selection*. Available at: <https://www.arisersar.ru/marusenka.htm> (accessed 20 February 2020) (in Russian).
 - Orlov V. N. *Vrediteli zernovykh kolosovykh kul'tur* [Pests of Grain Crops]. Moscow, Pechatnyy gorod Publ., 2006. 104 p. (in Russian).
 - Ukhova O. V., Zamshina G. A., Nikolayeva N. V. Fauna and ecology of aphids (Homoptera, Aphidinea) of the biological station of the Ural State University. In: *Biosphere of the Earth: past, present and the future: Proceedings of the conference of young scientists*. Ekaterinburg, GoshchitskiyPubl., 2008, pp. 288–292 (in Russian).
 - Dymnich A. S., Glinskaya E. V. Associative microorganisms of common grass aphid (*Schizaphis graminum*) parasitizing rye plants. *Entomological and Parasitological Investigations in Volga Region*. Saratov, Amirit Publ., 2020, iss. 17, pp. 121–125 (in Russian).
 - Dobronravova M. V., Glazunova N. N. Phytosanitary condition and protection of wheat from sucking pests in the Central Ciscaucasia. *Modern Problems of Science and Education*, 2013, no. 3, pp. 425–426 (in Russian).
 - Sadia Latif, Sameeda Bibi, Rabia Kouser, Fatimah H., Farooq S., Samar Naseer, Kousar R. Characterization of bacterial community structure in the rhizosphere of *Triticum aestivum* L. *Genomics*, 2020, vol. 112, iss. 6, November, pp. 4760–4768.
 - Larsbrink J., McKee L. Bacteroidetes Bacteria in the Soil: Glycan Acquisition, Enzyme Secretion, and Gliding Motility. *Advances in Applied Microbiology*, 2020, vol. 110, pp. 63–98.
 - Wolinska A., Kuzniar A., Zielenkiewicz U., Izak D., Szafrank-Nakonieczna A., Banach A., Btaszczyk M. Bacteroidetes as a sensitive biological indicator of agricultural soil usage revealed by a culture-independent approach. *Applied Soil Ecology*, 2017, vol. 119, pp. 128–137.
 - Rassokhina I. I., Platonov A., Laptev G., Bolshakov V. Morphophysical reaction of *Hordeum vulgare* to the influence of microbial preparations. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2020, no. 2, pp. 220–225.
 - Somova L. A., Mikheeva G., Pechurkin N. S. Introduction of microbiocenosis in agroecosystem for increasing the plant productivity. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2017, no. 3, pp. 333–342.
 - Kumar A., Verma J. Does plant-microbe interaction confer stress tolerance in plants: A review. *Microbiol. Res.*, 2018, vol. 207, pp. 41–52.
 - Lavrenchuk L. S. *Mikrobiologiya: praktikum* [Microbiology: workshop]. Ekaterinburg, Izd-vo Ural un-ta, 2019. 107 p. (in Russian).
 - Opredelitel' bakteriy Berdzhii: v 2 t.* [Hoult J., Krieg I., Sint P., Staimy D., eds. Keys to bacteria Berdzhii: in 2 vols.]. Moscow, Mir Publ., 1997, vol. 1. 432 p. (in Russian).
 - Opredelitel' bakteriy Berdzhii: v 2 t.* [Hoult J., Krieg I., Sint P., Staimy D., eds. Keys to bacteria Berdzhii: in 2 vols.]. Moscow, Mir Publ., 1997, vol. 2. 368 p. (in Russian).
 - Bergey's Guide to Systematic Bacteriology*. USA, Springer, 2001, vol. 3. 1450 p.
 - Guide to Burgey's Systematic Bacteriology*. USA, Springer, 2007, vol. 2. 1136 p.
 - Garrity G. M., Bell J. A., Lilburn T. G. *Taxonomic Outline of the Prokaryotes Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Second edition. USA, Springer, 2004. 399 p.
 - Eliseeva I. I., Bochenina M. V., Kapralova E. B., Kapralova A. V., Potakhova L. M., Mikhaylova B. A., Borozdina O. O., Parik I. Yu., Flud N. A., Dolotovskaya O. V., Kurtysheva S. V., Silayeva S. A., Neradovskaya Yu. V., Laptev V. I. *Statistika: uchebnik dlya vuzov. Pod red. I. I. Eliseevoy. 5 izd. perrab. i dop.* [Eliseeva I. I., ed. Statistics: a textbook for universities. 5th ed., revised and additional. Moscow, Yurayt Publ., 2020. 572 p. (in Russian).
 - Dyakov Yu. T., Elansky S. N. *Fitopatologiya: ucheb. posobiye dlya srednego professional'nogo obrazovaniya* [Phytopathology: Textbook. Manual for secondary vocational education]. Moscow, Yurayt Publ., 2018. 230 p. (in Russian).
 - Zhukova L.V. Root rots of spring barley, their harmfulness and the basic effective protection measures. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019, no. 2, pp. 232–238.
 - Boemare N. E., Akhurst R. J., Mourant R. G. DNA Relatedness between *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae), Symbiotic Bacteria of Entomopathogenic Nematodes, and a Proposal to Transfer *Xenorhabdus luminescens* to a New Genus, *Photorhabdus* gen. Nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1993, vol. 43, no. 2, pp. 249.
 - Waqar I., Adnan M., Shabbir A., Naveed H., Abubakar Y., Qasim M., Tayyab M., Noman A., Nisar M., Khalid Ali Khan, Ali H. Insect-fungal-interactions: A detailed re-



- view on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 2021, vol. 159, pp. 105–122.
27. Wei J.-Z., Hale K., Carta L., Platzer E., Cynthia Wong S., Fang R. Aroian Bacillus thuringiensis crystal proteins that target nematode. *PNAS*, 2003, vol. 100, no. 5, pp. 2760–2765.
28. Nishanth S., Mohandas C., Nambisan B. Purification of an antifungal compound, cyclo (l-Pro-d-Leu) for cereals produced by Bacillus cereus subsp. Thuringiensis associated with entomopathogenic nematode. *Microbiological Research*, 2013. 12 June, vol. 168, iss. 5, pp. 278–288.
29. Deepa N., Sreenivasa M. Y. Chapter 13 – Biocontrol Strategies for Effective Management of Phytopathogenic Fungi Associated With Cereals. In: Singh J., Singh D. P., eds. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Microbial Biotechnology in Agro-Environmental Sustainability*. Elsevier, 2019, pp. 177–189.
30. Gouda S., Rout G. K., Gitishree D., Paramithiotis S., Han-Seung S., Patra J. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiol. Res.*, 2018, vol. 206, pp. 131–140.
31. Kergunteuil A., Bakhtiari M., Formenti L., Xiao Z., Defosse E., Rasmann S. Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores. *Insects*, 2016, Nov 29, vol. 7, iss. 4, pp. 70. <https://doi.org/10.3390/insects7040070>

Поступила в редакцию 02.06.21; одобрена после рецензирования 10.09.21; принята к публикации 17.09.21
The article was submitted 02.06.21; approved after reviewing 10.09.21; accepted for publication 17.09.21