

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В МИКРОБИОМЕ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАННИХ СТАДИЯХ ЕЕ РАЗВИТИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ БИОПРЕПАРАТАМИ В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ 2020 И 2021 ГОДОВ

А.А. Абрамова, Г.Х. Шаймуллина

Реферат. В работе исследовалось влияние биологических препаратов, основанных на бактериальных штаммах *Bacillus mojavensis* и *Bacillus amyloliquefaciens* на количественный состав микробиома растений и почвы при возделывании яровой пшеницы сорта Ульяновская 105, а также, рассмотрена способность этих штаммов переходить из обработанных семян во внутрь растений и в почву на ранних этапах развития пшеницы. Пшеница сорта Ульяновская 105 возделывалась в течение летних периодов 2020 и 2021 годов. В течение двух сезонов возделывания наблюдались различные погодные условия. Штаммы, используемые для обработки семян, являются эндофитными микроорганизмами, выделенными из корней и стеблей томата (*Bacillus amyloliquefaciens*) и семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis*). На ранних стадиях развития растений (всходы, кушение) производили анализ бактериальной микробиоты, как самих растений, так и почвы, в которой они возделывались. По результатам исследования отмечено, что применение этих препаратов, в целом, увеличивает численность бактерий в почве и в растениях. Выявлена способность штамма *Bacillus mojavensis* переходить со временем в надземную часть растения, а штамма *Bacillus amyloliquefaciens* – в корни растения и в почву. Полученные данные за два летних сезона возделывания пшеницы: 2020 и 2021 годов, показывают некоторую зависимость влияния биопрепаратов на микробиом от погодных условий. Кроме того, в ходе исследований отмечено, что обработка растений штаммом *Bacillus mojavensis* способствует сохранению микробиома, как растений, так и почвы в неблагоприятных погодных условиях на том же уровне, что и в благоприятную погоду.

Ключевые слова: яровая пшеница, биологические препараты, микробиом почвы и растений, биологическая защита растений.

Введение. Использование биопрепаратов при возделывании культур остается актуальным на сегодняшний день, так как биопрепараты получают все большее распространение в качестве альтернативы химическим средствам защиты растений. Использование таких препаратов не нарушает экологического состояния агроценозов, и что особенно важно, не нарушает естественного плодородия почв, а кроме этого, способствует повышению устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов [1]. Поскольку большинство биопрепаратов представляют собой живые микроорганизмы, они приживаются в почве и в растениях, становясь частью системы «почва-микробиом-растение».

Микроорганизмы почвы и растений, находясь в тесной связи с физиологическими процессами, протекающими в организме культур, играют важную роль в процессе их возделывания и в получении качественного урожая. Благодаря деятельности микроорганизмов растение получает большую часть доступных питательных веществ. Таким образом, все более актуальным становится вопрос использования полезных свойств микроорганизмов в сельскохозяйственной практике [2]. Как правило, полезные микроорганизмы образуют с растениями симбиоз – взаимовыгодные отношения. Являясь результатом длительной коэволюции растений и микроорганизмов, такой симбиоз стал неотъемлемой частью жизненного цикла растений.

Такой взаимовыгодный симбиоз чаще всего оказывает на растения стимулирующее влияние. Симбиотические отношения между

растениями и микроорганизмами можно разделить на трофические (обеспечивают растения необходимыми питательными элементами) и защитные (способствуют развитию у растений иммунитета к патогенным организмам) [3]. Результатом таких взаимоотношений в обоих случаях, является то, что такие микроорганизмы и препараты, основанные на них, положительно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур, и в целом, улучшают качество получаемого урожая [4]. В природных условиях, симбиотические микроорганизмы растений делятся на ризосферные (населяющие поверхность корней), филосферные (населяющие поверхность листьев) и эндофитные (живущие внутри организма растений).

Отдельное место среди микроорганизмов, имеющих сельскохозяйственное значение, занимают эндофитные бактерии. Их повсеместное распространение является общепризнанным фактом [5]. В настоящее время становится известно все больше родов таких бактерий. Эндофитные свойства обнаруживаются для тех родов микроорганизмов, для которых это не предполагалось ранее. Как правило, большинство таких микроорганизмов является «факультативными» эндофитами, поскольку в течение своего жизненного цикла эти бактерии могут осуществлять жизнедеятельность не только внутри растений, но и на их поверхности, а также, в почве. Эндофитные бактерии выполняют в организме растений целый ряд разнообразных функций. Они способствуют фиксации азота, регуляции роста растений, участвуют в иммунных реакциях и защите от

стрессовых факторов [6]. На основе эндофитных бактерий успешно создаются биологические препараты, которые отличаются своим пролонгированным действием за счет того, что бактерии способны существовать внутри растения на протяжении длительного времени, на разных стадиях его развития [7].

Согласно литературным данным, эндофитные бактерии образуют более тесные связи с растением, чем ризосферные и филлосферные. Такие тесные связи, как правило, способствуют стимуляции роста и развития растений, а также способствуют развитию устойчивости к стрессам разной природы. Таким образом, микробные сообщества, существующие во внутренней среде растения, не просто присутствуют в ней, а играют важную роль в жизнедеятельности организма хозяина [5].

Что же касается почвенной микрофлоры, то она играет не меньшую роль в жизнедеятельности растений, чем их внутренний микробиом. Микроорганизмы почвы являются самой многочисленной группой организмов, населяющих эту среду обитания. Они составляют большую часть ее живой биомассы, отвечают за процессы биологического распада и минерализации [8]. Таким образом, почвенные микроорганизмы напрямую влияют на естественное плодородие почв, в том числе почв, которые человек использует под сельскохозяйственное хозяйство.

Состояние и структура почвенной микрофлоры зависит от множества внешних факторов. Поэтому структура микробных сообществ почвы является чувствительным индикатором состояния агроценозов [9]. Антропогенное воздействие на почву и интенсивная ее химизация, в целях получения высоких урожаев, приводят к нарушению естественных биологических, химических и физиологических процессов почвы, к оскудению ее микробиома, и как следствие снижению содержания в ней необходимых для роста и развития возделываемых культур питательных веществ. Заметное влияние на микробиологическое состояние почвы оказывает ее интенсивное использование, внесение в нее удобрений, пестицидов и других препаратов [10].

Применение биологических препаратов, основанных на живых бактериальных штаммах, способствует восстановлению плодородия почв и улучшению их культурного состояния [11]. Не смотря на то, что биологические препараты широко применяются в сельском хозяйстве и производятся в массовых количествах, механизмы растительно-микробного взаимодействия выяснены еще не в полной мере. Изучение взаимодействий в системе «почва-микробиом-растение» позволит решить многие вопросы в области сельскохозяйственной микробиологии и биотехнологии растениеводства.

Целью данной работы является изучение количественных изменений в микробиоме почвы и растений яровой пшеницы на ранних

стадиях ее развития (всходы и фаза кущения) при обработке этой культуры биопрепаратами на основе бактериальных штаммов *Bacillus mojaviensis* и *Bacillus amyloliquefaciens* и выявление способности этих штаммов заселять почву и растения, на основе данных, полученных за два года исследований в полевых условиях.

Условия, материалы и методы. Мягкую яровую пшеницу сорта «Ульяновская-105» в течение двух летних сезонов выращивали на испытательном поле «Нармонка» Лаишевского района Республики Татарстан. Два сезона возделывания этой культуры были резко различны по погодным условиям: лето 2020 года отличалось дождливой прохладной погодой, в то время как, погодные условия летом 2021 года были жаркими и засушливыми.

В качестве биологических препаратов, которыми обрабатывали семена пшеницы перед посевом, использовали два бактериальных штамма: *Bacillus mojaviensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* 95B, в виде живых культур в жидкой среде. Оба штамма являются факультативными эндофитами сельскохозяйственных культур: первый был выделен из семян яровой пшеницы; второй – из корней и стеблей томатов [12, 13]. Норма расхода препаратов составила 1,0 л/т. В качестве контроля использовался вариант без обработки.

Растительный материал для изучения микрофлоры отбирался на ранних стадиях развития растений – в фазы всходов и кущения. Для исследования отбирались как надземные, так и подземные части растений. Почва отбиралась непосредственно с корневой системы растений в те же фазы их развития, кроме того, для сравнения, отбиралась почва, не подвергнутая вспашке и возделыванию в ней культур.

Для выделения и культивирования микроорганизмов из почвы и растений использовались стандартные методики [14]. В качестве питательной твердой среды использовали среду LB-Luria. После культивирования микроорганизмов, на чашках подсчитывалось общее КОЕ микроорганизмов. По каждому варианту материала высев производился на 4 чашки Петри, таким образом, общее КОЕ выводилось как средний результат по 4-м повторам.

Полученные результаты сравнивались между собой за два года исследований.

Результаты и обсуждение. Количественные изменения в микробиоме растений пшеницы. В таблицах 1 и 2 представлены количественные показатели бактерий во всех вариантах в двух фазах развития пшеницы 2020 года. Из данных, приведенных в таблицах 1 и 2, следует, что в стадии всходов количество бактерий, как в надземных частях растений, так и в их корнях заметно выше. На стадии всходов заметно, что в обработанных растениях количество бактерий больше, чем в контрольных, что отмечается и в корнях растений и в их надземных частях.

Таблица 1 - Общее количество КОЕ бактерий в растениях пшеницы в стадию всходов в 2020 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в надземных частях	КОЕ бактерий в корнях
Контроль	$2,1 \cdot 10^7 \pm 0,1 \cdot 10^7$	$3,5 \cdot 10^7 \pm 0,5 \cdot 10^7$
Обработка штаммом PS17	$2,3 \cdot 10^7 \pm 0,6 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^7 \pm 1,1 \cdot 10^7$
Обработка штаммом 95B	$2,5 \cdot 10^7 \pm 0,6 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^7 \pm 1,4 \cdot 10^7$

Таблица 2 - Общее количество КОЕ бактерий в растениях пшеницы в стадию кущения в 2020 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в надземных частях	КОЕ бактерий в корнях
Контроль	$7,4 \cdot 10^6 \pm 0,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7 \pm 0,6 \cdot 10^7$
Обработка штаммом PS17	$9,1 \cdot 10^6 \pm 0,9 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7 \pm 0,3 \cdot 10^7$
Обработка штаммом 95B	$6,4 \cdot 10^6 \pm 0,3 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^7 \pm 0,5 \cdot 10^7$

На стадии кущения картина несколько меняется для разных частей растений и разных вариантов обработки.

При этом количество бактерий в надземных частях растений становится больше всего в варианте, обработанном штаммом PS 17, а в

корнях растений – в варианте, обработанном штаммом 95B. Контрольный вариант на этой стадии показывает средние значения во всех частях растений.

Аналогичные данные для 2021 года представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Общее количество КОЕ бактерий в растениях пшеницы в стадию всходов в 2021 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в надземных частях	КОЕ бактерий в корнях
Контроль	$4,7 \cdot 10^6 \pm 0,1 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^7 \pm 0,9 \cdot 10^7$
Обработка штаммом PS17	$2,1 \cdot 10^6 \pm 0,8 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^7 \pm 0,7 \cdot 10^7$
Обработка штаммом 95B	$9,3 \cdot 10^6 \pm 1,3 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^7 \pm 0,1 \cdot 10^7$

Таблица 4 - Общее количество КОЕ бактерий в растениях пшеницы в стадию кущения в 2021 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в надземных частях	КОЕ бактерий в корнях
Контроль	$6,1 \cdot 10^6 \pm 0,7 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^6 \pm 1,1 \cdot 10^6$
Обработка штаммом PS17	$8,9 \cdot 10^6 \pm 1,0 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7 \pm 0,1 \cdot 10^7$
Обработка штаммом 95B	$5,8 \cdot 10^6 \pm 0,8 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6 \pm 0,2 \cdot 10^6$

В результатах 2021 года, так же как и в предыдущем сезоне, в стадию всходов бактерий во всех растениях, в целом больше, чем в стадию кущения.

На стадии всходов также увеличивается количество бактерий во всех частях растений при обработке биопрепаратами.

В стадию кущения такое увеличение также прослеживается в надземных частях растения, где самое большое количество бактерий, так же, как и в предыдущем году отмечено в варианте, обработанном PS17.

Последнее характерно и для корней растений, однако здесь в варианте, обработанном

штаммом 95B, наблюдается наименьшее количество бактерий.

Сравнивая результаты за два года исследований можно сказать, что в целом количество бактерий в обеих стадиях развития растений, заметно снижено в 2021 году, за исключением варианта, обработанного штаммом PS17, где во многих случаях показатели КОЕ остаются практически на таком же уровне, как и в 2020.

Количественные изменения в микробиоме почвы.

Данные по количественным изменениям в микробиоме почвы в 2020 году представлены в таблице 5.

АГРОНОМИЯ

Таблица 5 - Общее количество КОЕ бактерий в почве в 2020 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в почве всходов пшеницы	КОЕ бактерий в почве пшеницы на стадии кушения
Почва без растений	$7,7*10^7 \pm 0,8*10^7$	
Контроль	$2,6*10^7 \pm 0,5*10^7$	$2,3*10^7 \pm 0,6*10^7$
Обработка штаммом PS17	$2,8*10^7 \pm 0,1*10^7$	$1,9*10^7 \pm 0,1*10^7$
Обработка штаммом 95B	$3,9*10^7 \pm 0,1*10^7$	$2,8*10^7 \pm 0,1*10^7$

Как следует из таблицы 5, в стадии всходов растений пшеницы, количество бактерий в почве заметно возрастает при обработке растений биопрепаратами, для стадии кушения такое отмечается только для варианта, обработанного штаммом 95B. В таблице также приведено количество бактерий в почве,

не подвергнутой вспашке, отбор которой не был приурочен к какой-либо стадии роста растений. Значение КОЕ бактерий в данном варианте сильно выше, чем в почве, в которой возделывалась пшеница. В таблице 6 представлены данные по количественным изменениям микробиома почвы в 2021 году.

Таблица 6 - Общее количество КОЕ бактерий в почве в 2021 году

Вариант обработки	КОЕ бактерий в почве всходов пшеницы	КОЕ бактерий в почве пшеницы на стадии кушения
Почва без растений	$6,8*10^7 \pm 1,0*10^7$	
Контроль	$4,9*10^6 \pm 0,2*10^6$	$4,4*10^6 \pm 0,5*10^6$
Обработка штаммом PS17	$2,0*10^7 \pm 0,4*10^7$	$1,8*10^7 \pm 0,4*10^7$
Обработка штаммом 95B	$2,8*10^7 \pm 0,6*10^7$	$2,4*10^7 \pm 0,5*10^7$

Из таблицы 6 видно, что в почве обработанных растений на обеих стадиях их развития количество бактерий заметно больше, чем в почве контрольного варианта.

Сравнивая эти данные с данными предыдущего сезона, заметно, что количество бактерий в почве контрольного растения резко снижается, а в почве обработанных растений остается на том же уровне, что и в предыдущем году.

Таблица 7 - Присутствие штамма PS17 в исследуемом материале

Материал	2020 год		2021 год	
	в стадию всходов	в стадию кушения	в стадию всходов	в стадию кушения
Надземные части растений	-	-	-	+
Корни растений	-	-	+	-
Почва	-	+	-	-

Таблица 8 - Присутствие штамма 95B в исследуемом материале

Материал	2020 год		2021 год	
	в стадию всходов	в стадию кушения	в стадию всходов	в стадию кушения
Надземные части растений	-	-	-	-
Корни растений	-	-	+	-
Почва	-	-	+	+

Однако самое большое количество бактерий, так же как и в 2020 году наблюдается в почве, не подвергнутой возделыванию, где по сравнению с предыдущим сезоном КОЕ бактерий незначительно снижено.

Способность штаммов PS17 и 95B заселять почву и растения. После анализа всего материала на наличие в нем исследуемых штаммов, эти штаммы были обнаружены только в тех вариантах, где их применяли для обработки. В контрольных образцах ни один из штаммов обнаружен не был. Данные по присутствию штамма PS17 в различном материале представлены в таблице 7. Данные по присутствию штамма 95B в различном материале представлены в таблице 8. Из данных, приведенных в таблицах 7 и 8 по обоим штаммам, можно сделать следующие наблюдения.

В 2020 году из всего материала штамм PS 17 был обнаружен один раз – в почве растений пшеницы в стадии всходов. Штамм 95B в 2020 году не был обнаружен нигде.

В 2021 году оба штамма присутствуют в корнях пшеницы на стадии всходов, на стадии кущения в корнях штаммы не обнаруживаются, при этом, штамм PS17 в этой стадии обнаруживается в надземных частях растений, а штамм 95B – в почве. Кроме того, штамм 95B обнаруживается в почве и в стадию всходов.

Выводы. Подводя итог всему сказанному выше, можно проследить некоторую общую картину того, как обработка растений пшеницы перед посевом влияет на количество бактерий в почве и в самих растениях на ранних стадиях их развития в различные погодные условия. По всем приведенным выше

опытам можно сказать, что в целом, при обработке семян пшеницы штаммами PS17 и 95B общее количество бактерий в почве и в растениях становится больше, что особенно заметно для 2021 года, когда в контрольных вариантах растительного и почвенного материала количество бактерий сильно снижено. При этом в почве, обработанных растений количество бактерий по двум годам практически не отличается. Такое снижение общего числа бактерий в почве и в растениях может быть связано с погодными условиями.

Как уже было сказано выше, первый год исследований отличался прохладной и влажной погодой, а второй – был жаркий и засушливый. Жара и засуха могли отрицательно повлиять на общее количество бактерий в материале, что не затронуло, однако, количества бактерий в обработанных вариантах. Здесь также можно отметить, что в почве, не подвергнутой вспашке, количество бактерий заметно превышает их количество в возделываемой почве, а разница в их количестве между двумя сезонами не столь велика.

Что касается способности используемых штаммов заселять почву и растения, здесь также прослеживается разница между двумя сезонами исследования. Можно проследить, что оба штамма в какой-то момент развития растений присутствуют в их корнях, но затем штамм PS17 переходит выше (в надземную часть растений), а штамм 95B переходит ниже – в почву. Однако эти штаммы почти не обнаруживаются в материале 2020 года, что также вызвано, по всей видимости, погодными условиями данного сезона.

Литература

1. Использование биопрепаратов и биоактивированных удобрений в качестве антистрессоров и биостимуляторов при возделывании зерновых культур / В.С. Сергеев и др. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. №2. С. 21–24.
2. Изменение структуры прокариотного сообщества в ризосфере рапса ярового (*Brassica napus* L.) в зависимости от внесения бактерий, утилизирующих 1-аминоциклопропан-1-карбоксилат / С.Н.Петрова и др. // Микробиология. 2020. №1. С. 121–128.
3. Проворов Н. А. Растительно-микробные симбиозы как эволюционный континуум // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. №1. С. 10–34.
4. Васин А. В., Васина Н. В., Трофимова Е. О. Эффективность применения стимуляторов роста при возделывании зернофуражных кормосмесей // Вклад молодых ученых в аграрную науку. 2015. С. 96–103.
5. Эндодитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве / Е.Н. Васильева и др. // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. №1. С. 19–32.
6. Гарипова С. Р. Перспективы использования эндодитных бактерий в биоремедиации почв агроэкосистем от пестицидов и других ксенобиотиков // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. №1. С. 35–47.
7. Влияние инокуляции эндодитными бактериями растений картофеля на его продукционную способность / И.А. Гринева и др. // Наука и образование: теория и практика. 2020. С. 33–39.
8. Sofia R. C. Microbial Ecology and Nematode Control in Natural Ecosystems // Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms. 2011. Т.11. Р. 39–64
9. Дидович С. В. Перспективы сельскохозяйственной микробиологии // Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма. 2019. С. 158–171.
10. Современные методы биоконтроля фитопатогенов растительного сырья / Е. Ю. Панасенко и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. №2–3. С. 13–18.
11. Арифова З. И. Влияние микробиологических препаратов на морфоструктуру, урожайность и качество ягод малины // Таврический вестник аграрной науки. 2019. №1(17). С. 6.
12. Antifungal Properties, Abiotic Stress Resistance, and Biocontrol Ability of *Bacillus mojavensis* PS17 / R.G.C. Diabankana et al. // Current Microbiology. 2021. №8(78). P.3124–3132.
13. Патент РФ №2736424 С1 Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 для производства биопрепарата защиты сельскохозяйственных растений от стрессов, стимуляции их роста и повышения урожайности // Патент РФ №2736424 С1. 2020. Бюл. №32. / Сафин Р. И., Каримова Л.З., Валидов Ш. З.

14. Тыновец С. В. и др. Прикладная микробиология: методические указания к выполнению лабораторных работ (раздел «Сельскохозяйственная микробиология»). 2020. С. 21–22.

Сведения об авторах:

Абрамова Арина Алексеевна – аспирант, младший научный сотрудник; e-mail: abramova92a@yandex.ru
Шаймуллина Гульназ Хидиятовна – аспирант, научный сотрудник; e-mail: gul-nazshajmullina@yandex.ru
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ASSESSMENT OF CHANGES IN SOIL AND PLANT MICROBIOME IN THE EARLY STAGES OF DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT WITH THE USE OF BIOPREPARATIONS UNDER FIELD CONDITIONS IN 2020–2021 YEARS

A.A. Abramova, G. H. Shaymullina

Abstract. The investigation studied the influence of biological preparations based on bacterial strains of *Bacillus mojavensis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on the quantitative composition of the plants and soil microbiome during the cultivation of spring wheat Ulyanovskaya 105 variety. Some ability of these strains to pass from the treated seeds into the interior of plants and into the soil on the early stages of wheat development was also considered. Ulyanovskaya 105 wheat variety was cultivated in the Laishevsky district of the Republic of Tatarstan during the 2020 and 2021 summer periods. During the two growing seasons, different weather conditions were observed. The strains used for seed treatment are endophytic microorganisms isolated from the tomato (*Bacillus amyloliquefaciens*) and spring wheat seeds (*Bacillus mojavensis*). At the early stages of plant development, the analysis of the bacterial microbiota, both of the plants themselves and of the soil in which they were cultivated, was carried out. According to the results of the study, we noted that the use of these preparations, in general, increases the number of bacteria of soil and plants. The ability of the *Bacillus mojavensis* strain to move into the aerial part of the plant, and the ability of the *Bacillus amyloliquefaciens* strain to move into the plant roots and soil was revealed. The data obtained for two summer seasons of wheat cultivation: 2020 and 2021 showed some coherence between the effect of biological products on the microbiome and weather conditions. In addition, the studies noted that the treatment of plants with a strain of *Bacillus mojavensis* contributes to the preservation of the microbiome, both plants and soil in adverse weather conditions.

Key words: spring wheat, biopreparations, microbiome of soil and plants, biological plant protection.

References

1. The use of biological products and bioactivated fertilizers as antistressors and biostimulants in the cultivation of grain crops / V.S. Sergeev and others // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2013. No. 2. P. 21–24.
2. Changes in the structure of the prokaryotic community in the rhizosphere of spring rape (*Brassica napus* L.) depending on the introduction of bacteria that utilize 1-aminocyclopropane-1-carboxylate / S.N. Petrova et al. // Microbiology. 2020. №1. P. 121–128.
3. Provorov N. A. Plant-microbial symbioses as an evolutionary continuum // Journal of General Biology. 2009. Vol. 70. No. 1. P. 10–34.
4. Vasin A. V., Vasina N. V., Trofimova E. O. The effectiveness of the use of growth stimulants in the cultivation of grain feed mixtures // Contribution of young scientists to agrarian science. 2015, P. 96–103.
5. Endophytic microorganisms in fundamental research and agriculture / E.N. Vasilyeva and others // Ecological genetics. 2019. V. 17. No. 1. P. 19–32.
6. Garipova S. R. Prospects for the use of endophytic bacteria in the bioremediation of soil agroecosystems from pesticides and other xenobiotics // Uspekhi modern biology. 2014. V. 134. No. 1. P. 35–47.
7. Influence of inoculation with endophytic bacteria of potato plants on its productive capacity / I.A. Grineva and others // Science and education: theory and practice. 2020. P. 33–39.
8. Sofia R. C. Microbial Ecology and Nematode Control in Natural Ecosystems // Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms. 2011. V.11. P. 39–64
9. Didovich S. V. Prospects for agricultural microbiology // Problems and prospects of innovative development of rural areas of Crimea. 2019. P. 158–171.
10. Modern methods of biocontrol of phytopathogens of plant raw materials / E. Yu. Panasenko et al. // News of higher educational institutions. Food technology. 2018. No. 2–3. P.13–18.
11. Arifova Z. I. Influence of microbiological preparations on the morphostructure, yield and quality of raspberries // Tauride Bulletin of Agrarian Science. 2019. No. 1 (17). P. 6.
12. Antifungal Properties, Abiotic Stress Resistance, and Biocontrol Ability of *Bacillus mojavensis* PS17 / R.G.C. Diabankana et al. // Current Microbiology. 2021. No. 8(78). P.3124–3132.
13. RF patent No. 2736424 C1 *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 bacterial strain for the production of a biological product for protecting agricultural plants from stress, stimulating their growth and increasing yields // RF Patent No. 2736424 C1. 2020. Bull. No. 32. / Safin R.I., Karimova L.Z., Validov Sh.Z.
14. Tynovets S. V. et al. Applied microbiology: guidelines for laboratory work (section "Agricultural microbiology"). 2020. P. 21–22.

Authors:

Абрамова Арина Алексеевна – 4-year postgraduate student, junior researcher; e-mail: abramova92a@yandex.ru
Шаймуллина Гульназ Хидиятовна – 2-year postgraduate student, researcher; e-mail: gul-nazshajmullina@yandex.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.