

DOI
УДК 632.93

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ НА МИКРОБИОМ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Р. Ж. Диабанкана, Р. И. Сафин

Реферат. Приводится оценка влияния опрыскивания растений биопрепаратами на суммарный микробиом семян нового урожая. Исследования проводились на трех сорта яровой пшеницы отечественной селекции – Йолдыз, Бурлак и Ульяновская-105. В качестве биологических препаратов использовались препараты на основе штаммов эндофитных бактерий выделенных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS17, *Bacillus velezensis* KS25) и ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38). Обработка посевов яровой пшеницы проводилась в фазу выхода в трубку с использованием нормы расхода биопрепарата 1,0 л/га. Оценка влияния обработок на грибной и бактериальный микробиом проводили с использованием методов количественной ПЦР с определением тотальной (суммарной) ДНК микроорганизмов на единицу веса семян. В большинстве случаев применение обработок эндофитными бактериями снижает величину тотальной ДНК микромицетов на семенах. Среди изучаемых изолятов особенно выделялся штамм *Bacillus subtilis* KS-38, который обеспечил значительное (в 7,7-11,1 раз) уменьшение данного показателя на всех сортах. На сорте Ульяновская 105, существенный эффект (снижение почти в 47 раз), оказало применение *Bacillus mojavensis* PS-17, а на сорте Бурлак – *Bacillus velezensis* KS-31. На сортах Йолдыз и Ульяновская 105 наиболее сильное снижение тотальной ДНК микромицетов отмечалось для эндофитов, полученных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), а на сорте Бурлак – эндофитов из семян ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS-31 и *Bacillus subtilis* KS-38). Снижение суммарной ДНК микромицетов в опытах был обусловлен использованием изучаемых биопрепаратов и в меньшей степени сортовыми особенностями. Для бактериального микробиома проявились сильные отличия между сортами. Достоверный рост показателя тотальной ДНК бактерий на всех изучаемых сортах был у *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Наибольший вклад в изменчивость содержание суммарной ДНК бактерий в семенах оказал сорт (29,9%), а вклад биопрепаратов был ниже (25,5%). В опытах не было обнаружена корреляция между показателями тотальной ДНК микромицетов и бактерий в семенах яровой пшеницы.

Ключевые слова: микробиом, бактериальный микробиом, грибной микробиом, эндофитные бактерии, семена, сорта, яровая пшеница.

Введение. Анализ существующих тенденций в развитии защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов и абиотических стрессов позволяет сделать вывод о значительном увеличении значения биологических методов контроля [1, 2, 3]. В основе применения биопрепаратов в биологической защите растений лежит использование различных биологических агентов, представляющих собой различные микроорганизмы или их сочетание (консорциумы) [4]. Выделение и оценка эффективности различных микроорганизмов – потенциальных биоагентов биопрепаратов из различных природных источников, является одной из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственной микробиологией и биотехнологией [5, 6].

К числу наиболее перспективных групп микроорганизмов, потенциальных биоагентов биопрепаратов, относятся эндофитные бактерии и грибы [7, 8]. Тесная связь между растением-хозяином и эндофитными микроорганизмами, обусловлена той ролью, которые они играют в различных биохимических и физиологических процессах растительного организма. В частности, установлено положительное влияние эндофитных бактерий на устойчивость растений к абиотическим стрессам и обеспеченность азотом [9], снижение развития инфекционных болезней [10, 11] и повышение урожайности сельскохозяйственных культур [12]. К числу наиболее

широко применяемых биоагентов биопрепаратов относятся и бактерии рода *Bacillus*, обладающих широким спектром активности как в отношении подавления развития фитопатогенов, так и в стимулировании роста и развития различных культурных растений [13, 14, 15].

В последние годы, все большее распространение получила концепция «микробиома», представляющего собой сообщество микроорганизмов, тесно связанное с растением хозяином и оказывающее многостороннее влияние на его рост, развитие и иммунитет [16]. Одной из проблем при применении биопрепаратов становится оценка их влияния на микробиом растений и его различных органов. В частности, отмечено положительное влияние обработки клубней на почвенный микробиом растений картофеля [17]. Вместе с тем, недостаточно изученным оказался вопрос влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян нового урожая, что и определило необходимость в соответствующих исследованиях.

Условия, материалы и методы. В качестве объекта исследований выступали сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L) отечественной селекции – Йолдыз, Бурлак и Ульяновская 105. Сорта выращивались в 2022 году на опытных полях кафедры растениеводства и плодовоовощеводства (руководитель проф. М.Ф. Амиров) Агробиотехнопарка Казанского ГАУ с использованием

агротехнологий рекомендованных зональной системы земледелия. В фазу кущения проводилось опрыскивание растений биопрепаратами с нормой 1,0 л/га по следующей схеме: 1. Контроль – без обработки; 2. *Bacillus mojavensis* PS17; 3. *Bacillus velezensis* KS25; 4. *Bacillus velezensis* KS31. 5. *Bacillus subtilis* KS38. Эндوفитные бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus velezensis* KS25 были выделены из семян пшеницы, а *Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38 – из семян ярового ячменя. Через 2 месяца после уборки были отобраны пробы семян, полученные на каждом из изучаемых вариантов.

Выделение тотальной ДНК из растений.

Для выделения тотальной ДНК, растительную биомассу перемалывали в жидком азоте с использованием фарфоровой ступки и пестика. Далее 100 мг измельченной биомассы поместили в пробирку, содержащую 1 мл буфера [2% ЦТАБ, 100 mM Tris-HCl (pH 8.0), 1.4 M NaCl и 20 mM ЭДТА]. Смесь инкубировали при температуре 60 °C в течение 1 часа и центрифугировали 5 мин при 10.000 об/мин. Отобранный супернатант помещали в новую стерильную пробирку, в которую дополнительно добавляли 0,7 объема фенола и 1,4 объема хлороформа. Для разделения фаз смесь тщательно перемешивали в течение 1 мин и центрифугировали в течение 5 мин при 13000 об/мин. Полученную водную фазу отбрали и поместили в новую стерильную пробирку. К водной фазе добавили 0,6 объема изопропилового спирта. После тщательного перемешивания (в течение 1 мин), ДНК осаждали центрифугированием при комнатной температуре в режиме 13000 об/мин в течение 5 мин. Осадки дважды промывали 70%-ным этанолом, затем однократно 96%-ным этанолом путем добавления, перемешивания и последующего центрифугирования при 10000 об/мин в течение 1 мин. Осадки высушивали в твердотельном термостате при температуре 55°C и растворяли в 100 мкл TE-буфера [10 mM Tris-HCl, 1 mM ЭДТА (pH 8.0)] при 60°C в течение 20 минут. Для дальнейшей очистки ДНК использовали набор cleanup mini DNA (Евроген, РФ) в соответствии с рекомендациями производителя.

Приготовление стандартных растворов ДНК для построения калибровочной кривой.

Стандартные растворы ДНК для построения калибровочной кривой были приготовлены на основе чистого фрагмента бета-актина и переменного участка V4 гена 16S-rPHK, которые были амплифицированы из *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) ZUM2407 и *B. mojavensis* PS17, соответственно. Для этого, суммарная ДНК *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ZUM2407 и *B. mojavensis* PS17 была выделена вышеуказанным методом. Амплификацию ДНК проводили в 50 мкл реакционной смеси, содержащей 10 мкл 5X qPCRmix-HS (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией каждого праймера,

10 нг матричной ДНК и воды без нуклеаз. ПЦР амплификация была проведена с использованием прибора Thermal Cycler system (Bio-rad) со следующими условиями: начальная денатурация и активация ДНК-полимеразы при 95°C в течение 3 мин, за которыми следовали 30 ПЦР-циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига 30 сек при 55 °C для праймеров фрагмента гена бета-актина [B-act^F (5'-ATGTGCAAGGCCGGTTTCGC-3')/B-act^R (5'-TACGAGTCCTTCTGGCCAT-3')] или 58°C для праймеров участка V4 гена 16S-rPHK [U-F (5'-ACTCCTACGGGAGGAGCAGT-3')/U-R (5'-GTATTACCGCGGCTGTGGCAC-3')], элонгации 30 сек при 72°C с окончательным удлинением при 72°C в течение 5 мин.

Визуализация амплифицированных фрагментов проводилась в 1,25 % агарозном геле, содержащем бромистый этидий (из расчета 5 мкл на 100 мл) в 1X TBE буфере [890 mM Tris-(гидроксиметил) аминотетан, 890 mM борная кислота, 20 mM ЭДТА, pH 8.3]. После электрофореза фрагменты вырезали и очистили с помощью набора Cleanup mini DNA (Евроген, РФ) в соответствии с рекомендациями производителя.

Оценка обработок на сообщества грибов. Влияние обработок на растительное сообщество оценивали путем количественной оценки общей грибковой ДНК с помощью количественной ПЦР. Бета-актин был использован в качестве таргетного гена. qPCR проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 5 мкл qPCRmix-HS SYBR (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией прямого и обратного B-act^F/ B-act^R, 10 нг матричной ДНК, и воду без нуклеаз. Амплификацию проводили с использованием прибора CFX96 Touch Real-Time PCR (Bio-rad, США) со следующими условиями: начальная денатурация и активация ДНК-полимеразы 95°C в течение 10 мин, за которыми следовали 40 ПЦР-циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига праймеров фрагмента гена бета-актина 15 сек при 61 °C, элонгации 30 сек при 72°C с окончательным удлинением при 72 °C в течение 5 мин. Анализ кривой плавления строили при повышении температуры от 65°C до 95°C с регистрацией интенсивности флуоресценции с шагом 0,5°C (5 секунд на шаг). Стандартные кривые строили путем построения логарифмов значений шести последовательных десятичных разведений очищенного фрагмента ДНК гена бета-актина.

Влияние обработок на сообщества бактерий. Влияние обработок на бактериальное сообщество растений оценивали путем количественной оценки общей бактериальной ДНК с помощью количественной ПЦР. Переменный участок V4 гена 16S rPHK бактерии был использован в качестве таргетного гена. QPCR проводили в 25 мкл реакционной смеси,

содержавшей 5 мкл qPCRMix-HS SYBR (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией прямого и обратного U-F/ U-R, 10 нг матричной ДНК, и воду без нуклеаз. Амплификацию проводили с использованием прибора CFX96 Touch Real-Time PCR (Bio-rad, США) со следующими ПЦР-условиями: 95°C в течение 10 мин, за которой следовали 40 циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига праймеров фрагмента гена бета-актина 15 сек при 58°C, элонгации 30 сек при 72°C с окончательным

удлинением при 72°C в течение 5 мин. Анализ кривой плавления строили при повышении температуры от 65°C до 95°C с регистрацией интенсивности флуоресценции с шагом 0,5°C (5 секунд на шаг). Стандартные кривые строили путем построения логарифмов значений пяти последовательных десятичных разведений переменного участка V4 гена 16S рРНК.

Результаты и обсуждение. Результаты определения суммарной ДНК грибов в семенах различных сортов яровой пшеницы представлены в таблице 1

Таблица 1 – Содержание тотальной ДНК микромицетов в семенах яровой пшеницы различных сортов (пг/нг тотальной ДНК), $\times 10^{-7}$ 2022 г

Вариант	Йолдыз	Бурлак	Ульяновская 105
Контроль	38,8 ± 1,01	28,9 ± 4,97	46,5 ± 3,52
<i>Bacillus mojavensis</i> PS-17	5,32 ± 0,42	25,6 ± 4,75	0,93 ± 0,06
<i>Bacillus velezensis</i> KS-25	7,23 ± 0,36	12,3 ± 4,99	2,56 ± 0,32
<i>Bacillus velezensis</i> KS-31	30,1 ± 2,13	2,04 ± 0,12	21,2 ± 3,64
<i>Bacillus subtilis</i> KS-38	4,99 ± 0,13	2,55 ± 0,27	5,3 ± 0,39

В результате исследований было установлено, что при применении эндофитных микроорганизмов при опрыскивании, в большинстве случаев отмечается снижение тотальной ДНК микромицетов на семенах, но степень такого воздействия различается между штаммами. Среди изучаемых изолятов особенно выделяется штамм *Bacillus subtilis* KS-38, который обеспечил значительное (в 7,7 -11,1 раз в зависимости от сорта) снижение данного показателя. Для других штаммов, на разных сортах эффект отличался. Так на сорте Ульяновская 105, существенный эффект (снижение почти в 47 раз), оказало применение *Bacillus mojavensis* PS-17, а на сорте Бурлак – *Bacillus velezensis* KS-31. При сравнении эффекта от применения штаммов с точки зрения их происхождения, то также отмечаются различия полученных результатов по сортам.

Так, если на сортах Йолдыз и Ульяновская 105 наиболее сильное снижение тотальной ДНК микромицетов отмечалось для эндофитов, полученных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), то на сорте Бурлак – для эндофитов из семян ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS-31 и *Bacillus subtilis* KS-38). С целью оценки вклада каждого из факторов (сорта, обработка растений) применяли дисперсионный анализ. Результаты оценки показали, что вклад сорта в изменчивость показателя составил менее 1%, а вклад биопрепаратов – 69,4%. Таким образом, снижение суммарной ДНК микромицетов в опытах было обусловлено использованием изучаемых биопрепаратов. В таблице 2 представлены данные по оценке влияния применения биопрепаратов на бактериальный микробиом семян яровой пшеницы.

Таблица 2 – Содержание тотальной ДНК бактерий в семенах яровой пшеницы различных сортов (пг/нг тотальной ДНК), $\times 10^{-7}$ 2022 г

Вариант	Йолдыз	Бурлак	Ульяновская 105
Контроль	19,82 ± 5,86	3,93 ± 0,94	4,11 ± 0,71
<i>Bacillus mojavensis</i> PS-17	38,43 ± 0,56	11,25 ± 3,15	6,29 ± 0,24
<i>Bacillus velezensis</i> KS-25	9,12 ± 1,21	3,94 ± 0,27*	5,52 ± 0,86*
<i>Bacillus velezensis</i> KS-31	47,31 ± 0,73	9,35 ± 2,36	17,64 ± 3,51
<i>Bacillus subtilis</i> KS-38	4,25 ± 0,27	2,47 ± 0,96*	28,11 ± 4,10

Примечание: * – значения не достоверны в сравнении с контролем при $P=0,05$.

В отличие от показателей для микромицетов, для бактериального микробиома проявились значительные отличия между сортами. Так в контроле для сорта Йолдыз показатель содержания ДНК бактерий на семенах был в 4,8-5,0 раз выше, чем у сортов Бурлак и Ульяновская 105. Между изучаемыми штаммами проявились отличия по влиянию на показатель в зависимости от сорта. Достоверный рост показателя на всех изучаемых сортах был у *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Для *Bacillus velezensis* KS-25 показатели были ниже или

на уровне контроля, а для *Bacillus subtilis* KS-38 увеличение отмечалось только на сорте Ульяновская 105. Анализ результатов дисперсионного анализа показал, что наибольший вклад в изменчивость содержания суммарной ДНК бактерий в семенах оказал сорт (29,9%), а вклад биопрепаратов был ниже (25,5%). С точки зрения источников получения эндофитных бактерий, только на сорте Ульяновская 105 некоторое преимущество имели штаммы, выделенные из семян ярового ячменя.

Для оценки зависимости между

значениями тотальной ДНК микромицетов и бактерий был проведен корреляционный анализ, который показал отсутствие тесной корреляции между ними ($r = 0,13$).

Выводы. Проведенные исследования показали, что опрыскивание растений яровой пшеницы различными биопрепаратами на основе эндофитных бактерий рода *Bacillus* оказывает различное влияние на грибной и бактериальный микробиом семян. Так, если в отношении микромицетов обработка снижает величину тотальной ДНК, независимо от сорта, то для бактериального микробиома, в первую очередь оказывает влияние сорт, а характер

действия эндофитных бактерий определялся их видом. Увеличение суммарной ДНК бактерий на всех сортах происходило для *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Зависимость величины суммарной ДНК микромицетов и бактерий в семенах яровой пшеницы в опытах не обнаружена.

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Генетическая технология селекции микроорганизмов и конструирования консорциумов на их основе для создания биопрепаратов в растениеводстве» (уникальный идентификатор контракта RF-1930.61321X0001).

Литература

1. Петухова М. С., Орлова Н. В. Приоритетные направления научно-технологического развития защиты сельскохозяйственных растений в России и мире // IASJ. 2021. №2.
2. Козлова Е.А. Биологизация систем защиты сельскохозяйственных культур от болезней // Вестник ОрелГАУ. 2022. №1 (94). С. 17-22.
3. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests / S. K.Yuldasheva, M. F. Bekchonova, D.A. Almatova, G. Askarova, K. Numonjon // International scientific journal of Biruni. 2022. №2. С. 114-120.
4. Комарова О. П., Козенко К. Ю., Земляничина С. В. Биологическая защита растений - одно из основных направлений снижения пестицидной нагрузки на агроценозы // МНИЖ. 2021. №9-1 (111). С. 98-102.
5. Перспективы использования псевдомонад, ассоциированных с почвенными лумбрицидами, против возбудителей корневых гнилей яровых зерновых / О. М. Минаева, Е. Е. Акимова, Н. Н. Терещенко, А. В. Кравец, Т. И. Зюбанова, М. В. Апеньшева // Сельскохозяйственная биология. 2019. №1. С.91-100.
6. Терлецкий В. П. Молекулярно-генетическая идентификация штаммов бактерий-антагонистов фитопатогенов // Известия НВ АУК. 2022. №3 (67). С. 298-305.
7. Культивируемые эндофитные бактерии стеблей и листьев гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, А. М. Афонин, А. Ю. Борисов, И. А. Тихонович, В. А. Жуков // Экологическая генетика. 2020. №2. С.169-184.
8. Kuramshina Z. M., Smirnova Y. V., Khairullina R. M. Influence of bacillus subtilis and cadmium on the mycorrhization of wheat plants // МНИЖ. 2022. №4-2 (118). С.103-106.
9. Эффективность биопрепаратов эндофитных бактерий на яровой пшенице и устойчивость агроэкосистемы / А. А. Алферов, А. А. Завалин, Л. С. Чернова, В. К. Чеботарь // Плодородие. 2019. №1 (106). С. 41-44.
10. Латыпова Г. Ю., Черепанова Е. А., Максимов И. В. Вредоносность септориоза пшеницы и меры борьбы с ним // Вестник науки. 2019. №5 (14). С. 75-79.
11. Влияние бактерий-эндофитов озимых зерновых культур на развитие заболевания, вызываемого *Microdochium nivale* / О. А. Гоголева, А. Р. Мещеров, Е. А. Рязанов, Д. И. Мошенская, В. Ю. Горшков // БОНЦ УрО РАН. 2021. №3. С. 1.
12. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве/ Е.Н. Васильева, Г.А. Ахтемова, В.А. Жуков, И.А. Тихонович // Экологическая генетика. 2019. №1. С. 19-32.
13. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: механизмы реализации и практическая значимость(обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2021. №5. С. 843-867.
14. Сопрунова О. Б., Сопрунова В. Е., Байрамбеков Ш. Б., Полякова Е. В. Изучение влияния биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* на урожайность картофеля // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. №4. С.86-95.
15. Арестова Н. О., Рябчун И. О. Возможность биологизации защиты виноградников от милдью с помощью биопрепарата // Вестник КрасГАУ. 2022. №11 (188). С.10-18.
16. Максимов И. В., Хайруллин Р. М. Фитоиммунитет и микробиом растений // Аграрная наука. 2019. №2. С.40-44.
17. Влияние бактерий рода *Bacillus* на почвенную микробиоту при предпосадочной обработке картофеля / В. С. Масленникова, В. П. Цветкова, С. М. Нерсесян, Е. В. Бедарева, И. М. Дубовский // Плодородие. 2022. №1 (124). С. 50-53.

Сведения об авторах:

Диабанкана Родерик Жиль Кларе – аспирант, e-mail: diabas.gilles@gmail.com

Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE USE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS DURING THE VEGETATION PERIOD ON THE MICROBIOME OF SPRING WHEAT SEEDS

R. J. Diabankana, R. I. Safin

Abstract. An assessment is made of the effect of spraying plants with biological products on the total microbiome of seeds of a new crop. The studies were carried out on three varieties of spring wheat of domestic breeding - Yoldyz, Burlak and Ulyanovsk-105. Preparations based on strains of endophytic bacteria isolated from seeds of spring wheat (*Bacillus mojavensis* PS17, *Bacillus velezensis* KS25) and spring barley (*Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38) were used as biological preparations. The treatment of spring wheat crops was carried out in the phase of entry into

the tube using the biological product consumption rate of 1.0 l/ha. The impact of treatments on the fungal and bacterial microbiome was assessed using quantitative PCR methods with the determination of the total (total) DNA of microorganisms per unit weight of seeds. In most cases, the use of treatment with endophytic bacteria reduces the amount of total micromycete DNA on seeds. Among the studied isolates, the *Bacillus subtilis* KS-38 strain was especially distinguished, which provided a significant (7.7-11.1 times) decrease in this indicator in all varieties. *Bacillus mojavensis* PS-17 had a significant effect (a decrease of almost 47 times) on the Ulyanovska 105 variety, and *Bacillus velezensis* KS-31 on the Burlak variety. On varieties Yoldyz and Ulyanovska 105, the most significant decrease in the total DNA of micromycetes was noted for endophytes obtained from spring wheat seeds (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), and on variety Burlak, endophytes from spring barley seeds (*Bacillus velezensis* KS-31 and *Bacillus subtilis* KS-38). The decrease in the total DNA of micromycetes in the experiments was due to the use of the studied biological products and, to a lesser extent, varietal characteristics. For the bacterial microbiome, there were strong differences between varieties. A significant increase in the total DNA of bacteria in all studied varieties was in *Bacillus mojavensis* PS-17 and *Bacillus velezensis* KS-31. The variety (29.9%) made the greatest contribution to the variability in the content of total bacterial DNA in seeds, and the contribution of biological preparations was lower (25.5%). In the experiments, no correlation was found between the indicators of the total DNA of micromycetes and bacteria in spring wheat seeds.

Key words: microbiome, bacterial microbiome, fungal microbiome, endophytic bacteria, seeds, varieties, spring wheat.

References

1. Petukhova M. S., Orlova N. V. Priority directions of scientific and technological development of agricultural plant protection in Russia and the world // IACJ. 2021. №2.
2. Kozlova E. A. Biologization of systems for the protection of agricultural crops from diseases // Vestnik OrelGAU. 2022. No. 1 (94). pp. 17-22.
3. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests/ S. K. Yuldasheva, M. F. Bekchonova, D.A. Almatova, G. Askarova, K. Numonjon // International scientific journal of Biruni. 2022. №2. pp. 114-120.
4. Komarova O. P., Kozenko K. Yu., Zemlyanitsyna S. V. Biological protection of plants - one of the main directions for reducing the pesticide load on agroecosystems // MNIZH. 2021. No. 9-1 (111). pp. 98-102.
5. Prospects for the use of *Pseudomonas* associated with soil lumbricidides against root rot pathogens of spring cereals / O. M. Minaeva, E. E. Akimova, N. N. Tereshchenko, A. V. Kravets, T. I. Zyubanova, M. V. Apenysheva // Agricultural biology. 2019. No. 1. S.91-100.
6. Terletsky V. P. Molecular genetic identification of strains of bacteria-antagonists of phytopathogens // Izvestiya NV AUK. 2022. No. 3 (67). pp. 298-305.
7. Vasilyeva E. N., Akhtemova G. A., Afonin A. M., Borisov A. Yu., Tikhonovich I. A., Zhukov V. A. Cultivated endophytic bacteria of stems and leaves of common pea (*Pisum sativum* L.) // E. N. Vasilyeva, G. A. Akhtemova, A. M. Afonin, A. Yu. Borisov, I. A. Tikhonovich, V. A. Zhukov // Ecological genetics. 2020. №2. pp.169-184.
8. Kuramshina Z. M., Smirnova Y. V., Khairullina R. M. Influence of bacillus subtilis and cadmium on the mycorrhization of wheat plants // MNIZH. 2022. No. 4-2 (118). pp.103-106.
9. The effectiveness of biopreparations of endophytic bacteria on spring wheat and the stability of the agroecosystem / A. A. Alferov, A. A. Zavalin, L. S. Chernova, V.K. Chebotar // Fertility. 2019. No. 1 (106). pp. 41-44.
10. Latypova G.Y u., Cherepanova E. A., Maksimov I. V. Harmfulness of wheat septoria and measures to combat it. Vestnik nauki. 2019. No. 5 (14). pp. 75-79.
11. Influence of endophyte bacteria of winter crops on the development of the disease caused by *Microdochium nivale* / O. A. Gogolev, A. R. Meshcherov, E. A. Ryazanov, D.I. Moshenskaya, V.Yu. Gorshkov // BONTs UB RAS. 2021. №3. C. 1.
12. Endophytic microorganisms in fundamental research and agriculture / E. N. Vasilyeva, G. A. Akhtemova, V. A. Zhukov, I. A. Tikhonovich // Ecological genetics. 2019. No. 1. pp. 19-32.
13. Lastochkina O. V. Adaptation and resistance of wheat plants to drought mediated by natural growth regulators *Bacillus* spp.: implementation mechanisms and practical significance (review) // Agricultural biology. 2021. №5. pp. 843-867.
14. Soprunova O. B., Soprunova V. E., Bayrambekov Sh. B., Polyakova E. V. Study of the effect of a biological product based on *Bacillus atrophaeus* on potato yield // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies. 2020. №4. S.86-95.
15. Arestova N. O., Ryabchun I. O. Possibility of biologization of protection of vineyards from mildew using a biological product // Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 11 (188). pp.10-18.
16. Maksimov I. V., Khairullin R. M. Phytoimmunity and microbiome of plants // Agrarian science. 2019. №2. pp.40-44.
17. Influence of bacteria of the genus *Bacillus* on soil microbiota during pre-planting processing of potatoes / V. S. Maslennikova, V. P. Tsvetkova, S. M. Nersesyan, E. V. Bedareva, I. M. Dubovsky // Fertility. 2022. No. 1 (124). pp. 50-53.

Authors:

Diabankana Roderic Gilles Claret – PhD student, e-mail: diabas.gilles@gmail.com
 Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.