

Влияние микробиологических препаратов на урожайность яровой мягкой пшеницы

© 2021. И. Ю. Иванова, к. с.-х. н., с. н. с., Д. А. Дементьев, к. с.-х. н., н. с.,
Чувашский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,
429911, Россия, Чувашская Республика, Цивильский район,
пос. Опытный, ул. Центральная, д. 2,
e-mail: m35y24@yandex.ru, tymondem@mai.ru, chniish@mail.ru

Ежегодное использование огромного количества различных пестицидов для защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, а также использование химических солей минеральных удобрений с целью получения большего количества урожая лучшего качества является одним из элементов вырождения и массовой гибели макро-, мезо-, микрофлоры и фауны почвы. Нарушается баланс в процессе минерализации почвы и гумификации органических остатков. Это приводит к деградации плодородного слоя почвы, потере активного гумуса, сокращению мощности гумусового слоя. Как один из вариантов сокращения использования протравителей, фунгицидов и удобрений, предлагается использование микробиологических удобрений на основе штаммов живых микроорганизмов и их спор.

На экспериментальной базе Чувашского научно-исследовательского института изучалось влияние микробиологических препаратов на биометрические показатели, урожайность и экономическую эффективность возделывания яровой мягкой пшеницы сорта Московская 35. Наибольшую прибавку урожая в среднем за 2 года дало совместное использование препаратов на основе азотофиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов – до 1,5 т/га. При этом, затраты на биоудобрения составили 1,9–5,4% от общей структуры затрат. Рентабельность возделывания возросла от 14,4% при использовании только одного штамма микроорганизмов, до 43,5% при использовании 2-х видов микробиологических удобрений, в сравнении с контролем.

Ключевые слова: микробиологические удобрения, стимуляторы роста, яровая мягкая пшеница, урожайность.

Influence of microbiological preparations on yield of spring soft wheat

© 2021. I. U. Ivanova ORCID: 0000-0002-0792-1721
D. A. Dementiev ORCID: 0000-0002-8571-8059

Chuvash Agricultural Research Institute – Branch of FARC of North-East,
2, Centralnaya St., Opitny, Tsivilsk District, Chuvash Republic, Russia, 429911,
e-mail: m35y24@yandex.ru, tymondem@mai.ru, chniish@mail.ru

Thousands of tons of chemical products are used annually in the world industrial production of agricultural products, both mineral fertilizers and toxic chemicals, aimed at combating diseases, pests and weeds. These chemicals actively influence not only the object of the struggle, but also the soil flora and fauna. The inhabitants of the soil, which loosen the soil, as well as the microorganisms involved in the processes of humification and mineralization of humus, are dying. The vacant ecological niches are occupied by organisms pathogenic for plants. This leads to the need to apply disinfectants and fungicides in even larger quantities.

One way to break this destructive chain is to replace chemical fungicidal drugs with microbiological ones. In these preparations, microorganisms are natural competitors of phytopathogens, which have an antibiotic effect, protecting the cultivated crop from diseases. In addition, these microorganisms are able to assimilate free nitrogen of the air, supplying them with plants and soil, transfer inaccessible phosphorus compounds to plants that are readily available for plants, produce growth stimulants and other biologically active substances that positively affect the growth, development and productivity of the crop. Also, the soil is saturated with microflora useful for the soil and plants.

On the experimental base of the Chuvash Research Institute of Agriculture, the effect of microbiological preparations on biometrics, yield and economic efficiency of cultivation of spring soft wheat varieties Moskovskaya 35 was investigated. The greatest increase in yield on average for 2 years was given by the joint use of preparations based on nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms up to 1.5 ton/ha. At the same time, the cost of bio-fertilizers amounted to 1.9–5.4% of the total cost structure. The profitability of cultivation increased from 14.4% with the use of only one strain of microorganisms, up to 43.5% with the use of 2 types of microbiological fertilizers, in comparison with the control.

Keywords: microbiological fertilizers, growth stimulants, spring soft wheat, yield.

В последние годы при производстве сельскохозяйственной продукции всё чаще возникает вопрос получения экологически чистой продукции. Причин этому много: покупатель требует урожая, полученного с минимальным применением химических средств; эффективные пестициды и удобрения становятся всё дороже [1]; химическая нагрузка на окружающую среду приводит к значительному сокращению разнообразия экоценозов, а в почве гибнут остатки макро-, мезо- и микроорганизмов, что приводит к её интенсивной деградации и ускорению опустынивания сельскохозяйственных угодий [2–4]. По этим причинам многие производители начали отходить от традиционных методов возделывания сельскохозяйственных культур и принялись испытывать на посевах и посадках биологические препараты, отличающиеся достаточно большим разнообразием. Среди этого многообразия особую нишу занимают препараты на основе штаммов микроорганизмов (МО) имеющие различные свойства и назначения. В природе встречаются микроорганизмы, приносящие существенный вред сельскохозяйственным растениям, например, грибы рода *Fusarium*. Их действие в растениях нарушает ход естественных процессов метаболизма, включая фотосинтез, меняет химический состав растений, в первую очередь, белковый [5]. Используемые штаммы, согласно заявлению производителей, вступая в симбиотическую связь с растением при обработке посевного материала или вегетативных органов и семенного материала могут составить полноценную конкуренцию болезнетворным МО, вытесняя их с заселяемой площади органов растений. Иные применяемые штаммы используют выделения продуктов жизнедеятельности в качестве антибиотической среды для МО, не принадлежащих к данному виду, подавляя их развитие, тем самым защищая растения от патогенных грибов и бактерий [6]. Кроме того, подобные выделения могут воздействовать на растение симбионт как фитогормоны и органические соединения, влияющие на рост и развитие растения [7, 8]. Также активное распространение получили МО, способствующие усвоению газообразного азота из воздуха и переводу его в биологическую форму [9]. Их действие схоже с клубеньковыми бактериями бобовых растений, но, в отличие от них, эти МО могут заселять любые семейства растений. В большинстве почв содержатся большие запасы фосфора в недоступной для растений форме. Это способствовало созданию

микробиологических удобрений, обладающих фосфатмобилизирующими свойствами почвенных бактерий, то есть способствующих растворению минералов в силикатной форме, с последующим высвобождением фосфора и калия из сложных соединений с переводом их в доступные для растения формы [10, 11].

Все эти достижения в области микробиологических удобрений способствуют существенному снижению химической нагрузки на почву и окружающую среду, так как позволяют значительно сократить использование фунгицидов и протравителей, а также снизить применение азотных и фосфорных удобрений. Научные и исследовательские данные показывают, что микробиологические препараты положительно влияют на экономическую составляющую производства зерновых [12].

В опытах была поставлена цель – оценить эффективность микробиологических удобрений на основе различных штаммов микроорганизмов на яровой пшенице.

Задачей исследования является определение действия различных микробиологических удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являются растения яровой пшеницы сорта Московская 35, репродукции элита. Размещение вариантов внутри повторений – систематическое. Размещение повторений в опыте двухъярусное.

Количество вариантов в опыте 4. Повторность четырёхкратная, каждый вариант составляет 18 м², общая площадь под опытом – 288 м². В опытах применялись препараты на основе следующих живых клеток и спор бактерий: *Azotobacter chroococcum* (2 штамма от разных производителей); *Bacillus polymyxa*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus mucilaginosus*.

Схема опыта

Вариант 1. Контроль (St) Фон: N₁₅P₁₅K₁₅

Вариант 2. N₁₅P₁₅K₁₅ + бактериальное удобрение (БУ) на основе *Azotobacter chroococcum* (500 мл/т семян) + БУ на основе *Bacillus polymyxa* (500 мл/т семян) + БУ на основе *B. polymyxa* (1 внекорневая подкормка 400 мл/га) + БУ на основе *A. chroococcum* (2-я внекорневая подкормка 400 мл/га)

Вариант 3. N₁₅P₁₅K₁₅ + БУ на основе *Bacillus subtilis* (1 л/т семян при протравливании) + БУ на основе *B. subtilis* (1 внекорневая подкормка 1 л/га) + БУ на основе *B. subtilis* (2 внекорневая подкормка 1 л/га).

Вариант 4. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + БУ на основе *Bacillus mucilaginosus* (2 л/т семян) + БУ на основе *Azotobacter chroococcum* (2 л/т семян) + БУ на основе *A. chroococcum* (1 внекорневая подкормка 1 л/га) + БУ на основе *B. mucilaginosus* (2 внекорневая подкормка 1 л/га).

Во избежание конфликта интересов производителей марки препаратов и наименования производителей не указываются. Схема и дозировка применялись согласно рекомендациям производителей препаратов.

Улучшением азотного питания с помощью *Azotobacter chroococcum* занимался ещё академик С.П. Костычев в начале 30-х годов прошлого столетия. Было замечено, что, поселяясь в ризосфере сельскохозяйственных культур, микроорганизм способен не только вести фиксацию газообразного азота, улучшая азотное питание растения, но и вырабатывать биологически активные соединения типа стимуляторов роста и витаминов [13, 14]. Была установлена [15] антибиотическая активность фунгистического вещества – метилового эфира алифатической тетраеновой кислоты, который производили отдельные штаммы азотобактер, против многих фитопатогенных грибов. Недостатком данной бактерии являются требования, предъявляемые к среде обитания. Для полноценного развития и размножения ей требуются хорошо окультуренные, плодородные почвы. На бедных почвах бактерия быстро погибает, в связи с чем эффект от её присутствия сводится к минимуму.

Бактерии рода *Bacillus* являются активными продуцентами различных антибиотических веществ. *Bacillus polymyxa* – факультативный аэроб, восстанавливает нитраты. Также отмечено фосфатмобилизующее свойство данного рода бацилл. Данный вид МО может связывать азот воздуха и выделять стимуляторы роста растений [16, 17].

Bacillus subtilis поселяется в ризосфере растения, характеризуется активным выделением антибиотика, проявлением антагонистических свойств по отношению к различным фитопатогенам, продуцирует стимуляторы роста для инокулированных растений, за счёт чего может повышать иммунитет защищаемой культуры. Отдельные штаммы могут мобилизовать фосфор из органических, и неорганических соединений [18, 19].

Bacillus mucilaginosus обладает способностью растворять силикаты, апатиты, трикальцийфосфат, нуклеонат натрия и усваивать некоторое количество азота из воздуха [20].

Методика наблюдений и учётов в опыте: в исследованиях проводились фенологические наблюдения, учёт урожая сплошным методом, биометрический анализ растительных проб [21], математическая обработка данных [22].

Агротехника в опыте. Посев яровой пшеницы сорта Московская 35, репродукция суперэлита проведён в 2017 г. 3 мая, в 2018 г. 21 мая, на глубину 5–6 см, с нормой высева 6 млн семян или 260 кг/га. Всходы появились 18 мая в 2017 г. и 3 июня в 2018 г. Почва участка – тёмно-серая лесная среднесуглинистая.

Почва опытного участка характеризуется следующими показателями: на глубине пахотного слоя до 20 см содержание гумуса по Тюрину $5,8 \pm 0,5$ %; pH_{KCl} $5,5 \pm 0,2$; подвижный фосфор по P_2O_5 – 273 ± 29 мг/кг; обменный калий по K_2O – 111 ± 17 мг/кг; сумма поглощённых оснований – $16,7 \pm 1,4$ мг-экв./100 г; гидролитическая кислотность $3,6 \pm 0,4$ мг-экв./100 г почвы. Заключение по химическому составу почвы выдано Федеральным государственным бюджетным учреждением государственной центр агрохимической службы «Чувашский».

Предшественник – чистый пар. Обработка почвы: основная обработка – дискование на глубину 10–12 см (БДМ-3х4), ранневесеннее боронование (закрытие влаги) на глубину 4–5 см (БЗТС-1,0), предпосевная культивация на глубину 5–6 см (Паук-6,0), посев на глубину 5–6 см (СЗ-3,6), прикатывание. Предпосевное внесение NPK по 37,5 кг/га в действующем веществе. Перед посевом семена протравили согласно схеме опыта. Затем были проведены 2 внекорневые обработки, с рекомендованными дозами микробиологических удобрений.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2017–2018 годов. В 2017 г. рост и развитие сельскохозяйственных культур происходили при избытке осадков и пониженном температурном режиме в начале вегетации (май и июнь) и затем близкого к среднегодовой норме в остальной вегетационный период. За период активной вегетации растений (май–август) средняя температура воздуха составила $15,7$ °С, что ниже от многолетней на $0,7$ °С. Осадки – 139% многолетней нормы. Гидротермический коэффициент – 1,49.

В 2018 г. сев яровой пшеницы проводился значительно позже, чем в предыдущий год. Рост и развитие полевых культур осуществлялся в условиях недостатка влаги на фоне

высокого температурного режима в течение всего периода вегетации. Лишь в первой декаде июля выпали хорошие дожди – 35,4 мм (148% к многолетней декадной норме). Запасы продуктивной влаги в почве продолжали оставаться низкими. Гидротермический коэффициент за вегетацию составил 0,68. Уборка культуры проводилась в последней декаде августа.

Как 2017 г., так и 2018 г. по количеству осадков значительно отклонялись от средних многолетних. Однако засушливые условия сказываются на развитии МО более критично, чем условия переувлажнения.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены биометрические показатели растения яровой пшеницы в среднем за 2 года. Согласно полученным данным, основные элементы, влияющие на урожайность – количество зёрен с 1 колоса и их масса – имеют превышение над контролем по всем вариантам. Наибольшее отклонение количества зёрен с 1 колоса имелось в варианте 2 – 117,9% от контроля. Чуть меньше – в варианте 4, где использовалось два вида МО – 110,8% в сравнении с контролем. От-

клонение от контроля в варианте 3, с одним штаммом МО, составило менее 2%.

Все варианты с применением микробиологических препаратов ко количеству зёрен в колосе и массе зёрен с одного колоса превышали контроль. Наиболее продуктивные колосья по массе зерна были в варианте 4. Этот же вариант имел большее количество колосков в колосе.

В таблице 2 приведена хозяйственная урожайность культуры в зависимости от исследуемых препаратов. Динамика результатов показывает положительное влияние микробиологических удобрений на урожайность яровой пшеницы во всех вариантах. Варианты, в которых применялся комплекс микроорганизмов из двух различных штаммов (2 и 4) в 2018 г. существенно превысили контроль по прибавке урожайности. Вариант с одним штаммом микроорганизмов как в 2018 г., так и в 2017 г. не смог реализовать потенциал растений в большей степени, чем использование двух различных штаммов бактерий.

В таблице 3 приведены расчёты экономической эффективности использования микробиологических удобрений. Использование микробиологических удобрений во всех вариантах повышает рентабельность производства зерна. Эффект от одновременного применения

Таблица 1 / Table 1

Биометрические показатели яровой пшеницы перед уборкой в среднем за 2 года
Biometric indicators of spring wheat before harvesting on average for 2 years

№ варианта No. of option	Высота растений The height of plants		Длина колоса The length of ear		Количество колосков в колосе Number of spikelets per ear		Количество зёрен с колоса Number of grains per ear		Масса зёрен с 1 колоса Grain weight per 1 ear	
	см / cm	%	см / cm	%	шт. / pieces	%	шт. / pieces	%	г/g	%
1 Контроль Standard	97,7	100	9,5	100	15,4	100	25,4	100	1,15	100
2	94,9	97,1	9,1	95,8	15,4	100	29,95	117,9	1,3	113,0
3	96,3	98,6	9,2	97,4	14,6	95,1	25,85	101,8	1,25	108,7
4	98,8	101,1	9,6	101,1	15,7	102	28,15	110,8	1,45	154,9

Примечание / Note: % – процент от контроля / percent of the control.

Таблица 2 / Table 2

Влияние микробиологических удобрений на урожайность яровой пшеницы
Influence of microbiological fertilizers on the yield of spring wheat

№ варианта No. variants	Годы Years		Отклонение от стандарта The deviation from the standard			
			т/га / ton/ha		%	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
1 Контроль / Standard	4,1	2,0	–	–	–	–
2	4,6	3,5	+0,54	+1,5	13,24	75
3	4,5	2,6	+0,46	+0,6	11,32	30
4	5,0	3,9	+0,94	+1,9	23,09	95
НСР ₀₅			+0,97	+1,1	23,7	55

Таблица 3 / Table 3

Экономическая эффективность применения микробиологических удобрений, в среднем за 2 года
Economic efficiency of application of microbiological fertilizers, average for 2 years

№ варианта No. variants	Выход зерна после доработки, т/га Grain yield after completion, ton/ha	Выручка, тыс. руб./га Revenue, thousand rubles/ha	Производст- венные затраты, тыс. руб./га Production costs, thousand rubles/ha	Уровень рентабель- ности Level of profita- bility, %	Затраты на биоудобрения в структуре произ- водственных затрат The cost of bio-fertilizers in the structure of production costs, %
1 Контроль Standard	3,0	19,7	19,1	3,03	0
2	4,1	27,6	19,9	41,61	1,9
3	3,6	23,5	20,1	17,48	3,4
4	4,5	30,4	21,1	46,51	5,4

двух групп бактерий позволил получить уровень рентабельности 41,61 и 46,51% в вариантах 2 и 4 соответственно. Использование только одного штамма (вариант 3) позволило получить рентабельность 17,5% в среднем за 2 года. При этом, затраты на биоудобрения в общей структуре производственных затрат наибольшие были в варианте 4,0–5,4%. Наименьшая в варианте 1,9–2,0%.

Заключение

Применение микробиологических удобрений в опытах способствует приросту урожайности яровой пшеницы Московская 35 (0,5–1,5 т/га). Лучшие результаты показывают микробиологические удобрения на основе бактерий, фиксирующих азот и мобилизующих фосфор, применяемые совместно в обработке семенного материала и на вегетирующих растениях. Увеличение дозы микробиологических удобрений увеличивает урожайность: в среднем, за 2017–2018 гг. вариант № 4 с дозировкой по 2 л/т семян и 1 л/га по листу увеличил урожайность яровой пшеницы на 4 ц/га в сравнении с вариантом № 2, где применяли по 500 мл/т семян и 400 мл/га при опрыскивании зелёной массы растений. Также урожайность возрастает и при применении только одного штамма МО (*Bacillus subtilis*), антагонистичного к различным фитопатогенам, выделяющему вещества антибиотиковой природы и стимуляторы роста, хотя результат ниже, чем в вариантах с двумя группами организмов и находится в пределах ошибки опыта. Предполагается, что сообщество различных МО, вступая в симбиотическое взаимодействие с растением в его ризосфере, оказывает синергический эффект на рост и развитие растения. Применение только одной группы МО не даёт растению тот спектр стимуляторов роста и ви-

таминов, получаемый культурой при применении 2 видов микробиологических удобрений.

Экономически применение исследуемых препаратов оправдывается увеличением рентабельности на 14,4% в сравнении с контролем в варианте с *Bacillus subtilis* до 37,6, и 43,5% в вариантах с комплексным применением 2-х видов удобрений. Это связано с ростом урожайности пшеницы.

За 2 года опытно-исследовательской работы мы пришли к выводу, что микробиологические удобрения показали значительную зависимость от климатических показателей. При влажном и прохладном вегетационном периоде воздействие исследуемых микроорганизмов снижается, так как для своего интенсивного развития они требуют комфортных температурных условий. При недостаточном количестве осадков интенсивность их деятельности так же существенно снижается и эффект от их использования сильно падает. Но всё же польза от использования подобных микроорганизмов несомненна. Их использование позволяет увеличить в почве численность естественных антагонистов для фитопатогенов растений, что, в последствии, позволит снизить потери от заболеваемости сельскохозяйственных культур. Так же, возможность этих бактерий связывать свободный азот из воздуха и увеличивать доступность соединений фосфора для питания растений позволит получить больший урожай при тех же затратах на минеральные удобрения.

References

1. Konstantinova S.P., Ivanova I.Yu. The influence of chemical and biological treatments on yield of potato // Priority directions of development of modern science young agricultural scientists. materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh

- ucheniyh, posvyashchenoy 25-letiyu FGBU "Kaspiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut aridnogo zemledeliya". c. Solyonoe Zaymishche, 2016. P. 96–100 (in Russian).
2. Berestetskiy O.A., Wozniakowskaya J.M., Dorosinskiy L.M. The biological basis of soil fertility. Moskva: Kolos, 1984. 287 p. (in Russian).
 3. Zvyagintsev D.G. Soil biology: a textbook. Moskva: MGU, 2005. 445 p. (in Russian).
 4. Karyagina L.A. Microbiological bases of soil fertility increase. Moskva: Nauka i tekhnika, 1983. 181 p. (in Russian).
 5. Domracheva L.I., Fokina A.I., Skugoreva S.G., Ashikhmina T.Ya. Two sides of soil fungi of the genus *Fusarium* and their metabolites: danger to biota and the possibility of use in biotechnology (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2021 No. 1. P. 6–15 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015
 6. Haggag W.M. Isolation of bioactive antibiotic peptides from *Bacillus brevis* and *Bacillus polymyxa* against botrytis grey mould in strawberry // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2008. V. 41. No. 7. P. 477–491. doi: 10.1080/03235400600833704
 7. Martinez-Toledo M.V., Gonzalez-Lopez J., de la Rubia T., Ramos-Cormenzana A. Isolation and characterization of *Azotobacter chroococcum* from the roots of *Zea mays* // FEMS Microbiology Letters. 1985. V. 31. No. 4. P. 197–203. doi: 10.1016/0378-1097(85)90403-3
 8. Malik B.S., Paul S., Sharma R.K., Sethi A.P., Verma O.P. Effect of *Azotobacter chroococcum* on wheat (*Triticum aestivum*) yield and its attributing components // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2005. V. 75. No. 9. P. 600–602.
 9. Lee I.Y., Seo W.T., Kim G.J., Kim M.K., Ahn S.G., Kwon G.S., Park Y.H. Optimization of fermentation conditions for production of exopolysaccharide by *Bacillus polymyxa* // Bioprocess Engineering. 1997. V. 16. No. 2. P. 71–75.
 10. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Leaching products in the bacterial system "breed-culture" at biochemical degradation by silicate bacteria of diatomite, zeolite and bentonite // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2017. V. 19. No. 2–2. P. 284–288 (in Russian).
 11. Voronkov M.G., Kuznetsov I.G. Silicon in nature. Novosibirsk: Nauka, 1984. 155 p. (in Russian).
 12. Koryagina N.V., Koryagin Yu.V., Efremova S.Yu., Koryagina E.Yu. Microbiological preparations as ensuring the environmental friendliness of agricultural production // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2016. V. 30. No. 2. P. 179–184 (in Russian).
 13. Cherif-Silini H., Silini A., Yahiaoui B., Ouzari I., Boudabous A. Phylogenetic and plant-growth-promoting characteristics of bacillus isolated from the wheat rhizosphere // Annals of Microbiology. 2016. V. 66. No. 3. P. 1087–1097. doi: 10.1007/s13213-016-1194-6
 14. Ashraf A., Bano A., Ali S.A. Characterisation of plant growth-promoting rhizobacteria from rhizosphere soil of heat-stressed and unstressed wheat and their use as bio-inoculant // Plant Biology. 2019. V. 21. No. 4. P. 762–769. doi: 10.1111/plb.12972
 15. Pridachina N.N., Novogradskaya E.D., Kruglyak E.B. *Azotobacter chroococcum*, an organism producing a new antifungal antibiotic // Antibiotiki. 1982. V. 27. No. 1. P. 3–6 (in Russian).
 16. Shashikala A.R., Raichur A.M. Role of interfacial phenomena in determining adsorption of *Bacillus polymyxa* onto hematite and quartz // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2002. V. 24. No. 1. P. 11–20. doi: 10.1016/S0927-7765(01)00217-X
 17. Karpunina L.V., Mel'nikova U.Yu., Konnova S.A., Stadnik G.I. The study of the biological role of lectins of *Bacillus polymyxa* in the interaction with the carbohydrate fraction of wheat roots ecocomposite // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya biologicheskaya. 2003. No. 3. P. 311–314 (in Russian).
 18. Abo Doma A., Shoaib R.M., Mohamed H.A. Exploration of modify genes expression in wheat via the enhancement of *Bacillus subtilis* // I Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. V. 8. No. 1. P. 1878–1886.
 19. Bulavenko L.V., Roy A.A., Kurdish I.K. Comparative characteristics of growth and phosphatability activity of *Bacillus polymyxa* and *Bacillus subtilis* // Visnik Odes'kogo nacional'nogo universitetu. Biologiya. 2001. V. 6. No. 4. P. 43–46 (in Russian).
 20. Chen S., Lian B., Liu C. Effect of *Bacillus mucilaginosus* on weathering of phosphorite and a preliminary analysis of bacterial proteins // Chinese Journal of Geochemistry – English Edition. 2008. V. 27. No. 2. P. 209–216.
 21. Batalova G.A., Sheshhegova T.K., Starikov V.A. Methodical recommendations on ecological testing of agricultural crops on the example of grain. Kirov: GNU NIISKH Severo-Vostoka, 2013. 31 p. (in Russian).
 22. Moiseichenko V.F., Trifonova M.F., Zaveryukha A.X., Eshchenko V.E. Fundamentals of scientific research in agronomy: Textbook. Moskva: Kolos, 1996. 336 p.