

СТАТЬЯ

УДК 632.98

DOI 10.17513/use.38383

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ МИКРОБНОГО
СИНТЕЗА *BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* И *BACILLUS SUBTILIS*
НА НЕКОТОРЫХ ВИДАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****Бородина Н.Н.***ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,
Тамбов, e-mail: nat_nik_borodina@mail.ru*

Биологизация сельского хозяйства предполагает необходимость введения в систему защиты растений от болезней препаратов биологического происхождения, не имеющих отрицательного воздействия на культуру и окружающую среду. Биостимуляторы позволяют у растений повышать комплексную устойчивость к широкой классификации вирусных, бактериальных и грибковых заболеваний, а также адаптивные свойства к различным факторам окружающей среды (температура, засуха, продолжительность светового дня и т.д.). Цель исследования заключалась в изучении эффективности применения биологически активного препарата на основе микробного синтеза *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus subtilis* на некоторых видах сельскохозяйственных культур. Опыт представлен комплексом исследований, заложенных на экспериментальных площадках агропредприятий, в разрезе исследуемых культур. Результаты проведения полевого опыта оценивались согласно следующим показателям: месторасположение экспериментальной площадки, ее площадь, сортовые особенности культуры, предшественник, метод и фазы обработки, морфометрические показатели растений, метеорологические показатели (среднесуточные температуры, осадки) в период вегетации, фактическая урожайность культуры относительно контрольного участка. Особое внимание уделялось схеме защиты растений контрольных участков, представленной преимущественно химпрепаратами, и экспериментальных участков с частичной заменой химических регуляторов препаратами с биологической основой. В ходе проведенного эксперимента установлено, что средняя урожайность опытных участков выше по сравнению с урожайностью контрольных участков. Расчет экономической эффективности от предложенной схемы защиты растений, с учетом полученных результатов, позволяет рекомендовать проведение дальнейших исследований по применению изучаемого биопрепарата.

Ключевые слова: биологически активные препараты, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, схема защиты растений, морфометрия, урожайность

**APPLICATION OF A BIOLOGICAL PRODUCT BASED ON MICROBIAL
SYNTHESIS OF *BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* AND *BACILLUS SUBTILIS*
ON CERTAIN TYPES OF AGRICULTURAL CROPS****Borodina N.N.***Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, e-mail: nat_nik_borodina@mail.ru*

Biologization of agriculture requires the introduction of biological preparations into the plant disease protection system that do not have a negative impact on crops and the environment. Biostimulants allow plants to increase their complex resistance to a wide range of viral, bacterial and fungal diseases, as well as their adaptive properties to various environmental factors (temperature, drought, daylight hours, etc.). The aim of the study was to investigate the effectiveness of using a biologically active preparation based on the microbial synthesis of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* on some types of agricultural crops. The experience is presented by a set of studies carried out on experimental sites of agricultural enterprises in the context of the studied crops. The results of the field experiment were assessed according to the following indicators: location of the experimental site, its area, varietal characteristics of the crop, predecessor, method and phases of processing, morphometric indicators of plants, meteorological indicators (average daily temperatures, precipitation) during the growing season, actual crop yield relative to the control site. Particular attention was paid to the plant protection scheme of the control plot, represented mainly by chemical preparations, and experimental plots with a partial replacement of chemical regulators with preparations with a biological basis. During the experiment it was found that the average yield of the experimental plots was higher than the yield of the control areas. Calculation of the economic efficiency of the proposed plant protection scheme, taking into account the results obtained, allows us to recommend further research on the use of the studied biopreparation.

Keywords: biologically active preparations, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, plant protection scheme, morphometry, yield

Введение

Успешное выращивание полевых культур без применения средств химизации на сегодняшний день трудно представить. Приоритетным направлением развития российского агропромышленного комплек-

са является экологизация за счет применения биологических агентов (биоудобрения, биоиндикаторы, биофунгициды) в качестве безопасной альтернативы химическим веществам [1]. Биологизация сельского хозяйства предполагает необходимость вве-

дения в систему защиты растений от болезней препаратов биологического происхождения, не имеющих отрицательного воздействия на культуру и окружающую среду [2]. Биостимуляторы позволяют повышать комплексную устойчивость растений к широкой классификации вирусных, бактериальных и грибковых заболеваний, а также адаптивные свойства к различным факторам окружающей среды (температура, засуха, продолжительность светового дня и т.д.) [3, 4]. При этом очень важно использовать безопасные препараты, которые, помимо высокой урожайности, сохраняют естественную микробиоту почвы [5]. Особое внимание уделяется разработке инновационных регуляторов роста и развития растений на бактериальной основе. С физиологической точки зрения важно, что бактерия заселяет преимущественно нижнюю поверхность листовой пластинки. Установлена ее способность не только проникать сквозь устьица листьев, но и колонизироваться в межклетниках эпидермиса и мезофилле листа [6]. Такое всеобъемлющее покрытие и проникновение не всегда достижимо для химических препаратов, а для биологических является исключительно особенностью [7].

Цель исследования – оценка эффективности применения биологически активного препарата на основе микробного синтеза *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus subtilis* на некоторых видах сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы исследования

Опыт представлен комплексом исследований, заложенных на экспериментальных площадках агропредприятий Тамбовской области, в разрезе исследуемых культур. Результаты проведения полевого опыта по применению биологически активного препарата на основе микробного синтеза *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis* на сельскохозяйственных культурах *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Beta vulgaris* L. и *Pisum sativum* L. [8, 9]. Результаты проведения полевого опыта оценивались согласно следующим показателям: месторасположение экспериментальной площадки, ее площадь, сортовые особенности культуры, предшественник, метод и фазы обработки, морфометрические показатели растений, метеорологические показатели (среднесуточные температуры, осадки) в период вегетации, фактическая урожайность культуры относительно контрольного

участка. Особое внимание уделялось схеме защиты растений опытного и контрольного участков.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальная площадка № 1 – северо-запад Тамбовской области, культура *Hordeum vulgare* L., сорт Деспина, предшественник *Zea* L. площадь опытного участка 10 га, обработка проводилась в три этапа, представляющие полевое механизированное опрыскивание в фазу кущения, 2-я обработка в фазу выхода в трубку и 3-я обработка в фазу образования флагового листа, эффективность применения биопрепарата оценивали по фактической урожайности культуры, дата проведения уборки урожая 05.08.2024. Фактические схемы защиты растений опытного и контрольного участков представлены в табл. 1.

Метеорологические условия в период проведения эксперимента характерны для климатических условий весенне-летнего периода Тамбовской области. В фазу растений выхода в трубку были отобраны образцы для определения основных морфологических показателей [11]. Согласно проведенным исследованиям, на опытном участке установлено опережение роста и развития растений, что подтверждается средними значениями морфологических показателей по высоте и диаметру стебля, размеров листовой пластинки, мощностью корневой системы, размерам колоса (рис. 1, 2).

Основополагающим экспериментальным этапом полевых опытов было определение урожайности исследуемых культур. Средняя урожайность опытного поля составила 55,0 ц/га, тогда как фактическая урожайность контрольного участка – 54,0 ц/га. Соответственно прибавка по урожайности составила 1,0 ц/га, что соответствует 1,8% с каждого гектара сельскохозяйственных площадей. При расчете экономических показателей применения средств защиты растений установлено, что контрольный вариант системы защиты растений финансово дороже. Прибавка по урожайности при применении исследуемых биологически активных средств защиты 1,0 ц/га, что позволяет получить экономическую эффективность от применения данной схемы защиты, и она, с учетом полученных результатов, может быть рекомендована к внедрению в производственном цикле следующего урожая года.

Таблица 1

Схемы защиты растений *Hordeum vulgare* L. опытного и контрольного участков

Опытный участок			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода, л/га (т)
Протравливание семян	Систива, КС	Опрыскивание	0,50
	Тиара, КС		0,50
	Биопрепарат (<i>Bacillus amylo-liquefaciens</i> + <i>Bacillus subtilis</i>)		0,02
1-я обработка, фаза кущения	Флора Стар, СЭ	Опрыскивание	0,50
	Прима, СЭ		0,50
	Биопрепарат (<i>Bacillus amylo-liquefaciens</i> + <i>Bacillus subtilis</i>)		0,02
2-я обработка, фаза выхода в трубку	Альфаплан, КС	Опрыскивание	0,05
	Биопрепарат (<i>Bacillus amylo-liquefaciens</i> + <i>Bacillus subtilis</i>)		0,02
	SOLAR (18-18-18)		2,00
3-я обработка, фаза образования флагового листа	Биопрепарат (<i>Bacillus amylo-liquefaciens</i> + <i>Bacillus subtilis</i>)	Опрыскивание	0,02
	Борей, СК		0,10
Контрольный участок (контрольная хозяйственная схема)			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
Протравливание семян	Ломадор Про, КС	Опрыскивание	0,90
	Систива, КС		0,50
	Тиара, КС		0,50
1-я обработка, фаза кущения	Флора Стар, СЭ	Опрыскивание	0,50
	Прима, СЭ		0,50
2-я обработка, выход в трубку	Альфаплан, КС	Опрыскивание	0,05
	SOLAR (18-18-18)		2,00
3-я обработка, образование флагового листа	Альто Супер, КЭ	Опрыскивание	0,53
	Борей, СК		0,10

Примечание: контрольный участок представлен хозяйственной схемой защиты растений (предоставленной руководителем хозяйства), концентрации указаны согласно инструкциям применения пестицидов; опытный участок – с частичной заменой химпрепаратов на биологически активный препарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis*. Источник: составлено автором на основе источника [10].

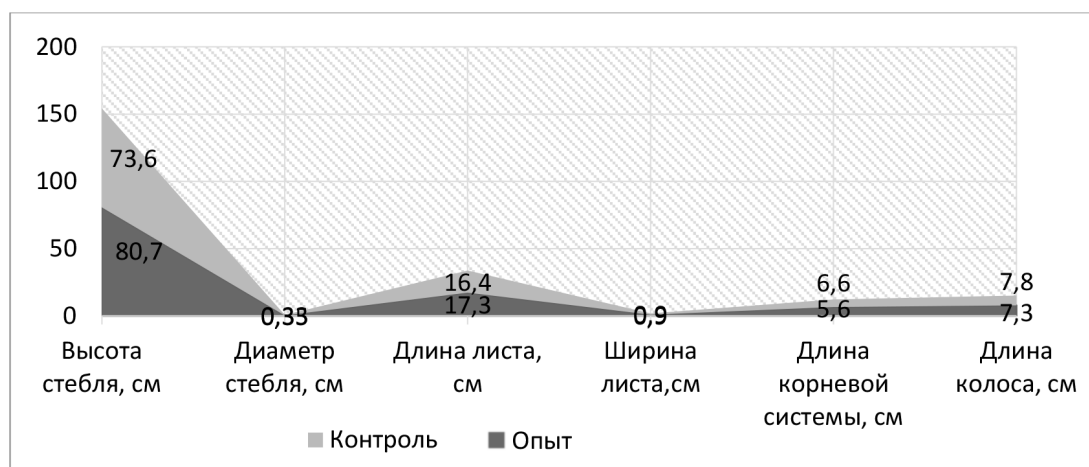


Рис. 1. Средние значения основных морфологических показателей растений *Hordeum vulgare* L. на 10.07.2024

Источник: составлено автором на основе [10]



Рис. 2. Механизированное опрыскивание экспериментального участка экспериментальной площадки № 1 – северо-запад Тамбовской области, культура *Hordeum vulgare* L., сорт Десина, предшественник *Zea* L. площадь опытного участка 10 га

Таблица 2

Схемы защиты растений *Triticum aestivum* L.
опытного и контрольного участков

Опытный участок			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка, фаза начала кущения	Прима, СЭ	Опрыскивание	0,50
	Биопрепарат		0,02
2-я обработка, конец кущения	Альбит	Опрыскивание	0,50
	Биопрепарат		0,05
3-я обработка, фаза выхода в трубку	Альфаплан, КС	Опрыскивание	0,05
	SOLAR (20-20-20)		3,00
4-я обработка, фаза образования флагового листа	Биопрепарат	Опрыскивание	0,05
5-я обработка, колошение	Борей, СК	Опрыскивание	0,10
Контрольный участок (контрольная хозяйственная схема)			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка, фаза начала кущения	Прима, СЭ	Опрыскивание	0,50
	SOLAR (15-30-15)		2,0
2-я обработка, конец кущения	Солигор, КЭ	Опрыскивание	0,50
	Альбит		0,05
3-я обработка, фаза выхода в трубку	Альфаплан, КС	Опрыскивание	0,05
	SOLAR (20-20-20)		3,00
4-я обработка, флаговый лист	Альто Супер, КЭ	Опрыскивание	0,50
5-я обработка, колошение	Борей, СК	Опрыскивание	0,10

Примечание: контрольный участок представлен хозяйственной схемой защиты растений (предоставленной руководителем хозяйства), концентрации указаны согласно инструкциям применения пестицидов; опытный участок – с частичной заменой химпрепаратов на биологически активный препарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis*. Источник: составлено автором на основе [10].

Одновременно был заложен опыт на экспериментальной площадке № 2 – юго-восток Тамбовской области, культура – *Triticum aestivum* L., сорт Тимирязевская 150, предшественник *Zea* L., площадь опытного участка 15 га. Обработка биологически активным препаратом на основе микробного синтеза *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis* представляла двухэтапное механизированное опрыскивание в фазу кушения и образования флагового листа [12]. Дата проведения уборочных работ 02.08.2024. Схемы защиты растений опытного и контрольного участков представлены в табл. 2.

В ходе эксперимента установлено, что на опытном участке отмечено опережение роста и развития растений. Согласно фазам развития опережение по основным морфологическим показателям в среднем составляет 5–7 дней. Фактическая урожайность экспериментального поля составила 62,0 ц/га, тогда как контрольный участок, обработанный по хозяйственной схеме растений, показал урожайность 61,2 ц/га, соответственно, прибавка составила 0,8 ц/га (1,3 %) хозяйственных площадей. При расчете экономических показателей применения исследуемых средств защиты растений установлено, что контрольный вариант

предложенной схемы защиты растений финансово дороже. Прибавка по урожайности с применением биопрепарата позволяет получить экономическую эффективность от предложенной схемы защиты.

На экспериментальной площадке № 3, расположенной в северной части Тамбовской области, был заложен полевой опыт со следующими характеристиками: культура – *Beta vulgaris* L., сорт Крокодил, предшественник *Hordeum* L., площадь опытного участка 10 га, метод обработки – механизированное полевое опрыскивание, проводилось в два этапа: появление двух-трех пар листьев и период смыкания листьев в междурядьях [13]. Дата проведения уборочных работ 02.10.2024. Схемы защиты растений опытного и контрольного участков представлены в табл. 3.

Фактическая урожайность растений *Beta vulgaris* L. на экспериментальном поле составила 430,00 ц/га, на контрольном поле – 400,0 ц/га, соответственно, прибавка составила 30,0 ц/га (+ 7,5 %). На опытном участке биометрические показатели растений свидетельствовали об опережении роста в период вегетации, что позволило получить более высокую урожайность на 30,0 ц/га (7,5 %).

Таблица 3

Схемы защиты растений *Beta vulgaris* L. опытного и контрольного участков

Опытный участок			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка	Бетагран Трио, КЭ	Опрыскивание	1,50
2-я обработка, 2–3 пары листьев	Бицепс 22, КЭ	Опрыскивание	1,50
	Трицепс, ВДГ		0,02
	Биопрепарат		0,02
3-я обработка, смыкание листьев в междурядьях	Бицепс 22, КЭ	Опрыскивание	0,05
	Трицепс, ВДГ		0,02
	Центурион, КЭ		0,40
	Биопрепарат	Опрыскивание	0,02
Контрольный участок (контрольная хозяйственная схема)			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка	Бетагран Трио, КЭ	Опрыскивание	1,50
2-я обработка, 2–3 пары листьев	Бицепс 22, КЭ	Опрыскивание	1,50
	Трицепс, ВДГ		0,02
3-я обработка, смыкание листьев в междурядьях	Центурион, КЭ	Опрыскивание	0,40

Примечание: контрольный участок представлен хозяйственной схемой защиты растений (предоставленной руководителем хозяйства), концентрации указаны согласно инструкциям применения пестицидов; опытный участок – с частичной заменой химпрепаратов на биологически активный препарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis*. Источник: составлено автором на основе [10].

Таблица 4

Схемы защиты растений *Pisum sativum* L. опытного и контрольного участков

Опытный участок			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка, всходы	Агритокс, ВК	Опрыскивание	0,75
	Биопрепарат		0,02
2-я обработка, начальные этапы бутонизации	Биопрепарат	Опрыскивание	0,02
	Ци-Альфа, КЭ		1,00
	Данадим Эксперт, КЭ		0,15
Контрольный участок (контрольная хозяйственная схема)			
Обработка/Фаза	Препарат	Способ обработки	Норма расхода л/га (т)
1-я обработка, всходы	Агритокс, ВК	Опрыскивание	0,75
2-я обработка, начальные этапы бутонизации	Оптимо, КЭ	Опрыскивание	0,50
	Ци-Альфа, КЭ		1,00
	Данадим Эксперт, КЭ		0,15

Примечание: контрольный участок представлен хозяйственной схемой защиты растений (предоставленной руководителем хозяйства), концентрации указаны согласно инструкциям применения пестицидов; опытный участок – с частичной заменой химпрепаратов на биологически активный препарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis*. Источник: составлено автором на основе [10].

Определение экономической эффективности от применения предложенной схемы защиты растений, с учетом полученных результатов, позволяет рекомендовать проведение дальнейших исследований по применению изучаемого биопрепарата.

Одновременно полевой опыт был заложен на экспериментальной площадке № 4 (центральная часть Тамбовской области): исследуемая культура – *Pisum sativum* L., сорт Рокет, предшественник *Zea mays* L., площадь опытного участка 15 га, обработка – механизированное опрыскивание в два этапа: всходы и начальные этапы бутонизации, эффективность применения биопрепарата оценивали по фактической урожайности культуры, дата проведения уборки урожая 04.08.2024 [14, 15]. Далее представлены фактические схемы защиты растений *Pisum sativum* L. опытного и контрольного участков (табл. 4).

Средняя урожайность опытного поля по культуре составила 27,6 ц/га, контрольного участка – 25,0 ц/га, прибавка по урожайности *Pisum sativum* L. составила +2,6 ц/га, что составляет 10,4%. Прибавка по урожайности при применении исследуемого биопрепарата позволяет получить экономическую эффективность от применения данной схемы защиты, следовательно, может быть рекомендована

для дальнейших исследований по внедрению в производственном цикле следующего урожая года.

Заключение

Согласно проведенным исследованиям, применение биологически активного препарата на основе микробного синтеза *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus subtilis* в схеме защиты сельскохозяйственных растений, с частичной заменой химических регуляторов роста, оказывает стимулирующее действие на рост и развитие растений и способствует повышению урожайности согласно исследуемым культурам. Прибавка к урожайности с 1 га хозяйственных площадей составила: *Hordeum vulgare* L. – плюс 1,0 ц/га, что соответствует 1,8%; *Triticum aestivum* L. – плюс 0,8 ц/га (1,3%); *Beta vulgaris* L. на экспериментальном поле составила 430,00 ц/га, на контрольном поле 400,0 ц/га, соответственно, прибавка составила 30,0 ц/га (+ 7,5%); по *Pisum sativum* L. прибавка составила 2,6 ц/га, что соответствует 10,4%. Расчет экономической эффективности от предложенной схемы защиты растений, с учетом полученных результатов, позволяет рекомендовать проведение дальнейших исследований по применению изучаемого биопрепарата.

Список литературы

1. Дрепа Е.Б., Пшеничный Р.Н. Применение биопрепаратов Bionovatic при выращивании озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2022. № 4. С. 73–78. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-4-013.
2. Долженко В.И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1. С. 24–26. DOI: 10/25680/519948603.2018.100.06.
3. Емельянов Д.В., Ботвич И.Ю., Мальчиков Н.О., Шевырнов А.П. Оценка динамики температур сельскохозяйственных объектов по данным беспилотных воздушных судов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2020. № 13 (6). С. 757–765. DOI: 10.17516/1999-494X-0264.
4. Павловская Н.Е., Тупиков Н.Ю. Действие новых биологических препаратов на хозяйственно ценные признаки яровой пшеницы Дарья // Вестник аграрной науки. 2023. № 2 (101). С. 40–48. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.40.
5. Полоус В.С., Степанов С.П., Прокопова Л.О., Осауленко С.Н. Возможности стабилизации биологической активности почвы при использовании органических, минеральных удобрений, микроорганизмов и ресурсосберегающих обработок // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 13–19. DOI: 10.17513/use.37978.
6. Даштоян Ю.В., Степанов С.А., Касаткин М.Ю. Структура мезофилла пластинки листьев пшеницы // Бюллетень Ботанического сада Саратовского госуниверситета. Выпуск 11. С. 209–219. URL: <https://bbs.sgu.ru/ru/articles/struktura-mezofilla-plastinki-listev-pshenicy> (дата обращения: 18.02.2025).
7. Сухорученко Г.И., Буркова Л.А., Иванова Г.П., Васильева Т.И., Долженко О.В., Иванов С.Г., Долженко В.И. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке // Вестник защиты растений. 2020. Т. 103. Вып. № 1. С. 5–24. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-1-05-24.
8. Кузнецова Н.И., Козловский Ю.Е. Таксономическая принадлежность, фунгицидная активность и протективные свойства штамма *Bacillus amyloliquefaciens* // Биотехнология. 2023. Т. 39, № 3. С. 3–11. DOI: 10.56304/S0234275823030031.
9. Ерегина С.В., Кузнецова М.М. Потенциал использования микроорганизмов рода *Bacillus* в растениеводстве // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 3 (77). С. 19–35. DOI: 10.24411/2078-1318-2024-3-19-35.
10. Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Дуплий Н.Г. Влияние биопрепарата агримитин на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3 (63). С. 14–18. DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-14-18.
11. Шевчук Н.И., Жаркова С.В. Влияние стимуляторов роста на формирование урожайности сортов ячменя // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. Т. 2–2 (89). С. 100–102. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-2-2-100-102.
12. Слободчиков А.А. Влияние средств защиты растений на продуктивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 10–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10202.
13. Семина С.А., Жеряков Е.В., Жерякова Ю.И. Особенности роста растений сахарной свеклы при использовании различных полифункциональных регуляторов роста растений // Нива Поволжья. 2022. № 2 (62). С. 1008–1014. DOI: 10.36461/NP.2022.62.2.021.
14. Орешникова О.П., Кожухова Е.В. Энергия прорастания и всхожесть разных морфотипов гороха при обработке стимуляторами роста // Вестник НГАУ. 2021. № 2 (59). С. 53–61. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-53-61.
15. Жаркова С.В. Эффективность применения биологических препаратов на сое // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. Т. 10–1 (92). С. 147–149. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-10-1-147-149.