

УДК 631.8;579.2

UDC 631.8;579.2

4.1.1 Общее земледелие и растениеводство

4.1.1. General agriculture and crop production

**ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ В ПОСЕВАХ
САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ В
УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Тутучкина Алина Сергеевна
аспирант
SPIN-код автора: 8436-9278

Терехова Светлана Серафимовна
к.с.-х.н., профессор
SPIN-код автора: 3210-7883
E-mail:agrotatnew@mail.ru
Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина, Россия,
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

В статье рассматривается влияние изучаемых азотных удобрений и некорневых подкормок препаратаами биологического происхождения на целлюлозоразрушающую способность почв и на урожайность початков сахарной кукурузы. Исследование направлено на выявление оптимальных сочетаний минеральных удобрений и биопрепараторов на повышение продуктивности и для сохранения экологичности производства. Результаты исследования важны не только для сельхозтоваропроизводителей стремящихся получить высокий урожай, но и для сохранения плодородия почв в условиях Краснодарского края

Ключевые слова: БИОЛОГИЧЕСКАЯ
АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ, ЛЬНЯНЫЕ ПОЛОТНА,
ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ, САХАРНАЯ КУКУРУЗА,
УРОЖАЙНОСТЬ, АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ,
НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-215-040>

**CELLULOLYTIC ACTIVITY OF SOILS
UNDER SWEET CORN CULTIVATION AS
AFFECTED BY FERTILIZER APPLICATION
OF THE CENTRAL ZONE OF THE
KRASNODAR REGION**

Tutuchkina Alina Sergeevna
graduate student
RSCI SPIN-code: 8436-9278

Terekhova Svetlana Serafimovna
Cand.Sci.Agr., professor
RSCI SPIN-code: 3210-7883
E-mail:agrotatnew@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Russia, 350044,
Krasnodar, Kalinina, 13

The article examines the effect of studied nitrogen fertilizers and foliar applications of biologically derived preparations on the cellulose-degrading capacity of soils and on the yield of sweet corn cobs. The research aims to identify optimal combinations of mineral fertilizers and biological products to enhance productivity while maintaining the environmental sustainability of production. The findings are significant not only for agricultural producers seeking to achieve high yields, but also for preserving soil fertility under the conditions of the Krasnodar region

Keywords: SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY,
LINEN STRIPS,
CELLULOSE-DEGRADING CAPACITY, SWEET
CORN, YIELD, NITROGEN FERTILIZERS,
FOLIAR APPLICATIONS

Введение. Биологическая активность почвы играет важную роль в поддержании плодородия и устойчивости агросистем. Видовой и качественный состав микроорганизмов непостоянная величина и зависит от многих факторов, в том числе от применяемых удобрений [1]. По данным Постникова П.А. в Уральском НИИСХ при применении удобрений биологическая активность почвы увеличивается в 1,2-1,4 раза

[6]. В условиях Оренбургской области высокое содержание нитратного азота в почве 78,0 мг/кг обеспечивает существенное увеличение целлюлозолитической жизнедеятельности почвенной микрофлоры (62,1%) [4]. А от применения органического удобрения (птичьего помета) повышается активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 1,5-1,7 раз [2]. Подобных исследований с каждым годом становится все больше. Рассматривая систему питания растения нельзя уделять внимание только эффективности применяемых удобрений и продуктивность возделываемых культур, необходимо обращать внимание их влияния на процессы, протекающие в почве, из которых и складывается плодородие.

Исследованиями установлено, что различные удобрения в различных почвенно-климатических условиях неоднозначно влияют на биологическую активность почвы, а точнее на её способность к разложению целлюлозы [7]. В связи с чем довольно актуален вопрос о влиянии азотных удобрений и некорневых подкормок на биологическую активность почвы в посевах сахарной кукурузы.

Цель наших исследований определить целлюлозоразрушающую способность почв в посевах сахарной кукурузы в зависимости от различных удобрений в условиях центральной зоны Краснодарского края. Для выполнения цели поставлены следующие задачи: 1) установить влияние различных видов азотных удобрений и некорневых подкормок препаратами на целлюлозоразрушающую способность почвы; 2) отметить влияние изучаемых удобрений на урожайность сахарной кукурузы.

Материалы и методы исследования.

Исследования проводились в ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» на базе агротехнологического отдела в центральной зоне Краснодарского края. Климат – умеренно-континентальный, почва – чернозем выщелоченный.

Повторность опыта четырехкратная, площадь делянки – 50 м². В опыте соблюдали все агротехнические требования по возделыванию культуры согласно рекомендациям на богаре. Исследования проводились на гибридзе Краснодарский сахарный 250 СВ (оригинатор «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), учет урожайности проводился вручную по массе початков без листовой обертки в фазе молочно-восковой спелости.

Схема опыта 1 – включала изучение различных видов азотных удобрений: 1) Без удобрений; 2) Аммиачная селитра; 3) Карбамид; 4) Ruscote. Схема опыта 2 – включала изучение различных видов препаратов в виде некорневых подкормок: 1) контроль (обработка водой); 2) Полидон Био Кукуруза (1 л/га); 3) ПРК Белый Жемчуг Кукуруза+ Zn хелат (1%-ный раствор); 4) Геостим Фит Ж (1 л/га). Некорневые подкормки проводили согласно схеме опыта в фазы 3-5 и 6-8 листьев ручными опрыскивателями. Расход рабочей жидкости – 250 л/га. Применение азотных удобрений осуществлялось внесением под предпосевную культивацию в дозе N₄₀. Нами закладывались льняные полотна по методике аппликации Е.Н. Мишустина [3,5]. Данный метод позволяет приблизиться к определению интенсивности протекания процессов в естественных условиях и основан на определении скорости разложения льняной ткани почвенными микроорганизмами. Определялись изменения массы льняных полотен под воздействием целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве за 1 сутки. Статистическая обработка проводится на основании пакета программ STATISTIC, дисперсионный анализ – по методике, изложенной Б.А. Доспеховым.

Результаты и обсуждения.

Применяемые в технологии возделывания различные агрохимикаты повышают урожайность сельскохозяйственных культур, однако, не менее важно и оказываемый ими эффект на микробиологическую составляющую

почвы. Нами исследовалось влияние фона азотных удобрений на темпы убыли массы льняных полотен в среднем за сутки (рисунок 1).

В 2023 году (благоприятном по влагообеспеченности для сахарной кукурузы) отмечались высокие средние показатели потери массы льняных полотен – 34,3 мг/сут., что указывает на оптимальные для микроорганизмов почвенные условия.

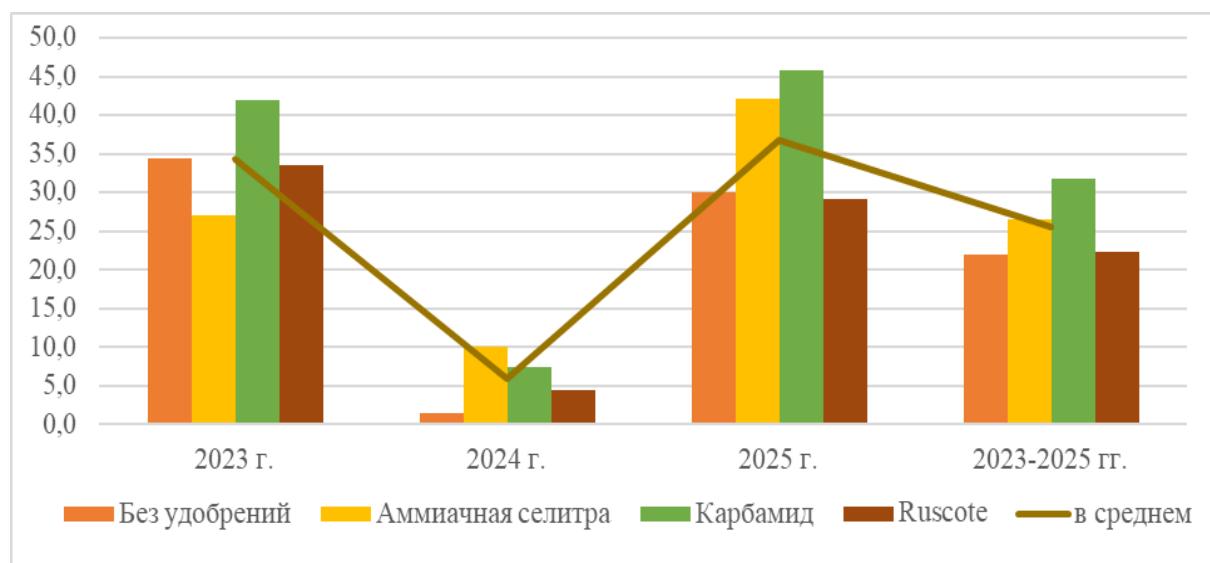


Рисунок – 1. Темпы суточной убыли массы льняных полотен в зависимости от изучаемых азотных удобрений, мг/сут.

Исследуемое азотное удобрение – карбамид, проявило высокий стимулирующий эффект, с прибавкой 7,7 мг/сут. к варианту без удобрений – 34,4 мг/сут. Варианты без удобрений и с применением Ruscote (33,6 мг/сут.) показывали близкие значения, можно сказать, что Ruscote практически не оказал влияния на распад льняных полотен. Механизм контролируемого высвобождения азота не дал быстрого стартового эффекта и азот поступал медленнее, чем требовалось активной микрофлоре, что объясняется механизмом действия удобрения. В то же время аммиачная селитра продемонстрировала слегка угнетающий эффект (27,1 мг/сут.), что может быть связано с подкислением почвы в зоне

растворения гранул, что, по-видимому, может быть токсичным для части целлюлозолитических микроорганизмов.

В засушливом 2024 году среднее значение по потери массы в данный год было ниже предыдущего и составило в среднем – 5,9 мг/сут. В подобных стрессовых условиях роль азота как лимитирующего фактора усилилась. Так, аммиачная селитра стала наиболее эффективным стимулятором (10,1 мг/сут.). Её легкорастворимая форма, предположительно, стала единственным доступным источником азота для микробных сообществ, прирост к варианту без удобрений (1,5 мг/сут.) составил 8,6 мг/сут. Целлюлозоразрушающее действие удобрений карбамид и Ruscote соответственно равнялось – 7,5 мг/сут. и 4,4 мг/сут., что демонстрирует слабую, но положительную активность.

В условиях 2025 года отмечается так же высокий уровень целлюлозолитической активности – среднее значение 36,7 мг/сут. На варианте без удобрений убыль массы полотен составила – 30,0 мг/сут., с применением Ruscote – 29,1 мг/сут. Азотные удобрения карбамид (45,7 мг/сут.) и аммиачная селитра (42,1 мг/сут.) показали высокие и близкие результаты, обе формы азота эффективно утилизировались микрофлорой.

В среднем за 3 года при применении карбамида наблюдается высокая эффективность разложения целлюлозы. Применение аммиачной селитры показывало хороший эффект в условиях небольшого количества осадков, что и обеспечило средний результат. Целлюлозоразрушающая эффективность изучаемых удобрений зависит от влажности почвы. Потенциальное преимущество пролонгированности удобрения Ruscote не реализовалось в активизации целлюлозолитической способности почвы и во все годы значения потери массы были близки к контролю.

Нами так же изучалось действие некорневых подкормок сахарной кукурузы различными по составу препаратами (органоминеральным

удобрением Полидон Био Кукуруза, комплексным удобрением с микроэлементами ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат, микробиологическим удобрением Геостим Фит Ж) на биологическую активность почвы (рисунок 2).

В 2023 году выделился вариант с ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат, который проявил высокий стимулирующий эффект повысив значения потери массы на 6,4 мг/сут. по отношению к контролю (34,4 мг/сут.). Возможно, комбинация суспензии группы минералов, усиленная хелатом цинка способствовала усилению микробиологической активности.

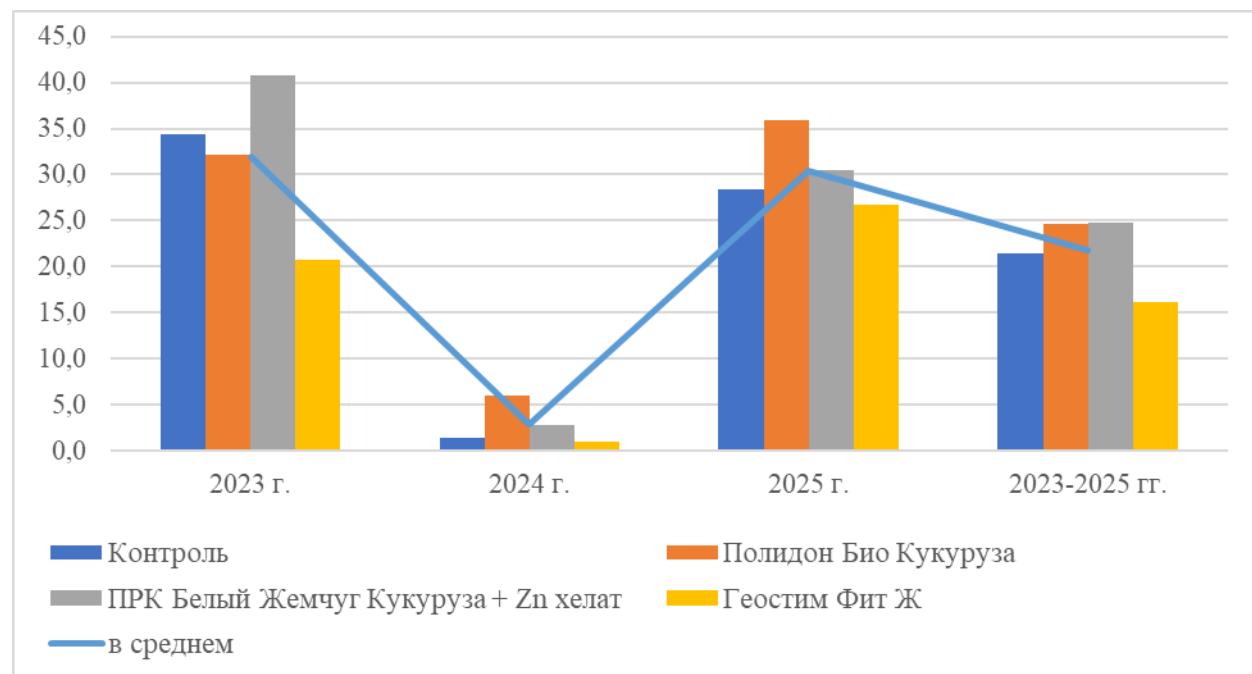


Рисунок – 2. Темпы суточной убыли массы льняных полотен в зависимости от изучаемых некорневых подкормок, мг/сут.

Варианты контроль и Полидон Био Кукуруза продемонстрировали близкие высокие результаты по потере массы полотен в сутки – 34,4 и 32,1 мг, соответственно. В свою очередь, применение микробиологического удобрения Геостим Фит Ж (20,7 мг/сут.) не

улучшило целлюлозоразрушающие показатели, отмеченные на контроле, возможно, внедрение специфических штаммов бактерий (азотфиксирующих и фосфат-мобилизующих) вызвало конкурентное подавление целлюлозолитической микрофлоры.

В 2024 году средние значения по потере массы составили – 2,9 мг/сут. Показатели по суточной убыли массы льняных полотен на варианте контроль и при обработке Геостим Фит Ж составили 1,5 и 1,1 мг/сут., соответственно. В этих условиях выделился вариант с применением Полидон Био Кукуруза, где суточные потери равнялись – 6,1 мг. Состав органоминерального удобрения Полидон Био Кукуруза оказывал поддерживающее и стимулирующее действие на почвенную микрофлору. Значения на варианте с обработкой ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат были близки к среднему за год и выше контроля на 1,4 мг/сут., составив – 2,9 мг/сут.

В 2025 году высокий результат потери массы льняными полотнами у органоминерального удобрения Полидон Био Кукуруза составил – 35,9 мг/сут., у ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат и Контроль – результаты соответствуют – 30,5 и 28,4 мг/сут., у Геостим Фит Ж – 26,7 мг/сут., что близко к контролю.

В среднем за 3 года исследований лучший стимулирующий эффект получен при обработке препаратом ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат, потери массы увеличили значения контроля (21,4 мг/сут.) на 3,4 мг/сут. Почти такой же эффект наблюдался при применении Полидон Био Кукуруза (+3,3 мг/сут.), составив 24,7 мг/сут. Оба этих удобрения за три года показали слабое положительно влияние на целлюлозолитическую активность почвы (+15% к контролю). Микробиологическое удобрение Геостим Фит Ж за время исследования не оказывал влияния на темпы убыли массы полотен.

Целью применения изучаемых факторов является повышение продуктивности растений кукурузы (таблица 1).

Таблица – 1. Урожайность початков сахарной кукурузы в зависимости от различных фонов азотного питания, т/га (2023-2025 гг.)

Вариант	Урожайность по годам			
	2023	2024	2025	2023-2025
Без удобрений	13,25	5,78	7,53	8,85
Аммиачная селитра	14,10	5,85	7,55	9,17
Карбамид	13,77	6,03	7,96	9,25
Ruscote	13,62	6,98	9,16	9,92
HCP ₀₅	0,43	0,22	0,29	-

В условиях 2023 года высокие показатели по урожайности получены при применении аммиачной селитры – 14,10 т/га початков, что на 0,85 т/га или 6,4% выше варианта без удобрений. Карбамид и Ruscote так же достоверно увеличивают урожайность в среднем на 0,45 т/га. В неблагоприятных условиях 2024 года и относительно благоприятном 2025 году выделился вариант с применением Ruscote – на 1,20 и 1,63 т/га больше варианта без удобрений (5,78 и 7,53 т/га), соответственно.

В среднем за 3 года применяемые фонсы азотного питания увеличивают урожайность початков на 0,59 т/га или 6,7%. Применение карбамида увеличило урожайность початков на – 0,40 т/га, а аммиачной селитры на 0,31 т/га по сравнению с вариантом без удобрений (8,85 т/га). Можно сказать, что удобрения, показывающие самую высокую стимуляцию микробиоты, например, карбамид (+43% к активности разложения целлюлозы), демонстрирует не самую высокую прибавку к урожайности (+4,5%). Это указывает на то, что часть азота расходовалась на активность микроорганизмов в разложении полотен. Удобрение Ruscote в свою очередь показавшее большую прибавку урожая в среднем за 3 года + 12,1% к контролю, стимулировало активность почвы лишь незначительно (+9,2%), то есть поддержало её на уровне близкому к

контролю. Это говорит, что пролонгированный выход азота эффективно сопоставил его высвобождение с потребностями растений, уменьшая непродуктивные потери. Эффективность использования азота сахарной кукурузой была высокой при внесении Ruscote на формирование урожая, и низкой с применением карбамида, где большая часть связывалась с почвенной биотой.

Рассматривая действие некорневых подкормок на урожайность (таблица 2), отмечаем, что в 2023 году они способствовали ее увеличению на 0,75 т/га независимо от применяемого удобрения. Во все годы наибольшая прибавка по урожайности початков отмечена на вариантах с применением Геостим Фит Ж. В 2023 году она составила – 1,17 т/га или 10,6% больше в сравнении с контролем (11,09 т/га), в неблагоприятном 2024 году урожайность составила 6,21 т/га, что на 1,83 т/га или 41,8% превосходит контроль по массе собранных початков, а в 2025 году прибавка – 1,16 т/га или 19,8% к значениям контрольного варианта (5,86 т/га).

Таблица – 2. Урожайность початков сахарной кукурузы в зависимости от различных некорневых подкормок, т/га (2023-2025 гг.)

Вариант	Урожайность по годам			
	2023	2024	2025	2023-2025
Без удобрений	11,09	4,38	5,86	7,11
Полидон Био Кукуруза	11,78	5,96	6,53	8,09
ПРК «Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат	11,47	5,43	6,22	7,71
Геостим Фит Ж	12,26	6,21	7,02	8,50
НСР ₀₅	0,39	0,19	0,22	-

В целом применение некорневых подкормок в большей степени оказало влияние на урожайность сахарной кукурузы, чем применение различных азотных удобрений. Так как в среднем за 3 года некорневые подкормки увеличили урожайность початков на 0,99 т/га или 13,9%. Органоминеральное удобрение Полидон Био Кукуруза увеличивает

урожайность початков в среднем на 0,98 т/га или 13,8% в сравнении с контрольным вариантом, в то время как ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат на 0,6 т/га или 8,4%.

Обработка вегетирующих растений удобрением Полидон Био Кукуруза привело к увеличению урожайности и незначительному изменению активности почвы, что свидетельствует о нейтральности данного препарата для почвенной биоты. В то время как применением ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат увеличило как урожайность, так и слабо стимулировало целлюлозолитическую активность почвы (+6,5%). Улучшая физиологию культуры, оно способствовало выделению в ризосферу более качественных органических соединений, которые мягко стимулировали микробное сообщество. Наибольшая прибавка по урожайности, полученная с применением Геостим Фит Ж, не дало такой же зависимости в действиях почвенных микроорганизмов, что может быть связано со стабилизированием действия целлюлозоразрушающих микроорганизмов азотфиксирующими и фосфат-мобилизующими.

Заключение.

Проведенные исследования показали, что пролонгированное азотное удобрение Ruscote в среднем за 3 года обеспечило наибольшую прибавку урожая при сохранении естественного плодородия без нарушения его биологической активности, что указывает на его экологическую сбалансированность. Среди удобрений в качестве некорневых подкормок Полидон Био Кукуруза дает высокую стабильную прибавку урожая, при этом не нарушает естественные почвенные процессы.

Библиографический список

1. Бушнев А.С. Биологическая активность почв при различных способах основной обработки/ А.С. Бушнев// Масличные культуры. – 2025. – №2 (202). – С. 38-57.

2. Володина Е.Н. Влияние птичьего помета на биологическую активность светло-серой лесной почвы в звене севооборота./Е.Н. Володина, В.И. Титова// Владимирский земледелец. – 2024. – № 2 (108). – С.4-8. doi: 10.24412/2225-2584-2024-2108-4-8
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии [Учеб. пособие для почв. и агрохим. спец. ун-тов и с.-х. вузов / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк]; Под ред. [и с предисл.] Д.Г. Звягинцева. — М. : Изд-во МГУ, 1980. — 224 с. ил.; 22.
4. Митрофанов Д. В. Влияние температуры, влажности, нитратного азота на биологическую активность почвы и урожайность твёрдой пшеницы/ Д.В. Митрофанов// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 5 (77). – С. 91-102. doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-10.
5. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М., 1972
6. Постников П.А. Биологическая активность темно-серой почвы в зависимости от вида севооборота и фона питания/П.А. Постников, В.В. Попова// Плодородие. – 2024. – №1 (136). – С. 36-40. doi: 10.25680/S19948603.2024.136.09.
7. Шулико Н.Н. Эффективность применения минеральных удобрений в орошающем севообороте/Н.Н. Шулико// Плодородие. – 2023. – № 2 (131). – С. 82-88.

References

1. Bushnev A. S. Biologicheskaya aktivnost' pochv pri razlichnykh sposobakh osnovnoy obrabotki // Maslichnye kul'tury. – 2025. – № 2 (202). – S. 38–57.
2. Volodina E. N., Titova V. I. Vliyanie ptich'ego pometa na biologicheskuyu aktivnost' svetlo-seroy lesnoy pochvy v zvene sevooborota //Vladimirskiy zemledel'ets. – 2024. – № 2 (108). – S. 4–8. DOI: 10.24412/2225-2584-2024-2108-4-8.
3. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Ucheb. posobie dlya pochv. i agrokhim. spets. un-tov i s.-kh. vuzov /D. G. Zvyagintsev, I. V. Aseeva, I. P. Bab'eva, T. G. Mirchink]; pod red. [i s predisl.] D. G. Zvyagintseva. Moscow: Izd-vo MGU, 1980. 224 s., il.; 22.
4. Mitrofanov D. V. Vliyanie temperatury, vlazhnosti, nitratnogo azota na biologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhaynost' tverdoy pshenitsy //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2024. – № 5 (77). – S. 91-102. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-10.
5. Mishustin E. N. Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya. Moscow, 1972.
6. Postnikov P. A., Popova V. V. Biologicheskaya aktivnost' temno-seroy pochvy v zavisimosti ot vida sevooborota i fona pitaniya // Plodorodie. – 2024. – № 1 (136). - S. 36-40. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.09.
7. Shuliko N. N. Effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobreniy v oroshaemom sevooborote // Plodorodie. – 2023. – № 2 (131). – S. 82–88.