УДК 631.412

4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита растений»

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ИЛА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИКУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Слюсарев Валерий Никифорович
д. с.-х. н., профессор

Кравченко Роман Викторович
д. с.-х. н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 3648-2228
roma-kravchenko@yandex.ru

Габараев Джандиер Борисович
аспирант
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13

В статье представлен экспериментальный материал лабораторного опыта, проведенного на кафедре почвоведения КубГАУ по изучению влияния органического ила на физико-химические свойства чернозема выщелоченного Прикубанской низменности. Целью наших исследований было изучить в лабораторных контролируемых условиях по влажности и температуре влияние органического ила на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Объекты исследования: чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных карбонатных тяжелых суглинках и органические илы с примесями бытовых отходов. Выявлено, что внесение органического ила в чернозем выщелоченный в лабораторных контролируемых условиях по влажности и температуре способствовало существенному увеличению подвижных форм фосфора (на 23,4-27,7% относительно контроля), калия (на 29,9-34,2% относительно контроля). Это позволило перевести удобренные почвы из группы со средней обеспеченностью в категорию с повышенной обеспеченностью фосфором и из группы с повышенной обеспеченностью калием в категорию почв с высокой обеспеченностью этим элементом. Изучаемые дозы органического ила не оказали существенного влияния на виды почвенной кислотности, содержание нитратных форм азота и обменного кальция. Установлена тенденция снижения степени насыщенности основаниями с 98,9% на контрольном варианте до 87,3-87,5% – на опытных вариантах, за исключением варианта, где вносилось минимальное количество ила (15% от массы почвы). В целом, органическое удобрение на

UDC 631.412

4.1.3 "Agrochemistry, Agropedology, and Plant Protection"

EFFECT OF ORGANIC SLUDGE ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM IN THE KUBAN LOWLAND

Slyusarev Valery Nikiforovich
Dr.Sci.Agr., Professor

Kravchenko Roman Viktorovich
Dr.Sci.Agr., Professor
RSCI SPIN-code: 3648-2228
roma-kravchenko@yandex.ru

Gabaraev Jandier Borisovich.
graduate student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia 350044, Kalinina,13

This article presents experimental data from a laboratory study conducted at the Department of Soil Science at Kuban State Agrarian University (KubGAU) to investigate the effect of organic sludge on the physicochemical properties of leached chernozem from the Kuban Lowland. The aim of the research was to examine—under laboratory conditions with controlled moisture and temperature—how organic sludge influences the physicochemical properties of leached chernozem. The study subjects were deep, light-clayey, low-humus leached chernozem formed on loess-like calcareous heavy loams, and organic sludge containing household waste impurities. It was found that applying organic sludge to the leached chernozem under controlled laboratory conditions led to a significant increase in mobile forms of phosphorus (by 23.4–27.7% relative to the control) and potassium (by 29.9–34.2% relative to the control). This made it possible to shift fertilized soils from the medium-supply group to the category with elevated phosphorus levels, and from the group with elevated potassium levels to the category of soils with high levels of that element. The applied doses of organic sludge did not significantly affect soil acidity types or the content of nitrate nitrogen and exchangeable calcium. A trend was observed toward a decrease in base saturation from 98.9% in the control variant to 87.3–87.5% in the experimental variants, except for the variant with the minimum sludge application (15% of soil mass). Overall, the organic sludge-based fertilizer improves three key fertility indicators: the content of mobile phosphorus, mobile potassium, and exchangeable magnesium. At the same time, it does not disrupt the soil's acid-base balance but merely optimizes it

основе органического ила улучшает три ключевых показателя плодородия: содержание подвижного фосфора, подвижного калия и обменного магния. При этом оно не нарушает кислотно-щелочной баланс почвы, а только его оптимизирует

Ключевые слова: ПОЧВА, ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ОРГАНИЧЕСКИЙ ИЛ

Keywords: SOIL, LEACHED CHERNOZEM, PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, ORGANIC SILT

http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-222-011

Введение

Антропогенная деятельность является определяющей в деградации современных ландшафтов Кубани. Деградация растительности и почвенного покрова сопровождается эрозией, дефляцией, дегумификацией, глубокими, порой необратимыми изменениями водного, термического и других режимов естественных и антропогенно-измененных ландшафтов [1].

В почвенной системе все ее свойства и режимы тесно взаимосвязаны и взаимозависимы: например, уменьшение содержания гумуса вследствие его минерализации при использовании интенсивных агротехнологий, а также потеря почвенным поглощающим комплексом кальция приводит к ухудшению структурного состояния почвы, а бесструктурная почва резко ухудшает водно-физические свойства, что влечет за собой изменение воздушного и пищевого режимов, так как нарушается баланс между аэробными и анаэробными микроорганизмами, патогенными микромицетами и грибами-супрессорами, Эту цепочку взаимосвязанных факторов, влияющих на плодородие почвы, можно продолжить [1, 4, 13].

Одним из путей решения стабилизации плодородия черноземов и, в частности, чернозема выщелоченного является использование органических илов и органических бытовых отходов в качестве нового органического удобрения [2, 3-11, 14, 16].

Целью наших исследований было изучить в лабораторных контролируемых условиях по влажности и температуре влияние органического ила на физико-химические свойства чернозема выщелоченного.

Материал и методы исследований

Объекты исследования: чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных карбонатных тяжелых суглинках и органические илы с примесями бытовых отходов.

Из пяти подтипов черноземов, данный подтип является с точки зрения эволюционного развития, одним из самых древних, исключая оподзоленные черноземы. В связи с этим, объективных проблем с плодородием у него намного больше, чем у более «молодых» южных, обыкновенных и типичных черноземов [12].

Почва отобрана с пахотного слоя 0-20 см в учебном хозяйстве «Кубань» г. Краснодара на контрольных вариантах агроэкологического мониторинга Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. Она доведена до воздушно-сухого состояния, измельчена и пропущена через почвенное сито с диаметром отверстий 1 мм.

Приготовленная почва массой 150 г внесена в стеклянные химические стаканы объемом 250 мл в смеси с органическим удобрением в соотношении, соответствующем схемы опыта: 1. Почва – 150 г (контроль); 2. Почва + 22,5 г ила (15%); 3. Почва + 45,0 г ила (30%); 4. Почва + 67,5 г ила (45%); 5. Почва + 90,0 г ила (60%).

Число вариантов 5; повторность 4-х кратная; общее число наблюдений 20.

После наполнения стаканов смесь почвы и удобрения увлажняли до влажности почвы, соответствующей 65% ППВ (предельно-полевой влагоемкости) и фиксировали массу каждого стакана с его содержимым. В

процессе компостирования исходную влажность почвы поддерживали путем доливания воды до исходной массы стакана с его содержимым. Время компостировании – 6 месяцев при комнатной температуре 22-25°С. После компостирования извлекали содержимое стаканов, просушивали до воздушно-сухого состояния и использовали для анализов. В почвенных пробах определяли подвижные формы азота, фосфора, калия, активную кислотность, обменные формы кальция и магния, гидролитическую кислотность общепринятыми методами. Рассчитывали емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями. Полученные данные лабораторного эксперимента подвергали дисперсионному анализу [15].

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения влияния различных доз органического ила на содержание нитратов в почве показали, что при длительном компостировании (6 месяцев) и поддержания постоянной влажности 65% от предельно-полевой влагоемкости (ППВ) внесение компонента в почву не оказало существенного воздействия на количество нитратной формы азота (таблица 1). Установлена только тенденция возрастания ее количества с увеличением доз органического ила: на 10,8-19,5 % относительно контрольного варианта.

Таблица 1 – Влияние органического ила на физико-химические свойства чернозема выщелоченного

Вариант	Нит-раты	Фосфор	Калий	pH_{H2O}	Обменные формы		Нг	ЕКО	V
		по Мачигину			каль-ция	маг-ния			
	мг/кг				ммоль/100 г				%
Почва - 150г (контроль)	28,7	28,2	298	8,1	24,4	3,87	0,28	28,6	98,9
Почва+22,5г ила (15%)	31,8	34,8	387	8,0	25,4	4,15	0,34	29,9	99,0
Почва+45,0г ила (30%)	32,9	35,2	391	8,1	24,1	4,18	0,33	32,3	87,3
Почва+67,5г ила (45%)	34,3	35,8	400	8,2	24,7	4,21	0,38	32,9	87,5
Почва+90,0г ила (60%)	32,0	36,0	400	8,2	24,5	4,25	0,41	32,8	87,5
$НСР_{05}$	6,11	4,76	65,2	0,23	1,99	0,27	0,07	1,4	5,1

Примечание:
Нг – гидролитическая кислотность;
ЕКО – емкость катионного обмена;
V – степень насыщенности основаниями.

ППВ – это максимальное количество влаги, которое почва может удерживать в своих порах капиллярными силами после стекания гравитационная воды. Уровень увлажнения почв в опыте выбран в связи с тем, что большинство культур чувствуют себя лучше всего, когда влажность почвы поддерживается в диапазоне от 60 до 100% от ППВ. Если влажность опускается ниже 60–70% от ППВ, растения начинают испытывать дефицит влаги и снижать продуктивность [3].

Подвижные формы фосфора представлены легкорастворимыми фосфатами, которые составляют только 2-10 % валового содержания. Часть их усваивается растениями в различной степени, зависящей от свойств почв, температуры, влажности, биологических особенностей растения и колеблется от 0,5 до 10 % [3,8].

Результаты исследований показали, что внесение органического ила в почву оказало существенное воздействие на количество подвижной

формы фосфора. Установлено, что с внесением ила в почву после компостирования увеличение этой формы фосфора в почве составило 23,4–27,7 % относительно контрольного варианта практически на всех опытных вариантах.

Согласно оценке обеспеченности почв подвижными формами фосфора исходное содержание его в почве (контроль) относится к категории почв со средней обеспеченностью (15-30 мг/кг). На опытных вариантах использование органического ила способствовало повышению этого компонента и позволило отнести их к категории почв с повышенным содержанием подвижного фосфора (30-45 мг/кг) [3, 8].

Валовое содержания калия в почве колеблется от 1 до 2,5 %. Легкорастворимые соединения калия составляют 0,5-1,2 % от валового количества. Степень усвояемости калия растениями не превышает 10 % [3, 10].

Результаты изучения влияния различных доз органического ила на содержание подвижных форм калия в почве дали однозначные результаты. В целом сохранилась тенденция роста уровня этой формы калия с увеличением доз органического ила, однако существенное увеличение ее количества наблюдалось на вариантах, где вносились в почву 15 % ила от массы почвы, соответственно 25,6 % и в дальнейшем существенного роста не зафиксировано. Среди опытных вариантов существенной разницы с различными дозами ила не установлено (см. таблицу 1).

Согласно оценке обеспеченности почв подвижными формами калия исходное содержание его в почве (контроль) относится к категории почв с повышенной обеспеченностью (200-300 мг/кг). На опытных вариантах использование органического ила способствовало повышению этого компонента и позволило отнести их к категории почв с высоким содержанием подвижного калия (300-400 мг/кг) [3, 10].

Кислотность почвенного раствора обусловлена находящимися в нем катионами водорода. В зависимости от того, в каком состоянии находятся в почве ионы водорода (в растворе или в почвенном поглощающем комплексе), различают следующие виды кислотности почв: активную (pH_{H2O}) и потенциальную с подразделением последней на обменную и гидролитическую (Нг) [3, 7].

Результаты исследований показали, что внесение в почву различных доз органического ила при длительном компостировании не оказали существенного влияния на активную кислотность: разница опытных вариантов с контролем была в пределах ошибки опыта (1,23-2,42 %).

Гидролитическая кислотность, в отличие от активной, обусловлена наличием катионов водорода в почвенном поглощающем комплексе (ППК) и проявляется, когда в почву вносят гидролитически щелочные соли, то есть соли сильных оснований и слабых кислот. Исследования показали, что только при внесение более высоких доз органического ила (45 и 60 %) проявляется тренд увеличения этого вида потенциальной кислотности почвы: на 35,7 и 46,4 % относительно контрольного варианта. Можно предположить, что высокие дозы органического ила имеют свойства гидролитически щелочного эффекта.

Важную роль в поглотительной способности почв и, в частности, чернозема выщелоченного имеет состояние ППК: чем больше он насыщен основными катионами, тем выше его буферная способность «сопротивляться» подкислению [6]. Исследованиями установлено, что с повышением доз органического ила содержание кальция незначительно уменьшается (разница в пределах ошибки опыта), а количество магния достоверно увеличивается. Эти тенденции статистически оцениваются и имеют место быть.

Общее количество способных к обмену поглощенных катионов в почве называют емкостью катионного обмена (ЕКО) [3, 7]. В результате

изучения влияния внесения в почву органического ила на этот показатель установлено, что с повышением доз ила величина ЕКО растет в опытных вариантах на 4,54 % (в пределах ошибки опыта) и достоверно на 12,9; 14,7 и 15,0 % по отношению к контролю. Этот рост обусловлен, в основном, увеличением катионов магния и водорода (Нг). Повышение уровня гидролитической кислотности с увеличением доз органического ила способствует уменьшению степени насыщенности основаниями с 98,9% на контрольном варианте до 87,3-87,5% – на опытных вариантах, за исключением варианта, где вносилось минимальное количество ила (15 % от массы почвы).

Выводы

Таким образом, внесение органического ила в чернозем выщелоченный в лабораторных контролируемых условиях по влажности и температуре способствовало существенному увеличению подвижных форм фосфора (на 23,4-27,7% относительно контроля), калия (на 29,9-34,2% относительно контроля). Это позволило перевести удобренные почвы из группы со средней обеспеченностью в категорию с повышенной обеспеченностью фосфором и из группы с повышенной обеспеченностью калием в категорию почв с высокой обеспеченностью эти элементом.

Изучаемые дозы органического ила не оказали существенного влияния на виды почвенной кислотности, содержание нитратных форм азота и обменного кальция.

Установлена тенденция снижения степени насыщенности основаниями с 98,9% на контрольном варианте до 87,3-87,5% – на опытных вариантах, за исключением варианта, где вносилось минимальное количество ила (15% от массы почвы).

В целом, органическое удобрение на основе органического ила улучшает три ключевых показателя плодородия: содержание подвижного

фосфора, подвижного калия и обменного магния. При этом оно не нарушает кислотно-щелочной баланс почвы, а только его оптимизирует.

Библиографический список

1. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: монография / В. П. Власенко, В. И. Терпелец. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 204 с.

2. Габараев, Д. Б. Применение нового биологического удобрения в сельском хозяйстве / Д. Б. Габараев, Р. В. Кравченко // Год науки и технологий 2021: сборник тезисов по материалам Международной конференции / отв. за вып. А. Г. Кощаев. — Краснодар, 2021. – С. 400.

3. Габараев, Д. Б. Роль биологических удобрений в формировании продуктивности гибридов кукурузы / Д. Б. Габараев, Р. В. Кравченко / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2023. - № 187. – С.40-54. – DOI 10.21515/1990-4665-187-009.

4. Жане, И. Н. Накопление донных отложений / И.Н.Жане, Н.Н. Мамась / В сборнике: Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам VIII Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2024. С. 101-106.

5. Кабулзода, М. Р. Применение технологии вторичной переработки отходов сахарного производства в Краснодарском крае / М.Р.Кабулзода, Н.Н. Мамась В сборнике: Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам IX Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2025. С. 81-85.

6. Катрич, М. А. Загрязнение почв / М.А.Катрич, Н.Н. Мамась / В сборнике: Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам VIII Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2024. С. 135-137.

7. Кравченко, Р. В. Применение биоудобрений в технологии возделывания кукурузы / Р. В. Кравченко, Д. Б. Габараев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2022 - № 181. – С. 145-160. – DOI 10.21515/1990-4665-181-015.

8. Куркаев, В. Т. Агрохимия : учебное пособие / В. Т. Куркаев. – Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

9. Мамась, Н. Н. Использование активных илов и органических бытовых отходов в качестве нового органического удобрения / Н. Н. Мамась, Р. В. Кравченко, Д. Б. Габараев // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции / сост. В. В. Корунчикова, Л. С. Новопольцева; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 65–68.

10. Мамась, Н. Н., природоохранные и ресурсосберегающие технологии при реализации эффективных и устойчивых методов управления органическими отходами / Н.Н.Мамась, М.О.Слюсарь, К.Д. Князев / В сборнике: Инновационные технологии и

повышение эффективности производственных процессов в сфере строительства, природообустройства и агроинженерии. Материалы V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2025. С. 266-270.

11. Сапаров, Д. А. Технология переработки растительных отходов консервного завода / Д. А. Сапаров, Н. Н. Мамась / В сборнике: Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам IX Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2025. С. 150-154.

12. Слюсарев, В. Н. Общее почвоведение: учебник / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, Ю. С. Попова. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 129 с.

13. Слюсарев, В. Н. Влияние технологий возделывания полевых культур на агрохимические и физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях Западного Предкавказья / В. Н. Слюсарев, О. А. Подколзин, В. М. Кильдюшкин, Е. Д. Федащук, А. В. Осипов / Земледелие, 2024. – № 5. – С. 9-13.

14. Терпелец, В. И. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 127 с.

15. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие 2-е изд. перераб. и доп. / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.

16. Gabaraev, D. B. Influence of standing density of corn plants on agrobiological indicators of its hybrids depending on the fertilizer background / D. B. Gabaraev, R. V. Kravchenko // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2024. № 201. С. 108-119. – DOI 10.21515/1990-4665-201-011.

References

1. Vlasenko, V. P. Degradacionnye processy v pochvah Krasnodarskogo kraya i metody ih regulirovaniya: monografiya / V. P. Vlasenko, V. I. Terpelec. – Krasnodar : KubGAU, 2012. – 204 s.

2. Gabaraev, D. B. Primenenie novogo biologicheskogo udobreniya v sel'skom hozyajstve / D. B. Gabaraev, R. V. Kravchenko // God nauki i tekhnologij 2021: sbornik tezisov po materialam Mezhdunarodnoj konferencii / otv. za vyp. A. G. Koshchaev. — Krasnodar, 2021. – S. 400.

3. Gabaraev, D. B. Rol' biologicheskih udobrenij v formirovanii produktivnosti gibridov kukuruzy / D. B. Gabaraev, R. V. Kravchenko / Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2023. - № 187. – C.40-54. – DOI 10.21515/1990-4665-187-009.

4. Zhane, I. N. Nakoplenie donnyh otlozhenij / I.N.Zhane, N.N. Mamas' / V sbornike: Ekologiya rechnyh landshaftov. Sbornik statej po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoj konferencii. Krasnodar, 2024. S. 101-106.

5. Kabulzoda, M. R. Primenenie tekhnologii vtorichnoj pererabotki othodov saharnogo proizvodstva v Krasnodarskom krae / M.R.Kabulzoda, N.N. Mamas' V sbornike: Ekologiya rechnyh landshaftov. Sbornik statej po materialam IX Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoj konferencii. Krasnodar, 2025. S. 81-85.

6. Katrich, M. A. Zagryaznenie pochv / M.A.Katrich, N.N. Mamas' / V sbornike: Ekologiya rechnyh landshaftov. Sbornik statej po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoj konferencii. Krasnodar, 2024. S. 135-137.

7. Kravchenko, R. V. Primenenie bioudobrenij v tekhnologii vozdelyvaniya kukuruzy / R. V. Kravchenko, D. B. Gabaraev // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022 - № 181. – S. 145-160. – DOI 10.21515/1990-4665-181-015.

8. Kurkaev, V. T. Agrohimiya : uchebnoe posobie / V. T. Kurkaev. – Majkop, GURIPP «Adygeya», 2000. – 552 s.

9. Mamas', N. N. Ispol'zovanie aktivnyh ilov i organicheskih bytovyh othodov v kachestve novogo organicheskogo udobreniya / N. N. Mamas', R. V. Kravchenko, D. B. Gabaraev // Problemy transformacii estestvennyh landshaftov v rezul'tate antropogennoj deyatel'nosti i puti ih resheniya: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoj konferencii / sost. V. V. Korunchikova, L. S. Novopol'ceva; pod red. I. S. Belyuchenko. – Krasnodar: KubGAU, 2021. – S. 65–68.

10. Mamas', N. N., prirodoohrannye i resursosberegayushchie tekhnologii pri realizacii effektivnyh i ustojchivyh metodov upravleniya organicheskimi othodami / N.N.Mamas', M.O.Slyusar', K.D. Knyazev / V sbornike: Innovacionnye tekhnologii i povyshenie effektivnosti proizvodstvennyh processov v sfere stroitel'stva, prirodoobustrojstva i agroinzhenerii. Materialy V Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii. Nal'chik, 2025. S. 266-270.

11. Saparov, D. A. Tekhnologiya pererabotki rastitel'nyh othodov konservnogo zavoda / D. A. Saparov, N. N. Mamas' / V sbornike: Ekologiya rechnyh landshaftov. Sbornik statej po materialam IX Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoj konferencii. Krasnodar, 2025. S. 150-154.

12. Slyusarev, V. N. Obshchee pochvovedenie: uchebnik / V. N. Slyusarev, A. V. Osipov, Yu. S. Popova. – Krasnodar: KubGAU, 2020. – 129 s.

13. Slyusarev, V. N. Vliyanie tekhnologij vozdelyvaniya polevyh kul'tur na agrohimicheskie i fiziko-himicheskie svojstva chernozema vyshchelochennogo v usloviyah Zapadnogo Predkavkaz'ya / V. N. Slyusarev, O. A. Podkolzin, V. M. Kil'dyushkin, E. D. Fedashchuk, A. V. Osipov / Zemledelie, 2024. – № 5. – S. 9-13.

14. Terpelec, V. I. Gumusnoe sostoyanie chernozema vyshchelochennogo v agrocenozah Azovo-Kubanskoj nizmennosti / V. I. Terpelec, Yu. S. Plitin'. – Krasnodar : KubGAU, 2015. – 127 s.

15. Sheudzhen, A. H. Metodika agrohimicheskih issledovanij i statisticheskaya ocenka ih rezul'tatov: ucheb. posobie 2-e izd. pererab. i dop. / A. H. Sheudzhen, T. N. Bondareva. – Majkop: OAO «Poligraf-YuG», 2015. – 664 s.

16. Gabaraev, D. B. Influence of standing density of corn plants on agrobiological indicators of its hybrids depending on the fertilizer background / D. B. Gabaraev, R. V. Kravchenko // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2024. № 201. S. 108-119. – DOI 10.21515/1990-4665-201-011.