https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-2-2
УДК: 631.862.1
Тип статьи: оригинальная
Type of article: original

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ТЫКВЫ

Королькова Н.М., (✉)Черкашина Н.И., Львов А.В.
Севастопольский государственный университет
Севастополь, Россия
(✉)e-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru

Изучение эффективности воздействия полученных удобрений на посевные характеристики семян тыквы *Cucurbita pepo* L. проводилось в Центре коллективного пользования «Перспективные технологии и материалы» Севастопольского государственного университета. В работе приводятся данные о влиянии органических удобрений на основе вермикомпоста и куриного помета на посевные качества семян тыквы. Проведен сравнительный анализ по энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, прироста корня и ростка сельскохозяйственной культуры *Cucurbita pepo* L. Для сравнения результатов взяты сертифицированные удобрения «Сила Роста» и «Риверм», полученные на основе вермикомпоста**.** Выявлена оптимальная концентрация куриного помета – 200 мг на 2 л, по признаку энергии прорастания значения составили 87% и всхожести – 95%. Также по приросту длины ростка для удобрения на основе куриного помета 127,7%, что на 15% больше, чем удобрения «Сила Роста». Опытные образцы на базе вермикомпоста дали отрицательные результаты: прирост корешка – минус 21,9%, отрицательный прирост ростка – минус 6,3%. Описан способ получения новых видов органических удобрений на основе куриного помета, базирующегося на эффекте кавитации. Проведена оценка эффективности применения удобрений для сельскохозяйственной культуры – тыквы *Cucurbita pepo* L.

Ключевые слова: органическое удобрение, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, семена тыквы, вермикомпост, прирост длин корня, кавитационная обработка

DETERMINATION OF THE OPTIMAL CONCENTRATION OF ORGANIC FERTILIZERS FOR THE SOWING QUALITIES OF CROPS USING THE EXAMPLE OF PUMPKIN

Korolkova N.M., (✉)Cherkashina N.I., Lvov A.V.
Sevastopol State University
Sevastopol, Russia
(✉)e-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru

The research of the effectiveness of the obtained fertilizers impact on the sowing characteristics of pumpkin seeds *Cucurbita pepo* L. was conducted at the Center for Collective Use "Advanced Technologies and Materials" of the Sevastopol State University. The work provides data on the effect of organic fertilizers based on vermicompost and chicken manure on the sowing qualities of pumpkin seeds. A comparative analysis of the energy of germination and laboratory viability of the seeds, root and sprout growth of the agricultural crop *Cucurbita pepo* L. was carried out. To compare the results obtained, the certified fertilizers “Power of Growth” and “Riverm” based on vermicompost were taken. The optimal concentration of chicken manure was identified with a concentration of 200 mg per 2 liters based on the germination energy, the values were 87% and the viability 95%. Also, the increase

in the sprout length for the fertilizer based on chicken manure was 127.7%, which is 15% more than the “Power of Growth” fertilizer. Test samples based on vermicompost gave negative results: root growth – minus 21.9%, negative shoot growth – minus 6.3%. A method for producing new types of organic fertilizers based on chicken manure, based on the cavitation effect, has been described. An assessment of the effectiveness of using fertilizers for an agricultural crop – pumpkin Cucurbita pepo L. has been made.

Keywords: organic fertilizer, germination energy, laboratory germination, pumpkin seeds, vermicompost, root length increase, cavitation treatment

Для цитирования: *Королькова Н.М., Черкашина Н.И., Львов А.В.* Определение оптимальной концентрации органических удобрений для посевных качеств сельскохозяйственных культур на примере тыквы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 2. С. 15–21. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-2-2

For citation: Korolkova N.M., Cherkashina N.I., Lvov A.V. Determination of the optimal concentration of organic fertilizers for the sowing qualities of crops using the example of pumpkin. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science,* 2024, vol. 54, no. 2, pp. 15–21. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-2-2

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

По данным национального органического союза Российской Федерации, рынок органических продуктов – один из самых динамично развивающихся в мире [1]. Для уменьшения негативного воздействия химических удобрений на окружающую среду замена их органическими удобрениями для производителей является оптимальным решением [2, 3]. В последнее время в области определения оптимальных концентраций органических удобрений и их влияния на посевные характеристики проведены исследования над следующими сельскохозяйственными культурами: пшеница и ячмень [4], кукуруза и рис [5]. Как правило, в работах определяются оптимальные концентрация и состав удобрения, например минерально-органический; а также ведутся поиски нового метода обработки исходного сырья для получения органического удобрения.

Цель исследования – оценка эффективности воздействия полученных удобрений на посевные характеристики семян сельскохозяйственной культуры – тыквы *Cucurbita pepo* L.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– описать способ создания новых видов органических удобрений;

– оценить эффективность применения удобрений для различных видов сельскохозяйственных культур.

Предмет исследования – энергия прорастания и всхожесть проращиваемых семян.

Научная новизна полученных результатов заключается в получении органических удобрений на основе куриного помета, базирующегося на эффекте кавитации.

В работе предполагается получение новых комплексных удобрений органического типа, которые будут выполнять следующие функции:

– сокращение сроков прорастания семян, ускорение роста;

– решение задач по утилизации отходов птицеводческих хозяйств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Центре коллективного пользования «Перспективные технологии и материалы» в Севастопольском государственном университете. Как известно, к посевным качествам семян относятся чистота, всхожесть, энергия прорастания, масса семян, выравненная натура зерна, влажность и отсутствие зараженности (ГОСТ Р 52325–2005). В лабораторных условиях согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 12038–84 «Семена сельскохо-

зяйственных культур. Методы определения всхожести» определяли энергию прорастания и всхожести.

Для исследования влияния концентрации удобрений на посевные качества сельскохозяйственных культур и определения оптимального состава органического удобрения (соотношение сухого субстрата к жидкой фазе) выбраны пропорции 1 : 5, 1 : 10.

В ходе выполнения работы были получены новые виды органических удобрений на основе вермикомпоста и птичьего помета в разных концентрациях. При приготовлении удобрений применялись кавитационные эффекты [6, 7].

Концентраты органического удобрения готовились в двух соотношениях твердой и жидкой фазы (1 : 10 и 1 : 5). Для этого навески исходного сырья (птичий помет и вермикомпост) массой 200 и 400 г разбавлялись бидистиллированной водой и доводились до объема 2 л. Растворы выдерживались в постоянных условиях при температуре 20 °С и давлении 760 мм рт. ст. в течение 14 дней.

Для получения органического удобрения растворы обрабатывались на кавитационной установке Активатор-Gd. Время экспозиции составляло 15 мин при частоте от 30 Гц[1]. В качестве исходного сырья для производства органических удобрений использовали биогумус и птичий помет.

Для определения состава минеральной части сырья использовали спектроскан МАКС-GVM, при этом субстрат не подвергался предварительной обработке (термической, обеззараживающей или иной), что позволяло предотвратить потери минеральных компонентов[2].

Для идентификации органических удобрений была введена следующая маркировка.

КП-2, КП-4 – органическое удобрение лабораторного приготовления на основе куриного помета разной концентрации (КП-2 составило 200 г куриного помета на 2 л воды, КП-4 соответственно 400 г куриного помета на 2 л воды).

В-2, В-4 – органическое удобрение, лабораторного приготовления на основе вермикомпоста разной концентрации (В-2 составило 200 г вермикомпоста на 2 л воды, В-4 соответственно 400 г вермикомпоста на 2 л воды).

СР – органические удобрения марки «Сила Роста».

Р – органические удобрения марки «Риверм».

Кавитационная обработка благодаря локальному механическому и температурному воздействию производит обеззараживающий эффект[3] на патогенную микрофлору сырья, в том числе уничтожает яйца гельминтов [8–10].

В ходе эксперимента готовые препараты (КП-2, КП-4, В-2, В-4) и используемые для сравнения удобрения (СР, Р) были разведены дистиллированной водой в соотношениях: 1 : 25.

Оценка эффективности применения новых видов удобрения проводилась с помощью определения энергии прорастания семян и всхожести выбранных сельскохозяйственных культур [7].

Изучение влияния препаратов оценивалось с помощью энергии прорастания и всхожести семян. В качестве контрольной пробы использовалась бидистиллированная вода.

Для сравнения эффективности разработанных органических удобрений использовали сертифицированные удобрения «Сила Роста» и «Риверм», полученные на основе вермикомпоста.

Препарат «Риверм» признан международной организацией System of Independent Certification (SIC) экологически чистым удобрением, соответствующим международному стандарту ISO 14024 : 1999.

[1]Руководство пользователя. Гидродинамическая мельница-кавитатор «Активатор-Gd». Активатор. 2022.

[2]Руководство пользователя. Спектроскан МАКС-GVM. ООО «НПО «СПЕКТРОН». 2022.

[3]Патент № 2 735 961. Рос. Федерация: МПК C05F 3/00/ B82B 3/00/ B82Y 40/00/ Кавитационный способ обеззараживания жидких органических отходов и приготовления органоминеральных удобрений Костенко М. Ю. и другие; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". N 2019138106; заявл. 25.11.2019; опубл. 11.11.2020, Бюл. N32.

Семена проращивали в условиях, предусмотренных приложением 1 ГОСТ 12038–84. В термостатах поддерживали установленную температуру, проверяя ее 3 раза в день – утром, в середине дня и вечером; она не должна была отклоняться более чем на плюс-минус 2 °С.

Проращивание семян при переменных температурах 20–30 °С, осуществлялось путем переключения терморегулятора с низкой температуры на высокую или с высокой на низкую. Поскольку переменную температуру не контролировали в выходные дни, семена проращивали при более низкой из двух указанных в приложении 1 ГОСТ 12038–84 температур. Проверяли состояние увлажненности ложа ежедневно, при необходимости смачивали его водой или удобрением комнатной температуры, не допуская переувлажнения. Обеспечивали постоянную вентиляцию в термостатах. Ежедневно на несколько секунд приоткрывали крышки чашек Петри. Воду в поддоне на дне термостата меняли через каждые 3–5 сут.

Оценку и учет проросших семян при определении энергии прорастания на 3-и сутки и всхожести на 5-е сутки в соответствии с приложением 1 ГОСТ 12038–84. При этом день закладки семян на проращивание и день подсчета энергии прорастания или всхожести считали за одни сутки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен состав органической части куриного помета и вермикомпоста, а именно определен количественный состав фульвокислот и гуминовых кислот[4].

Предварительно у исследуемого сырья определяли влажность по методике, указанной в ГОСТ 26713–85[5], затем его полностью высушивали и анализировали состав согласно методикам[6–8]. Для определения состава минеральной части сырье анализировалось на спектроскане МАКС-GVM. Общие результаты анализа исходного сырья получены для доверительной вероятности P = 0,95% и представлены в табл. 1.

К всхожим относили нормально проросшие семена. При учете энергии прорастания (см. рис. 1) подсчитывали и удаляли только нормально проросшие и явно загнившие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывали нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена.

За результат анализа принимали среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. Результаты исследования представлены в табл. 2 и 3.

Качественный и количественный подсчет исследуемых семян проводился на 3-и сутки в соответствии с приложением 1, ука-

Табл. 1. Состав исходного сырья
Table 1. Composition of the feedstock

Сырье	pH	Влажность, %	Минимальная часть, %	Доля органики, %	Доля фульвокислот, %	Доля гуминовых кислот, %
Куриный помет (усушенный продукт)	6,1	24,4	35,4	64,6	4,3	0,5
Вермикомпост (влажный продукт)	6,2	75,3	45,2	54,8	3,7	0,2

[4]ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2020. С. 40.
[5]ГОСТ 12036–85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ. 2020. С. 14.
[6]ГОСТ 26713–85. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. 1985. С. 6.
[7]ГОСТ 26712–94. Удобрения органические. Общие требования к методам анализа. 1994. С. 12.
[8]ГОСТ 27980–88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. 1988. С. 11.



Рис. 1. Учет семян при определении энергии прорастания на сельскохозяйственной культуре – тыква

Fig. 1. Seed recording in determining the germination energy of the crop – pumpkin

Табл. 2. Влияние удобрений на энергию прорастания и всхожести

Table 2. The effect of fertilizers on the germination energy and viability

Показатель	К	КП-2	КП-4	СР	Р	В-2	В-4
Проросшие семена							
Энергия прорастания, %	67	87	78	85	72	67	75
Всхожесть, %	76	95	90	97	91	72	81
Число непроросших семян, шт.	12	3	5	2	5	14	10
Непроросшие семена							
Здоровые	5	2	4	1	4	3	2
Загнившие	1	1	–	1	–	6	3
Ненормально проросшие	1	–	–	–	–	1	1
Поврежденные вредителями	5	–	1	–	1	5	4

Примечание. Запаренных, пустых не наблюдалось в процессе эксперимента.

Табл. 3. Прирост длин корня/ростка по отношению к контрольной серии, %

Table 3. Growth of root/growth lengths in relation to the control series, %

Параметр	КП-2	КП-4	СР	Р	В-2	В-4
Прирост длины ростка	127,7	85,7	112,7	31,1	–6,3	101,9
Прирост длины корешка	2,4	30	17,5	17,6	–21,9	–20,5

занным в ГОСТ 12038–84. Результаты исследования оценивались в соответствии с ГОСТ Р ИСО 21748–2021[9, 10] (см. табл. 3).

По результатам исследования можно сделать вывод, что для семян тыквы по признаку энергии прорастания и всхожести лучшие показатели были достигнуты при обработке удобрением на основе куриного помета КП-2 в концентрации 200 г на 2 л воды и препарата «Сила Роста», она составила 87 и 85% соответственно.

Также в день определения всхожести пророщенных семян были проведены измерения длин корней и ростков для оценки прироста биомассы под влиянием исследуемых удобрений.

Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляли в процентах. За результат анализа принимали среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. Результаты измерений представлены в табл. 3.

Также в день определения всхожести (см. рис. 2) пророщенных семян были проведены измерения длин корней и ростков для оценки прироста биомассы под влиянием исследуемых удобрений.

Видно, что по признаку энергии прорастания и всхожести лучшие показатели были достигнуты семенами, обработанными удобрением из куриного помета с низкой концентрацией и органическим удобрением «Сила

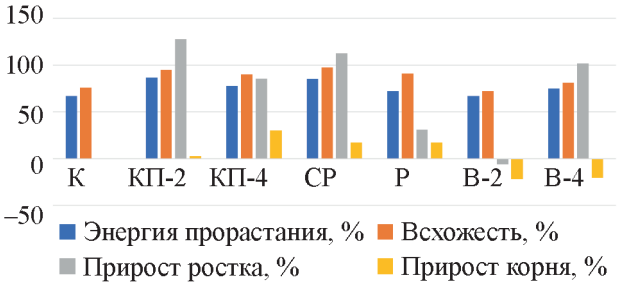


Рис. 2. Результаты исследования удобрений на сельскохозяйственной культуре – тыква

Fig. 2. Results of the study of fertilizers on an agricultural crop – pumpkin

[9]ГОСТ 31461–2012. Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений, 2020. С. 6.

[10]ГОСТ Р ИСО 21748–2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений. 2021. С. 43.

Роста». По признаку прироста биомассы надземных органов лидирует влияние удобрения из куриного помета с концентрацией 200 г на 2 л воды, а по влиянию на корневую часть – удобрение из куриного помета в высокой концентрации.

Исходя из оценки прироста биомассы семян на этапе проращивания, можно сделать вывод о том, что использование удобрения на основе куриного помета в концентрации 200 г на 2 л воды показало результаты по приросту длины ростка в 4 раза больше, чем удобрение марки «Риверм», и на 13% больше, чем «Сила Роста».

Необходимо отметить, что органические удобрения на основе В-2 и В-4 дали отрицательный прирост корешка – минус 21,9% и минус 20,5% соответственно, комбинация В-2 – отрицательный прирост ростка – минус 6,3%.

ВЫВОДЫ

1. В работе исследованы два варианта органического удобрения: исходное сырье – куриный помет и вермикомпост, который обрабатывался на кавитационной установке. Исходя из результатов многосерийного эксперимента, можно сделать вывод, что приготовленное органическое удобрение на основе куриного помета обладает эффективностью в отношении повышения энергии прорастания и всхожести для тыквы, а также обеспечивает наибольший прирост биомассы ростков и корней для тыквы.

2. Определение всхожести, энергии прорастания позволило установить, что максимальный стимулирующий эффект для семян тыквы наблюдался при замачивании семян удобрением на основе куриного помета с концентрацией 200 г на 2 л, она составила 95 и 87% соответственно. На втором месте лучшие показатели получены для жидкого гуминового удобрения «Сила Роста» и составили 97 и 85% соответственно. Учитывая характеристики по приросту длины ростка, эффективность удобрения КП-2 составила 127,7%, или на 15,0% больше, чем СР, а по приросту длины корешка результативность СР составила 17,5%, что на 15,1% больше, чем при применении КП-2.

3. Полученные результаты позволяют констатировать, что исследованные препараты на основе куриного помета сопоставимы по своей энергии прорастания, всхожести и приросту биомассы и их можно рекомендовать для предпосевной обработки сельскохозяйственной культуры тыквы *Cucurbita pepo* L.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чернов С.А., Матвеев В.В.* Органические удобрения как фактор нейтрализации угрозы продовольственной инфляции // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021. № 16 (4). С. 1748–1752.
2. *Капустин В.П., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И.* Повышение качества органических удобрений – основа урожаев сельскохозяйственных культур // Наука в центральной России. 2021. № 4 (52). С. 17–25. DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-17-25.
3. *Воккосов З.К. угли, Каноатов Х.М., Мехманов Б.И. угли.* Разработка и исследование эффективности органических удобрений // Universum. 2022. № 12 (105). С. 14768–14774.
4. *Прокина Л.Н., Пугаев С.В.* Использование макро- и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на черноземе выщелоченном // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (3). С. 440–447. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447.
5. *Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Дегтярева В.П., Хачмамук П.Н., Есипенко С.В., Перепелин М.А.* Влияние минеральных и органических удобрений на рост и развитие растений риса // Рисоводство. 2022. № 2 (55). С. 57–62. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-57-62 EDN: GTFXLB.
6. *Комарова Е.В., Ляшков М.А.* Экологически безопасные технологии подготовки животноводческих стоков // Экология и водное хозяйство. 2021. С. 72–88.
7. *Zupanc M., Pandur Ž., Stepišnik Perdih T., Stopar D., Petkovšek M., Dular M.* Effects of cavitation on different microorganisms: The current understanding of the mechanisms taking place behind the phenomenon. A review and proposals for further research // Ultrasonics Sonochemistry. 2019. Vol. 57. P. 147–165.
8. *Ковальчук А.Н., Лефлер Т.Ф., Строганова И.Я., Донкова Н.В., Сидорова А.Л., Четвертакова Е.В., Смолин С.Г.* Технология

обеззараживания свиного навоза // Вестник КрасГАУ. 2019. № 11. С. 71–79.

9. *Комарова Е.В.,Слабунова А.В., Харитонов С.Е.* Применение эффекта кавитации при очистке сточных вод животноводства // Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3. № 2. С. 61–74. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-61-74.
10. *Каллас Е.В., Новикова А.С., Валевич Т.О.* Определение количественных и качественных характеристик гумуса различными методами и интерпретация полученных результатов: Методические указания. Томск, Томский государственный университет, 2020. С. 55.

REFERENCES

1. Chernov S.A., Matveev V.V. Organic fertilizers as a factor in neutralizing the threat of food inflation. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya = Health – the base of human potential: problems and ways to solve them*, 2021, no. 16 (4), pp. 1748–1752. (In Russian).
2. Kapustin V.P., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I. Improving the quality of organic fertilizers – the basis of crop yields. *Nauka v tsentral'noi Rossii = Science in the Central Russia*, 2021, no. 4 (52), pp. 17–25. (In Russian). DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-17-25.
3. Vokkosov Z.K. coals, Kanoatov Kh.M., Mekhmanov B.I. coals. Development and research of the effectiveness of organic fertilizers. *Universum,* 2022, no. 12 (105), pp. 14768–14774. (In Russian).
4. Prokina L.N., Pugaev S.V. The use of macro- and microfertilizers in barley crops in field crop rotation on leached chernozem. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2023, no. 24 (3), pp. 440–447. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447.
5. Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Bondareva T.N., Khurum Kh.D., DegtyarevaV.P., Khachmamuk P.N., Esipenko S.V., Perepelin M.A. Influence of mineral and organic fertilizers on the growth and development of rice plants. *Risovodstvo = Rice Growing*, 2022, no. 2 (55), pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-57-62.
6. Komarova E.V., Lyashkov M.A. Environmentally friendly technologies for livestock effluents treatment. *Ekologiya i vodnoe khozyaistvo = Ecology and water management,* 2021, pp. 72–88. (In Russian).
7. Zupanc M., Pandur Ž., Stepišnik Perdih T., Stopar D., Petkovšek M., Dular M. Effects of cavitation on different microorganisms: The current understanding of the mechanisms taking place behind the phenomenon. A review and proposals for further research. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019, vol. 57, pp. 147–165.
8. Koval'chuk A.N., Lefler T.F., Stroganova I.Ya., Donkova N.V., Sidorova A.L., Chetvertakova E.V., Smolin S.G. The technology of disinfestation of pig manure. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasSAU,* 2019, no. 11, pp. 71–79. (In Russian).
9. Komarova E.V., Slabunova A.V., Kharitonov S.E., 2021. Applying the cavitation effect during animal wastewater treatment. *Ekologiya i vodnoe khozyaistvo = Ecology and water management,* 2021, vol. 3, no. 2, pp. 61–74. (In Russian). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-61-74.
10. Kallas E.V., Novikova A.S., Valevich T.O. *Determination of quantitative and qualitative characteristics of humus by various methods and interpretation of the results obtained: Methodological guidelines.* Tomsk, Tomsk State University, 2020. p. 55 (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Королькова Н.М., кандидат технических наук, доцент

(✉)**Черкашина Н.И.,** кандидат технических наук, доцент; **адрес для переписки***:* Россия, 299015, Севастополь, ул. Курчатова, 7; e-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru

Львов А.В., кандидат технических наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

Nadezhda M. Korolkova, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

(✉)**Natalia I. Cherkashina,** Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; **address:** 7, Kurchatova St., Sevastopol, 299015, Russia; e-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru

Alexander V. Lvov, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.12.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.02.2024
Дата публикации / Published 20.03.2024