

Посевные характеристики сельскохозяйственных культур при использовании инновационных комплексов удобрений

Н. М. Королькова, Н. И. Черкашина[✉], Е. В. Гусева

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

[✉]E-mail: cherkashina@sevsu.ru

Аннотация. Цель исследования – проанализировать эффективность использования полученных удобрений на посевные характеристики семян сельскохозяйственных культур тмина, моркови и кукурузы. **Методы.** Для получения органических удобрений на основе вермикомпоста (В) и куриного помета (КП) в разных концентрациях использована технология кавитационной обработки. Для выявления конкурентоспособности сравнивали эффективность влияния полученных органических удобрений на основе вермикомпоста и куриного помета с сертифицированными удобрениями «Сила Роста» и «Риверм». **Результаты и практическая значимость.** По результатам эксперимента были выявлены следующие закономерности: для семян моркови по признаку энергии прорастания и всхожести лучшие показатели достигнуты при обработке удобрением на основе вермикомпоста; для семян тмина по признаку энергии прорастания лучшие показатели достигнуты при обработке удобрением на основе куриного помета, а по всхожести более приоритетные результаты дали органические удобрения марок «Сила Роста» и вермикомпоста. Также были получены результаты по признаку прироста биомассы надземных органов и прирост длины корня, выявлены закономерности для предложенных концентраций куриного помета. **Научная новизна.** Получены органические удобрения на основе куриного помета, которые повышают энергию прорастания и всхожесть для моркови и тмина, а также обеспечивают наибольший прирост биомассы ростков для тмина и кукурузы, корней – для моркови и кукурузы. Удобрение из вермикомпоста характеризуется наибольшей эффективностью при оценке посевных качеств моркови.

Ключевые слова: вермикомпост, энергия прорастания, всхожесть, *Daucus carota* L., *Carum carvi* L., *Zea mays* L., прирост длины ростка, прирост длины корня

Для цитирования: Королькова Н. М., Черкашина Н. И., Гусева Е. В. Посевные характеристики сельскохозяйственных культур при использовании инновационных комплексов удобрений // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 05. С. 580–592. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-580-592>.

Дата поступления статьи: 23.01.2024, **дата рецензирования:** 14.03.2024, **дата принятия:** 19.04.2024.

Sowing characteristics of agricultural crops using innovative fertilizer complexes

N. M. Korolkova, N. I. Cherkashina[✉], A. V. Guseva

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

[✉]E-mail: cherkashina@sevsu.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze the effectiveness of the use of the obtained fertilizers on the sowing characteristics of agricultural seeds. The article presents the results of a study on the effectiveness of the use of organic fertilizers on crops of cumin, carrots and corn. **Methods.** To obtain organic fertilizers based on vermicompost (V) and chicken droppings (CD) in different, cavitation treatment technology was used. To identify competitiveness, the effectiveness of the influence of the obtained organic fertilizers based on vermicompost and chicken manure was compared with certified fertilizers “Sila Rosta” and “Riverm”. **Results and practical signifi-**

cance. According to the results of the experiment, the following patterns were revealed: for carrot seeds, based on germination energy and germination, the best indicators were achieved when treated with a fertilizer based on vermicompost; for cumin seeds, based on germination energy, the best indicators were achieved when treated with a fertilizer based on chicken droppings, and organic fertilizers of the “Sila Rosta” and vermicompost brands gave priority to germination results. The results were also obtained on the basis of an increase in the biomass of aboveground organs and an increase in root length, patterns were revealed for the proposed concentrations of chicken droppings. **Scientific novelty.** The resulting organic fertilizer based on chicken droppings increases the germination energy and germination for carrots and cumin, and also provides the greatest increase in the biomass of sprouts for cumin and corn, and roots for carrots and corn. Fertilizer from vermicompost is characterized by the highest efficiency in assessing the sowing qualities of carrots.

Keywords: vermicompost, germination energy, germination, *Daucus carota* L., *Carum carvi* L., *Zea mays* L., growth of the sprout length, the increase in the length of the root

For citation: Korolkova N. M., Cherkashina N. I., Guseva E. V. Investigation of the effect of new types of organic fertilizers on the sowing characteristics of agricultural crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (05): 580–592. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-580-592>. (In Russ.)

Date of paper submission: 23.01.2024, **date of review:** 14.03.2024, **date of acceptance:** 19.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Важными задачами сельскохозяйственной науки являются создание прочной кормовой базы, увеличение и восстановление плодородия почв. Повышенное внимание уделяется плодородию почвы как основе дальнейшего роста урожайности всех видов сельскохозяйственных культур [1; 2]. Наибольшее предпочтение отдают органическим удобрениям, в которых содержатся практически все виды минеральных веществ, необходимых для полноценного питания растений [2; 3]. Также ведутся исследования по влиянию концентрации различных видов удобрений для различных сельскохозяйственных культур и разработка новых органических удобрений [4; 5] со сравнительной оценкой экономической эффективности [5].

Рост и прогрессирование экологического земледелия, изучение влияния дозирования органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур – актуальные задачи сельскохозяйственного производства. В настоящее время в агропромышленном комплексе активное развитие получило применение экологических чистых органических удобрений. Проводятся научные изыскания по влиянию различных удобрений на увеличение урожайности таких культур, как картофель, пшеница, ячмень, рис и кукуруза [6–9].

По данным национального органического союза Российской Федерации, рынок органических продуктов – один из самых динамично развивающихся в мире [10].

Для уменьшения негативного воздействия химических удобрений на окружающую среду замена их органическими удобрениями для производителей является оптимальным решением.

Применение удобрений органического типа в земледелии выполняет следующие функции:

- быстрое восстановление естественного плодородия почвы, улучшение ее структуры, поглотительной способности, обеспечение разнообразия почвенных микроорганизмов и органических веществ;
- сокращение сроков прорастания семян, ускорение роста и цветения растений, сокращение сроков созревания плодов на 2–3 недели;
- повышение иммунного статуса растений, их устойчивость к стрессовым ситуациям, комплексу грибных болезней;
- обеспечение высокой приживаемости саженцев и рассады;
- значительное повышение урожайности и улучшение органолептических свойств (вкус, окраска, аромат и др.) выращиваемой сельскохозяйственной продукции;
- связывание в почве соединений тяжелых металлов и радионуклидов;
- повышение засухоустойчивости растений;
- решение задач по утилизации отходов птицеводческих хозяйств.

Цель работы – описать способ создания новых видов органических удобрений; оценить эффективность применения удобрений для различных видов сельскохозяйственных культур.

Объектом исследования являются семена сельскохозяйственных культур (*Daucus carota* L., *Carum carvi* L., *Zea mays* L.).

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в Центре коллективного пользования «Перспективные технологии и материалы» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в лабораторных условиях согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» с соблю-

дением всех условий подготовки, проращивания и оценки энергии прорастания и всхожести.

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 [11; 12].

Для исследования влияния концентрации удобрений на посевные качества сельскохозяйственных культур и определения оптимального состава органического удобрения концентраты 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. Далее полученные 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 минут при частоте от 30 Гц [13].

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 [14].

Для идентификации органических удобрений была введена следующая маркировка:

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

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

СР – органические удобрения марки «Сила Роста».

Р – органические удобрения марки «Риверм».

Основная сложность при разработке технологий для получения высококачественных удобрений заключается в выборе метода и технологического воздействия. Кавитационная обработка благодаря локальному механическому и температурному воздействию производит обеззараживающий эффект на патогенную микрофлору сырья, в том числе уничтожает яйца гельминтов [15–17].

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 соотношении 1 : 25.

Оценка эффективности применения новых видов удобрения проводилась с помощью определения энергии прорастания семян и всхожести вы-

бранных сельскохозяйственных культур [18; 19]. Эксперимент был проведен в четырехкратной повторности. Для каждой серии отбиралось по 100 семян моркови и тмина и по 50 семян кукурузы. В качестве контрольной пробы использовалась бидистиллированная вода.

Для сравнения эффективности влияния разработанных органических удобрений не 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.

Семена проращивали в условиях, предусмотренных приложением 1 ГОСТ 12038-84. В термостатах поддерживали установленную температуру, проверяя ее три раза в день: утром, в середине дня и вечером; она не должна отклоняться более чем на 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 суток.

Оценку и учет проросших семян при определении энергии прорастания и всхожести проводили в сроки, указанные в приложении 1 ГОСТ 12038-84. При этом день закладки семян на проращивание и день подсчета энергии прорастания или всхожести считали за одни сутки.

Для моркови определение энергии прорастания производилось на 5-е сутки, а всхожесть оценивалась на 10-е сутки после закладки; для тмина – на 7-е и 14-е сутки; для кукурузы – на 4-е и 7-е сутки.

Результаты (Results)

Результаты качественного и количественного состава минеральной части представлены в таблице 1.

Также был изучен состав органической части куриного помета и вермикомпоста, а именно определялся количественный состав фульвокислот и гуминовых кислот [20].

Предварительно у исследуемого сырья определяли влажность по методике, указанной в ГОСТ 26713-85 [21], затем его полностью высушивали и анализировали состав согласно стандартам [22–25]. Для определения состава минеральной части

Таблица 1
Состав минеральной части

Содержание минерального компонента	Куриный помет	Вермикомпост
MgO, %	0,61	1,51
Al ₂ O ₃ , %	2,44	5,11
SiO ₂ , %	13,25	15,71
P ₂ O ₅ , %	3,38	2,59
K ₂ O, %	7,49	3,00
CaO, %	3,30	9,24
TiO ₂ , %	0,22	0,27
Fe ₂ O ₃ , %	2,02	4,96
V, мг/кг	35,34	32,49
Cr, мг/кг	22,81	70,03
MnO, мг/кг	1723,86	733,87
Co, мг/кг	5,43	78,07
Ni, мг/кг	60,94	95,05
Cu, мг/кг	17,89	35,99
Zn, мг/кг	135,92	194,98
Sr, мг/кг	172,77	226,08
Pb, мг/кг	0,13	18,31

Table 1
Composition of the mineral part

<i>The content of the mineral component</i>	<i>Chicken droppings</i>	<i>Vermicompost</i>
<i>MgO, %</i>	<i>0.61</i>	<i>1.51</i>
<i>Al₂O₃, %</i>	<i>2.44</i>	<i>5.11</i>
<i>SiO₂, %</i>	<i>13.25</i>	<i>15.71</i>
<i>P₂O₅, %</i>	<i>3.38</i>	<i>2.59</i>
<i>K₂O, %</i>	<i>7.49</i>	<i>3.00</i>
<i>CaO, %</i>	<i>3.30</i>	<i>9.24</i>
<i>TiO₂, %</i>	<i>0.22</i>	<i>0.27</i>
<i>Fe₂O₃, %</i>	<i>2.02</i>	<i>4.96</i>
<i>V, mg/kg</i>	<i>35.34</i>	<i>32.49</i>
<i>Cr, mg/kg</i>	<i>22.81</i>	<i>70.03</i>
<i>MnO, mg/kg</i>	<i>1723.86</i>	<i>733.87</i>
<i>Co, mg/kg</i>	<i>5.43</i>	<i>78.07</i>
<i>Ni, mg/kg</i>	<i>60.94</i>	<i>95.05</i>
<i>Cu, mg/kg</i>	<i>17.89</i>	<i>35.99</i>
<i>Zn, mg/kg</i>	<i>135.92</i>	<i>194.98</i>
<i>Sr, mg/kg</i>	<i>172.77</i>	<i>226.08</i>
<i>Pb, mg/kg</i>	<i>0.13</i>	<i>18.31</i>

сырье анализировалось на спектрокане МАКС-GVM [14]. Общие результаты анализа исходного сырья получены для доверительной вероятности $P = 0,95$ % и представлены в таблице 2.

Преобладание фульвовых кислот способствует увеличению размеров клеточных пор корневой системы растений, что приводит к активному поглощению питательных веществ. Эти кислоты принимают активное участие в нейтрализации содержащихся в почве токсинов и обладают антиоксидантными свойствами [27]. Как видно из таблицы, установлено, что куриный помет по содержанию гуми-

новых кислот превосходит вермикомпост почти в 2,5 раза и фульвокислот в 1,2 раза соответственно.

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

Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляли в процентах. За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб.

Таблица 2
Состав исходного сырья

Сырье	pH	Влажность, %	Минеральная 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

Table 2
The composition of the feedstock

Raw materials	pH	Humidity, %	Mineral part, %	Share of organic matter, %	The proportion of fulvic acids, %	The proportion of humic acids, %
Chicken droppings (dried product)	6.1	24.4	35.4	64.6	4.3	0.5
Vermicompost (wet product)	6.2	75.3	45.2	54.8	3.7	0.2



Рис. 1. Семена тмина с использованием КП-2 на 5-й день проращивания
Fig. 1. Cumin seeds using CD-2 on the 5th day of germination

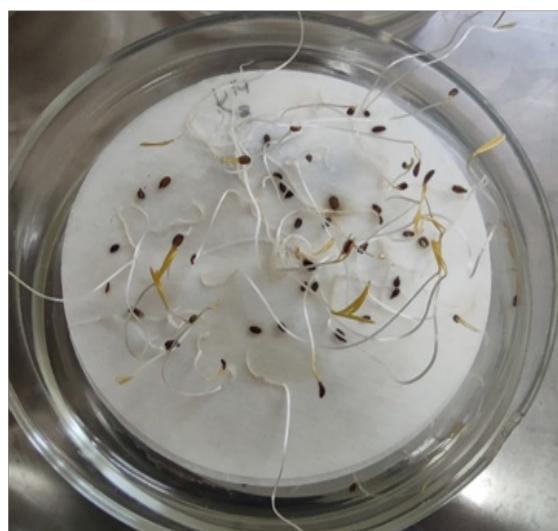


Рис. 2. Контрольная проба семян моркови на 10 день проращивания
Fig. 2. Control sample of carrot seeds on the 10th day of germination

Качественный и количественный подсчет исследуемых семян проводился в дни, прописанные в приложении 1 ГОСТ 12038-84 [18]. Результаты исследования оценивались в соответствии с ГОСТ Р ИСО 21748-2021 [26] и представлены в таблице 3.

Семена кукурузы во всех сериях уже к 1-му дню подсчетов показали стопроцентную всхожесть, что сделало невозможной дальнейшую оценку данной культуры по избранным критериям.

Запаренных, пустых и ненормально проросших не наблюдалось в процессе эксперимента.

По результатам исследования можно сделать выводы:

1) для семян моркови по признаку энергии прорастания и всхожести лучшие показатели были достигнуты при обработке удобрением на основе вермикомпоста в концентрации 200 г на 2 л воды (55 % и 67 % соответственно);

2) для семян тмина по признаку энергии прорастания лучшие показатели были достигнуты при обработке удобрением на основе КП-2 и КП-4 и составили 22 %, а по всхожести более приоритетные результаты дали органические удобрения марок «Сила Роста» (55,3 %) и вермикомпост в концентрации 200 г на 2 литра воды (52 %).

Также в день определения всхожести (рис. 2) пророщенных семян были проведены измерения длин корней и ростков для оценки прироста биомассы под влиянием исследуемых удобрений. Результаты измерений представлены в таблице 4.

По признаку прироста биомассы надземных органов лидирует влияние удобрения на основе куриного помета КП-4 для кукурузы (34,6 %), КП-2 для тмина (59,2 %), а для моркови – «Риверм» (67,0 %) и КП-4 (52,7 %).

Влияние удобрений на энергию прорастания и всхожесть

Показатели	К	КП-2	КП-4	СР	Р	В-2	В-4
Тмин							
Энергия прорастания, %	14	23	22	17	17	15	18
Всхожесть, %	42	46	46	55	51	52	47
Число непроросших семян, шт.	58	54	54	45	50	48	54
Из числа непроросших:							
Здоровых	51	47	44	40	44	38	48
Загнивших	7	7	8	5	6	10	6
Поврежденных вредителями	–	–	2	–	–	–	–
Морковь							
Энергия прорастания, %	49	50	46	54	54	55	43
Всхожесть, %	55	55	48	59	62	67	58
Число непроросших семян, шт.	45	47	53	42	39	33	42
Из числа непроросших:							
Здоровых	37	41	40	35	22	28	31
Загнивших	7	6	13	7	17	5	8
Поврежденных вредителями	1	–	–	–	–	–	3

Table 3

The effect of fertilizers on germination energy and germination

Indicators	C	CD-2	CD-4	SR	R	V-2	V-4
Cumin							
Germination energy %	14	23	22	17	17	15	18
Germination %	42	46	46	55	51	52	47
The number of seeds that have unsprouted, pieces	58	54	54	45	50	48	54
From among the unsprouted:							
Healthy	51	47	44	40	44	38	48
Rotten	7	7	8	5	6	10	6
Damaged by pests	–	–	2	–	–	–	–
Carrot							
Germination energy %	49	50	46	54	54	55	43
Germination %	55	55	48	59	62	67	58
The number of seeds that have unsprouted, pieces	45	47	53	42	39	33	42
From among the unsprouted:							
Healthy	37	41	40	35	22	28	31
Rotten	7	6	13	7	17	5	8
Damaged by pests	1	–	–	–	–	–	3

По влиянию выбранных образцов на прирост длины корня наилучшие результаты получены с применением удобрений на основе куриного помета КП-2: для моркови – 55,4 %; для тмина – 20,5 %; а для кукурузы КП-4 – 75,4 %.

Обобщение результатов многосерийного эксперимента позволило проранжировать эффективность исследуемых удобрений для каждой культуры по двум критериям:

– повышение показателей энергии прорастания и всхожести, представленное в таблице 5;

– прирост биомассы ростков и корней на этапе проращивания, представленный в таблицах 6, 7, 8.

Исходя из оценки прироста биомассы семян на этапе проращивания, можно сделать вывод о том,

что использование удобрения на основе куриного помета в концентрации 400 и 200 г на 2 л воды привело к наилучшим показателям для культуры *Carum carvi* L. по сравнению с другими видами удобрений. Однако по всхожести получено значение на несколько единиц больше для удобрения «Сила Роста». Для культуры *Daucus carota* L. наилучшие показатели получены с использованием органического удобрения на основе вермикомпоста с концентрацией 200 г, а вторые по величине значения получены для «Силы Роста». Следовательно, эти два вида органических удобрений КП-2 и В-2 являются конкурентоспособными.

Прирост биомассы ростков и корней на этапе проращивания представлен в таблице 6.

Таблица 4

Прирост длин корня/ростка по отношению к контрольной серии

Параметры	КП-2	КП-4	СР	Р	В-2	В-4
Кукуруза						
Прирост длины ростка, %	14,76	34,6	1,9	27,2	-3,1	5,4
Прирост длины корешка, %	38,11	75,4	52,4	15,4	30,4	43,5
Тмин						
Прирост длины ростка, %	59,2	33,3	41,2	7,4	21,8	47,4
Прирост длины корешка, %	20,5	9,1	27,9	11,5	-7,9	8,6
Морковь						
Прирост длины ростка, %	32,6	52,7	47,7	67,0	20,7	23,5
Прирост длины корешка, %	55,4	20,6	29,1	14,6	13,5	37,54

Table 4

Growth of root/sprout lengths in relation to the control series

Parameters	C	CD-4	SR	R	V-2	V-4
Corn						
Sprout length gain, %	14.76	34.6	1.9	27.2	-3.1	5.4
Spine length gain, %	38.11	75.4	52.4	15.4	30.4	43.5
Cumin						
Sprout length gain, %	59.2	33.3	41.2	7.4	21.8	47.4
Spine length gain, %	20.5	9.1	27.9	11.5	-7.9	8.6
Carrot						
Sprout length gain, %	32.6	52.7	47.7	67.0	20.7	23.5
Spine length gain, %	55.4	20.6	29.1	14.6	13.5	37.54

Таблица 5

Рейтинг эффективности удобрений по влиянию на энергию прорастания и всхожесть

Рейтинг эффективности удобрений		
	Тмин	Морковь
I место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 200 грамм (В-2)
II место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)	жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста» (СР)
III место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 грамм (В-4)	Жидкое органическое удобрение «Риверм» (Р)
IV место	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста» (СР)	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)
V место	Жидкое органическое удобрение «Риверм» (Р)	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)
VI место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 200 г (В-2)	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)

Table 5

Rating of fertilizer efficiency by its effect on germination energy and germination

Fertilizer efficiency rating		
	Cumin	Carrot
1st place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 200 g (V-2)
2nd place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta" (SR)
3rd place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)	Liquid organic fertilizer "Riverm" (R)
4th place	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta" (SR)	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)
5th place	Liquid organic fertilizer "Riverm" (R)	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)
6th place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 200 g (V-2)	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)

По результатам, представленным в таблице 6, можно сделать неоднозначные выводы: в целом ни одно из удобрений не является лидером для обеих ростовых характеристик. Только три органических удобрения дали значения более 50 % либо по приросту корешка, либо по приросту ростка: «Сила Роста», «Риверм», КП-4.

Для культуры *Carum carvi* L. лидером можно назвать удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2).

Как видно из таблицы 8, для сельскохозяйственной культуры кукурузы наилучшие результаты показало удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4) по обеим ростовым характеристикам.

В связи с тем, что лабораторным путем была доказана эффективность использования удобрений, есть смысл в разработке производственной технологии их приготовления.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе работы были исследованы два новых вида органического удобрения на основе отходов птицеводческих хозяйств и вермикомпоста с применением кавитации, что позволило исключить наличие патогенной флоры [16; 17] и получить био-

логически активное удобрение высокой производительности.

Оценена возможность применения разработанных удобрений: учитывали влияние на посевные характеристики (энергию прорастания и всхожесть), а также прирост биомассы корешка и ростка пророщенных семян.

Определение всхожести и энергии прорастания позволило установить, что максимальный стимулирующий эффект для моркови наблюдался при замачивании семян удобрением на основе вермикомпоста (В-2): 55 % и 67 % соответственно. Для семян тмина по признаку энергии прорастания лучшие показатели были достигнуты при обработке удобрением на основе КП-2 и КП-4 и составили 22 %, а по всхожести более приоритетные результаты дали органические удобрения марок «Сила Роста» (55,3 %) и В-2 (52 %).

Семена кукурузы характеризовались прекрасной всхожестью и энергией прорастания (100 %) во всех опытных вариантах. Однако биометрические параметры проростков при обработке семян кукурузы удобрением КП-4 превышали контрольные величины на 34,6 % (длина ростка) и на 75,4 % (длина корешка).

Таблица 6
Рейтинг эффективности удобрений по влиянию на ростовые характеристики культуры *Daucus carota* L.

Рейтинг эффективности удобрений		
	Росток	Корень
I место	Жидкое органическое удобрение «Риверм»	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)
II место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)
III место	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста»	
IV место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)
V место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)	Жидкое органическое удобрение «Риверм»
VI место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 200 г (В-2)	

Table 6
The rating of the effectiveness of fertilizers by their effect on the growth characteristics of the crop *Daucus carota* L.

Fertilizer efficiency rating		
	Sprout	Root
1st place	Liquid organic fertilizer "Riverm"	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)
2nd place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 grams (CD-4)	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)
3rd place	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta"	
4th place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)
5th place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)	Liquid organic fertilizer "Riverm"
6th place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 200 g (V-2)	

Таблица 7
Рейтинг эффективности удобрений по влиянию на ростовые характеристики культуры *Carum carvi L.*

Рейтинг эффективности удобрений		
	Росток	Корень
I место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста»
II место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)
III место	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста»	Жидкое органическое удобрение «Риверм»
IV место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)
V место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 200 г (В-2)	
VI место	Жидкое органическое удобрение «Риверм»	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)

Table 7
The rating of the effectiveness of fertilizers by their effect on the growth characteristics of the crop *Carum carvi L.*

Fertilizer efficiency rating		
	Sprout	Root
1st place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta"
2nd place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)
3rd place	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta"	Liquid organic fertilizer "Riverm"
4th place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)
5th place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 200 g (V-2)	
6th place	Liquid organic fertilizer "Riverm"	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)

Таблица 8
Рейтинг эффективности удобрений по влиянию на ростовые характеристики культуры *Zea mays L.*

Рейтинг эффективности удобрений		
	Росток	Корень
I место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 400 г (КП-4)	
II место	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста»
III место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 400 г (В-4)	
IV место	Жидкое гуминовое удобрение «Сила Роста»	Удобрение на основе куриного помета в концентрации 200 г (КП-2)
V место	Удобрение на основе вермикомпоста в концентрации 200 г (В-2)	
VI место	Жидкое органическое удобрение «Риверм»	

Table 8
The rating of the effectiveness of fertilizers by their effect on the growth characteristics of the crop *Zea mays L.*

Fertilizer efficiency rating		
	Sprout	Root
1st place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 400 g (CD-4)	
2nd place	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta"
3rd place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 400 g (V-4)	
4th place	Liquid humic fertilizer "Sila Rosta"	Fertilizer based on chicken droppings in a concentration of 200 g (CD-2)
5th place	Fertilizer based on vermicompost in a concentration of 200 g (V-2)	
6th place	Liquid organic fertilizer "Riverm"	

Исследование проростков моркови показало, что изучаемые удобрения благоприятно влияли на развитие семян при замачивании. Длина проростка увеличивалась на 52,7 и 67 % при обработке удобрениями КП-4 и Р соответственно. а длина корешка – на 55,4 % при КП-2.

При изучении влияния всех удобрений на развитие проростков тмина было установлено, что при обработке КП-2 длина проростков увеличилась на

59,2 %, а длина корешков – на 20,5 %. Обработка удобрением СР привела к увеличению этих показателей на 41,2 % (проростки) и на 27,9 % (корешки).

Полученные результаты позволяют констатировать, что исследованные препараты сопоставимы по своей эффективности и их можно рекомендовать для предпосевной обработки различных сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Невзоров М. А., Невзоров А. И. Минеральные и органические удобрения как фактор повышения плодородия почв при выращивании кукурузы на силос // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 308–316.
2. Капустин В. П., Родионов Ю. В., Скоморохова А. И. Повышение качества органических удобрений – основа урожаев сельскохозяйственных культур // Наука в центральной России. 2021. Т. 4, № 52. С. 17–25. DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-17-25.
3. Чернов С. А., Матвеев В. В. Органические удобрения как фактор нейтрализации угрозы продовольственной инфляции // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021. Т. 16, № 4. С. 1748–1752.
4. Вокосов З. К., Каноатов Х. М., Мехманов Б. И., Ортигалиева У. Р. Разработка и исследование эффективности органических удобрений // Universum: технические науки: электронный научный журнал. 2022. Т. 12, № 105. С. 14768–14774. DOI: 10.32743/UniTech.2022.105.12.14768.
5. Коновалова Л. К. Экономическая эффективность применения органических удобрений в различных условиях производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 1. С. 120–124. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-30-1-120-124.
6. Завьялова Н. Е., Шишков Д. Г., Иванова О. В. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и показатели качества клубней картофеля // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 3. С. 409–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.409-416.
7. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Оценка адаптивности и потенциальной продуктивности яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 1. С. 58–65. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65.
8. 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. Т. 24, № 3. С. 440–447. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447.
9. Шеуджен А. Х., Гуторова О. А., Бондарева Т. Н. [и др.] Влияние минеральных и органических удобрений на рост и развитие растений риса // Рисоводство. 2022. Т. 2, № 55. С. 57–62. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-57-62.
10. Мироненко О. В. Органический рынок России: состояние и перспективы. Национальный органический союз // Переработка молока. 2017. Т. 7, № 213. С. 48–53.
11. Наприенко А. А. Кавитация [Электронный ресурс] // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярск. Красноярск, 2013. С. 16–20. URL: <https://elibr.sfu-kras.ru/handle/2311/10929?ysclid=lnhe3smzbq16317043> (дата обращения: 10.01.2024).
12. Ковальчук А. Н., Лефлер Т. Ф., Строганова И. Я. [и др.] Технология обеззараживания свиного навоза // Вестник КрасГАУ. 2017. № 11. С. 71–79.
13. Руководство пользователя. Гидродинамическая мельница-кавитатор «Активатор-Gd» [Электронный ресурс]. 2022. URL: <http://www.activator.ru/AcGd.html> (дата обращения: 10.01.2024).
14. Руководство пользователя. СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM [Электронный ресурс]. 2022. URL: <https://spectronxray.ru/devices/spektrometers/spectroscan-maks-gv> (дата обращения: 10.01.2024).
15. 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. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2019.05.009.
16. Пат. 2 735 961 Рос. Федерация: МПК C05F 3/00/B82B3/00/B82Y40/00/ Кавитационный способ обеззараживания жидких органических отходов и приготовления органоминеральных удобрений [Электронный ресурс] / Костенко М. Ю. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Рязанский государствен-

ный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». N 2019138106; заявл. 25.11.2019 ; опублик. 11.11.2020, Бюл. N32. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2735961C1.pdf> (дата обращения: 10.01.2024).

17. Komarova E. V., Slabunova A. V., Kharitonov S. E. Applying the cavitation effect in animal wastewater treatment [Электронный ресурс] // Ecology and water management. 2021. Vol. 3, No. 2. Pp. 61–74. URL: https://www.researchgate.net/publication/352482439_APPLYING_THE_CAVITATION_EFFECT_DURING_ANIMAL_WASTEWATER_TREATMENT (дата обращения: 10.01.2024).

18. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ, 2020. 40 с.

19. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. Москва: Стандартинформ, 2020. 14 с.

20. Каллас Е. В., Новикова А. С., Валиевич Т. О. Определение количественных и качественных характеристик гумуса различными методами и интерпретация полученных результатов: методические указания. Томск: Томский государственный университет, 2020. 55 с.

21. ГОСТ 26713-85. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка [Электронный ресурс]. Москва: Госстандарт, 1985. 6 с.

22. ГОСТ 26712-94. Удобрения органические. Общие требования к методам анализа. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. 12 с.

23. ГОСТ 27980-88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. Москва: Госстандарт, 1988. 11 с.

24. ГОСТ 31461-2012. Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений [Электронный ресурс]. Москва: Стандартинформ, 2020. С. 6.

25. ГОСТ Р 56004-2014. Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2020. 12 с.

26. ГОСТ Р ИСО 21748-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 36 с.

27. Косенко С. В., Плужникова И. И. Влияние биоудобрения «АГРОВЕРМ» на процесс прорастания семян зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10 (192). С. 19–23.

Об авторах:

Надежда Михайловна Королькова, кандидат технических наук, доцент кафедры «Радиоэкология и экологическая безопасность», Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия; ORCID 0000-0002-1193-4859, AuthorID 5678-9154. E-mail: nmderbasova@mail.sevsu.ru

Наталья Игоревна Черкашина, кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии», Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия; ORCID 0000-0003-3913-3495, AuthorID 3913-8948. E-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru

Елена Виктарьевна Гусева, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Судовое электрооборудование», Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия; ORCID 0009-0002-6875-5293, AuthorID 8630-5870. E-mail: evguseva@mail.sevsu.ru

References

1. Nevzorov M. A., Nevzorov A. I. Mineral and organic fertilizers as a factor of increasing soil fertility when growing corn on silos. *Science and Education*. 2020; 3 (3): 308–316. (In Russ.)

2. Kapustin V. P., Rodionov Yu. V., Skomorokhova A. I. Improving the quality of organic fertilizers is the basis of harvets agricultural crops. *Science in Central Russia*. 2021; 4 (52): 17–25. DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-17-25. (In Russ.)

3. Chernov S. A., Matveev V. V. Organic fertilizers as a factor in neutralizing the threat of food inflation. *Health is the Basis of Human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2021; 16 (4): 1748–1752. (In Russ.)

4. Vokosov Z. K., Kanoatov Kh. M., Mekhmanov B. I., Ortigaliev U. R. Development and research of the effectiveness of organic fertilizers. *Universum: Technical Sciences: Electronic Scientific Journal*. 2022; 12 (105): 14768–14774. DOI: 10.32743/UniTech.2022.105.12.14768. (In Russ.)

5. Konovalova L. K. Economical efficiency of organic fertiliser application in different production conditions. *Agrarian Journal of the Upper Volga Region*. 2020; 1: 120–124. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-30-1-120-124 (In Russ.)

6. Zavyalova N. E., Shishkov D. G., Ivanova O. V. The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the yield and quality parameters of potato tubers. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (3): 409–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.409-416. (In Russ.)
7. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G. Assessment of adaptability and potential productivity of spring soft wheat in the conditions of the Ryazan region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (1): 58–65. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65. (In Russ.)
8. Prokina L. N., Pugaev S. V. The use of macro and micro fertilizers in barley crops in field crop rotation on leached chernozem. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (3): 440–447. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447. (In Russ.)
9. Sheudzhen A. Kh., Gutorova O. A., Bondareva T. N., et al. Influence of mineral and organic fertilizers on the growth and development of rice plants. *Rice Farming*. 2022; 2 (55): 57–62. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-57-62. (In Russ.)
10. Mironenko O. V. Organic market in Russia: state and prospects. National Organic Union. *Milk Processing*. 2017; 7 (213): 48–53. (In Russ.)
11. Naprienko A. A. Cavitation. *Youth and science: collection of materials of the IX All-Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 385th anniversary of the founding of Krasnoyarsk* [Internet]. Krasnoyarsk, 2013 [cited 2024 Jan 10]. Pp. 16–20. Available from: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/10929?ysclid=lnhe3smzbq16317043>. (In Russ.)
12. Kovalchuk A. N., Lefler T. F., Stroganova I. Ya., et al. The technology of disinfection of pig manure. *The Bulletin of KrasGAU*. 2017; 11: 71–79. (In Russ.)
13. User guide. *Hydrodynamic mill-cavitator "Activator-Gd"* [Internet]. 2022 [cited 2024 Jan 10]. Available from: <http://www.activator.ru/AcGd.html>. (In Russ.)
14. User guide. SPECTROSCAN MAX-GVM. *NPO SPECTRON* [Internet]. 2022 [cited 2024 Jan 10]. Available from: <https://spectronxray.ru/devices/spektrometers/spectroscan-maks-gv>. (In Russ.)
15. 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; 57: 147–165. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2019.05.009.
16. Patent 2 735 961 Russian Federation: MPC C05F3/00/B82B3/00/B82Y40/00/ Cavitation method for disinfection of liquid organic waste and preparation of organomineral fertilizers / Kostenko M. Yu., et al.; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev". N 2019138106; application 11/25/2019 ; published 11.11.2020, Bulletin N 32 [Internet] [cited 2024 Jan 10]. Available from: <https://patenton.ru/patent/RU2735961C1.pdf>. (In Russ.)
17. Komarova E. V., Slabunova A. V., Kharitonov S. E. Applying the cavitation effect in animal wastewater treatment. *Ecology and water management*. [Internet]. 2021 [cited 2024 Jan 10]; 3 (2): 61–74. Available from: https://www.researchgate.net/publication/352482439_APPLYING_THE_CAVITATION_EFFECT_DURING_ANIMAL_WASTEWATER_TREATMENT.
18. State standard 12038-84. *Agricultural seeds. Methods for determining germination*. Moscow: Standardinform, 2020. 40 p. (In Russ.)
19. State standard 12036-85. *Agricultural seeds. Acceptance rules and sampling methods*. Moscow: Standardinform, 2020. 14 p. (In Russ.)
20. 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: Guidelines*. Tomsk: Tomsk State University, 2020. 55 p. (In Russ.)
21. State standard 26713-85. *Organic fertilizers. Method for determining of moisture dry residue*. Moscow: Gosstandart, 1985. 6 p. (In Russ.)
22. State standard 26712-94. *Organic fertilizers. General requirements for methods of analysis*. Minsk: Euro-Asian Council for standardization, metrology and certification, 1994. 12 p. (In Russ.)
23. State standard 27980-88. *Organic fertilizers. Organic determination methods*. Moscow: Gosstandart, 1988. 11 p. (In Russ.)
24. State standard 31461-2012. *Poultry dung. Raw material for manufacture of organic fertilizers. Specifications*. Moscow: Standartinform, 2020. 6 p. (In Russ.)
25. State standard 56004-2014. *Organic fertilizers. Vermicomposts. Technical specifications*. Moscow: Standartinform, 2020. 12 p. (In Russ.)
26. State standard 21748-2021. *The national standard of the Russian Federation. Statistical methods. Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty evaluation*. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. 36 p. (In Russ.)

27. Kosenko S. V., Pluzhnikova I. I. The influence of “AGROVERM” biofertilizer on the process of seed germination of cereal crops. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020; 10 (192): 19–23. (In Russ.)

Authors' information:

Nadezhda M. Korolkova, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department “Radioecology and Environmental Safety”, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia;

ORCID 0000-0002-1193-4859, AuthorID 5678-9154. *E-mail: nnderbasova@mail.sevsu.ru*

Natalya I. Cherkashina, candidate of technical sciences, associate professor of the department “Chemistry and Chemical Technologies”, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia; ORCID 0000-0003-3913-3495,

AuthorID 3913-8948. *E-mail: cherkashina@mail.sevsu.ru*

Elena V. Guseva, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department

“Marine Electrical Equipment”, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia; ORCID 0009-0002-6875-5293, AuthorID 8630-5870. *E-mail: evguseva@mail.sevsu.ru*