



Растениеводство Crop production





DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-20-30

EDN OVCBUM

УДК 633: 631.86

Научная статья / Research article

Продуктивность сельскохозяйственных культур при использовании органоминеральных удобрений на основе отработанного грибного компоста

Т.В. Зубкова¹  , **Д.В. Виноградов^{2,3}** ¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, Российская Федерация²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева,
г. Рязань, Российская Федерация
 zubkovatanua@yandex.ru

Аннотация. С развитием в России отрасли грибоводства увеличивается количество отработанных грибных компостов, которые начинают активно использоваться как органоминеральные удобрения под сельскохозяйственные культуры. Рост спроса на данные удобрения снижает остроту проблемы хранения отработанных компостов. В исследованиях, проведенных на темно-серых лесных почвах Рязанской области, изучалось влияние на урожайность сельскохозяйственных культур отходов грибного производства как органических удобрений с высоким процентным содержанием питательных элементов, способных улучшать физические, биологические и биохимические свойства почвы. В приведенных опытах в отработанных компостах: свежевыгруженном и одного года хранения — выявлено содержание питательных элементов: зольности — 8,0 и 74,1 %; органического вещества — 66,3 и 25,9 %; NPK — 0,50, 0,63, 0,44 и 0,45, 0,51, 0,39 % соответственно, в сочетании с благоприятным кислотным режимом (рН 8,0–7,3). Максимальная продуктивность сельскохозяйственных культур отмечена на вариантах с действием полуперепревшего

© Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

компоста: урожайность яровой пшеницы — 2,82 т/га (прибавка + 0,23 т/га к контролю); ярового ячменя — 3,21 т/га (+0,17); ярового рапса — 1,77 т/га (+0,24); картофеля сорта Вымпел — 27,91 (+ 4,41); картофеля сорта Колобок — 11,21 т/га (+1,63); гороха посевного — 2,10 т/га (+0,21). Подтверждена высокая эффективность применения грибных компостов в качестве удобрений для повышения урожайности яровых ячменя и пшеницы, ярового рапса, картофеля и гороха посевного.

Ключевые слова: пшеница яровая, ячмень яровой, рапс яровой, картофель, горох посевной, урожайность, масличность

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 15 января 2022 г., принята к публикации 27 февраля 2023 г.

Для цитирования: *Зубкова Т.В., Виноградов Д.В.* Продуктивность сельскохозяйственных культур при использовании органоминеральных удобрений на основе отработанного грибного компоста // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 1. С. 20—30. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-20-30

Influence of spent mushroom compost on crop productivity

Tatyana V. Zubkova¹  , Dmitry V. Vinogradov^{2,3} 

¹Bunin Yelets State University, *Yelets, Russian Federation*

²Lomonosov Moscow State University, *Moscow, Russian Federation*

³Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev,
Ryazan, Russian Federation

*zubkovatanua@yandex.ru

Abstract. As development of mushroom industry in Russia is growing, and the amount of spent mushroom composts is increasing, they are actively used as organomineral fertilizers for agricultural crops. Therefore, from the rather large problem of storing waste composts, these fertilizers began to be in great demand in the agricultural industry. Organic fertilizers are characterized by a high percentage of nutrients. They are able to improve physical properties of soil by increasing aggregative stability and reducing soil density. Organic fertilizers improve biological and biochemical properties of soil, and positively affect the development of soil microbial community. In the experiments, the content of nutrients in fresh compost and compost after one year of storage averaged: ash content — 8.0 and 74.1 %; organic matter — 66.3 and 25.9 %; NPK (%) — 0.50, 0.63, 0.44 and 0.45, 0.51, 0.39, respectively, under a favorable soil acidity (pH 8.0–7.3). In studies carried out on dark grey forest soils of the Ryazan region, the maximum productivity of agricultural crops was noted in variants with application of half-ripened compost: the yield of spring wheat was 2.82 t/ha (+ 0.23 t/ha compared to the control); spring barley — 3.21 t/ha (+0.17); spring rapeseed — 1.77 t/ha (+0.24); potato cv. ‘Vympel’ — 27.91 (+ 4.41); potato cv. ‘Kolobok’ — 11.21 t/ha (+1.63); pea — 2.10 t/ha (+0.21). The high efficiency of spent mushroom composts as fertilizers for increasing yields of spring barley and wheat, spring rapeseed, potatoes and peas was confirmed.

Keywords: spring wheat, spring barley, spring rapeseed, potato, pea, productivity, oil content

Conflicts of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Article history: Received: 15 January 2022. Accepted: 27 February 2023.

For citation: Zubkova TV, Vinogradov DV. Influence of spent mushroom compost on crop productivity. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(1):20—30. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-20-30

Введение

В современном аграрном производстве органическим удобрениям отводится особая роль в поддержании и наращивании почвенного плодородия для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. В интенсивных агротехнологиях низкий уровень плодородия и применяемая система удобрений приводят к снижению уровня минерализации гумуса. Поддержание бездефицитного баланса гумуса в почвенном покрове с высоким его содержанием является важнейшей задачей сельскохозяйственного производства, и ее решение во многом связано с применением органических и органоминеральных удобрений [1–4].

Органические удобрения характеризуются высоким процентным содержанием питательных элементов и способны улучшать физические свойства почвы за счет повышения агрегативной устойчивости и уменьшения плотности почвенной массы [5–7]. Органические удобрения способствуют улучшению биологических и биохимических свойств почвы, а также положительно влияют на развитие почвенного микробного сообщества [8–10].

Последние годы в Российской Федерации бурное развитие переживает отрасль грибоводства. В числе лидеров Курская (13,8 тыс. т) область, Краснодарский край (12,2 тыс. т) и Московская область (7,8 тыс. т). Кроме того, грибоводство активно развивается в Ленинградской, Воронежской, Калужской и Ростовской областях, а также в Республике Татарстан.

Количество увеличивающегося отработанного грибного субстрата представляет большой интерес для использования в качестве органических удобрений в технологиях сельскохозяйственных культур. Высокому производству зерна, бобов, клубнеплодов и маслосемян способствует использование интенсивной системы удобрений в агротехнологиях [11–15].

Цель исследования — оценка эффективности использования отходов грибного производства: отработанного компоста и мицелия ксилотрофных грибов — в технологиях производства сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы исследования

Опытные участки располагались в Рязанской области на темно-серой лесной почве. Полевой опыт по испытанию компостов был заложен в 2020–2021 гг. на посевах сельскохозяйственных культур: ярового рапса, ярового ячменя, яровой пшеницы, гороха и картофеля (фактор А). Компост вносился один раз в севообороте, непосредственно под исследуемую культуру.

В опыте применяли две формы органического удобрения: полуперепревший и перепревший компост (фактор В). По фактору В схема опыта включала 3 ва-

рианта: контроль — без внесения компоста; компост полуперепревший; компост перепревший.

Доза внесения компостов определялась в соответствии с результатами расчетов потребности в удобрениях на формирование запланированной урожайности и анализа научных и производственных результатов по программированию урожаев сельскохозяйственных культур. В соответствии с этим средняя дозировка внесения компостов составила под яровые зерновые 50 т/га, яровой рапс — 40 т/га, картофель — 80 т/га.

Представленные компосты отличаются достаточно высоким содержанием основных элементов питания. Содержание в компостах: отработанном и 1 года хранения: зольность — 8,0 и 74,1 %; органическое вещество — 66,3 и 25,9 %; массовая доля влаги — 65,4 и 29,3 %; содержание на натуральную влажность общих элементов NPK — 0,50, 0,63, 0,44 и 0,45, 0,51, 0,39 % соответственно. Все компосты имеют благоприятную pH (8,0–7,3), поэтому физиологическое подкисление почвы исключено.

В опыте содержание в почве: гумус — 3,7 %, P_2O_5 — 10,5...14,6 мг/100 г почвы, K_2O — 14,1...15,6 мг/100 г почвы; $pH_{\text{сол}}$ — 5,4.

Объекты исследований — яровая пшеница сорт Ладыя, яровой ячмень сорт Владимир, яровой рапс сорт Риф, картофель — столовые среднеспелые сорта Вымпел, Колобок, горох посевной — Рокет.

Сельскохозяйственные культуры выращивались согласно общепринятым рекомендациям для условий Нечерноземной зоны. ГТК 2020 г. — 1,4; ГТК 2021 г. — 0,9.

Культуры выращивались в севообороте: чистый пар — озимая пшеница — картофель — яровой рапс — горох — яровые зерновые. Внесение компостов в опыте проводили под фрезерную обработку почвы агрегатом МТЗ-1221 + ФП-1,8 (картофель) или предпосевную культивацию МТЗ-1221 + КПЭ-3,8 (для всех остальных культур).

Общая площадь варианта — 80 м², учетная — 65 м². Повторность — четырехкратная. Основным методом исследований выбран полевой опыт, сопровождающийся многочисленными наблюдениями, учетами и лабораторными анализами. Математическая обработка выполнялась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову¹.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты проведенных опытов позволили установить положительный эффект от вносимых удобрений.

Следует отметить, что внесение удобрений способствовало увеличению площади листьев. Наибольшие различия достигались на варианте с применением полуперепревшего компоста. В опыте с яровой пшеницей в фазу цветения культуры, при внесении полуперепревшего компоста, площадь листовой поверхности составила 2,26 м²/м, что в 1,44 раза больше значений контрольного варианта (рис. 1).

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 220 с.

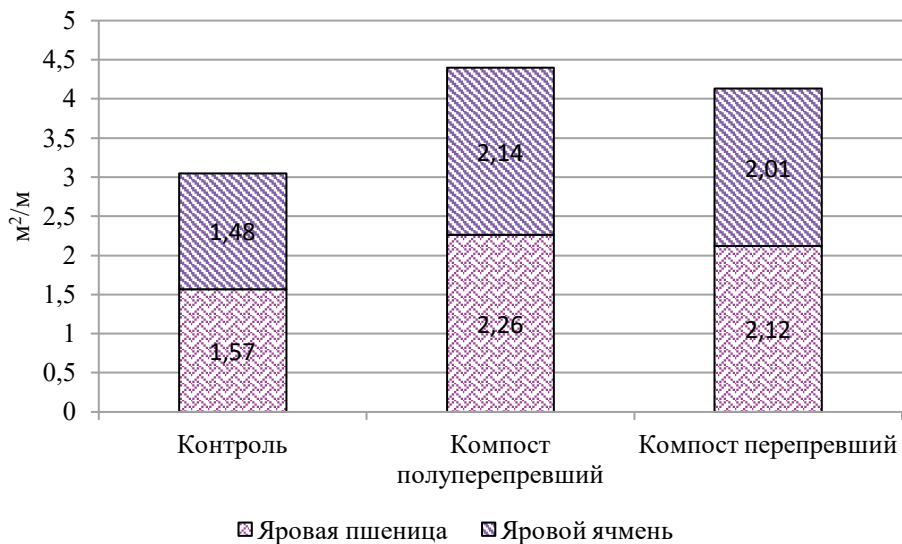


Рис. 1. Площадь листовой поверхности пшеницы и ячменя, м²/м

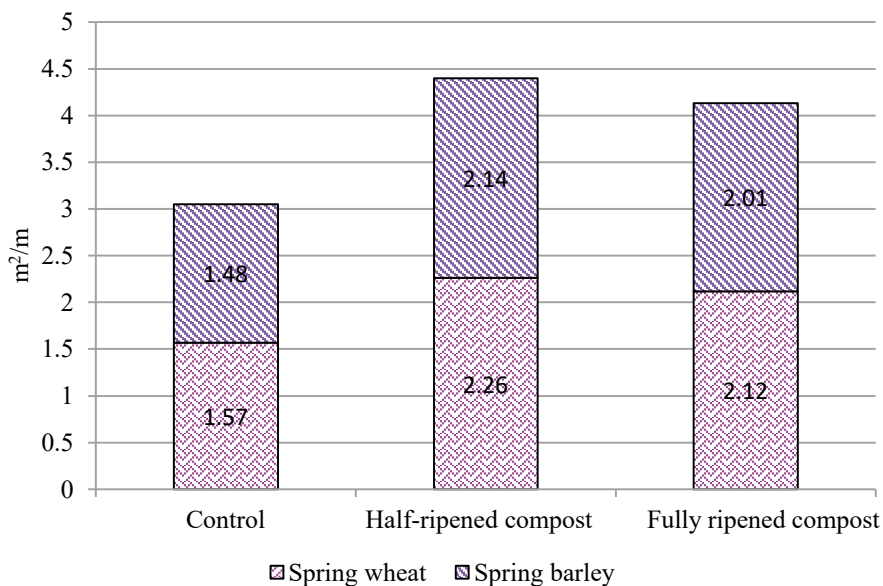


Fig. 1. Leaf surface area of wheat and barley, m²/m

В опыте с яровым ячменем получены сходные данные: площадь листовой поверхности растений с внесением полуперепревшего компоста составила 2,14 м²/м.

Внесение исследуемых удобрений сказалось и на увеличении вегетативной массы растений. Особенно это было заметно в опыте с яровым рапсом. Вегетативная масса одного растения на варианте с внесением компоста свежего в фазу цветения составляла 50,9 г, что в 2,11 раза было выше контроля. На варианте с перепревшим компостом данный показатель превышал контроль в 1,96 раза (рис. 2).

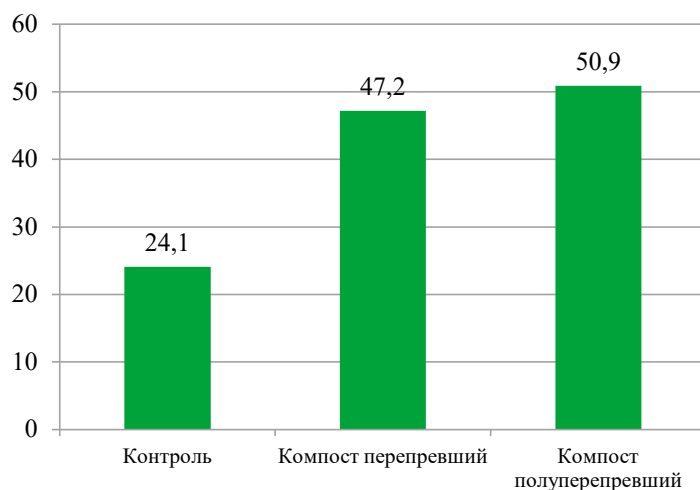


Рис. 2. Вегетативная масса одного растения рапса в фазу цветения, г

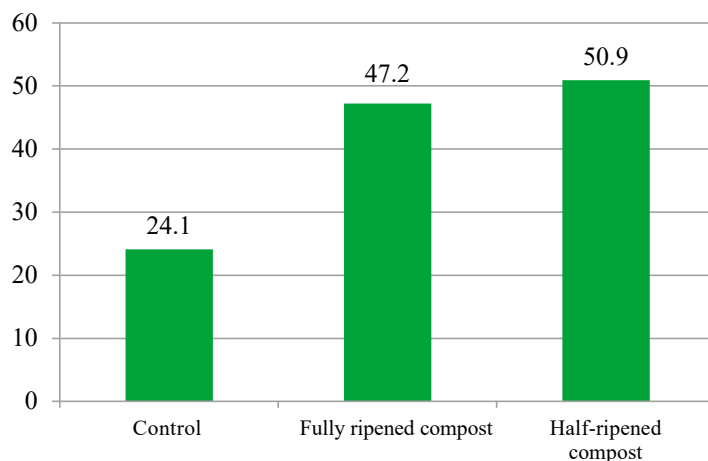


Fig. 2. Vegetative mass of rapeseed plant in the flowering stage, g

Установлено, что внесение всех компостов способствовало увеличению высоты растений ярового рапса. Высота растений в фазу цветения на контрольном

варианте составила 83,5 см. Внесение полуперепревшего компоста увеличивало данный показатель на 12,3 см по сравнению с контролем и на 9,7 см по сравнению с высотой растений на варианте с применением перепревшего компоста (рис. 3).

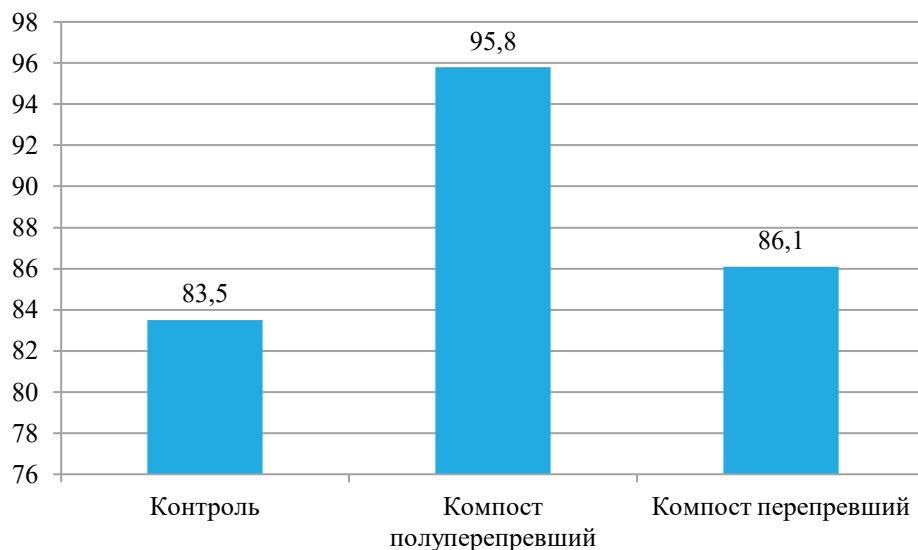


Рис. 3. Высота растений ярового рапса в фазу цветения, см

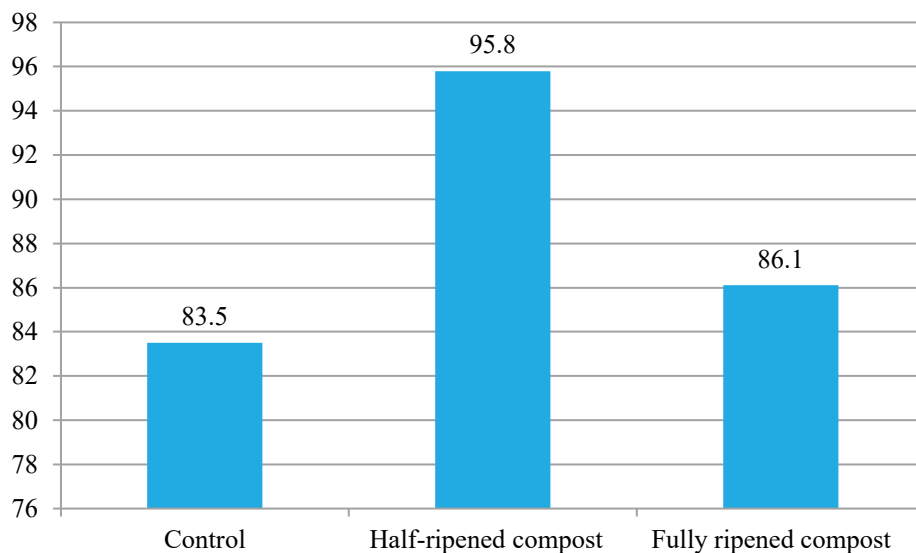


Fig. 3. Height of spring rape plants in the flowering stage, cm

В опыте по всем вариантам культур выявлено увеличение урожайности всех сельскохозяйственных культур от действия компоста (табл.).

**Урожайность сельскохозяйственных зерновых культур
в зависимости от уровня питания, среднее 2020–2021 гг.**

Уровень питания	Урожайность, т/га					
	Яровая пшеница	Яровой ячмень	Яровой рапс	Картофель сорт Вымпел	Картофель сорт Колобок	Горох посевной
Контроль	2,59	3,04	1,53	23,50	9,58	1,89
Компост полуперепревший	2,82	3,21	1,77	27,91	11,21	2,10
Компост перепревший	2,66	3,19	1,71	25,63	10,86	2,09

LSD₀₅ среднее, т/га, А – 0,91; В – 1,28; АВ – 2,22.

**Yield of agricultural grain crops depending on nutrition, t/ha
(average for 2020–2021)**

Nutrition	Yield, t/ha					
	Spring wheat	Spring barley	Spring rapeseed	Potato cv. Vympel	Potato cv. Kolobok	Pea
Control	2.59	3.04	1.53	23.50	9.58	1.89
Half-ripened compost	2.82	3.21	1.77	27.91	11.21	2.10
Fully ripened compost	2.66	3.19	1.71	25.63	10.86	2.09

LSD₀₅ average, t/ha: A – 0.91; B – 1.28; AB – 2.22.

Приведенные в таблице данные подтверждают, что и полуперепревший компост, и компост годовалый (перепревший) повлияли на все биометрические показатели исследуемых культур в сторону увеличения. При этом компост полуперепревший дал большее увеличение данных показателей.

Максимальная урожайность по всем культурам отмечена на вариантах с действием полуперепревшего компоста: яровой пшеницы — 2,82 т/га (прибавка + 0,23 т/га к контролю); ярового ячменя — 3,21 т/га (+0,17); ярового рапса — 1,77 т/га (+0,24); картофеля сорта Вымпел — 27,91 (+ 4,41); картофеля сорта Колобок — 11,21 т/га (+ 1,63); гороха посевного — 2,10 т/га (+ 0,21).

В процессе выполнения экспериментов после уборки ярового рапса был проведен анализ маслосемян в зависимости от уровня питания (рис. 4).

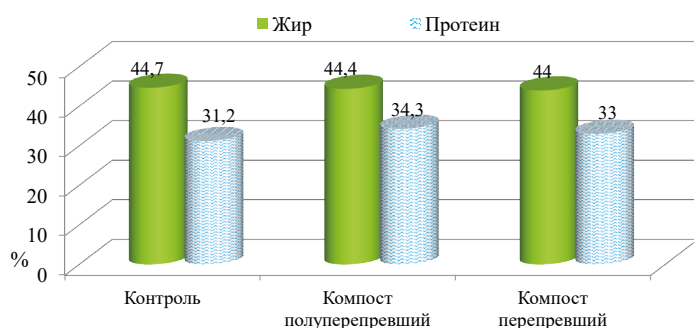


Рис. 4. Содержание жира и протеина в семенах ярового рапса, %

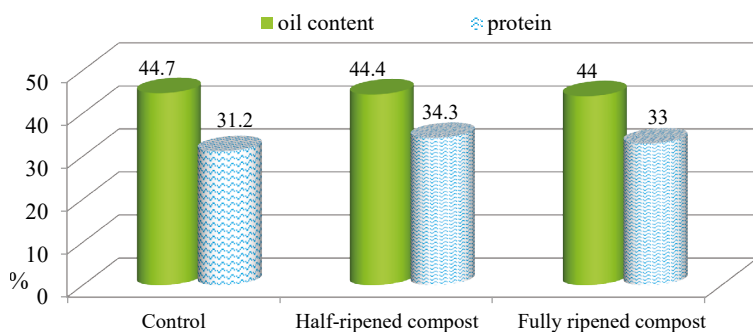


Fig. 4. Fat and protein content in seeds of spring rapeseed, %

Таким образом, при определении качества маслосемян, внесение различных компостов существенного изменения масличности у сорта Риф не показал, в среднем она составила 44,0...44,7 %. В то же время, зафиксировано увеличение содержания белка под действием компостов. Так, максимальное в опыте содержание протеина — на варианте с внесением перепревшего компоста (34,2 %), на +3,1 % от контроля.

Заключение

Данные, полученные в исследовании эффективности использования отходов грибного производства: отработанного компоста и мицелия ксилотрофных грибов — в качестве органических удобрений, подтверждают, что их применение на серых лесных почвах увеличивает урожайность яровых ячменя, пшеницы и рапса, картофеля и гороха посевного. Компост является дополнительным источником органического вещества в почве, обогащает ее азотом, фосфором, калием.

Итоги полевых испытаний компостов позволяют рекомендовать их для оптимизации условий питания исследуемых сельскохозяйственных культур. При этом для получения максимальных результатов продуктивности культур лучше всего использовать полуперепревший компост.

Библиографический список

1. Вафина Э.Ф., Мерзлякова А.О., Фатыхов И.Ш. Фотосинтетическая деятельность растений рапса Галант при применении микроэлементов // Инновационному развитию АПК — научное обеспечение: сб. науч. статей междунар. науч.-практ. конф., посв. 80-летию Пермской государственной сельскохозяйственной академии имени академика Д.Н. Прянишникова. Пермь, 2016. С. 26–30.
2. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., Dubrovina O.A., Zakharov V.L. Влияние органоминеральных удобрений на накопление Cu и Zn в растениях ярового рапса // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 10–15. doi: 10.36718/1819-4036-2021-9-10-15
3. Карпачев В.В. Научное обеспечение производства семян рапса в России // Сельское хозяйство, 2009. Т. 2. С. 8–10.
4. Карпачев В.В. Научное обеспечение отрасли рапсосоения: итоги и задачи на 2006–2010 годы // Рапс — культура XXI века: аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели: сб. науч. докл. на междунар. науч.-практ. конф. Липецк, 2005. С. 4–11.
5. Gulidova V.A., Shchuchka R.V. New preparations for winter wheat seeds Protection // WSEAS transactions on environment and development. 2021. V. 17. P. 630–635. doi: 10.37394/232015.2021.17.61
6. Shchuchka R.V., Gulidova V.A. Methods and results of spring barley plants treatment with growth biostimulants // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 677. P. 022103. doi: 10.1088/1755-1315/677/2/022103
7. Лунова Е.И. Роль пропашных предшественников в контроле засоренности и увеличении урожайности семян рапса и сурепицы // АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал. 2022. № 1. doi: 10.51419/202121106
8. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7 (106). С. 45–49.
9. Gulidova V.A., Kravchenko V.A., Zakharov V.L. Optimization of the soil agrophysical properties for spring rape on leached black soil // Amazonia Investiga. 2020. Т. 9. № 29. P. 63–68. doi: 10.34069/AI/2020.29.05.8
10. Ушаков Р.Н., Головина Н.А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрохимический вестник. 2013. № 5. С. 12–13.
11. Zubkova T.V., Vinogradov D.V. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помета и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 46–54. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54
12. Motyleva S., Shchuchka R., Gulidova V., Mertvishcheva M. Structure and chemical characteristics of natural mineral deposit Terbunskaya (Lipetsk region, Russia) // AIP Conference Proceedings. 2015. Vol. 1669. doi: 10.1063/1.4919211
13. Макарова М.П. Влияние органоминеральных удобрений на основе ОСВ и цеолита на продуктивность агроценоза ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2013. № 3 (19). С. 109–112.
14. Гулидова В.А., Попов А.М. Масличность и биохимический состав семян рапса в зависимости от основной обработки почвы в сочетании с удобрениями // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сб. науч. тр. Вып. 11. М.: РАЕН, 2004. Ч. 2. С. 46–51.
15. Гулидова В.А. Зависимость качества рапсового масла от основной обработки почвы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 5. С. 64–65.

References

1. Vafina EF, Merzlyakova AO, Fatykhov IS. Photosynthetic activity of Galant rapeseed plants after application of mineral fertilizers. In: *Innovative development of agriculture— scientific support: conference proceedings*. Perm; 2010. p.26–30. (In Russ.).
2. Zubkova TV, Vinogradov DV, Dubrovina OA, Zakharov VL. Influence of organomineral fertilizers on the accumulation of Cu and Zn in spring rape plants. *Bulletin of KSAU*. 2021;(9):10–15. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2021-9-10-15
3. Karpachev VV. Scientific support for production of rapeseed in Russia. *Zemledelie*. 2009;(2):8–10. (In Russ.).
4. Karpachev VV. Scientific support of the rapeseed industry: results and tasks for 2006–2010. In: *Rapeseed as a crop of the XXI century: aspects of use for food, fodder and energy purposes: conference proceedings*. Lipetsk; 2005. p.4–11. (In Russ.).

5. Gulidova VA, Shchuchka RV. New preparations for winter wheat seeds protection. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 2021;17:630–635. doi: 10.37394/232015.2021.17.61
6. Shchuchka RV, Gulidova VA. Methods and results of spring barley plants treatment with growth biostimulants. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;677:022103. doi: 10.1088/1755-1315/677/2/022103
7. Lupova EI. The role of row crop predecessors in controlling weediness and increasing the productivity of rapeseed and rapeseed seeds. *AgroEcoInfo*. 2022;(1):4. (In Russ.). doi: 10.51419/202121106
8. Schur AV, Vinogradov DV, Valko VP. The soilcellulolytic activity in various levels of agrotechnical influence. *Bulletin of KSAU*. 2015;(7):45–49. (In Russ.).
9. Gulidova VA, Kravchenko VA, Zakharov VL. Optimization of the soil agrophysical properties for spring rape on leached black soil. *Amazonia Investiga*. 2020;9(29):63–68. doi: 10.34069/AI/2020.29.05.8
10. Ushakov RN, Golovina NA. Fiziko_himicheskii blok plodorodiya agroseroi pochvi. *Agrochem herald*. 2013;(5):12–13. (In Russ.).
11. Zubkova TV, Vinogradov DV. Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in the technology of spring rape cultivation for seeds. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2021;(1):46–54. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54
12. Motyleva S, Shchuchka R, Gulidova V, Mertvishcheva M. Structure and chemical characteristics of natural mineral deposit Terbunskaya (Lipetsk region, Russia). *AIP Conference Proceedings*. 2015;1669:020073. doi: 10.1063/1.4919211
13. Makarova MP. Influence of the basis organomineral fertilizers sewage sludge and zeolites on productivity spring rape. *Herald of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2013;(3):109–112. (In Russ.).
14. Gulidova VA, Popov VM. Oil content and biochemical composition of rape seeds depending on the main tillage in combination with fertilizers. In: *Netraditsionnye prirodnye resursy, innovatsionnye tekhnologii i produkty. Vyp.11. Ch. 2* [Non-traditional natural resources, innovative technologies and products. Vol. 11. Part 2]. Moscow: RAEN publ.; 2004. p.46–51. (In Russ.).
15. Gulidova VA. Dependency of rape oil quality on basic tillage of soil. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2005;(5):64–65. (In Russ.).

Об авторах:

Зубкова Татьяна Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агротехнологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Российская Федерация, 399770, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28; e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-3525-488X

Виноградов Дмитрий Валериевич — доктор биологических наук, профессор, советник при ректорате, заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1; старший научный сотрудник кафедры общего земледелия и агроэкологии, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: vdv-rz@rambler.ru

ORCID: 0000-0003-2017-1491

About authors:

Zubkova Tatyana Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrotechnologies for Storage and Processing of Agricultural Products, Yelets State University, 28 Kommunarov st., Yelets, 399770, Russian Federation; e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-3525-488X

Vinogradov Dmitry Valerievich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Advisor to the Rectorate, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 1 Kostycheva st., Ryazan, 390044, Russian Federation; Senior Researcher, Department of General Agriculture and Agroecology, Lomonosov Moscow State University, 1/12 Leninskiye gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: vdv-rz@rambler.ru

ORCID: 0000-0003-2017-1491