DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-59-65
УДК 633.11

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ВНЕСЕНИЯ ДЕФЕКАТА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР

Т.В. Зубкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия
E-mail: zubkovatanua@yandex.ru

Ключевые слова: рапс яровой, биологическая активность почвы, биологические удобрения, дефекат, урожайность.

Реферат. *Приведены результаты четырехлетних исследований по определению эффективности комплексного использования свекловичного дефеката, микробиологических и минеральных удобрений на биологическую активность почвы, урожайность и масличность рапса ярового. Исследования проведены в условиях Липецкой области на черноземе выщелоченном в 2018–2021 гг. Погодные условия исследуемых лет являлись весьма благоприятными для развития растений рапса. Гидротермический коэффициент составил в 2018 г. 0,77, в 2019 г. – 1,12, в 2020 г. – 1,25, в 2021 г. – 1,78. В среднем вегетационный период по вариантам длился 111–118 дней. Более продолжительный период отмечен в варианте с внесением дозы дефеката 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$ на фоне обработки Экстрасолом (118 дней). Максимальная степень разложения льняного полотна установлена в варианте с дозами внесения дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ при глубине внесения в почву до 20 см (более 48%). Максимальная средняя урожайность наблюдалась на фоне 12,6 т/га дефеката в варианте $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСка-3 (3,53 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,40 т/га) при внесении осенью и в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСка-3 (3,43 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,21 т/га) при внесении в ранневесенний период. Высокая масличность отмечена в вариантах с внесением дозы дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель содержания жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5–42,7%).*

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND PRODUCTIVITY OF SPRING RAPE DEPENDING ON THE APPLICATION OF FERTILIZERS IN THE BACKGROUND OF DEFECT APPLICATION IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE CCR (CENTRAL CHERNOZEM REGION)

T.V. Zubkova, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor
Yelets State University named after I.A. Bunin, Yelets, Russia
E-mail: zubkovatanua@yandex.ru

Keywords: spring rape, the biological activity of the soil, biological fertilizers, defecate, yield.

Abstract. *The results of four years of research to determine the effectiveness of the integrated use of beet defecate, microbiological, and mineral fertilizers on the biological activity of the soil, yield, and oil content of spring rape are presented. The studies were carried out in the conditions of the Lipetsk region on leached chernozem in 2018–2021. The weather conditions of the studied years were very favorable for the development of rapeseed plants. The hydrothermal coefficient was 0.77 in 2018, 1.12 in 2019, 1.25 in 2020, and 1.78 in 2021. On average, the growing season for the options has lasted 111–118 days. A more extended period was noted in the variant with the introduction of a dose of defecate 12.6 t/ha, N140P70K100, against the background of treatment with Extrasol (118 days). The maximum degree of decomposition of flax cloth was established in the variant with doses of defecate fertilizer of 12.6 t/ha and mineral fertilizers N140P70K100 at a depth of application into the soil of up to 20 cm (more than 48%). The maximum average yield was observed against the background of 12.6 t/ha of defecate in the variant N140P70K100 + BSKa-3 (3.53 t/ha), N140P70K100 + Extrasol (3.40 t/ha) when applied in autumn and in the variants N140P70K100 + BSKa- 3 (3.43 t/ha), N140P70K100 + Extrasol (3.21 t/ha) when used in early spring. High oil content was noted in the variants by introducing a dose of defecate 12.6 t/ha and mineral fertilizers N90P40K50 against the background of treatments with microbiological fertilizers. The maximum fat content was noted in the defecate variant: 12.6 t/ha + N90P40K50 + Extrasol (42.5–42.7%).*

В последнее время наблюдается стремительный рост производства свекловичного сахара в России. Так, в 2009–2010 гг. его производилось около 3 млн т, а в 2019–2020 гг. уже более 7 млн т [1].

В сахарном производстве образуются три типа отходов: свекловичный жом, меласса и дефекационная известь. Из 1 т собранной свеклы получают около 150 кг сахара, 500 кг свекловичного жома (с содержанием сухого вещества 10 мас.%), 50 кг очистной извести и 35 кг мелассы [2–5].

Следовательно, с увеличением объёмов производства сахарной свёклы увеличивается и количество связанных с её переработкой отходов. Чтобы снизить загрязнение окружающей среды, весьма целесообразным в сельском хозяйстве является создание безотходной технологии, а именно, использование отходов в качестве вторичного материального ресурса [6–11]. Следует отметить, что содержание питательных веществ и минералов в отходах свеклосахарного производства делает их очень ценными при использовании в качестве мелиорантов и органических удобрений [12–14]. Осадок от дефекации характеризуется высоким процентным содержанием $CaCO_3$, органического вещества, азота, фосфора, калия и микроэлементов [15].

Внесение дефеката в почву не только обеспечивает растения питательными элементами, но и изменяет условия существования почвенных микроорганизмов, которые являются продуцентами витаминов, ферментов, антибиотиков и других физиологически активных веществ [16].

В условиях стремительного роста цен на минеральные удобрения использование нетрадиционных органических материалов и включение их в современные агротехнологии является весьма актуальным.

Цель исследования – выявить эффективность совместного использования минеральных и микробиологических удобрений на фоне внесения свекловичного дефеката в агроценозах ярового рапса в условиях Центрально-Черноземного района.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования были проведены в Липецкой области на опытных участках ИП КФХ Аринина в 2018–2021 гг.

Ежегодно опыты закладывали по трехфакторной системе: фактор А – расчетная норма внесения дефеката 6,3 и 12,6 т/га; фактор В – доза минеральных удобрений и период внесения дефеката (осенний и ранневесенний); фактор С – использование микробиологических удобрений БСка-3 и Экстрасол путем обработки семян перед посевом.

Опытная почва – чернозем выщелоченный; агрохимические показатели: гумус – 5,56–5,75%, Нг – 5,25–5,30 мг-экв/100 г почвы, P_2O_5 – 121,7–126,8 мг/кг почвы, K_2O – 151,5–156,6 мг/кг почвы, Ca – 15,25–16,01 ммоль/100 г почвы, Mg – 2,05–2,39 ммоль/100 г почвы.

Агрохимическая характеристика дефеката: $CaCO_3$ – 75,0–77,6 %, массовая доля сухого вещества – 70,3–72,0, органического вещества – 38,5%.

Мероприятия по выращиванию ярового рапса выстраивались согласно общепринятым рекомендациям в ЦЧР. Предшественник – озимая пшеница. Высевали яровой рапс сорта Риф, норма высева 2 млн шт/га, глубина заделки семян 2 см. Заделка свекловичного дефеката осенью производилась под зяблевую вспашку, весной – под культивацию. Доза внесения дефеката была расчётной, зависела от глубины его заделки и гидролитической активности почвы.

Опыты заложены по методике Б.А. Доспехова, общая площадь делянки – 120 м^2, учетная – 80 м^2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в годы исследований сложились благоприятными для развития ярового рапса, ГТК в 2018 г. составил 0,77, в 2019 г. – 1,12, в 2020 г. – 1,25, в 2021 г. – 1,78.

Высокая эффективность работы микрофлоры почвы – весьма важный показатель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур, в том числе и ярового рапса, которую определяет биологическая активность почвы.

При изучении биологической эффективности был применен метод разложения льняного полотна в опытной черноземной выщелоченной почве. Данные получены на основе деятельности целлюлозоразлагающей микрофлоры.

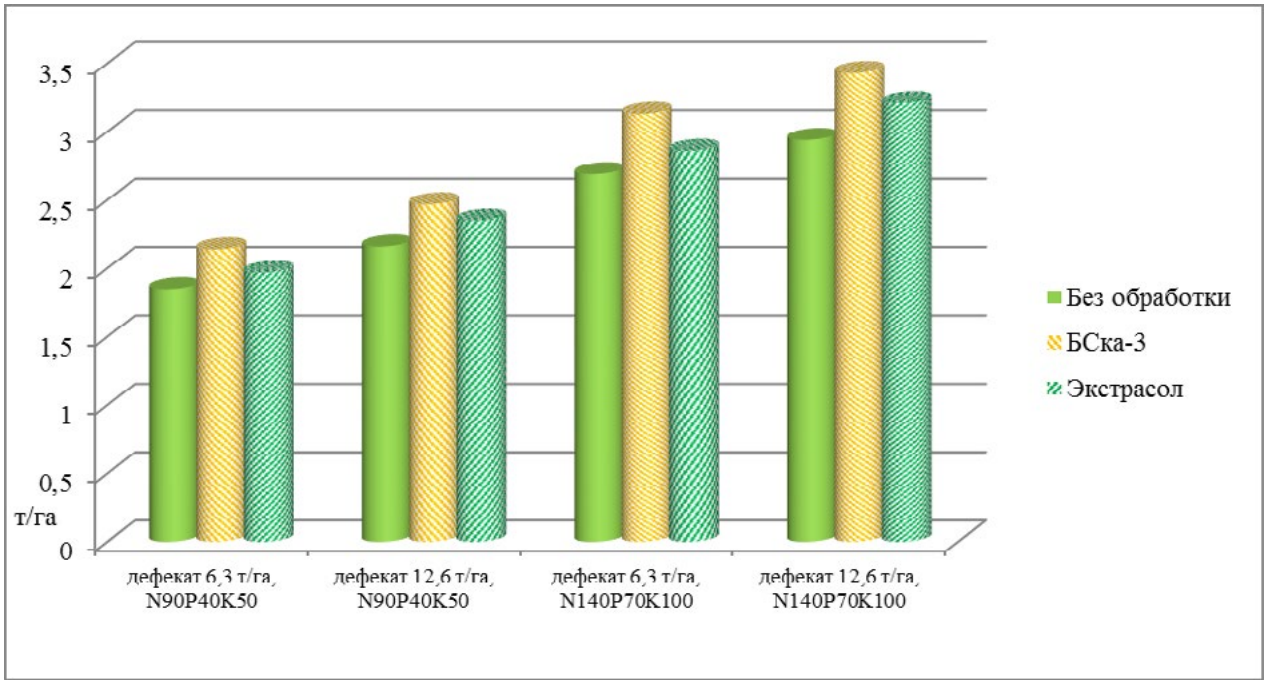
Наименьшая биологическая активность почвы выявлена в 2018 г., средний показатель которой составил 30% разложения льняного полотна за год. В 2019 г. среднее значение показателя зафиксировано на уровне 34%; максимальная активность почвы в опыте отмечена в 2020 г. (45%). Средний показатель биологической активности почвы в годы опытов был на уровне 37,4%.

В разрезе исследуемых в опыте факторов наибольшее действие на биологическую активность почвы оказали дозы заделки дефеката в почву и минеральные удобрения. Более низкое разложение льняного полотна выявлено в варианте с внесением 6,3 т/га дефеката в комплексе с действием $N_{90}P_{40}K_{50}$ при глубине внесения в почву до 10 см (28%). Максимальная степень разложения льняного полотна установлена в варианте с высокими дозами внесения дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ при глубине внесения в почву до 20 см (более 48%).

Анализируя биологическую активность почвы в зависимости от влияния биологических удобрений в посевах ярового рапса, отметим высокое действие обоих исследуемых препаратов – БСка-3 и Экстрасол на данный показатель. В среднем разложение льняного полотна в варианте с действием БСка-3 (42,4%) увеличилось на 10,6% по сравнению с контролем (без обработки) и на 6,3% относительно варианта с применением Экстрасола (38,1%).

Вегетационный период варьировал по вариантам в пределах 111–118 дней. Более продолжительный период отмечен в варианте с внесением дозы дефеката 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$ на фоне обработки Экстрасолом (118 дней).

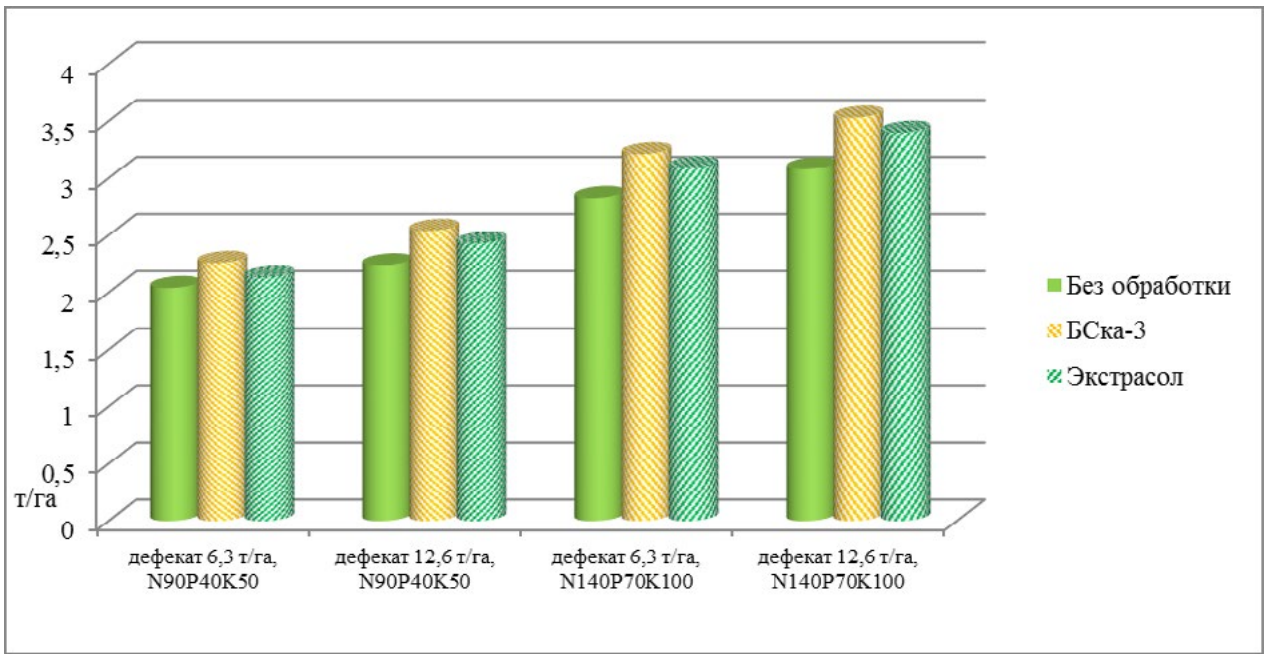
Внесение более высоких доз удобрений на фоне дефеката стимулировало увеличение урожайности ярового рапса (рис. 1, 2).



$НСР_{05}$, т/га, среднее АВ – 2,73

Рис.1. Урожайность рапса ярового в зависимости от использования удобрений на фоне внесения дефеката в ранневесенний период (средняя за 2018–2021 гг.)

Fig.1. The yield of spring rapeseed depends on the use of fertilizers against the background of introducing defecate in the early spring (average for 2018–2021)



$НСР_{05}$, т/га, среднее АВ - 1,66

Рис. 2. Урожайность рапса ярового в зависимости от использования удобрений на фоне внесения дефеката в осенний период (средняя за 2018–2021 гг.)

Fig. 2. The yield of spring rapeseed depends on the use of fertilizers against the background of introducing defects in the autumn (average for 2018–2021)

Максимальная средняя урожайность в опыте выявлена на фоне 12,6 т/га дефеката в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСКа-3 (3,53 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,40 т/га) при внесении осенью и в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСКа-3 (3,43 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,21 т/га) при внесении в ранневесенний период.

Масло из рапса характеризуется высокой калорийностью, оно применяется в различных отраслях народного хозяйства, прежде всего, в пищевой промышленности. Учитывая, что рапсовое масло имеет высокое пищевое достоинство и, как следствие, высокий спрос и цену, в настоящее время в сельскохозяйственных производственных организациях и на маслоэкстракционных заводах большое значение придают показателям качества семян. Важный показатель в производстве семян рапса – его масличность. В наших исследованиях мы определили содержание жира в семенах в зависимости от изучаемых факторов (таблица).

Масличность ярового рапса в опыте с комплексным применением дефеката и удобрений, %
The oil content of spring rape in an experiment with the complex use of defecate and fertilizers, %

Вариант	Срок внесения удобрений	Обработка микробиологическими удобрениями		
		без обработки	БСка-3	Экстрасол
1	2	3	4	5
Дефекат 6,3 т/га, $N_{90}P_{40}K_{50}$	Весна	39,8	40,0	41,3
	Осень	41,0	41,5	41,9
Дефекат 12,6 т/га, $N_{90}P_{40}K_{50}$	Весна	41,1	40,7	42,7
	Осень	42,2	41,5	42,5
1	2	3	4	5

Окончание табл.

Дефекат 6,3 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$	Весна	38,5	39,1	38,4
	Осень	40,2	41,0	41,5
Дефекат 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$	Весна	39,3	39,5	40,0
	Осень	40,1	40,4	40,2
$НСР_{05}$, %, среднее, взаимодействия: АВС – 2,05; АВ – 1,11; ВС – 1,16; АС – 0,89.				

В среднем по опыту масличность сорта Риф варьировала в интервале 38,4–42,7% в зависимости от варианта исследований, в отдельные годы достигая 44,8%. Выявлено, что более высокие дозы минерального азота снижали показатели масличности в среднем на 0,5–1,5%. Так, более высокая масличность отмечена в вариантах с внесением более высокой дозы дефеката – 12,6 т/га и меньшей дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель содержания жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5–42,7%).

Из уравнения регрессии видно, что коэффициент регрессии составляет 1,2%. Данный коэффициент свидетельствует, что при увеличении урожайности семян на 1 т/га содержание жира повышается на 1,2 % (рис. 3).

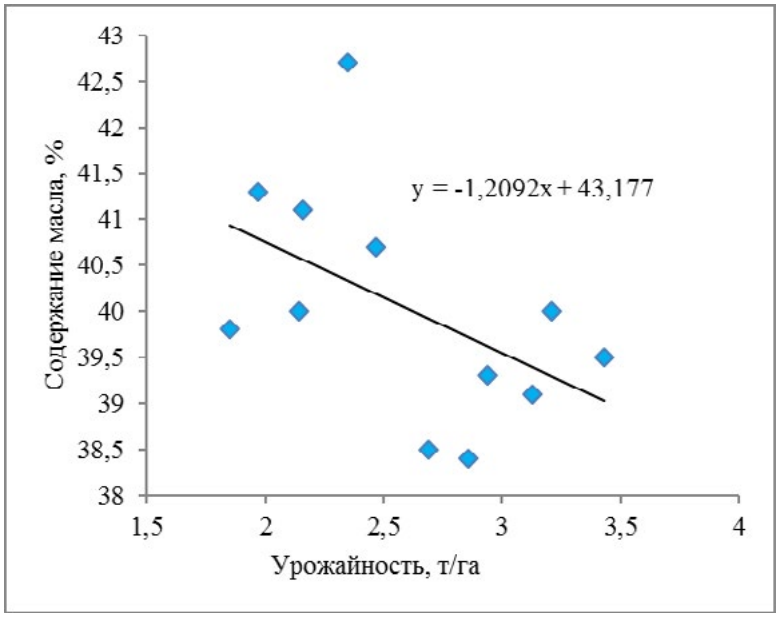


Рис. 3. Зависимость между содержанием жира и урожайностью рапса при внесении дефеката весной

Fig. 3. The relationship between fat content and rapeseed yield when introducing defecation in spring

Поскольку становлено, что фактическое значение критерия Стьюдента (t-статистика – 1,03) меньше табличного (t-критическое двухстороннее – 2,07), то с 95%-й вероятностью между сроками внесения дефеката по содержанию жира нет существенных различий.

Как коэффициент корреляции (r = 0,50), так и коэффициент детерминации ($d_{yx} = r^2 =$ 0,26) свидетельствуют о слабой зависимости между урожайностью и содержанием жира в семенах рапса.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепи ЦЧР установлено, что урожайность ярового рапса зависела как от дозы дефеката, так и от сроков его внесения. Максимальную урожайность ярового рапса получили при осеннем внесении дефеката в дозе 12,6 т/га в комплексе с минеральным удобрением $N_{140}P_{70}K_{100}$ и обработкой семян микробиологическим препаратом БСка-3 – 3,53 т/га.

2. Высокие показатели масличности отмечали в вариантах с внесением более высокой дозы дефеката – 12,6 т/га и меньшей дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5-42,7%).

3. Биологическая активность почвы в большей степени зависела от влияния биологических удобрений. В среднем разложение льняного полотна в варианте с действием БСка-3 (42,4%) увеличилось на 10,6% по сравнению с контролем (без обработки) и на 6,3% в варианте с применением Экстрасола (38,1%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Производство* сахара в России по годам [Электронный ресурс]. – URL: https: top-rf.ru/business/139-proizvodstvo-sakhara.html (дата обращения: 10.07.2023).
2. *Thermochemical* conversion of sugar industry by-products into biofuels / T. Nikodim, T. Berchem, N. Jacquet, A. Richel // Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources. – 2018. – Vol. 88. – P. 151–159.
3. *Виноградов Д.В., Ванюшин П.Н.* Перспективы и основные направления развития производства масличных культур в Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева – 2012. – № 1 (13). – С. 62–65.
4. *Влияние* органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, М.А. Мазиров, Д.В. Виноградов // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1 (91). – С. 29–33.
5. *Гулидова В.А., Зубкова Т.В.* Испытания сортов и гибридов ярового рапса в лесостепи ЦЧР // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 41–42.
6. *Gurin A.G., Gneusheva V.V.* The change of agrochemical soil features and its biological activity when using wastes of sugar production in spring wheat // Bulletin of Agrarian Science. – 2018. – Vol. 1. – P. 3–7.
7. *Гулидова В.А., Зубкова Т.В.* Эффективность микроудобрений на посевах ярового рапса // Земледелие. – 2012. – № 6. – С. 29–30.
8. *Зубкова Т.В., Виноградов Д.В.* Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(53). – С. 46–54.
9. *Лупова Е.И., Виноградов Д.В.* Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3 (84). – С. 31–37.
10. *Макарова М.П., Виноградов Д.В.* 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.
11. *Системы* обработки почв / М.М. Крючков, А.С. Мастеров, Д.В. Виноградов [и др.]. – Горки–Рязань: Book Jet, 2021. – 268 с.
12. *Троц Н.М., Габибов М.А., Виноградов Д.В.* Агрохимия. – Кинель: Самар. гос. аграр. ун-т, 2021. – 165 с.
13. *Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В.* Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 3. – С. 36–40.
14. *Results* of the changes in the physicochemical properties and fractional group composition of the humus-leached chernozem under the influence of fertilizers and ameliorant / E.S. Gasanova, A.N. Kozhokina, N.G. Myazin, K.E. Stekolnikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 422 (1). – P. 012122.
15. *Vyborova O.* Increasing soil fertility using liquid organic fertilizers and fertilizers based on sugar beet waste // Abstracts of the EGU General Assembly Conference. – 2010. – P. 878.
16. *Гринец Л.В., Сенькова Л.А., Мингалев С.К.* Биологическая активность почвы // АОН. – 2019. – № 2. – С. 1–4.

REFERENCES

1. *Proizvodstvo sahara v Rossii po godam* (Sugar production in Russia by year): https://top-rf.ru/business/139-proizvodstvo-sakhara.html.
2. Nikodim T., Berchem T., Jacquet N., Richel A., Thermochemical conversion of sugar industry by-products into biofuels, *Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources*, 2018, Vol. 88, pp. 151–159.
3. Vinogradov D.V., Vanyushin P.N., *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2012, No. 1 (13), pp. 62–65. (In Russ.)
4. Sokolov A.A., Lupova E.I., Mazirov M.A., Vinogradov D.V., *Vladimirskij zemledelec*, 2020, No. 1 (91), pp. 29–33. (In Russ.)
5. Gulidova V.A., Zubkova T.V., *Zemledelie*, 2012, No. 7, pp. 41–42. (In Russ.)
6. Gurin A.G., Gneusheva V.V., The change of agrochemical soil features and its biological activity when using wastes of sugar production in spring wheat, *Bulletin of Agrarian Science*, 2018, Vol. 1, pp. 3–7.
7. Gulidova V.A., Zubkova T.V., *Zemledelie*, 2012, No. 6, pp. 29–30. (In Russ.)
8. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2021, No. 1 (53), pp. 46–54. (In Russ.)
9. Lupova E.I., Vinogradov D.V., *Vestnik agrarnoj nauki*, 2020, No. 3 (84), pp. 31–37. (In Russ.)
10. Makarova M.P., Vinogradov D.V., *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2013, No. 3 (19), pp. 109–112. (In Russ.)
11. Kryuchkov M.M., Masterov A.S., Vinogradov D.V. [i dr.], *Sistemy obrabotki pochv* (Soil treatment systems), Gorki-Ryazan' : Book Jet, 2021, 268 p.
12. Troc N.M., Gabibov M.A., Vinogradov D.V., *Agrohimiya* (Agrochemistry), Kinel': Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021, 165 p.
13. SHCHur A.V., Val'ko V.P., Vinogradov D.V., *Problemy regional'noj ekologii*, 2016, No. 3, pp. 36–40. (In Russ.)
14. Gasanova E.S., Kozhokina A.N., Myazin N.G., Stekolnikov K.E., Results of the changes in the physicochemical properties and fractional group composition of the humus-leached chernozem under the influence of fertilizers and ameliorant, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 422 (1), pp. 012122.
15. Vyborova O., Increasing soil fertility using liquid organic fertilizers and fertilizers based on sugar beet waste, *Abstracts of the EGU General Assembly Conference*, 2010, pp. 878.
16. Grinec L.V., Sen'kova L.A., Mingalev S.K., *AON*, 2019, No. 2, pp. 1–4. (In Russ.)