

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

**Александр Михайлович Труфанов¹, Яна Сергеевна Романина²,
Валентина Ивановна Дорохова³, Анастасия Андреевна Лобанова⁴**

^{1, 2, 3}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

⁴Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», Михайловский, Россия

¹a.trufanov@yacx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

²romanina.yana@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8541-6504

³v.dorohova@yacx.ru, ORCID 0000-0003-2441-4198

⁴anastasia.smolyonova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5352-0507

Реферат. Современный тренд на внедрение бережливого и экологического земледелия, несмотря на имеющиеся проблемы и ограничения, диктует необходимость оценки технологий разной степени интенсивности и экологической направленности с точки зрения их экономической и энергетической эффективности. В статье рассматривается полевой опыт на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве за четырёхлетний период (2018–2021 гг.) возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте на дерново-подзолистой почве (однолетние травы, многолетние травы трёх лет пользования, зерновые культуры – озимая и яровая тритикале, ячмень, кукуруза). Проведена оценка пяти технологий – экстенсивной, интенсивной, высокоинтенсивной, органической, биологизированной, отличающихся интенсивностью систем удобрений и защиты растений, с использованием общепринятых методик определения экономических и энергетических показателей эффективности. Установлено, что органическая технология, с применением только органических удобрений (соломы зерновых культур, навоза в норме 60 т/га под кукурузу, сидератов) без внесения пестицидов, способствует получению прибавки продуктивности выращиваемых культур в сравнении с контролем, обеспечивает экономию общих денежных затрат в 1,9–2,3 раза в сравнении с интенсивными технологиями, получению уровня рентабельности 132,9% и окупаемости дополнительных затрат с коэффициентом 4,86. Данная технология по коэффициенту энергетической эффективности (6,8) и энергетической себестоимости продукции (1,2 ГДж/т) имеет преимущество по сравнению с интенсивными и биологизированной, что свидетельствует о целесообразности использования органической технологии при возделывании кормовых культур в севообороте на дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: интенсивные и экологические технологии, органическое земледелие, экономическая и энергетическая эффективность технологий, сельскохозяйственные культуры

COMPARATIVE EFFICIENCY OF DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES IN TERMS OF INTENSITY

**Aleksandr M. Trufanov¹, Yana S. Romanina², Valentina I. Dorokhova³,
Anastasiya A. Lobanova⁴**

^{1, 2, 3}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

⁴Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", Mikhailovskiy, Russia

¹a.trufanov@yacx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

²romanina.yana@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8541-6504

³v.dorohova@yacx.ru, ORCID 0000-0003-2441-4198

⁴anastasia.smolyonova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5352-0507

Abstract. The current trend towards the introduction of conservation and ecological agriculture, despite the existing problems and limitations, dictates the need to evaluate technologies of varying degrees of intensity and environmental orientation in terms of their economic and energy efficiency. The article examines field test on soddy podzolic middle loamy soil for a four-year period (2018–2021) of cultivating crops in seven-field fodder crop rotation (annual grasses, perennial grasses of three years of use, grain crops – winter and spring triticale, barley, corn). Five technologies were assessed – extensive, intensive, high-intensity, organic, biologized differing in the intensity of fertilizer and plant protection systems, using generally accepted methods for determining economic and energy efficiency indicators. It was established that organic technology using only organic fertilizers (cereal straw, manure at a rate of 60 t/ha under corn, green manure) without the application of pesticides, contributes to the increase in the productivity of crops grown in comparison with control, provides savings in total monetary costs by 1.9–2.3 times compared to intensive technologies, obtaining a profitability level of 132.9% and economic return of additional costs with a coefficient of 4.86. According to the energy efficiency coefficient (6.8) and the energy cost of production (1.2 GJ/t), this technology has an advantage over intensive and biologized ones, which indicates the expediency of using organic technology when cultivating feed crops in crop rotation on soddy podzolic soils.

Keywords: *intensive and green technologies, organic farming, economic and energy efficiency of technologies, crops*

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве основным фактором, определяющим успех ведения предприятия, является экономическая эффективность производства продукции растениеводства [1]. Известно, что снижение себестоимости продукции на единицу является ключевым условием рентабельности сельского хозяйства [2].

В целях уменьшения издержек и повышения рентабельности производства в агропромышленном комплексе сегодня динамично развиваются ресурсосберегающие технологии [3]. Такие технологии при правильном их применении сопровождаются снижением затрат труда и денежных средств [4; 5], как правило, без снижения продуктивности полевых культур [6; 7].

Для оценки эффективности этих технологий целесообразно также использовать энергетический подход, который представляет возможность количественно соотнести затраты энергии на получение сельскохозяйственной продукции и поступление её с урожаем [8].

Одним из направлений снижения энергопотребления в агротехнологиях является биологизация систем удобрения, направленная на использование соломы, органических удобрений, сидератов [9; 10; 11], без применения синтетически произведённых минеральных удобрений и химических средств защиты растений [12].

Такие подходы активно применяются в органическом земледелии, которое занимает всё большую нишу как в мировом, так и отечественном сельскохозяйственном производстве [13; 14; 15].

Таким образом, целью работы было провести экономическую и энергетическую оценку технологий возделывания сельскохозяйственных культур, отличающихся интенсивностью и экологической направленностью.

Методика. Исследования проводились в 2018–2021 годах в совместном опыте Ярославского НИИЖК – филиала ФНЦ «ВИК имени В. Р. Вильямса» и кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ» на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыт заложен в 2017 году методом расщеплённых делянок, повторность опыта трёхкратная. Схема опыта включает два фактора: «культура севооборота»: однолетние травы (вико-овсяная смесь) с подсевом многолетних трав – многолетние травы 1, 2, 3 года пользования на зелёную массу – зерновые на зелёную массу (в разные годы – яровая тритикале, озимая тритикале) – ячмень на зерно – кукуруза на силос и фактор «технология возделывания»: экстенсивная – без удобрений и пестицидов; интенсивная – минеральные удобрения вносятся дифференцированно под культуры севооборота в средних нормах, рекомендуемых для региона + органические удобрения (солома ячменя, навоз под кукурузу 60 т/га, промежуточный сидерат – рапс после зерновых культур); высокоинтенсивная – минеральные удобрения вносятся дифференцированно под культуры севооборота в повышенных нормах (в 1,5 раза от интенсивного фона) + органические удобрения (те же, что в интенсивной) с химической защитой растений; органическая – без минеральных удобрений и пестицидов, с применением только органических удобрений (те же, что в интенсивной + последний укос многолетних трав 3 года пользования – на сидерат); биологизованная – ограниченное применение минеральных удобрений (нормы уменьшены в 2,0 раза от интенсивного фона) + органические удобрения (те же, что в интенсивной). Площадь делянок под каждой культурой 600 м² (делянки первого порядка), под технологией возделывания – 120 м² (делянки второго порядка). В данной статье приводятся

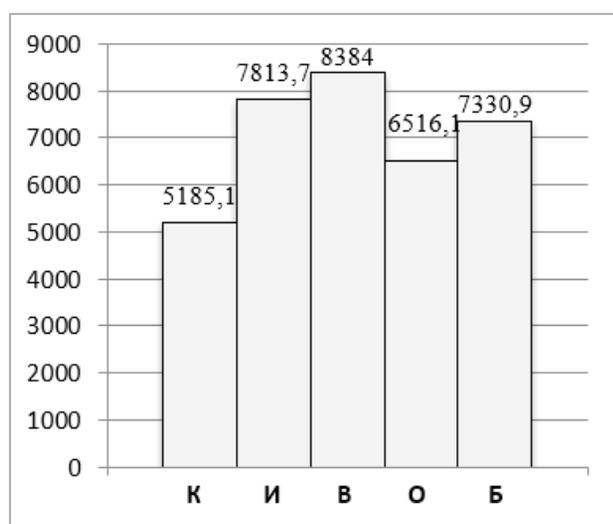
результаты по вариантам фактора «технология возделывания» при усреднении данных по всем культурам кормового севооборота.

При определении экономических и энергетических показателей использовались методики (Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, 1995; Э. Ф. Вафина, П. Ф. Сутыгин, 2016; А. В. Шпилько и др., 2001), основанные на затратах по возделыванию кормовых культур согласно типовым технологическим картам на площади 100 га, а стоимость продукции рассчитывалась исходя из стоимости кормовых единиц (одинаковой для всех вариантов) и их выхода на соответствующих вариантах опыта.

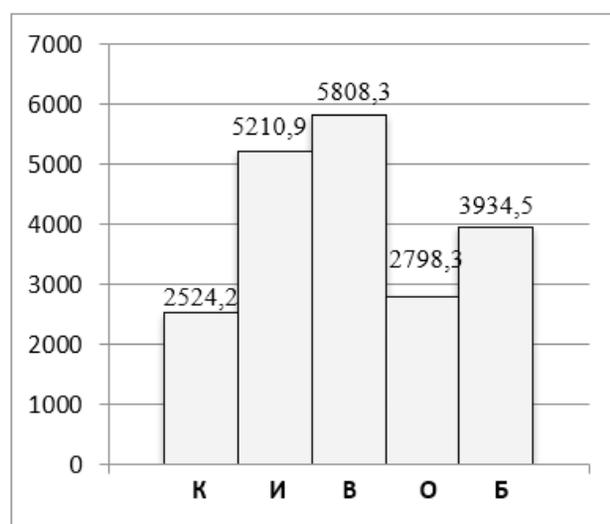
Результаты. В среднем по всем культурам кормового севооборота за период 2018–2021 гг.

использование органической технологии возделывания способствовало повышению экономической эффективности как в сравнении с контролем, так и в сравнении с технологиями, предусматривающими применение минеральных удобрений в различных нормах от биологизированной до высокоинтенсивной (рис. 1). Стоит при этом заострить внимание на том, что все расчёты проводились в равных условиях и при равной стоимости продукции культур, в том числе и органической.

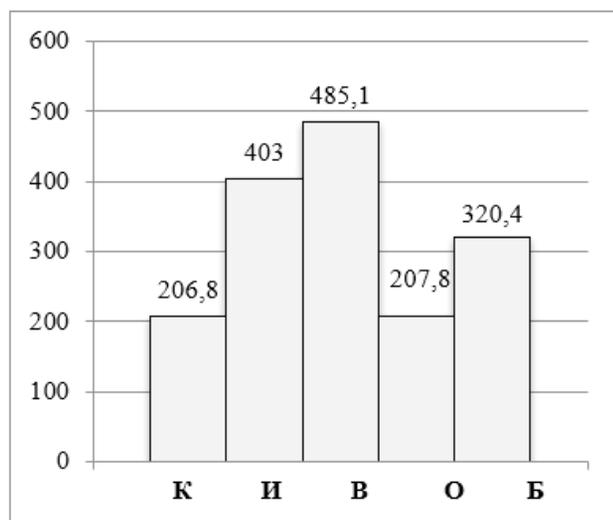
Показатели экономической эффективности при органической технологии возрастали вследствие низких производственных затрат – на уровне контрольной технологии – 2798,3 тыс. руб./100 га, при довольно высокой продуктивности и,



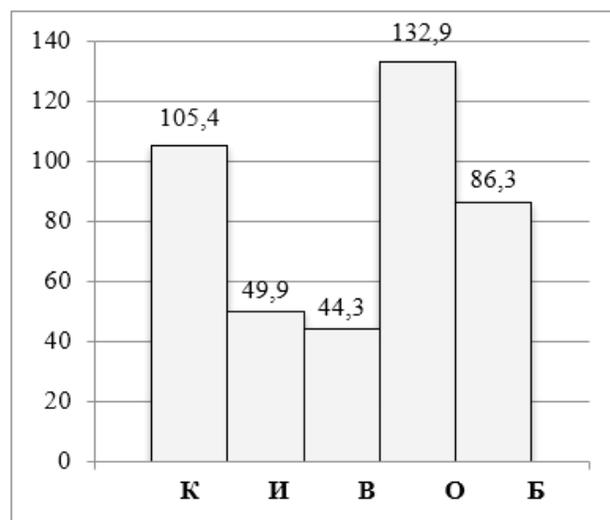
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./100 га



Производственные затраты, тыс. руб./100 га



Себестоимость продукции, руб./ц



Уровень рентабельности, %

к – контроль (экстенсивная); и – интенсивная; в – высокоинтенсивная; о – органическая; б – биологизированная.

Рисунок 1 – Экономическая эффективность выращивания кормовых культур в среднем за 2018–2021 гг. в зависимости от технологий возделывания

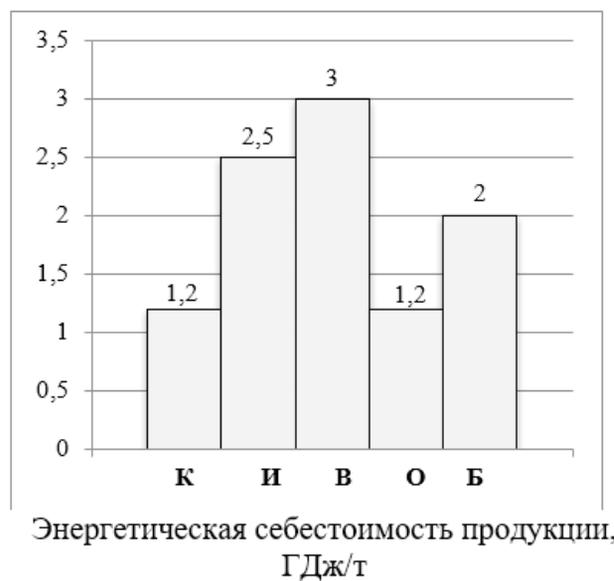
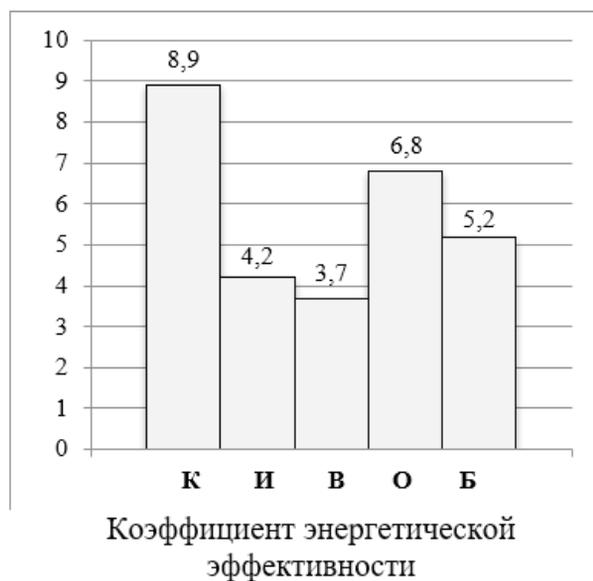
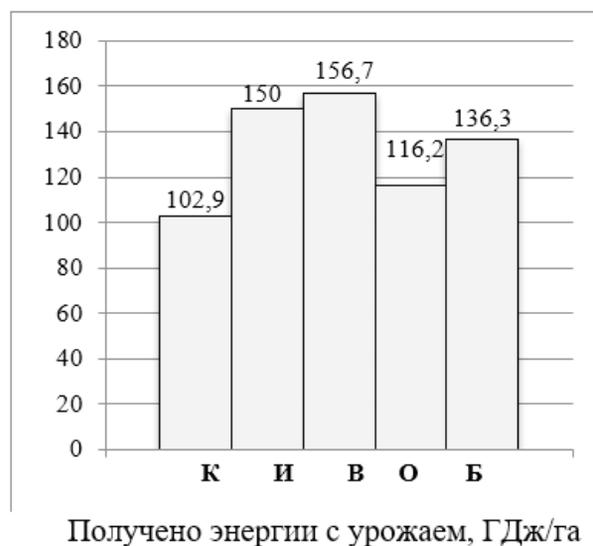
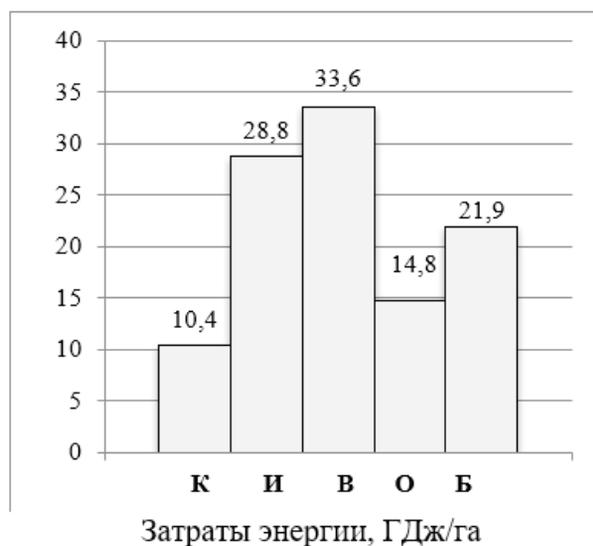


Рисунок 2 – Энергетическая эффективность выращивания кормовых культур в среднем за 2018–2021 гг. в зависимости от технологий возделывания

соответственно, стоимости валовой продукции – 6516,1 тыс. руб./100 га. Это обусловило получение себестоимости 1 ц кормовых единиц основной продукции выращиваемых культур, практически не отличающейся от экстенсивной технологии – 207,8 руб./ц, однако была ниже интенсивных технологий в 1,9–2,3 раза, биологизированной – в 1,5 раза. В итоге применение органической технологии способствовало наибольшей рентабельности издержек с уровнем 132,9%, превышение данного показателя было от 27,5% (в сравнении с контролем) до 88,6% (в сравнении с высокоинтенсивной технологией). Стоит также отметить, что именно на варианте органической технологии была получена наибольшая окупаемость дополнительных затрат – 4,86, тогда как использование минеральных удобрений в средних нормах на интенсивной

технологии и в высоких нормах (с дополнительным применением пестицидов) на высокоинтенсивной не способствовало окупаемости урожая – коэффициент был менее единицы (0,97–0,98). Заметно меньшей окупаемостью, в сравнении с органической, отличалась биологизированная технология с применением низких норм минеральных удобрений (1,52).

С точки зрения оценки применяемых агротехнологий, исключая влияние диспаритета цен на сельскохозяйственную продукцию и ресурсы, затрачиваемые на её получение, целесообразно и более объективно использовать показатели энергетической эффективности.

В среднем за обозреваемый период 2018–2021 гг. энергетическая оценка всех изучаемых технологий показала превышение количества

полученной энергии с урожаем над затраченной, то есть наличие чистого энергетического дохода, а также коэффициента энергетической эффективности выше единицы (рис. 2).

Несмотря на эффективность всех вариантов технологий возделывания по показателям энергетической эффективности, разница между ними была весьма заметной. Закономерной динамикой было увеличение количества затраченной энергии на 1 га при производстве сельскохозяйственной продукции на всех вариантах технологий по сравнению с контролем, однако наименьший прирост затрат был характерен для органической технологии – 42,3%, тогда как при биологизированной он был уже 2,1 раза больше, при интенсивной – в 2,8 раза, а при высокоинтенсивной – в 3,2 раза. Однако справедливо отметить, что на вариантах с применением удобрений и пестицидов увеличивался выход энергии с урожаем в связи с ростом последней. Так, при органической технологии он был на 12,9% выше контроля, при биологизированной – на 32,5%, интенсивной – на 45,8%, высокоинтенсивной – на 52,3%. Но это увеличение не компенсировало количество затраченной энергии, что в итоге привело к снижению, по сравнению с экстенсивной контрольной технологией, коэффициентов энергетической эффективности: при органической технологии – на 23,6%, при биологизированной – на 41,6%, при интенсивных – в

2,1–2,4 раза. В итоге это способствовало увеличению энергетической себестоимости урожая на всех вариантах технологий (биологизированной – в 1,7 раза, интенсивной – в 2,1 раза, высокоинтенсивной – в 2,6 раза), кроме органической – он был на уровне контроля – 1,20 ГДж/т.

Выводы. Результаты четырёхлетних исследований и расчётов (2018–2021 гг.) свидетельствуют, что из пяти изучаемых технологий возделывания, отличающихся интенсивностью фонов питания и защиты растений, наибольшей эффективностью характеризовалась органическая. Обеспечив заметную прибавку продуктивности выращиваемых культур в сравнении с контролем, она способствовала экономии затрат в 1,9–2,3 раза, в сравнении с интенсивными технологиями, и в 1,5 раза, в сравнении с биологизированной, что, в свою очередь, привело к максимальному уровню рентабельности (132,9%) и окупаемости дополнительных затрат – 4,86. По коэффициенту энергетической эффективности (6,8) органическая технология имела преимущество по сравнению с интенсивными и биологизированной технологиями, а по энергетической себестоимости продукции (1,2 ГДж/т) – в сравнении со всеми технологиями, что свидетельствует о целесообразности использования данной технологии при возделывании кормовых культур в севообороте.

Список источников

- Кулинцев В. В., Дридигер В. К., Удовыдченко В. И. [и др.] Экономическая эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае // Земледелие. 2013. № 7. С. 9–11. ISSN 0044-3913.
- Узаков Ф. Зависимость ресурсосберегающей технологии возделывания пшеницы от экономической эффективности // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2-3 (7). С. 60–64. DOI 10.24411/2181-0761/2020-10094.
- Сабитов М. М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 2. С. 13–18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202.
- Кириллов Н. А., Волков А. И. Эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 9. С. 12–14. ISSN 1996-4277.
- Ивенин В. В., Ивенин А. В., Левина А. Г. Эффективность различных технологий и приемов возделывания картофеля // Земледелие. 2010. № 1. С. 33–34. ISSN 0044-3913.
- Большакова Е. В., Кочевых М. Ю., Труфанов А. М. [и др.] Влияние энергосберегающих технологий обработки почвы, удобрений и гербицидов на засорённость посевов и урожайность полевых культур // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2009. № 3. С. 26–37. ISSN 0021-342X.
- Труфанов А. М. Ресурсосбережение в технологии возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 2 (42). С. 18–25. ISSN 1998-1635.
- Ткачук О. А., Павликова Е. В. Сравнительная оценка энергетической эффективности агротехнических приемов в полевых севооборотах лесостепи среднего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1690. eISSN 2070-7428.
- Никитин С. Н., Куликова А. Х., Карпов А. В. Влияние удобрений на урожайность и биоэнергетическую эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (32). С. 45–51. DOI 10.18286/1816-4501-2015-4-45-51.
- Зеленская Т. Г., Степаненко Е. Е., Мандра Ю. А. [и др.] Экологические аспекты органического земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 3 (35). С. 51–56. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-35-51-56.

11. Дудкин И. В., Дудкина Т. А. Биоэнергетическая оценка факторов биологизации земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 6–10. ISSN 1997-0749.
12. Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А. Эффективность органического земледелия // Плодородие. 2020. № 5 (116). С. 56–60. DOI 10.25680/S19948603.2020.116.16.
13. Серегина Т. А., Жильников А. А., Мажайский Ю. А. Ограничения и резервы развития органического земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 109–116. ISSN 1997-0749.
14. Мистратова Н. А., Ступницкий Д. Н., Яшин С. Е. Органическое земледелие в России (обзорная статья) // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11 (176). С. 100–107. DOI 10.36718/1819-4036-2021-11-100-107.
15. Щукин С. В., Труфанов А. М., Лацко-Бартошова М. [и др.] Состояние, перспективы и проблемы развития органического сельского хозяйства в Словакии и России // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 1 (49). С. 17–21. DOI 10.35694/YARCX.2020.49.1.004.

References

1. Kulintsev V. V., Dridiger V. K., Udovydchenko V. I. [i dr.] Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Stavropol'skom krae // Zemledelie. 2013. № 7. S. 9–11. ISSN 0044-3913.
2. Uzakov F. Zavisimost' resursoberegayushchej tekhnologii vzdelyvaniya pshenicy ot ekonomicheskoy effektivnosti // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2-3 (7). S. 60–64. DOI 10.24411/2181-0761/2020-10094.
3. Sabitov M. M. Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologij vzdelyvaniya kul'tur v zernoparovom sevooborote // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35, № 2. S. 13–18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202.
4. Kirillov N. A., Volkov A. I. Effektivnost' resursoberegayushchih tekhnologij vzdelyvaniya zernovykh kul'tur // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 9. S. 12–14. ISSN 1996-4277.
5. Ivenin V. V., Ivenin A. V., Levina A. G. Effektivnost' razlichnykh tekhnologij i priemov vzdelyvaniya kartofelya // Zemledelie. 2010. № 1. S. 33–34. ISSN 0044-3913.
6. Bol'shakova E. V., Kochevykh M. Yu., Trufanov A. M. [i dr.] Vliyanie energosberegayushchih tekhnologij obrabotki pochvy, udobrenij i gerbicidov na zasoryonnost' posevov i urozhajnost' polevykh kul'tur // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2009. № 3. S. 26–37. ISSN 0021-342X.
7. Trufanov A. M. Resursoberezhenie v tekhnologii vzdelyvaniya yarovoj pshenicy na dernovo-podzolistoj srednesuglinistoj pochve // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 2 (42). S. 18–25. ISSN 1998-1635.
8. Tkachuk O. A., Pavlikova E. V. Sravnitel'naya ocenka energeticheskoy effektivnosti agrotekhnicheskikh priemov v polevykh sevooborotah lesostepi srednego Povolzh'ya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 1-1. S. 1690. eISSN 2070-7428.
9. Nikitin S. N., Kulikova A. Kh., Karpov A. V. Vliyanie udobrenij na urozhajnost' i bioenergeticheskuyu effektivnost' tekhnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v sevooborote // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 4 (32). S. 45–51. DOI 10.18286/1816-4501-2015-4-45-51.
10. Zelenskaya T. G., Stepanenko E. E., Mandra Yu. A. [i dr.] Ekologicheskie aspekty organicheskogo zemledeliya // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 3 (35). S. 51–56. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-35-51-56.
11. Dudkin I. V., Dudkina T. A. Bioenergeticheskaya ocenka faktorov biologizacii zemledeliya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 2. S. 6–10. ISSN 1997-0749.
12. Merzlaya G. E., Afanas'ev R. A. Effektivnost' organicheskogo zemledeliya // Plodorodie. 2020. № 5 (116). S. 56–60. DOI 10.25680/S19948603.2020.116.16.
13. Seragina T. A., Zhil'nikov A. A., Mazhajsij Yu. A. Ogranicheniya i rezervy razvitiya organicheskogo zemledeliya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 5. S. 109–116. ISSN 1997-0749.
14. Mistratova N. A., Stupnitskij D. N., Yashin S. E. Organicheskoe zemledelie v Rossii (obzornaya stat'ya) // Vestnik KrasGAU. 2021. № 11 (176). S. 100–107. DOI 10.36718/1819-4036-2021-11-100-107.
15. Shchukin S. V., Trufanov A. M., Lacko-Bartosova M. [i dr.] Sostoyanie, perspektivy i problemy razvitiya organicheskogo sel'skogo hozyajstva v Slovaki i Rossii // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2020. № 1 (49). S. 17–21. DOI 10.35694/YARCX.2020.49.1.004.

Сведения об авторах

Александр Михайлович Труфанов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spn-код: 5673-4920.

Яна Сергеевна Романина – соискатель кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», romanina.yana@yandex.ru.

Валентина Ивановна Дорохова – кандидат экономических наук, доцент, начальник управления по науч-

ной работе и международному сотрудничеству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 1882-2483.

Анастасия Андреевна Лобанова – заведующий отделом кормопроизводства и первичного семеноводства, научный сотрудник, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 2802-8245.

Information about the authors

Aleksandr M. Trufanov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5673-4920.

Yana S. Romanina – applicant for the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", romanina.yana@yandex.ru.

Valentina I. Dorokhova – Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Department of Scientific Work and the International Cooperation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 1882-2483.

Anastasia A. Lobanova – Head of the Department of Feed Production and Primary Seed Production, Research Officer, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 2802-8245.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

