

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.582:631.8

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-295-308

Урожайность и качество сельскохозяйственных культур в различных паровых звеньях севооборотов

Татьяна Алексеевна Дудкина¹, Владимир Иванович Арепьев²

^{1, 2}Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Российская Федерация

¹dt5dt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1116-4548>

²vniiz.sevooborot@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния паровых предшественников озимой пшеницы и систем удобрений на ее урожайность и качество, а также на урожайность последующей культуры сахарной свеклы. **Материалы и методы.** Исследования проводились в течение 23 лет в полевом стационарном опыте. Предшественниками озимой пшеницы являлись черный пар, сидеральный пар и занятый пар. Применялись органическая и органоминеральная системы удобрения. В первом случае проводились: 1) внесение навоза – 6 т/га пашни (30 т/га под озимую пшеницу); 2) использование на удобрение нетоварной части урожая культур и сидеральной массы в пару. В дополнение к этому на органоминеральном фоне применяли минеральные удобрения – $N_{185}P_{185}K_{200}$ за ротацию севооборота, причем под озимую пшеницу и сахарную свеклу вносили соответственно $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$, т. е. в данном случае уровень применения удобрений здесь был выше. **Результаты.** После занятого пара средняя урожайность озимой пшеницы, по сравнению с черным паром, снизилась в варианте с внесением минеральных удобрений на 20 %, без них – на 13 %. Преимущество черного пара перед сидеральным по урожайности зерна пшеницы было только на органоминеральном фоне – на 0,27 т/га. Замена черного пара сидеральным приводила к увеличению урожайности сахарной свеклы, особенно при органической системе удобрений. Во всех изучавшихся звеньях севооборотов органоминеральная система удобрений превосходила органическую по урожайности как озимой пшеницы, так и сахарной свеклы. Качество зерна озимой пшеницы снижалось в плодосменном севообороте с занятым паром и было практически одинаковым в севооборотах с черным и сидеральным паром. **Выводы.** Наибольший урожай корнеплодов сахарной свеклы за 23 года исследований получен в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром. Показатели качества зерна озимой пшеницы выше всего и практически одинаковыми были в звеньях севооборотов с черным и сидеральным парами и ниже – в звене с занятым паром. Полученный результат может свидетельствовать о том, что в севооборотах хозяйств зерно-свекловодческой специализации возможна в структуре посевных площадей частичная замена черного пара сидеральным, что улучшит состояние плодородия почвы.

Ключевые слова: озимая пшеница, севооборот, виды пара, урожайность, качество зерна

Финансирование: работа финансировалась за счет средств бюджета Курского федерального аграрного научного центра по теме Государственного задания № FGZU-2022-0005.

Для цитирования: Дудкина Т. А., Арепьев В. И. Урожайность и качество сельскохозяйственных культур в различных паровых звеньях севооборотов // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 3. С. 295–308. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-295-308>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Productivity and quality of agricultural crops in various fallow links of crop rotation

Tatyana A. Dudkina¹, Vladimir I. Arepyev²

^{1, 2}Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russian Federation

¹dt5dt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1116-4548>

²vniiz.sevooborot@mail.ru

Abstract. Purpose: to study the impact of fallow predecessors of winter wheat and fertilization systems on its productivity and quality, as well as on the yield of subsequent crop of sugar beet. **Materials and methods.** The research was conducted over 23 years in a field stationary experiment. The predecessors of winter wheat were black fallow, green manure fallow and sown fallow. Organic and organomineral fertilization systems were applied. In the first case, the following were carried out: 1) manure application – 6 t/ha of arable land (30 t/ha for winter wheat); 2) use of non-marketable part of the crop yield and green manure mass in fallow for fertilization. In addition to this, mineral fertilizers were applied on an organomineral background – N₁₈₅P₁₈₅K₂₀₀ per crop rotation, and N₆₀P₆₀K₆₀ and N₉₀P₉₀K₉₀ were applied for winter wheat and sugar beet, respectively, i. e. in this case the level of fertilizer application was higher. **Results.** After sown fallow, the average productivity of winter wheat, compared to bare fallow, decreased in the variant with the mineral fertilizers application by 20 %, without them – by 13 %. The advantage of bare fallow over green manure in terms of wheat grain yield was only on an organomineral background – by 0.27 t/ha. Replacing black fallow with green manure led to an increase in the yield of sugar beet, especially with an organic fertilization system. In all studied crop rotation links, the organomineral fertilizer system surpassed the organic one in productivity of both winter wheat and sugar beet. The quality of winter wheat grain decreased in the crop rotation with sown fallow and was practically the same in crop rotations with black and green manure fallow. **Conclusions.** The highest yield of sugar beet root crops over 23 years of research was obtained in the grain-fallow-row crop rotation with green manure fallow. The grain quality indicators of winter wheat were the highest and practically the same in crop rotation links with black and green manure fallow and lower in the link with sown fallow. The obtained result may indicate that in crop rotations of farms specializing in grain and sugar beet growing, partial replacement of black fallow with green manure is possible in the structure of sown areas, which will improve the state of soil fertility.

Keywords: winter wheat, crop rotation, types of fallow, productivity, grain quality

Funding: the study was financed from the budget of the Kursk Federal Agrarian Scientific Center under the State Assignment No. FGZU-2022-0005.

For citation: Dudkina T. A., Arepyev V. I. Productivity and quality of agricultural crops in various fallow links of crop rotation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(3):295–308. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-295-308>.

Введение. Севообороты являются организационным и экономическим фундаментом, на котором базируется вся система земледелия. Севообороты – легко доступное и, в то же время, достаточно эффективное средство улучшения водного и питательного режима почв, стабилизации почвенного плодородия, устранения факторов почвенной токсичности [1, 2].

В настоящее время при интенсификации сельскохозяйственного производства обязательным условием является соблюдение экологических требований. Отмечается взаимосвязь элементов системы земледелия и экологического состояния агроландшафтов, в частности, роль севооборотов [3, 4].

Отмечается [5], что севооборот за счет изменения состава выращиваемых культур и их последовательности позволяет влиять на характеристики природных и антропогенных превращений вещества и энергии. С ростом интенсификации процессов производства продукции растениеводства севооборот приобретает большее значение в решении вопросов экологической оптимизации, расширения использования биологических приемов, сохранения почвой свойства плодородия, фитосанитарного благополучия, получения продукции, соответствующей экологическим нормативам.

Запасы органического вещества почвы восстанавливаются преимущественно в результате насыщения почвы остатками выращиваемых растений. Больше всего остатков растений поступает в почву при выращивании многолетних трав. Незначительным их количеством отличаются пропашные культуры, зерновые занимают промежуточное положение.

В результате исследований в Центрально-Черноземном регионе [6] установлена важная закономерность. Количество возвращаемых в почву питательных элементов прямо и сильно зависит от накапливаемой в почве массы пожнивно-корневых остатков. Коэффициент корреляции составил $r = 0,90$.

Элементы питания, находящиеся в почве, не полностью используются выращиваемыми растениями на формирование урожая. По материалам Курского ФАНЦ [7], установлены следующие коэффициенты использования элементов питания из почвы растениями озимой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе: N – 24,3 %, P_2O_5 – 9,3 и K_2O – 19,9 %.

Учеными Белгородского ФАНЦ [8] доказана главенствующая роль вида севооборота в улучшении плодородия почвы. Так содержание гумуса

в почве в зернотравянопропашном севообороте увеличивалось даже на неудобренном фоне. В севооборотах, насыщенных пропашными культурами, для того, чтобы содержание гумуса не снижалось, необходимо вносить органические удобрения.

К современным агротехнологиям предъявляется много требований, одно из них – гибкость [9]. Это требование предъявляется и к севооборотам. Они должны быть адаптированы к особенностям агроландшафта, метеорологическим условиям, производственным задачам. В связи с этим имеются основания для расширения состава культур, используемых в качестве предшественников основных культур севооборота. Это позволит гибко реагировать на изменения условий выращивания.

Среди предшественников озимой пшеницы большинство исследователей выделяют черный пар, обращая внимание на его способность накапливать влагу и очищать поле от сорняков [10–12].

Определенное место в структуре посевов в регионах, где выращивается озимая пшеница, занимает занятый пар. Он несколько уступает черному пару по названным выше показателям, но при замене черного пара занятым выращивается дополнительная продукция, что положительно влияет на экономические показатели и улучшает гумусовый баланс [13, 14].

В последнее время в связи с тенденцией биологизации земледелия возрос интерес к сидеральным культурам, в частности, к их выращиванию на паровом поле. Могут также выращиваться промежуточные культуры на зеленое удобрение, но в Центрально-Черноземном регионе это бывает затруднительным из-за засушливых условий в период их посева.

Позитивное действие сидератов на свойства почвы и урожай культур зависит от объема и качества растительного материала и продолжается 3–6 лет [15].

При производстве зерна задача состоит не только в том, чтобы получить необходимое его количество, но и чтобы оно соответствовало стандартам качества.

Курские исследователи [16] отмечают получение зерна высокого качества при посеве озимой пшеницы по чистому пару и связывают это, в первую очередь, с обеспеченностью растений азотом, которая выше, чем после занятого пара и непаровых предшественников. В полевых опытах ФАНЦ Северо-Востока [17] повышение качества производимой продукции произошло при выращивании в паровом поле на сидерат люпина.

Цель исследований – изучение действия севооборотов, в частности, предшественников озимой пшеницы, и систем применения удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур – озимой пшеницы и сахарной свеклы, а также на качественные показатели зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы. В стационарном полевом опыте на протяжении 23 лет (1993–2015 гг.) изучалась урожайность озимой пшеницы в зависимости от вида пара (черный пар, сидеральный пар, занятый пар) и фона удобрения (только органические удобрения и органические + минеральные). В первом случае проводились: 1) внесение навоза – 6 т/га пашни (30 т/га под озимую пшеницу); 2) использование на удобрение нетоварной части урожая культур и сидеральной массы в пару. В дополнение к этому на органоминеральном фоне применяли минеральные удобрения – $N_{185}P_{185}K_{200}$ за ротацию севооборота, причем под озимую пшеницу и сахарную свеклу вносили соответственно $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$, т. е. в данном случае уровень применения удобрений здесь был выше.

С 2016 г. опыт проводился по измененной схеме. Предшественниками озимой пшеницы в трех севооборотах были пар черный, пар сидеральный (горох на сидерат) и пар занятый (кормовые бобы). Предусматривалось четыре уровня обеспеченности удобрениями: без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$, $N_{100}P_{100}K_{100}$ кг д. в. на 1 га. Навоз на опытном участке не применялся. Влияние факторов опыта на качество зерна озимой пшеницы изучалось нами в 2020–2023 гг.

Результаты и обсуждение. Всхожесть озимой пшеницы зависела от предшественников и снижалась от черного пара к сидеральному и далее

к занятому. После занятого пара средняя урожайность, по сравнению с черным паром, снизилась в варианте с внесением минеральных удобрений на 20 %, без них на сидерат на 13 % (рисунок 1).

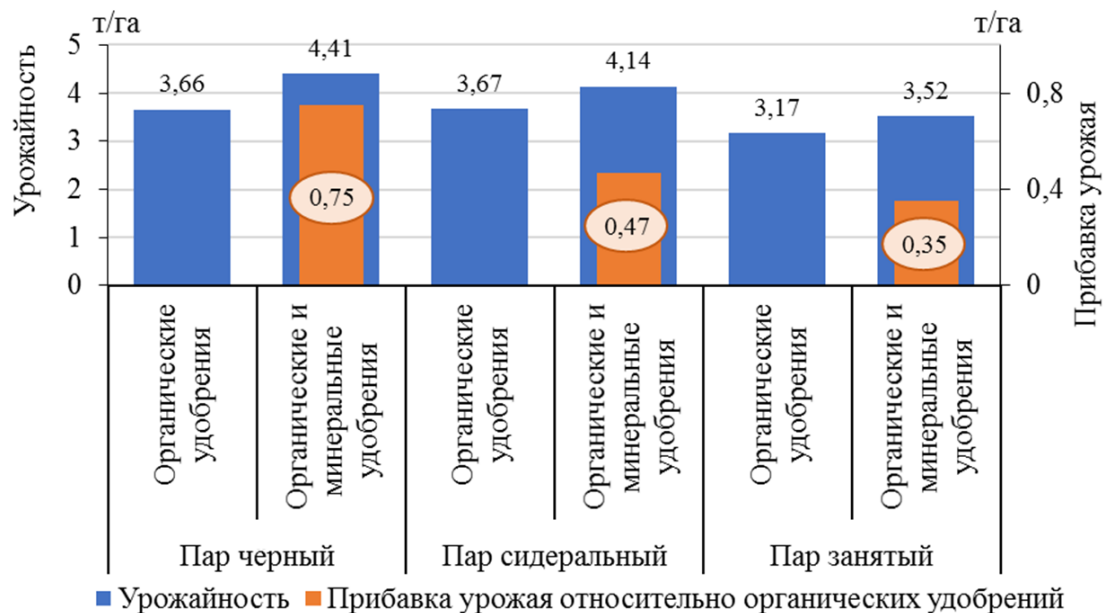


Рисунок 1 – Урожайность и прибавка урожая озимой пшеницы при разных паровых предшественниках и системах удобрений (в среднем за 23 года)

Figure 1 – Productivity and yield increase of winter wheat with different fallow predecessors and fertilizer systems (average over 23 years)

Различий между черным и сидеральным паром по их воздействию на урожайность озимой пшеницы при применении одних органических удобрений практически не было. На фоне «органические + минеральные удобрения» проявилось преимущество черного пара, урожайность зерна была выше на 0,27 т/га.

Исследования показали, что при выращивании озимой пшеницы в хозяйствах зерно-свекловичного направления в зернопаропропашных севооборотах на черноземных почвах черный и занятый пар может быть заменен сидеральным паром, особенно при органической системе удобрений. При органоминеральной системе удобрений предпочтительнее с точки зрения роста урожайности озимой пшеницы в среднем за 23 года исследований черный пар.

Проанализировано действие различных систем удобрения на урожайность озимой пшеницы. Во всех изучавшихся звеньях севооборотов органоминеральная система имела преимущество над органической. Наибольшая прибавка урожая зерна за счет внесения минеральных удобрений получена в звене с черным паром – 0,75 т/га, наименьшая – в звене с занятым паром – 0,35 т/га, промежуточный результат был в звене с сидеральным паром – 0,47 т/га. Полученные данные свидетельствуют о нецелесообразности противопоставления биологических и небιологических факторов использования удобрений, а в правильности их сочетания.

Отмеченные на озимой пшенице закономерности в основном проявились и при выращивании культуры, идущей в севооборотах за озимой пшеницей – сахарной свекле (рисунок 2).

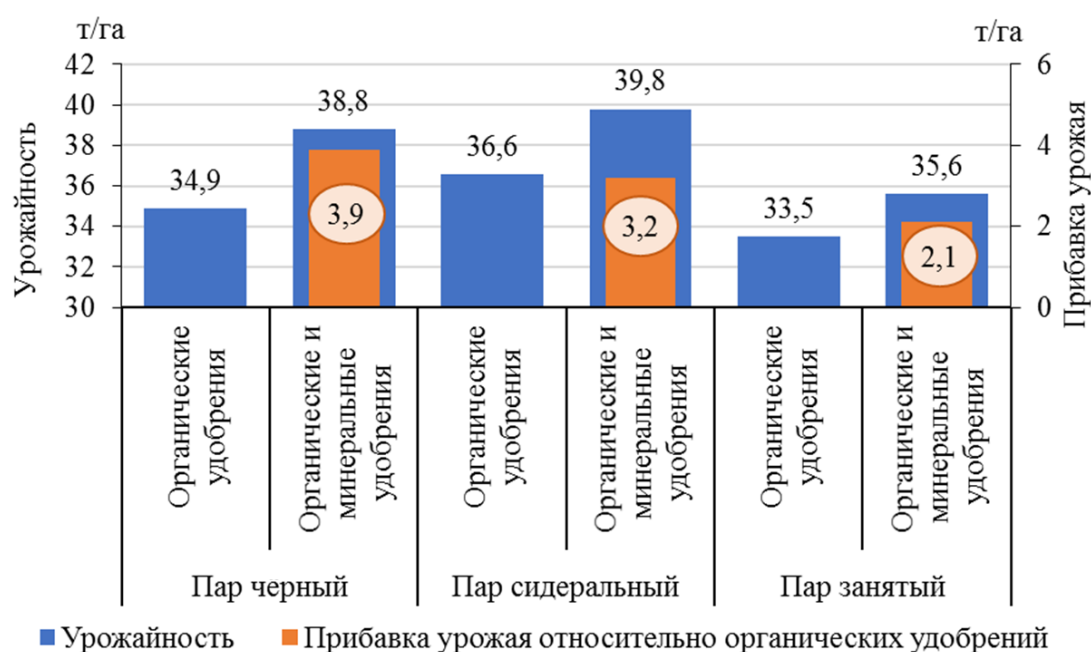


Рисунок 2 – Урожайность и прибавка урожая сахарной свеклы в звеньях севооборотов с разными предшественниками озимой пшеницы и при разных системах удобрений (в среднем за 23 года)

Figure 2 – Productivity and yield increase of sugar beet in crop rotation links with different predecessors of winter wheat under different fertilizer systems (on average for 23 years)

Из рисунка 2 видно, что по обеим системам удобрений замена черного пара сидеральным не только не приводила к снижению урожайности корне-

плодов сахарной свеклы, но и способствовала ее увеличению. Преимущество сидерального пара как предшественника озимой пшеницы по рассматриваемому показателю на фоне внесения органических удобрений составило 1,7 т/га, а при добавлении минеральных удобрений оно снижалось до 1,0 т/га. В звене с занятым паром корнеплодов сахарной свеклы было получено меньше, чем при ее выращивании в двух других звеньях, особенно при сочетании органических и минеральных удобрений.

Во всех изучавшихся севооборотах при переходе от органической к органоминеральной системе удобрений получена прибавка урожая этой пропашной культуры. В зернопаропропашном севообороте с черным паром она составила 3,9 т/га, в зернопаропропашном сидеральном севообороте – 3,2 т/га, в плодосменном – 2,1 т/га.

В годы исследований (2020–2023 гг.) показатели качества зерна озимой пшеницы следующие: натура зерна, масса 1000 зерен, содержание сырой клейковины в зерне при замене черного пара сидеральным не изменялись или изменялись незначительно (таблица 1). В среднем по фонам удобрений в звеньях с черным и сидеральным паром масса 1000 зерен озимой пшеницы была соответственно 43,7 и 43,8 г, натура зерна в обоих случаях – 823 г/л, содержание сырой клейковины в зерне – 22,1 и 22,0 %. Больше были различия между зернопаропропашными севооборотами и плодосменным севооборотом, в котором в среднем по фонам удобренности натура зерна снижалась на 0,8 %, масса 1000 зерен – на 3,2 %, содержание сырой клейковины в зерне – на 13,6 %.

Отмечено повышение изучавшихся показателей качества зерна озимой пшеницы при увеличении нормы внесения минеральных удобрений. Наиболее четко данная закономерность была выражена по массе 1000 зерен и содержанию сырой клейковины в зерне.

Как и в предыдущие годы ведения опыта, в 2020–2023 гг. в звене с занятым паром урожайность озимой пшеницы снижалась на 25,0–25,5 %

по сравнению со звеньями с черным и сидеральным парами. В контроле без минеральных удобрений и в вариантах с $N_{30}P_{30}K_{30}$ в среднем за четыре года сидеральный пар как предшественник озимой пшеницы имел некоторое преимущество перед черным паром, однако при увеличении нормы внесения минеральных удобрений различия по урожайности озимой пшеницы между предшественниками нивелировались.

Таблица 1 – Влияние севооборотов и норм внесения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы (2020–2023 гг.)

Table 1 – Impact of crop rotations and mineral fertilizer application rates on productivity and grain quality of winter wheat (2020–2023)

| Севооборот | Минеральные удобрения на 1 га севооборота | Урожайность, т/га | Масса 1000 зерен, г | Натура зерна, г/л | Содержание сырой клейковины в зерне, % |
|---|---|-------------------|---------------------|---------------------|--|
| Зернопаропропашной с черным паром | Контроль | 5,32 | 43,2 | 820 | 21,4 |
| | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 6,12 | 43,6 | 824 | 21,9 |
| | $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 6,22 | 43,7 | 824 | 22,4 |
| | $N_{52}P_{52}K_{52}$ | 7,14 | 44,3 | 825 | 22,8 |
| Зернопаропропашной с сидеральным паром | Контроль | 5,42 | 43,3 | 820 | 21,2 |
| | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 6,18 | 43,7 | 823 | 21,9 |
| | $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 6,23 | 43,9 | 825 | 22,3 |
| | $N_{52}P_{52}K_{52}$ | 7,14 | 44,2 | 826 | 22,8 |
| Плodosмен-ный | Контроль | 4,19 | 41,7 | 813 | 18,6 |
| | $N_{20}P_{20}K_{20}$ | 4,5 | 42,0 | 815 | 19,1 |
| | $N_{28}P_{28}K_{28}$ | 4,83 | 42,5 | 816 | 19,6 |
| | $N_{36}P_{36}K_{36}$ | 5,06 | 43,3 | 820 | 20,2 |
| НСР ₀₅ | A | 0,20 | 0,49 | 2,92 | 1,09 |
| | B | 0,23 | 0,57 | 3,37 | $F_{\phi} \leq F_T$ |
| | AB | 0,4 | $F_{\phi} \leq F_T$ | $F_{\phi} \leq F_T$ | $F_{\phi} \leq F_T$ |
| Примечание – F_{ϕ} – критерий Фишера фактический; F_T – критерий Фишера теоретический. | | | | | |

Выводы. Действие паровых предшественников на урожайность озимой пшеницы зависело от системы удобрений. При органической системе практически не было различий по влиянию черного и сидерального пара на рассматриваемый показатель. При органоминеральной системе урожайность озимой пшеницы по черному пару была больше, чем по сидеральному на 0,27 т/га. Плodosменный севооборот уступал севооборотам с черным и сидеральным паром.

Органоминеральная система удобрений превосходила органическую во всех севооборотах.

Наибольший урожай корнеплодов сахарной свеклы за 23 года исследований получен в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром. Плодосменный севооборот не смог обеспечить уровень урожайности сахарной свеклы, достигнутый в двух других севооборотах, особенно при органоминеральной системе удобрений. Показатели качества зерна озимой пшеницы выше всего и практически одинаковыми были в звеньях севооборотов с черным и сидеральным парами и ниже – в звене с занятым паром. Полученный результат может свидетельствовать о том, что в севооборотах хозяйств зерно-свекловодческой специализации возможна в структуре посевных площадей частичная замена черного пара сидеральным, что улучшит состояние плодородия почвы.

Список источников

1. Soil Chemical Properties as Affected by Six Crop Rotation Sequences and Four Residue Levels / J. Hirzel, P. Undurraga, L. León, C. Vera, I. Matus, S. M. Haefele // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2024. Vol. 55, iss. 2. P. 217–229. DOI: 10.1080/00103624.2023.2265435.
2. Турусов В. И. Пути биологизации севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии юго-востока ЦЧП // Управление продукционным процессом в агротехнологиях XXI века: реальность и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 35-летию образования Белгородского НИИ сел. хоз-ва, г. Белгород, 15–16 июля 2010 г. Белгород: Отчий край, 2010. С. 357–359. EDN: MDARYI.
3. Дудкин И. В., Ишков И. В., Долгополова Н. В. Экологические аспекты обеспечения продовольственной безопасности России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 9. С. 24–32. EDN: IIZQTM.
4. К проблеме производства экологически безопасной отечественной сельскохозяйственной продукции / И. П. Чупина, Н. Н. Симачкова, Е. В. Зарубина, Л. А. Журавлева, А. В. Ручкин // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66, № 6. Порядковый номер: 2. С. 1931–1947. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_6_2. EDN: HPPVYK.
5. Дудкин В. М., Дудкин И. В. Пути усиления роли севооборота как биологического фактора в современных системах земледелия // Почвозащитное земледелие в России: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию Всерос. НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 15–17 сент. 2015 г., г. Курск. Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 2015. С. 109–112. EDN: VNMZOJ.
6. Турусов В. И., Говорова О. В. Влияние различного насыщения севооборотов зерновыми культурами на возврат элементов питания с остаточной биомассой // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докуча-

ева», г. Курск, 24–26 апр. 2024 г. Курск: Курский ФАНЦ, 2024. С. 351–355. EDN: TZNEJP.

7. Караулова Л. Н., Дериглазова Г. Н., Митрохина О. А. Коэффициенты использования элементов питания сельскохозяйственными культурами // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева», г. Курск, 20 апр. 2018 г. Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 2018. С. 190–192. EDN: LBTWN.

8. Логинов И. В. Роль севооборотов, способов обработки почв и удобрений в оптимизации гумусового состояния чернозема типичного // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева», г. Курск, 24–26 апр. 2024 г. Курск: Курский ФАНЦ, 2024. С. 169–173.

9. Концепция формирования гибких агротехнологий в ландшафтном земледелии / А. Н. Каштанов, В. М. Володин, И. И. Гуреев, Г. Н. Черкасов, М. Г. Агаркова, А. С. Акименко, Г. И. Бахирев, И. И. Васенев, В. М. Дудкин, И. В. Дудкин, В. П. Дьяков, Р. Ф. Еремина, Н. П. Масютенко, И. Г. Пыхтин, А. Е. Федорченко, Г. А. Чуян, А. П. Щербаков. Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 1998. 44 с. EDN: WTJAXB.

10. Роль севооборотов в технологических комплексах возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Центрального Черноземья / А. В. Шабалкин, В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин, М. К. Драчева // Земледелие. 2023. № 5. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-3-7. EDN: KYKHLN.

11. Чулков Н. В., Недбаев В. Н. Зернобобовые культуры в севооборотах короткой ротации Центрально-Черноземной зоны // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 18–21. EDN: ZIIPDW.

12. Дудкин И. В., Дудкина Т. А. Действие факторов биологизации земледелия на засоренность посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 3. С. 41–43. EDN: SBHBNZ.

13. Зеленев А. В. Занятые пары как предшественники озимой пшеницы в органическом земледелии Нижнего Поволжья // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2(38). С. 80–94. EDN: RIMJZQ.

14. Турусов В. И., Дронова Н. В., Балюнова Е. А. Гумусное состояние и ферментативная активность почвы в посевах озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в зависимости от изучаемых севооборотов // Проблемы агрохимии и экологии. 2021. № 1. С. 3–6. DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001. EDN: NQGWP.

15. Кормилицын В. Ф. Развивать сидерацию в Поволжье // Земледелие. 1999. № 1. С. 28.

16. Долгополова Н. В., Батраченко Е. А., Малышева Е. В. Роль плодородия почвы и предшественников в повышении качества зерна // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 6–13. EDN: EEIDWP.

17. Комарова Н. А. Влияние паровых предшественников на биологическую активность светло-серой лесной почвы и урожайность культур в Нижегородской области // Плодородие. 2019. № 2(107). С. 44–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.14. EDN: IKVIMO.

References

1. Hirzel J., Undurraga P., León L., Vera C., Matus I., Haefele S.M., 2024. Soil Chemical Properties as Affected by Six Crop Rotation Sequences and Four Residue Levels. Communications in Soil Science and Plant Analysis, vol. 55, iss. 2, pp. 217–229, DOI: 10.1080/00103624.2023.2265435.

2. Turusov V.I., 2010. *Puti biologizatsii sevooborotov v adaptivno-landshaftnom zemledelii yugo-vostoka TSCHP* [Ways of crop rotation biologization in adaptive landscape agriculture of the southeast of the Central Black Earth Region]. *Upravlenie produktsionnym protsessom v agrotekhnologiyakh XXI veka: real'nost' i perspektivy: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konferentsii, posvyashch. 35-letiyu obrazovaniya Belgorodskogo NII selskogo khozaystva* [Production Process Management in XXI Century Agrotechnologies: Reality and Prospects: Proceed. of the International Scientific-Practical Conference Dedicated to the 35th Anniversary of Belgorod Research and Development Institute of Agriculture]. Belgorod, Otchiy Kray Publ., pp. 357-359, EDN: MDARYI. (In Russian).

3. Dudkin I.V., Ishkov I.V., Dolgopolova N.V., 2023. *Ekologicheskie aspekty obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii* [Environmental aspects of food security of Russia]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bullet. of Kursk State Agricultural Academy], no. 9, pp. 24-32, EDN: IIZQTM. (In Russian).

4. Chupina I.P., Simachkova N.N., Zarubina E.V., Zhuravleva L.A., Ruchkin A.V., 2023. *K probleme proizvodstva ekologicheski bezopasnoy otechestvennoy sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [To the problem of production of environmentally safe domestic agricultural products]. *International Agricultural Journal*, vol. 66, no. 6, serial number: 2, pp. 1931-1947, DOI: 10.55186/25876740_2023_7_6_2, EDN: HPPVYK. (In Russian).

5. Dudkin V.M., Dudkin I.V., 2015. *Puti usileniya roli sevooborota kak biologicheskogo faktora v sovremennykh sistemakh zemledeliya* [Ways to strengthen the role of crop rotation as a biological factor in modern farming systems]. *Pochvozashchitnoe zemledelie v Rossii: sb. dokl. Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 45-letiyu Vseros. NII zemledeliya i zashchity pochv ot erozii* [Soil Conservation Agriculture in Russia: Proceed. of the All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 45th Anniversary of the All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion]. Kursk, All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion, pp. 109-112, EDN: VNMZOJ. (In Russian).

6. Turusov V.I., Govorova O.V., 2024. *Vliyanie razlichnogo nasyshcheniya sevooborotov zernovymi kul'turami na vozvrat elementov pitaniya s ostatochnoy biomassoy* [The Effect of Different Saturation of Crop Rotations with Grain Crops on the Return of Nutrients with Residual Biomass]. *Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: sb. dokl. XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kurskogo otdeleniya MOO «Obshchestvo pochvovedov imeni V. V. Dokuchayeva»* [Topical Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture: Proceed. of the XIX International Research and Practical Conference of Kursk Branch of the International Public Organization “V. V. Dokuchaev Soil Science Society”]. Kursk, Kursk Federal Agricultural Scientific Center, pp. 351-355, EDN: TZNEJP. (In Russian).

7. Karaulova L.N., Deriglazova G.N., Mitrokhina O.A., 2018. *Koeffitsienty ispol'zovaniya elementov pitaniya sel'skokhozyaystvennymi kul'turami* [Coefficients of nutrient application by agricultural crops]. *Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: sb. dokl. XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kurskogo otdeleniya MOO «Obshchestvo pochvovedov imeni V. V. Dokuchayeva»* [Topical Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture: Proceed. of the XIX International Research and Practical Conference of Kursk Branch of the International Public Organization “V. V. Dokuchaev Soil Science Society”]. Kursk, All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion of the Russian Agricultural Academy, pp. 190-192, EDN: LBTTWH. (In Russian).

8. Loginov I.V., 2024. *Rol' sevooborotov, sposobov obrabotki pochv i udobreniy v optimizatsii gumusovogo sostoyaniya chernozema tipichnogo* [The role of crop rotations, soil treatment methods and fertilizers in optimizing humus state of chernozem typical]. *Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: sb. dokl. XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kurskogo otdeleniya MOO «Obshchestvo pochvovedov imeni V. V. Dokuchayeva»*

[Topical Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture: Proceed. of the XIX International Research and Practical Conference of Kursk Branch of the International Public Organization “V. V. Dokuchaev Soil Science Society”]. Kursk, Kursk FATS, pp. 169-173. (In Russian).

9. Kashtanov A.N., Volodin V.M., Gureev I.I., Cherkasov G.N., Agarkova M.G., Akimenko A.S., Bakhirev G.I., Vasenev I.I., Dudkin V.M., Dudkin I.V., Dyakov V.P., Eremina R.F., Masyutenko N.P., Pykhtin I.G., Fedorchenko A.E., Chuyan G.A., Shcherbakov A.P., 1998. *Kontseptsiya formirovaniya gibkikh agrotekhnologiy v landshaftnom zemledelii* [The Concept of the Formation of Flexible Agricultural Technologies in Landscape Farming]. Kursk, All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion of the Russian Agricultural Academy, 44 p., EDN: WTJAXB. (In Russian).

10. Shabalkin A.V., Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P., Dracheva M.K., 2023. *Rol' sevooborotov v tekhnologicheskikh kompleksakh vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya* [The role of crop rotations in technological complexes of cultivation of agricultural crops under the conditions of the Central Black Earth Region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 5, pp. 3-7, DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-3-7, EDN: KYKHLN. (In Russian).

11. Chulkov N.V., Nedbaev V.N., 2023. *Zernobobovye kul'tury v sevooborotakh korotkoy rotatsii Tsentral'no-Chernozemnoy zony* [Leguminous crops in short-rotation crop rotations of the Central Black Earth Zone]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bullet. of Kursk State Agricultural Academy], no. 1, pp. 18-21, EDN: ZIIPDW. (In Russian).

12. Dudkin I.V., Dudkina T.A., 2014. *Deystvie faktorov biologizatsii zemledeliya na zasorennost' posevov ozimoy pshenitsy* [Effect of biologization factors of crop farming on weed infestation of winter wheat]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 3, pp. 41-43, EDN: SBHBHZ.

13. Zelenev A.V., 2020. *Zanyatie pary kak predshestvenniki ozimoy pshenitsy v organicheskom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya* [Sown fallow land as a predecessor of winter wheat in organic crop farming of the Lower Volga region]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [Dairy Farming Bulletin], no. 2(38), pp. 80-94, EDN: RIMJZQ. (In Russian).

14. Turusov V.I., Dronova N.V., Balyunova E.A., 2021. *Gumusnoe sostoyanie i fermentativnaya aktivnost' pochvy v posevakh ozimoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) v zavisimosti ot izuchaemykh sevooborotov* [Humus state and enzymatic activity of soil in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) crops depending on the studied crop rotations]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Agrochemistry and Ecology Problems], no. 1, pp. 3-6, DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001, EDN: NQGWPU. (In Russian).

15. Kormilitsyn V.F., 1999. *Razvivat' sideratsiyu v Povolzh'ye* [Developing green manure in the Volga region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, p. 28. (In Russian).

16. Dolgoplova N.V., Batrachenko E.A., Malysheva E.V., 2022. *Rol' plodorodiya pochvy i predshestvennikov v povyshenii kachestva zerna* [The role of soil fertility and precursors in improving grain quality]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bullet. of Kursk State Agricultural Academy], no. 5, pp. 6-13, EDN: EEIDWP. (In Russian).

17. Komarova N.A., 2019. *Vliyanie parovykh predshestvennikov na biologicheskuyu aktivnost' svetlo-seroy lesnoy pochvy i urozhaynost' kul'tur v Nizhegorodskoy oblasti* [The influence of different fallow predecessors on the biological activity of light-gray forest soil and productivity of crop rotation in the Nizhny Novgorod region]. *Plodorodie* [Eurasian Soil Science], no. 2(107), pp. 44-46, DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.14, EDN: IKVIMO. (In Russian).

Информация об авторах

Т. А. Дудкина – старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, кандидат сельскохозяйственных наук, Курский федеральный аграрный научный центр (305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70Б), dt5dt@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1116-4548;

В. И. Арепьев – инженер-исследователь лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, Курский федеральный аграрный научный центр (305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70Б), vniiz.sevooborot@mail.ru.

Information about the authors

T. A. Dudkina – Senior Researcher at the Laboratory of Crop Rotation and Adaptive Agricultural Technology Laboratories, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Agricultural Kursk Research Center (305021, Kursk region, Kursk, st. Karl Marx, 70B), dt5dt@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1116-4548;

V. I. Arepyev – Research Engineer at the Laboratory of Crop Rotation and Adaptive Agricultural Technology Laboratories, Federal Agricultural Kursk Research Center (305021, Kursk region, Kursk, st. Karl Marx, 70B), vniiz.sevooborot@mail.ru.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 09.04.2025; одобрена после рецензирования 17.07.2025;
принята к публикации 19.09.2025.
The article was submitted 09.04.2025; approved after reviewing 17.07.2025; accepted for
publication 19.09.2025.*