

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.51

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_13

**Влияние способов основной обработки почвы, удобрений
на агрофизические свойства почвы, урожайность
и энергетическую эффективность выращивания ячменя****Анатолий Владимирович Дедов^{1✉}, Вячеслав Анатольевич Шевченко²**¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия²Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Таловский район,

Воронежская область, Россия

¹dedov050@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных в 2011–2022 гг., с целью определения влияния различных способов основной обработки почвы, удобрений на агрофизические свойства почвы и урожайность ярового ячменя. Изучали следующие способы обработки почвы: отвальная обработка почвы (вспашка) на глубину 20–22 см – контроль, безотвальная обработка почвы на глубину 20–22 см, поверхностная обработка почвы (дисковое лущение) на глубину 8–10 см, нулевая обработка почвы (прямой посев). Запасы доступной влаги перед посевом ячменя в слоях почвы 0–20 см и 0–100 см во все годы исследований были удовлетворительными. Диапазон сезонного изменения плотности чернозема обыкновенного от начала до конца вегетации ячменя вне зависимости от способа обработки почвы составлял 0,95–1,16 г/см³. Во все годы исследований за вегетацию ярового ячменя отмечено достоверное повышение твердости в слое почвы 0–25 см на вариантах применения поверхностной и нулевой обработок – соответственно на 26,4 и 37,1% по сравнению с контролем. В среднем за 12 лет исследований в засушливые годы урожайность ячменя на контроле составляла 39,1 ц/га. Достоверное снижение отмечено на вариантах применения поверхностной, безотвальной и нулевой обработок – соответственно на 1,1 ц/га, 2,2 и 0,5 ц/га. В недостаточно увлажненные годы урожайность на контроле составляла 45,8 ц/га. На вариантах применения нулевой, поверхностной и безотвальной обработок она достоверно снижалась – соответственно на 0,6 ц/га, 2,3 и 7,4 ц/га. При возделывании ячменя на контроле (вспашка), на вариантах применения поверхностной и безотвальной обработок коэффициент энергетической эффективности был низким и варьировал в годы исследований – соответственно от 2,17 до 2,25, от 2,81 до 2,97 и от 2,45 до 2,40. При возделывании ячменя на варианте применения нулевой обработки коэффициент энергетической эффективности был средним – 3,81–4,01.

Ключевые слова: чернозем, ячмень, плотность, влажность, твердость, обработка почвы, минеральные удобрения, урожайность, энергетическая эффективность

Для цитирования: Дедов А.В., Шевченко В.А. Влияние способов основной обработки почвы, удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и энергетическую эффективность выращивания ячменя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 13–25. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_13-25.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Effect of methods of basic tillage and fertilizers on the agrophysical
properties of soil, yield and energy efficiency of barley cultivation****Anatoliy V. Dedov^{1✉}, Vyacheslav A. Shevchenko²**¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia²Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev,

Talovsky District, Voronezh Oblast, Russia

¹dedov050@mail.ru✉

Abstract. The authors present results of the research conducted in 2011-2022 aimed at determining the effect of various methods of basic tillage and fertilizers on the agrophysical properties of soil and yield of spring barley. The studied methods of tillage included the following: moldboard tillage (plowing) to the depth of 20-22 cm (control), nonmoldboard tillage to the depth of 20-22 cm, surface tillage (disk stubble breaking) to the depth of 8-10 cm, and no-tillage (direct sowing). The available water capacity in the soil layer of 0-20 and 0-100 cm before barley sowing

was satisfactory in all years of research. The range of seasonal changes in the density of ordinary chernozem from the beginning to the end of the growing season of barley was 0.95-1.16 g/cm³ regardless of the method of tillage. In all years of research, during the growing season of spring barley a significant increase in hardness in the soil layer of 0-25 cm was noted in the variants of surface and zero tillage: by 26.4 and 37.1%, respectively, compared to control. Over 12 years of research the average yield of barley in the control variant in dry years was 39.1 c/ha. A significant decrease in the yield was noted in in the variants of surface, nonmoldboard and zero tillage by 1.1 c/ha, 2.2 and 0.5 c/ha, respectively. In subnormally humid years the yield of barley grain in the control variant was 48.1 c/ha. A significant decrease in the yield was noted in in the variants of zero, surface and nonmoldboard tillage by 0.6 c/ha, 2.3 and 7.4 c/ha, respectively. When cultivating barley in the control variant (plowing), in the variants of surface and nonmoldboard tillage the energy efficiency coefficient was low and varied during the years of research from 2.17 to 2.25, from 2.81 to 2.97, and from 2.45 to 2.40, respectively. When cultivating barley in the variant of zero tillage (direct sowing), the energy efficiency coefficient was equal to mid-level, i.e. 3.81-4.01.

Key words: chernozem, barley, density, humidity, hardness, soil tillage, mineral fertilizers, yield, energy efficiency
For citation: Dedov A.V., Shevchenko V.A. Effect of methods of basic tillage and fertilizers on the agrophysical properties of soil, yield and energy efficiency of barley cultivation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):13-25. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_13-25.

Введение

Своевременная и качественная механическая обработка почвы имеет важное значение в системе мероприятий по повышению эффективности плодородия почв, является важнейшей, наиболее дорогостоящей производственной операцией в земледелии. В результате механической обработки почвы изменяется строение пахотного слоя, улучшаются условия для протекания биологических, физических, физико-химических процессов в ней. Содержание кислорода и влаги в почве, реакция почвенного раствора в обработанном слое изменяются в сторону, благоприятную для почвенной микрофлоры, которая участвует в разложении органического вещества, обогащает почву перегноем и увеличивает содержание доступных для растений форм азота, фосфора, калия, магния, серы, железа и других жизненно важных элементов питания. В настоящее время в опубликованных источниках информации исследователи приводят данные полевых опытов, проведенных в различных регионах нашей страны и за рубежом, подтверждающие высокую эффективность и положительное влияние на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур минимальных приемов обработки почвы вплоть до «нулевой» [3, 4, 5, 7, 8, 14].

Актуальность этой проблемы связана с поиском путей снижения высоких энергетических (до 40% от затрат на возделывание) и трудовых (до 25%) затрат на обработку почвы в современных агротехнологиях. Сокращение удельного веса интенсивной отвальной вспашки, особенно под яровой ячмень, имеет важное практическое значение, так как обеспечит сельхозпроизводителям большую экономию трудовых и материальных ресурсов.

Условия и методика проведения исследований

Исследования по изучению влияния различных способов основной обработки почвы на урожайность ярового ячменя проводились сотрудниками Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I и Воронежского федерального аграрного научного центра им. В.В. Докучаева в 2011–2022 гг. на полях сельхозпредприятия ЗАО «Павловская Нива», территория которого расположена в центре южной части Воронежской области.

Цель исследования – разработать наиболее эффективные способы основной обработки почвы с использованием удобрений при выращивании ярового ячменя.

Схема севооборота: ½ горох, ½ соя – озимая пшеница – ½ кукуруза на зерно, ½ подсолнечник – ячмень.

Схема опыта предусматривала сравнительное изучение различных способов основной обработки почвы под ячмень. В экспериментах изучали следующие способы обработки почвы.

1. Отвальная обработка почвы (вспашка) на глубину 20–22 см.
 2. Безотвальная обработка почвы на глубину 20–22 см.
 3. Поверхностная обработка почвы (дисковое лушение) на глубину 8–10 см.
 4. Нулевая обработка почвы (прямой посев).
- При выращивании ячменя по вариантам использовали следующие удобрения.
1. Контроль – без удобрений (0).
 2. 10 кг д. в. NH_3 на тонну соломы (N).
 3. 10 кг д. в. NH_3 на тонну соломы + 80 г/га препарата Стернифаг, СП (N + C).

Стернифаг, СП представляет собой современный эффективный почвенный биологический фунгицид на основе микроскопического гриба *Trichoderma harzianum*, разработан с целью ускорения разложения стерни и соломы злаковых, сои, кукурузы, подсолнечника, а также подавления фитопатогенов на растительных остатках и в почве.

Почвы представлены черноземом обыкновенным среднегумусовым среднетяжелым, тяжелосуглинистым со следующими агрохимическими показателями (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Тип почв	Гранулометрический состав	Подвижные формы		Гумус, %	Кислотность		Обменные основания	
		P_2O_5	K_2O		pH_{KCl}	Hg	Ca	Mg
		мг/кг почвы						
Чернозем обыкновенный	Глинистый	81	169	6,0	6,6	1	28,8	2,8

Опыт закладывали в трехкратной повторности, размещение делянок – систематическое, размер делянки по основной обработке почвы – $84 \times 120 = 10\,080 \text{ м}^2$, учетной – $6 \times 100 = 600 \text{ м}^2$.

Технология возделывания ячменя сорта Вакула, за исключением изучаемых факторов, была общепринятой для ЦЧР.

Годы проведения исследований по гидротермическим условиям были разными: 2011–2015, 2017 и 2018 гг. характеризовались как засушливые ($\text{ГТК} < 1,0$), 2016, 2019, 2021 и 2022 гг. – как недостаточно увлажненные ($\text{ГТК} = 1,0–1,3$) [1], что, несомненно, оказало влияние на урожай зерна ячменя.

Учет урожайности проводили поделяночно, методом сплошного обмолота учетной делянки с последующей подработкой с приведением к стандартной влажности и 100% чистоте.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием типовых программ по Б.А. Доспехову [6].

Результаты и их обсуждение

Для условий Воронежской области, особенно южной ее части, одним из основных факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур, является влажность почвы. Большое влияние на этот показатель оказывает основная обработка, которая выполняется для существенного изменения сложения почвы. В зависимости от почвенных и климатических условий, от вида севооборота и засоренности полей основная обработка может проводиться с различной периодичностью: от одного-двух раз в год, до одного раза в одну-две ротации севооборота. Основную обработку рекомендуют проводить чаще в условиях избыточного увлажнения, реже – в засушливых районах на хорошо оструктуренных, плодородных почвах.

Вспашка является не только самым распространенным приемом основной обработки почвы, но и самым затратным. В современных условиях экономической нестабильности при дефиците энергоресурсов и при постоянном росте цен на них особую актуальность приобретает поиск альтернативных способов основной обработки почвы.

Так, В.И. Кирюшин отмечает, что из-за недостатка финансов сельхозпредприятия, К(Ф)Х, фермерские хозяйства отказываются от вспашки не только под зерновые, но и пропашные культуры [12, 13]. В связи с этим возникает необходимость сравнить эффективность применения отвальной вспашки с приемами минимизации обработки почвы, а также с прямым посевом.

Наблюдения за динамикой влажности почвы показали, что перед посевом ячменя запасы доступной влаги в слое почвы 0–20 см во все годы исследований были удовлетворительными – 20,1–26,0 мм, что связано с обильными осадками в марте-апреле. Этого было достаточно для получения своевременных и полных всходов ячменя.

Не установлено достоверной закономерности влияния способа обработки почвы на содержание доступной влаги в условиях года в слое почвы 0–50 см. В слое почвы 0–100 см в начальный период развития культуры существенных различий также не установлено. На контроле в почве содержалось 141,5 мм доступной влаги, отклонения от контроля на вариантах применения безотвальной, поверхностной и нулевой обработок составляли соответственно 6,8 мм, 5,8 и 9,2 мм. Запасы влаги в период колошения ячменя в верхних слоях почвы (до 50 см) зависели от выпадающих осадков в весенне-летний период, а в более глубоких слоях почвы (50–100 см) – от величины весеннего запаса влаги, при этом их количество оценивалось как удовлетворительное (рис. 1).

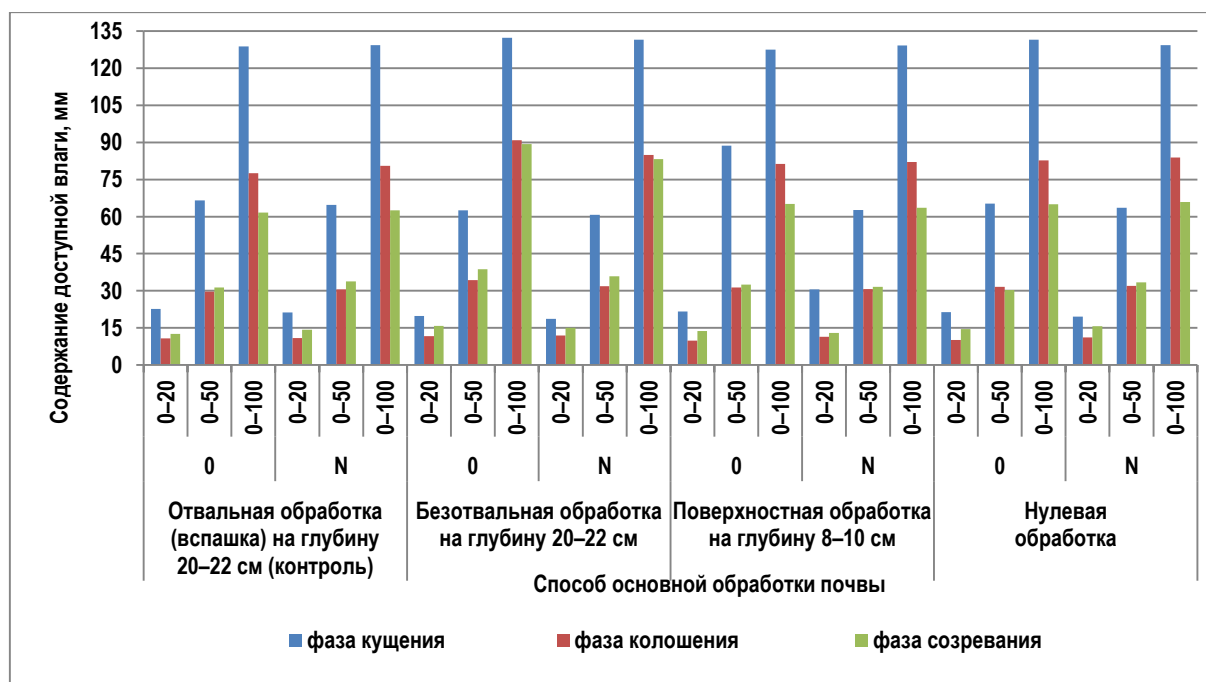


Рис. 1. Содержание доступной влаги (мм) по фазам вегетации ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы и внесения удобрений (в среднем за 2011–2022 гг.): 0 – без удобрений; N – минеральные удобрения

К концу вегетации ярового ячменя (созревание) в условиях недостаточного увлажнения в слоях почвы 0–20 см и 0–100 см запасы доступной влаги были удовлетворительными. Следует отметить, что способы основной обработки почвы с применением минеральных удобрений не оказали существенного влияния на накопление и сохранение доступной влаги в период вегетации культуры.

Таким образом, из представленных на рисунке 1 данных следует, что при длительном проведении исследований в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР различные способы основной обработки почвы под ячмень в течение вегетационного периода не оказывали существенного влияния на водный режим чернозема обыкновенного.

Одной из задач исследования было определение показателей плотности почвы под яровым ячменем в зависимости от различных способов основной обработки, удобрений и препарата Стернифаг (стернеразложитель). Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Плотность почвы (г/см³) по фазам вегетации ячменя в зависимости от способов основной обработки, внесения удобрений и препарата Стернифаг (в среднем за 2011–2013 гг.)

Варианты обработки (А)	Удобрения (С)	Слой почвы, см (В)	Фаза вегетации			Среднее
			Всходы	Колошение	Созревание	
Отвальная (вспашка) на глубину 20–22см (контроль)	0	0–20	0,98	1,08	1,06	1,03
		20–40	1,09	1,12	1,16	1,13
	N	0–20	0,99	1,02	1,08	1,02
		20–40	1,09	1,10	1,12	1,10
	N + C	0–20	0,97	1,02	1,14	1,05
		20–40	1,07	1,07	1,7	1,07
Безотвальная на глубину 20–22см	0	0–20	1,02	1,04	1,12	1,06
		20–40	1,08	1,10	1,13	1,11
	N	0–20	0,99	1,05	1,07	1,04
		20–40	1,09	1,11	1,13	1,11
	N + C	0–20	0,97	1,04	1,03	0,97
		20–40	1,06	1,11	1,15	1,11
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	0–20	1,01	1,04	1,07	1,04
		20–40	1,07	1,10	1,13	1,10
	N	0–20	0,95	1,02	1,03	0,99
		20–40	1,07	1,10	1,13	1,10
	N + C	0–20	1,04	1,14	1,15	1,11
		20–40	1,12	1,14	1,19	1,14
Нулевая	0	0–20	1,05	1,08	1,12	1,09
		20–40	1,13	1,14	1,17	1,15
	N	0–20	0,98	1,02	1,06	1,02
		20–40	1,04	1,11	1,12	1,09
	N + C	0–20	1,08	1,11	1,15	1,12
		20–40	1,11	1,12	1,12	1,12
НСР ₀₅ = 0,06	НСР ₀₅ А (обработка) = 0,02; НСР ₀₅ В (удобрение) = 0,01; НСР ₀₅ С (слой) = 0,02; АВ = 0,03; АС = 0,04; ВС = 0,03					

Примечание: 0 – без удобрений; N – минеральные удобрения; N + C – минеральные удобрения и препарат Стернифаг.

Наиболее существенные различия плотности почвы (табл. 2) были отмечены по способам основной обработки, слоям почвы и фазам вегетации ячменя.

Следует отметить, что влияние способов основной обработки почвы было незначительным, за исключением нулевой обработки (прямого посева). На этом варианте отмечали достоверное повышение плотности почвы на 0,03–0,09 г/см³ (НСР₀₅ = 0,02).

Плотность почвы зависит от ее влажности, поэтому обсуждение ее параметров необходимо увязывать с количеством осадков.

В 2011–2013 гг. осадков выпадало меньше на 20–48 мм по сравнению со средне-многолетними данными, поэтому почва уплотнялась сильнее, особенно в слоях 10–20 см и 20–40 см, однако при этом значения плотности (0,98–1,19 г/см³) не превышали оптимальных параметров. Перед посевом ярового ячменя плотность почвы на фоне всех способов основной обработки почвы была оптимальной.

Таким образом, на почвах с высоким содержанием органического вещества способы основной обработки почвы под ячмень существенно не влияли на ее плотность. Применение препарата Стернифаг (для ускорения разложения соломы) в засушливых условиях также существенно не изменяло этот показатель.

Дальнейшее продолжение исследований в 2014–2022 гг. позволило выявить, что значения плотности почвы под ячменем на фоне всех способов основной обработки не выходили за пределы оптимальных параметров (табл. 3).

Таблица 3. Плотность почвы (г/см³) по фазам вегетации ячменя в зависимости от способов основной обработки, внесения удобрений и препарата Стернифаг (в среднем за 2014–2022 гг.)

Варианты обработки (А)	Удобрения (С)	Слой почвы, см (В)	Фаза вегетации			Среднее
			Всходы	Колошение	Созревание	
Отвальная (вспашка) на глубину 20–22 см (контроль)	0	0–20	0,98	1,00	1,05	1,01
		20–40	1,10	1,12	1,15	1,12
	N	0–20	0,99	1,02	1,05	1,02
		20–40	1,09	1,11	1,13	1,11
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	0–20	1,02	1,07	1,06	1,05
		20–40	1,11	1,07	1,08	1,09
	N	0–20	1,01	1,04	1,08	1,04
		20–40	1,10	1,10	1,12	1,11
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	0–20	1,00	1,03	1,07	1,03
		20–40	1,08	1,05	1,02	1,05
	N	0–20	0,99	1,04	1,08	1,04
		20–40	1,10	1,11	1,13	1,11
Нулевая	0	0–20	1,04	1,09	1,12	1,08
		20–40	1,13	1,14	1,16	1,14
	N	0–20	1,02	1,10	1,12	1,08
		20–40	1,11	1,12	1,12	1,12
HCP ₀₅ = 0,19	HCP ₀₅ А (обработка) = 0,05; HCP ₀₅ В (удобрение) = 0,06; HCP ₀₅ С (слой) = 0,05; АВ = 0,11; АС = 0,09; ВС = 0,11					

Примечание: 0 – без удобрений; N – минеральные удобрения; N + С – минеральные удобрения и препарат Стернифаг.

При минимизации основной обработки почвы (поверхностная и нулевая обработки) во все сроки определения отмечалась тенденция увеличения плотности, но на протяжении всего периода вегетации ячменя значения этого показателя на отмеченных вариантах опыта были на уровне оптимальных. Сезонные изменения плотности чернозема обыкновенного от начала до конца вегетации культуры вне зависимости от способа обработки почвы находились в диапазоне 0,95–1,16 г/см³.

На контрольном варианте (отвальная обработка) за счет лучшего крошения и равномерного распределения массы растительных остатков в пахотном слое отмечено снижение плотности почвы, значения которой были в пределах 0,94–1,12 г/см³, что также соответствовало оптимальным параметрам.

Таким образом, согласно классификации Н.А. Качинского [11], плотность почвы в течение всего периода вегетации ярового ячменя хотя и изменялась в зависимости от способов основной обработки почвы, но все эти изменения находились в пределах оптимальных параметров, установленных для возделывания этой культуры. Почва находилась в рыхлом, рыхловатом и плотноватом состоянии. Такие же выводы в своих исследованиях делали другие ученые [5, 10, 15–18].

В стационарном опыте кроме плотности почвы изучалась ее твердость, которая влияет на рост и развитие корневой системы растений, на сопротивление почвы при обработке. Твердость почвы зависит от влажности и плотности почвы. Твердость может изменяться в большом диапазоне значений: от 3–7 до 50 кг/см². Оптимальные значения твердости пахотного слоя на черноземах для зерновых культур находятся в пределах от 8 до 16 кг/см² [21].

Анализ результатов исследований за 2011–2013 гг. (рис. 2), показал, что в фазе всходов ярового ячменя твердость почвы в слое 0–5 см достоверно повышалась по сравнению с контролем на вариантах применения безотвальной, поверхностной и нулевой обработок – соответственно на 11,7%, 47,1 и 55,9%.

С увеличением глубины профиля контрастность между контролем и этими вариантами возрастала. Если в слое 0–5 см превышение составляло 33,3–65,9%, то в слое 20–25 см – 40,3–68,5%. В слое 0–25 см показатели твердости почвы вариантов применения безотвальной, поверхностной и нулевой обработок на 33,3%, 53,5 и 65,6% превышали значения на контроле.

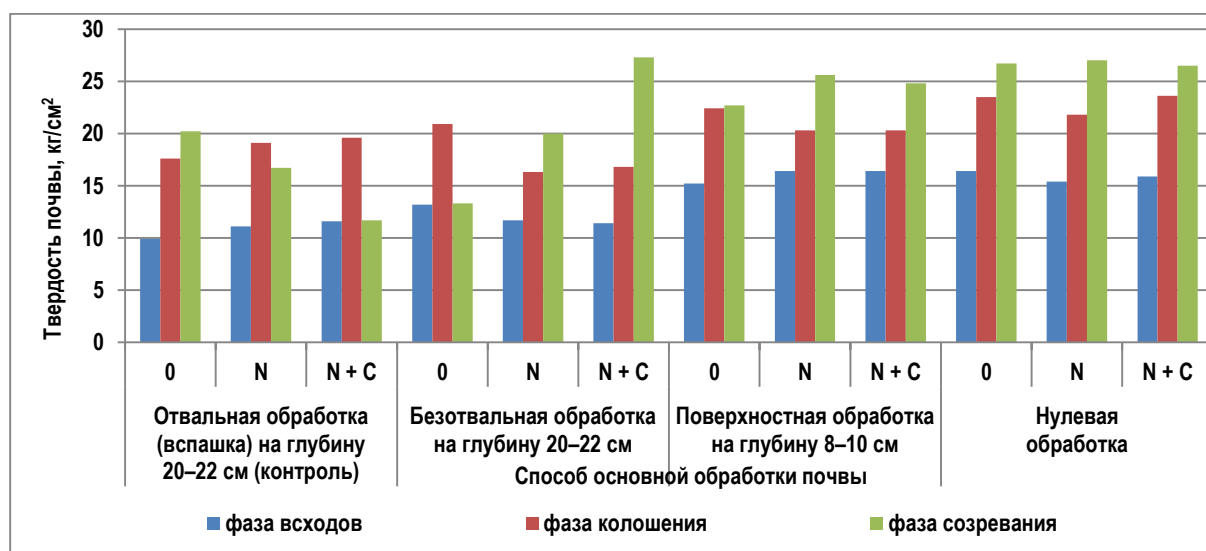


Рис. 2. Твердость почвы (кг/см²) в слое 0–25 см по фазам вегетации ячменя в зависимости от способов основной обработки, внесения удобрений и препарата Стернифаг (в среднем за 2011–2013 гг.): 0 – без удобрений; N – минеральные удобрения; N + C – минеральные удобрения и препарат Стернифаг

В фазе колошения ячменя значения твердости почвы достоверно увеличивались по сравнению с контролем на вариантах применения безотвальной, поверхностной и нулевой обработок – соответственно на 3,3 кг/см², 4,8 и 5,9 кг/см².

К уборке ячменя твердость почвы увеличивалась на всех вариантах опыта: на контроле этот показатель составлял 20,2 кг/см², на вариантах применения поверхностной и нулевой обработок был выше на 2,2 и 6,5 кг/см².

В среднем за вегетацию ярового ячменя во все годы исследований отмечено достоверное повышение по сравнению с контролем твердости в слое почвы 0–25 см на вариантах применения поверхностной (на 26,4%), нулевой (на 37,1%) и безотвальной обработок (незначительная тенденция повышения).

Внесение минеральных удобрений и минеральных удобрений совместно с препаратом Стернифаг не способствовало снижению твердости почвы, в одних случаях этот показатель находился на одном уровне с вариантами без внесения удобрений, а в других – был незначительно выше или ниже.

Урожайность культур как наиболее важный показатель эффективного ведения сельскохозяйственного производства можно повысить при использовании научно обоснованных систем земледелия, главным элементом которых являются способы обработки почвы [5, 7, 9, 13, 14, 19, 20].

На первом этапе исследований (2011–2014 гг.) на контроле было получено 36,8 ц/га зерна ячменя, на остальных вариантах отмечали тенденцию снижения урожайности: на фоне безотвальной обработки – на 0,8 ц/га, нулевой – на 1,0 ц/га, поверхностной – на 0,5 ц/га (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность ячменя (ц/га) в зависимости от гидротермических условий года, способов основной обработки почвы, внесения удобрений и препарата Стернифаг (в среднем за 2011–2022 гг.)

Годы (В)	Способ основной обработки почвы (А)											
	Отвальная (вспашка) на глубину 20–22 см (контроль)			Поверхностная на глубину 8–10 см			Нулевая			Безотвальная на глубину 20–22 см		
	Удобрения (С)											
	0	N	N + С	0	N	N + С	0	N	N + С	0	N	N + С
Засушливые годы (ГТК < 1,0)												
2011	46,1	48,0	45,7	41,6	42,2	41,0	43,5	44,7	41,7	44,2	45,4	42,2
2012	21,9	24,0	20,5	23,0	23,9	23,5	22,8	22,1	23,5	22,4	22,5	23,9
2013	36,6	36,9	37,0	39,1	38,9	39,1	40,4	41,1	40,8	38,0	37,9	39,1
2014	42,5	42,5	43,0	43,5	42,5	41,5	36,9	39,4	38,5	39,5	41,8	42,0
2015	33,3	35,1	–	31,5	32,5	–	35,4	36,9	–	31,6	33,1	–
2017	50,1	51,8	–	47,3	48,9	–	48,9	49,9	–	42,8	44,1	–
2018	36,5	38,4	–	37,1	39,2	–	35,9	37,1	–	35,4	37,0	–
2020	45,6	47,2	–	44,4	46,5	–	45,2	46,5	–	42,0	43,1	–
Среднее	39,1	40,5	36,6	38,0	39,3	36,3	38,6	39,7	36,1	36,9	38,1	36,8
Недостаточно увлажненные годы (ГТК = 1,0–1,3)												
2016	37,7	38,9	–	35,7	36,8	–	38,6	39,5	–	35,5	37,5	–
2019	40,6	43,7	–	38,1	29,9	–	40,0	41,6	–	34,1	36,2	–
2021	48,1	49,7	–	45,8	47,3	–	46,7	47,8	–	41,2	43,3	–
2022	56,7	57,9	–	54,3	55,2	–	55,6	55,9	–	42,9	44,5	–
Среднее	45,8	47,6	–	43,5	42,3	–	45,2	46,2	–	38,4	40,4	–
НСР ₀₅ = 1,9 ц/га	НСР ₀₅ А = 0,47 – значим; НСР ₀₅ В = 0,34 – значим; НСР ₀₅ С = 0,67 – значим; НСР ₀₅ АВ = 0,67 – не значим; НСР ₀₅ АС = 1,34 – значим; НСР ₀₅ ВС = 0,65 – не значим											

Примечание: 0 – без удобрений; N – минеральные удобрения; N + С – минеральные удобрения и препарат Стернифаг.

Самый низкий урожай зерна ячменя был в 2012 г. Это связано, по нашему мнению, с более жесткими климатическими условиями этого года, когда за вегетационный период выпало 150 мм осадков (среднегодулетная норма – 252 мм) при более высокой температуре (на 2 °С), поэтому урожайность варьировала от 22,8 до 21,2 ц/га. Урожайность ячменя на варианте применения нулевой обработки на 0,7 ц/га превышала показатель на контроле, в то время как на вариантах применения поверхностной и безотвальной обработок была ниже – соответственно на 0,3 и 0,6 ц/га.

Анализ данных по вариантам основной обработки почвы за весь период исследований (12 лет) показал, что в засушливые годы урожайность ячменя на контроле в среднем составляла 39,1 ц/га. Достоверное снижение отмечено на вариантах применения поверхностной, безотвальной и нулевой обработок – соответственно на 1,1 ц/га, 2,2 и 0,5 ц/га (НСР₀₅ = 0,47 ц/га) (табл. 4).

При внесении минеральных удобрений в засушливые годы отмечено повышение показателя урожайности на контроле, на вариантах применения поверхностной и нулевой обработок – соответственно на 1,4 ц/га, 0,2 и 0,6 ц/га и снижение на 1,0 ц/га на фоне безотвальной обработки.

Дополнительное внесение на фоне минеральных удобрений препарата Стернифаг снижало урожайность на всех вариантах основной обработки почвы на 2,3–3,0 ц/га по сравнению с контролем и на 3,7–4,4 ц/га по сравнению с удобрённым контролем. По результатам анализа этих данных был сделан вывод о нецелесообразности применения препарата Стернифаг в засушливых условиях.

Урожайность на контроле составляла 45,8 ц/га в недостаточно увлажненные годы, на вариантах применения нулевой, поверхностной и безотвальной обработок достоверно снижалась – соответственно на 0,6 ц/га, 2,3 и 7,4 ц/га ($HCp_{05} = 0,47$ ц/га). При внесении минеральных удобрений в недостаточно увлажненные годы отмечено повышение урожайности ячменя на контроле (на 2,2 ц/га) и на варианте применения нулевой обработки (на 0,4 ц/га), в то время как на вариантах применения поверхностной и безотвальной обработок этот показатель, наоборот, снижался – соответственно на 3,5 и 5,4 ц/га.

В целом анализ данных урожайности ячменя с учетом сложившихся природно-климатических условий в годы исследований позволил расположить способы основной обработки в следующей последовательности: вспашка – нулевая обработка – поверхностная обработка – безотвальная обработка.

Главным критерием выращивания сельскохозяйственных культур при различных обработках почвы является снижение затрат энергии на производство продукции. Современное сельскохозяйственное производство потребляет значительное количество техногенной энергии. По оценкам экспертов, доля агропромышленного комплекса в энергобюджете различных стран составляет от 5% до 28–40% [2, 9]. Необходимость все возрастающего увеличения производства продукции вынуждает вкладывать в сельское хозяйство с каждым годом все больше и больше энергии, хотя рост производства сельскохозяйственной продукции далеко не всегда адекватен этим затратам.

Для более объективной оценки эффективности выращивания ячменя при различных способах обработки почвы рассчитывают энергетическую эффективность. Экономическая оценка может быть ошибочной, так как она зависит от конъюнктурных цен на сырье. Расчет энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур дает возможность получить более объективную информацию.

Критерием биоэнергетической оценки агротехнологий выращивания ячменя является коэффициент энергетической эффективности, который рассчитывают как отношение выхода энергии с урожаем основной продукции к затратам энергии на ее получение. Если коэффициент энергетической эффективности меньше 1,0, то эффективность отсутствует, если находится в диапазоне 1–3 – низкая, 3–5 – средняя, 5–10 – высокая [9]. При определении энергетической эффективности изучаемых способов основной обработки почвы использовали методические разработки сотрудников Воронежского государственного аграрного университета [9], Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗ и ЗПЭ) [2].

Наши расчеты показали, что при выращивании ячменя на фоне отвальной вспашки на глубину 20–22 см (контроль) затраты техногенной энергии в засушливые годы составили 4,8 ГДж/га, а во влажные – 5,4 ГДж/га, что связано с повышением урожайности на 0,67 т/га, или на 17% (табл. 5).

Как следует из данных таблицы 5, применение безотвальной и нулевой обработок вместо отвальной (контроль) снижало затраты техногенной энергии в засушливые годы соответственно на 1,2 и 2,1 ГДж/га, а в недостаточно увлажненные годы – на 1,5 и 2,4 ГДж/га. Дополнительное внесение минеральных удобрений и препарата Стернифаг повышало затраты на 0,1 ГДж/га. При выращивании ячменя на фоне отвальной обработки (контроль) коэффициент энергетической эффективности в засушливые и влажные годы составлял соответственно 2,17 и 2,25.

Снижение урожайности ячменя на варианте применения поверхностной обработки на 0,11 т/га в засушливые годы и на 0,33 т/га в недостаточно увлажненные годы не снижало коэффициент энергетической эффективности, который по сравнению с контролем увеличивался соответственно на 0,54 и на 0,62 за счет сокращения энергозатрат.

Таблица 5. Эффективность затрат энергии на технологию выращивания ячменя в зависимости от гидротермических условий периода исследований, способов основной обработки почвы, внесения удобрений и препарата Стернифог (в среднем за 2011–2022 гг.)

Варианты обработки почвы	Удобрения	Урожайность ячменя, т/га	Затраты технической энергии, ГДж/га	Выход энергии, ГДж/га		Коэффициент энергетической эффективности
				с нетоварной частью	с урожаем основной продукции	
Засушливые годы (ГТК < 1,0)						
Отвальная (вспашка) на глубину 20–22 см (контроль)	0	3,91	4,8	3,37	7,03	2,17
	N	4,05	4,9	3,18	7,29	2,17
	N + C	3,66	4,9	2,87	6,59	1,93
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	3,80	3,6	2,98	6,84	2,81
	N	3,93	3,8	3,09	7,07	2,67
	N + C	3,63	3,8	2,85	6,53	2,47
Нулевая	0	3,86	2,7	3,33	6,95	3,81
	N	3,97	2,8	3,12	7,15	3,68
	N + C	3,61	2,8	2,84	6,50	3,33
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	3,69	4,0	3,18	6,64	2,45
	N	3,81	4,1	2,99	6,86	2,40
	N + C	3,68	4,1	2,89	6,62	2,32
Недостаточно увлажненные годы (ГТК > 1,0–1,3)						
Отвальная (вспашка) на глубину 20–22 см (контроль)	0	4,58	5,4	3,95	8,24	2,25
	N	4,76	5,5	3,74	8,56	2,24
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	4,35	3,9	3,75	7,83	2,97
	N	4,23	4,0	3,32	7,61	2,73
Нулевая	0	4,52	3,0	3,90	8,14	4,01
	N	4,62	3,2	3,63	8,32	3,73
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	3,84	4,2	3,31	6,91	2,43
	N	4,04	4,4	3,17	7,27	2,37

Примечание: энергоёмкость продукции: основной – 1,8 ГДж; побочной – 0,785 ГДж;

0 – без удобрений; N – минеральные удобрения; N + C – минеральные удобрения и препарат Стернифог.

В засушливые и недостаточно увлажненные годы коэффициент энергетической эффективности применения нулевой обработки увеличивался по сравнению с контролем – соответственно на 1,64 и 1,76.

Таким образом, анализ затрат энергии на выращивание ячменя показал, что в засушливые годы на фоне вспашки (контроль), поверхностной и безотвальной обработок отмечены низкие коэффициенты энергетической эффективности – соответственно 2,17; 2,81 и 2,45, а на фоне нулевой обработки – средний, равный 3,81.

В недостаточно увлажненные годы отмечены низкие коэффициенты энергетической эффективности на фоне вспашки (контроль), поверхностной и безотвальной обработок – соответственно 2,25; 2,97 и 2,4, а на фоне нулевой обработки – средний, равный 4,01.

Выводы

1. Запасы доступной влаги перед посевом ячменя в слое почвы 0–20 см во все годы исследований были удовлетворительными – варьировали от 20,1 до 26,0 мм. Не установлено достоверной закономерности по содержанию доступной влаги в условиях года в слое почвы 0–50 см в зависимости от способа основной обработки почвы.

В метровом слое почвы в начальный период развития культуры существенных различий не установлено, отклонение запасов доступной влаги от контроля (141,5 мм) составило на фоне безотвальной, поверхностной и нулевой обработок соответственно 6,8 мм, 5,8 и 9,2 мм.

Способы основной обработки почвы с применением минеральных удобрений не оказали существенного влияния на накопление и сохранение доступной влаги в период вегетации культуры.

2. При отвальной обработке (вспашке) на глубину 20–22 см за счет лучшего крошения и равномерного распределения массы растительных остатков в пахотном слое отмечено снижение плотности почвы на 0,94–1,12 г/см³, что соответствовало оптимальным параметрам. На фоне использования приемов минимизации основной обработки почвы (поверхностная, безотвальная и нулевая обработки) во все сроки определения отмечалась тенденция повышения плотности, но на протяжении всего периода вегетации ячменя значения этого показателя были в пределах оптимальных. Диапазон сезонного изменения плотности чернозема обыкновенного от начала до конца вегетации ячменя вне зависимости от способа обработки почвы составил 0,95–1,16 г/см³.

3. В среднем за вегетацию ярового ячменя во все годы исследований отмечено достоверное повышение по сравнению с контролем твердости в слое почвы 0–25 см на вариантах применения поверхностной (на 26,4%), нулевой (на 37,1%) и безотвальной обработок (незначительная тенденция повышения).

Внесение минеральных удобрений и минеральных удобрений совместно с препаратом Стернифаг не способствовало снижению твердости почвы, в одних случаях этот показатель находился на одном уровне с вариантами без внесения удобрений, в других – незначительно выше или ниже.

4. В среднем за 12 лет исследований в засушливые годы урожайность ячменя на контроле составляла 39,1 ц/га. Достоверное снижение отмечено на вариантах применения поверхностной, безотвальной и нулевой обработок – соответственно на 1,1 ц/га, 2,2 и 0,5 ц/га.

В недостаточно увлажненные годы урожайность на контроле составляла 45,8 ц/га. На вариантах применения нулевой, поверхностной и безотвальной обработок достоверно снижалась – соответственно на 0,6 ц/га, 2,3 и 7,4 ц/га (НСР₀₅ = 0,47 ц/га).

5. При выращивании ячменя в засушливые годы на фоне вспашки (контроль), поверхностной и безотвальной обработок отмечены низкие коэффициенты энергетической эффективности – соответственно 2,17; 2,81 и 2,45, а на фоне нулевой обработки – средний, равный 3,81.

В недостаточно увлажненные годы отмечены низкие коэффициенты энергетической эффективности на фоне вспашки (контроль), поверхностной и безотвальной обработок – соответственно 2,25; 2,97 и 2,4, а на фоне нулевой обработки – средний, равный 4,01.

Список источников

1. Агrometeorологические бюллетени по Воронежской области за 2011–2022 годы // Воронежский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, филиал Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/> (дата обращения: 02.03.2022).

2. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. Пушино: Научный центр биологических исследований АН СССР, 1986. 209 с.

3. Гармашов В.М., Качанин А.Л. Минимализация обработки почвы // Земледелие. 2007. № 6. С. 8–9.
4. Гулидова В.А. Оптимизация обработки почвы под яровой ячмень // Земледелие. 2001. № 6. С. 18–19.
5. Дедов А.В., Трофимова Т.А., Болучевский Д.А. Совершенствование основной обработки в ЦЧР // Земледелие. 2013. № 6. С. 5–7.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Дригидер В.К. О путях и методах изучения прямого посева семян в необработанную почву // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № S5(14). С. 14–25. DOI: 10.25930/2687-1254/002.5.14.2021.
8. Дригидер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Экономическая эффективность севооборотов при возделывании полевых культур без обработки почвы // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 4(12). С. 1–14. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
9. Зезюков Н.И., Придворев Н.И., Дедов А.В. Методические указания по расчету энергетической эффективности агротехнологий с использованием ПЭВМ. Воронеж: Воронежский ГАУ, 1993. 45 с.
10. Картамышев Н.И., Тарасов А.А. Проблемы переуплотнения почв и пути их решения: учебное пособие. Курск: Изд-во Курской гос. с.-х. академии, 1997. 106 с.
11. Качинский Н.А. Физика почвы: учебник для студентов университетов. Москва: Высшая школа, 1965. 323 с.
12. Кирюшин В.И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 11–14.
13. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
14. Наполов В.В., Наполова Г.В., Дмитриева О.Д. Влияние различных способов обработки почвы на показатели плодородия и урожайность // Russian Agricultural Science Review. 2015. Т. 6, № 6–1. С. 45–49.
15. Петракова В.А. Влияние различных способов обработки на некоторые физические и химические свойства выщелоченного чернозема: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Уфа, 1963. 21 с.
16. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37–43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208.
17. Полуэктов Е.В., Батищев И.В. Мониторинг водопроницаемости и эрозийных процессов при различных способах основной обработки черноземов юга России // Научный журнал российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11, № 2. С. 158–173. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-158-173.
18. Придворев Н.И. Научные основы оптимизации содержания органического вещества в черноземе выщелоченном: дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2002. 379 с.
19. Салихов А.С., Кадыров М.Д. Способы основной обработки и урожайность яровых зерновых культур // Земледелие. 2004. № 4. С. 12–13.
20. Семькин В.А., Картамышев Н.И., Дедов А.В. и др. Биологизация земледелия в основных земледельческих регионах России: учебное пособие. Москва: КолосС, 2012. 471 с.
21. Сидоров М.И., Зезюков Н.И. Земледелие на черноземах. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1992. 184 с.

References

1. Agrometeorologicheskie byulleteni po Voronezhskoj oblasti za 2011-2020 gody. Voronezhskij tsentr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy, filial Tsentral'no-Chernozemnogo upravleniya po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy [Agrometeorological bulletins for Voronezh Oblast. 2011-2020. Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Branch of the Central Chernozem Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/>. (In Russ.).
2. Bulatkin G.A. Ekologo-energeticheskie aspekty produktivnosti agrotsenozov [Ecological and energy aspects of productivity of agrocenoses]. Pushchino: Scientific Center for Biological Research of the USSR Academy of Sciences, 1986. 209 p. (In Russ.).
3. Garmashov V.M., Kachanin A.L. Minimalizatsiya obrabotki pochvy [Minimalization of tillage]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2007;6:8-9. (In Russ.).
4. Gulidova V.A. Optimizatsiya obrabotki pochvy pod yarovoj yachmen' [Optimization of tillage for spring barley sowing]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2001;6:18-19. (In Russ.).
5. Dedov A.V., Trofimova T.A., Boluchevsky D.A. Sovershenstvovanie osnovnoj obrabotki v CChR [Improving of main soil treatment in the Central Chernozem Region]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2013;6:5-7. (In Russ.).
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Dridiger V.K. O putyakh i metodakh izucheniya pryamogo poseva semyan v neobrabotannuyu pochvu [Ways and methods of studying direct seeding of seeds into uncultivated soil]. *Sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = Agricultural Journal*. 2021;14(5):14-25. DOI: 10.25930/2687-1254/002.5.14.2021. (In Russ.).

8. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G. Ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy [Economic efficiency of crop rotations when cultivating field crops without tillage]. *Sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = Agricultural Journal*. 2019;12(4):1-14. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019. (In Russ.).
9. Zezyukov N.I., Pridvoren N.I., Dedov A.V. Metodicheskie ukazaniya po raschetu energeticheskoy effektivnosti agrotekhnologii s ispol'zovaniem PEVM [Methodological guidelines for calculating the energy efficiency of agricultural technologies using PC]. Voronezh: State Agrarian University Press; 1993. 45 p. (In Russ.).
10. Kartamyshev N.I., Tarasov A.A. Problemy pereuplotneniya pochv i puti ikh resheniya: uchebnoe posobie [Problems of the overconsolidated soil and ways of solving them: a textbook]. Kursk: Kursk State Agricultural Academy Publishing House; 1997. 106 p. (In Russ.).
11. Kachinsky N.A. Fizika pochvy: uchebnik dlya studentov universitetov [Soil physics: a textbook for university students]. Moscow: Vysshaya shkola; 1965. 323 p. (In Russ.).
12. Kiryushin V.I. Minimalizatsiya obrabotki pochvy: perspektivy i protivorechiya [Minimization of tillage: prospects and contradictions]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2006;5:11-14. (In Russ.).
13. Kiryushin V.I. Upravlenie plodorodiem pochv i produktivnost'yu agrosenozov v adaptivno-landshaftnykh sistemakh zemledeliya [The management of soil fertility and agrosenosis productivity in landscape adaptive agricultural systems]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2019;9:1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062. (In Russ.).
14. Napolov V.V., Napolova G.V., Dmitrieva O.D. Vliyanie razlichnykh sposobov obrabotki pochvy na pokazateli plodorodiya i urozhajnost' [Influence of different tillage methods on fertility indicators and yields]. *Russian Agricultural Science Review = Russian Agricultural Science Review*. 2015;6(6-1):45-49. (In Russ.).
15. Petrakova V.A. Vliyanie razlichnykh sposobov obrabotki na nekotorye fizicheskie i khimicheskie svoystva vyshchelochennogo chernozema [Influence of various processing methods on some physical and chemical properties of leached chernozem]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.01 = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Ufa; 1963. 21 p. (In Russ.).
16. Polyakov D.G. Obrabotka pochvy i pryamoj posev: agrofizicheskie svoystva chernozemov i urozhajnost' polevykh kul'tur [Tillage and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and yield of field crops]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2021;2:37-43. (In Russ.).
17. Poluektov E.V., Batishchev I.V. Monitoring vodopronitsaemosti i erozionnykh protsessov pri razlichnykh sposobakh osnovnoy obrabotki chernozemov yuga Rossii [Monitoring of water permeability and erosion processes at different methods of primary tillage of chernozem in southern Russia]. *Nauchnyj zhurnal rossijskogo NII problem melioratsii = Journal of The Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2021;11(2):158-173. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-158-173. (In Russ.).
18. Pridvoren N.I. Nauchnye osnovy optimizatsii soderzhaniya organicheskogo veshchestva v chernozeme vyshchelochennom [Scientific bases of optimization of organic matter content in leached chernozem]: dissertatsiya ... doktora sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.01 = Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2002. 379 p. (In Russ.).
19. Salikhov A.S., Kadyrov M.D. Sposoby osnovnoy obrabotki i urozhajnost' yarovykh zernovykh kul'tur [Methods of main tillage and yield of spring grain crops]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2004;4:12-13. (In Russ.).
20. Semykin V.A., Kartamyshev N.I., Dedov A.V. et al. Biologizatsiya zemledeliya v osnovnykh zemledel'cheskikh regionakh Rossii: uchebnoe posobie [Biologization of agriculture in the main agricultural regions of Russia: study guide]. Moscow: KolosS Press; 2012. 471 p. (In Russ.).
21. Sidorov M.I., Zezyukov N.I. Zemledelie na chernozemakh [Agriculture on chernozems]. Voronezh: Voronezh State University Press; 1992. 184 p. (In Russ.).

Информация об авторах

А.В. Дедов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dedov050@mail.ru.

В.А. Шевченко – аспирант ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», shevchenko_agro@mail.ru.

Information about the authors

A.V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dedov050@mail.ru.

V.A. Shevchenko, Postgraduate Student, Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, shevchenko_agro@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.02.2023; одобрена после рецензирования 12.03.2023; принята к публикации 23.03.2023.

The article was submitted 03.02.2023; approved after reviewing 12.03.2023; accepted for publication 23.03.2023.

© Дедов А.В., Шевченко В.А., 2023