

Влияние систем обработки на агрофизические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность звена полевого севооборота

© 2024. Д. А. Дементьев✉, А. А. Фадеев

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Цель исследований – выявление наиболее эффективного и предпочтительного варианта основной осенней обработки почвы для включения в систему обработки темно-серой лесной почвы при посеве яровых культур. Исследования проводили в 2021–2023 гг. в условиях Чувашской Республики в звене полевого севооборота «ячмень–горох–овес». Сравнивали отвальные и безотвальные приемы основной осенней обработки: вспашка (26–28 см) – контроль; культивация (15–17 см); дискование (12–14 см); без обработки. Систему обработки почвы завершала поверхностная весенняя предпосевная культивация на глубину 6 см. За исследуемые годы средняя плотность почвы в слое 0–30 см находилась в пределах оптимальных значений: после отвальной вспашки – 0,93–1,09 г/см³; после культивации – 0,98–1,13 г/см³; без основной обработки – 1,05–1,20 г/см³. Средние значения скважности почвы после вспашки находились в пределах 50,4–62,5 % и снижались при отказе от основной обработки до 52,0–57,4 %. В засушливых условиях вегетации 2021 г. суммарный запас продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см был на 12–14 % выше по культивации, чем по вспашке. Анализ структурно-агрегатного состояния почвы (0–20 см) выявил возрастание доли пылеватых частиц к концу опыта после вспашки с 3,9 до 6,9 %. При использовании в качестве основной обработки стерневого культиватора увеличилась доля глыбистой фракции. Среднегодовая продуктивность звена севооборота при отвальной вспашке самая высокая – 20,5 ц зерн. ед. с 1 га, после культивации – 19,5 ц зерн. ед. с 1 га. При этом вспашка является самым затратным и экономически невыгодным способом основной подготовки почвы. После культивации комбинированным стерневым агрегатом КОС-3.0 рентабельность возделывания культур значительно выше – 9,4–18,1 % по зерновым в засушливые годы и 96,9 % по гороху при оптимальных гидротермических условиях (по вспашке – 8,3...4,2 % и 73,7 % соответственно).

Ключевые слова: основная обработка почвы, вспашка, культивация, дискование, урожайность, плотность почвы, запас продуктивной влаги, ресурсосбережение

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема FNWE-2022-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дементьев Д. А., Фадеев А. А. Влияние систем обработки на агрофизические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность звена полевого севооборота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(6):1100-1111. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1100-1111>

Поступила: 11.06.2024

Принята к публикации: 10.12.2024

Опубликована онлайн: 25.12.2025

The effect of soil cultivation systems on agronomic and physical properties of dark gray soil and productivity of the field crop rotation link

© 2024. Dmitry A. Dementyev✉, Andrey A. Fadeev

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The purpose of the research is to identify the most effective and preferable variant of the basic autumn tillage for inclusion of dark gray forest soil into the tillage system when sowing spring crops. The research was carried out in 2021–2023 in the conditions of the Chuvash Republic in the link of the field crop rotation "barley–peas–oats". Moldboard and non-moldboard autumn soil tillage methods were compared: plowing (26–28 cm) – control; cultivation (15–17 cm); disking (12–14 cm); without tillage. The tillage system was completed by surface early pre-sowing cultivation to a depth of 6 cm. During the studied years, the average soil density in the 0–30 cm layer was within the optimal values: after moldboard plowing it was 0.93–1.09 g/cm³, after cultivation – 0.98–1.13 g/cm³, without basic tillage – 1.05–1.20 g/cm³. The average values of the soil porosity after plowing were in the range of 50.4–62.5 % and decreased with the abandonment of the basic tillage to 52.0–57.4 %. In arid conditions of 2021 growing season, the total supply of productive moisture in the 0–30 cm soil layer was 12–14 % higher after cultivation than after plowing. The analysis of the structural and aggregate state of the soil (0–20 cm) revealed an increase in the proportion of dusty particles by the end of the experiment after plowing from 3.9 to 6.9 %. When using a stubble cultivator as the basic tillage unit, the proportion of the lumpy fraction increased. The average annual productivity of the crop rotation link during moldboard plowing was the highest – 20.5 c/ha of grain units per 1 ha, after cultivation – 19.5 c of grain units per 1 ha. At the same time, plowing is the most expensive and economically unprofitable way of basic soil preparation. After cultivation with a KOS-3.0 combined stubble cultivator, the profitability of crop cultivation was significantly higher – 9.4–18.1 % after cereals in dry years and 96.9 % after peas under optimal hydrothermal conditions (for plowing – 8.3–4.2 % and 73.7 %, respectively).

Keywords: basic tillage, plowing, cultivation, disking, yield, soil density, productive moisture reserve, resource conservation

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme FNWE-2022-0005).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of Interest: the authors have declared no conflict of interest.

For citations: Dementyev D. A., Fadeev A. A. The effect of soil cultivation systems on agronomic and physical properties of dark gray soil and productivity of the field crop rotation link *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1100–1111. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1100-1111>

Received: 11.06.2024

Accepted for publication: 10.12.2024 Published online: 25.12.2024

В современном мире всё острее встаёт вопрос сохранения почвенных ресурсов как основного источника производства продуктов питания для постоянно растущего населения земного шара. Традиционная система обработки почвы на основе отвального способа приводит, по мнению Д. А. Фоули с соавт. (J. A. Foley et al.) [1], к деградации земель, водных ресурсов, биоразнообразия и климата в глобальном масштабе. Несмотря на то, что уже длительное время в мире практикуют новые ресурсосберегающие технологии, позволяющие не только сохранять почву, но и воспроизводить её плодородие, их внедрение по разным причинам идёт крайне медленно. Так, традиционная вспашка, как главный элемент основной обработки почвы, является максимально энергоёмкой, длительной по времени, неудовлетворяющей современным требованиям бережного воздействия на почву и окружающую среду, но по-прежнему для многих хозяйств считается единственным вариантом почвообработки [2].

Из-за интенсивных механических обработок усиливается минерализация органической части почвы и, если в почву не вносится достаточное количество органических удобрений, это приводит к быстрой деградации обрабатываемого почвенного слоя, особенно на чёрных парах, где потери органического вещества на неприкрытых растительностью или мульчей участках при механическом уничтожении сорной растительности просто катастрофические [3]. Интенсивные механические обработки увеличивают потери гумуса, разрушают почвенную структуру, угнетают почвенную микрофлору, усиливают эрозионные процессы, способствуют смыву почвы и питательных веществ, проявлению ветровой и водной эрозии почвы. За последние 50–60 лет наиболее плодородные черноземы России потеряли 25–50 % имевшегося в них гумуса. По данным почвоведов, в Российской Федерации в слое почвы 0–30 см запасы гумуса ежегодно снижаются в среднем на 0,3–0,7 %, что составляет 0,62 т/га. В связи

с этим в мировой практике и России создаются и получают широкое распространение минимальные и нулевые обработки почв на основе новых технических средств для их проведения [4]. Вспашка почвы, оставаясь наиболее энергоёмким и продолжительным по сроку выполнения приёмом в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в недостаточной мере удовлетворяет современным требованиям почвосбережения, поэтому актуальность поиска путей минимизации основной обработки почвы без снижения урожаев сельскохозяйственных культур и при сохранении окружающей среды имеет большое практическое значение [5]. Например, для обеспечения долгосрочной устойчивости органического вещества черноземных почв России предлагается минимизировать обработку почвы, применяя в том числе прямой посев в органический мульчирующий слой [6, 7, 8].

Опытная работа по изучению способов сокращения воздействия на почвенный покров проводится по всему миру. В России, богатой сельскохозяйственными угодьями, исследователи также стремятся изучать и внедрять ресурсосберегающие технологии в земледелии. Так, в Краснодарском НИИСХ им. П. П. Лукьяненко на выщелоченном чернозёме в стационарном опыте сравнивали вспашку, чизелевание и дискование. Наибольшее количество агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) образовалось при использовании системы минимальной мульчирующей обработки почвы. Урожайность озимой пшеницы и озимого ячменя не зависела от системы основной обработки почвы. Выявлено, что традиционная система обработки почвы на основе вспашки более затратная, чем минимальные мульчирующие на 26–29 %, а условно чистый доход ниже с 1 га на 18–22 % [9].

В Кемеровской области на выщелоченном чернозёме в чистых и бинарных посевах ячменя стабильные показатели содержания ценных структурных агрегатов размером 0,25–10 мм наблюдали в почве после комбинированной минимальной обработки почвы – 68,3–68,9 %

при коэффициенте структурности 2,15–2,21. В сравнении с глубокой отвальной обработкой наибольшее увеличение плотности почвы отмечали при нулевой системе обработки – на 6,2–9,4 % [10].

В Курской области в 2020–2021 гг. исследования проводили с целью изучения влияния различных способов основной обработки почвы (вспашка с оборотом пласта на 20–22 см; комбинированная обработка – дискование + чизелевание на 20–22 см; поверхностная обработка – дискование до 8 см; прямой посев) на агрофизические свойства чернозема типичного, урожайность и качество семян сои (предшественник – озимая пшеница). При вспашке плотность почвы была равномерной по всему пахотному слою и находилась на уровне 1,02 г/см³. При других обработках плотность верхнего слоя почвы 0–10 см существенно не изменялась – 0,99–1,04 г/см³. В слое почвы 10–20 см везде, кроме вспашки, плотность почвы возрастала до 1,12–1,19 г/см³ и характеризовалась как слабоуплотненная. Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) как в слое 0–10 см, так и 10–20 см было самым высоким при прямом посеве – 66,6 % [11].

Во Владимирской области на серых лесных почвах обработка плугом в сравнении с мелкой поверхностной увеличила глыбистость почвы и уменьшила в ней запасы влаги [12].

Накопление и сохранение влаги в почве зависит от многих факторов, среди которых важную роль играет способ обработки почвы и предшественник. При многих положительных сторонах вспашки оборачивание пласта приводит к увеличению испарения влаги, вызывая ее недостаток. Поверхностная и мелкая обработки черноземных почв в исследовании О. И. Власовой с соавт. [13] на Ставрополье способствовали увеличению содержания влаги в почве по сравнению с комбинированной и тем более отвальной обработкой. По данным Д. В. Митрофанова [14], при плоскорезной обработке почвы в слое 0–100 см запасы продуктивной влаги под зерновыми были выше, чем при нулевой. Опыты в Курской области показали положительную роль вспашки для увеличения запасов продуктивной влаги в сравнении с плоскорезной и поверхностной обработками [15].

Полученные результаты исследований по регионам России показывают, что на серых лесных почвах эффективность различных способов и приемов обработки изучена недостаточно, что указывает на несомненную актуальность изучения воздействия различных почвообрабатывающих орудий на сохранение плодородия серых лесных почв и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Чувашской Республики. Также остаётся открытым вопрос экономической обоснованности различных вариантов подготовки почвы к посеву в современных условиях.

Цель исследования – изучить эффективность системы обработки темно-серой лесной почвы на основе разных способов и приемов основной обработки, выявить их влияние на агрофизическое состояние почвы и продуктивность звена полевого севооборота.

Научная новизна – получены данные по сравнительной эффективности способов и приемов основной обработки темно-серой лесной почвы под основные зерновые культуры в звене севооборота.

Материал и методы. Исследования проводили в 2020–2023 гг. на темно-серой лесной тяжелосуглинистой иловато-среднепылевой почве в условиях многолетнего стационарного опыта Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Агрохимическая характеристика почвы участка следующая: гумус (по Тюрину)¹ – 5,6 %; подвижный фосфор – 156,3 мг/кг и обменный калий – 59,0 мг/кг почвы (по Кирсанову); сумма поглощенных оснований (по Каппену)² – 16,4 ммоль/100 г почвы; рН_{KCl} – 5,01. В опыте изучали способы и приемы механической обработки почвы. Исследования проведены в трехкратной повторности. Общая площадь каждой элементарной делянки – 300 м² (6х50 м), учетная – 100 м². Схема опыта по вариантам системы обработки почвы различалась способами (отвальная, безотвальная) и приемами (вспашка, культивация, дискование) основной осенней обработки (табл. 1). В схему опыта введен вариант без основной обработки. В качестве контрольного варианта принята традиционная отвальная обработка почвы. Систему обработки почвы завершала весенняя предпосевная культивация (единая по всем изучаемым вариантам основной обработки).

¹Середа Н. А., Валеев В. М., Баязитова Р. И., Алибаев А. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие. Уфа: БГАУ, 2004. С. 115.

²ГОСТ 27821-2020. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Стандартинформ, 2020. 9 с. URL: <http://gost.gtsever.ru/Data/739/73951.pdf>

*Таблица 1 – Варианты системы обработки почвы /
Table 1 – Soil tillage systems*

Основная осенняя обработка (арперат) / Basic autumn tillage (unit)			
отвальная / moldboard tillage	безотвальная / non-moldboard tillage		без обработки / without tillage
вспашка (контроль) / plowing (control) (ПЛН-4-35 на 26–28 см)	культивация / cultivation (KOS-3,0 на 15–17 см)	дискование /disking (БДМ-4-3,2 на 12–14 см)	-
Весенняя предпосевная культивация (Паук-6 на 6 см) / Spring pre-sowing cultivation (The Spider is 6 by 6 cm)			

Орудия, применяемые в опыте для поверхностной обработки почвы:

1. Комбинированное орудие KOS-3 производства Польши. Оснащено широкими стрельчатыми лапами усиленного типа, за задним рядом лап установлены загортачи и трубчатый каток. Производит рыхление без выворачивания пласта на глубину до 17 см, выравнивание, прикатывание почвы.

2. Борона дисковая модифицированная (дискатор) – БДМ-4-3,2.

3. Комбинированное орудие Паук-6 Пензенского завода ЗАО «Пензаагрореммаш». Оборудовано усиленными культиваторными стрельчатыми лапами, секцией коноидальных ножевых (игольчатых) дисков и спиральным планчатым катком. Производит рыхление на глубину до 16 см, выравнивание, прикатывание.

Исследовательскую работу проводили в звене полевого севооборота: ячмень (сорт Эльф) – горох (сорт Гунтер) – овес (сорт Медведь).

Технология возделывания культур общепринятая для данного региона³. В вариантах посев проводили сеялкой СЗ-5,4 с нормой высева овса и ячменя 5 млн всхожих семян, гороха – 1,3 млн всхожих семян на га. Культуры убирали комбайном Sampo 500 с оставлением неизмельченной соломы в поле. Плотность почвы, общую скважность, запасы продуктивной влаги определяли послойно (каждые 10 см) до глубины 0–30 см общепринятыми методами⁴. Почва извлекалась буром Некрасова⁵. Агрегатный состав определяли методом сухого фракционирования образцов по методу Н. И. Савинова⁶. Опытные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову⁷.

За вегетационный период в годы исследований сложились следующие погодные

условия. В 2021 г. апрель и май характеризовались повышенными температурами воздуха и количеством осадков по сравнению со среднемесячными многолетними нормами, июнь и июль – жаркой и засушливой погодой: температуры на 3,6 и 2,5 °C выше многолетних значений, осадки – ниже на 32,5 мм. ГТК за вегетационный период составил 0,76 (слабая степень засухи).

Погодные условия 2022 г. отличались переувлажненным теплым апрелем и холодным маем. В июне и июле отмечены оптимальные температуры и осадки выше нормативных многолетних значений. Август сложился самым жарким и засушливым месяцем – при полном отсутствии дождей среднемесячная температура составила 21,9 °C, что на 4,2 °C выше нормативной. ГТК за вегетацию – 1,3 (нормальное увлажнение).

Погодные условия 2023 г. для возделываемых культур были экстремальными. Апрель и май выделились аномальным теплом и малым количеством осадков. Июнь и июль были прохладными на фоне недостатка влаги. В августе суммарно выпало 13 мм малопродуктивных осадков. За период «апрель–август» сумма эффективных температур составила 2383,8 °C, осадков выпало 144 мм. ГТК – 0,6 (слабая степень засухи).

Результаты и их обсуждение. Одним из показателей, влияющих на рост и развитие культур, является плотность (объемная масса) почвы, которая считается оптимальной для большинства культур при значениях от 0,9 до 1,2 г/см³. В таблице 2 приведены показатели объемной массы почвы по годам исследований в зависимости от применяемых приемов осенней обработки почвы.

³Система земледелия Чувашской Республики на 1996–2000 годы. Чебоксары, 1996. 240 с.

⁴Васильев И. П., Туликов А. М., Баздырев Г. И. Земледелие: практикум: учебное пособие. Среднее профессиональное образование. М.: Инфра-М, 2019. 424 с.

⁵Качинский Н. О почвенных борах для взятия образцов с ненарушенной структурой. М.: Главнаука, Государственное изд-во, 1925. 19 с.

⁶Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв: учебное пособие для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с.

⁷Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

⁸Туликов А. М., Баздырев Г. И., Лошаков В. Г., Пупонин А. И., Рассадин А. Я., Сафонов А. В. Земледелие: учебник для ВУЗов. М.: ООО КолосС, 2002. 551 с. URL: <https://djvu.online/file/peNXsxT6xqqUJ>

Таблица 2 – Объемная масса темно-серой лесной почвы в зависимости от приемов основной обработки почвы, г/см³ /

Table 2 – The volumetric mass of dark gray forest soil, depending on the methods of basic soil tillage, g/cm³

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Перед посевом / Before sowing				После уборки / After harvesting			
	слой почвы, см / soil layer, cm							
	0–10	10–20	20–30	0–30*	0–10	10–20	20–30	0–30*
Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	0,98	0,94	1,24	1,05	0,98	1,04	1,19	1,07
Культивация / Cultivation	0,99	1,13	1,25	1,12	1,03	1,13	1,22	1,13
Дискование / Disking	1,02	1,21	1,2	1,14	1,04	1,12	1,19	1,12
Без обработки / No tillage	1,02	1,23	1,23	1,16	1,08	1,19	1,23	1,17
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	0,07	0,06	Fф<Fт	-	0,02	0,01	Fф<Fт	-
Горох (2022 г.) / Peas (2022)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	0,86	0,93	0,99	0,93	0,97	0,87	1,18	1,01
Культивация / Cultivation	0,96	0,94	1,05	0,98	1,03	1,08	1,17	1,09
Дискование / Disking	0,86	1,1	1,03	1,00	1,12	1,09	1,11	1,11
Без обработки / No tillage	0,98	1,07	1,11	1,05	1,19	1,13	1,28	1,20
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	0,02	0,03	0,02	-	0,07	0,05	0,02	-
Овёс (2023 г.) / Oats (2023)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	0,98	0,89	0,91	0,93	0,99	1,12	1,16	1,09
Культивация / Cultivation	1,04	0,98	1,04	1,02	1,00	1,1	1,14	1,08
Дискование / Disking	1,0	1,1	1,04	1,05	0,99	1,01	1,1	1,03
Без обработки / No tillage	1,09	1,21	1,18	1,16	1,11	1,19	1,18	1,16
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	0,01	0,07	0,02	-	0,02	0,02	0,01	-

*Среднее / *Average

По данным таблицы 2 можно отметить, что плотность почвы после вспашки во все годы исследований имела самые низкие значения как весной до посева, так и после уборки зерновых. Это объясняется ежегодной осенней обработкой горизонта почвы 0–26 см с последующим крошением и рыхлением. Замена плуга на комбинированный культиватор в качестве основной осенней подготовки почвы приводит в большинстве случаев к уплотнению слоев почвы весной, но средний показатель объемной массы слоя 0–30 см имеет более благоприятные значения, чем при применении дискатора либо отсутствии основной подготовки почвы. Можно отметить, что в слое 20–30 см при дисковании наблюдается меньшее уплотнение, чем при обработке плугом и культиватором. Объемная масса 30-сантиметрового слоя под минимальной обработкой наибольшая

в сравнении с прочими вариантами как весной, так и осенью. В слоях 10–30 см она близка к равновесной.

Обратной величиной плотности является скважность (пористость) почвы (табл. 3). Поры почвы являются потенциальными накопителями влаги и способствуют аэрации корневой системы. Как и предполагалось, после вспашки количество пор в пахотном слое весной выше, чем в остальных вариантах. Наименьшие значения отмечали в варианте без осенней обработки, при этом значения скважности в слоях 10–20 и 20–30 см варьировали не так значительно, как 0–10 и 10–20 см. В конце вегетации наблюдали снижение количества пор во всех вариантах, особенно при плужной обработке – на 9,4–17,9 %. Несколько меньше почва уплотнялась при культивации KOS-3.0 после уборки гороха и

овса – на 9,1–12,3 %. Менее всего за вегетационный период скважность сократилась в варианте без осенней обработки почвы – на 5,3–8,5 %, т. к. и при весенней культивации слой почвы 10–30 см не подвергался обработкам, что приводило к минимальному изменению показателя.

В посевах овса скважность почвы в начале вегетации была выше, чем в предыдущем году. Предположительно это связано с тем, что стержневая корневая система гороха (предшествующей культуры) после разложения оставила в почве дополнительные поры.

Таблица 3 – Скважность темно-серой лесной почвы в зависимости от приемов основной обработки, % общего объема почвы /

Table 3 – The porosity of dark gray forest soil, depending on the methods of basic tillage, % of the total soil volume

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Перед посевом / Before sowing				После уборки / After harvesting			
	слой почвы, см / soil layer, cm							
	0–10	10–20	20–30	0–30*	0–10	10–20	20–30	0–30*
Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	68,7	65,4	53,4	62,5	62,2	56,1	51,5	56,6
Культивация / Cultivation	64,9	55,9	52,2	57,7	60,6	54,8	51,6	55,7
Дискование / Disking	61,2	54,6	53,2	56,3	57,8	53,3	52,9	54,7
Без обработки / No tillage	62,2	51,3	53,9	55,8	54,1	50,8	51,1	52,0
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,9	1,6	0,1	-	1,3	0,7	0,2	-
Горох (2022 г.) / Peas (2022)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	64,1	61,9	55,3	60,4	54,2	51,1	49,8	51,7
Культивация / Cultivation	62,3	61,1	59,5	60,9	54,6	53,7	52,1	53,5
Дискование / Disking	60,3	56,5	56,6	57,8	56,2	52,1	51,6	53,3
Без обработки / No tillage	60,1	55,8	53,6	56,50	54,4	53,3	52,9	53,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,5	0,9	1,4	-	0,4	0,4	0,5	-
Овёс (2023 г.) / Oats (2023)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	65,3	62,2	56,4	61,30	57,40	50,8	49,9	50,4
Культивация / Cultivation	64,3	61,8	56,8	61,0	57,6	55,3	53,4	55,4
Дискование / Disking	63,8	58,8	57,7	60,10	55,4	54,1	53,1	54,2
Без обработки / No tillage	61,9	55,5	54,8	57,40	53,5	52,4	51,7	52,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,4	0,8	0,4	-	0,5	0,6	0,4	-

*Среднее / *Average

Важнейший показатель, который влияет на продуктивность – это запасы продуктивной влаги в почве (табл. 4). Чувашия относится к региону с рискованным земледелием. Несмотря на то, что при вспашке количество пор в почве образуется больше, критическое отсутствие осадков в течение вегетации 2021 и 2023 гг. привело к тому, что при безотвальных способах основной обработки почвы в конце вегетации суммарное количество продуктивной влаги в

слое 0–30 см выше на 14–21 %, чем после вспашки в 2021 г. и на 6 % (при культивации) в 2023 г. Также надо отметить, что в 2021 и 2022 гг. исследований в вариантах без основной обработки к концу вегетации почва сохраняла несколько больше влаги на 2–30 %, чем при применении плуга. Частично это объясняется тем, что растения при отсутствии основной обработки почвы несколько отставали в росте и развитии. Частичная (предпосевная) обра-

ботка на глубину семенного ложа делает рыхлым только поверхностный слой, при этом нижележащие слои уплотняются, и корневая система

развивается слабее, труднее проникая вглубь. Это не позволяет растениям использовать влагу нижележащих слоёв в полной мере.

Таблица 4 – Влияние приемов основной обработки темно-серой лесной почвы на содержание запасов продуктивной влаги, мм /

Table 4 – The effect of basic methods of dark gray forest soil tillage on the content of productive moisture reserves, mm

Прием основной обработки почвы / Basic tillage methods	Перед посевом / Before sowing				После уборки / After harvesting			
	слой почвы, см / soil layer, cm							
	0–10	10–20	20–30	0–30*	0–10	10–20	20–30	0–30*
Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	28,0	22,5	26,7	77,2	7,5	15,4	15,8	38,7
Культивация / Cultivation	35,0	25,8	25,8	86,6	10,5	15,4	18,3	44,2
Дискование / Disking	33,8	19,2	26,7	79,7	12,8	16,7	17,5	47,0
Без обработки / No tillage	25,7	21,7	25,9	74,3	15,7	17,6	17,1	50,4
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	1,2	0,9	0,1	-	1,4	5,4	0,4	-
Горох (2022 г.) / Peas (2022)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	24,2	24,5	32,0	80,7	16,9	20,2	18,1	55,2
Культивация / Cultivation	26,8	20,8	26,7	74,3	18,7	20,6	14,6	53,9
Дискование / Disking	16,3	25,4	23,6	65,3	15,5	20,2	14,8	50,5
Без обработки / No tillage	25,7	21,7	26,7	74,1	18,1	20,0	18,1	56,2
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	1,9	0,8	1,6	-	0,5	0,1	0,9	-
Овёс (2023 г.) / Oats (2023)								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	18,7	26,7	30,8	76,2	9,0	11,5	13,5	34,0
Культивация / Cultivation	21,0	21,7	30,1	72,8	9,0	11,6	15,1	35,9
Дискование / Disking	17,5	18,3	28,7	64,5	6,9	11,1	11,2	29,2
Без обработки / No tillage	21,1	23,3	27,7	72,0	6,5	12,7	14,0	33,2
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	0,7	1,5	0,5	-	0,4	0,2	0,6	-

* Сумма / *Sum

Таким образом, замена вспашки на культивацию при основной обработке почвы способствовала накоплению запасов продуктивной влаги в почве в условиях недостатка осадков.

Далее рассмотрим влияние различных приемов основной обработки почвы на изменение структурно-агрегатного состава почвы (табл. 5). Анализировалась почва, отобранная с глубины 0–20 см.

Во всех вариантах коэффициент структурности выше 1,5 – отличное агрегатное состояние. Предполагается, что ежегодное оставление соломы в поле способствует сохранению структуры. При этом данный коэффициент ниже

после применения стерневого культиватора KOS-3.0. В основном это связано с увеличением глыбистых агрегатов. Одновременно процентное содержание пылеватых частиц ниже, чем после вспашки. Высокое содержание частиц больше 10 мм и меньше 0,25 мм отмечается и при отсутствии основной осенней обработки почвы. Следует выделить, что после вспашки ежегодно увеличивается количество пылеватых частиц – с 3,9 % в начале опыта до 6,9 % на 3-й год исследований. Этот факт негативно отразится на плодородии почв из-за усиления процессов эрозии и дефляции.

Таблица 5 – Структурно-агрегатный состав темно-серой лесной почвы в зависимости от приемов основной обработки на посевах яровых /
Table 5 – The structural and aggregate composition of dark gray forest soil, depending on the methods of basic tillage on spring crops

Размер агрегатов, мм / The size of the aggregates, mm	Содержание агрегатов, % / The content of the aggregates, %											
	Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)				Горох (2022 г.) / Peas (2022)				Овёс (2023 г.) / Oats (2023)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
10	18,7	21,5	20,0	20,8	16,3	27,3	17,8	21,8	16,4	22,9	16,6	16,9
7	14,3	15,4	15,9	21,4	17,4	15,0	14,6	12,6	8,1	11,4	9,1	9,8
5	10,5	11,1	14,4	13,1	11,8	8,6	9,7	11,7	7,7	8,1	7,7	7,9
3	3,4	5,1	5,9	5,4	5,3	4,0	4,2	3,0	12,7	12,0	11,2	12,2
2	19,3	19,1	17,5	17,7	19,5	19,0	21,3	16,0	15,3	13,4	9,8	13,7
1	18,4	15,0	18,1	14,8	19,1	18,0	10,6	19,6	13,4	11,7	12,5	10,9
0,5	4,0	4,8	3,0	4,2	2,0	2,4	8,5	5,2	10,8	10,3	11,5	16,0
0,25	7,6	5,8	2,6	1,2	4,4	4,0	9,5	7,2	8,6	7,5	17,1	9,8
Менее 0,25 / Less than 0.25	3,9	2,2	2,6	1,4	4,1	1,8	3,7	2,9	6,9	2,7	4,4	2,7
Агрономически ценная фракция / Agronomically valuable fraction, (>0.25 mm, <10 mm)	77,5	76,3	77,4	77,8	81,5	67,0	78,4	75,3	76,6	74,3	78,9	80,3
Коэффициент структурности / The coefficient of structural properties	3,4	3,1	3,4	3,5	4,4	2,0	3,6	3,0	3,3	2,9	3,8	4,1

Примечания: 1 – вспашка (контроль); 2 – культивация; 3 – дискование; 4 – без обработки / Notes: 1 – Plowing (control); 2 – Cultivation; 3 – Disking; 4 – No tillage

Основной результат деятельности земледельцев и растениеводов – это урожайность культур. Данные по влиянию различных приемов основной обработки почвы на урожайность культур приведены в таблице 6.

Сильнейший недостаток влаги совместно с высокими температурами в герба критические периоды развития ячменя в 2021 г. привели к очень низкой урожайности культуры. Растения отличались слаборазвитым стеблем, высотой только 0,6 м. Вспашка способствовала максимальному получению урожая. При отсутствии основной осенней обработки почвы, благодаря повышенным запасам продуктивной влаги, урожайность ячменя менее всего отличалась от контрольного варианта. При этом все отклонения существенно отличались от контроля.

При оптимальном гидротермическом режиме 2022 г. получена высокая урожайность гороха. Культивация, применённая взамен плужной обработки, позволила получить урожайность на уровне контрольного варианта. При дисковании, а также отсутствии основной обработки почвы наблюдали значительное снижение урожайности гороха от контроля – на 11,5 и 25,2 % соответственно.

Несмотря на засушливые условия вегетации (ГТК = 0,6) в 2023 г. ранний посев (2 мая) позволил растениям овса частично использовать весенние паводковые воды и осадки третьей декады мая. Урожайность культуры получена максимальной при использовании вспашки. Существенное снижение урожайности от контроля наблюдали в остальных вариантах опыта, наибольшее (на 13,5 %) – без основной обработки почвы.

Таблица 6 – Влияние приемов основной обработки темно-серой лесной почвы на урожайность культур, ц/га /
Table 6 – The effect of basic methods of dark gray forest soil tillage on crop yield, c/ha

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Урожайность / Yield	Отклонение от контроля, ± / Deviation from control, ±
Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)		
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	11,4	-
Культивация / Cultivation	10,2	-1,2
Дискование / Disking	9,9	-1,5
Без обработки / No tillage	10,5	-0,9
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,3	
Горох (2022 г.) / Peas (2022)		
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	32,2	-
Культивация / Cultivation	31,3	-0,9
Дискование / Disking	28,5	-3,7
Без обработки / No tillage	24,1	-8,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,3	
Овёс (2023 г.) / Oats (2023)		
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	22,9	-
Культивация / Cultivation	21,7	-1,2
Дискование / Disking	20,9	-2,0
Без обработки / No tillage	19,8	-3,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,8	-

Традиционная плужная система основной подготовки почвы за три приведённых года исследований показала наилучший результат по урожайности. Немного ниже, но в пределах ошибки опыта в 2022 году, после использования комбинированного стерневого культиватора KOS-3.0. Здесь необходимо учитывать, что данный агрегат является ресурсосберегающим, проводящим за один проход несколько операций. За годы исследований в варианте без предварительной основной подготовки почвы получили самую низкую урожайность. Остальные варианты, в которых применяли основную обработку почвы, по урожайности выходят за пределы HCP₀₅, то есть снижение урожайности напрямую зависит от основной осенней подготовки почвы.

Для полноты картины следует привести продуктивность всего звена севооборота за три года (табл. 7). Согласно полученным данным, осенняя подготовка почвы оказывает существенное влияние на рост продуктивности. Удаление этого элемента из системы обработки почвы приводит к резкому снижению выхода продукции – почти на 20 % от контроля. Как и предполагалось – для получения высоких урожаев вспашка по-прежнему является лидирующим приёмом. Культивация комбиниро-

ванным агрегатом, проводящим сразу несколько операций за один проход, имела незначительное снижение продуктивности в сравнении с контролем за 3 года – на 4,9 %.

Современная рыночная экономика привела к тому, что для сельхозтоваропроизводителя важнее стало получить больше прибыли при меньших затратах, чем высокую урожайность. Вопросы экономики становятся острее по мере удорожания удобрений, пестицидов, ГСМ и техники. Поэтому в текущий момент времени получение большей рентабельности стало важнее увеличения урожаев (табл. 8).

При расчетах использовали цены на продукцию, стоимость ГСМ, пестицидов и удобрений исследуемого года. В 2023 г. в связи с перепроизводством зерна в стране и высокими экспортными пошлинами стоимость зерна овса упала в 2,0–2,5 раза, что сказалось на рентабельности его производства.

Вспашка является трудоёмким и энергозатратным процессом. Несмотря на наиболее высокую урожайность культур именно при классической подготовке почвы рентабельность производства низкая, чем при прочих вариантах, так как производственные затраты здесь самые высокие, и условно чистый доход

самый низкий. Поэтому в 2023 году вспашка привела к отрицательному экономическому результату. Применение комбинированного стерневого культиватора взамен вспашки позволило сократить затраты, тем самым увеличив рентабельность производства зерна. Из всех

видов осенней подготовки почвы за три года исследований этот вариант является наиболее рентабельным. Отказ от основной осенней обработки почвы не позволяет получить высокую урожайность, но за счёт сокращения затрат повышает рентабельность производства.

Таблица 7 – Продуктивность звена севооборота в зависимости от приемов основной обработки темно-серой лесной почвы, ц/га зерн. ед. /

Table 7 – Productivity of the crop rotation link depending on the methods of basic tillage of dark gray forest soil, c/ha of grain units

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Продуктивность звена севооборота / Productivity of the crop rotation link		Отклонение от контроля, ± / Deviation from control, ±
	за три года / for three years	среднегодовая / average annual rate	
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	61,6	20,5	-
Культивация / Cultivation	58,6	19,5	- 3,0
Дискование / Disking	54,8	18,3	- 6,8
Без обработки / No tillage	49,4	16,5	- 12,2

Таблица 8 – Экономические показатели при возделывании культур в зависимости от приемов основной обработки темно-серой лесной почвы /

Table 8 – Economic indicators in the cultivation of crops, depending on the methods of basic tillage of dark gray forest soil

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Стоимость продукции / The cost of products	Производственные затраты / Production costs	Условно чистый доход / Conditional net income	Рентабель- ность, % / Profitability, %
	тыс. руб. на 1 га / thousand rubles per 1 ha			
Ячмень (2021 г.) / Barley (2021)				
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	18,3	16,9	1,4	8,3
Культивация / Cultivation	16,3	13,8	2,5	18,1
Дискование / Disking	15,9	13,6	2,3	16,9
Без обработки / No tillage	16,8	12,0	4,8	40,0
Горох (2022 г.) / Peas (2022)				
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	58,0	33,4	24,6	73,7
Культивация / Cultivation	56,3	28,6	27,7	96,9
Дискование / Disking	51,3	26,8	24,5	91,4
Без обработки / No tillage	38,6	20,1	18,5	92,0
Овёс (2023 г.) / Oats (2023)				
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	18,3	19,1	-0,8	-4,2
Культивация / Cultivation	17,4	15,9	1,5	9,4
Дискование / Disking	16,7	15,3	1,4	9,2
Без обработки / No tillage	15,8	14,4	1,4	9,7

Вывод. Проведенные исследования показали однозначную зависимость агрофизического состояния почвы, урожайности культур, продуктивности звена севооборота, а также экономической эффективности производства зерна от способов (отвальный, безотвальный) и

приемов (вспашка, культивация, дискование) основной обработки темно-серой лесной почвы.

Отмечено, что традиционная вспашка позволяет в начале вегетационного периода снизить плотность почвы и увеличить её пористость, что во влажный год способствует

дополнительному накоплению продуктивной влаги. Так, средняя плотность в слое почвы 0–30 см по вспашке составила 1,05 г/см³, по прочим приемам основной обработки – 1,12–1,16 г/см³. Отвальная вспашка привела к ежегодному повышению доли пылевой фракции в структуре почвы (от 3,9 – в 2021 г. до 6,9 – в 2023 г.), что может вызвать усиление эрозионных и дефляционных процессов. Среднегодовая продуктивность звена севооборота при данном способе осенней подготовки почвы самая высокая из всех вариантов – 20,5 ц зерн. ед. с 1 га. Вспашка является самым затратным и экономически невыгодным способом основной подготовки почвы. При низкой стоимости продукции рентабельность ее производства по вспашке становится отрицательной (–4,2 % в 2023 г.).

После культивации комбинированным стерневым агрегатом KOS-3.0 среднегодовая продуктивность звена севооборота составила несколько меньше, чем при вспашке –

19,5 ц зерн. ед. с 1 га. При этом приеме основной обработки значения плотности и оструктуренности почвы были близки к показателям по вспашке, а рентабельность возделывания культур значительно выше – 9,4–18,1 % по зерновым в засушливые годы и 96,9 % по гороху при оптимальных гидротермических условиях.

При дисковании не выявлено положительных моментов в сравнении с другими видами осенней обработки почвы. Следует отметить, что при отказе от осенней подготовки почвы получена наименьшая среднегодовая продуктивность звена севооборота – 16,5 ц зерн. ед. с 1 га, однако экономически этот вариант наиболее рентабелен за счёт существенного сокращения затрат на основную обработку – до 92 %.

Таким образом, в системе обработки темно-серой лесной почвы под посев яровых зерновых и зернобобовых культур рекомендуется основную осеннюю обработку проводить безотвальным способом комбинированным стерневым агрегатом KOS-3.0 на глубину 15–17 см.

Список литературы

1. Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 2011;478:337–342. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10452>
2. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Кириллов Н. А. Экологическая устойчивость агроценозов при внедрении no-till технологии. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2020;16(4):45–48. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44209138> EDN: ZTKGJD
3. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. *Почвоведение*. 2019;(9):1130–1139. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070062> EDN: MUWEQK
4. Жук А. Ф., Халилов М. Б., Абдулнатилов М. Г. Технологии, приемы и технические средства для ресурсосберегающей обработки почвы. *Проблемы развития АПК региона*. 2020;(4):52–58. DOI: <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2020.3.52> EDN: FMGYFB
5. Антонов В. Г. Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(6):733–742. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742> EDN: LCXZWB
6. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В. Изменение гумусного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы. *Аграрная наука*. 2024;(1):92–96. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96> EDN: XZPVNO
7. Холодов В. А., Белобров В. П., Ярославцева Н. В., Яшин М. А., Юдин С. А., Ермолаев Н. Р., Дридигер В. К., Ильин Б. С., Лазарев В. И. Влияние технологии прямого посева на распределение органического углерода и азота во фракциях агрегатов черноземов типичных, обыкновенных и южных. *Почвоведение*. 2021;(2):240–246. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020076> EDN: BIJGDW
8. Белоусов А. А., Белоусова Е. Н. Динамика содержания органического вещества черноземов в условиях минимизации обработки в Красноярской лесостепи. *Агрохимия*. 2020;(3):24–30. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188120030059> EDN: AULHKU
9. Васюков П. П., Чуварлеева Г. В., Лесовая Г. М., Мнатсакян А. А. Влияние традиционной и минимальных систем обработки почвы на изменения почвенного плодородия. *Таврический вестник аграрной науки*. 2016;(3):50–59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27698341> EDN: XIDEUB
10. Пакуль А. Л., Лапшинов Н. А., Божанова Г. В., Пакуль В. Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019;49(3):16–23. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-2> EDN: WIIRWL
11. Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Морозов А. Н., Шумаков А. В. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои. *Земледелие*. 2022;(2):43–48. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-43-46> EDN: SRVOOV
12. Чернов О. С. Влияние систем обработки на агрофизические показатели серой лесной почвы и урожайность культур. *Владимирский земледелец*. 2020;(1(91)):12–17. DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10102> EDN: QRUTBB
13. Власова О. И., Есаулко А. Н., Шабалдас О. Г., Дрепа Е. Б. Развитие системы обработки почвы на Ставрополье. *Земледелие*. 2022;(8):26–30. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-8-26-30> EDN: JYSWDI

14. Митрофанов Д. В. Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур. Аграрный вестник Урала. 2023;23(8):12–22.

DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23> EDN: BRIUPG

15. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н. Влияние элементов технологий возделывания на влагообеспеченность посевов ярового ячменя в условиях Курской области. Земледелие. 2023;(2):32–36.

DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-2-32-36> EDN: JOVIVA

References

1. Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., et al. Solutions for a cultivated planet. Nature. 2011;478:337–342. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10452>

2. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Kirillov N. A. Ecological sustainability of agroecosystems when implementing no-till technology. *Ekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza* = The North Caucasus Ecological Herald. 2020;16(4):45–48. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44209138>

3. Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of agroecosystems in adaptive-landscape farming systems. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2019;(9):1130–1139. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070062>

4. Zhuk A. F., Khalilov M. B., Abdulnatiev M. G. Technologies, methods and technical means for resource-saving tillage. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2020;(4):52–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2020.3.52>

5. Antonov V. G. The effect of minimum methods of primary tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):733–742. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>

6. Dubovik E. V., Dubovik D. V. Change in the humus state of typical chernozem with various methods of tillage. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2024;(1):92–96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96>

7. Kholodov V. A., Belobrov V. P., Yaroslavl'tseva N. V., Yashin M. A., Yudin S. A., Ermolaev N. R., Dridiger V. K., Ilyin B. S., Lazarev V. I. Influence of no-till system on the distribution of organic carbon and nitrogen by aggregate size fractions in protocalcic, endocalcic, and pantocalcic chernozems. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2021;(2):240–246. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020076>

8. Belousov A. A., Belousova E. N. Dynamics of the content of organic matter of chernozems in conditions of minimization of processing in Krasnoyarsk forest-steppe. *Agrokimiya*. 2020;(3):24–30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188120030059>

9. Vasyukov P. P., Chuvarleeva G. V., Lesovaya G. M., Mnatsakanyan A. A. Effect of traditional and minimum tillage system on changing the soil fertility. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2016;(3):50–59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27698341>

10. Pakul A. L., Lapshinov N. A., Bozhanova G. V., Pakul V. N. Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2019;49(3):16–23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-2>

11. Dubovik D. V., Dubovik E. V., Morozov A. N., Shumakov A. V. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. *Zemledelie*. 2022;(2):43–48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-43-46>

12. Chernov O. S. Impact of tillage methods on agrophysical properties of grey forest soil and crop yield. *Vladimirskiy zemledelets* = Vladimir agricolist. 2020;(1(91)):12–17. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10102>

13. Vlasova O. I., Esaulko A. N., Shabaldas O. G., Drepa E. B. Development of the tillage system in the Stavropol territory. *Zemledelie*. 2022;(8):26–30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-8-26-30>

14. Mitrofanov D. V. Influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;23(8):12–22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23>

15. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N. The influence of cultivation technologies elements on the moisture supply of spring barley crops under the conditions of the Kursk region. *Zemledelie*. 2023;(2):32–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-2-32-36>

Сведения об авторах

✉ Дементьев Дмитрий Алексеевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: chniish@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: tymondem@mail.ru

Фадеев Андрей Анатольевич, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: chniish@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

Information about the authors

✉ Dmitry A. Demytyev, PhD in Agricultural Science, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsvil'skiy district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: chniish@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: tymondem@mail.ru

Andrey A. Fadeev, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsvil'skiy district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: chniish@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

✉ – Для контактов / Corresponding author