

Трансформация агрофизических характеристик почвы в севооборотах Центральной зоны Краснодарского края

С. Г. Моргачёва, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая агротехнологическим отделом

В. М. Кильдюшкин, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории земледелия агротехнологического отдела, заслуженный деятель науки Кубани

В.Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории земледелия агротехнологического отдела

ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» Россия, 350012, г. Краснодар, улица Лукьяненко П.П. дом 38

✉kniish@kniish.ru

Резюме. Статья посвящена изучению возможности нормализации агрофизических характеристик почвы и улучшения показателей водоудерживающей способности пористости и плотности почвы при различных агротехнологиях возделывания полевых культур в севооборотах центральной зоны Краснодарского края. Эксперимент проведён на чернозёмах выщелоченных с содержанием гумуса 3,38 %, в богарных условиях полевого стационара в 2018-2020 гг. При использовании постоянной минимальной мульчирующей обработки отмечается интенсивное уплотнение нижележащих слоёв почвы (слой 20...40 см имел показатели плотности почвы 1,42 г/см³). Применение минимальной мульчирующей технологии вызывало избыточное уплотнение подпахотного слоя почвы, что негативно отражалось на ее агрофизических характеристиках. В течение ротации севооборота отмечается снижение количества органического вещества в почве по всем вариантам обработок без применения минеральных удобрений с 3,38 до 3,35...3,36 %. К моменту уборки полевых культур плотность почвы составила на озимой пшенице 1,60, кукурузе на зерно – 1,65 г/см³ (общая пористость при этом составила соответственно 40 и 42 %). Ключевое влияние на величину урожайности полевых культур в севообороте оказывают минеральные удобрения. Их внесение при возделывании озимой пшеницы обеспечивает прибавку зерна культуры 0,55...0,49 т с 1 га в зависимости от способа основной обработки почвы. С внесением минеральных удобрений ухудшается строение агрегатов и агрофизических свойств почвы, увеличивается плотность укладки агрегатов и наполненность парового пространства тонкодисперсной частью, уменьшается пористость почвы и в два раза снижается зернистость. Увеличение сбора зерна кукурузы на удобренном фоне в зависимости от применяемой почвенной обработки в технологии возделывания культур составило 1,85...1,45 т/га.

Ключевые слова: плотность почвы, севооборот, предшественник, порозность, обработка почвы.

Для цитирования: Моргачёва С. Г., Кильдюшкин В. М., Скороходов В.Ю. Трансформация агрофизических характеристик почвы в севооборотах Центральной зоны Краснодарского края Transformation of soil agrophysical characteristics in crop rotations in the central zone of Krasnodar krai // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 2 (74). С. 23-28. doi:10.18286/1816-4501-2026-2-23-28

Transformation of soil agrophysical characteristics in crop rotations in the central zone of Krasnodar krai

S. G. Morgacheva, V. M. Kildyushkin, V. Yu. Skorokhodov

FSBSI National Grain Center named after P.P. Lukyanenko,
350012, Russia Krasnodar, P.P. Lukyanenko Street, 38

✉kniish@kniish.ru

Abstract. This article explores the potential for normalizing soil agrophysical properties and improving water-holding capacity, porosity, and soil density using various crop rotation techniques in the central part of Krasnodar Krai. The experiment was conducted on leached black soils with a humus content of 3.38%, under rainfed conditions at a field station, from 2018 to 2020. Continuous minimum tillage resulted in intense compaction of the underlying soil layers (the 20-40 cm layer had a soil density of 1.42 g/cm³). This technique resulted in excessive compaction of the subsurface soil, negatively impacting its agrophysical properties. Over the course of the crop rotation, a decrease in soil organic matter content was observed for all treatment variants without mineral fertilizers, from 3.38 to 3.35-3.36%. By the time of harvesting, the soil density for winter wheat and grain corn was 1.60 g/cm³ (total porosity was 40% and 42%, respectively). Mineral fertilizers have a key impact on field crop yields in crop rotation. Their application during winter wheat cultivation provides a grain yield increase of 0.55–0.49 tons per hectare, depending on the primary tillage method. With the application of mineral fertilizers, the structure of aggregates and the agrophysical properties of the soil deteriorate (aggregate packing density and the filling of the fallow space with fine particles increase, soil porosity decreases, and granularity decreases by half). The increase in corn grain yield on a fertilized background, depending on the applied tillage technology, amounted to 1.85–1.45 t/ha.

Keywords: soil density, crop rotation, forecrop, porosity, tillage

For citation: Morgacheva S. G., Kildyushkin V. M., Skorokhodov V. Yu. Transformation of soil agrophysical characteristics in crop rotations in the central zone of Krasnodar krai // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.2 (74): 23-28 doi:10.18286/1816-4501-2026-2-23-28

Введение

Повсеместное применение средств химической защиты растений в большом количестве не является альтернативой механической обработки почвы и создаёт угрозу для здоровья людей и природы с непредсказуемыми последствиями. При многочисленных агротехнических приёмах, способствующих получению максимального урожая сельскохозяйственных культур, основная обработка почвы имеет приоритетное значение ввиду воздействия и пролонгированного действия на многие физические, химические и биологические свойства почвы, повышающие плодородие различных агроландшафтов [1, 2]. Важнейшим показателем плодородия почвы, является её структура, интегрирующая в себе влияние множества факторов и выступающая в качестве индикатора оценки общего состояния почвы [3, 4]. Изменение структуры почвы и протекание в ней физико-химических процессов во многом зависит от вида и способа основной обработки почвы [5]. Оптимальное агрегатное состояние почвы способствует улучшению водно-воздушного режима, активизации микробиологических процессов и эффективному усвоению питательных веществ растениями [6]. С внесением минеральных удобрений ухудшается строение агрегатов и агрофизических свойств почвы, увеличивается плотность укладки агрегатов и наполненность порового пространства тонкодисперсной частью, уменьшается пористость почвы и в два раза снижается зернистость [7]. Увеличение норм внесения минеральных удобрений способствует повышению плотности сложения почвы ввиду отрицательного влияния на комплекс агрофизических свойств почвы [8]. Неблагоприятные почвенно-климатические условия нивелируются правильным подбором способа и глубины основной обработки почвы, что улучшает критерии роста и развития возделываемых культур в сельском хозяйстве [9, 10]. Приём почвенной обработки определяется почвенно-климатическими условиями, планируемыми для возделывания сельскохозяйственных культур и целей сельскохозяйственного производства. В условиях изменяющегося климата и участившихся засух особую значимость приобретают методы обработки почвы, влияющие на её способность удерживать влагу и формировать устойчивую структуру [11, 12]. Оптимизировать агрофизические свойства представляется возможным при технологических операциях, улучшающих водоудерживающую способность почв и показатели пористости и плотности почвы [13, 14]. Усиление воздействия человека на почву предопределяет глубокий анализ процессов, происходящих в ней. Заметные изменения в зависимости от типа почвы и способа её обработки отмечаются в системах

земледелия при интенсификации с использованием севооборотов короткой ротации [15, 16]. Агрофизические почвенные характеристики являются составным звеном её продуктивности. От плотности почвенного сложения зависят пористость почвы, её водно-воздушный и тепловой режимы, обеспечение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов [17, 18].

Цель исследований – определить изменения в физико-агрономических почвенных характеристиках при адаптированных почвозащитных, ресурсосберегающих технологиях возделывания полевых культур в севооборотах Кубани.

Материалы и методы

Эксперимент заложен согласно методике Б.А. Доспехова (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Изд.6-е, стер. Москва: Альянс, 2014. 351 с.) и проведён в богарных условиях на опытном поле ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», Краснодарский край. Почва представлена чернозёмом выщелоченным деградированным, с содержанием гумуса в слое 0...30 см – 3,38 % (по методике И.В. Тюрина, ГОСТ 26213-2021). В почве содержится: подвижного фосфора – 50...64 мг/кг и обменного калия – 375...380 мг/кг (по методике Мачигина, ГОСТ 26205-91), рН соляной вытяжки – 5,1...5,3. В трёхпольном севообороте изучались полевые культуры по следующей схеме: озимая пшеница (сорт Гром) – кукуруза на зерно (гибрид Краснодарский 291) – соя (сорт Славия). В опыте применялись три варианта обработки почвы: I. Под пропашные кукурузу и сою – вспашка на глубину 25...27 см, под озимую пшеницу – минимальная на 8...10 см; II. Под пропашные кукурузу и сою – чизелевание на глубину 32...35 см, под озимую пшеницу – минимальная на 8...10 см; III. Под все культуры севооборота – минимальная поверхностная обработка на глубину 8...10 см. Возделывание полевых культур изучалось на двух фонах минерального питания: I. Без внесения минеральных удобрений (контрольный вариант); II. Внесение минеральных удобрений (под озимую пшеницу – $N_{120}P_{40}K_{20}$, под кукурузу – $N_{70}P_{40}K_{20}$, под сою – $N_{40}P_{60}K_{20}$).

Результаты

На чернозёмах выщелоченных переуплотнение почвы в силу ряда причин является препятствующим фактором для роста и развития растений. При беспрерывной минимальной обработке почвы плотность верхнего 0...20 см слоя под посевом озимой пшеницы составила 1,28 г/см³, под кукурузой на зерно 1,25 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1. Агрофизические показатели и урожайность полевых культур в сопряжении с различными приёмами почвенной обработки в севообороте короткой ротации, в среднем за 2018-2020 гг. (по данным Кильдюшкина В.М. и др.)

Вариант обработки почвы, технология	Агрофизические показатели				Урожайность культуры по фонам, т/га	
	срок определения	глубина отбора образцов, см	плотность почвы, г/см ³	общая пористость, %	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₂₀ / N ₇₀ P ₄₀ K ₂₀
Вспашка (традиционная)	I	A	1,32 / -	50,0 / -	4,30 / 5,05	6,44 / 7,40
		B	1,38 / -	45,0 / -		
	II	A	1,24 / 1,22	55,0 / 52,8		
		B	1,30 / 1,27	48,8 / 48,8		
	III	A	1,29 / 1,34	50,8 / 51,3		
		B	1,34 / 1,40	45,1 / 46,8		
Чизелевание (минимальная мульчирующая с разуплотнением)	I	A	1,27 / -	50,0 / -	4,40 / 5,10	6,38 / 7,00
		B	1,38 / -	45,8 / -		
	II	A	1,25 / 1,23	53,5 / 53,6		
		B	1,32 / 1,30	51,0 / 50,2		
	III	A	1,25 / 1,26	49,2 / 50,2		
		B	1,36 / 1,37	50,4 / 48,3		
Минимальная мульчирующая	I	A	1,40 / -	45,4 / -	3,92 / 4,54	5,89 / 5,55
		B	1,61 / -	42,0 / -		
	II	A	1,28 / 1,25	50,1 / 48,2		
		B	1,42 / 1,41	46,0 / 45,0		
	III	A	1,38 / 1,42	50,8 / 46,0		
		B	1,60 / 1,65	40,2 / 40,0		
HCP ₀₅			0,08 / 0,06	2,30 / 2,05	0,17 / 0,21	0,14 / 0,19

Примечание: I-после посева озимой культуры, II-после возобновления весенней вегетации и посев яровых, III-после уборки культуры; А-слой почвы 0...20 см, В – слой почвы 20...40 см; до черты – данные для озимой пшеницы, после черты – данные для кукурузы на зерно.

При данном виде обработки почвы в большей степени уплотняются низлежащие почвенные слои (20...40 см) до показателей 1,42 и 1,41 г/см³ соответственно возделываемым культурам. К моменту уборки полевых культур плотность почвы низлежащих слоёв (20...40 см) значительно увеличивается и составляет соответственно 1,60...1,65 г/см³. При этом отмечается снижение общей пористости до значений 40...42 %. В исследованиях, оптимальные значения плотности почвы и её пористости достигаются за счёт применения традиционной обработки и минимальной с разуплотнением. При данных обработках почвы создаются наиболее благоприятные условия для вегетации растений. В вариантах с данными технологиями обработки почвы возрастает количество агрономически ценных агрегатов до значений 45,1...55,0 и 48,3...53,6 % соответственно. В варианте с ежегодной минимальной обработкой количество ценных почвенных агрегатов 40,2...50,8 %. В течение ротации севооборота отмечается снижение количества органического вещества в почве по всем вариантам обработок без применения минеральных удобрений с 3,38 до 3,35...3,36 %. Внесение минеральных удобрений в качестве основного и подкормок оказывает положительное влияние на стабилизацию гумуса в почве и его положительную динамику (3,39...3,40 %). Применение минеральных удобрений при традиционной и минимальной мульчирующей технологиях оказывает положительное влияние на урожайность полевых культур. Прибавка урожайности озимой пшеницы на фоне удобрений в этих вариантах составила 0,55...0,4 т с 1 га соответственно. Прибавка урожайности кукурузы на зерно на удобренном фоне в опыте составила 1,85...1,45 т с 1 га.

Обсуждение

В полевых опытах Центра точного земледелия (ЦТЗ) выявлено преимущество отвальной обработки в отношении формирования наибольшей урожайности озимой пшеницы в сравнении с нулевой и минимальными обработками, различия составили 0,37 т с 1 га [19]. Исследованиями Нитченко Л.Б. и Лукьянова В.А. в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» установлено, что основным фактором, влияющим на повышение урожайности, содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы, является внесение минеральных удобрений, способствующее урожайности культуры 3,77 т с 1 га при отвальной обработке почвы с внесением N₄₀P₈₀K₄₀. На фоне безотвальной обработки почвы урожайность снижается до значения 3,74 т, при комбинированной – до 3,57 т с 1 га [20]. По данным Кильдюшкина В.М. и др. содержание белка в зерне озимой пшеницы по подсолнечнику, при минимальной мульчирующей обработке возросло с 11,3 до 13,7 %, клейковины – с 22,4 до 26,6 % на повышенном NPK фоне [21]. На полях Ульяновского НИИСХ применение комбинированной обработки на переменную глубину является наиболее выгодной по сбору зерна с севооборотной площади. В вариантах минимальной и отвальной обработки почвы получено одинаковое количество зерна, близкое к уровню варианта с комбинированной обработкой. При нулевой обработке почвы отмечается снижение сбора зерна на 0,15 т/га по сравнению с возделыванием полевых культур на фоне комбинированной обработки [22]. Результаты определения плотности почвы (исследования проводились в многолетнем стационарном опыте Кубанского ГАУ) на вариантах с системой отвальной обработки почвы с

периодическим глубоким рыхлением (двухразовое за ротацию) показали, что величина плотности сложения в слое 0...20 см составила 1,32...1,34 г/см³, в слое 20...40 см – 1,33...1,35 г/см³[23].

Заключение

Исследованиями установлено положительное влияние традиционной и минимальной мульчирующей технологий, дополненных разуплотнением в сочетании с внесением минеральных удобрений, применяемых в короткоротационном зернопропашном севообороте, повышающих почвенное плодородие и урожайность полевых культур. Применение минимальной мульчирующей технологии вызывало избыточное уплотнение подпахотного слоя почвы, что негативно отражалось на ее агрофизических характеристиках. Во всех вариантах укороченного севооборота, где не применялись минеральные удобрения, наблюдалось незначительное уменьшение содержания органического вещества в почве, в то время как при использовании удобрений его уровень оставался стабильным. Применение минеральных удобрений в узкоспециализированных короткоротационных севооборотах имеет ключевое, положительное влияние на урожайность полевых культур.

Литература

1. Скороходов В. Ю. Влияние длительного возделывания твёрдой пшеницы в двупольных севооборотах и монопосевах на продуктивность культуры и почвенное плодородие чернозёмов южных Оренбургского Предуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1(61). С. 28-34. doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-8-34
2. Перфильев Н. В., Вьюшина О. В. Трансформация структурного состояния почвенных горизонтов тёмно-серой лесной почвы при различных системах обработки // Плодородие. 2024. №3. С. 25-30. doi: 10.24412/1994-8603-2024-3138-25-30
3. Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур / Ю. И. Митрофанов, Л.И. Петрова, М. В. Гуляев и др. // Земледелие. 2020. №6. С. 29-33. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10607
4. Влияние длительного применения систем обработки почвы на структуру чернозёма южного Оренбургского Предуралья / Ф.Г. Бакиров, Н.Д. Берлишев, И.В. Васильев и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. №3(107). С. 9-14. doi: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-9-14
5. Просянкин Е.В. Агрехимические аспекты устойчивого земледелия // Сельскохозяйственная биология. 2019. №5. С. 13-16. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10068
6. Мнатсаканян А.А., Чуварлеева Г.В., Быков О.Б. Показатели плодородия чернозёма выщелоченного в зависимости от систем основной обработки почвы // Земледелие. 2022. №5. С. 15-19. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-15-19
7. Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства чернозёма типичного / Г.Н. Черкасов, Е.В. Дубовик, Д.В. Дубовик и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. №5. С. 39-41.
8. Богданов Н.А., Тойгильдин А.Л., Тойгильдина И.А. Динамика плотности почвы и урожайность яровой пшеницы в зависимости от приёмов возделывания в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №3(67). С. 36-42. doi: 10.18286/1816-4501-2024-3-36-42
9. Плещачёв Ю.Н., Воронов С.И., Грабов Р.С. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Известия НВ АУК. 2020. 1(57). 88-95. doi: 10.32786/2071-9485-2020-01-09
10. Стабилизация плодородия почвы и повышение продуктивности севооборотов / В. Ю. Скороходов, Ю. В. Кафтан, А. А. Зоров, Н. А. Максютюв и др. // Плодородие. 2022. № 5. (128). С. 16-20. doi: 10.25680/s19948603.2022.128.04
11. Изменение физических свойств тёмно-серой лесной почвы в зависимости от способа основной обработки в условиях Орловской области / В. Т. Лобков, Ю. А. Бобкова, Е. К. Мозгова и др. // Вестник аграрной науки. 2025. №3 (114). С. 44-50. doi: 10.24412/2587-666x-2025-3-44-50
12. Влияние предшественников на агрофизические свойства чернозёма южного / Ю. В. Кафтан, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов и др. // Инновация и модернизация сельскохозяйственного производства в условиях меняющегося климата: Материалы международной научно-практической конференции. Российская академия сельскохозяйственных наук; ГНУ Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Оренбург. 2011. С. 153-157.
13. Скороходов В. Ю., Зенкова Н. А. Образование и содержание гумуса на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 28-32. doi: 10.25680/s19948603.2019.111.08
14. Тютюнов С. И., Солнцев П. И., Хорошилова Ю. В. Влияние приёмов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т.34. №5. С. 18-23. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10503
15. Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 55-59. doi: 10.25680/s19948603.2021.119.15
16. Скороходов В. Ю. Уровень продуктивной влаги в зависимости от предшественника, срока и вида обработки почвы на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.

2020. № 1 (81). С. 13-19. doi: 10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19

17. Скороходов В.Ю. Урожайность кукурузы на силос в севооборотах и при бессменном возделывании в зависимости от предшественника на двух уровнях интенсификации в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 68-72. doi: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-68-72

18. Исаева Е.И., Анишко М.Ю. Продуктивность севооборота с люпином при разных способах основной обработки почвы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №3(71). С.21-28. doi: 10.18286/1816-4501-2025-3-21-28

19. Беленков А.И. Влияние обработки почвы на урожайность полевых культур и основные показатели почвенного плодородия / В сборнике: Инновационные пути развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.М. Володина. Курск, 2024. С. 72-75.

20. Абдулаев С. С., Батукаев А. А. Влияние приёмов основной обработки почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в лесостепной зоне Чеченской Республики // Известия НВ АУК. 2024. 3(75). С. 202-209. doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-23

21. Кильдюшкин В. М., Солдатенко А. Г., Животовская Е. Г. Влияние различных технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы и плодородие чернозёма выщелоченного // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 64-67. doi: 10.25230/2412-608x-2019-3-179-64-67

22. Кузина Е.В. Агрофизические показатели чернозёма выщелоченного и урожайность зерновых культур при ресурсосберегающей системе основной обработки почвы // Пермский аграрный вестник. 2013. №3(3). С. 4-7.

23. Слюсарев В. Н. Влияние приёмов выращивания озимого ячменя на агрофизические свойства чернозёма выщелоченного Кубани // в сборнике: Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2024 год. Краснодар. 2025. С. 135-136.

References

1. Skorokhodov V.Yu. The influence of long-term cultivation of hard wheat in two-field crop rotations and monocrops on crop productivity and soil fertility of black soils of southern Orenburg Cis-Urals // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No. 1 (61). P. 28-34. doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-8-34

2. Perfiliev N.V., Viyushina O.V. Transformation of the structural state of soil horizons of dark gray forest soil under different tillage systems // Soil fertility. 2024. No. 3. P. 25-30. doi: 10.24412/1994-8603-2024-3138-25-30

3. Pre-sowing tillage under different methods of sowing of grain crops / Yu.I. Mitrofanov, L.I. Petrova,

M.V. Gulyaev, N.K. Pervushina // Agriculture. 2020. No. 6. P. 29-33. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10607

4. The impact of long-term usage of tillage systems on the structure of black soil in the southern Orenburg Cis-Urals / F.G. Bakirov, N.D. Berlishev, I.V. Vasiliev, et al. // Vestnik of the Orenburg State Agrarian University. 2024. No. 3 (107). P. 9-14. doi: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-9-14

5. Prosyannikov E.V. Agrochemical aspects of sustainable agriculture // Agricultural biology. 2019. No. 5. P. 13-16. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10068

6. Mnatsakanyan A.A., Chubarleeva G.V., Bykov O.B. Fertility parameters of leached black soil depending on primary tillage systems // Agriculture. 2022. No. 5. P. 15-19. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-15-19

7. The influence of soil tillage and mineral fertilizers on the agrophysical properties of typical black soil / G. N. Cherkasov, E. V. Dubovik, D. V. Dubovik, et al. // Vestnik of the Kursk State Agricultural Academy. 2011. No. 5. P. 39-41.

8. Bogdanov N. A., Toygildin A. L., Toygildina I. A. Soil density dynamics and spring wheat yield depending on tillage methods in the forest-steppe zone of the Middle Volga region // Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2024. No. 3 (67). P. 36-42. doi: 10.18286/1816-4501-2024-3-36-42

9. Pleskachev Yu.N., Voronov S.I., Grabov R.S. Improvement of the primary tillage system in spring barley cultivation // Izvestia of the Lower Volga Agrarian University Complex. 2020. 1(57). 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-09

10. Stabilization of soil fertility and increase of crop rotation productivity / V. Yu. Skorokhodov, Yu. V. Kaftan, A. A. Zorov, N. A. Maksyutov, et al. // Soil Fertility. 2022. No. 5. (128). P. 16-20. doi: 10.25680/s19948603.2022.128.04

11. Change in physical properties of dark gray forest soil depending on the method of primary tillage in the Oryol region / V. T. Lobkov, Yu. A. Bobkova, E. K. Mozgova, et al. // Vestnik of agrarian science. 2025. No. 3 (114). P. 44-50. doi: 10.24412/2587-666x-2025-3-44-50

12. Influence of the forecrops on the agrophysical properties of southern black soil / Yu. V. Kaftan, V. Yu. Skorokhodov, D. V. Mitrofanov, et al. // Innovation and modernization of agricultural production in a changing climate: Proceedings of the international scientific and practical conference. Russian Academy of Agricultural Sciences; Orenburg Research Institute of Agriculture. Orenburg. 2011. P. 153-157.

13. Skorokhodov V. Yu., Zenkova N. A. Humus formation and content on southern black soils of the Orenburg Cis-Urals // Soil Fertility. 2019. No. 6 (111). P. 28-32. doi: 10.25680/s19948603.2019.111.08

14. Tyutyunov S. I., Solntsev P. I., Khoroshilova Yu. V. Influence of primary tillage methods, fertilizers and plant protection products on winter wheat productivity // Achievements of science and technology of the agro-

industrial complex. 2020. Vol. 34. No. 5. P. 18-23. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10503

15. Skorokhodov V.Yu. Biological factor of humus reproduction and maintenance of soil fertility in the steppe zone of the Southern Urals // Soil Fertility. 2021. No. 2 (119). P. 55-59. doi: 10.25680/s19948603.2021.119.15

16. Skorokhodov V.Yu. Productive moisture level depending on the forecrop, time and type of soil tillage on black soils of the southern Orenburg Cis-Urals // Vestnik of the Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 1 (81). P. 13-19. doi: 10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19

17. Skorokhodov V.Yu. Yield of corn for silage in crop rotations and under continuous tillage depending on the forecrops at two levels of intensification in the steppe zone of the Southern Urals // Vestnik of the Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 2 (82). P. 68-72. doi: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-68-72

18. Isaeva E.I., Anishko M.Yu. Productivity of crop rotation with lupine under different methods of primary tillage // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2025. No. 3 (71). P. 21-28. doi: 10.18286/1816-4501-2025-3-21-28

19. Belenkov A.I. The impact of tillage on the yield of field crops and the main parameters of soil fertility / In the collection: Innovative ways of developing adaptive-

landscape farming systems. Collection of papers of the VIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th Anniversary of the Birth of Corresponding Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences V.M. Volodin. Kursk, 2024. P. 72-75.

20. Abdullayev S.S., Batukaev A.A. The impact of primary tillage methods on the yield and grain quality of winter wheat in the forest-steppe zone of the Chechen Republic // Izvestia of the Lower Volga Agrarian University Complex. 2024. 3(75). P. 202-209. doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-23

21. Kildyushkin V. M., Soldatenko A. G., Zhivotovskaya E. G. Influence of various tillage technologies on productivity of winter wheat and fertility of leached black soil // Oilseed crops. 2019. No. 3 (179). P. 64-67. doi: 10.25230/2412-608x-2019-3-179-64-67

22. Kuzina E. V. Agrophysical parameters of leached black soil and yield of grain crops with a resource-saving system of primary tillage // Perm Agrarian Vestnik. 2013. No. 3 (3). P. 4-7.

23. Slyusarev V.N. The influence of winter barley cultivation methods on the agrophysical properties of leached black soil in Kuban // in the collection: Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2024. Krasnodar. 2025. P. 135-136.