

Урожайность сортов яровой пшеницы на фоне разных приемов основной обработки почвы в засушливых условиях

А. Л. Панфилов[✉], Р. Р. Абдрашитов

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, Оренбург, Россия

[✉]E-mail: panfilov-1@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся данные о запасах продуктивной влаги, содержании нитратного азота, урожайности сортов яровой пшеницы при выращивании на разных фонах основной обработки почвы. **Цель исследований** – изучение реакции сортов яровой мягкой и твердой пшеницы на приемы основной обработки почвы. **Методы.** Объект исследований – 3 сорта яровой мягкой пшеницы и 2 сорта яровой твердой пшеницы. Опыты проводились в центральной зоне Оренбургской области. В течение 5 лет изучались два варианта основной обработки почвы: вспашка на глубину 23–25 см и безотвальное рыхление на 25–27 см. **Научная новизна.** Выявлена реакция сортов яровой пшеницы на приемы основной обработки почвы с учетом запасов продуктивной влаги и содержания нитратного азота в почве, в засушливых условиях Оренбургского Приуралья. **Результаты.** Запасы продуктивной влаги в фазу всходов яровой пшеницы в метровом слое почвы четыре года из пяти лет проведения исследований были удовлетворительными (менее 130 мм), один год – хорошими (150–153 мм). Преимущество безотвальной обработки почвы отмечалось во все годы исследований, за исключением 2019 г., когда на отвальном фоне содержалось почвенной влаги на 18 мм больше. В зависимости от погодных условий количество нитратного азота в почве изменялось от очень низких значений в 2022 г. до высоких и очень высоких значений в 2017 г. и 2019–2020 гг. Урожайность яровой пшеницы в среднем по опыту была на 0,6 ц с 1 га выше на фоне безотвального рыхления. Установлена сортовая реакция на приемы основной обработки почвы. Сорт Учитель не реагировал на приемы обработки. По другим сортам разница в пользу безотвальной обработки почвы составляла от 0,4 ц с 1 га по сорту Тулайковская золотистая, до 0,7–0,8 ц с 1 га у сортов Ульяновская 105, Оренбургская 10, Безенчукская 210.

Ключевые слова: приемы обработки почвы, яровая пшеница, сорт, вспашка, безотвальное рыхление, урожайность, продуктивная влага, нитратный азот

Для цитирования: Панфилов А. Л., Абдрашитов Р. Р. Урожайность сортов яровой пшеницы на фоне разных приемов основной обработки почвы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 02. С. 172–184. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-02-172-184>.

Благодарности. Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021–2030 гг. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» в рамках Государственного задания по теме FNWZ-2022-0014.

Дата поступления статьи: 21.08.2023, **дата рецензирования:** 20.10.2023, **дата принятия:** 24.11.2023.

Productivity of spring wheat varieties against the background of different methods of basic tillage in arid conditions

A. L. Panfilov[✉], R. R. Abdrashitov

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

[✉]E-mail: panfilov-1@mail.ru

Abstract. The article provides data on the reserves of productive moisture, the content of nitrate nitrogen, and the yield of spring wheat varieties when grown under different backgrounds of basic tillage. **The purpose** of the research is to study the response of spring soft and durum wheat varieties to the methods of basic tillage. **Methods.** The object of research is 3 varieties of spring soft wheat and 2 varieties of spring durum wheat. The experiments were carried out in the central zone of the Orenburg region. For 5 years, two options for basic soil cultivation were studied: plowing to a depth of 23–25 cm and moldless loosening to a depth of 25–27 cm. **Scientific novelty.** The reaction of spring wheat varieties to the methods of basic tillage, taking into account the reserves of productive moisture and the content of nitrate nitrogen in the soil, in the arid conditions of the Orenburg Cis-Urals was revealed. **Results.** The reserves of productive moisture during the sprouting phase of spring wheat in a meter layer of soil were satisfactory (less than 130 mm) for four years out of five years of research, and good for one year (150–153 mm). The advantage of non-moldboard tillage was noted in all years of research with the exception of 2019, when the mouldboard background contained 18 mm more soil moisture. Depending on weather conditions, the amount of nitrate nitrogen in the soil varied from very low values in 2022 to high and very high values in 2017 and 2019–2020. The yield of spring wheat, on average according to experience, was 0.6 c per 1 ha higher against the background of moldless loosening. The varietal response to basic soil tillage methods has been established. The Uchitel' variety did not respond to processing techniques. For other varieties, the difference in favor of non-moldboard tillage ranged from 0.4 centners per 1 hectare for the Tulaykovskaya zolotistaya variety, to 0.7–0.8 centners per 1 hectare for the varieties Ul'yanovskaya 105, Orenburgskaya 10, Bezenchukskaya 210.

Keywords: tillage methods, spring wheat, variety, plowing, moldboard loosening, productivity, productive moisture, nitrate nitrogen

For citation: Panfilov A. L., Abdrashitov R. R. Productivity of spring wheat varieties against the background of different methods of basic tillage in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (2): 172–184. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-02-172-184>. (In Russ.)

Acknowledgements. The research was carried out in accordance with the research plan for 2021–2030 of Federal State Budgetary Institution “Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences” within the framework of the State assignment on the topic FNWZ-2022-0014.

Date of paper submission: 21.08.2023, **date of review:** 20.10.2023, **date of acceptance:** 24.11.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Основная обработка почвы является важнейшим элементом в технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Нарастание засушливости климата, а также поиск новых подходов к приемам осенней обработки почвы ставят вопросы адаптации сортов к современным реалиям в агротехнике возделывания культур.

Оренбургская область относится к зоне рискованного земледелия. Погодные условия в период вегетации отличаются резкой засушливостью, частота и степень проявления которых в последние годы возрастают.

В дискуссиях о роли и месте различных способов основной обработки почвы ещё до конца не определено преобладающее значение только одного приёма (отвальная обработка, безотвальное рыхление, минимальная и др.).

Эффективность различных приемов осенней обработки почвы определяется почвенно-климатическими особенностями регионов. Так, в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины (Кемеровская область) установлена эффективность отвальной минимальной системы обработки [1, с. 19], так же как и в северной лесостепи Тюменской области, где преимущество вспашки проявилось в срав-

нении с безотвальной и минимальной обработками [2, с. 559], По данным С. С. Миллер и В. А. Антропова [3, с. 49], безотвальная обработка уступала отвальной и дифференцированной (сочетания вспашки с рыхлением в севообороте) обработкам почвы.

По данным D. Janauskaite, G. Kadziene [4, p. 1], наиболее благоприятные условия для фотосинтетических процессов в растениях выявлены при глубокой вспашке, а прямой посев оказывал негативное влияние на фотохимическую активность, ускоряя старение листьев.

В исследованиях Ульяновского НИИСХ [5, с. 71], большой сбор зерна с 1 га обеспечивала комбинированная система обработки почвы (безотвальные мелкие обработки под озимые, глубокая вспашка под горох и безотвальное рыхление на глубину 20–22 см под остальные культуры севооборота). При посеве по необработанной зяби вследствие уплотнения ее сложения в сравнении со вспашкой урожайность яровой пшеницы снижалась на 19,5–21,3 % [6, с. 113]. Изучение агрофизических свойств почвы при различных приемах основной обработки позволило установить преимущество вспашки на 20–22 см в сравнении с безотвальным рыхлением по показателям плотности почвы, общей пористости и аэрации [7, с. 35].

По данным А. Ленточкина и др. [8, с. 119], приемы и системы зяблевой обработки почвы не оказывали существенного влияния на плотность пахотного слоя в конце вегетации, а наибольшую урожайность обеспечивала отвальная обработка почвы. Вспашка параллельно с увеличением интенсивности обработки почвы снижает содержание органического вещества в пахотном слое почвы [9, p. 2]. При этом снижаются такие свойства почвы, как стабильность агрегатов, пористость, водоудерживающая способность.

В условиях Ростовской области стабильно высокую урожайность озимой пшеницы обеспечивает нулевая обработка почвы за счет меньшего перегрева (температура на 11,48 % ниже, чем при отвальной обработке) и повышенной (на 13,19 %, чем при вспашке) влажности почвы [10, с. 191]. В умеренно засушливой зоне Алтайского края [11, с. 9] в сухие годы отличий по обработкам почвы (вспашка, поверхностная обработка дисковой бороной, глубокая плоскорезная обработка) не наблюдалось, а во влажные годы установлена эффективность от обработки дисковой бороной на глубину 8–14 см. Мелкая обработка на 10–12 см также оказалась наиболее выгодным приемом основной обработки и в условиях Среднего Поволжья [12, с. 152–155], в то время как в Саратовском Заволжье в сравнении со вспашкой получена прибавка в 2,3 % в урожае озимой пшеницы на фоне безотвальной обработки и снижение на 13,7 % в сравнении с минимальной об-

работкой почвы [13, с. 539]. По данным Г. К. Марковской, О. А. Чугуновой [14, с. 8], целесообразна минимизация обработки почвы под посевы ячменя вплоть до полного отказа от нее.

Нулевая и минимальная обработки почвы с оставлением стерни оказывают положительное влияние на плодородие почвы и повышают урожайность сельскохозяйственных культур [15, p. 8]. Преимущество нулевой обработки почвы проявляется в районах с достаточным количеством выпадающих осадков [16, p. 10].

Важным недостатком применения нулевой обработки почвы является увеличение количества и видового состава сорных растений и снижение эффективности в борьбе с ними по сравнению с отвальной обработкой, то есть снижение интенсивности обработки почвы может привести к изменению видового состава сорной растительности [17, p. 1].

Такие же закономерности были обнаружены и в исследованиях M. L. Gandía et al. [18, p. 1], когда беспашотные системы обработки почвы демонстрировали более высокую плотность и разнообразие сорных растений, чем традиционные и минимальные.

В определении конечных результатов обработки почвы важно учитывать региональные закономерности, специфичные для конкретных участков почвенных и хозяйственных переменных [19, p. 12].

Особенности сортовой технологии применительно к разным приемам основной обработки почвы изучены мало.

Цель исследований – изучение реакции сортов яровой мягкой и твердой пшеницы на приемы основной обработки почвы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в 2017–2020 гг., 2022 г. в центральной зоне Оренбургской области на базе опытного участка Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Схема двухфакторного опыта: 2А × 5В, где:

Фактор А – прием основной обработки почвы:

- 1) вспашка на глубину 23–25 см плугом ПН-5-35;
- 2) безотвальное рыхление на глубину 25–27 см стойками СибИМЭ.

Фактор В – сорт яровой пшеницы:

- 1) яровая мягкая пшеница Учитель;
- 2) яровая мягкая пшеница Тулайковская золотистая;
- 3) яровая мягкая пшеница Ульяновская 105;
- 4) яровая твердая пшеница Оренбургская 10;
- 5) яровая твердая пшеница Безенчукская 210.

Агротехника в опытах соответствовала требованиям технологии возделывания яровой пшеницы в зоне проведения исследований и состояла из осенней закладки вариантов опыта по предшественнику

яровая мягкая пшеница; весной проводилось закрытие влаги зубowymi боронами БЗСС-1,0 в два следа, предпосевная культивация культиватором КПС-4 на 6–8 см, посев сортов яровой пшеницы поперек вариантов основной обработки почвы – сеялкой СН-16 ПМ нормой высева 4,0 млн всхожих семян на 1 га, после посева – прикатывание кольча-

то-шпоровыми катками ККШ-6. Уборка – комбайном Terrion SR 2010 в фазу полной спелости.

Почва опытного участка – чернозем южный, тяжелосуглинистый, маломощный, карбонатный. Содержание гумуса в верхнем горизонте (0–30 см) составляет 4,2–4,5 %.

Таблица 1

Метеорологические условия вегетации яровой пшеницы (данные Метеостанции Оренбурга)

Месяц	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		Средний дефицит влажности воздуха, мбар	ГТК, ед.
	Средняя	Отклонение от нормы, +/-	Максимальная	Сумма, мм	% от нормы		
2017 г.							
Май	14,3	-1,0	27	32	120	9	0,72
Июнь	18,2	-2,3	33	39	106	10	0,71
Июль	22,7	+0,6	38	33	85	15	0,47
2018 г.							
Май	16,6	+1,3	33	30	111	11	0,58
Июнь	18,8	-1,7	35	19	51	10	0,34
Июль	24,6	+2,5	40	20	51	18	0,26
2019 г.							
Май	17,8	+2,5	33	23	84	14	0,42
Июнь	21,5	+1,0	36	6	16	15	0,09
Июль	22,3	+0,2	37	105	269	15	1,52
2020 г.							
Май	17,0	+1,7	35	29	108	10	0,55
Июнь	20,1	-0,4	34	22	58	14	0,36
Июль	25,8	+3,7	40	7	18	23	0,09
2022 г.							
Май	12,2	-3,7	27	106	341	6	2,80
Июнь	19,8	-0,8	34	24	70	11	0,40
Июль	22,6	+0,5	35	53	127	14	0,76

Table 1

Meteorological conditions of spring wheat vegetation (Orenburg Weather Station data)

Month	Air temperature, °C			Precipitation, mm		Average air humidity deficit, millibar	HTC, units
	Average	Deviation from the norm, +/-	Maximum	Amount, mm	% of norm		
2017							
May	14.3	-1.0	27	32	120	9	0.72
June	18.2	-2.3	33	39	106	10	0.71
July	22.7	+0.6	38	33	85	15	0.47
2018							
May	16.6	+1.3	33	30	111	11	0.58
June	18.8	-1.7	35	19	51	10	0.34
July	24.6	+2.5	40	20	51	18	0.26
2019							
May	17.8	+2.5	33	23	84	14	0.42
June	21.5	+1.0	36	6	16	15	0.09
July	22.3	+0.2	37	105	269	15	1.52
2020							
May	17.0	+1.7	35	29	108	10	0.55
June	20.1	-0.4	34	22	58	14	0.36
July	25.8	+3.7	40	7	18	23	0.09
2022							
May	12.2	-3.7	27	106	341	6	2.80
June	19.8	-0.8	34	24	70	11	0.40
July	22.6	+0.5	35	53	127	14	0.76

Опыты закладывались в соответствии с методикой Б. А. Доспехова [20]. Общая площадь делянки составляла 66 кв. м, учетная – 58 кв. м. Повторность опытов – четырехкратная. Размещение делянок – систематическое, в один ярус. Контрольный вариант в опыте – сорт Учитель, посеянный по вспашке.

Определение количества продуктивной влаги в почве проводилось термостатно-весовым методом в фазы всходов, колошения, полной спелости. Отбор проб осуществлялся ручным почвенным буром на глубину 1 м через каждые 10 см. Высушивание почвы – в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянного веса.

Содержание нитратного азота в почве проводилось по ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом». Аммонийный азот в почве определяли в соответствии с ГОСТ 26489-85 «Определение обменного аммония по методу ЦИНАО».

Погодные условия были благоприятными в 2017 и 2022 гг. и засушливыми в 2018–2020 гг. (таблица 1).

В 2017 и 2022 гг. формирование урожая яровой пшеницы проходило на фоне пониженной средней температуры воздуха в мае и июне и оптимального количества осадков в эти месяцы.

В мае 2022 г. количество выпавших осадков составило 341 % от нормы. Отсутствие осадков в июле не оказало отрицательного влияния на налив зерна, так как температурный режим воздуха был оптимальным.

В остальные годы условия мая отличались высокой температурой воздуха как по средним значениям, так и по максимальным, на фоне малого количества осадков в 2019 г. и достаточного их количества в 2018 г. и 2020 г. В результате предпосылки к формированию полноценного урожая резко снижались. Июнь был критическим по сумме осадков (27,8–76,7 %), и, несмотря на благоприятные температурные градиенты по средним значениям, отмечались высокие значения максимальной температуры (+35...+37 °С). Погодные условия июля были засушливыми по всем критериям оценок (средняя

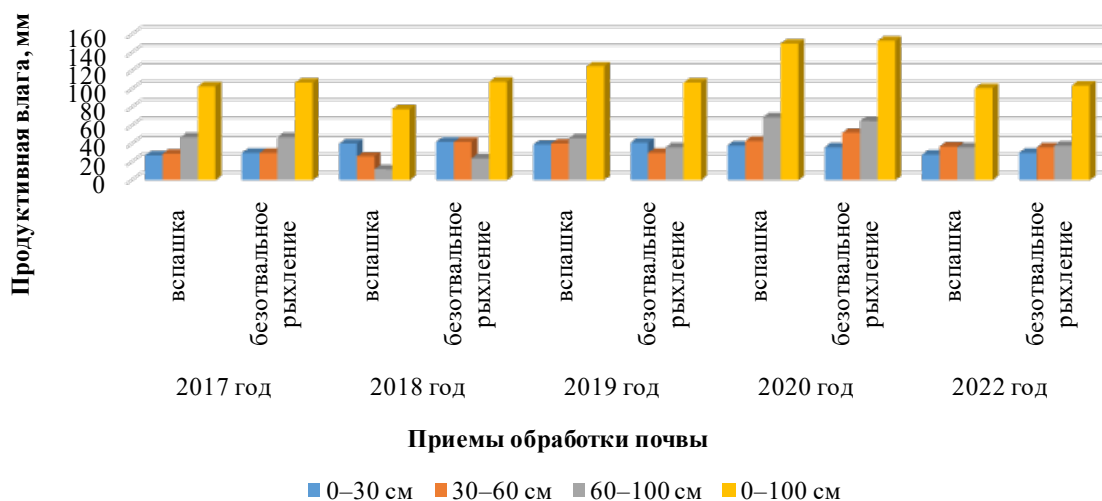


Рис. 1. Содержание продуктивной влаги в фазе всходов яровой пшеницы на разных фонах основной обработки почвы

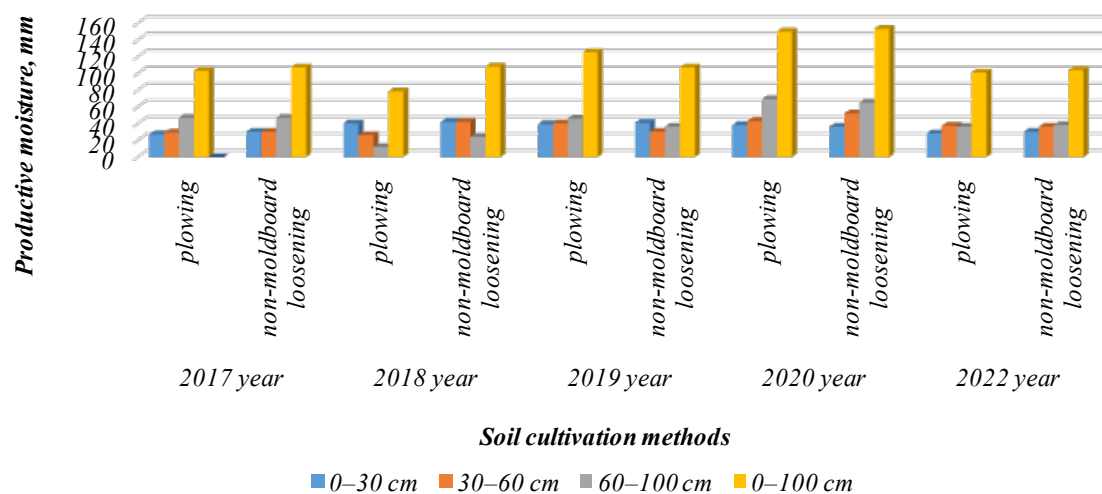


Fig. 1. The content of productive moisture in the phase of seedlings of spring wheat on different backgrounds of the main tillage

и максимальная температура воздуха, количество осадков в 2018 г. и 2020 г.). Двухмесячное количество осадков в конце вегетации 2019 г. не сыграло положительной роли в формировании урожая, спровоцировав засоренность посевов.

Таким образом, условия периода вегетации складывались благоприятно два года из пяти лет проведения исследований.

Результаты (Results)

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации яровой пшеницы на фоне безотвального рыхления варьировали от 104 до 153 мм, на вспашке они изменялись более резко от 78 до 150 мм (рис. 1).

Преимущество безотвальной обработки почвы по накоплению продуктивной влаги в метровом слое почвы отмечалось в большинстве лет проведения исследований. Только в 2019 г. на отвальном фоне ее содержалось на 18 мм больше. При этом в 2017–2019 гг. и 2022 г. на стерневом фоне в слое 0–30 см содержалось продуктивной влаги на 2–3 мм больше по сравнению с отвальным фоном,

лишь в 2020 г. несколько больше влаги (на 2 мм) сохранялось на вспашке.

К фазе колошения яровой пшеницы запасы влаги в почве на изучаемых фонах значительно сокращались вследствие потребления ее растениями и испарения. Безотвальное рыхление оказывало положительное влияние на сохранение влаги: в слое 0–30 см запасы находились в пределах 1,0–10,2 мм, на вспашке – варьировали от 1,0 до 8,7 мм (рис. 2).

В метровом слое почвы минимальные запасы влаги отмечались в 2017 г. (9,4–10,0 мм), а наибольшие – в 2022 г. (43,0–58,9 мм). При этом преимущество безотвальной обработки отмечалось в 2018 г. (+8,7 мм), а вспашки – в 2022 г. (+15,9 мм). В остальные годы проведения опытов различия между фонами составляли 1–3 мм.

В фазу полной спелости пшеницы в пахотном слое почвы (0–30 см) в отдельные годы (2017, 2022) продуктивной влаги не было в связи с отсутствием осадков во второй половине вегетации яровой пшеницы. В 2018–2020 гг. ее содержание составляло 0,1–4,7 мм на отвальном фоне и 2,6–6,3 мм на стерневом фоне (рис. 3).

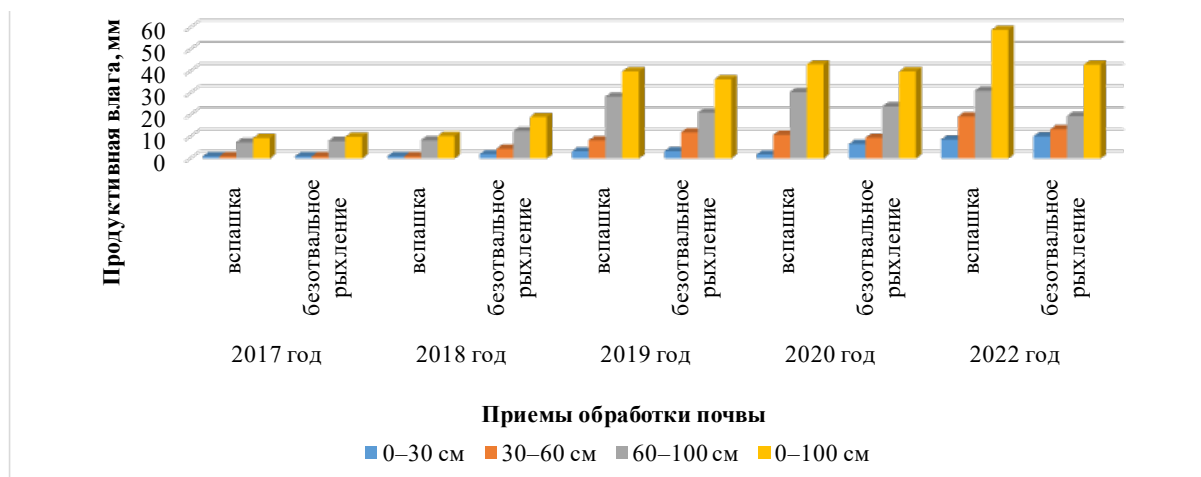


Рис. 2. Содержание продуктивной влаги в фазе колошения яровой пшеницы на разных фонах основной обработки почвы

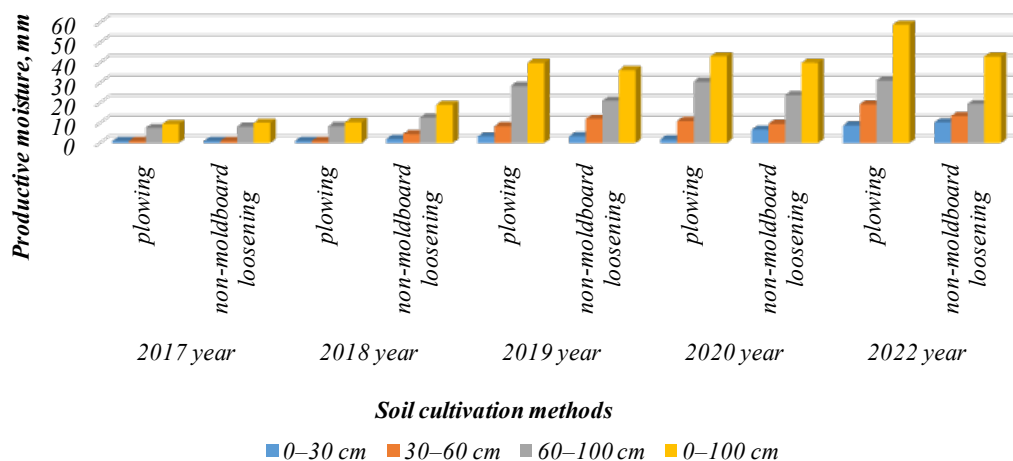


Fig. 2. The content of productive moisture in the earing phase of spring wheat on different backgrounds of the main tillage

В метровом слое почвы запасы продуктивной влаги в 2017 г. составляли 1 мм независимо от способов обработки почвы. Наиболее резкие отличия между приемами обработки почвы по содержанию почвенной влаги в слое почвы 0–100 см отмечались в 2020 г. – на фоне вспашки содержалось 15 мм, на фоне безотвального рыхления – 45 мм.

Содержание нитратного азота в фазе всходов яровой пшеницы в 2017 г, 2019–2020 гг. достигало высоких и очень высоких значений, низкие и средние показатели отмечались в 2018 г., очень низкие – в 2022 г. (1,4–3,1 мг/кг) (таблица 2).

В слое почвы 0–30 см в 2017 г. различий по содержанию нитратного азота между фонами обработки не отмечалось (27,3–27,6 мг/кг), в 2020 г. больше его накапливалось (на 1,6 мг/кг) на стерне-

вом фоне. В большинстве лет отвальная обработка почвы способствовала более высокому накоплению нитратных форм азота (на 0,4–4,5 мг/кг).

По мере роста и развития растений яровой пшеницы количество нитратного азота в фазу колошения снижалось до очень низких и низких значений в 2017–2018 и 2022 гг. В 2019–2020 гг. оно сокращалось менее интенсивно и достигало средних, а по отдельным горизонтам почвы и высоких значений. При созревании яровой пшеницы содержание нитратных форм азота в 2018–2019 гг. на фоне вспашки увеличилось до высоких значений, на фоне безотвального рыхления – до средних, что связано с завершением усвоения нитратного азота почвы из-за прекращения вегетации растений.

Таблица 2
Содержание нитратного азота (N-NO₃) в зависимости от приемов основной обработки почвы, мг на 1 кг почвы

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см	N-NO ₃ , мг/кг		
		Фаза развития		
		Всходы	Колошение	Полная спелость
2017 г.				
Вспашка	0–30	27,3	5,6	8,4
	30–60	28,7	9,7	9,2
	60–100	45,0	12,6	11,9
Безотвальное рыхление	0–30	27,6	3,9	3,8
	30–60	35,0	3,7	3,0
	60–100	37,5	6,6	2,6
2018 г.				
Вспашка	0–30	14,6	2,9	27,2
	30–60	12,9	2,8	16,9
	60–100	6,7	3,2	13,1
Безотвальное рыхление	0–30	10,1	3,3	14,8
	30–60	13,0	2,9	11,9
	60–100	11,9	3,3	8,54
2019 г.				
Вспашка	0–30	29,8	11,6	16,2
	30–60	29,6	23,6	15,3
	60–100	41,4	30,9	13,0
Безотвальное рыхление	0–30	26,2	11,8	14,0
	30–60	30,5	12,2	12,7
	60–100	21,3	15,9	14,8
2020 г.				
Вспашка	0–30	24,2	10,8	9,7
	30–60	24,2	10,5	11,4
	60–100	25,8	12,3	15,9
Безотвальное рыхление	0–30	25,8	17,6	15,9
	30–60	26,7	18,2	10,5
	60–100	27,3	14,3	11,8
2022 г.				
Вспашка	0–30	2,8	0,9	0,6
	30–60	1,7	0,9	0,4
	60–100	1,4	0,6	0,6
Безотвальное рыхление	0–30	2,4	0,7	0,6
	30–60	3,1	0,6	0,3
	60–100	2,1	0,6	0,4

Table 2

The content of nitrate nitrogen ($N-NO_3$) depending on the methods of the main tillage, mg per 1 kg of soil

Reception main tillage	Soil layer, cm	$N-NO_3$, mg/kg		
		Development phase		
		Seedlings	Heading	Full ripeness
2017				
Plowing	0–30	27.3	5.6	8.4
	30–60	28.7	9.7	9.2
	60–100	45.0	12.6	11.9
Non-moldboard loosening	0–30	27.6	3.9	3.8
	30–60	35.0	3.7	3.0
	60–100	37.5	6.6	2.6
2018				
Plowing	0–30	14.6	2.9	27.2
	30–60	12.9	2.8	16.9
	60–100	6.7	3.2	13.1
Non-moldboard loosening	0–30	10.1	3.3	14.8
	30–60	13.0	2.9	11.9
	60–100	11.9	3.3	8.54
2019				
Plowing	0–30	29.8	11.6	16.2
	30–60	29.6	23.6	15.3
	60–100	41.4	30.9	13.0
Non-moldboard loosening	0–30	26.2	11.8	14.0
	30–60	30.5	12.2	12.7
	60–100	21.3	15.9	14.8
2020				
Plowing	0–30	24.2	10.8	9.7
	30–60	24.2	10.5	11.4
	60–100	25.8	12.3	15.9
Non-moldboard loosening	0–30	25.8	17.6	15.9
	30–60	26.7	18.2	10.5
	60–100	27.3	14.3	11.8
2022				
Plowing	0–30	2.8	0.9	0.6
	30–60	1.7	0.9	0.4
	60–100	1.4	0.6	0.6
Non-moldboard loosening	0–30	2.4	0.7	0.6
	30–60	3.1	0.6	0.3
	60–100	2.1	0.6	0.4

В связи с очень низкой обеспеченностью почвы нитратным азотом в 2022 г из-за особенностей погодных условий мая (низкой среднесуточной температурой воздуха, большим количеством осадков) определялось содержание в почве аммонийных форм азота.

Содержание аммонийного азота в 2022 г. в фазу всходов составляло в зависимости от приемов основной обработки почвы от 20 до 23 мг на 1 кг в слое почвы 0–30 см, в более глубоких горизонтах оно увеличивалось до 30–32 мг на 1 кг, что соответствовало средним значениям (таблица 3).

В фазу колошения обеспеченность почвы аммонийным азотом возрастала: на фоне вспашки – до 46–51 мг на 1 кг, на стерневом фоне – до 42–50 мг на 1 кг. По мере созревания зерна количество аммо-

нийного азота в почве сокращалось и в фазу полной спелости составляло 30–34 мг на 1 кг.

На урожайность яровой пшеницы оказывали влияние как погодные условия в годы проведения исследований, так и приемы основной обработки почвы. Наиболее благоприятные условия для формирования урожая складывались в 2017 и 2022 гг. (таблица 4).

В среднем за годы исследований преимущество безотвального рыхления почвы над вспашкой по урожайности составило 0,6 ц с 1 га. При этом по сорту Учитель разница не обнаружена, по другим сортам она варьировала от 0,4 ц/га по сорту Тулайковская золотистая до 0,7–0,8 ц/га по сортам Ульяновская 105, Оренбургская 10 и Безенчукская 210 в пользу безотвальной обработки почвы.

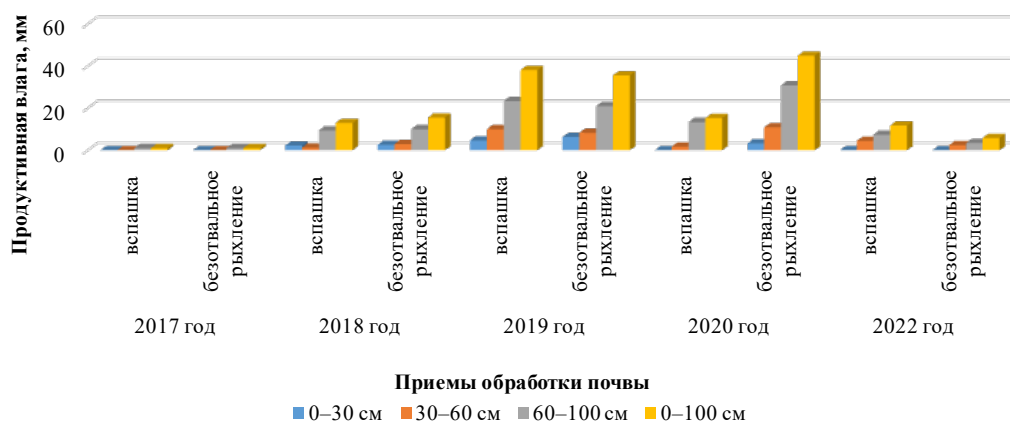


Рис. 3. Содержание продуктивной влаги в фазе полной спелости яровой пшеницы на разных фонах основной обработки почвы

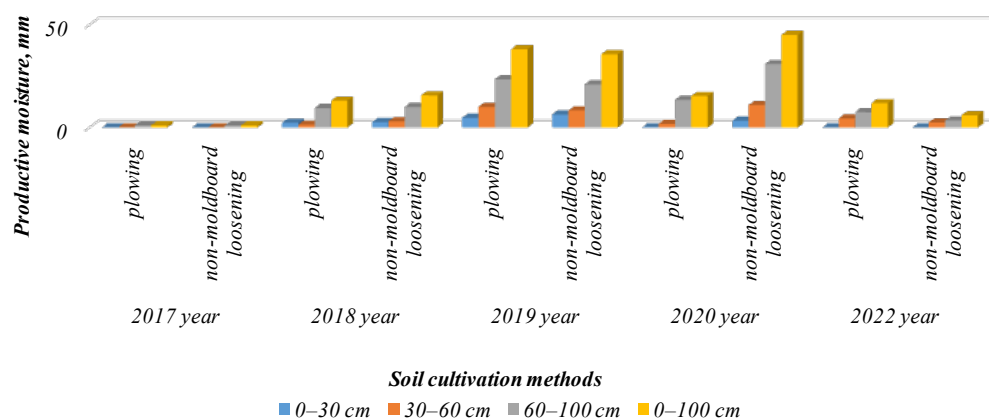


Fig. 3. The content of productive moisture in the phase of full ripeness of spring wheat on different backgrounds of the main tillage

Таблица 3
Содержание аммонийного азота, мг на 1 кг почвы, 2022 г.

Прием основной обработки почвы	Фаза вегетации	Слой почвы, см		
		0-30	30-60	60-100
Вспашка	Всходы	23	31	32
	Колошение	46	51	48
	Полная спелость	34	32	31
Безотвальное рыхление	Всходы	20	31	30
	Колошение	42	50	48
	Полная спелость	34	30	30

Table 3
The content of ammonium nitrogen, mg per 1 kg of soil, 2022

Reception main tillage	Vegetation phase	Soil layer, cm		
		0-30	30-60	60-100
Plowing	Seedlings	23	31	32
	Heading	46	51	48
	Full ripeness	34	32	31
Non-moldboard loosening	Seedlings	20	31	30
	Heading	42	50	48
	Full ripeness	34	30	30

Урожайность сортов яровой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы

Сорт	Годы					Средняя
	2017	2018	2019	2020	2022	
Основная обработка почвы – вспашка						
Учитель (контроль)	18,3	4,7	2,2	3,9	11,8	8,2
Тулайковская золотистая	19,2	3,8	4,1	6,8	17,9	10,4
Ульяновская 105	19,6	2,1	4,0	6,8	21,3	10,8
Оренбургская 10	18,1	2,4	0,8	4,2	7,6	6,6
Безенчукская 210	21,6	2,1	2,2	7,6	17,1	10,1
Средняя	19,4	3,0	2,7	5,9	15,1	9,2
Основная обработка почвы – безотвальное рыхление						
Учитель	18,1	6,2	2,2	2,5	12,0	8,2
Тулайковская золотистая	20,3	6,3	4,3	3,9	19,4	10,8
Ульяновская 105	21,6	2,9	5,3	4,8	23,3	11,6
Оренбургская 10	20,6	3,4	0,7	2,9	8,9	7,3
Безенчукская 210	22,7	3,7	3,9	5,0	19,0	10,9
Средняя	20,7	4,5	3,3	3,8	16,5	9,8
НСР ₀₅ общая	2,2					
НСР ₀₅ приём основной обработки почвы	1,4					
НСР ₀₅ сорт	2,2					
НСР ₀₅ взаимодействие факторов	2,2					

Table 4
Productivity of spring wheat varieties depending on the methods of the main tillage

Variety	Years					Average
	2017	2018	2019	2020	2022	
Basic tillage – plowing						
Uchitel' (control)	18.3	4.7	2.2	3.9	11.8	8.2
Tulaykovskaya zolotistaya	19.2	3.8	4.1	6.8	17.9	10.4
Ul'yanovskaya 105	19.6	2.1	4.0	6.8	21.3	10.8
Orenburgskaya 10	18.1	2.4	0.8	4.2	7.6	6.6
Bezenchukskaya 210	21.6	2.1	2.2	7.6	17.1	10.1
Average	19.4	3.0	2.7	5.9	15.1	9.2
Basic tillage – non-moldboard loosening						
Uchitel'	18.1	6.2	2.2	2.5	12.0	8.2
Tulaykovskaya zolotistaya	20.3	6.3	4.3	3.9	19.4	10.8
Ul'yanovskaya 105	21.6	2.9	5.3	4.8	23.3	11.6
Orenburgskaya 10	20.6	3.4	0.7	2.9	8.9	7.3
Bezenchukskaya 210	22.7	3.7	3.9	5.0	19.0	10.9
Average	20.7	4.5	3.3	3.8	16.5	9.8
LSD ₀₅ general	2.2					
LSD ₀₅ basic tillage method	1.4					
LSD ₀₅ grade	2.2					
LSD ₀₅ interaction of factors	2.2					

В разрезе лет преимущество посева по вспашке получено в один год (2020), причем наиболее значимые прибавки (1,9–2,6 ц с 1 га) отмечались по сортам Тулайковская золотистая, Ульяновская 105 и Безенчукская 210. У сортов Учитель и Оренбургская 10 прибавка составляла соответственно 1,4 и 1,3 ц/га, что ниже НСР₀₅. В остальные годы проявлялось преимущество посева по стерневому фону.

Отмечалась сортовая реакция на изученные приемы основной обработки почвы. Сорт Учитель слабо реагировал на изменение способов обработки почвы. Даже в благоприятные годы (2017, 2022), когда другие сорта увеличивали урожайность по безотвально обработанной зяби, по данному сорту прибавка не получена. Слабая реакция на варианты осенней обработки почвы и у сорта твердой пше-

ницы Оренбургская 10. Урожайность данного сорта по фону безотвального рыхления только в 2017 г. была достоверно выше (на 2,5 ц/га) урожайности по вспашке.

Сорта Тулайковская золотистая, Ульяновская 105 и Безенчукская 210 четыре года из пяти лет проведения исследований были продуктивнее на фоне безотвальной обработки почвы. Прибавки относительно отвальной обработки у сорта Тулайковская золотистая изменялись от 0,2 до 2,5 ц/га, у сорта Ульяновская 105 – от 0,8 до 2,0 ц/га, а у сорта Безенчукская 210 – от 1,1 до 1,9 ц/га.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Безотвальная обработка почвы благодаря сохранению стерни на поверхности обеспечивает лучшее усвоение осадков осенне-зимнего периода. В результате запасы продуктивной влаги в почве формируются более стабильно по сравнению со вспашкой как в верхнем горизонте (0–30 см), так и в метровом слое.

Обеспеченность почвы нитратным азотом в зависимости от погодных условий в фазе всходов яровой пшеницы варьировала от очень низкой до высокой и очень высокой. К фазе колошения содержание нитратного азота снижалось до низких и средних значений, в фазу полной спелости его количество несколько возрастало. Отвальная обработка почвы способствовала более интенсивному накоплению нитратных форм азота.

Установлена реакция сортов яровой пшеницы на приемы основной обработки почвы. Слабо реагировали на варианты обработки почвы сорта Учитель и Оренбургская 10. У сортов Тулайковская золотистая, Ульяновская 105 и Безенчукская 210 урожайность была выше на фоне безотвального рыхления почвы четыре года из пяти лет проведения исследований.

Библиографический список

1. Пакуль А. Л., Лапшинов Н. А., Пакуль В. Н., Божанова Г. В. Засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 3. С. 16–27. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-3-2.
2. Лагунов Р. В. Влияние основной обработки почвы на засорённость и урожайность яровой пшеницы в северной лесостепи Тюменской области // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сборник материалов LV Студенческой научно-практической конференции. Тюмень, 2021. С. 556–560.
3. Миллер С. С., Антропов В. А. Возделывания яровой пшеницы по основной обработке почвы в Западной Сибири // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (67). С. 47–50.
4. Janauskaite D., Kadziene G. Influence of Different Intensities of Tillage on Physiological Characteristics and Productivity of Crop-Rotation Plants // Plants. 2022. Vol. 11 (22). Article number 3107. DOI: 10.3390/plants11223107.
5. Кузина Е. В., Немцев С. Н. Итоги изучения различных систем обработки почвы в зернопаровом севообороте на черноземах Среднего Поволжья // Сельскохозяйственный журнал. 2019. Т. 12. № 5. С. 65–71. DOI: 10.25930/0372-3054/010.5.12.2019.
6. Новохижний Н. В., Коваленко А. М., Коваленко А. А. Влияние обработки почвы на ее агрофизические свойства и продуктивность ранних яровых культур в южной степи Украины // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала, 2020. С. 110–114.
7. Шахова О. А. Изменение агрофизических свойств серой лесной почвы при различных видах зяблевой обработки в условиях северной лесостепи Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (66). С. 33–37.
8. Ленточкин А., Ширококов П., Атнабаева Н. А. Нулевая, минимальная или отвальная обработка почвы в ландшафтном земледелии Среднего Предуралья // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: монография. В 5 томах. Т. 4. Москва, 2018. С. 115–120.
9. Jakab G., Madarász B., Masoudi M., Karlik M., Király C., Zacháry D., Filep T., Dekemati I., Centeri C., Al-Graiti T., Szalai Z. Soil organic matter gain by reduced tillage intensity: Storage, pools, and chemical composition // Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 226. Article number 105584. DOI: 10.1016/j.still.2022.105584.
10. Семенихина Ю. А., Камбулов С. И. Влияние способов основной обработки почвы на влаготемпературный режим почвы и урожайность озимой пшеницы // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 182–193. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-182-193.
11. Аверьянова И. П., Морковкин Г. Г. Влияние различных приемов основной обработки почвы на питательный режим почвы и урожайность зерна яровой пшеницы // Перспективы внедрения инновационных агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур: Российская научно-практическая конференция, посвященная 75-летию юбилею агрономического факультета Алтайского ГАУ. Барнаул, 2018. С. 5–9.

12. Кутилкин В. Г., Зудилин С. Н. Эффективность минимализации основной обработки почвы и удобрений под ячмень // Теория и практика современной аграрной науки: материалы III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2020. Т. 1. С. 151–155.
13. Левкина А. Ю., Кудашова А. О. Влияние дефицита влаги и способов основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы в Саратовском Заволжье // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды: материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2019. С. 535–539.
14. Марковская Г. К., Чугунова О. А. Влияние способа основной обработки на микробиоту почвы и урожайность ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной. 2019. Т. 4. № 2. С. 3–8. DOI: 10.12737/article_5cdbc442e01672.39268090.
15. Saurabh K., Rao K. K., Mishra J. S., Kumar R., Poonia S. P., Samal S. K., Roy H. S., Dubey A. K., Choubey A. K., Mondal S., Bhatt B. P., Verma M., Malik R. K. Influence of tillage based crop establishment and residue management practices on soil quality indices and yield sustainability in rice-wheat cropping system of Eastern Indo-Gangetic Plains // Soil & Tillage Research. 2021. Vol. 206. Article number 104841. DOI: 10.1016/j.still.2020.104841.
16. Ding J., Li F., Le T. et al. Tillage and seeding strategies for wheat optimizing production in harvested rice fields with high soil moisture // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. Article number 119. DOI: 10.1038/S41598-020-80256-7.
17. Pardo G. et al. Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: results of a long-term experimental in Southwestern Spain // Planta Daninha. 2019. Vol. 37. DOI: 10.1590/S0100-83582019370100152.
18. Gandía M. L., Del Monte J. P., Tenorio J. L., Santín-Montanyá M. I. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. No. 1. Article number 22138. DOI: 10.1038/s41598-021-00934-y.
19. Sun W., Canadell J. G., Yu L., Yu L., Zhang W., Smith P., Fischer T., Huang Y. Climate drives global soil carbon sequestration and crop yield changes under conservation agriculture // Global Change Biology. 2020. Vol. 26. No. 6. Pp. 3325–3335. DOI: 10.1111/gcb.15001.
20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Альянс, 2014. 351 с.

Об авторах:

Александр Леонидович Панфилов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0002-1210-6350, AuthorID 404176. E-mail: panfilov-1@mail.ru

Ринат Римович Абдрашитов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0003-0946-068X, AuthorID 873375. E-mail: orniish_tzk@mail.ru

References

1. Pakul A. L., Lapshinov N. A., Pakul V. N., Bozhanova G. V. Weed infestation of soft spring wheat crops depending on the soil tillage system. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2020; 50 (3): 16–27. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-3-2. (In Russ.)
2. Lagunov R. V. Influence of basic tillage on weed infestation and productivity of spring wheat in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Topical issues of science and economy: new challenges and solutions: collection of materials of the LV Student Scientific and Practical Conference*. Tyumen, 2021. Pp. 556–560. (In Russ.)
3. Miller S. S., Antropov V. A. Cultivation of spring wheat for the main tillage in Western Siberia. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2021; 4 (67): 47–50. (In Russ.)
4. Janusauskaite D., Kadziene G. Influence of Different Intensities of Tillage on Physiological Characteristics and Productivity of Crop-Rotation Plants. *Plants*. 2022; 11 (22): 3107. DOI: 10.3390/plants11223107.
5. Kuzina E. V., Nemtsev S. N. Results of the study of various tillage systems in the grain-fallow crop rotation on the chernozems of the Middle Volga. *Agricultural Journal*. 2019; 12 (5): 65–71. DOI: 10.25930/0372-3054/010.5.12.2019. (In Russ.)
6. Novohizhny N. V., Kovalenko A. M., Kovalenko A. A. Influence of tillage on its agrophysical properties and productivity of early spring crops in the southern steppe of Ukraine. *Topical issues of improving farming systems in modern conditions: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)*. Makhachkala, 2020. Pp. 110–114. (In Russ.)

7. Shakhova O. A. Changes in the agrophysical properties of gray forest soil with different types of autumn tillage in the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2021; 3 (66): 33–37. (In Russ.)
8. Lentochkin A., Shirobokov P., Atnabaeva N. A. Zero, minimum or moldboard tillage in landscape farming in the Middle Cis-Urals. *In the collection: New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph*. In 5 volumes. Vol. 4. Moscow, 2018. Pp. 115–120. (In Russ.)
9. Jakab G., Madarász B., Masoudi M., Karlik M., Király C., Zacháry D., Filep T., Dekemati I., Centeri C., Al-Graiti T., Szalai Z. Soil organic matter gain by reduced tillage intensity: Storage, pools, and chemical composition. *Soil and Tillage Research*. 2022; 226: 105584. DOI: 10.1016/j.still.2022.105584.
10. Semenikhina Yu. A., Kambulov S. I. Influence of methods of basic tillage on the moisture-temperature regime of the soil and the yield of winter wheat. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2021; 11 (3): 182–193. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-182-193. (In Russ.)
11. Averyanova I. P., Morkovkin G. G. The influence of various methods of basic tillage on the nutrient regime of the soil and the yield of spring wheat. *Prospects for the introduction of innovative agricultural technologies in the cultivation of agricultural crops: Russian scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Agronomic Faculty of the Altai State Agrarian University*. Barnaul: RIO Altai State Agrarian University, 2018. Pp. 5–9. (In Russ.)
12. Kutilkin V. G., Zudilin S. N. The effectiveness of minimizing the main tillage and fertilizers for barley. *Theory and practice of modern agrarian science: materials of the III national (All-Russian) scientific conference with international participation*. Novosibirsk, 2020. Vol. 1. Pp. 151–155. (In Russ.)
13. Lyovkina A. Yu., Kudashova A. O. Influence of moisture deficit and methods of basic tillage on the productivity of winter wheat in the Saratov Trans-Volga region. *Innovations in nature management and environmental protection: materials of the I National scientific and practical conference with international participation*. Saratov, 2019. Pp. 535–539. (In Russ.)
14. Markovskaya G. K., Chugunova O. A. Influence of the main tillage method on soil microbiota and barley yield in the conditions of the Middle Volga region. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019; 4 (2): 3–8. DOI: 10.12737/article_5cdbc442e01672.39268090. (In Russ.)
15. Saurabh K., Rao K. K., Mishra J. S., Kumar R., Poonia S. P., Samal S. K., Roy H. S., Dubey A. K., Choubey A. K., Mondal S., Bhatt B. P., Verma M., Malik R. K. Influence of tillage based crop establishment and residue management practices on soil quality indices and yield sustainability in rice-wheat cropping system of Eastern Indo-Gangetic Plains. *Soil & Tillage Research*. 2021; 206: 104841. DOI: 10.1016/j.still.2020.104841.
16. Ding J., Li F., Le T. et al. Tillage and seeding strategies for wheat optimizing production in harvested rice fields with high soil moisture. *Scientific Reports*. 2021; 11: 119. DOI: 10.1038/S41598-020-80256-7.
17. Pardo G. et al. Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: results of a long-term experimental in Southwestern Spain. *Planta Daninha*. 2019; 37. DOI: 10.1590/S0100-83582019370100152.
18. Gandía M. L., Del Monte J. P., Tenorio J. L., Santín-Montanyá M. I. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1): 22138. DOI: 10.1038/s41598-021-00934-y.
19. Sun W., Canadell J. G., Yu L., Yu L., Zhang W., Smith P., Fischer T., Huang Y. Climate drives global soil carbon sequestration and crop yield changes under conservation agriculture. *Global Change Biology*. 2020; 26 (6): 3325–3335. DOI: 10.1111/gcb.15001.
20. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition. Moscow: Alliance, 2014. 351 p. (In Russ.)

Authors' information:

Aleksandr L. Panfilov, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0002-1210-6350, AuthorID 404176. *E-mail: panfilov-1@mail.ru*

Rinat R. Abdrashitov, candidate of agricultural sciences, researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0003-0946-068X, AuthorID 873375. *E-mail: orniish_tzk@mail.ru*