

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 284-297.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 2. P. 284-297.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья
УДК 631.432.2:633.11(470.56)
doi: 10.33284/2658-3135-109-2-284

**Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги
и ее использование яровой твердой пшеницей**

**Фарит Галиуллиевич Бакиров¹, Виктория Владимировна Диденко²,
Игорь Владимирович Васильев³, Ася Вячеславовна Филиппова⁴, Виктор Борисович Щукин⁵,
Галина Васильевна Петрова⁶**

^{1,2,3,4,5,6}Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²tori-5557@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8665-7605>

³igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

⁴kassio-67@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2665-5673>

⁵victor-shch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9540-6801>

⁶petrova_ogau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9127-9574>

Аннотация. Целью настоящего исследования являлось изучение влияния способов обработки почвы и предшественников на запасы почвенной влаги, характер ее использования и урожайность яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Предуралья. Двухфакторный опыт проводился в 2023-2025 гг. Предшественниками служили зерновое сорго и нут – фактор А. После уборки предшественников поле обрабатывали тремя способами: глубокое рыхление, мелкая обработка и без обработки (нулевая) – фактор В. Размер учетной делянки составлял 228 кв. м (7,6 м×30 м). Варианты по делянкам размещались рандомизированным способом в четырех повторностях. Установлено, что запасы продуктивной влаги к моменту посева определяются совокупным взаимодействием способа обработки и мелиоративными особенностями предшественника. Глубокое рыхление обеспечивает наибольшие запасы влаги в среднем по обоим предшественникам, однако при нулевой обработке после сорго формируются более высокие запасы влаги, чем после нута, что объясняется снегозадерживающим эффектом стерни и сохранением биогенной порозности, созданной корневой системой. Коэффициент водопотребления пшеницы при глубоком рыхлении оказался на 7-8 % ниже по сравнению с минимальными способами обработки. Выявленная разница в коэффициенте водопотребления между предшественниками составила 149 м³/т в пользу сорго. Урожайность пшеницы по сорго превышала урожайность по нуту на 0,30 т/га. Максимальная урожайность получена в варианте «глубокое рыхление×сорго», минимальная – при нулевой обработке после нута. Статистическая значимость влияния обоих факторов подтверждена дисперсионным анализом ($P \leq 0,05$).

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, предшественник, способ обработки почвы, запасы влаги, водопотребление

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2020-2025 гг. ФГБОУ Оренбургский государственный аграрный университет (№ АААА-А17-117112340090).

Для цитирования: Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги и ее использование яровой твердой пшеницей / Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.Б. Щукин, Г.В. Петрова // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 284-297. [Bakirov FG, Didenko VV, Vasiliev IV, Filippova AV, Shchukin VB, Petrova GV. The effect of predecessors and tillage methods on soil moisture reserves and its use by spring durum wheat. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(2):284-297. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-297>

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

Original article

**The effect of predecessors and tillage methods on soil moisture reserves and its use
by spring durum wheat**

**Farit G Bakirov¹, Victoria V Didenko², Igor V Vasiliev³, Asya V Filippova⁴, Viktor B Shchukin⁵,
Galina V Petrova⁶**

^{1,2,3,4,5,6}Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²tori-5557@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8665-7605>

³igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

⁴kassio-67@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2665-5673>

⁵victor-shch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9540-6801>

⁶petrova_ogau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9127-9574>

Abstract. The aim of this study was to investigate the effects of tillage methods and preceding crops on soil moisture reserves, the nature of its use, and the yield of spring durum wheat under the arid conditions of the Orenburg Pre-Ural region. A two-factor experiment was conducted in 2023-2025. The preceding crops were grain sorghum and chickpea - factor A. After harvesting the preceding crops, the field was cultivated in three ways: deep loosening, shallow tillage, and no tillage (zero tillage) – factor B. The size of the experimental plot was 228 m² (7.6 m × 30 m). Plot variants were randomly placed in four replicates. It was established that productive moisture reserves at the time of sowing are determined by the combined interaction of the tillage method and the ameliorative characteristics of the preceding crop. Deep tillage provided the highest moisture reserves on average across both preceding crops. However, under no-till conditions after sorghum, higher moisture reserves were formed than after chickpea, which is explained by the snow-trapping effect of stubble and the preservation of biogenic porosity created by the root system. The water consumption coefficient of wheat under deep tillage was 7–8% lower compared to minimum tillage methods. The identified difference in the water consumption coefficient between the preceding crops amounted to 149 m³/t in favor of sorghum. Wheat yield after sorghum exceeded yield after chickpea by 0.30 t/ha. The maximum yield was obtained in the "deep tillage × sorghum" treatment, while the minimum was recorded under no-till after chickpea. The statistical significance of the effect of both factors was confirmed by analysis of variance ($P \leq 0.05$).

Keywords: spring durum wheat, predecessor, tillage method, moisture reserves, water use

Acknowledgments: the work was supported in accordance to the plan of research works for 2020-2025 FSBEI Orenburg State Agrarian University (No. AAAA-A17-117112340090).

For citation: Bakirov FG, Didenko VV, Vasiliev IV, Filippova AV, Shchukin VB, Petrova GV. The effect of predecessors and tillage methods on soil moisture reserves and its use by spring durum wheat. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(2):284-297. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-284>

Введение.

Рациональное управление водными ресурсами почвы остается одной из ключевых задач современного земледелия. В значительной степени ее решение обеспечивается за счет оптимизации способов обработки почвы с учетом почвенно-климатических (зональных) условий. В засушливых регионах эффективной альтернативой отвальной вспашке считается применение мелких или глубоких безотвальных рыхлений, а также полный отказ от осенней обработки почвы. При таких приемах незерновая часть урожая остается на поверхности поля в различном количестве, в зависимости от интенсивности воздействия на почву, что способствует снижению испарения влаги. Эф-

фektivность безотвальных способов подтверждена многочисленными исследованиями, проведенными в Оренбургской, Саратовской, Волгоградской и других областях (Скороходов В.Ю. и др., 2022; Семинченко Е.В., 2021; Матвеева Н.И., 2021). В них отмечается, что сохранение растительных остатков на поверхности поля снижает испарение влаги, улучшает водопроницаемость и способствует накоплению продуктивной влаги в верхних слоях почвы; (Савенков В.П. и др., 2020; Беляев В.И. и др., 2024).

Вместе с тем в литературе представлены данные, свидетельствующие о том, что отказ от отвальной вспашки не всегда улучшает водный режим почвы. В частности, Васильев И.В. с соавторами (2017) показали, что при отвальной обработке в почве накапливалось на 37 мм больше влаги по сравнению с мелким и на 11 мм – по сравнению с глубоким безотвальным рыхлением. Напротив, в исследованиях Дубовика Д.В. с коллегами (2023) весеннее содержание продуктивной влаги в пахотном слое (0-20 см) при прямом посеве превышало показатели при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках на 2,8-4,8 мм, а в метровом слое — на 8,2-11,1 мм.

Принципиально важными представляются результаты Беляева В.И. и Кузнецова В.Н. (2025), согласно которым характер накопления влаги и ее распределение по профилю почвы при различных способах обработки в значительной степени определяются погодными условиями года: в увлажненные периоды преимущество имеет нулевая обработка, тогда как в засушливые – традиционная вспашка. Это указывает на важность учета метеорологического фактора при оценке эффективности способов обработки почвы.

Отдельные исследования свидетельствуют о том, что способ основной обработки влияет не только на общее количество влаги, но и на ее динамику в течение вегетационного периода. Как показали Коржов С.И. с соавторами (2023), в фазу всходов наибольшие запасы влаги формировались при безотвальном рыхлении, тогда как в критически важную для сои фазу цветения максимум влаги отмечался на вариантах со вспашкой; наименьшие показатели на обоих этапах были характерны для дискования. Высокую зависимость содержания влаги в отдельные фазы вегетации от приемов обработки почвы подчеркивают также Ямщиков М.А. и Пакуль В.Н. (2022) и Modiba M et al. (2024).

Существенное влияние на накопление влаги оказывают предшественники. В опытах на супесчаной дерново-подзолистой почве наибольшие запасы влаги в слое 0-40 см были зафиксированы после гречихи (462 мм), наименьшие – после кукурузы (443 мм), промежуточное положение занимал картофель (456 мм) (Радовня В.А., 2022). Лазарев В.И. и Минченко Ж.Н. (2023) установили, что запасы доступной влаги в пахотном слое ко времени посева ярового ячменя по кукурузе на силос превышали аналогичный показатель по сахарной свёкле на 8,1-10,0 мм.

Особую роль в накоплении и рациональном использовании влаги играет чистый пар. В сухостепной зоне Ставропольского края на чистом пару накапливалось в 2,4 раза больше влаги, а эффективность ее использования посевами была в 1,7 раза выше, чем по непаровому предшественнику (Морозов Н.А. и др., 2021). Аналогичная закономерность выявлена на черноземах южных Оренбургского Предуралья (Скороходов В.Ю., 2020).

Анализ литературных источников свидетельствует о неоднозначности результатов исследований по влиянию способов основной обработки почвы на накопление и использование запасов влаги, что в том числе указывает на зависимость их эффективности от почвенно-климатических и погодных условий. Утверждается, что значительную роль в формировании запасов почвенной влаги играют предшественники. Вместе с тем практически отсутствуют работы, посвященные взаимодействию способов обработки почвы и предшественников. Кроме того, исследования эффективности использования влаги яровой твердой пшеницей по непаровым предшественникам носят фрагментарный характер, что указывает на наличие пробела в научных знаниях по данному вопросу.

Предполагается, что оптимизация сочетания способа основной обработки почвы и предшественника позволит обеспечить большее накопление продуктивной влаги и ее рациональное использование в течение вегетационного периода по сравнению с традиционными агротехническими

схемами. При этом наибольший эффект будет достигнут при применении глубоких способов обработки в сочетании с предшественниками, формирующими значительное количество растительных остатков. Для проверки выдвинутой гипотезы было проведено трехлетнее полевое исследование (2023-2025 гг.), которое направлено на оптимизацию агротехнических приемов возделывания яровой пшеницы для повышения ее продуктивности и эффективного использования водных ресурсов в засушливых регионах.

Цель исследования.

Изучение влияния способов обработки почвы и предшественников на запасы почвенной влаги, характер ее использования и урожайность яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Предуралья.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние предшественников и различных способов основной обработки почвы на накопление влаги в почвенном профиле и эффективность ее использования яровой пшеницей.
2. Определить наиболее эффективные сочетания способов основной обработки почвы и предшественников, обеспечивающие оптимальный водный режим почвы, устойчивое водоснабжение растений повышение урожайности яровой твердой пшеницы.

Материалы и методы исследования.

Объекты исследований. Пшеница твердая яровая (*Triticum durum* Desf.) сорт Оренбургская 10. Водный режим почвы.

Характеристика территорий и природно-климатические условия. Опытные участки находились вблизи с. Сорочинск, расположенного в Предуралье, к северо-западу от г. Оренбурга. (координаты: 52°25' северной широты и 53°26' восточной долготы (52.416667° N, 53.433333° E). Почва участка: чернозем обыкновенный малогумусный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса (по И.В. Тюрину) в пахотном слое почвы (0-30 см) – 4,7 %, подвижного фосфора низкое – 1,5 мг, обменного калия (по Б.П. Мачигину) высокое – 40 мг на 100 г почвы, pH почвенного раствора (водной вытяжки) – 7,8. В районе исследований средняя годовая температура составляет +5,1 °С, среднегодовое количество осадков – 394 мм.

Схема эксперимента. Двухфакторный опыт проводился в 2023-2025 гг. Предшественниками для изучаемой культуры (яровая твердая пшеница) служили зерновое сорго и нут, которые высевались за год до закладки основного опыта – фактор А. После уборки предшественников поле обрабатывали тремя способами: глубокое рыхление, мелкая обработка и без обработки (нулевая) – фактор В. Посев на всех вариантах осуществлялся сеялкой Amazone Primera DMC 9000, оснащенной анкерными сошниками и имеющей ширину захвата 9 м. Норма высева и глубина посева пшеницы были на всех вариантах одинаковыми и составили 4,5 млн шт. всхожих семян на 1 га и 4-5 см соответственно. Учет урожая проводили зерноуборочным комбайном John Deere W540. Размер учетной делянки составлял 228 кв. м. (7,6 м×30 м). Варианты по делянкам размещали рандомизированным способом в четырех повторностях. Для контроля сорняков в фазу кушения пшеницы применяли гербицид избирательного действия.

Оборудование и технические средства. Влажность почвы определяли методом высушивания до постоянной массы (термостатно-весовым методом) по ГОСТу 28268-89. Для отбора почвы использовался ручной Пробоотборник почв-бур ППБ 2 м (ООО «КОЛБА», г. Воронеж, Россия), шкаф сушильный электрический прямоугольный ШС-80 МК СПУ (ОАО «КЗМА», г. Казань, Россия), электронные весы ВСЛ-2К/0,01 (ЗАО «Вес-Сервис», Санкт-Петербург).

Статистическая обработка. Анализ данных урожайности проведен с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с расчетом наименьшей существенной разности (НСР) для факторов А, В и взаимодействия АВ при уровне значимости $P \leq 0,05$. Для оценки статистической значимости различий между уровнями факторов использовались F-критерий для анализа дисперсий и t-тесты Стьюдента для выполнения множественных сравнений.

Результаты исследований.

Наибольшие запасы продуктивной влаги на момент посева в среднем по двум фонам предшествующей культуры яровой пшеницы создаются при глубоком рыхлении почвы. Несколько меньшие и близкие по величине – при мелкой и нулевой обработке (рис. 1).

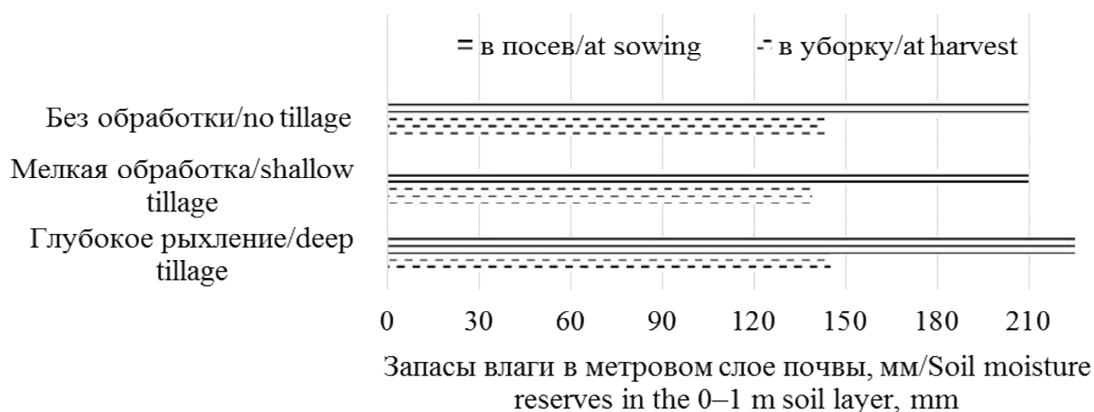


Рисунок 1. Изменение запасов влаги под влиянием способов обработки почвы (в среднем за 2023-2025 гг.)

Figure 1. Changes in moisture reserves under the influence of tillage methods (average for 2023-2025)

Более детальный анализ данных по аккумуляции влаги к моменту посева и остаточному количеству влаги осенью при уборке позволяет выявить влияние предшествующей культуры на формирование запасов влаги (табл. 1). Так, после нута на вариантах с глубоким и мелким рыхлением в почве аккумулируется больше влаги по сравнению с посевами после сорго. Эта закономерность сохраняется во все годы исследований и в среднем за три года, хотя разница в запасах влаги в почве в 2025 году не столь очевидна.

Таблица 1. Запасы влаги в метровом слое почвы в зависимости от способа обработки почвы
 Table 1. Moisture reserves in a meter-thick soil layer depending on tillage method

Способ обработки почвы / Tillage method	2023		2024		2025		Среднее / Average	
	в посев / at sowing	в уборку / at harvest	в посев / at sowing	в уборку / at harvest	в посев / at sowing	в уборку / at harvest	в посев / at sowing	в уборку / at harvest
Глубокое рыхление / deep tillage	223	131	243	197	214	110	227	146
	218	128	239	198	212	108	223	145
Мелкая обработка / shallow tillage	212	129	233	188	190	107	212	141
	207	125	230	185	187	105	208	138
Без обработки / no tillage	207	131	228	184	185	106	207	140
	212	135	235	186	192	108	213	143

Примечание: над чертой – запасы влаги после нута, под чертой – запасы влаги после сорго

Note: above the line – moisture reserves after chickpeas, below the line – moisture reserves after sorghum

В то же время на варианте без осенней обработки почвы, наоборот, больше влаги накапливается после сорго. Причем преимущество в накоплении влаги после сорго выражено на этом варианте сильнее, чем на вариантах с глубоким и мелким рыхлением.

К моменту уборки урожая запасы влаги существенно снижаются при всех способах обработки. При этом различия между вариантами обработки заметно сокращаются. Тем не менее вари-

ант с глубоким рыхлением сохраняет незначительное преимущество, что подтверждает его положительное влияние на запасы влаги в течение вегетации. Указанные закономерности устойчиво проявляются во все годы наблюдений.

Остаточные запасы влаги в почве на момент уборки не позволяют в достаточной степени оценить эффективность использования воды культурными растениями в течение вегетационного периода. Более объективной характеристикой данного процесса является коэффициент водопотребления, который отражает количество воды, расходуемой на единицу урожая. Измерение этого коэффициента позволяет более объективно оценить, насколько эффективно культура использует доступную влагу.

Согласно данным таблицы 2, под влиянием изучаемых приемов значения коэффициента водопотребления яровой пшеницы варьировали существенно. Суммарный расход влаги в опыте варьировал в пределах 220-234 мм.

Таблица 2. Эффективность использования почвенной влаги и осадков яровой твердой пшеницей (в среднем за 2023-2025 гг.)

Table 2. Efficiency of soil moisture and precipitation use by spring durum wheat (average for 2023-2025)

Предшественник (фактор А)/ <i>Predecessor (factor A)</i>	Способ обработки почвы (фактор В)/ <i>Tillage method (factor B)</i>	Суммарный расход влаги, мм/ <i>Total moisture consumption, mm</i>	Коэффициент водопотребления, м ³ /м/ <i>Water consumption coefficient, m³/t</i>
Нут/ <i>Chickpea</i>	Глубокое рыхление/ <i>deep tillage</i>	234	1073
	Мелкая обработка/ <i>shallow tillage</i>	224	1137
	Без обработки/ <i>no tillage</i>	220	1176
Сорго/ <i>Sorghum</i>	Глубокое рыхление/ <i>deep tillage</i>	231	935
	Мелкая обработка/ <i>shallow tillage</i>	223	1023
	Без обработки/ <i>no tillage</i>	223	982

При этом максимальная разница в 14 мм, отмеченная между вариантами с глубоким рыхлением и нулевой обработкой, свидетельствует о незначительной изменчивости данного показателя по вариантам опыта. В то же время коэффициент водопотребления изменялся в более широких пределах – от 935 до 1176 м³/т. Средние значения коэффициента водопотребления яровой пшеницы составили: по нуту – 1129 м³/т, по сорго – 980 м³/т. Разница в 149 м³/т между ними указывает на существенное влияние предшественника на водопотребление пшеницы.

Среднее значение коэффициента водопотребления по способам обработки почвы показывает, что глубокое рыхление обеспечивает его снижение на 7-8 % по сравнению с минимальными способами обработки почвы. Это позволяет рассматривать данный способ обработки как наиболее эффективный с точки зрения уменьшения затрат влаги на формирование урожая.

На рисунке 2 представлена средняя урожайность яровой твердой пшеницы за три года (2023-2025 гг.). Для статистической оценки влияния изучаемых факторов на урожайность был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) по каждому году исследований. Получены следующие значения НСР₀₅ для 2023, 2024 и 2025 гг.:

- для фактора А (предшественник) – 0,93 ц/га, 0,72 ц/га и 1,38 ц/га;
- для фактора В (способ обработки почвы) – 1,14 ц/га, 0,89 ц/га и 1,69 ц/га;
- для взаимодействия факторов АВ – 1,61 ц/га, 1,25 ц/га и 2,39 ц/га.

Средняя урожайность по опыту составила: 21,2 ц/га, 16,4 ц/га и 27,2 ц/га соответственно. Показатели точности опыта были высокими во все годы исследования ($V < 10\%$).

На основе анализа результатов установлено, что различия между уровнями факторов статистически значимы ($P \leq 0,05$), что подтверждает существенное влияние как способа обработки почвы, так и предшественника на урожайность. Для анализа использовался критерий Фишера. В случае значимых различий ($P \leq 0,05$) можно утверждать, что влияние этих факторов не является случайным. Средняя между способами обработки почвы урожайность пшеницы по сорго превышает ее урожайность по нуту на 0,30 т/га. Это характеризует сорго как более предпочтительный предшественник для яровой твердой пшеницы, чем нут.

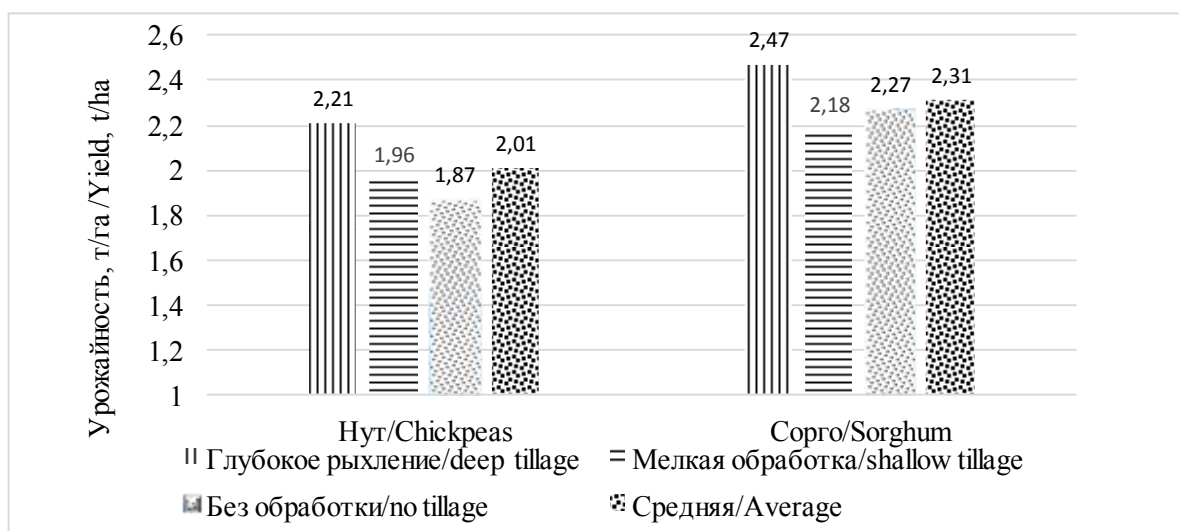


Рисунок 2. Изменение урожайности яровой твердой пшеницы под влиянием предшественника и способа обработки почвы

Figure 2. Change in the yield of spring durum wheat under the influence of predecessors and soil cultivation methods

Из способов обработки почвы преимущество перед мелкой обработкой и вариантом без обработки имеет глубокое рыхление, как по нуту, так и после сорго. При этом по нуту урожайность культуры уменьшается по мере снижения интенсивности обработки почвы: от глубокого рыхления к нулевой обработке. Тогда как по сорго наблюдается достоверное во все годы исследований, а значит, и среднего значения, повышение урожайности на 0,30 т/га при отказе от обработки почвы осенью по отношению к варианту с мелкой обработкой. Наибольший урожай зерна получен при сочетании глубокого рыхления с сорго, а наименьший – нулевой обработки и нута.

Обсуждение полученных результатов.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что водонакопительная способность почвы детерминируется совокупным взаимодействием способа обработки и мелиоративных особенностей предшествующей культуры. При этом каждый из факторов оказывает самостоятельное статистически значимое влияние, однако их совокупный эффект носит неаддитивный характер и не может быть в полной мере описан только через сумму индивидуальных вкладов. Поэтому требуется и необходима оценка эффектов изучаемых факторов отдельно.

В опыте при рассмотрении эффективности способов обработки почвы в накоплении влаги без учета предшественников глубокое рыхление позволяет аккумулировать большие запасы влаги

в почве, чем нулевая и особенно мелкая обработка почвы. Это указывает на более благоприятные условия инфильтрации и аккумуляции влаги в почвенном профиле при глубоком рыхлении из-за снижения плотности почвы и увеличения ее водопроницаемости. К такому выводу пришли в своих исследованиях Мирзаев Б.С. с соавторами (2024). Согласно их данным, при глубоком рыхлении плотность почвы уменьшается до 1,2-1,3 г/см³, а пористость увеличивается до 50 % в обрабатываемом профиле, что способствует повышению водовместимости и запасов продуктивной влаги. Аналогичные закономерности зафиксированы в работе Li W с коллегами (2022), что указывает на их универсальный характер.

Принципиально иная картина наблюдается при анализе взаимодействия способа обработки с предшественником. При мелком и глубоком рыхлении более высокие запасы влаги к периоду посева яровой пшеницы формируются в вариантах после нута. Это объясняется структурными особенностями его растительных остатков: относительно небольшая биомасса, равномерно распределенная по поверхности почвы, не создает физических препятствий для проникновения дождевых и талых вод и вместе с тем обеспечивает умеренный мульчирующий эффект, снижающий непродуктивное испарение.

Напротив, при механическом воздействии на пожнивные остатки сорго образуется мощный мульчирующий слой, который, с одной стороны, задерживает часть атмосферных осадков на поверхности и способствует их испарению с органических остатков, с другой – ограничивает инфильтрацию в нижележащие горизонты. Результирующий эффект оказывается отрицательным в отношении суммарного водонакопления, что и обуславливает относительное преимущество нута в вариантах с механической обработкой. Данный вывод хорошо согласуется с положением об оптимальной толщине соломенной мульчи как условия рационального баланса между инфильтрацией и испарением (Бакиров Ф.Г. и др., 2022).

При нулевой обработке почвы соотношение между предшественниками принципиально меняется: наибольшие запасы влаги фиксируются после сорго. Данная инверсия объясняется двумя взаимоусиливающими механизмами. Во-первых, нетронутая высокая стерня сорго эффективно задерживает снег в зимний период, обеспечивая дополнительное поступление талых вод. Во-вторых, и это представляется важным, мощная разветвленная мочковатая корневая система сорго формирует в пахотном горизонте развитую сеть пор и каналов, сохраняющуюся в интактном состоянии при отсутствии механического воздействия и обеспечивающую высокую скорость инфильтрации (Бакиров Ф.Г. и др., 2025б). Стержневая корневая система нута, при всей глубине ее проникновения, не обладает сопоставимым разуплотняющим и поровым эффектом в пределах пахотного горизонта. Механическая обработка после сорго, разрушая описанную биогенную порозность, нивелирует это преимущество, что и объясняет отмеченный парадокс: нулевая обработка после сорго превосходит по аккумулярованию влаги варианты с механическим рыхлением, тогда как после нута наблюдается противоположная зависимость.

Примечательны существенные изменения значений коэффициентов водопотребления в опыте под влиянием способов обработки почвы и предшественников. Наименьшие значения этого показателя имеет глубокое рыхление. Преимущество этого способа в снижении коэффициента водопотребления на 7-8 % объясняется несколькими механизмами. Разрушение плужной подошвы и уменьшение плотности пахотного слоя способствуют более глубокому проникновению корневой системы и использованию влаги из нижних горизонтов. Наши результаты согласуются с исследованиями, которые наблюдали снижение плотности почвы до 1,27 г/см³ при глубокой обработке, что существенно улучшило пористость, водопроницаемость и проникновение корней (Jurayev A et al., 2024).

Выявленная разница в коэффициенте водопотребления между предшественниками (149 м³/т) при сравнительно небольшом различии в суммарном расходе влаги (14 мм) свидетельствуют о том, что влияние предшественника на продукционный процесс яровой пшеницы реализуется преимущественно не через количество доступной влаги, а через качество агрофона в широком смысле – аг-

рофизические свойства почвы и, по всей видимости, аллелопатический фон. Сорго как предшественник формирует более благоприятные условия для реализации продукционного потенциала культуры, обеспечивая повышение эффективности использования влаги.

Существенность различий между уровнями факторов (способ обработки почвы и предшественник) была подтверждена дисперсионным анализом ($P \leq 0.05$). Превосходство сорго по урожайности яровой пшеницы на 0,30 т/га согласуется с литературными данными. Например, в исследованиях Schlegel A с коллегами (2019) урожайность зерна пшеницы при повторном выращивании в среднем составляла около 60 % от урожайности пшеницы, выращенной после сорго. Это при том, что пшеница достаточно хорошо переносит повторные посевы. Так, в опытах, проведенных на черноземах южных Оренбургского Предуралья даже в бессменных посевах, яровая пшеница в среднем за 30 лет снизила урожайность всего на 1,4 ц/га или на 13,7 % по сравнению с другими предшественниками, а в отдельные годы давала урожайность, близкую урожайности по пару (Максютов Н.А. и др., 2020).

Особый интерес представляет взаимодействие факторов, проявляющееся в различной реакции урожайности на интенсивность обработки почвы в зависимости от предшественника. После нута снижение интенсивности механического воздействия сопровождается закономерным падением урожайности, что обусловлено прогрессирующим уплотнением почвы и усилением ингибирующего воздействия разлагающихся растительных остатков нута на начальные этапы онтогенеза яровой пшеницы (Бакиров Ф.Г. и др., 2025а). После сорго нулевая обработка превосходит мелкое рыхление на 0,30 т/га: созданная корневой системой порозность, сохраненная при отсутствии механического вмешательства, в совокупности с низким аллелопатическим потенциалом соломы сорго создает условия, компенсирующие отсутствие механической подготовки поля.

Максимальная урожайность, зафиксированная в варианте «глубокое рыхление×сорго», является результатом синергетического взаимодействия обоих факторов: благоприятный агрофон, сформированный предшественником, усиливается оптимизацией водно-физических свойств почвы, достигаемой при глубокой обработке.

Заключение.

Проведенные исследования позволяют сформулировать ряд практически значимых выводов относительно оптимизации агротехнических приемов возделывания яровой твердой пшеницы в семиаридных условиях.

Глубокое рыхление почвы обеспечивает формирование наибольших запасов продуктивной влаги к моменту посева и наиболее эффективное ее использование в течение вегетации, что проявляется в снижении коэффициента водопотребления на 7-8 % по сравнению с минимальными способами обработки.

Влияние предшественников на накопление влаги проявляется дифференцированно в зависимости от способа обработки: после нута преимущество имеют варианты с механическим воздействием, тогда как после сорго нулевая обработка обеспечивает лучшее накопление влаги благодаря сохранению стеблестоя и разуплотнению пахотного слоя своей мощной корневой системой.

Эффективность водопотребления существенно зависит от предшественника: коэффициент водопотребления по сорго (980 м³/т) на 149 м³/т ниже, чем по нуту (1129 м³/т), что характеризует сорго как более предпочтительный предшественник для яровой твердой пшеницы в условиях региона. Это подтверждается и более высокой урожайностью пшеницы по сорго – в среднем на 0,30 т/га выше, чем по нуту.

Статистически значимое ($p < 0,05$) влияние обоих изучаемых факторов и их взаимодействие определяют необходимость дифференцированного подхода к выбору способа обработки почвы в зависимости от предшественника. По нуту целесообразно применение глубокого рыхления, обеспечивающего лучшее влагонакопление и снижение аллелопатического эффекта органических остатков.

Наиболее адаптивным сочетанием для условий Оренбургского Предуралья является глубокое рыхление после сорго, обеспечивающее оптимальный водный режим почвы, эффективное водопотребление и максимальную урожайность яровой твердой пшеницы. Данное сочетание может быть рекомендовано для производственного применения в степной зоне региона с аналогичными почвенно-климатическими условиями. При необходимости минимизации обработки по сорго предпосевное следует отдавать полному отказу от нее (нулевая обработка), а не мелкому рыхлению.

Полученные результаты вносят вклад в развитие адаптивных технологий возделывания яровой твердой пшеницы в засушливых условиях и могут быть использованы при разработке систем земледелия в Оренбургском Предуралье.

Список источников

1. Бакиров Ф.Г., Поляков Д.Г., Васильев И.В. Накопление и сохранение влаги почвенной и соломенной мульчей в Оренбургской области // Земледелие. 2022. № 3. С. 3-7. [Bakirov FG, Polyakov DG, Vasiliev IV. Accumulation and preservation of soil and straw mulch moisture in the Orenburg region. Zemledelie. 2022;3:3-7. (In Russ.)]. doi:10.24412/0044-3913-2022-3-3-7
2. Беляев В.И., Кузнецов В.Н. Влияние основной обработки почвы на запасы почвенной влаги перед посевом яровых культур в различных агроклиматических условиях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. №1(243). С. 49-56. [Belyaev VI, Kuznetsov VN. Effect of basic tillage on soil moisture storage before spring crop sowing under different agro-climatic conditions. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2025;1(243):49-56. (In Russ.)]. doi: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56
3. Васильев И.В., Федюнин С.А., Шустер А.В. Влияние минимизации обработки почвы на условия развития и урожайность яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2(64). С. 11-13. [Vasiliev IV, Fedyunin SA, Shuster AV. Influence of minimization of soil cultivation on the conditions of spring wheat development and yielding capacities in the steppe zone of South Ural. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2017;2(64):11-13. (In Russ.)].
4. Влагообеспеченность почвы в зависимости от систем основной обработки в первой ротации севооборота с масличными культурами / В.П. Савенков, А.В. Дедов, Н.Н. Хрюкин, А.М. Епифанцева // Масличные культуры. 2020. № 1(181). С. 49-56. [Savenkov VP, Dedov AV, Khryukin NN, Epifantseva AM. Soil water availability depending on primary soil treatment in crop rotation with oil crops. Oilseed crops. 2020;1(181):49-56. (In Russ.)]. doi: 10.25230/2412-608X-2020-1-181-49-56
5. Влияние глубины и способа обработки почвы на ослабление засухи в Оренбургской области / В.Ю. Скороходов, Н.А. Максюттов, А.А. Зоров и др. // Плодородие. 2022. № 2(125). С. 29-33. [Skorokhodov VYu, Maksyutov NA, Zorov A, et al. The role of the depth and method of winter tillage in reducing drought in the Orenburg Region. Plodorodie. 2022;2(125):29-33. (In Russ.)]. doi: 10.25680/S19948603.2022.125.08
6. Влияния органических остатков нута и сорго на всхожесть и урожайность яровой твердой пшеницы, выращиваемой по технологии прямого посева / Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, А.В. Филиппова и др. // Селекция, генетика, семеноводство и биотехнология: современное состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф., (г. Оренбург, 16-17 окт. 2025 г.). Оренбург, 2025а. С. 224-229. [Bakirov FG, Didenko VV, Filippova AV, et al. Vliyaniya organicheskikh ostatkov nuta i sorgo na vskhozhest i urozhainost yarovoi tvyordoi pshenitsi, virashchivaemoi po tekhnologii pryamogo poseva. (Conference proceedings) Selektsiya, genetika, semenovodstvo i biotekhnologiya: sovremennoe sostoyanie i perspektivi razvitiya: materiali mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Orenburg, 16-17 okt. 2025 g.). Orenburg; 2025a:224-229. (In Russ.)].

7. Коржов С.И., Антипова А.Н., Летучий А.В. Влияние способов основной обработки почвы и влагообеспеченности на элементы структуры урожая сои // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 15-19. [Korzhov SI, Antipova AN, Letuchy AV. Influence of basic soil treatment and moisture supply on the structural elements of soybean harvest. The Agrarian Scientific Journal. 2023;4:15-19. (In Russ.)]. doi: 10.28983/asj.y2023i4pp15-19
8. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н. Влияние элементов технологий возделывания на влагообеспеченность посевов ярового ячменя в условиях Курской области // Земледелие. 2023. № 2. С. 32-36. [Lazarev VI, Minchenko ZhN. 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: 10.24412/0044-3913-2023-2-32-36
9. Матвеева Н.И. Водный режим сельскохозяйственных культур в зависимости от вида основной обработки почвы // Национальная ассоциация ученых (НАУ) 2021. № 64. С. 4-6. [Matveeva NI. Water regime of agricultural crops in depending on the type of basic tillage. National Association of Scientists (NAU). 2021;64:4-6. (In Russ.)].
10. Минимизация обработки почвы как важный элемент биологизации земледелия в Оренбуржье / Ф.Г. Бакиров, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.В. Диденко, А.П. Долматов // Животноводство и кормопроизводство. 2025б. Т. 108. № 2. С. 172-185. [Bakirov FG, Vasiliev IV, Filippova AV, Didenko VV, Dolmatov AP. Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025b;108(2):172-185. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>
11. Минимизация основной обработки почвы под яровой ячмень в условиях Курской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.Н. Морозов, А.В. Шумаков // Земледелие. 2023. № 2. С. 42-46. [Dubovik DV, Dubovik E.V, Morozov AN, Shumakov AV. Minimization of the main tillage for spring barley under the conditions of the Kursk region. Zemledelie. 2023;2:42-46. (In Russ.)]. doi: 10.24412/0044-3913-2023-2-42-46
12. Мирзаев Б.С., Балабанов В.И., Макаров А.А. Улучшение агрофизических свойств почв глубоким рыхлением // Природообустройство. 2024. № 5. С. 49-56. [Mirzaev BS, Balabanov VI, Makarov AA. Improvement of agrophysical properties of soils by deep loosening. Prirodoobustrojstvo. 2024;5:49-56. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-49-56>
13. Основные факторы влияния на продуктивность яровой мягкой пшеницы в степной зоне Южного Урала / Н.А. Максюттов, А.А. Зоров, В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов, Ю.В. Кафтан, Н.А. Зенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5(85). С. 27-31. [Maksyutov NA, Zorov AA, Skorokhodov VYu, Mitrofanov DV, Kaftan YuV, Zenkova NA. The main factors influencing the productivity of triticum aestivum in the steppe zone of the Southern Urals. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;5(85):27-31. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-27-31
14. Продуктивная влага и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя / Н.А. Морозов, Н.А. Ходжаева, А.И. Хрипунов, Е.Н. Община // Аграрная наука. 2021. № 349(5). С. 47-50. [Morozov NA, Khodzhaeva NA, Khripunov AI, Obshchiya EN. Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe belt of the Stavropol region. Agrarian Science. 2021;349(5):47-50. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>
15. Радовня В.А. Влияние предшественников и обработки почвы на продуктивность подсолнечника в условиях дерново-подзолистых почв // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3(43). С. 114-122. [Radovnya VA. Influence of predecessors and tillage on sunflower productivity in soddy-podzolic soils. Legumes and Groat Crops. 2022;3(43):114-122. (In Russ.)]. doi: 10.24412/2309-348X-2022-3-114-122
16. Семинченко Е.В. Влияние способов обработки почвы на ее водно-физические свойства в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья // Агрохимия. 2021. № 12. С. 75-81. [Seminchenko EV. Influence of treatment on the physical and chemical properties of the soil in

the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region. *Agrohimia*. 2021;12:75-81. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S0002188121120139

17. 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. [Skorohodov VYu. The level of productive moisture depending on the predecessor, the period and type of tillage on chernozems of the Southern Orenburg Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;1(81):13-19. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19

18. Эффективность использования почвенной влаги при дифференцированном посеве яровой пшеницы / В.И. Беляев, В.В. Садов, А.А. Смышляев, Е.Д. Кошелева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2024. № 9(239). С. 23-30. [Belyaev VI, Sadov VV, Smyshlyaev AA, Kosheleva ED. Efficiency of using soil moisture at differentiated sowing of spring wheat. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2024;9(239):23-30. (*In Russ.*)]. doi: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-23-30

19. Ямщиков М.А., Пакуль В.Н. Влияние системы обработки на содержание продуктивной влаги в почве в северной лесостепи Кузнецкой котловины // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3(117). С. 55-59. [Yamshchikov MA, Pakul VN. The effect of the treatment system on the content of productive moisture in the soil in the northern forest-steppe of the Kuznetsk Basin. *International Research Journal*. 2022;3(117):55-59. (*In Russ.*)]. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.117.3.048>

20. Jurayev A, Olimova M, Muqimjonov I. Impact of soil tillage methods on bulk density. *Ekonomika i sotsium*. 2024;12-1(127):180-182.

21. Li W, Yang J, Tang C, Liu X, Xie W, Yao R, Wang X. The temporal-spatial dynamic distributions of soil water and salt under deep vertical rotary tillage on coastal saline soil. *Water*. 2022;14(21):3370. <https://doi.org/10.3390/w14213370>

22. Modiba MM, Ocansey CM, Ibrahim HTM, Birkás M, Dekemati I, Simon B. Assessing the impact of tillage methods on soil moisture content and crop yield in Hungary. *Agronomy*. 2024;14(8):1606. doi: 10.3390/agronomy14081606

23. Schlegel A, Holman J, Burnett A. Wheat and grain sorghum in four-year rotations. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 2019;5(7). doi: 10.4148/2378-5977.7813

References

1. Bakirov FG, Polyakov DG, Vasiliev IV. Accumulation and preservation of soil and straw mulch moisture in the Orenburg region. *Agriculture*. 2022;3:3-7. doi:10.24412/0044-3913-2022-3-3-7
2. Belyaev VI, Kuznetsov VN. Effect of basic tillage on soil moisture storage before spring crop sowing under different agro-climatic conditions. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2025;1(243):49-56. doi: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56
3. Vasilyev IV, Fedyunin SA, Shuster AV. Influence of minimization of soil cultivation on the conditions of spring wheat development and yielding capacities in the steppe zone of South Ural. *News of Orenburg State Agrarian University*. 2017;2(64):11-13.
4. Savenkov VP, Dedov AV, Khryukin NN, Epifantseva AM. Soil water availability depending on primary soil treatment in crop rotation with oil crops. *Oilseed crops*. 2020;1(181):49-56. doi: 10.25230/2412-608X-2020-1-181-49-56
5. Skorokhodov VYu, Maksyutov NA, Zorov A, et al. The role of the depth and method of winter tillage in reducing drought in the Orenburg Region. *Fertility*. 2022;2(125):29-33. doi: 10.25680/S19948603.2022.125.08

6. Bakirov FG, Didenko VV, Filippova AV, et al. The influence of organic residues of chickpea and sorghum on the germination and yield of spring durum wheat grown using direct seeding technology (Conference proceedings) Breeding, genetics, seed production and biotechnology: current state and development prospects: materials of the international. scientific and practical. conf., (Orenburg, October 16-17, 2025). Orenburg; 2025a:224-229.
7. Korzhov SI, Antipova AN, Letuchy AV. Influence of basic soil treatment and moisture supply on the structural elements of soybean harvest. The Agrarian Scientific Journal. 2023;4:15-19. doi:10.28983/asj.y2023i4pp15-19
8. Lazarev VI, Minchenko ZhN. The influence of cultivation technologies elements on the moisture supply of spring barley crops under the conditions of the Kursk region. Agriculture. 2023;2:32-36. doi:10.24412/0044-3913-2023-2-32-36
9. Matveeva NI. Water regime of agricultural crops in depending on the type of basic tillage. National Association of Scientists (NAU). 2021;64:4-6.
10. Bakirov FG, Vasiliev IV, Filippova AV, Didenko VV, Dolmatov AP. Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025b;108(2):172-185. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>
11. Dubovik DV, Dubovik E.V, Morozov AN, Shumakov AV. Minimization of the main tillage for spring barley under the conditions of the Kursk region. Agriculture. 2023;2:42-46. doi: 10.24412/0044-3913-2023-2-42-46
12. Mirzaev BS, Balabanov VI, Makarov AA. Improvement of agrophysical properties of soils by deep loosening. Nature management. 2024;5:49-56. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-49-56>
13. Maksyutov NA, Zorov AA, Skorokhodov VYu, Mitrofanov DV, Kaftan YuV, Zenkova NA. The main factors influencing the productivity of triticum aestivum in the steppe zone of the Southern Urals. News of Orenburg State Agrarian University. 2020;5(85):27-31. doi: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-27-31
14. Morozov NA, Khodzhaeva NA, Khripunov AI, Obshchiya EN. Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe belt of the Stavropol region. Agrarian Science. 2021;349(5):47-50. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>
15. Radovnya VA. Influence of predecessors and tillage on sunflower productivity in sod-podzolic soils. Legumes and Groat Crops. 2022;3(43):114-122. doi: 10.24412/2309-348X-2022-3-114-122
16. Semichenko EV. Influence of treatment on the physical and chemical properties of the soil in the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region. Agrohimiya. 2021;12:75-81. doi: 10.31857/S0002188121120139
17. Skorokhodov VYu. The level of productive moisture depending on the predecessor, the period and type of tillage on chernozems of the Southern Orenburg Urals. News of Orenburg State Agrarian University. 2020;1(81):13-19. doi: 10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19
18. Belyaev VI, Sadvov VV, Smyshlyaev AA, Kosheleva ED. Efficiency of using soil moisture at differentiated sowing of spring wheat. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2024;9(239):23-30. doi: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-23-30
19. Yamshchikov MA, Pakul VN. The effect of the treatment system on the content of productive moisture in the soil in the northern forest-steppe of the Kuznetsk Basin. International Research Journal. 2022;3(117):55-59. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.117.3.048>
20. Jurayev A, Olimova M, Muqimjonov I. Impact of soil tillage methods on bulk density. Economy and society. 2024;12-1(127):180-182.
21. Li W, Yang J, Tang C, Liu X, Xie W, Yao R, Wang X. The temporal-spatial dynamic distributions of soil water and salt under deep vertical rotary tillage on coastal saline soil. Water. 2022;14(21):3370. <https://doi.org/10.3390/w14213370>

22. Modiba MM, Ocansey CM, Ibrahim HTM, Birkás M, Dekemati I, Simon B. Assessing the impact of tillage methods on soil moisture content and crop yield in Hungary. *Agronomy*. 2024;14(8):1606. doi:10.3390/agronomy14081606

23. Schlegel A, Holman J, Burnett A. Wheat and grain sorghum in four-year rotations. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 2019;5(7). doi:10.4148/2378-5977.7813

Информация об авторах:

Фарит Галиуллович Бакиров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(987)7804245.

Виктория Владимировна Диденко, аспирант кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(922)8385557.

Игорь Владимирович Васильев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агротехнологий, землеустройства и пищевых производств, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(912)8453335.

Ася Вячеславовна Филиппова, доктор биологических наук, заведующий кафедрой земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7 (961)9208322.

Виктор Борисович Щукин, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(922)6219089.

Галина Васильевна Петрова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(922)8762652.

Information about the authors:

Farit G Bakirov, Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(987)7804245.

Victoria V Didenko, postgraduate student of the department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(922)8385557.

Igor V Vasiliev, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Agricultural Technologies, Land Management and Food Production, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(912)8453335.

Asya V Filippova, Dr. Sci. (Biology), Head of the Department of Agriculture, Agroecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, 18, tel.: +7(961)9208322.

Viktor B Shchukin, Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(922)6219089.

Galina V Petrova, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(922)8762652.

Статья поступила в редакцию 26.02.2026; одобрена после рецензирования 24.03.2026; принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 26.02.2026; approved after reviewing 24.03.2026; accepted for publication 15.06.2026.