

## Водопотребление и продуктивность яровой пшеницы на разных технологиях возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья

**А. Л. Тойгильдин**<sup>✉</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

**И. А. Тойгильдина**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

**Н. А. Богданов**, аспирант кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

**Н. А. Хайрtdинова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, химия, биология и технологии переработки продукции растениеводства»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017 г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; <sup>✉</sup>zemledelugsha@yandex.ru

**Резюме.** Технология прямого посева полевых культур в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья изучена недостаточно. Цель исследований: оценить эффективность технологии прямого посева яровой пшеницы и норм внесения минеральных удобрений в накоплении и использовании продуктивной влаги на формирование урожая яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Исследования проводились в стационарном 2-факторном полевом опыте, где изучено влияние рекомендованной технологии обработки почвы и прямого посева на различных фонах минеральных удобрений на влагообеспеченность и урожайность яровой пшеницы сорта Бурлак. Установлено, что технология прямого посева имела преимущество по накоплению продуктивной влаги в почве к посеву яровой пшеницы на 11,6...16,7 мм (на 8,1...11,7 %) по сравнению с рекомендованной технологией, к тому же растения более эффективно использовали продуктивную влагу, о чем свидетельствуют более низкие значения коэффициента водопотребления. В целом технологии оказали равноценное влияние на урожайность яровой пшеницы, достоверных различий в урожайности не выявлено, что говорит о возможности применения технологии прямого посева яровой пшеницы на черноземе выщелоченном в Среднем Поволжье. Внесение минеральных удобрений позволяло более эффективно использовать продуктивную влагу: при норме  $N_{45}P_{30}K_{30}$  повышало урожайность яровой пшеницы на 0,75 т/га или на 25,6 % по рекомендованной технологии и на 0,65 т/га или 22,2 % по технологии прямого посева, окупаемость минеральных удобрений урожаем составила 4,10...4,19 кг/га. При внесении  $N_{90}P_{60}K_{60}$  ее урожайность возрастала, но окупаемость снизилась до 3,14...3,19 кг/кг. Проведенные исследования доказывают эффективность технологии прямого посева яровой пшеницы, очевидное преимущество которой заключается в сокращении производственных затрат и более высокой их окупаемости.

**Ключевые слова:** прямой посев, яровая пшеница, продуктивная влага, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Тойгильдин А. Л., Тойгильдина И. А., Богданов Н. А., Хайрtdинова И. А. Водопотребление и продуктивность яровой пшеницы на разных технологиях возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). 13-20 С.

Исследование выполнено в рамках тематического плана-задания Министерства сельского хозяйства РФ, регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР № 123031600036-5

## Water consumption and productivity of spring wheat using different cultivation technologies in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region

**A. L. Toygildin**<sup>✉</sup>, **I. A. Toygildina**, **N. A. Bogdanov**, **N. A. Khairtdinova**

FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

432017 Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; <sup>✉</sup>zemledelugsha@yandex.ru

**Abstract.** The research was carried out to evaluate the effectiveness of direct sowing technology of spring wheat and application rates of mineral fertilizers in accumulation and usage of productive moisture for formation of a spring wheat yield in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. The experiment was carried out in a stationary 2-factor field experiment, where the influence of the recommended soil tillage technology and direct sowing in combination with various backgrounds of mineral fertilizers on moisture supply and yield of spring wheat of Burlak variety was studied. The direct sowing technology had an advantage in productive moisture accumulation in the soil before sowing spring wheat by 11.6-16.7 mm (8.1-11.7%) compared to the recommended technology, in addition, plants used productive moisture more efficiently, as evidenced by lower values of water consumption coefficient. In general, the technologies

had a similar effect on yield of spring wheat and no significant differences in yield were found, which indicates the possibility of using the technology of direct sowing of spring wheat on leached black soil in the Middle Volga region. The application of mineral fertilizers made it possible to use productive moisture more efficiently: at a dose of  $N_{45}P_{30}K_{30}$ , it increased the yield of spring wheat by 0.75 t/ha or 25.6% using the recommended technology and by 0.65 t/ha or 22.2% using direct sowing technology, the payback of mineral fertilizers by harvest time was 4.10-4.19 kg/ha. When  $N_{90}P_{60}K_{60}$  was applied, its yield increased, but the payback decreased to 3.14-3.19 kg/kg. The conducted studies prove the effectiveness of direct sowing technology of spring wheat, the obvious advantage of which is the reduction of production costs and their higher return on investment.

**Keywords:** direct sowing, spring wheat, productive moisture, economic efficiency.

**For citation:** Toygildin A. L., Toygildina I. A., Bogdanov N. A., Khairtdinova N.A. Water consumption and productivity of spring wheat using different cultivation technologies in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2023;4(64): 13-20

##### Введение

Отрасль растениеводства и ее развитие оказывает прямое влияние на продовольственную безопасность регионов и страны в целом, является важным социально-экономическим фактором развития сельских территорий, а характер использования земли определяет состояние окружающей среды и состояние климата.

Между тем на землях сельскохозяйственного назначения ежегодные некомпенсированные потери составляют 0,4...0,8 т/га гумуса в дерново-подзолистых почвах и 0,8...1,2 т/га – в черноземах [1], что приводит к повсеместному снижению их плодородия и деградации.

Деградация почв происходит не только из-за нерационального использования территорий, но и в результате дефляции и водной эрозии, особенно в степных регионах. По расчётам К.А. Мальцева и О.П. Ермолаева [2], среднегодовые потери гумуса пахотных земель европейской части России от эрозии составляют от 3,6 до 6,0 т/га, а в зонах периодических засух, где широко применяются чистые пары, теряется за год до 2,5 т/га гумуса [3].

В засушливых условиях перспективу имеют приемы, оказывающие влияние на накопление, сохранение и рациональное использование влаги из почвы в процессе возделывания полевых культур. К подобным технологиям относится возделывание сельскохозяйственных культур без обработки почвы, когда в течение длительного времени (не менее четырёх лет) почва не обрабатывается, на её поверхности сохраняются растительные остатки до полного их разложения [4, 5].

Данная технология пользуется все большей популярностью среди производителей, что объясняется ресурсосбережением, способностью накопления влаги и возможностью защиты почв от эрозионных процессов и дефляции. Между тем в России не прекращаются споры об эффективности технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы. Некоторые авторы считают ее высокоэффективной, способствующей росту урожайности и экономической эффективности растениеводства [3, 6, 7, 8], другие, напротив, – неприемлемой для почвенных климатических условий нашей страны. Зачастую ученые, опираясь на данные своих научных исследований, обосновывают

непригодность этой технологии [9, 10], в то время, как производственники в этих же условиях много лет подряд получают по ней хорошие результаты [11].

Следовательно, актуальность проведения комплексных исследований по оценке эффективности технологии прямого посева не вызывает сомнений.

Цель исследований: оценить эффективность технологии прямого посева яровой пшеницы и норм внесения минеральных удобрений в накоплении и использовании продуктивной влаги на формирование урожая яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Задачи исследований:

- изучить динамику содержания продуктивной влаги в посевном и метровом слоях почвы по технологиям посева яровой пшеницы;
- определить водопотребление яровой пшеницы по технологиям посева и нормам внесения минеральных удобрений;
- оценить влияние технологий посева и норм минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы;
- дать оценку эффективности использования минеральных удобрений при различных технологиях.

##### Материалы и методы

Исследования эффективности технологии возделывания яровой пшеницы проводились в 2-факторном стационарном полевом опыте кафедры земледелия, растениеводства и селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Яровая пшеница возделывалась в 6-польном зерновом севообороте со следующей схемой чередования: рапс яровой – озимая пшеница – соя – яровая пшеница – гречиха – ячмень. Объектом нашего изучения являлась яровая пшеница сорта Никон с нормой высева 5,0 млн. шт./га.

В опыте изучались следующие факторы:

Фактор А – технология посева:

$A_0$  – рекомендованная технология (после уборки сои – дискование на 10-12 см; вспашка на 25-27 см, ранневесеннее боронование, культивация на 6-8 см, посев, прикатывание). Использовалась серийная сельскохозяйственная техника: БДТ-3х4; ПЛН-5-35; БЗТС-1; КПС-4; СЗ-5,4; ОП-3000.

$A_1$  – прямой посев (внесение гербицида на основе глифосат кислоты – 2 л/га перед посевом,

прямой посев). Использовалась следующая техника: опрыскиватель ОП-3000 и сеялка прямого посева СПС-4000. Сроки посева яровой пшеницы – 20 апреля в 2021 году, 4 мая в 2022 году и 25 апреля в 2023 году.

Фактор В – нормы внесения минеральных удобрений:

$V_0$  – без удобрений;

$V_1$  –  $N_{45}P_{30}K_{30}$  (1 вариант технологии – под культивацию диаммофоска – 115 кг/га, подкормка аммиачной селитрой в период кущения – 94 кг/га; 2 вариант – прямой посев с удобрениями – диаммофоска 115 кг/га; подкормка аммиачной селитрой в период кущения – 94 кг/га);

$V_2$  –  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (1 вариант – под культивацию диаммофоска – 230 кг/га, подкормка аммиачной селитрой в период кущения – 94 кг/га + подкормка аммиачной селитрой в фазу выхода в трубку – 94 кг/га; 2 вариант – прямой посев с удобрениями – диаммофоска 230 кг/га; подкормка аммиачной селитрой в период кущения – 94 кг/га + подкормка аммиачной селитрой в фазу выхода в трубку – 94 кг/га).

Защита посевов от вредных организмов заключалась в протравливании семян (Иншур Перформ, КС 0,4 л/т), обработке посевов по вегетации гербицидом (Примадонна, СЭ 0,5 л/га), инсектицидом (Фастак, КЭ 0,1 л/га) и фунгицидом (Рекс Плюс, СЭ 0,8 л/га).

Повторность опыта 3-кратная, размещение систематическое методом наложения. Размер делянок первого порядка 648 м<sup>2</sup> (36\*18), второго 324 м<sup>2</sup> (18\*18).

Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднесуглинистый со следующими характеристиками – по содержанию гумуса почва опытного участка относится к малогумусным, реакция среды в пахотном слое почвы – слабокислая, содержание подвижного фосфора и обменного калия – высокое.

Годы исследований существенно отличались по погодным условиям. В 2021 году сумма осадков за период май-июль составила 137 мм, а среднесуточная температура воздуха по месяцам: май – 18,1 оС, июнь – 21,8 оС и июль – 21,5 оС, расчеты показывают, что гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову составил 0,73 ед.

В 2022 году в течение вегетации яровой пшеницы отмечалось переувлажнение на фоне низких среднесуточных температур воздуха: за май-июль выпало 216,8 мм осадков, при среднесуточной температуре воздуха – май – 9,7 оС, июнь – 18 оС и июль – 20,7 оС и ГТК = 1,46 ед.

Самым засушливым оказался 2023 год, когда сумма осадков за май-июль составила 45,5 мм, при среднесуточной температуре воздуха – май – 11,6 оС, июнь – 17,6 оС и июль – 21,9 оС и ГТК = 0,26 ед.

Для более полной характеристики погодных условий за годы проведения исследований мы воспользовались климаграммами, построенными по

методу Н. Walter, которые позволяют более качественно оценить погодные условия и степень сухости условий за период вегетации, по ним можно наглядно сопоставить погодные условия разных лет исследований. Это достигается выбором на графике масштаба, в соответствии с которым для каждого месяца указана среднесуточная температура воздуха в градусах Цельсия и среднеемесячное количество осадков в миллиметрах (на каждые 10 градусов воздуха приходится 30 мм осадков). В случае если линия температуры выше линии осадков, складывается засушливый период, а если линия осадков выше линии температуры, то период характеризуется как увлажненный и более благоприятный для роста и развития растений.

Анализ полученных графиков показал, что наиболее засушливый вегетационный период сложился в 2023 году, когда суммарное испарение за период апрель-июль превалировало над количеством осадков 498 мм (по данным цифровой погодной станции Ульяновского ГАУ Kairos [12]). Наиболее благоприятным для роста и развития яровой пшеницы сложился 2022 год, следует отметить, что в июле выпало 113,8 мм при среднемноголетней норме 58 мм.

2021 год занимал промежуточное положение между засушливым 2023 годом и благоприятным 2022 годом (рис. 1).

### Результаты

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья влагообеспеченность посевов является одним из главных факторов определяющим продуктивность полевых культур [13, 14]. Известно, что накопление влаги в почве определяется количеством осадка, выпавших при среднесуточной температуре воздуха не более 15 °С (в условиях Среднего Поволжья – сентябрь – ноябрь, март, апрель), также свойствами почвы, а прежде всего агрофизическим состоянием и содержанием органического вещества.

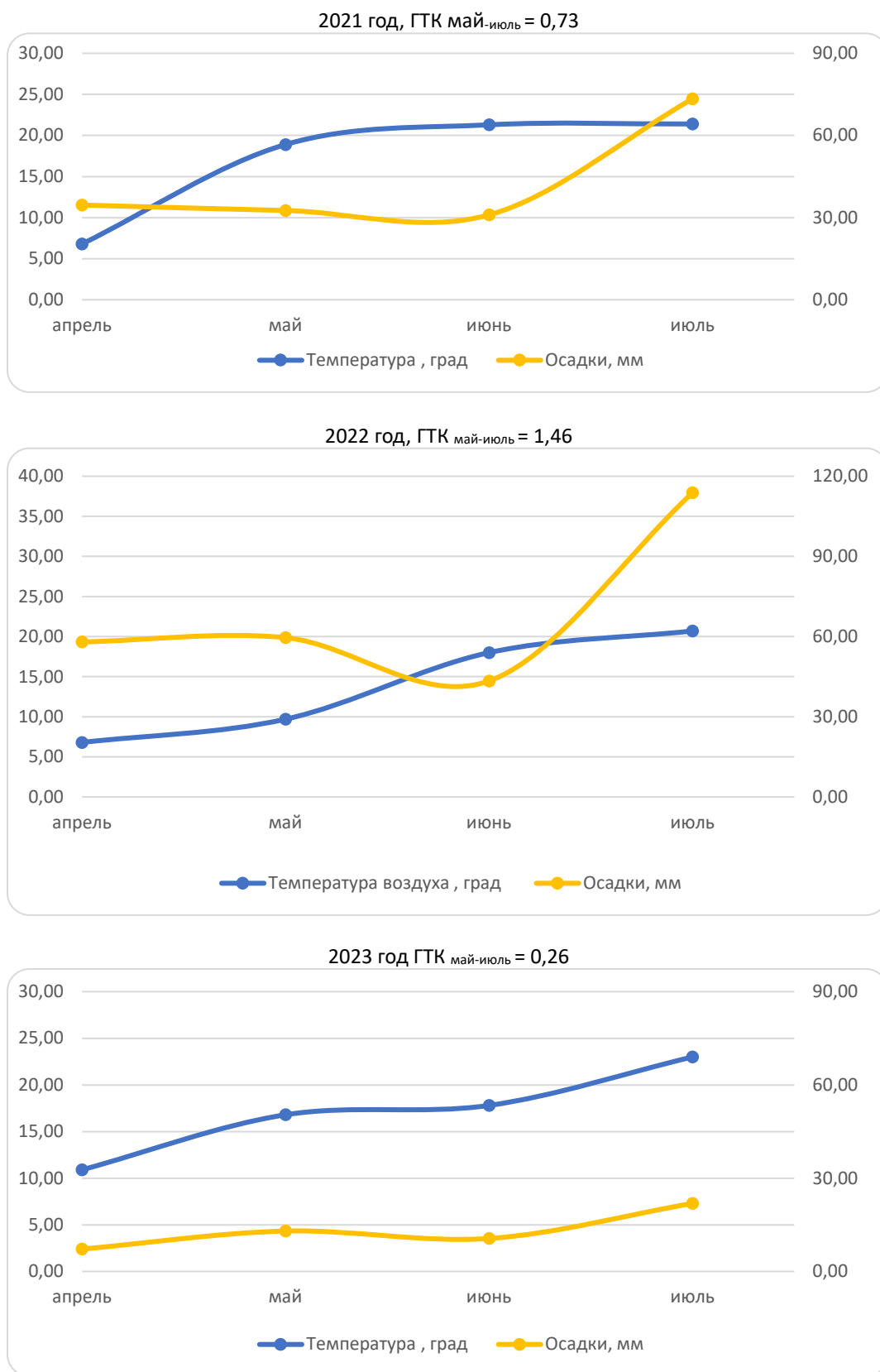
Наши исследования показали, что в среднем за 3 года к посеву яровой пшеницы в слое почвы 0...20 см по технологии прямого посева в весенний период содержалось 25,0...25,8 мм влаги, что больше, чем на рекомендованной технологии (с предварительной подготовкой почвы) на 2,0...3,1 мм или на 8,7...13,7 % (табл. 1).

В слое почвы 0-100 см на технологии прямого посева также содержалось больше продуктивной влаги на 11,6...16,7 мм или на 8,1...11,7 %. Преимущество технологии прямого посева по влагообеспеченности посевов сохранилось до уборки яровой пшеницы.

Суммарное водопотребление растениями яровой пшеницы складывалось из потребления влаги из почвы и выпавших осадков в течение вегетации, данные представлены в табл. 2.

За вегетационный период посевами яровой пшеницы было израсходовано в среднем 207,9...216,6 мм по рекомендованной технологии и

#### 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)



**Рис. 1. Климатграммы по методике Walter за годы проведения исследований**  
Исследования проводились по общепринятым методикам.

203,3...208,9 мм по прямому посеву. Различия отмечались по фонам удобрений, на фоне без удобрений растениями было израсходовано меньше влаги как

на рекомендованной технологии (207,9 мм), так и на прямом посеве (203,3 мм).

Одним из информативных показателей использования растениями влаги является коэффициент

**Таблица 1. Динамика запасов продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы в зависимости от агротехнологий, мм (2021-2023 гг.)**

Технология	Удобрения	Слой почвы, см	Период определения		
			Посев	Колошение	Уборка
Рекомендованная	б/у	0-20	22,6	15,9	12,1
		0-100	141,6	75,2	54,0
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	23,4	15,4	12,0
		0-100	143,0	76,1	51,8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0-20	23,0	15,0	11,4
		0-100	142,8	76,2	49,5
Прямой посев	б/у	0-20	25,7	18,6	16,0
		0-100	155,6	83,4	72,6
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	25,8	18,0	15,6
		0-100	159,5	82,0	69,9
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0-20	25,0	17,3	16,0
		0-100	154,4	81,3	66,3

**Таблица 2. Водопотребление яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания за 2021-2023 гг.**

Технология	Удобрение	Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм		Убыло из почвы, мм	Осадки, мм	Водопотребление,	
		посев	уборка			Q, мм	Кв, м <sup>3</sup> /т
Рекомендованная	б/у	141,6	54,0	87,6	120,3	207,9	710
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	146,0	49,8	96,2	120,3	216,5	588
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	142,8	46,5	96,3	120,3	216,6	557
Прямой посев	б/у	155,6	72,6	83,0	120,3	203,3	696
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	159,5	70,9	88,6	120,3	208,9	585
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	154,4	66,3	88,1	120,3	208,4	547

**Таблица 3. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, т/га**

Технология Фактор А	Норма удобрения Фактор В	Год			В среднем	В среднем по факторам	
		2021	2022	2023		А	В
Рекомендованная	б/у	2,42	3,73	2,63	2,93	3,50	2,92
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,86	4,66	3,52	3,68		
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,09	4,80	3,77	3,89		3,63
Прямой посев	б/у	2,48	3,69	2,59	2,92	3,43	3,85
	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,91	4,37	3,43	3,57		
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,14	4,61	3,69	3,81		
НСР <sub>05</sub>	част.раз.	0,19	0,27	0,15	-	-	-
	А	0,11	0,16	0,09			
	В	0,13	0,19	0,11			
	АВ	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт			

водопотребления (Кв), который выражает количество израсходованной воды на образование единицы продукции.

Анализ данных показал, что более рационально продуктивная влага была использована по технологии прямого посева – 696...547 м<sup>3</sup>/т, что меньше, чем по рекомендованной технологии на 3...14 м<sup>3</sup>/т. Также выявили, что на фоне минеральных удобрений продуктивная влага на формирование урожая использовалась более эффективно. При возделывании яровой пшеницы без удобрений коэффициент водопотребления был наибольшим – 696 на прямом посева и 710 м<sup>3</sup>/т на рекомендованной технологии. На фоне N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> значение коэффициента снизилось соответственно до 585 и 588 м<sup>3</sup>/т, а на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – до 557 и 547 м<sup>3</sup>/т.

Таким образом, при внесении минеральных удобрений продуктивная влага использовалась более эффективно, экономия составила от 111...122 м<sup>3</sup>/т (15,9...17,2 %) на фоне N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> до 149...153 м<sup>3</sup>/т (25,5...26,0 %) на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по отношению к контролю. Интегральным показателем эффективности агротехнических приемов является урожайность возделываемых культур. Исследования показали, что во все годы технологии посева оказывали равноценное влияние на формирование урожая яровой пшеницы как в засушливых 2021 (0,73) и 2023 годах (0,26), так и в год достаточной влагообеспеченности – 2022 (ГТК=1,46).

Вносимые минеральные удобрения достоверно повышали урожайность яровой пшеницы во все годы исследований. В 2021 году на фоне без

удобрений урожайность составила 2,42 ...2,48 т/га, тогда как на фоне N45P30K30 она возросла на 0,44...0,43 т/га или 17,3...18,2 %, на фоне N90P60K60 на 0,66...0,67 т/га или 27,0...27,8 % (табл. 3). Расчет окупаемости минеральных удобрений показал, что на варианте N45P30K30 она составила 4,10...4,19 кг/га, а на фоне N90P60K60 снизилась до 3,14...3,19 кг/кг.

В благоприятном по влагообеспеченности 2022 году эффективность минеральных удобрений была выше, при внесении N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> прибавка по отношению к контролю составила 0,93 т/га (24,9 %) по рекомендованной технологии возделывания, на прямом посеве – 0,68 т/га (18,45 %), на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> соответственно по технологиям – 1,07 (28,7 %) и 0,92 т/га (24,9 %).

Несмотря на то, что 2023 год сложился наиболее засушливым, но по прибавке урожая от внесения минеральных удобрений он оказался самым эффективным. Внесение N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> обеспечило прибавку 0,89 т/га (33,8 %) на рекомендованной технологии и 0,84 т/га на прямом посеве (32,4 %), на повышенной фоне - N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> соответственно 1,14 т/га (43,3 %) и 1,10 (42,5 %) т/га.

В среднем за годы исследований без удобрения урожайность составила 2,93 т/га на рекомендованной технологии посева и 2,92 т/га на технологии прямого посева. На вариантах с нормой удобрения N45P30K30 яровая пшеница сформировала более высокую урожайность: по рекомендованной технологии – 3,68 т/га и по технологии прямого посева – 3,57 т/га. На повышенном уровне питания – N90P60K60 урожайность возрастала до 3,89 и 3,81 т/га соответственно технологиям возделывания.

Дисперсионный анализ урожайных данных по годам исследований показал, что наибольшие изменения в урожайности яровой пшеницы были обусловлены минеральными удобрениями от 82,5 % в 2022 году до 94,1 % в 2023, на долю технологий приходилось лишь 0,4...3,6 %.

#### Обсуждение

Накопление продуктивной влаги в посевном и метровом слоях почвы обуславливается, прежде всего, водопроницаемостью и агрофизическими свойствами почвы, а также наличием мульчирующего слоя на поверхности почвы. Например, исследованиям В.К. Дридигера и А.Н. Джандарова [15] установлено, что возделывание гороха по технологии No-till не приводит к переуплотнению чернозёма обыкновенного, но обеспечивает большее накопление и сохранение влаги в почве в течение всего периода вегетации культуры, которую растения используют для формирования существенно большего урожая при внесении минеральных удобрений, аналогичные данные получены при изучении озимой пшеницы [16] и сои [17].

Преимущество технологии прямого посева объясняется тем, что растительные остатки обладают полифункциональными свойствами, оказывая

действие на биологические, химические и физические свойства почвы, а также являются источником элементов питания, служат энергетической основой функционирования микробиоценозов, осуществляющих минерализацию и иммобилизацию соединений азота. Постоянное наличие на поверхности почвы слоя мульчи влияет на трансформацию отмершего растительного вещества. Доказано, что мульчирующий слой уменьшает потери влаги из почвы и понижает температуру поверхностного слоя [18, 19].

Исследования показали, что в период посева влажность почвы и содержание продуктивной влаги на прямом посеве были достоверно выше, а преимущество сохранялось до уборки, при этом влага использовалась более эффективно даже, несмотря на то, что технология в севооборотах была введена только в 2020 году.

Урожайность яровой пшеницы по рекомендованной технологии с обработкой почвы и на прямом посеве практически не различалась. Отмечалось преимущество рекомендованной технологии в 2022 году на фоне N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Считаем, что это объясняется недостатком минерального азота в почве в условиях низких температур воздуха в период вегетации, к тому же почва была покрыта растительными остатками, которые препятствовали достаточному прогреванию почвы и процесса нитрификации в почве, а внесенного минерального азота, по всей видимости, было недостаточно для формирования более высокого урожая. Данное предположение подтверждается тем, что при увеличении нормы внесения минеральных удобрений до N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> различия в урожайности между технологиями нивелировались.

Поэтому исследования позволили выявить, что в начальные этапы перехода на технологию прямого посева яровая пшеница практически не снижает урожайность, но имеются данные о существенном повышении экономической эффективности [20], в том числе представленные нами ранее [21] показывают существенное преимущество технологии возделывания яровой пшеницы без обработки почвы.

Считаем, что в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья технология прямого посева получит преимущество в сравнении с рекомендованными технологиями только после накопления достаточного количества растительных остатков предшествующих культур.

#### Заключение

Прямой посев имел преимущество по накоплению продуктивной влаги в почве к посеву яровой пшеницы на 11,6...16,7 мм или на 8,1...11,7 % по сравнению с технологией с механической обработкой почвы. Преимущество прямого посева по влагообеспеченности посевов сохранилось до уборки яровой пшеницы. Растения яровой пшеницы на технологии прямого посева более эффективно

использовали продуктивную влагу, о чем свидетельствует коэффициент водопотребления (экономия 3...14 м<sup>3</sup>/т). Исследования показали, что технологии оказали равноценное влияние на урожайность яровой пшеницы и достоверных различий в урожайности не выявлено, что говорит о возможности применения прямого посева яровой пшеницы на черноземе выщелоченном в Среднем Поволжье.

Внесение минеральных удобрений позволяло более эффективно использовать продуктивную влагу, экономия составила от 111...122 м<sup>3</sup>/т на фоне N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> до 149...153 м<sup>3</sup>/т на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по отношению к контролю, а на единицу урожая на фонах с удобрениями экономия составила соответственно 15,9...17,2 % и 25,5...26,0 %.

Внесение минеральных удобрений при норме N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> повышало урожайность яровой пшеницы на 0,75 т/га или на 25,6 % по рекомендованной

технологии и на 0,65 т/га или 22,2 % по технологии прямого посева, окупаемость минеральных удобрений урожаем составила 4,10...4,19 кг/га. При внесении N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> ее урожайность возрастала, но окупаемость снизилась до 3,14...3,19 кг/кг.

Дисперсионный анализ урожайных данных по годам исследований показал, что наибольшие изменения в урожайности яровой пшеницы были обусловлены минеральными удобрениями – от 82,5 % до 94,1 % в 2023, а на долю технологий приходилось лишь 0,4...3,6 %.

Проведенные исследования доказывают эффективность технологии прямого посева яровой пшеницы, очевидное преимущество которой заключается в сокращении производственных затрат и в целом позволяют ориентировать производство на энерго- ресурсосбережение.

### Литература

1. Пыхтин, И. Г., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я. Текущие проблемы в земледелии // Земледелие. 2018. № 5. С. 8–11. doi: 10.24411/0044-3913-2018-1050
2. Мальцев К.А., Ермолаев О.П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях Европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512. doi: 10.1134/S0032180X19120104.
3. О Целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России / А. Л. Иванов, В. В. Кулинцев, В. К. Дридигер и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 4. С. 8-16
4. Brouder S. M., Macpherson H. G. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence / S. M. Brouder, // Agriculture, ecosystems and environment. 2014. Vol. 187. P. 11–32. doi: 10.1016/j.agee.2013.08.010.
5. When does no-till yield more? A global meta-analysis / С. М. Pittelkova, В. А. Linquist, М. Е. Lundy, et al. // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156-168. doi:10.1016/j.fcr.2015.07.020
6. Власенко А.Н., Власенко Н. Г., Кудашкин П. И. Эффективность No-till технологии на черноземных почвах северной лесостепи западной Сибири / А.Н. Власенко, // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № S5 (14). С. 4-13.
7. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от сочетания почвопокровных культур в полевом севообороте и No-till в предгорно-степном Крыму / О. Л. Томашова, А. В. Ильин, П. С. Захарчук и др. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 28 (191). С. 32-41.
8. Троц Н. М., Орлов С. В., Герасимов Е. С., Бокова А. А. Накопление пожнивных и корневых остатков в севооборотах при применении технологии No-till в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1. С. 25–31. doi: 10.55170/19973225\_2023\_8\_1\_25
9. Продуктивность яровых культур при минимизации основной обработки почвы в условиях Саратовского правобережья / А. П. Солодовников, Е. Д. Денисов, Ф. П. Четвериков и др. // Зерновое хозяйство России. 2015. № 3 (39). С. 63–66;
10. Турсов В. И., Новичихин А. М. Опыт основной обработки почвы в воронежской области // Новости науки в АПК. 2018. № 1 (10). С. 84-92.
11. Сафиулин М. Р. Прямой посев в Саратовской области: история с продолжением // Ресурсосберегающее земледелие. 2015. - № 2 (26). С. 22–24.
12. Цифровая агрометеостанция Ульяновского ГАУ Kairos <https://agrokeep.com/#/growing-season>
13. Горянин, О. И., Джангабаев Б.Ж. Водный режим чернозема обыкновенного при возделывании подсолнечника в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 22-25.
14. Продуктивность озимой пшеницы в звеньях севооборота на черноземе выщелоченном / С. В. Богомазов, А. В. Лянденбургская, А. А. Левин и др. // Нива Поволжья. 2020. № 2 (55). С. 84-90.
15. Дридигер В. К., Джандаров А. Н. Агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 76-80.
16. Дридигер В. К. Возделывание озимой пшеницы в системе прямого посева в Ставропольском крае: монография. Ставрополь: АГРУСС Ставропольского гос. Аграрного ун-та. 2021. 192 с.
17. Дридигер В. К., Гаджиумаров Р. Г. Продуктивность сои в зависимости от технологии возделывания на черноземе обыкновенном в зоне центрального Предкавказья // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 1 (186). С. 60-73.

18. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве / А. А. Завалин, В. К. Дридигер, В. П. Белобров и др. (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516.
19. Сафин Р. И., Валиев А. Р., Колесар В. А. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 7-13. doi: 10.12737/2073-0462-2021-7-13. – EDN ZVZFMX.
20. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края / В. К. Дридигер, А. Ф. Невечеря, И. Д. Токарев и др. // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.
21. Экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы по технологии прямого посева в условиях Среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, И. А. Тойгильдина и др. // Нива Поволжья. 2022. № 3 (63). - С. 1006.

#### References

1. Current problems in agriculture / I. G. Pykhtin, D. V. Dubovik, A. Ya. Aidiev // Agriculture. 2018. № 5. P. 8–11. doi: 10.24411/0044-3913-2018-1050.
2. Maltsev K.A, Ermolaev O.P. Potential erosion losses of soil on arable lands of the European part of Russia // Soil Science. 2019. № 12. P. 1502–1512. doi: 10.1134/S0032180X19120104.
3. On feasibility of developing a direct sowing system on Russian black soils / A. L. Ivanov, V. V. Kulintsev, V. K. Driediger // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2021. № 4. P. 8-16
4. Brouder S. M., H. G. Macpherson. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence // Agriculture, ecosystems and environment. 2014. Vol. 187. P. 11–32. doi: 10.1016/j.agee.2013.08.010.
5. When does no-till yield more? A global meta-analysis / C. M. Pittelkova, B. A. Linquist, M. E. Lundy, et al // Field crops research. 2015. Vol. 183. - P. 156-168. doi:10.1016/j.fcr.2015.07.020.
6. Vlasenko A. N., Vlasenko N. G., Kudashkin P. I. Efficiency of No-till technology on black soil soils of the northern forest-steppe of Western Siberia // Agricultural Journal. 2021. № S5 (14). P. 4-13.
7. Productivity of winter wheat depending on combination of ground cover crops in field crop rotation and no-till in the foothill-steppe Crimea / O.L. Tomashova, A.V. Ilyin, P. S. Zakharchuk et al. // Izvestiya of agricultural science of Tavrida. 2021. № 28 (191). P. 32-41.
8. Accumulation of stubble and root residues in cropped rotations when using the No-till technology in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region / N. M. Trots, S. V. Orlov, E. S. Gerasimov // Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy). 2023. № 1. P. 25–31. doi: 10.55170/19973225\_2023\_8\_1\_25
9. Productivity of spring crops with minimization of basic tillage in the conditions of Saratov right bank / A. P. Solodovnikov, E. D. Denisov, F. P. Chetverikov and others // Grain farming in Russia. 2015. № 3 (39). P. 63–66.
10. Turusov V. I., Turusov A. M. Novichikhin Experience of basic soil tillage in Voronezh region // Izvestiya of science in the agro-industrial complex. 2018. № 1 (10). P. 84-92.
11. Safiulin M. R. Direct sowing in Saratov region: a story with continuation // Resource-saving agriculture. 2015. № 2 (26). P. 22–24.
12. Digital agrometeorostation of Ulyanovsk State Agrarian University Kaipos <https://agrokeep.com/#/growing-season>
13. Goryanin O. I., Dzhagabaev B. Zh. Water regime of typical black soil when cultivating sunflower in the Volga region // Agricultural Scientific Journal. 2021. № 11. P. 22-25.
14. Productivity of winter wheat in the links of crop rotation on leached black soil / S. V. Bogomazov, A. V. Lyandenburskaya, A. A. Levin, etc. // Volga Region Farmland. 2020. № 2 (55). P. 84-90.
15. Dridiger V. K., Dzhandarov A. N. Agrophysical properties of soil and pea yield depending on cultivation technology in the zone of unstable moisture of the Stavropol Territory // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2021. № 6 (92). P. 76-80.
16. Dridiger V.K. Cultivation of winter wheat in direct sowing system in the Stavropol Territory: monograph. Stavropol: AGRUSS of Stavropol State Agrarian University. 2021. 192 p.
17. Dridiger V.K., Gadzhumarov R. G. Soybean productivity depending on cultivation technology on typical black soil in the central Ciscaucasia zone // Feeding of agricultural animals and feed production. 2021. № 1 (186). P. 60-73.
18. Nitrogen in black soils with traditional processing technology and direct sowing / A.A. Zavalin, V.K. Dridiger, V.P. Belobrov et al. // Soil Science. 2018. № 12. P. 1506–1516.
19. Safin R. I., Valiev A. R., Kolesar V. A. Current state and prospects of carbon farming development in the republic of Tatarstan // Vestnik of Kazan state agrarian university. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 7-13. doi: 10.12737/2073-0462-2021-7-13. – EDN ZVZFMX.
20. Economic efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol Territory / V.K. Dridiger, A.F. Nevecherya, I.D. Tokarev et alt. // Agriculture. 2017. № 3. P. 16–19.
21. Economic efficiency of cultivating spring wheat using direct sowing technology in the conditions of the Middle Volga region / A.L. Toygildin, M.I. Podsevalov, I.A. Toygildina et alt. // Volga Region Farmland. 2022. № 3 (63). - P. 1006.