

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.84: 631.81: 633.11

doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_29

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО КОМПЛЕКСУ
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ**

Наталья Павловна Бакаева

Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия
bakaevanp@mail.ru, [http:// orcid.org/ 0000-0003-4784-2072](http://orcid.org/0000-0003-4784-2072)

Цель исследований – повышение урожайности зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы в условиях лесостепи Поволжья. Изучались способы обработки почвы – вспашка, рыхление и без осенней обработки почвы, и количественные показатели – полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений, биологический урожай и урожайность зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление массы соломы, оставляемой на поле, в условиях лесостепи Поволжья. На варианте со вспашкой получены наибольшие значения полноты всходов, полевой всхожести, выживаемости и сохранности растений. На вариантах с рыхлением и без осенней механической обработки почвы изучаемые показатели имели меньшие значения: полевая всхожесть – на 0,6 и 2,9%, полнота всходов – на 0,6 и 3%, выживаемость растений – на 2,35 и 2,21%, сохранность растений – на 0,7 и 1,1%, биологический урожай – на 2,6 и 3,9%, урожайность зерна – на 5,2 и 10,9%, масса соломы – на 4,3 и 11,2%, соответственно. Изученные показатели продукционного процесса, такие как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений обеспечили получение оптимальных, для сложившихся погодных условий, величин биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление оставленной на поле массы соломы в зависимости от систем обработки почвы – вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и без механической обработки в условиях лесостепи Поволжья. Коэффициенты корреляции урожайности с количественными показателями – полевой всхожести $r = 0,63$, полноты всходов $r = 0,71$, количества растений перед уборкой $r = 0,57$, выживаемости растений $r = 0,75$, сохранности от всходов до уборки $r = 0,58$ показали тесную прямую взаимосвязь признаков.

Ключевые слова: пшеница твердая яровая (*Triticum durum* Desf.), обработка почвы, полевая всхожесть, выживаемость, урожайность зерна, масса соломы.

Для цитирования: Бакаева Н. П. Продуктивность яровой твердой пшеницы по комплексу количественных признаков в условиях Лесостепи Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №4. С. 29–37. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_29

AGRICULTURE

Original article

**PRODUCTIVITY OF SPRING DURUM WHEAT BASED ON A COMPLEX
OF QUANTITATIVE TRAITS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE
OF THE VOLGA REGION**

Natalia P. Bakaeva

Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia
bakaevanp@mail.ru, [http:// orcid.org/ 0000-0003-4784-2072](http://orcid.org/0000-0003-4784-2072)

The purpose of the research is to increase the yield of spring durum wheat grain depending on the method of tillage in the conditions of the Volga forest-steppe. The methods of tillage were studied – plowing, loosening and without autumn tillage, and quantitative indicators – the completeness of seedlings, field germination, the number of plants

before harvesting, the safety and survival of plants, biological yield and grain yield of spring durum wheat, as well as the accumulation of straw mass left on the field in the conditions of the Volga forest-steppe. In the plowing variant, the highest values of germination completeness, field germination, survival and preservation of plants were obtained. In the variants with loosening and without autumn mechanical tillage, the studied indicators had lower values: field germination – by 0.6 and 2.9%, germination completeness – by 0.6 and 3%, plant survival – by 2.35 and 2.21%, plant safety – by 0.7 and 1.1%, biological yield – by 2.6 and 3.9%, grain yield – by 5.2 and 10.9%, straw weight – by 4.3 and 11.2%, respectively. The studied indicators of the production process, such as the fullness of seedlings, field germination, the number of plants before harvesting, the safety and survival of plants ensured the optimal, for the prevailing weather conditions, values of biological yield and grain yield of spring durum wheat, as well as the accumulation of straw mass left on the field, depending on the tillage systems – plowing by 20-22 cm, loosening by 10-12 cm and without mechanical processing in the conditions of the forest-steppe of the Volga region. The coefficients of correlation of yield with quantitative indicators – field germination $r = 0.63$, germination completeness $r = 0.71$, number of plants before harvesting $r = 0.57$, plant survival $r = 0.75$, safety from germination to harvesting $r = 0.58$ showed a close direct relationship of signs.

Keywords: spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.), tillage, field germination, survival rate, grain yield, straw weight.

For citation: Bakaeva, N. P. (2023). Productivity of spring durum wheat based on a complex of quantitative traits in the conditions of the forest-steppe of the Volga region. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 4, 29–37 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_29

Твердая яровая пшеница по распространению занимает второе место после мягкой пшеницы [1, 2]. Основная ценность яровой твердой пшеницы заключается в том, что она является высокопродуктивной культурой, из ее муки вырабатывают высококачественные макаронные изделия и круп манную, лучшие кондитерские изделия. Недостаточное производство высококачественного зерна твердой пшеницы приводит к тому, что часть макарон и круп изготавливается из зерна мягкой пшеницы, что значительно снижает их питательные и вкусовые качества [3]. По сравнению с мягкой пшеницей на мировом рынке зерна 1 тонна твердой пшеницы оплачивается на 7-8% дороже, что позволяет производителям твердой пшеницы получать большую прибыль [4, 5]. Характерная особенность твердой пшеницы – высокая стекловидность, которая определяет высокие макаронные качества. Выход муки из нее достигает 76-80%. Зерно поддается легкому дроблению на крупки. Однако в последние годы площади посевов, урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы снижаются [6, 7]. Лесостепь Поволжья включает территории от севера Самарской области до северной границы Татарстана, сюда относятся Ульяновская и Пензенская области, Республики Татарстан и Чувашия. Это зоны черноземных и каштановых почв степных районов. Лесистость около 15-20%, преобладают серые лесные почвы и выщелоченные черноземы [8, 9]. Климат умеренно континентальный, осадков в среднем выпадает 360-500 мм, в летний период 260-380 мм. Период фотосинтетической активной радиации и тепла обеспечивает развитие и созревание яровой твердой пшеницы [10, 11]. Норма высева 5 млн всхожих семян на 1 га позволяет получить зерно с содержанием сырой клейковины в среднем больше на 2,2%, белка – на 2-3%, натуры зерна на 4-10 г/л, массы 1000 зерен на 2,6-3,0 г, стекловидности на 2-3% и др. [8].

Цель исследований – повышение урожайности зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы в условиях лесостепи Поволжья.

Задачи исследований – изучить влияние количественных показателей (полноты всходов, полевой всхожести, количества растений перед уборкой, сохранности и выживаемости растений) на величину биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы; определить накопление массы соломы, оставляемой на поле, в зависимости от систем обработки почвы (вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и без механической обработки).

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2017-2020 гг. на опытном поле лаборатории «Агроэкология», кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология», расположенном на территории землепользования учебного хозяйства Самарского ГАУ [6, 7].

По данным метеостанции «Усть-Кинельская», погодные условия, сложившиеся за годы исследований, можно охарактеризовать не совсем благоприятными, не в полной мере

соответствующими нормальным развитию сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых [8, 12].

Почвы в зоне в основном выщелоченные, обыкновенные и типичные черноземы среднегумусные среднетяжелосуглинистые. Данные почвы имеют реакцию среды, близкую к нейтральной, среднее содержание гумуса, сравнительно большую поглощательную способность. По своим физико-химическим и водным свойствам вполне отвечают требованиям успешного возделывания ведущих полевых культур [9,10]. Агрохимические показатели почвы поля следующие: нитратный азот – 4,47 мг/кг, легкогидролизуемый азот – 42,4 мг/кг, органическое вещество – 4,6%, P_2O_5 – 96,8 мг/кг, K_2O – 86,6 мг/кг, рН 7,82, рН_{сол} – 5,8. Увлажнение естественное [13].

Сев яровых культур проводили в первой декаде мая, в самые ранние сроки, в первые дни созревания почвы при прогревании посевного слоя (0-5 см) до температуры 4-6°C, при норме высева 5 млн семян на 1 га. Объект исследований – яровая пшеница твердая сорта Степная.

Яровая пшеница твердая Степная. Сорт рекомендован для возделывания в Самарской, Саратовской и Оренбургской областях. Разновидность гордеиформе. Куст полупрямостоячий. Соломина выполнена средне, флаговый лист с сильным восковым налетом. Колос цилиндрический, средней плотности, сильноокрашенный. Ости коричневые, длиннее колоса. Зерно удлиненное, с коротким хохолком, белое. Масса 1000 зерен 38-45 г. Средняя урожайность 13-22 ц/га, максимальная урожайность 38 ц/га получена в Самарской области. Среднеспелый, вегетационный период 78-90 дней. Засухоустойчив. Среднеустойчив к полеганию. Макароны качества хорошие.

В годы исследований схема опыта включала следующие варианты основной обработки почвы в севообороте:

Вспашка – обработка почвы состоит из лущения на 6-8 см вслед за уборкой предшественников и вспашки на 20-22 см под пар;

Рыхление – лущение почвы на 6-8 см вслед за уборкой предшественника и безотвальное рыхление на 10-12 см под зерновые колосовые культуры и пар;

Без механической обработки – осенняя обработка почвы не проводилась, после уборки предшественников применялся гербицид сплошного действия «Торнадо» в дозе 3 л/га. Весной осуществлялся прямой посев культур [12].

Уборку проводили селекционным комбайном «TERRION» в фазу полной спелости зерна. Перед уборкой проводили отбор снопов с делянок (площадка 0,25 м²). Сноповой материал служил для определения качества урожая. Урожай приводили к 100% чистоте и к 14% влажности [14].

Полноту (число) всходов рассчитывали по формуле

$$B = n / s,$$

где n – фактическое количество всходов (шт.) на площади s (м²) в поле [14].

Полевая всхожесть – число всходов в поле на 1 м², выраженное в процентах относительно числа высеянных всхожих семян на 1 м² площади. Определяли по формуле:

$$ПВ = ЧВ / НВ \times 100,$$

где $ПВ$ – полевая всхожесть, %, $ЧВ$ – число (полнота) всходов, шт./м², $НВ$ – норма высева всхожих семян на 1 м² (с учетом чистоты и лабораторной всхожести семян), 100 – число для выражения $ПВ$ в процентах.

Для определения нормы высева семян необходимо рассчитать *посевную годность* по формуле

$$ПГ = ЧС \times ВС / 100,$$

где $ЧС$ – чистота семян (составляет 100%), $ВС$ – всхожесть (лабораторная) семян (составляет 92%).

Масса 1000 семян (m_{1000}) равна 38 г. Рассчитаем поправку на фактическую посевную годность: $ПГ = 100 \times 92 / 100 = 92\%$. Рекомендованные нормы высева ($РН$) семян (млн на 1 га) = 5 млн. Рассчитаем норму высева семян при посевной годности 92% по формуле

$$НВ = m_{1000} \times РН \times 100 / ВС.$$

$НВ = 38 \times 5 \times 100 / 92 = 206,5$ кг/га [15].

Количество (число) растений перед уборкой

$$ЧР_u = N / S,$$

где N – фактическое количество растений (шт.) на площади S (м²) в поле, шт./м² (число растений

перед уборкой на 1 м²) [16].

Сохранность растений от всходов до уборки – число растений перед уборкой на 1 м², выраженное в процентах относительно полноты (числа) всходов (*B*) на 1 м². Определяется по формуле:

$$\text{Сохранность} = ЧР_u / B \times 100,$$

где *Сохран.* – сохранность растений от всходов до уборки, %, *ЧР_u* – число растений перед уборкой, шт./м², *B* – число всходов, шт./м², 100 – число для выражения *Сохран.* в процентах [17].

Выживаемость растений – это число растений перед уборкой на 1 м², выраженное в процентах относительно числа высеванных всхожих семян на 1 м² (нормы посева). Определяется по формуле:

$$B_p = ЧР_u / НВ \times 100,$$

где *B_p* – общая выживаемость, %, *ЧР_u* – число растений перед уборкой, шт./м², *НВ* – норма посева или число высеванных всхожих семян на 1 м², шт., 100 – число для выражения *B_p* в процентах.

Биологический урожай, т/га, определяли по формуле:

$$У_{\text{биол}} = ЧР_u \times Пр \times ЧЗ \times m_{1000} / 100\,000,$$

где *ЧР_u* – число растений на единице площади при уборке урожая на 1 м²; *Пр* – продуктивная кустистость; *ЧЗ* – число зерен в колосе, шт.; *m₁₀₀₀* – масса 1000 зерен, г, при стандартной влажности 14%, 100 000 – коэффициент пересчета.

Урожайные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4] с применением компьютерной программы STAT-1.

Результаты исследований. В течение четырех лет изучались изменения количественных признаков, таких как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, выживаемость и сохранность растений в зависимости от систем обработки почвы – вспашки, рыхления и без механической обработки.

Результаты изучения показателей полноты всходов и полевой всхожести представлены в таблице 1.

Таблица 1

Полнота всходов и полевая всхожесть яровой пшеницы
в зависимости от способа обработки почвы, по годам исследований

Способ обработки почвы	Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	Коэффициент вариации V, %
Вспашка	Полевая всхожесть, %	85,8	79,8	80,7	82,2	82,1	2,48
	Полнота всходов, шт./м ²	386	359	363	370	370	1,97
Рыхление	Полевая всхожесть, %	84,7	79,2	81,8	81,4	81,6	2,56
	Полнота всходов, шт./м ²	381	356	368	366	368	1,84
Без механической обработки	Полевая всхожесть, %	83,6	76,7	78,7	79,8	79,7	2,69
	Полнота всходов, шт./м ²	376	345	354	359	359	1,98

Известно, что не все высеванные всхожие семена дают всходы, поэтому различают лабораторную и полевую всхожесть. Исследование лабораторной всхожести показало, что в среднем, в годы изучения она оказалась на высоком уровне – 92%. Полевая всхожесть – это количество всходов, выраженное в процентах к количеству высеванных всхожих семян. Полевая всхожесть составила в среднем 80-82%. Наибольшей полевая всхожесть за период исследований была в 2017 году – 85,8%, наименьшей в 2018 г. – 76,7%, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 82,2-78,7%.

Способ обработки почвы отразился на величине полевой всхожести, наибольшее значение было получено по вспашке за весь период исследования, в среднем 82,1%. Данный показатель отличался при рыхлении и без механической обработки в сторону уменьшения значения величины на 0,6 и 2,9%, соответственно.

Следует обратить внимание, что существует понятие «полнота всходов», которое до сих пор многие понимают как синоним полевой всхожести, что неверно. Полнота всходов – это количество всходов, имеющих на площади, выраженное в процентах или в абсолютном количестве (шт.) к необходимому оптимальному для данных условий количеству растений, т.е. 5 млн на га. Полнота

всходов за период исследований была наибольшей в 2017 году – 386 шт./м², наименьшей в 2018 г. – 345 шт./м², в 2019 и 2020 гг. составила 363-359 шт./м². Данные изменения, очевидно, возникли в зависимости от способа обработки почвы.

За весь период исследований наибольшее значение полноты всходов – в среднем 370 шт./м² – наблюдали в варианте по вспашке. Данный показатель в вариантах с рыхлением и без механической обработки отличался в сторону уменьшения на 0,6 и 3%, соответственно.

По величине коэффициента вариации можно определить степень однородности изучаемой совокупности. Если коэффициент вариации выше 33%, совокупность неоднородна, и среднее значение выборки её не характеризует. Полученные коэффициенты вариации по полевой всхожести (2,48...2,69%) и полноте всходов (1,84...1,98%) значительно меньше 10% (тем более 33%), что означает, что изученные совокупности признаков являются слабо колеблющимися и в достаточной степени однородными.

Полевая всхожесть и полнота всходов по годам исследований в основном определялись посевными свойствами семян, запасами влаги в почве, погодными условиями, складывающимися в период после посева, и др. условиями (в том числе зависели от качества подготовки верхнего слоя почвы). Наибольшие значения данных показателей наблюдали по вспашке за весь период исследований – полевая всхожесть 86%, полнота всходов 386 шт./м². Способы обработки почвы – рыхление и без механической обработки приводили к уменьшению значений рассматриваемых показателей на 0,6 и 3%, соответственно.

Продуктивность посевов яровой твердой пшеницы во многом определяется особенностями роста и развития растений в период вегетации, их количеством перед уборкой, выживаемостью и сохранностью к уборке. В таблице 2 представлены результаты определения количества растений перед уборкой, их выживаемость и сохранность.

Таблица 2

Количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость яровой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы, за годы исследований

Способ основной обработки почвы	Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	Коэффициент вариации V, %
Вспашка	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	342	327	334	336	335	1,8
	Сохранность, %	88,6	84,7	86,6	87,0	86,7	7,3
	Выживаемость, %	72,5	72,2	72,3	72,5	72,4	9,9
Рыхление	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	340	323	332	334	332	2,1
	Сохранность, %	88,0	83,7	85,9	86,5	86,1	6,9
	Выживаемость, %	71,4	69,1	71,0	71,2	70,7	9,6
Без механической обработки	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	335	315	328	326	326	2,2
	Сохранность, %	88,1	83,0	86,4	85,7	85,8	7,8
	Выживаемость, %	71,8	68,7	71,4	71,4	70,8	9,3

Изменение количества растений перед уборкой за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным – от 342 до 315 шт./м². Незначительное варьирование признака показано и коэффициентами вариации, которые оказались равными 1,8-2,2%, т.е. совокупность признака является слабо колеблющейся и считается в достаточной степени однородной.

Сохранность растений от всходов до уборки – это число растений перед уборкой на 1 м², выраженное в процентах относительно числа всходов на 1 м². За период исследований сохранность растений наибольшей была в 2017 году (88,6%), наименьшей (83,0%) – в 2018 г., в 2019 и 2020 гг. 87,0...85,8%. Способ обработки почвы отразился на сохранности растений, наибольшее значение за весь период исследований было по вспашке – в среднем значении 86,7%. Данный показатель по рыхлению и без механической обработки отличался в сторону уменьшения величины на 0,7 и 1,1%, соответственно. Коэффициент вариации имел величины от 6,9 до 7,8% (меньше, чем 10%). Совокупность показателей сохранности растений от всходов до уборки считается в достаточной степени однородной со средней колеблемостью изученного признака.

Выживаемость растений – это число растений перед уборкой на 1 м², выраженное в процентах относительно числа высеванных всхожих семян на 1 м² (нормы посева). Выживаемость растений за период исследований наибольшей была в 2017 году (72,5%), наименьшей (68,7%) – в 2018 г., в 2019 и 2020 гг. имела близкие величины – 72,3... 71,4%. Способ обработки почвы отразился на величине выживаемости растений, за весь период исследований наибольшее значение было по вспашке, в среднем 72,5%. Данный показатель отличался в вариантах с рыхлением и без механической обработки почвы в сторону уменьшения на 2,35 и 2,21%, соответственно. Коэффициент вариации имел величины от 9,9 до 9,3% (довольно близко к 10%, но значительно меньше 33%). Совокупность показателей выживаемости растений считается в некоторой степени однородной с увеличивающейся колеблемостью изученного признака.

За период вегетации яровой твердой пшеницы происходило уменьшение количества растений перед уборкой. Уменьшение за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным 335...326 шт./м². Сохранность в посевах 86,7...85,7% и выживаемость 72,4 ...70,8% растений. Величины незначительно отличались по годам, зависели от способа обработки почвы. Так, по сравнению со вспашкой, рыхление и вариант без осенней обработки почвы снижали сохранность растений от всходов до уборки на 0,7 и 1,1%, соответственно, выживаемость растений – на 2,35 и 2,21%, соответственно.

Продуктивность сельскохозяйственных культур – один из наиболее многогранных и сложных показателей, на который влияют природные и почвенно-климатические условия, агротехнические мероприятия (такие как обработка почвы), дополняющие природные факторы, сортовые особенности и физиологические факторы, способствующие росту и развитию растений, и множество других факторов, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур.

Результаты изучения продуктивности яровой твердой пшеницы в 2017- 2020 гг. по показателям – биологический урожай, урожайность зерна яровой пшеницы и оставленная в поле масса соломы – в зависимости от способа обработки почвы представлены в таблице 3.

Таблица 3

Биологический урожай, урожайность зерна яровой пшеницы и масса соломы, оставленной в поле, в зависимости от способа обработки почвы

Способ основной обработки почвы	Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	Коэффициент вариации V, %
Вспашка	Биологический урожай, т/га	5,06	3,72	4,76	4,81	4,59	9,1
	Урожайность зерна, т/га	2,64	1,22	2,13	2,23	2,1	9,8
	Масса соломы, т/га	1,46	0,76	1,18	1,23	1,16	9,7
Рыхление	Биологический урожай, т/га	4,79	3,69	4,64	4,75	4,47	8,3
	Урожайность зерна, т/га	2,51	1,19	2,08	2,21	1,99	9,2
	Масса соломы, т/га	1,39	0,65	1,16	1,23	1,11	8,8
Без механической обработки	Биологический урожай, т/га	4,73	3,61	4,60	4,67	4,41	9,6
	Урожайность зерна, т/га	2,20	1,16	2,01	2,06	1,87	8,7
	Масса соломы, т/га	1,22	0,63	1,12	1,14	1,03	8,6

2017 г. НСР₀₅ = 1,46 ц/га, влияние фактора достоверно
 2018 г. НСР₀₅ = 0,45 ц/га влияние фактора достоверно
 2019 г. НСР₀₅ = 1,15 ц/га влияние фактора достоверно
 2020 г. НСР₀₅ = 2,75 ц/га влияние фактора недостоверно
 (по урожайности зерна)

± ц/га к контролю (вспашка): 2017 г. – 1,3-4,4
 2018 г. – 0,3-0,6
 2019 г. – 0,5-1,2
 2020 г. – 0,02-0,17

Биологический урожай составил в среднем 4,59-4,41 т/га. Наибольшее значение биологического урожая за период исследований наблюдали в 2017 году – 5,06 т/га, наименьший в 2018 г. – 3,61 т/га, в 2019 и 2020 гг. составил по годам – 4,81...4,60 т/га. Способ обработки почвы отразился на величине биологического урожая – наибольшее значение величины биологического урожая было по вспашке за весь период исследований, в среднем значение составило 4,59 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался от в сторону уменьшения величины на 2,6 и 3,9%, соответственно.

Урожайность зерна яровой твердой пшеницы составила в среднем 2,64-1,16 т/га. В 2017 году урожайность зерна была наибольшей – 2,64 т/га, наименьшей в 2018 г. – 1,16 т/га, в 2019

и 2020 гг. составила по годам – 2,23...2,01 т/га. Наибольшее значение величины урожайности было по вспашке за весь период исследований, в среднем значение составило 2,10 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался по сравнению со вспашкой в сторону уменьшения величины на 5,2 и 10,9%, соответственно.

Масса соломы, оставленной на поле после съема урожая, составила в среднем 1,46-0,63 т/га. Наибольшая масса соломы за период исследований была в 2017 году и равнялась 1,46 т/га, а наименьшая в 2018 г. – 0,63 т/га, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 1,23...1,12 т/га. Наибольшее значение массы соломы было получено по вспашке за весь период исследований, в среднем значение составило 1,46 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался по сравнению со вспашкой в сторону уменьшения на 4,3 и 11,2%, соответственно.

Коэффициенты вариации значений биологического урожая, урожайности зерна и массы соломы имели величины от 8,6 до 9,8%, т.е. значения, близкие к 10%, но гораздо меньшее, чем 33%. Совокупность показателей изученных признаков считается в некотором приближении однородной с увеличивающейся колеблемостью.

Методом корреляционного анализа получены коэффициенты корреляции урожайности с количественными признаками (с полевой всхожестью – $r = 0,63$; с полнотой всходов – $r = 0,71$; с количеством растений перед уборкой – $r = 0,57$; с выживаемостью растений – $r = 0,75$; с сохранностью от всходов до уборки – $r = 0,58$), которые оказались в тесной прямой взаимосвязи признаков.

Изученные показатели продукционного процесса, такие как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений обеспечили получение оптимальных, для сложившихся погодных условий, величин биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление оставленной на поле массы соломы в зависимости от систем обработки почвы – вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и без механической обработки в условиях лесостепи Поволжья.

Заключение. Изученные количественные показатели продукционного процесса в целом зависели от качества подготовки верхнего слоя почвы. Так, на варианте со вспашкой были получены наибольшие значения полноты всходов, полевой всхожести, выживаемости и сохранности растений. Изменение количества растений перед уборкой за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным и подтверждалось коэффициентами вариации. На вариантах рыхление и без осенней механической обработки почвы изученные признаки имели меньшие значения. Коэффициенты корреляции урожайности с количественными признаками (с полевой всхожестью – $r = 0,63$; с полнотой всходов – $r = 0,71$; с количеством растений перед уборкой – $r = 0,57$; с выживаемостью растений – $r = 0,75$; с сохранностью от всходов до уборки – $r = 0,58$) показали тесную прямую взаимосвязь признаков.

Список источников

1. Шостак М. М., Ермеков Ф. К., Загребельный Т. А. и др. Экологическая реакция урожайности пшеницы яровой мягкой на изменение природных условий в пространстве и во времени // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12(189). С. 62–69. DOI 10.36718/1819-4036-2022-12-62-69. EDN FDZWSH.
2. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Влияние предшественников, способов основной обработки почвы и удобрений на урожайность и биохимические показатели качества зерна озимой и яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2007. № 12. С. 5–10. EDN IJLXRB.
3. Лабашов Е. С. Формирование урожайности озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы, удобрений и сохранности растений к уборке // Современные проблемы агропромышленного комплекса : Сборник научных трудов 72-й Международной научно-практической конференции. Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. С. 28–30. EDN XQHXR.
4. Бакаева Н. П., Гниломедов Ю. А. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на агрофизические свойства почвы и урожайность // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 30–34. DOI 10.12737/29838
5. Баган А. В., Шакалий С. Н. Влияние сортовых свойств на изменчивость количественных признаков пшеницы яровой // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 50–54. EDN YSOFDV.

6. Бакаева Н. П. Качественные показатели белково-углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур при биологизации земледелия // Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. С. 133–138. EDN BJJWTL.
7. Кононова Н. Д. Продуктивность пшеницы яровой на почвах Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 1(9). С. 51–53. EDN MTAGQV.
8. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х. Влияние азотсодержащих удобрений на азотный режим почвы, ростовые и продукционные процессы яровой пшеницы // Агрофизика. 2022. № 2. С. 20–27. DOI 10.25695/AGRPH.2022.02.04. EDN CXYTBE
9. Азизов З. М., Архипов В. В., Имашев И. Г. Урожайность проса, яровой мягкой пшеницы и яровой твердой пшеницы в условиях засушливого Поволжья // Аграрный вестник Юго-Востока. 2020. № 1(24). С. 11–13. EDN FHNSOS.
10. Исайчев В. А., Андреев Н. Н. Влияние препаратов серии МЕГАМИКС на биометрические показатели и урожайность яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2022. № 3(63). С. 1005. DOI 10.36461/NP.2022.63.3.010. EDN TJLYRX.
11. Розова М. А., Егизарян Е. Е. Характеристика сортов яровой твердой пшеницы, возделываемых в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 2(220). С. 5–14. DOI 10.53083/1996-4277-2023-220-2-5-14. EDN HSJOZG.
12. Сыздыкова Г. Т., Айдарбекова Т. Ж., Габдулина А. И., Пучкова С. Ю. Адаптация сортов яровой твердой пшеницы в степной зоне Акмолинской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1(192). С. 20–27. DOI 10.32417/1997-4868-2020-192-1-20-27. EDN FFAAXY.
13. Маркин В. Д., Агаурова О. Н., Маркин П. В., Шуваев М. А. Формирование продуктивности сортов яровой пшеницы в зависимости от их устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды // Наука и Образование. 2021. Т. 4, № 2. EDN MKIWPX.
14. Розова М. А., Зиборов А. И., Егизарян Е. Е. Связь температурных показателей периода вегетации с основными агрономически значимыми характеристиками сортов яровой твердой пшеницы на Алтае // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 9–15. DOI 10.31857/S2500262721050021. EDN YLOQET.
15. Мадякин Е. В., Горянин О. И. Исследования по адаптивности сортов яровой пшеницы в Поволжье // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(61). С. 40–45. DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-40-45. EDN ILGZZD.
16. Шашкаров Л. Г., Малов Н. П. Густота всходов, полевая всхожесть и выживаемость растений яровой пшеницы в зависимости от сорта // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 65–68. DOI: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264
17. Белоусова Н. В. Продуктивность зернопарового севооборота в зависимости от системы обработки почвы и удобрений // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы международной научно-практической конференции. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. С. 19–21. EDN SMRWYH.

References

1. Shostak, M. M., Ermekov, F. K. & Zagrebelny, T. A. et al. (2022). Ecological response of spring soft wheat yield to the changes in natural conditions in space and time. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of KrasSAU)*, 12(189), 62–69. DOI 10.36718/1819-4036-2022-12-62-69. EDN FDZWSH (in Russ.).
2. Bakaeva, N. P. & Saltykova, O. L. (2007). The influence of precursors, methods of basic soil treatment and fertilizers on yield and biochemical indicators of grain quality of winter and spring wheat in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya (Advances in current natural sciences)*, 12, 5–10. EDN IJLXRB (in Russ.).
3. Labashov, E. S. (2019). Formation of winter wheat yield depending on the methods of soil treatment, fertilizers and plant safety for harvesting. *Modern problems of agro-industrial complex : Collection of scientific papers of the 72nd International Scientific and Practical Conference.* (pp. 28–30). Kinel : PC Samara SAU. EDN XQHXNR (in Russ.).
4. Bakaeva, N. P. & Gnilomedov, Yu. A. (2019). Influence of spring wheat cultivation technology on agro-physical properties of soil and yield. *Izvestiia Samarской gosudarstvennoy selskokhoziaistvennoy akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 30–34. DOI 10.12737/29838 (in Russ.).
5. Bagan, A. V. & Shakaliy, S. N. (2018). Influence of varietal properties on variability of quantitative values of spring wheat. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii (Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy)*, 4, 50–54. EDN YSOFDV (in Russ.).
6. Bakaeva, N. P. (2021). Qualitative indicators of the protein-carbohydrate complex of spring grain crops in the biologization of agriculture. *Actual problems of breeding, seed production and soil fertility preservation: collection of*

scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. (pp. 133–138). Voronezh : Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I. EDN BJJWTL (in Russ.).

7. Kononova, N. D. (2006). Productivity of spring wheat on the soils of the Southern Urals. *Izvestiia Orenburgskogo GAU (Izvestia Orenburg SAU)*, 1(9), 51–53. EDN MTAGQV (in Russ.).

8. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. & Nechaeva, E. H. (2022). The influence of nitrogen-containing fertilizers on the nitrogen regime of soil, growth and production processes of spring wheat. *Agrofizika (Agrophysica)*, 2, 20–27. DOI 10.25695/AGRPH.2022.02.04. EDN CXYTBE (in Russ.).

9. Azizov, Z. M., Arkhipov, V. V. & Imashev, I. G. (2020). Yield of millet, spring soft wheat and spring durum wheat in conditions of arid Volga region. *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka (Agrarian Reporter of South-East)*, 1(24), 11–13. EDN FHNSOS (in Russ.).

10. Isaichev, V. A. & Andreev, N. N. (2022). Influence of MEGAMIX series preparations on biometric indicators and yield of spring wheat. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 3(63), 1005. DOI 10.36461/NP.2022.63.3.010. EDN TJLYRX (in Russ.).

11. Rozova, M. A. & Egiazaryan, E. E. (2023). Characteristics of spring durum wheat varieties cultivated in the Altai Territory. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of Altai State Agrarian University)*, 2(220), 5–14. DOI 10.53083/1996-4277-2023-220-2-5-14. EDN HSJOZG (in Russ.).

12. Syzdykova, G. T., Aidarbekova, T. Zh., Gabdulina, A. I. & Puchkova, S. Yu. (2020). Adaptation of varieties of spring durum wheat in the steppe zone of Akmola region. *Agrarnyi vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals)*, 1(192), 20–27. DOI 10.32417/1997-4868-2020-192-1-20-27. EDN FFAAXY (in Russ.).

13. Markin, V. D., Agaurova, O. N., Markin, P. V. & Shuvaev, M. A. (2021). Formation of productivity of spring wheat varieties depending on their resistance to unfavorable conditions of the external environment. *Nauka i Obrazovanie (Science and Education)*, 4, 2. EDN MKIWPX (in Russ.).

14. Rozova, M. A., Ziborov, A. I. & Egiazaryan, E. E. (2021). The relationship of temperature indicators of the vegetation period with the main agronomically significant characteristics of spring durum wheat varieties in Altai. *Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka (Russian Agricultural Sciences)*, 5, 9–15. DOI 10.31857/S2500262721050021. EDN YLOQET (in Russ.).

15. Madyakin, E. V. & Goryanin, O. I. (2023). Studies on the adaptability of spring wheat varieties in the Volga region. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 1(61), 40–45. DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-40-45. EDN ILGZZD (in Russ.).

16. Shashkarov, L. G. & Malov, N. P. (2018). Germination density, field germination and survival of spring wheat plants depending on the variety. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Vestnik of Kazan State Agrarian University)*, 3, 65–68. DOI: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264 (in Russ.).

17. Belousova, N. V. (2021). Productivity of grain-pair crop rotation depending on the system of soil treatment and fertilizers. Contribution of young scientists to agricultural science '21: materials of the international scientific and practical conference. (pp. 19–21). Kinel : PC Samara SAU. EDN SMRWYH (in Russ.).

Информация об авторах:

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор.

Information about the authors:

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 2.08.2023; одобрена после рецензирования 1.09.2023; принята к публикации 10.09.2023.

The article was submitted 2.08.2023; approved after reviewing 1.09.2023; accepted for publication 10.09.2023.