УДК 633.11«324»:631.5:551.584.2

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160

Н.А. Морозов¹
 Н.А. Ходжаева¹
 И.В. Прохорова¹
 А.И. Хрипунов²
 Е.Н. Общия² ✉

¹ Прикумская опытная селекционная станция, Буденновск, Ставропольский край, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

✉ obzia@mail.ru

Поступила в редакцию:
19.04.2024

Одобрена после рецензирования:
13.07.2024

Принята к публикации:
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160

Nicolai A. Morozov¹
 Nina A. Khodzhaeva¹
 Ivanna V. Prokhorova¹
 Alexander I. Khripunov²
 Elena N. Obshchiya² ✉

¹ Prikumskaya Experimental Breeding Station, Budennovsk, Stavropol Territory, Russia

² North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

✉ obzia@mail.ru

Received by the editorial office:
19.04.2024

Accepted in revised:
13.07.2024

Accepted for publication:
29.07.2024

Влияние погодных условий на формирование урожая озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Выявление агрометеорологических факторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование урожая зерна и их учет в совершенствовании агротехнологий, является актуальной задачей земледелия.

Методы. Исследования проводили в 1972–2023 гг. на полях Прикумской опытно-селекционной станции в 6-польном зернопаротравяном севообороте.

Цель исследований — изучить влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы по различным предшественникам для корректировки и адаптации применяемых агротехнологий в засушливой зоне Ставропольского края.

Результаты. Урожайность озимой пшеницы достоверно зависела от осадков за сентябрь — октябрь, запасов влаги к весне, общей влагообеспеченности посевов, температуры мая и определялась густотой стояния растений и массой 1000 зерен. Максимальный урожай формировался при выпадении осадков за сентябрь — октябрь > 117 мм, при наибольшей густоте стояния (294–392 шт/м²), весенних запасах влаги в метровом слое почвы и средней общей влагообеспеченности по чистому пару, соответственно, 129–145 мм и 382 мм, занятому пару 115–135 мм и 378 мм, озимой пшенице 105–125 мм и 342 мм. Минимальная продолжительность периода «сев — всходы» и максимальная густота стояния приходились по чистому и занятому пару на сумму осадков за сентябрь — октябрь (59–87 мм), а полупару — >117 мм. По сравнению с чистым паром по занятому пару густота стояния снижалась в среднем на 12,2%, урожайность — на 19,2%, длительность появления всходов возрастала в 1,4 раза, а в повторных посевах, соответственно, на 22,6%, 45,3% и 2,7 раза. Масса 1000 зерен имела достоверную положительную связь с густотой стояния по полупару и отрицательную со средней температурой за май — июнь по чистому пару. По полупару и чистому пару урожайность более тесно связана с массой 1000 зерен ($r = 0,52-0,66$), чем с густотой стояния ($r = 0,45-0,50$).

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, предшественники, погодные условия, продуктивная влага

Для цитирования: Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние погодных условий на формирование урожайности озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 155–160. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160>

© Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н.

The influence of weather conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors in the arid zone of Stavropol

ABSTRACT

Relevance. The identification of agro meteorological factors that have the greatest impact on the formation of grain yields and their consideration in the improvement of agricultural technologies is an urgent task of agriculture.

Methods. The research was carried out in 1972–2023 in the fields of the Prikumsk experimental breeding station in a 6-pole grain-and-grass crop rotation.

The purpose of the research is to study the influence of agro meteorological conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors for the correction and adaptation of applied agricultural technologies in the arid zone of the Stavropol Territory.

Results. The yield of winter wheat significantly depended on precipitation in September — October, moisture reserves by spring, total moisture availability of crops, temperature in May and was determined by the density of plants and the weight of 1000 grains. The maximum yield was formed with precipitation in September — October >117 mm, the highest density of standing (294–392 pcs/m²), spring moisture reserves in the meter soil layer and average total moisture supply for pure steam, respectively, 129–145 mm and 382 mm, occupied steam 115–135 mm and 378 mm and winter wheat 105–125 mm and 342 mm. The minimum duration of the sowing — germination period and the maximum density of standing accounted for a clean and occupied pair for the amount of precipitation for September — October (59–87), and a half-pair >117 mm. Compared with pure steam, the density of standing decreased by an average of 12.2%, the yield by 19.2%, the duration of germination increased 1.4 times, and in repeated crops by 22.6%, 45.3% and 2.7 times, respectively. The mass of 1000 grains had a significant positive relationship with the density of standing by half-steam and a negative one with the average temperature for May — June by pure steam. For half-steam and pure steam, yield is more closely related to the mass of 1000 grains ($r = 0.52-0.66$) than to the density of standing ($r = 0.45-0.50$).

Key words: winter wheat, yield, precursors, weather conditions, productive moisture

For citation: Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The influence of weather conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors in the arid zone of Stavropol. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 155–160 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160>

© Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N.

Введение/Introduction

Для успешной жизнедеятельности растений необходим комплекс природных условий: оптимальная температура воздуха и почвы, наличие в почве в доступной форме элементов питания и продуктивной влаги, удовлетворяющая требованиям растительного организма по продолжительности и интенсивности определенная освещенность на отдельных этапах органогенеза [1–3].

Одни факторы существования растений проникают через корневую систему или листья и стебли, другие принимают активное участие в физиологических процессах, определяя степень их интенсивности и производительности, что в совокупности составляет основу формирования урожая [4–6].

Растения в процессе онтогенеза последовательно создают определенные вегетативные и генеративные органы, участвующие в создании и накоплении, как общего органического вещества, так и хозяйственно ценной его части. Урожай зависит от степени и мощности развития каждого растения и их количества на единице площади и является результатом влияния и взаимодействия многих факторов внешней среды, среди которых решающая роль принадлежит погодным условиям [7–9].

В засушливой зоне края недостаток влаги в значительной степени определяет уровень урожайности всех полевых культур, а для озимой пшеницы величина урожая математически достоверно зависит от увлажненности осеннего начального периода вегетации, длительности появления всходов и продолжительности осени, когда формируется такой элемент структуры урожая, как густота стояния растений [10–12].

Выпадение осадков в предпосевной и посевной период (за сентябрь и октябрь) способствует качественной обработке почвы, быстрому и равномерному получению всходов и их хорошему росту и развитию в осенний период. Наиболее эффективно доступная влага используется растениями по лучшим предшественникам, таким как чистый или занятый пар, где по сравнению с другими предшественниками озимой пшеницы создаются более благоприятные по питательному и водному режиму условия для получения высокого и стабильного урожая зерна [13–15].

Цель исследований — изучить влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы и отдельных элементов его структуры при размещении посевов по различным предшественникам для корректировки и адаптации применяемых агротехнологий в засушливой зоне Ставропольского края Российской Федерации.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 1972–2023 гг. на полях Прикумской опытно-селекционной станции — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» в 6-польном зернопаротравяном севообороте: озимая пшеница (N₃₅) — чистый пар — озимая пшеница (P₄₀) — яровой ячмень + эспарцет — эспарцет на зеленый корм — озимая пшеница (P₄₀).

Данный севооборот развернут во времени и пространстве, был и остается неизменным с 1972 г. по

настоящее время. Районированные сорта полевых культур возделывали на удобренном фоне по общепринятой для засушливой зоны технологии. На протяжении 52 лет исследований возделывались такие сорта озимой пшеницы, как Безостая 1, Одесская 51, Донская безостая, Купаж, Идиллия, ярового ячменя — Прикумский 22, Булат, эспарцета — Северо-Кавказский, Песчаный, Русич и Кравцов.

Минеральные удобрения под озимую пшеницу вносили перед посевом под культивацию после чистого и занятого пара в виде суперфосфата (P₂₀) или аммофоса (N₁₂P₅₂), а в повторных посевах озимой пшеницы внекорневую подкормку проводили аммиачной селитрой (N₃₅). Яровой ячмень и эспарцет использовали последнее действие внесенных под озимую пшеницу фосфорных удобрений (P₄₀).

Расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки — 448,5 м², учетная — 210 м². Повторность опыта четырехкратная.

Почва опытного участка каштановая среднесуглинистая карбонатная. Содержание гумуса в пахотном слое почвы до закладки опыта — от 1,45 до 1,62% (по Тюрину, ГОСТ 26213¹). Общего азота содержалось от 0,13 до 0,14% (по ГОСТ Р 58596²), подвижного фосфора — от 13,8 до 15,0 мг/кг, обменного калия — 265–295 мг/кг (по Мачигину, ГОСТ 26205³).

Плотность почвы составляла 1,32 г/см³, pH водной вытяжки — 7,0–7,1⁴. В полуметровом слое почвы карбонатов содержалось 7,14%.

Динамику природно-климатических условий за 1972–2023 гг. анализировали с помощью информационно-аналитической системы «Автоматизированная информационная система «АГРО-КЛИМАТ»» (Россия)⁵.

Климат засушливой зоны среднеконтинентальный со среднегодовым количеством осадков за исследуемый период 420 мм, среднегодовой температурой воздуха 11,0 °С, суммой активных температур 3774 °С. По сравнению с климатической нормой за 1961–1990 гг. среднегодовая температура воздуха за этот период (1972–2023 гг.) увеличилась на 0,56 °С, сумма активных температур — на 137 °С, годовых осадков — на 18 мм. Основной прирост осадков приходился на январь — апрель (10–31%) и октябрь (41%), а температуры — на январь — март (0,8–1,1 °С), август и октябрь (1,2 и 1,0 °С), что создавало хорошие условия для своевременного получения всходов озимой пшеницы в осенний период, благоприятного прохождения перезимовки и более раннего наступления весенней вегетации.

Наиболее существенные изменения произошли в апреле и октябре. Так, ГТК этих месяцев улучшился в 1972–2023 гг. на 0,10 и 0,22 единицы соответственно. Весь вегетационный период (с апреля по октябрь) очень засушливый (ГТК = 0,69), но наиболее засушлив летне-осенний период — с июля по октябрь (ГТК = 0,55).

С целью выявления влияния погодных условий на формирование урожая озимой пшеницы и некоторых элементов его структуры использовались соответствующие метеоданные Прикумской метеостанции за 1972–2023 гг., фенологические наблюдения за продолжительностью появления всходов и урожайные данные по трем предшественникам за исследуемый период в засушливой зоне Восточного Предкавказья.

¹ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

² ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота.

³ ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

⁴ ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

⁵ Сайт ФИПС: <https://www1.fips.ru/>, file:///C:/Users/натент/Desktop/Информационно-поисковая%20система.html

Фенологические наблюдения и учет урожая проводили по общепринятой методике⁶. Влажность почвы определяли по ГОСТ 28268⁷, а массу 1000 зерен — по ГОСТ ISO 520⁸.

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом корреляционного анализа по Б.А. Доспехову⁹, используя стандартную программу в Excel (США). Оценку степени корреляционной зависимости проводили по Л. Заксу¹⁰, согласно которой при 5%-ном уровне значимости и наличии 52 точек отсчета (лет) достоверность математической связи между двумя изучаемыми факторами наступает при коэффициенте корреляции (r), равном 0,27 и выше.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Данными исследованиями установлено, что урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне статистически достоверно зависит от осенних осадков за сентябрь и октябрь, запасов продуктивной влаги к возобновлению весенней вегетации, общей влагообеспеченности посевов и среднесуточной температуры мая (табл. 1).

Важность осадков за первые два месяца осени состоит в том, что на этот период приходится предпосевная подготовка почвы, оптимальные сроки сева и появление всходов. От уровня влагообеспеченности почвы, в особенности пахотного слоя (0–20 см), в значительной мере зависят длительность периода «сев — всходы», формирование первого элемента структуры урожая — густоты стояния растений, продолжительность роста и развития посевов озимой пшеницы до прекращения осенней вегетации.

По различным предшественникам складываются неодинаковые по водному и пищевому режиму условия существования растений, особенно в начальный период роста и развития, которые в дальнейшем приводят к различному уровню урожайности этой культуры.

Из данных таблицы 2 видно, что максимальная густота стояния растений и минимальная продолжительность периода «сев — всходы» по чистому и занятому пару приходились на интервал осадков за сентябрь — октябрь (59–87 мм), по полупару — более 117 мм, самый большой урожай зерна — на максимальное количество этих осадков.

Таблица 1. Коэффициент корреляции между урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам и некоторыми агрометеорологическими факторами и элементами структуры урожая за 52 года (1972–2023)

Table 1. Correlation coefficient between the yield of winter wheat for various precursors and some agro meteorological factors and elements of the crop structure for 52 years (1972–2023)

Предшественник	Осадки за сентябрь — октябрь, мм	Густота стояния растений, шт/м ²	Запас влаги в 1м слое почвы к весне, мм	Общая влагообеспеченность, мм	Температура мая, °С	Масса 1000 зерен, г
Чистый пар	0,36*	0,45*	0,34*	0,47*	-0,41*	0,52*
Занятый пар	0,46*	0,49*	0,38*	0,44*	-0,30*	0,44*
Озимая пшеница	0,40*	0,50*	0,43*	0,57*	-0,35*	0,66*

Примечание: * различия значимы для $p < 0,05$.

По сравнению с чистым паром густота стояния растений по занятому пару снижалась в среднем за годы исследований на 35 шт/м², или на 12,2%, длительность появления всходов возрастала на 6,4 дня, или в 1,4 раза, урожай зерна уменьшался на 0,75 т/га, или на 19,2%, а в повторных посевах, соответственно: на 65 шт/м², или 22,6%; на 26,6 дня, или в 2,7 раза; на 1,77 т/га, или на 45,3%.

При катастрофическом недоборе осадков за первые два месяца осени (< 29 мм) всходы озимой пшеницы по чистому пару появлялись через месяц, по занятому пару — почти через полтора месяца, озимой пшенице — зимой в оттепели или в ранневесенний период. При этом урожайность по сравнению со среднемноголетним значением снижалась: по чистому пару — на 0,57 т/га, или на 14,6%; по занятому пару — на 0,82 т/га, или на 25,9%; по полупару — на 0,42 т/га, или на 19,6%.

Основными факторами, ограничивающими уровень продуктивности полевых культур в засушливой зоне, являются недостаток влаги и повышенный радиационный режим. При среднегодовом количестве осадков за время проведения исследований 420 мм сумма активных температур в последнее десятилетие (2014–2023 гг.) по сравнению с первым десятилетием (1972–1981 гг.) увеличилась на 331 °С и составила 3982 °С.

По уровню влагообеспеченности предшественники озимой пшеницы располагаются в следующей последовательности: чистый пар, занятый пар, озимая пшеница. Чем меньшими запасами влаги в почве обладает

Таблица 2. Статистические связи между суммой осадков за сентябрь — октябрь и густотой стояния растений, продолжительностью периода «сев — всходы» и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года (1972–2023 гг.)

Table 2. Statistical relationships between the amount of precipitation for September — October and the density of plant standing, the duration of the «sowing — sprouting» period and the yield of winter wheat for various predecessors for 52 years (1972–2023)

Осадки за сентябрь — октябрь, мм	Предшественник								
	чистый пар			занятый пар			полупар		
	густота стояния растений, шт/м ²	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га	густота стояния растений, шт/м ²	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га	густота стояния растений, шт/м ²	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га
< 29	254	32,0	3,34	225	43,1	2,34	178	103,3	1,72
30–58	280	11,8	3,88	232	20,7	3,00	221	40,7	2,03
59–87	322	12,1	4,08	312	14,5	3,40	249	17,5	2,41
88–116	318	12,0	4,20	273	14,0	3,71	237	17,1	2,35
> 117	284	11,5	4,99	261	15,0	4,85	272	16,0	2,75
Среднее	288	15,8	3,91	253	22,2	3,16	223	42,4	2,14
r	0,40*	-0,29*	0,36*	0,38*	-0,42*	0,46*	0,36*	-0,54*	0,40*

Примечание: * различия значимы для $p < 0,05$.

⁶ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос. 1985; 267.

⁷ ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

⁸ ГОСТ ISO 520-2014 Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен.

⁹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

¹⁰ Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика. 1976; 343.

предшественник озимой пшеницы, тем он хуже и тем сильнее корреляционная связь урожайности с осенними осадками и весенними запасами влаги в метровом слое почвы (табл. 3).

За исследуемый период запасы продуктивной влаги к возобновлению весенней вегетации по чистому пару в среднем составили 121 мм с варьированием от 61 до 162 мм, занятому пару — соответственно, 106,5 мм, 32 мм и 160 мм, полупару — 91,9 мм, 20 мм и 161 мм.

Более чем в половине лет (53,8%) эти запасы по чистому пару находились в пределах 112–145 мм, занятому пару (в 57,7% лет) — 94–135 мм, озимой пшенице (в 55,8% лет) — 84–125 мм. Количество доступной влаги в метровом слое почвы к весне в 32,7% лет по чистому пару находилось в пределах 60–111 мм, в 26,9% лет по занятому пару — 30–93 мм, в 36,5% лет в повторных посевах — 20–83 мм.

Максимальная величина урожая зерна отмечалась при запасах весенней влаги по чистому пару в интервале 129–145 мм, по занятому пару — 115–135 мм, по озимой пшенице — 105–125 мм.

При минимальных запасах влаги по предшественникам урожайность озимой пшеницы по чистому пару снижалась: на 1,37 т/га, или на 31,6%; по занятому пару — на 2,38 т/га, или в 2,9 раза; по полупару — на 1,3 т/га, или в 2,1 раза, по сравнению с максимальным урожаем зерна.

Кроме почвенных запасов продуктивной влаги в метровом слое к весне, достоверное влияние на урожайность озимой пшеницы оказывает общая влагообеспеченность посевов, которая наряду с этими запасами влаги к началу весенней вегетации включает еще и сумму осадков за апрель — июнь.

По чистому пару средняя общая влагообеспеченность составила 236,6 мм с варьированием от 118 до 396 мм, по занятому пару — соответственно, 251,2 мм и 89–390 мм, по полупару — 231,0 мм и 77–365 мм. В 71,8% лет этот показатель по чистому пару составил 210–301 мм, а в 64,1% лет по занятому пару и полупару, соответственно, 191–292 мм и 175–272 мм. Чем лучше влагообеспеченность весенне-летнего периода вегетации, тем выше урожай озимой пшеницы.

Особенно важна роль майских осадков, так как на этот месяц приходится критический период по водопотреблению в фазу колошения, цветения и начала налива зерна. Как показали ранее проведенные авторами исследования, статистически значимое влияние майской температуры воздуха на урожайность озимой пшеницы связано с достоверным воздействием этого фактора на продолжительность периода «колошение — молочная спелость зерна». Чем ниже температура мая, тем продолжительнее этот период и выше урожай зерна, а чем она выше, тем меньше длительность периода «колошение — молочная спелость зерна» и ниже величина урожая [16].

В среднем на II декаду мая приходится колошение, а к концу июня — полная спелость зерна, то есть в эти месяцы формируется последний элемент структуры урожая — масса 1000 зерен. Средняя температура в мае и июне имела статистически значимый отрицательный характер связи с массой 1000 зерен по чистому пару и проявлялась лишь в виде тенденции по занятому пару, а по полупару полностью отсутствовала. По сравнению с чистым паром масса 1000 зерен по занятому пару

Таблица 3. Статистические связи между запасами влаги в метровом слое почвы к весне и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года

Table 3. Statistical relationships between moisture reserves in a meter layer of soil by spring and the yield of winter wheat for various precursors over 52 years

Предшественник								
чистый пар			занятый пар			полупар		
интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га	интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га	интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га
60–77	3	2,97	30–51	2	1,25	20–41	2	1,16
78–94	4	3,41	52–72	6	2,87	42–62	8	1,69
95–111	10	3,82	73–93	6	2,19	63–83	9	1,68
112–128	13	3,86	94–114	14	3,30	84–104	16	2,42
129–145	15	4,34	115–135	16	3,63	105–125	13	2,46
> 146	7	3,96	> 136	8	3,42	> 126	4	2,41
r		0,34*	r		0,38*	r		0,43*

Примечание: * различия значимы для $p < 0,05$.

Таблица 4. Статистические связи между средней температурой в мае и июне и массой 1000 зерен озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года, г

Table 4. Statistical relationships between the average temperature for May and June and the weight of 1000 grains of winter wheat for various precursors for 52 years, g

Средняя температура за май и июнь, °С		Число лет	Предшественник		
градации	в среднем		чистый пар	занятый пар	Озимая пшеница
17,1–18,0	17,6	4	38,1	37,7	35,6
18,1–19,0	18,6	11	39,9	38,8	36,2
19,1–20,0	19,5	20	37,0	35,8	34,0
20,1–21,0	20,5	7	36,5	36,1	34,6
21,1–22,0	21,4	6	37,5	37,7	34,7
22,1–230	22,5	4	35,3	34,2	33,0
Среднее	19,8		37,6	36,8	34,7
r			-0,28*	-0,23	-0,15

Примечание: * различия значимы для $p < 0,05$.

снижалась в среднем на 0,8 г, а по предшественнику озимая пшеница — на 2,9 г.

Выше среднего значения масса 1000 зерен по всем трем предшественникам формировалась при средней температуре в мае и июне до 19,0 °С, что наблюдалось лишь в 28,8% лет (табл. 4).

Между двумя элементами структуры урожая массой 1000 зерен и густотой стояния растений наблюдалась достоверная положительная статистическая связь лишь по полупару, а по остальным предшественникам она полностью отсутствовала.

Чем хуже предшественник по влагообеспеченности, тем теснее статистическая связь между элементами структуры урожая. В зависимости от складывающихся погодных условий во время налива зерна максимальные показатели массы 1000 зерен приходились на густоту стояния растений: по чистому пару — 285–356 шт/м², по занятому пару — 314–350 шт/м², по полупару — 207–235 шт/м².

Самый высокий урожай зерна по чистому и занятому пару получен при наибольшей густоте стояния растений, а в повторных посевах озимой пшеницы — при густоте стояния 236–264 шт/м² (табл. 5).

При загущении посевов на начальном этапе роста и развития растений сверх оптимальных размеров (294–392 шт/м²) масса 1000 зерен снижалась ниже среднего значения по чистому пару на 1,0 г, по занятому пару — на 2,3 г, а по полупару, наоборот, увеличивалась — на 2,0 г.

Такое различие связано с неординарными условиями водного и пищевого режима в посевах озимой пшеницы, когда при дефиците влаги в посевном слое и низком запасе основных элементов питания в почве всходы по

Таблица 5. Статистические связи между густотой стояния растений и массой 1000 зерен и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года

Table 5. Statistical relationships between the density of plants and the weight of 1000 grains and the yield of winter wheat for various precursors over 52 years

Предшественник								
чистый пар			занятый пар			полупар		
густота стояния растений, шт/м ²	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га	густота стояния растений, шт/м ²	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га	густота стояния растений, шт/м ²	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га
градации			градации			градации		
176–212	37,7	3,14	165–202	35,8	2,48	148–177	32,5	1,73
213–248	34,5	3,00	203–239	35,4	2,69	178–206	31,9	1,60
249–284	36,7	3,75	240–276	38,0	3,16	207–235	37,0	2,31
285–320	39,5	4,49	277–313	37,1	3,29	236–264	36,8	2,89
321–356	39,3	4,22	314–350	39,3	4,11	265–293	34,7	2,29
357–392	36,6	4,56	351–387	34,5	5,10	294–322	36,7	2,64
r	0,10	0,45*	r	0,16	0,49*	r	0,38*	0,50*

Примечание: * различия значимы для $p < 0,05$.

колосовому предшественнику появляются гораздо позже, их количество в среднем на 29% ниже, чем по чистому пару. Другими словами, в засушливых условиях по полупару очень редко создаются такие благоприятные осенние условия, при которых густота стояния растений превышает оптимальные значения и происходит перегазование посевов.

Выводы/Conclusion

Результаты многолетних исследований в засушливой зоне свидетельствуют о том, что на формирование урожайности озимой пшеницы по основным предшественникам существенное влияние оказывали условия увлажнения на протяжении всей вегетации, а также температурный режим во время налива зерна.

Осадки за сентябрь — октябрь достоверно влияли на густоту стояния растений ($r = 0,36$ – $-0,40$), продолжительность периода «сев — всходы» ($r = -0,29$ – $0,54$) и

урожайность озимой пшеницы ($r = 0,36$ – $0,46$). Чем выше запасы продуктивной влаги в почве к весне и общая влагообеспеченность весенне-летнего периода, тем выше урожай зерна по предшественникам ($r = 0,34$ – $0,57$).

Чем хуже предшественник по влагообеспеченности, тем теснее статистическая связь между элементами структуры урожая. Самый высокий урожай зерна по парам получен при наибольшей густоте стояния растений.

По сравнению с чистым паром густота стояния растений по занятому пару снижалась в среднем на 35 шт/м², или на 12,2%, длительность появления всходов возрастала на 6,4 дня, или в 1,4 раза, урожай зерна уменьшался на 0,75 т/га, или на 19,2%, а в повторных посевах — соответственно, на 65 шт/м, или 22,6%, на 26,6 дня, или в 2,7 раза, на 1,77 т/га, или на 45,3%.

По полупару и чистому пару урожайность более тесно связана с массой 1000 зерен ($r = 0,52$ – $0,66$), чем с густотой стояния ($r = 0,45$ – $0,50$).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Годунова Е.И., Хрипунов А.И., Оганян Л.Р., Криулина Е.Н. Современное состояние зерновой отрасли АПК Ставропольского края и пути его оптимизации. *АПК: экономика, управление*. 2023; 5: 83–91. <https://doi.org/10.33305/235-83>
- Кулинец В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: *Агрус*. 2013; 518. ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>
- Elliott J. et al. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. *Agricultural System*. 2018; 159: 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.07.012>
- Urruty N., Guyomard H., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavorable weather conditions. *Field Crops Research*. 2017; 213: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.018>
- Петров Г.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. *Прикумье*. 1996; 342.
- Шеховцов Г.А., Чайкина Н.Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края. *Земледелие*. 2018; 6: 21–26. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
- Гладышева О.В., Свирина В.А., Артыкухова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусовое состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; 10: 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
- Гагиев Б.В. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017; 54(4): 25–31. <https://www.elibrary.ru/zxgwun>
- Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыченко В.И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополя. *Земледелие*. 2011; 3: 8–12. <https://www.elibrary.ru/obqyiv>

REFERENCES

- Godunova E.I., Khripunov A.I., Ohanyan L.R., Kriulina E.N. Modern state of the agricultural grain industry Stavropol territory and ways of its optimization. *AIC: economics, management*. 2023; 5: 83–91 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/235-83>
- Kulintsev V.V. et al. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol territory. Stavropol: *Agus*. 2013; 518 (in Russian). ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>
- Elliott J. et al. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. *Agricultural System*. 2018; 159: 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.07.012>
- Urruty N., Guyomard H., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavorable weather conditions. *Field Crops Research*. 2017; 213: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.018>
- Petrov G.I. The influence of agro meteorological conditions on the formation of winter wheat harvest in the dry steppe zone of Stavropol. *Prikumye*. 1996; 342 (in Russian).
- Shexovtsov G.A., Chaikina N.N. Monitoring of Soil Fertility, Dynamics of Application of Mineral and Organic Fertilizers, Balance of Nutrients in Soils of the Eastern Part of Stavropol Krai. *Zemledelie*. 2018; 6: 21–26 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
- Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; 10: 83–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
- Gagiev B.V. et al. Productivity of field rotation of crops depending on fertilizers on leached chernozem. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017; 54(4): 25–31 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zxgwun>
- Godunova E.I., Zhelnakova L.I., Udovychenko V.I. State and Ways of Optimization of Grain Industry of Stavropol Region. *Zemledelie*. 2011; 3: 8–12 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/obqyiv>

10. Уланов А.К., Будажаров Л.В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приемов основной обработки и удобрений в сухой степи. *Земледелие*. 2019; 1: 15–18. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>

11. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Продуктивная влага и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. *Аграрная наука*. 2021; 5: 47–50. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>

12. Marvel K., Cook B.I., Bonfils C.J.W., Durack P.J., Smerdon J.E., Williams A.P. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*. 2019; 569(7754): 59–65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>

13. Строков А.С., Макаров О.А., Марахова Н.А., Поташников В.Ю. Влияние почвенно-климатических факторов на урожайность основных сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Белгородской области. *Земледелие*. 2019; 6: 21–24. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10605>

14. Ивойлов А.В., Чернышева Т.Н. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовия. *Вестник Мордовского университета*. 2015; 25(4): 125–132. <https://www.elibrary.ru/vkaaaj>

15. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н., Сухарева А.А. Урожайность и элементы ее структуры у новых генотипов пшеницы мягкой озимой Северо-Кавказского ФНАЦ. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; 2: 55–58. <https://www.elibrary.ru/llwfrj>

16. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние условий весенне-летней вегетации и предшественников на урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополя. *Земледелие*. 2023; 4: 8–12. <https://www.elibrary.ru/aibrxq>

10. Ulanov A.K., Budajapov L.V. Productivity of Chestnut Soil Depending on Moisture Conditions under the Long-Term Impact of Crop Rotations, Tillage Methods and Fertilizers in the Dry Steppe. *Zemledelie*. 2019; 1: 15–18 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>

11. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe belt of the Stavropol region. *Agrarian science*. 2021; 5: 47–50 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>

12. Marvel K., Cook B.I., Bonfils C.J.W., Durack P.J., Smerdon J.E., Williams A.P. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*. 2019; 569(7754): 59–65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>

13. Stokov A.S., Makarov O.A., Marakhova N.A., Potashnikov V.Yu. Influence of Soil and Climatic Factors on Productivity of Main Agricultural Crops in Municipal Districts of the Belgorod Region. *Zemledelie*. 2019; 6: 21–24 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10605>

14. Ivoilov A.V., Chernysheva T.N. Influence of agrometeorological conditions growing season and overwintering plants on yield of winter wheat in central part of Republic of Mordovia. *Mordovia University Bulletin*. 2015; 25(4): 125–132 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vkaaaj>

15. Kovtun V.I., Kovtun L.N., Sukhareva A.A. Yields structure elements in the new genotypes of winter soft wheat selected by the North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; 2: 55–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/llwfrj>

16. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Influence of the Conditions of Springsummer Vegetation and Forecrops on the Yield of Winter Wheat in the Arid Zone of the Stavropol Territory. *Zemledelie*. 2023; 4: 8–12 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/aibrxq>

ОБ АВТОРАХ

Николай Александрович Морозов¹
директор, кандидат сельскохозяйственных наук
fgupposs1@mail.ru

Нина Артёмовна Ходжаева¹
старший научный сотрудник отдела агроэкологии и земледелия
fguppossx@mail.ru

Иванна Владимировна Прохорова¹
научный сотрудник отдела агроэкологии и земледелия
ivanna.86@inbox.ru

Александр Иванович Хрипунов²
заведующий лабораторией агроландшафтов, кандидат
сельскохозяйственных наук
hripunov1955@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Елена Николаевна Общия²
старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтов
obzia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

¹ Прикумская опытная селекционная станция, ул. им. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. им. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Nikolay Alexandrovich Morozov¹
Director, Candidate of Agricultural Sciences
fgupposs1@mail.ru

Nina Artyomovna Khodzhaeva¹
Senior Researcher at the Department of Agroecology and Agriculture
fguppossx@mail.ru

Ivanna Vladimirovna Prokhorova¹
Researcher at the Department of Agroecology and Agriculture
ivanna.86@inbox.ru

Alexander Ivanovich Khripunov²
Head of the Laboratory of Agricultural Landscapes, Candidate of Agricultural Sciences
hripunov1955@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Elena Nikolaevna Obshchiya²
Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Landscapes
obzia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

¹ Prikumskaya experimental Breeding Station, 4 Vavilov Str., Budennovsk, Stavropol Territory, 356803, Russia

² North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov Str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia