УДК 633.11:324:631.5 (470.63)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>

Краткий обзор/Brief review

Морозов Н.А.¹,
Ходжаева Н.А.¹,
Хрипунов А.И.²,
Общия Е.Н.²

¹ Прикумская опытно-селекционная станция, 356803, Ставропольский край, г. Буденновск, Буденовский район, ул. Вавилова, 4, E-mail: fgupposs@mail.ru

² ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49 E-mail: sniish@mail.ru

Ключевые слова: предшественник, озимая пшеница, осадки, запас продуктивной влаги, засушливая зона

Для цитирования: 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; 349 (5): 47–50.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>**Конфликт интересов отсутствует**

Nicolai A. Morozov¹,
Nina A. Khodzhaeva¹,
Alexander I. Khripunov²,
Elena N. Obshchiya²

¹ Prikumskaya Experimental Breeding Station, 356803, Russia, Stavropol region, Budennovsk, st. Vavilova, 4 E-mail: fgupposs@mail.ru

² North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, 356241, Russia, Stavropol region, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49 E-mail: sniish@mail.ru

Key words: predecessor, winter wheat, precipitation, productive moisture reserve, arid zone

For citation: 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; 349 (5): 47–50. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>**There is no conflict of interests**

Продуктивная влага и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя

РЕЗЮМЕ

Рациональное использование влаги посевами в условиях ее недостатка является актуальной задачей земледелия. Исследования проводили в отделе земледелия Прикумской опытно-селекционной станции в 2014–2020 гг. в 6-польном зерно-паропропашном севообороте. Цель исследований — изучение влагообеспеченности посевов озимой пшеницы по различным предшественникам. Основное различие во влагообеспеченности паровых и непаровых посевов наблюдалось в осенний период. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом по чистому пару в 2,4 раза выше, чем по полупару. В благоприятные по увлажнению годы (2014–2016) запасы влаги в пахотном слое почвы (0–20 см) по предшественникам практически не различались (24,6 и 23,5 мм), тогда как в засушливые годы (2017–2020) существенно отличались (10,8 и 4,1 мм). На формирование урожая по чистому пару достоверное влияние оказывали запасы влаги к посеву озимой пшеницы в пахотном ($r = 0,86$) и метровом слое почвы ($r = 0,80$), осадки апреля и мая ($r = 0,77$), мая ($r = 0,75$) и общая влагообеспеченность посевов ($r = 0,91$), а по полупару — общая влагообеспеченность ($r = 0,80$). Накопление влаги в холодный период зависело от ее осеннего содержания в метровом слое почвы, имело достоверную отрицательную связь по чистому пару ($r = -0,79$ в мм и $-0,85$ в %) и проявлялось в виде тенденции по полупару ($r = -0,70$ и $-0,69$). Чем больше осенние запасы влаги в почве, тем меньше ее количество накапливалось за зиму и, наоборот, наибольшее пополнение влаги наблюдалось при минимальных осенних запасах. Эффективность использования влаги паровыми посевами была в 1,7 раза, а урожайность в 1,9 раза выше по сравнению с непаровым предшественником.

Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe belt of the Stavropol region

ABSTRACT

Rational use of moisture by crops in conditions of its lack is an urgent task of agriculture. The research was carried out in the agriculture department of the Prikumsk experimental selection station in 2014–2020 in a 6-field grain-fallow crop rotation. The purpose of the research is to study the moisture supply of winter wheat crops by various predecessors. The main difference in the moisture content of fallow and non-fallow crops was observed in the autumn period. The content of productive moisture in a meter layer of soil before sowing in a pure fallow is 2.4 times higher than in a semi-fallow. In favorable years for humidification (2014–2016), the moisture reserves in the arable soil layer (0–20 cm) by their predecessors practically did not differ (24.6 and 23.5 mm), while in dry years (2017–2020) they differed significantly (10.8 and 4.1 mm). The formation of the yield for pure fallow was significantly influenced by moisture reserves for sowing winter wheat in the arable ($r = 0.86$) and 1 m soil layer ($r = 0.80$), precipitation in April and May ($r = 0.77$), May ($r = 0.75$) and the total moisture supply of crops ($r = 0.91$), and for the semi-fallow — the total moisture supply ($r = 0.80$). The accumulation of moisture in the cold period depended on its autumn content in the 1st soil layer, had a significant negative relationship for the pure vapor ($r = -0.79$ in mm and -0.85 in %) and manifested itself as a tendency for the semi-vapor ($r = -0.70$ and -0.69). The greater the autumn reserves of moisture in the soil, the less its amount accumulated over the winter and, conversely, the greatest replenishment of moisture was observed with the minimum autumn reserves. The efficiency of using moisture by fallow crops was 1.7 times, and the yield was 1.9 times higher compared to the non-steam predecessor.

Поступила: 29 марта
После доработки: 17 мая
Принята к публикации: 19 мая

Received: 29 March
Revised: 17 May
Accepted: 19 May

Введение

В настоящее время увеличилась среднекраевая тепло- и влагообеспеченность, как холодного, так и теплого времени года. Особенно сильно возросла температура воздуха холодного времени года, что благоприятно для начального роста, развития и перезимовки озимых культур, а также более раннего возобновления весенней вегетации с удлинением продолжительности активной жизнедеятельности и, как следствие, роста продуктивности [1–3].

Повышение устойчивости зернового производства существенно зависит от технологических факторов интенсификации: севооборотов, минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений, энерго- и ресурсосберегающих технологий [4–6].

Основным лимитирующим фактором получения высоких урожаев зерна в засушливых условиях является влагообеспеченность и обеспеченность почвы питательными веществами в доступной для растений форме. Применение удобрений и сбалансированное питание растений способствует более рациональному использованию влаги. Фосфорные удобрения при недостатке влаги и низком содержании доступных фосфатов в почве способствуют увеличению засухоустойчивости озимой пшеницы и значительному росту ее урожайности [7, 8].

В засушливых зонах края чистые пары являются стабилизирующей основой севооборотов. С предшественником связаны затраты на удобрения, обработку почвы, защиту растений и уборку урожая. При недостатке влаги ход формирования урожая должен быть больше направлен на работу с почвой и оптимальное развитие посева.

Цель исследований — изучение обеспеченности посевов озимой пшеницы влагой в различные периоды роста и развития растений, эффективности ее использования и пополнения ресурсов влаги по контрастным предшественникам в засушливой зоне Ставропольского края.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2014–2020 гг. в зерновом севообороте: кукуруза на зеленый корм — озимая пшеница — яровой ячмень — чистый пар — озимая пшеница — озимая пшеница. Почва опытного участка каштановая с содержанием в пахотном слое гумуса 1,49–1,73% (по Тюрину в модификации ЦИНАО). Обеспеченность обменным калием повышенная (400 мг/кг), подвижным фосфором средняя (24 мг/кг), нитрификационная способность — 20–25 мг N-NO₃/кг. Расположение делянок последовательное, повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки — 897 м², учетная — 218 м². В полуметровом слое почвы карбонатов содержится 7,14%. Технология возделывания озимой пшеницы — общепринятая для зоны. Районированные сорта этой культуры возделывали на удобренном фоне по чистому пару и полупару. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию по чистому пару в дозе N₃₅P₄₀, а под вторую озимую пшеницу — N₃₅. Учет урожая проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9]. Статистическая обработка данных осуществлялась по Б.А. Доспехову [10] с использованием программы AgCStat для Excel.

Климат среднеконтинентальный со среднемноголетней суммой осадков за год 434 мм и суммой активных температур 3758°. По сравнению с нормой (1981–2010 гг.) среднегодовая температура в исследуемый

период (2014–2020 гг.) увеличилась на 1,1 °С, а годовое количество осадков уменьшилось на 43,6 мм, что свидетельствует о дальнейшей аридизации климата в засушливой зоне. Среднемесячная температура воздуха увеличилась во все месяцы, кроме апреля и ноября. Максимальное повышение температуры отмечено в феврале и марте (2,5–2,2 °С), что благоприятно для возделывания озимой пшеницы, а также в июне (1,9 °С), что усложняет период налива и созревания зерна. Сумма активных температур возросла на 216 °С. Увеличение количества осадков отмечено только в январе (25%), марте (39%) и мае (15%). Значительное снижение осадков наблюдается в летне-осенний период (6–37%).

В связи с такой тенденцией развития климата ГТК всего вегетационного периода ухудшился на 0,17 единиц. Весенне-летний отрезок вегетации уменьшился на 0,16, а летне-осенний — на 0,17 единиц. Больше всего ухудшились условия в период посева и получения всходов в октябре (0,45), налива зерна в июне (0,29) и в августе в период подготовки почвы (0,24).

Самые неблагоприятные условия для возделывания озимой пшеницы сложились в последние 3 года (2018–2020 гг.). По сравнению с нормой среднегодовое количество осадков в этот период уменьшилось на 112,4 мм, среднегодовая температура возросла на 1,6 °С, а сумма активных температур — на 436 °С. Период с апреля по июнь ухудшился на 0,45, с июля по октябрь — на 0,25, а всего вегетационного периода — на 0,29 единиц. Больше всего ухудшились условия октября, ГТК снизился на 0,55 единиц.

Результаты исследований

Основным лимитирующим фактором продуктивности полевых культур в засушливых условиях является влага. Содержание продуктивной влаги в пахотном слое почвы в среднем за 7 лет исследований по чистому пару и полупару было удовлетворительным, соответственно, 16,7 и 12,4 мм. Однако в различные годы ее запасы значительно различались. Так, по чистому пару в слое почвы 0–20 см в 2014, 2015 и 2017 гг. содержание влаги было хорошим (24,8–32,2 мм), в 2016 г. — удовлетворительным (15,8 мм). По полупару запасы влаги в 2014 и 2015 гг. были хорошими (23,1–29,6 мм), в 2016 и 2017 гг. — удовлетворительными (14,7–17,7 мм).

Последние 3 года (2018–2020 гг.) характеризовались очень плохим содержанием влаги в посевном слое почвы по всем предшественникам: по чистому пару ее запасы составили 4,4–9,0 мм, а по полупару они практически отсутствовали (0–1,8 мм). Такая же тенденция по годам в осенний период наблюдалась и в метровом слое почвы. По чистому пару влаги содержалось ниже среднемноголетнего значения (39–70 против 77,5 мм), а по полупару она едва определялась (1–6,6 мм).

В среднем к посеву по чистому пару в метровом слое почвы влаги содержалось в 2,4 раза больше, чем по полупару. Тогда как к возобновлению весенней вегетации разница в пользу пара составила всего 12,8%. Таким образом, основные различия во влагообеспеченности по предшественникам наблюдаются в начальный период роста и развития озимой пшеницы до прекращения осенней вегетации (табл. 1).

Урожайность озимой пшеницы по чистому пару достоверно зависела от наличия продуктивной влаги как в пахотном ($r = 0,86$), так и метровом слое почвы ($r = 0,80$). По полупару статистическая связь между этими показателями отмечалась в виде тенденции соответственно $r = 0,63$ и $0,45$ по большинству показателей была ме-

Таблица 1. Различия во влагообеспеченности паровых и непаровых посевов озимой пшеницы (2014–2020 гг.)

Table 1. Differences in moisture supply of steam and non-steam crops of winter wheat (2014–2020)

Предшественник	Характеристика показателей	Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы (в мм) к		Общая влагообеспеченность к восковой спелости зерна, мм
		посеву	возобновлению весенней вегетации	
Чистый пар	в среднем	87,1	129,6	260,8
	наибольший	139,2	156,1	341,3
	наименьший	39,0	93,3	188,1
Озимая пшеница	в среднем	36,4	114,9	246,1
	наибольший	97,3	161,4	299,9
	наименьший	0	56,9	164,9
Разница в пользу пара в среднем	50,7	14,7	14,7	

нее существенной, чем по чистому пару. Так, на формирование урожая по чистому пару математически достоверное влияние оказывали осадки апреля и мая ($r = 0,77$), мая ($r = 0,75$) и общая влагообеспеченность посевов ($r = 0,91$). По непаровому предшественнику связь урожайности с весенними осадками наблюдалась лишь в виде тенденции (соответственно $r = 0,56; 0,53$), тогда как с показателем общей влагообеспеченности была достоверной ($r = 0,80$).

Накопление влаги в холодный период зависело от ее осеннего содержания в метровом слое почвы и имело достоверную отрицательную связь по чистому пару ($r = -0,79$ в мм и $-0,85$ в %) и проявлялось в виде тенденции по полупару ($r = -0,70$ и $-0,69$). Чем больше осенние запасы влаги в почве, тем меньше ее количество накапливалось за зиму и, наоборот, наибольшее пополнение влаги наблюдалось при минимальных осенних запасах (табл. 2).

Так, при максимальных запасах влаги в осенний период по чистому пару 101–139 мм (2014, 2015 и 2017 гг.) в метровом слое почвы за зиму накапливалось 5–34 мм, а при содержании 39–70 мм в 2018, 2019 гг. — 80–86 мм. На пополнение влаги в холодный период значительное влияние оказывали зимние осадки. В 2020 г. при неудовлетворительных запасах осенней влаги по чистому пару (58 мм) накапливалось всего 35 мм, по полупару при содержании 7 мм осенью — 50 мм. Такое низкое зимнее накопление связано со значительным недобором осадков в холодный период (67 при норме 137 мм). По полупару максимальное накопление влаги (114–161 мм) было в 2018 и 2019 гг. при отсутствии осенних запасов влаги в ме-

Таблица 2. Зависимость между наличием продуктивной влаги осенью и ее пополнением ко времени возобновления весенней вегетации (BBBB) и урожайностью озимой пшеницы по чистому пару

Table 2. The relationship between the presence of productive moisture in the fall and its replenishment by the time of the resumption of spring vegetation and the yield of winter wheat for pure fallow

Годы	Осенний запас влаги в метровом слое почвы, мм	Прибавление влаги за зиму		Запас влаги ко BBBB, мм	Урожай зерна, т/га
		в мм	в %		
2014	139,2	13,9	10,0	153,1	4,43
2015	116,9	5,5	4,7	122,4	5,07
2016	85,2	43	50,5	128,2	4,13
2017	101,1	34,2	33,8	135,3	4,93
2018	70,2	85,9	122,4	156,1	3,25
2019	39,0	80,0	205,1	119,0	3,37
2020	58,3	35,0	60,0	93,3	2,88
	<i>r</i>	-0,79*	-0,85*	0,49	0,80*

Примечание: * $P < 0,05$

Таблица 2. Зависимость между наличием продуктивной влаги осенью и ее пополнением ко времени возобновления весенней вегетации и урожайностью озимой пшеницы по полупару

Table 2. The relationship between the presence of productive moisture in the fall and its replenishment by the time of the resumption of spring vegetation and the yield of winter wheat by semi-fallow

Годы	Осенний запас влаги в метровом слое почвы, мм	Прибавление влаги за зиму		Запас влаги ко BBBB, мм	Урожай зерна, т/га
		в мм	в %		
2014	63,0	78,7	124,9	141,7	2,86
2015	42,0	75,6	180,0	117,6	2,36
2016	97,3	22,2	22,8	119,5	2,14
2017	45,9	48,0	104,6	93,9	2,44
2018	1,0	161,4	161,4	162,4	1,38
2019	1,0	113,6	113,6	114,6	2,62
2020	6,6	50,3	762,1	56,9	0,64
	<i>r</i>	-0,70	-0,69	0,12	0,45

травом слое почвы, а минимальное (22 мм) — в 2016 г. при осенних запасах 97 мм (табл. 3).

В среднем за годы исследований по чистому пару влаги из почвы потреблялось 44,6%, а из осадков — 55,4%, по полупару, соответственно, 36,9 и 63,1%. В зависимости от складывающихся погодных условий потребление влаги из почвы колебалось по годам по чистому пару от 25,5 (2016 г.) до 83,0% (2018 г.), по непаровому предшественнику от 0 (2017 г.) до 83,5% (2018 г.). Максимально влага из почвы использовалась при минимальных весенне-летних осадках как в 2018 г. (32 мм при среднем за эти годы 131 мм). Чем больше выпало осадков за весенне-летнюю вегетацию и меньше запасы влаги в почве к весне, тем больше вклад осадков в суммарное водопотребление посевов по всем предшественникам.

Наиболее рационально влага использовалась по чистому пару в 2015 и 2016 гг., по полупару — в 2016 и 2017 гг. Коэффициент водопотребления в эти годы по чистому пару составил 51,7–53,6 мм/т, по полупару — 78,8–81,6 мм/т, а в среднем, соответственно, 59,0 и 100,8 мм/т. Эффективность использования влаги по чистому пару в 1,7 раза выше, чем по непаровому пред-

шественнику. Средняя урожайность озимой пшеницы по полупару в 1,9 раза ниже, чем по чистому пару (2,06 против 4,01 т/га).

Выводы

Таким образом, основное различие во влагообеспеченности паровых и непаровых посевов озимой пшеницы наблюдалось в осенний период во время посева и начального роста и развития растений. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом по чистому пару в 2,4 раза выше, чем по полупару. В благоприятные по увлажнению годы (2014–2016) запасы влаги в пахотном слое почвы (0–20 см) по предшественникам практически не различались (24,6 и 23,5 мм), тогда как в засушливые годы (2017–2020) существенно отличались (10,8 и 4,1 мм). Преимущество паровых посевов по увлажнению выражалось в скорости появления всходов, длительности осенней вегетации и лучшем росте и развитии растений. Влага наиболее эффективно (в 1,7 раза) использовалась паровыми посевами, в связи с чем урожайность по чистому пару увеличивалась в 1,9 раза по сравнению с полупаром.

ЛИТЕРАТУРА»/«REFERENCES

1. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017; 4 (66): 43–46. [Antonov S.A. Climate change trends and their impact on agriculture in the Stavropol Territory. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; 4 (66): 43–46. (In Russ.)].

2. Желнакова Л.И., Антонов С.А. Методическое пособие по корректировке системы земледелия в связи с региональным изменением климата. Михайловск. 2011. 50 с. [Zhelnakova L.I., Antonov S.A. Methodological guide for adjusting the farming system in connection with regional climate change. *Mixajlovsk*. 2011. 50 p. (In Russ.)].

3. Петров Г.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. Издательство «Прикумье». 1996. 342с. [Petrov G.I. Influence of agro meteorological conditions on the formation of winter wheat yield in the dry-steppe zone of the Stavropol region. *Izdatel'stvo «Prikumye»*. 1996. 342 p. (In Russ.)].

4. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: Агрус. 2013. 520с. [Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I. and others. The new generation farming system of the Stavropol Territory. *Stavropol: Agrus*. 2013. 520 p. (In Russ.)].

5. Менькина Е.А., Кузыченко Ю.А. Эффективность возделывания озимой пшеницы по различным стерневым фонам в агроландшафте зоны Центрального Предкавказья. Аграрный вестник Урала. 2019; 9(188): 6–12. [Menkina E.A., Kuzychenko Yu.A. Efficiency of winter wheat cultivation on different stubble backgrounds in the agricultural landscape of the Central Ciscaucasia zone. *Agrarnyj vestnik Urala*. 2019; 9(188): 6–12. (In Russ.)].

6. Морозов Н.А., Лиходиевская С.А., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Продуктивность зерновых севооборотов с различным насыщением чистыми и занятыми парами. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018; 5: 29–35. [Morozov N.A., Likhodievskaya S.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The productivity of grain crop rotations with different saturation of clean and busy pairs. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii*. 2018; 5: 29–35. (In Russ.)].

7. Морозов Н.А., Лиходиевская С.А., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Влияние предшественников на водообеспеченность посевов озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополя. Известия Оренбургского ГАУ. 2018; 2(70): 47–50. [Morozov N.A., Likhodievskaya S.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The influence of predecessors on the water supply of winter wheat crops in the arid zone of the Stavropol Territory. *Izvestiya Orenburgskogo GAU*. 2018; 2(70): 47–50. (In Russ.)].

8. Морозов Н.А., Хрипунов А.И., Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Лиходиевская С.А. Влагообеспеченность посевов озимой пшеницы по чистому пару и полупару в засушливых условиях. Российская с\х наука. 2017; 1: 7–10. [Morozov N.A., Khripunov A.I., Kulintsev V.V., Godunova E.I., Likhodievskaya S.A. Moisture provision of winter wheat crops for pure fallow and semi-fallow in arid conditions. *Rossijskaya s\h nauka*. 2017; 1: 7–10. (In Russ.)].

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. I. М.: Колос. 1985. 270 с. [Methodology for state variety testing of agricultural crops. *Issue I*. M.: Kolos. 1985. 270 p. (In Russ.)].

10. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию. 2012. 352с. [Dospikhov V.A. Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results). M.: *Kniga po trebovaniyu*. 2012. 352 p. (In Russ.)].