

Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья

Л. Т. Мальцева^{1✉}, Е. А. Филиппова¹, Н. Ю. Банникова¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр

Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: info@kurganniish.ru

Аннотация. Цель исследований – реакция сортов яровой мягкой пшеницы на засушливые явления в период вегетации в лесостепной зоне Зауралья. **Методы.** Материалом служили 24 сорта различных биотипов по созреванию из питомника конкурсного сортоиспытания Курганского НИИСХ. Опыты и наблюдения проведены в 2005–2020 гг. в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания. Сроки посева: ранний (конец апреля – первая декада мая) и оптимальный для зоны (20–25 мая). Предшественник – пар. ГТК в 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг. составил 0,8–1,2, в 2010, 2012, 2020 гг. отмечалась засуха (ГТК 0,3–0,36). **Результаты.** Негативное действие засухи снизило урожайность в опытах на 11,9 ц/га, массу 1000 зерен на 5,7 г, натуру на 19,7 г/л. Отмечено влияние крупности зерна на урожайность как в благоприятные годы, так и в годы засухи ($r = 0,63 \dots 0,98$). В засушливых условиях стекловидность коррелирует с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой, в меньшей степени с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки. Недостаток влаги в период налива зерна увеличил содержание клейковины на 3,4 %, качество на 15,1 е. п. ИДК, силу муки на 102,7 е. а., объем хлеба на 106 г/л. В благоприятные годы масса 1000 зерен и стекловидность зерна коррелируют с клейковиной ($r = 0,44$; $r = 0,24 \dots 0,84$). Показатели продуктивности и физических свойств зерна возрастают при посеве в оптимальный срок при некотором снижении содержания клейковины (на 1,2 %), силы муки (на 5,3 е. а.), объема хлеба (на 73,2 е. п.). На раннем сроке посева дефицит влаги снижает показатели у всех сортов. В этих условиях скороспелые сорта формируют более крупное зерно как при посеве в ранний срок (29,0 г), так и при посеве в оптимальный (31,3 г). В засуху особенно высока роль сорта. Высокую засухоустойчивость показал сорт Зауралочка селекции Курганского НИИСХ, успешно прошедший испытание в засушливые годы (2012, 2020) в системе ГСИ и в экологическом испытании (КАСИБ). Урожайность засухоустойчивого сорта Зауралочка в среднем по ГСУ составила 20,2 ц/га, превысив стандарт Геракл на 2,2 ц/га. **Научная новизна.** Выявлены особенности влияния засушливых явлений на урожайность и основные показатели качества сортов, определена корреляционная связь между ними. По засухоустойчивости выделен сорт яровой мягкой пшеницы Зауралочка.

Ключевые слова: засуха, урожайность, качество, биотип, яровая пшеница.

Для цитирования: Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю. Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18.

Дата поступления статьи: 03.06.2021, **дата рецензирования:** 16.09.2021, **дата принятия:** 26.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Факторы природного характера, такие как засуха, оказывают большое влияние на эффективность сельского хозяйства. Как отмечают многие ученые и специалисты, засушливые явления в природе в будущем будут нарастать [1]. В 2020 году от засухи больше всего пострадали регионы Сибири и Урала [2]. В борьбе с засухой необходимо строгое соблюдение агротехнологий по всем направлениям: от подготовки и обработки семенного материала, способов сева, глубины заделки семян до борьбы с сорняками и вредителями и отбора наиболее засухоустойчивых, урожайных сортов [3, с. 69]. Необходимо в каждом конкретном случае учитывать тип засухи в связи с фазой онтогенеза,

в которую она наступила, и охарактеризовать засуху по силе действия и продолжительности [4, с. 490]. В условиях Западной Сибири и Северного Казахстана в течение вегетационного периода часто проявляются засухи различных видов. В связи с этим большое значение имеют сорта, адаптивные к климатическим зонам, с повышенной засухоустойчивостью и высокой стабильностью [5, с. 515].

Среди засухоустойчивых сортов яровой пшеницы отмечаются два основных биотипа: один, свойственный главным образом Зауралью, где засуха наблюдается в начале лета (захватывает у пшениц период кущения), другой – Среднему и Нижнему Поволжью, где засуха наблюдается обычно в конце вегетации

пшеницы [6]. В Зауралье в 2020 году засуха проявилась по поволжскому сценарию. Поэтому требуются тщательное изучение и анализ данных, полученных в этих условиях, для создания сортов яровой пшеницы, адаптированных к местным изменяющимся условиям среды. Получение засухоустойчивых сортов – это сложная задача. Успех в ней возможен только при условии совместного использования классической селекции, генной инженерии и новых форм мутагенеза, недавно открытых наукой. Семена засухоустойчивых сортов нам не даст ни одна компания. Это золото [7]. Как известно, в качестве интегрального показателя сбалансированности и оптимального фактора сочетания внешней среды в агроценозах чаще всего рассматривается урожайность полевых культур. Она может использоваться также индикатором внутривидовой вариативности растительного покрова, связанного с климатическими, почвенными, географическими, биологическими и антропогенными факторами [8, с. 81]. Это важно еще и потому, что засухоустойчивые формы, как правило, являются низкоурожайными вследствие противоречия этих двух свойств растений [9, с. 44]. Для успешной работы необходимы анализ и выявление всех физиолого-биохимических закономерностей и показателей, характеризующих эти процессы.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом исследования служили 24 сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) конкурсного сортоиспытания питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ) Курганского НИИСХ, ранжированных по срокам созревания на три биотипа. Скороспелая группа: Омская 36 (st), Фора, Исеть 45, Д-30-6, Д-35-10, Тр-64, Тр-332, Тр-182; среднеспелая: Терция (st), Ария, Зауралочка, Геракл, Д-22-9, Д-22-17, ДВ-21-7, Шт-335; и среднепоздняя: Уралосибирская (st), Омская 35, Радуга, Н-1-3, к-32598, ОД-39-1, ДВ-44, ТР-166. Опыты и наблюдения проведены в 2005–2020 гг. в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания [10]. Сроки посева: ранний (конец апреля – первая декада мая) и оптимальный для зоны (20–25 мая). Предшественник – пар. Курганский НИИСХ – центральная зона (лесостепь), годовое количество осадков – 366–425 мм, сумма положительных температур – 2350–2380 °С, ГТК – 0,9–1,1. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном слое (0–20 см) – 4,26 % (по Тюрину); $pH_{\text{вод}}$ – 5,7; содержание подвижного P_2O_5 (по Чирикову) – 118 мг/кг почвы, обменного K_2O – 217 мг/кг почвы (по Масловой), нитратного азота $N-NO_3$ – 14 мг/кг почвы.

Погодные условия по влагообеспеченности в 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг. были приближены к среднемуголетним, где ГТК составлял 0,8–1,2. Самые низкие показатели ГТК (0,3–0,36) отмечены в засушливые периоды вегетации 2010, 2012, 2020 гг.

Цель исследований – анализ реакции сортов яровой мягкой пшеницы по основным хозяйственно цен-

ным показателям на засушливые явления в период вегетации в лесостепной зоне Курганской области.

Результаты (Results)

Получение высококачественного зерна возможно, если на XI этапе органогенеза растения достаточно обеспечены азотом, умеренно высокой температурой, при небольшом дефиците влаги, а также обеспечены интенсивной богатой ультрафиолетовыми лучами ФАР [12, с. 246]. Изменчивость любого признака – это результат взаимодействия генотипа сорта и условий среды. Известно, что содержание клейковины в пшенице и физические свойства, характеризующие ее качество, могут варьировать очень широко [13, с. 59].

К сожалению, качество зерна, производимого в Российской Федерации в последние годы, снижается [14, с. 86]. Большое влияние на формирование урожайности оказывает генетически обусловленный признак массы 1000 зерен, что отмечают в своих исследованиях авторы Е. А. Демина, А. И. Кинчаров, Т. Ю. Таранова, ссылаясь также на работу В. Н. Пакуль, А. В. Шерина [15, с. 700]. Крупность зерна в условиях Западной Сибири, в связи с особенностями распределения осадков в период вегетации, играет существенную роль в повышении продуктивности колоса [16, с. 791]. В наших исследованиях негативное влияние засушливых лет (2010, 2012, 2020) выразилось в снижении урожайности в среднем за эти годы в двух сроках посева на 45,7 % ц/га (таблица 1).

В жестких условиях недостатка влаги в период налива зерна масса 1000 зерен снизилась на 16,2 %. Наиболее стабильна натура зерна (–0,5 %). Качественные показатели зерна, сформированные при повышенном тепловом режиме и недостатке влаги в период налива зерна, оказались на более высоком уровне, чем при достаточном влагообеспечении. Повышение показателя отмечено по содержанию клейковины (+10,6 %), ее качеству, по объему хлеба (+14,3 %) и особенно по силе муки (+47,6 %), что дает возможность формирования в условиях засухи партии сильной пшеницы. Отмечено положительное влияние крупности зерна на урожайность как в благоприятные годы, так и в годы засухи ($r = 0,63 \dots 0,98$). Выполненность зерна при недостатке влаги, особенно при раннем сроке посева, приобретает большую значимость. Наблюдается прочная связь с урожайностью и стекловидностью и отрицательная с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки ($r = 0,65$). Формирование стекловидного зерна играет важную роль в засушливых условиях. Прослеживается тесная связь показателя стекловидности зерна с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой и меньше с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки, особенно при раннем сроке посева. При посеве во второй декаде мая эта связь ослабевает.

Повышенная температура и снижение осадков (до определенного уровня) в период созревания зерна ведут к увеличению содержания клейковины. Такие условия способствуют образованию крепкой, упругой, малорастяжимой клейковины, тогда как пониженные

температуры и увеличение влажности воздуха вызывают ее ослабление [17, с. 8]. Показатели качества зерна, как правило, улучшаются: содержание клейковины – на 3,4 %, качество клейковины на 15,1 е. п. ИДК, сила муки на 102,7 е. а., объем хлеба на 106 г/л. Содержание клейковины в благоприятные годы зависит от хорошо выполненного и стекловидного зерна ($r = 0,41...0,44$, $r = 0,24...0,84$), в засуху щуплое и мучнистое зерно формирует больше клейковины, но клейковина худшего качества.

Посев в основной рекомендованной для зоны срок (II–III декада мая) несколько снижает влияние стресса на растение (таблица 2). Показатели продуктивности и физических свойств зерна возрастают, но наблюдается некоторое снижение содержания клейковины (на 1,2 %), силы муки (на 5,3 е. а.) и значительно снижается объем хлеба (на 73,2 е. п.).

В литературе отмечается, что высокое качество зерна формируется при оптимальных сроках, но в конкретных условиях района они разные, и правильное их установление является важной задачей [18, с. 42]. Роль внешних условий наиболее ощутима в засуху. Немаловажное значение в этих условиях приобретает срок посева. При возникновении дефицита влаги сорта всех биотипов по длине вегетационного периода при посеве в ранний срок (I декада мая) снижают уро-

вень показателей по сравнению с более поздним посевом (таблица 3). В этих условиях скороспелые сорта формируют более крупное зерно по сравнению с другими при посеве как в ранний срок (29,0 г), так и в оптимальный (31,3 г). Скороспелые сорта формируют не только крупное, но и хорошо выполненное зерно (749,7–776,7 г/л). У среднеспелых сортов при раннем сроке посева выше содержание клейковины хорошего качества и объем хлеба, чем у скороспелых и среднепоздних. Более позднеспелые сорта проявляют свои качества при посеве в оптимальный срок. Они накапливают больше клейковины (35,9%), формируют стекловидное зерно (61,8%).

Полученные данные подтверждают зависимость качества зерна от гидротермических условий года в тенденции улучшения всех качественных показателей при недостатке влаги [19, с. 34]. Показатели качества сортов, отнесенных к разным группам (сильная, ценная, филлер), предположительно должны в этих условиях выравниваться. Анализ данных показал, что урожайность, масса 1000 зерен, стекловидность в этих условиях изменялись соответственно генотипу сорта, а не группы качества (таблица 4). Содержание и качество клейковины, объем хлеба, сила муки лучше у сильной пшеницы и снижается от ценной к филлеру.

Таблица 1
Влияние засухи на урожайность и показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы сортов КСИ, 2005–2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева			Оптимальный срок посева			Среднее
	ГТК 0,3–0,36	ГТК 0,8–1,2	Влияние засухи	ГТК 0,3–0,36	ГТК 0,8–1,2	Влияние засухи	
Урожайность, ц/га	13,4	26,3	–12,9	14,9	25,8	–10,9	–11,9
Масса 1000 зерен, г	28,0	36,0	–8,0	30,8	34,3	–3,5	–5,7
Натура, г/л	743,7	767,1	–23,4	770,9	754,9	–16,0	–19,7
Стекловидность, %	56,8	55,5	1,3	59,3	56,2	3,1	2,2
Клейковина, %	36,0	32,2	3,8	34,8	31,8	3,0	3,4
ИДК, е. п.	83,0	91,2	–8,3	71,9	93,7	–21,8	–15,1
Сила муки (W, е. а.)	323,3	231,4	91,9	318,0	204,4	113,6	102,7
Объем хлеба, г/л	882,7	734,1	148,6	809,5	746,1	63,4	106,0

Примечание. ГТК 0,3–0,36: 2010, 2012, 2020 гг. ГТК 0,8–1,2: 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг.

Table 1
The influence of drought on the yield and grain quality indicators of spring soft wheat of CVT varieties, 2005–2020

Indicators	Early sowing date			Optimal sowing time			Mean
	HTC 0.3–0.36	HTC 0.8–1.2	Drought impact	HTC 0.3–0.36	HTC 0.8–1.2	Drought Impact	
Productivity, c/ha	13.4	26.3	–12.9	14.9	25.8	–10.9	–11.9
Weight of 1000 grains, g	28.0	36.0	–8.0	30.8	34.3	–3.5	–5.7
Nature, g/l	743.7	767.1	–23.4	770.9	754.9	–16.0	–19.7
Glassiness, %	56.8	55.5	1.3	59.3	56.2	3.1	2.2
Gluten, %	36.0	32.2	3.8	34.8	31.8	3.0	3.4
IDK, u. i.	83.0	91.2	–8.3	71.9	93.7	–21.8	–15.1
Flour strength (W, u. a.)	323.3	231.4	91.9	318.0	204.4	113.6	102.7
Bread volume, g/l	882.7	734.1	148.6	809.5	746.1	63.4	106.0

Note. HTC 0.3–0.36: 2010, 2012, 2020. HTC 0.8–1.2: 2005–2009, 2011, 2013–2019.

Таблица 2
Влияние срока посева на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы сортов КСИ в условиях засухи, 2010, 2012, 2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева	Оптимальный срок посева	Оптимальный к раннему, +/-
Урожайность, ц/га	13,4	14,9	1,5
Масса 1000 зерен, г	28,0	30,8	2,8
Натура, г/л	743,7	770,9	27,2
Стекловидность, %	56,8	59,3	2,5
Клейковина, %	36,0	34,8	-1,2
ИДК, е. п.	83,0	71,9	-11,1
Сила муки (W, е. а.)	323,3	318,0	-5,3
Объем хлеба, г/л	882,7	809,5	-73,2

Table 2
The influence of the sowing time on the yield and grain quality of spring soft wheat of CVT varieties in drought conditions, 2010, 2012, 2020

Indicators	Early sowing date	Optimal sowing time	Early sowing date to optimal sowing time, +/-
Productivity, c/ha	13.4	14.9	1.5
Weight of 1000 grains, g	28.0	30.8	2.8
Nature, g/l	743.7	770.9	27.2
Glassiness, %	56.8	59.3	2.5
Gluten, %	36.0	34.8	-1.2
IDK, u. i.	83.0	71.9	-11.1
Flour strength (W, u. a.)	323.3	318.0	-5.3
Bread volume, g/l	882.7	809.5	-73.2

Таблица 3
Хозяйственно-ценные показатели сортов разных биотипов по созреванию в условиях засухи, 2010, 2012, 2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева, группа			Оптимальный срок посева, группа		
	Скоро-спелая	Средне-спелая	Средне-поздняя	Скоро-спелая	Средне-спелая	Средне-поздняя
Урожайность, ц/га	12,3	13,5	13,8	14,2	15,0	15,5
Масса 1000 зерен, г	29,0	27,2	27,8	31,3	28,8	29,4
Стекловидность, %	55,7	58,0	57,3	55,9	60,3	61,8
Клейковина, %	35,6	36,6	35,8	34,8	33,8	35,9
ИДК, е. п.	77,3	82,0	90,3	68,8	67,4	79,4
Натура, г/л	749,7	738,3	742,3	776,7	766,6	769,9
Сила муки (W, е. а.)	337,0	322,7	309,7	323,6	333,5	296,9
Объем хлеба, г/л	879,3	919,7	848,0	849,6	784,4	795,2

Table 3
Formation of the main economically valuable indicators of different biotypes of spring bread wheat under drought conditions, 2010, 2012, 2020

Indicators	Early sowing date, group			Optimal sowing time, group		
	Early maturing	Mid-maturing	Mid-late	Early maturing	Mid-maturing	Mid-late
Productivity, c/ha	12.3	13.5	13.8	14.2	15.0	15.5
Weight of 1000 grains, g	29.0	27.2	27.8	31.3	28.8	29.4
Nature, g/l	55.7	58.0	57.3	55.9	60.3	61.8
Glassiness, %	35.6	36.6	35.8	34.8	33.8	35.9
Gluten, %	77.3	82.0	90.3	68.8	67.4	79.4
IDK, u. i.	749.7	738.3	742.3	776.7	766.6	769.9
Flour strength (W, u. a.)	337.0	322.7	309.7	323.6	333.5	296.9
Bread volume, g/l	879.3	919.7	848.0	849.6	784.4	795.2

Показатели сортов разного качества в условиях засухи (2010, 2012 гг.)

Показатель	Сильная	Ценная	Филлер
Урожайность, ц/га	8,3	12,9	13,2
Масса 1000 зерен, г	29,5	34,5	28,7
Стекловидность, %	49,5	56	64,5
Клейковина, %	40,5	34,3	34,9
ИДК, е. п.	52	50	65
Натура, г/л	760	772	764
Сила муки (W, е. а.)	526	259	371
Объем хлеба, г/л	1022	980	887

Примечание. Сильная – Новосибирская 15; ценная – Омская 36; филлер – Исеть 45.

Table 4

Indicators of varieties of different quality in the conditions of 2010, 2012

Indicators	Strong	Valuable	Filler
Productivity, c/ha	8.3	12.9	13.2
Weight of 1000 grains, g	29.5	34.5	28.7
Nature, g/l	49.5	56	64.5
Glassiness, %	40.5	34.3	34.9
Gluten, %	52.5	50	65
IDK, u. i.	760.5	772	764
Flour strength (W, u. a.)	526.5	259	371
Bread volume, g/l	1022.5	980	887.5

Note. Strong – Novosibirskaya 15; valuable – Omskaya 36; filler – Iset' 45.

Таблица 5

Урожайность сорта яровой мягкой пшеницы Зауралочка на ГСУ Курганской области в засушливые годы (2012, 2020)

ГСУ	Урожайность, ц/га					
	2012			2020		
	Зауралочка	Терция (стандарт)	+/- к стандарту	Зауралочка	Геракл (стандарт)	+/- к стандарту
Белозерский, пар	8,6	8,2	+0,4	24,1	20,2	+3,9
Макушинский, пар	16,8	15,2	+1,6	17,7	17,1	+0,6
Далматовский, пар	13,3	12,1	+1,2	23,9	19,6	+4,3
Куртамышский, горох	6,0	6,0	0,0	14,6	11,9	+2,7
Половинский, пар	27,0	26,9	+0,1	20,7	21,1	-0,4
Среднее	14,3	13,7	+0,6	20,2	18,0	+2,2

Table 5

The yield of the spring soft wheat variety Zauralochka at the SVT of the Kurgan region 2012, 2020

State variety testing plot	Productivity, c/ha					
	2012			2020		
	Zauralochka	Tertsiya, standard	+/- to standard	Zauralochka	Gerakl, standard	+/- to standard
Belozerskiy, fallow	8.6	8.2	+0.4	24.1	20.2	+3.9
Makushinskiy, fallow	16.8	15.2	+1.6	17.7	17.1	+0.6
Dalmatovski, fallow	13.3	12.1	+1.2	23.9	19.6	+4.3
Kurtamyshskiy, peas	6.0	6.0	0.0	14.6	11.9	+2.7
Polovinskiy, fallow	27.0	26.9	+0.1	20.7	21.1	-0.4
Average	14.3	13.7	+0.6	20.2	18.0	+2.2

Главное качество засухоустойчивого сорта для практики заключается в способности в условиях засухи меньшего снижения урожайности, чем у неустойчивых сортов. Для обозначения этого понятия Е. Ф. Вотчал вводит термин «засухоурожайность» [20], В. А. Драгавцев – «засухопродуктивность» [4, с. 490].

Полевая оценка засухоустойчивости требует многолетних исследований, так как засушливые явления возникают не ежегодно. Успешно прошел испытание

на засухоустойчивость сорт яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ Зауралочка, показавший хорошие результаты при испытании в остро засушливые годы (2012, 2020) на ГСУ Курганской области при средней урожайности 20,2 ц/га, превысив стандарт Геракл на 2,2 ц/га (таблица 5). По данным испытания, сорт Зауралочка был внесен в реестр селекционных достижений и районирован в 2014 году по Курганской области.

Урожайность сорта яровой мягкой пшеницы Зауралочка по пунктам экологического испытания в условиях засухи, 2012 г.

Агротехнологии

Пункт экологического сортоиспытания	Урожайность, ц/га		
	Зауралочка	Омская 36, стандарт	+/- к стандарту
Госсортоучастки			
Курганская область, ГСУ	14,4	13,3	+1,1
Башкортостан, ГСУ	17,3	15,1	+2,2
Тюменская область, ГСУ	31,2	30,3	+0,9
Пункты испытания по программе КАСИБ			
Актюбинская СХОС	8,3	9,4	-1,1
КазНИИЗиР	13,0	10,3	+2,7
Карабалыкская СХОС	10,4	11,7	-1,3
Карагандинский НИИРС	13,9	13,5	+0,4
Павлодарский НИИСХ	11,1	11,3	-0,2
НПФ «Фитон»	14,8	15,4	-0,6
Алтайский НИИСХ	11,1	8,7	+2,4
Курганский НИИСХ	9,7	9,1	+0,6
Кургансемена	14,0	11,0	+3,0
СибНИИРС	17,5	14,5	+3,0
СибНИИСХ	19,3	16,8	+2,5
Челябинский НИИСХ	22,6	16,7	+5,9
Среднее	13,8	12,4	+1,4

Table 6

Yield of the Zauralochka spring bread wheat variety according to the points of ecological testing in drought conditions, 2012

Points of ecological variety testing	Productivity, c/ha		
	Zauralochka	Omskaya 36, standard	+/- to standard
State variety sites			
Kurgan region, State variety testing plot	14.4	13.3	+1.1
Bashkortostan, State variety testing plot	17.3	15.1	+2.2
Tyumen region, State variety testing plot	31.2	30.3	+0.9
Test points according to the program KASIB			
Aktobe Agricultural Experimental Station	8.3	9.4	-1.1
Kazakh Research Institute of Farming and Crop Production	13.0	10.3	+2.7
Karabalyk Agricultural Research Institute	10.4	11.7	-1.3
Karaganda Agricultural Experimental Station	13.9	13.5	+0.4
Pavlodar Agricultural Research Institute	11.1	11.3	-0.2
Fiton Private Company	14.8	15.4	-0.6
Altay Research Center of Agrobiotechnologies	11.1	8.7	+2.4
Kurgan Agricultural Research Institute	9.7	9.1	+0.6
Kurgan Seed Private Company	14.0	11.0	+3.0
Siberian Institute of Crop Production and Breeding	17.5	14.5	+3.0
Omsk Agrarian Center	19.3	16.8	+2.5
Chelyabinsk Agricultural Research Institute	22.6	16.7	+5.9
Average	13.8	12.4	+1.4

По данным испытания сорт Зауралочка был внесен в реестр селекционных достижений и районирован в 2014 году по 9 региону (Курганская, Челябинская, Оренбургская области, Республика Башкортостан).

Оценка сортов в экологическом сортоиспытании по продуктивности и урожайности, устойчивости к неблагоприятным условиям вегетации позволяет выделить из большого количества изучаемых сортов те,

которые отличаются наибольшей степенью адаптации к условиям конкретного региона [21, с. 11].

Экологическое сортоиспытание по проекту КАСИБ (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению пшеницы) позволяет оценить сорта в разных природно-климатических условиях России и Казахстана по следующим показателям: урожайность, качество зерна, устойчивость к биотическим и абиотическим фак-

торам и др. В условиях засухи (2012 г.) в среднем по 12 пунктам КАСИБ Зауралочка превысила Омскую 36 на 1,4 ц/га (таблица 6). Наибольшее превышение от 2,7 до 5,9 ц/га получено по пунктам Казахстана (КазНИИЗиР), Сибири (СибНИИРС, СибНИИСХ), Урала (Кургансемена, Челябинский НИИСХ), Алтая (Алтайский НИИСХ). В условиях засухи на госсортоучастках Башкортостана сорт превысил стандарт на 2,2 ц/га, в так называемых теплых районах формировал урожайность от 13 до 40 ц/га, превышая стандарт Омская 36 в среднем от 3 до 6 ц/га, максимально до 11 ц/га на Абзелинском ГСУ. В РГП «Национальный центр биотехнологии» КНМОНПК Казахстана при характеристике признака засухоустойчивости *in vitro* сорт отнесен к группе с повышенной засухоустойчивостью ($I_r = 58,3$).

Широкое экологическое сортоиспытание в экстремальных условиях по влагообеспечению позволяет отнести сорт Зауралочка к засухоустойчивым.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Негативное влияние засухи сильнее всего сказывается на уровне урожайности. Посев в основной рекомендованной для зоны срок несколько снижает влияние стресса на растение. Существенное влияние на формирование урожайности оказывает крупность зерна. Тесная корреляционная связь прослеживается как в годы, благоприятные для формирования высокой урожайности, так и в годы засухи ($r = 0,63-0,98$). При недостатке влаги большую значимость ($r = 0,65$)

приобретает выполненность, стекловидность зерна.

В жестких условиях формирования зерна показатели качества зерна предсказуемо улучшаются: содержание клейковины – на 3,4 %, качество клейковины – на 15,1 е. п., сила муки – на 102,7 е. а., объем хлеба – на 106 г/л. Содержание клейковины в благоприятные годы зависит от хорошо выполненного и стекловидного зерна ($r = 0,41...0,44$, $r = 0,24...0,84$ соответственно), в засуху щуплое и мучнистое зерно формирует больше клейковины, но она худшего качества.

Широкое экологическое сортоиспытание в разных почвенно-климатических зонах позволило выделить по засухоустойчивости сорт мягкой яровой пшеницы Зауралочка, отличающийся пластичностью и стабильностью по урожайности и качеству зерна, востребованный в производстве.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории селекции пшеницы в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме № 0532-2021-0008 «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам».

Библиографический список

1. Carvalho D., Cardoso Pereira, Rocha A. Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections // *Climate Dynamics*. 2020. No. 9. Pp. 123–138.
2. «Засуха беспрецедентная». В России возможны потери урожая [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bfm.ru/news/448584> (дата обращения: 29.03.2021).
3. Зальцман В. А. Климат и агротехнологии: некоторые приемы борьбы с засухой // *Нивы России*. 2018. № 8 (163). С. 69.
4. Драгавцев В. А., Михайленко И. М., Проскуряков М. А. Неканонический подход к решению задачи наследственного повышения засухоустойчивости у растений (на примере хлебных злаков) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. № 52 (3). С. 487–500.
5. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. Т. 21. № 5. С. 515–522.
6. Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. 2 т.
7. Гапоненко А. К. Засухоустойчивые сорта – это золото [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zasuhoustoichivye-sorta-yeto-zoloto.html> (дата обращения: 20.03.2021).
8. Гулянов Ю. А., Чибилев А. А., Чибилев (мл.) А. А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15. № 1 (54). С. 79–88.
9. Тагиманова Д. С., Ергалиева А. Ж., Райзер О. Б., Хапилина О. Н. Оценка генотипов яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость в условиях *in vitro* // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2013. № 2. С. 4–12.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 1985. 269 с.
11. Прянишников А. И. Научные основы адаптивной селекции в Поволжье. Москва: РАН, 2018. 96 с.
12. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Энговатова И. В., Лиховид Н. Г. Использование данных дистанционного зондирования земли для региональной оценки качества зерна озимой пшеницы // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2020. Т. 26. № 3. С. 240–251.
13. Келер В. В. Варьирование содержания количества клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы под влиянием метеорологических условий Красноярского края // *Вестник КрасГАУ*. 2020 № 2 (155). С. 58–62.

14. Ленточкин А. М. Состояние производства и потребления зерна // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 78–87.
15. Демина Е. А., Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю. Сравнительная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по массе 1000 зерен // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2-4 (82). С. 700–704.
16. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (7). С. 784–794.
17. Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Семенова Т. В. Влияние природных факторов на вегетационный период, продуктивность и качество сортов мягкой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4. С. 4–9.
18. Калабина Т. С., Елисеев С. Л., Яркова Н. Н. Урожайность, технологические показатели качества зерна и хлебопекарные свойства муки озимой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). С. 41–49.
19. Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Формирование основных показателей качества зерна // Аграрный вестник Урала. 2017. № 5. С. 33–39.
20. Вотчал Е. Ф. Научные записки по сахарной промышленности. ВНИС. Кн. 3-4. Киев, 1938.
21. Коробова Н. А., Коробов А. П., Целуйко О. А. Урожайность новых сортов гороха ФГБНУ ФРАНЦ в экологическом сортоиспытании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 61–65.

Об авторах:

Лидия Терентьевна Мальцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0003-3011-8221, AuthorID 619086; +7 (912) 978-38-81, feokniish@rambler.ru

Елена Александровна Филиппова¹, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 (963) 006-00-20, elena-filippova-kniich@mail.ru

Наталья Юрьевна Банникова¹, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 (963) 004-86-83, bannikova91958@yandex.ru

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Reaction of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals

L. T. Maltseva[✉], E. A. Filippova¹, N. Yu. Bannikova¹

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: feokniish@rambler.ru

Abstract. The purpose of the research is the reaction of spring soft wheat varieties to dry phenomena during the growing season in the forest-steppe zone of the Trans-Urals. **Methods.** The material was 24 varieties of various biotypes for maturation from the nursery of the competitive variety testing of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences. **Results.** The negative effect of the drought reduced the yield in the experiments by 11.9 c/ha, the weight of 1000 grains by 5.7 g, and the nature by 19.7 g/l. The influence of grain size on the yield both in favorable years and in years of drought was noted ($r = 0.63 \dots 0.98$). In arid conditions, vitreous is correlated with yield, 1000 grain weight, in kind, to a lesser extent with gluten content, bread volume, and "flour strength". The lack of moisture during the grain filling period increased the gluten content by 3.4 %, the quality by 15.1 e. p. IDC, the flour strength by 102.7 e. a., the volume of bread by 106 g/l. In favorable years, the weight of 1000 grains and the vitreous content of the grain correlate with gluten ($r = 0.44$; $r = 0.24-0.84$). Indicators of productivity and physical properties of grain increase when sowing at the optimal time, with a certain decrease in the gluten content (by 1.2 %), flour strength (by 5.3 e. a.), bread volume (by 73.2 e. p.). In the early sowing period, moisture deficiency reduces the indicators for all varieties. Under these conditions, early-maturing varieties form a larger grain both when sowing at an early time (29.0 g) and when sowing at the optimal (31.3 g). In a drought, the role of the variety is especially high. High drought resistance was shown by the Zauralochka variety of the Kurgan Research Institute of Agriculture, which successfully passed the test in the dry years (2012, 2020) in the GSI system and in the environmental test (KASIB). The yield of the drought-resistant variety Zauralochka on average for the HSU was 20.2 c/ha, exceeding the standard Hercules by 2.2 c/ha. **Scientific novelty.** The features of the influence of dry phenomena on the yield and the main indicators of the quality

of varieties are revealed, the correlation between them is determined. According to drought resistance, a variety of spring soft wheat Zauralochka was selected.

Keywords: drought, yield, quality, biotype, spring wheat.

For citation: Maltseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Reaktsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhu v lesostepi Zauralya [Reaction of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.06.2021, **date of review:** 16.09.2021, **date of acceptance:** 26.11.2021.

References

1. Carvalho D., Cardoso Pereira, Rocha A. Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections // *Climate Dynamics*. 2020. No. 9. Pp. 123–138.
2. “Zasukha bespredsedennaya”. V Rossii vozmozhny poteri urozhaya [The drought is unprecedented. Crop losses are possible in Russia] [e-resource]. URL: <https://www.bfm.ru/news/448584> (date of reference: 29.03.2021). (In Russian.)
3. Zal'tsman V. A. Klimat i agrotekhnologii: nekotorye priemy bor'by s zasukhoi [Climate and agricultural technologies: some techniques for combating drought] // *Nivy Rossii*. 2018. No. 8 (163). P. 69. (In Russian.)
4. Dragavtsev V. A., Mikhaylenko I. M., Proskuryakov M. A. Nekanonicheskiy podkhod k resheniyu zadachi nasledstvennogo povysheniya zasukhoustoychivosti u rasteniy (na primere khlebnikh zlakov) [Non-canonical approach to solving the problem of hereditary increase of drought resistance in plants (on the example of cereals)] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2017. No. 52 (3). Pp. 487–500. (In Russian.)
5. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Morgunov A. I., Zelenskiy Yu. I. Zasukhoustoychivyy genofond tverdoy yarovoy pshenitsy, identifitsirovanny v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov kazakhstansko-sibirskoy selektsii pshenitsy [Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in long-term tests of nurseries of Kazakh-Siberian wheat breeding] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017. T. 21. No. 5. Pp. 515–522. (In Russian.)
6. Maksimov N. A. Izbrannye raboty po zasukhoustoychivosti i zimostoykosti rasteniy [Selected works on drought resistance and winter hardiness of plants]. Moscow: Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1952. 2 t. (In Russian.)
7. Gaponenko A. K. Zasukhoustoychivye sorta – eto zoloto [Drought-resistant varieties are gold] [e-resource]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zasuhoustoichivye-sorta-yeto-zoloto.html> (date of reference: 20.03.2021). (In Russian.)
8. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Chibilev (jr.) A. A. Rezervy povysheniya urozhaynosti i kachestva zerna ozimoy pshenitsy i ikh zavisimost' ot geterogenosti posevov v usloviyakh stepnoy zony Orenburgskogo Predural'ya [Reserves for increasing the yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the conditions of the steppe zone of the Orenburg Urals] // *South of Russia: ecology, development*. 2020. T. 15. No. 1 (54). Pp. 79–88. (In Russian.)
9. Tagimanova D. S., Ergalieva A. Zh., Rayzer O. B., Khapilina O. N. Otsenka genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhoustoychivost' v usloviyakh in vitro [Evaluation of spring soft wheat genotypes for drought resistance in vitro] // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2013. No. 2. Pp. 4–12. (In Russian.)
10. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 1985. 269 p. (In Russian.)
11. Pryanishnikov A. I. Nauchnye osnovy adaptivnoy selektsii v Povolzh'e. [Scientific bases of adaptive breeding in the Volga region]. Moscow: RAN, 2018. 96 p. (In Russian.)
12. Eroshenko F. V., Storchak I. G., Engovatova I. V., Likhovid N. G. Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli dlya regional'noy otsenki kachestva zerna ozimoy pshenitsy [The use of Earth remote sensing data for regional assessment of winter wheat grain quality] // *InterKarto. InterGIS*. 2020. T. 26. No. 3. Pp. 240–251. (In Russian.)
13. Keler V. V. Var'irovanie sodержaniya kolichestva kleykoviny v zerne myagkoy yarovoy pshenitsy pod vliyaniem meteorologicheskikh usloviy Krasnoyarskogo kraya [Variation of the content of the amount of gluten in the grain of soft spring wheat under the influence of meteorological conditions of the Krasnoyarsk territory] // *Vestnik KrasGAU*. 2020. No. 2 (155). Pp. 58–62. (In Russian.)
14. Lentochkin A. M. Sostoyanie proizvodstva i potrebleniya zerna [The state of grain production and consumption] // *Perm Agrarian Journal*. 2019. No. 2 (26). Pp. 78–87. (In Russian.)
15. Demina E. A., Kincharov A. I., Taranova T. Yu. Sravnitel'naya otsenka iskhodnogo materiala yarovoy myagkoy pshenitsy po masse 1000 zeren [Comparative assessment of the source material of spring soft wheat by weight of 1000 grains] // *Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018. T. 20. No. 2-4 (82). Pp. 700–704. (In Russian.)

16. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. Iskhodnyy material dlya selektsii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoy oblasti [Source material for the selection of spring soft wheat in the conditions of the Novosibirsk region] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22 (7). Pp. 784–794. (In Russian.)
17. Filippova E. A., Mal'tseva L. T., Bannikova N. Yu., Semenova T. V. Vliyaniye prirodnykh faktorov na vegetatsionnyy period, produktivnost' i kachestvo sortov myagkoy pshenitsy [Influence of natural factors on the growing season, productivity and quality of soft wheat varieties] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 4. Pp. 4–9. (In Russian.)
18. Kalabina T. S., Eliseev S. L., Yarkova N. N. Urozhaynost', tekhnologicheskie pokazateli kachestva zerna i khlebopekarnye svoystva muki ozimoy pshenitsy [Productivity, technological indicators of grain quality and baking properties of winter wheat flour] // Perm Agrarian Journal. 2020. No. 4 (32). Pp. 41–49. (In Russian.)
19. Filippova E. A., Mal'tseva L. T., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. Formirovaniye osnovnykh pokazateley kachestva zerna [Formation of the main indicators of grain quality] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 5. Pp. 33–39. (In Russian.)
20. Votchal E. F. Nauchnye zapiski po sakharnoy promyshlennosti [Scientific notes on the sugar industry]. VNIS. Kn. 3-4, Kiev, 1938. (In Russian.)
21. Korobova N. A., Korobov A. P., Tseluyko O. A. Urozhaynost' novykh sortov gorokha FGBNU FRANTS v ekologicheskoy sortoispytaniy [Productivity of new varieties of peas of FGBNU FRANTS in ecological variety testing] // IZVESTIA Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 5 (85). Pp. 61–65. (In Russian.)

Authors' information:

Lidiya T. Maltseva¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0003-3011-8221, AuthorID 619086; +7 (912) 978-38-81, feokniish@rambler.ru

Elena A. Filippova¹, senior researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 (963) 006-00-20, elena-filippova-kniich@mail.ru

Natalya Yu. Bannikova¹, senior researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 (963) 004-86-83, bannikova91958@yandex.ru

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia