

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Н.Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

Н.П. Иличкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

Т.С. Безуглая, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье представлены результаты изучения (2015–2020 гг.) влияния изменяющихся погодных условий на продуктивность и качество зерна озимой твердой пшеницы. Целью исследований являлось выявление основных стресс-факторов, лимитирующих урожайность озимой твердой пшеницы в изменяющихся условиях климата, и определение направления и задач по селекции на перспективу. Объектом исследований послужили сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» Амазонка, Агат донской, Кристелла, Лазурит, Оникс, Диона, Эйрена, Яхонт, Киприда, Юбилейка, Янтарина, Услава, в качестве стандарта – сорт Дончанка. А также метеоданные (среднесуточные температуры и осадки) по годам исследований. На основании их анализа установлены основные стресс-факторы этих лет, оказывающие влияние на урожайность: засуха в разные периоды вегетации – предпосевной и посевной периоды (август, сентябрь 2019 г.), всходы-кущение (октябрь, декабрь) + кущение-выход в трубку (март, апрель) и налив зерна в 2020 г., атмосферная засуха в период активной вегетации (апрель, июнь 2018 г.), избыточное увлажнение – ливни со шквалистыми ветрами, вызвавшими полегание, болезни, стекание и обесцвечивание зерна – 2014–2015, 2015–2016 с.-х. годы. Наиболее благоприятным по температурному режиму, осадкам и их распределению (на уровне средней многолетней) оказался 2016–2017 с.-х. год со среднесортовой урожайностью – 9,49 т/га. Снижение урожайности в зависимости от того или другого стресса (в сравнении с благоприятным 2017 г.) составило: 2019 г. – на 54,5%, 2020 г. – на 32,5% и 2015–2016 гг. – на 21,4 и 27,2%. Исключением был 2018 год, когда при наличии влаги в почве, урожайность была выше 2017 г. на 26,3%. По результатам изучения сортов озимой твердой пшеницы по признакам и свойствам к обозначенным стресс-факторам 2015–2020 гг. определены задачи по каждому направлению, решение которых будет направлено на создание сортов с высокой и стабильной урожайностью, стрессоустойчивых, устойчивых к полеганию и болезням с высоким качеством зерна.

Ключевые слова: сорт, пшеница, селекция, стрессоустойчивость, стабильность, урожайность.

Для цитирования: Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Безуглая Т.С. Основные направления и задачи селекции пшеницы твердой озимой в условиях изменения климата // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 53–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-53-61.



MAIN DIRECTIONS AND ISSUES OF DURUM WINTER WHEAT BREEDING UNDER CLIMATE CHANGING

N.E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, vniizk30@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

N.P. Ilichkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

T.S. Bezuglaya, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x

Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the study results (2015–2020) of the influence of changing weather conditions on durum winter wheat productivity and grain quality. The purpose of the study was to identify the main stress factors limiting durum winter wheat productivity under changing climate conditions and to determine the direction and issues for further breeding. The objects of the study were the varieties 'Amazonka', 'Agat Donskoy', 'Kristella', 'Lazurit', 'Oniks', 'Diona', 'Eyrena', 'Yakhont', 'Kiprida', 'Yubilyarka', 'Yantarina', 'Uslada', 'Donchanka' (a standard variety) developed by the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". There have been studied the meteorological data (average daily temperatures and precipitation) through the years of study as well. On the basis of the analysis, there have been established main stress factors of these years that affected productivity, namely drought in different vegetation periods with the pre-sowing and sowing periods in August and September of 2019; the periods 'sprouts-tillering' in October, December and the periods 'tillering-stem extension' in March, April; grain filling period in 2020; atmospheric

drought during the period of active vegetation in April, June of 2018; excessive moisture with rainfalls and squally winds that caused lodging, diseases, grain flowing off and discoloration in 2014–2015, 2015–2016. The agricultural year 2016–2017 was the most favorable in terms of temperature regime, precipitation and their distribution (at the level of the long-term average), with an average varietal productivity of 9.49 t/ha. Yield decrease depending on this or that stress factor (in comparison with the favorable year of 2017) was on 54.5% in 2019, 32.5% in 2020 and on 21.4 in 2015 and 27.2% in 2016. The exception was the year of 2018, when with sufficient soil moisture, productivity was on 26.3% more than in 2017. Due to the study results of winter durum wheat varieties according to their traits and properties to the indicated stress factors in 2015–2020, there have been identified the issues for each direction, the solution of which will be aimed at developing stress-resistant, resistant to lodging and diseases varieties with large stable yields and high grain quality.

Keywords: variety, wheat, breeding, stress resistance, stability, productivity.

Введение. В последние 20–30 лет наблюдается изменение климата, в первую очередь, его потепление, которое может привести к увеличению наводнений из-за ураганов, сокращению летних осадков на 15–20% и опустыниванию (Урманова и др., 2007). Более продолжительными и более экстремальными могут быть периоды жаркой погоды (Мазуров и др., 2002).

Согласно «Стратегическому прогнозу изменений климата в Российской Федерации на период до 2015 года и их влиянию на отрасли экономики России» в результате изменения климата произойдет значительный рост температур в основных сельскохозяйственных регионах России на 6–8 °C зимой и на 4–5 °C летом. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур летом снизится, увеличится частота аномальных засух (Баталова, 2011).

Изменения климатических условий коснулись и Ростовской области, где среднегодовая температура носит стабильную тенденцию повышения, но при этом снижается количество осадков в весенне-летнюю вегетацию (Filiprov et al., 2020). В этой связи первостепенная роль в сельскохозяйственном производстве будет отводиться озимым культурам, в т.ч. и озимой твердой пшенице с учетом того, что одним из важных последствий изменения климата является значительное уменьшение зим, с опасной для озимых минимальной температурой на глубине залегания узла кущения (Алабушев и Раева, 2013).

Для уменьшения экологической зависимости сортов особый приоритет должна получить целенаправленная селекция на адаптивность к контрастным и прежде всего, экстремальным погодным условиям (Ионова и др., 2013; Козлобаев и Ермакова, 2009; Мальчиков и др., 2018; Sarkar et al., 2014; Makarova et al., 2020).

Озимая твердая пшеница, ценность которой, как и яровой, заключается в качестве зерна, незаменимым и дефицитным в настоящее время для макаронно-крупяной промышленности, пока что, не нашла своей ниши в сельскохозяйственном производстве Северо-Кавказского региона, куда входит и Ростовская область. Причин этому много, в том числе и нестабильность урожаев, обусловленных недостаточными механизмами адаптации сортов к абиотическим и биотическим стресс-факторам среды.

Цель исследований – выявить основные стресс-факторы, лимитирующие урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы в изменяющихся условиях климата и определить направления и задачи селекции на перспективу.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2015–2020 гг. в конкурсном сортоиспытании на полях научного севооборота лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской». Материалом для исследований послужили 12 сортов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», допущенные к использованию в производстве с 2009 года (Амазонка, Агат донской, Кристелла, Лазурит, Оникс, Диона, Эйрена, Яхонт, Киприда, Юбилярка, Янтарина, Услада), в качестве стандарта – сорт Дончанка.

Подготовка почвы, посев и уход за посевами осуществляли согласно рекомендациям (Зональные системы земледелия Ростовской области..., 2013). Посев питомников конкурсному испытанию проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S, повторность опыта 6-кратная, расположение делянок – систематическое, учетная площадь – 10 м². Предшественник – сидеральный пар. Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Учеты, наблюдения и анализы проводили по методике Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений (1985) и Методике полевого опыта (Доспехов, 2014).

Качественные показатели зерна определяли по методикам, изложенным в изданиях «Методы оценки технологических качеств зерна» (1971).

Для анализа метеоусловий в годы исследований использовали данные метеостанции «Зерноград» (среднесуточные температуры и количество осадков). Статистическая обработка данных – по Б.А. Доспехову (2014).

Результаты и их обсуждение. Основной целью селекции озимой твердой пшеницы является создание сортов с высокой и стабильной урожайностью качественного зерна. Современные, допущенные к использованию сорта обладают высоким генетическим потенциалом продуктивности (свыше 10 т/га), что подтверждается полученной реализованной урожайностью в конкурсных испытаниях (табл. 1).

1. Урожайность и параметры ее стабильности у сортов озимой твердой пшеницы, т/га

1. Productivity and its stability parameters of the winter durum wheat varieties, t/ha

Сорт	Годы						Средняя	max	min	Размах варьирования	V, %	Реализация потенциала урожае, %
	2015	2016	2017	2018	2019	2020						
Дончанка, ст.	7,03	6,13	8,67	12,42	4,81	4,44	7,46	12,42	4,81	7,61	36,9	64,5
Амазонка	7,49	6,76	9,66	11,29	4,45	8,32	7,99	11,29	4,45	6,84	23,9	55,7
Агат донской	7,0	7,42	9,26	11,81	4,58	5,41	7,58	11,81	4,58	7,23	34,8	60,4
Кристелла	8,17	8,12	9,11	11,82	5,18	8,27	8,44	11,82	5,18	6,64	25,3	61,4
Лазурит	7,72	7,89	9,62	11,79	4,78	5,60	7,90	11,79	4,78	7,01	32,6	60,5
Оникс	7,09	6,03	9,34	12,46	3,91	4,91	7,29	12,46	3,91	8,55	35,7	53,6
Диона	7,26	6,95	9,42	11,71	5,20	7,00	7,92	11,71	5,20	6,51	28,9	65,6
Эйрена	7,40	6,70	9,42	11,86	5,18	5,16	7,62	11,86	5,16	6,70	32,7	67,7
Яхонт	7,43	7,36	9,00	12,02	6,02	7,87	8,48	12,02	6,02	6,00	17,3	72,7
Киприда	6,88	6,54	9,60	12,32	6,50	4,54	7,73	12,32	4,72	7,60	35,7	60,1
Юбиларка	7,96	6,29	9,66	12,67	5,81	5,79	8,19	12,67	5,79	6,88	35,0	72,1
Янтарина	7,62	7,15	10,62	11,84	5,85	8,07	8,42	11,84	5,85	5,99	25,5	68,6
Услава	8,00	6,60	9,99	11,94	5,56	8,02	8,13	11,94	5,56	6,38	26,8	66,6
Средняя	7,46	6,91	9,49	11,99	5,21	6,41	7,93	11,99	5,07	6,91	30,0	63,8
НСР _{0,5}	0,29	0,52	0,42	0,49	0,45	0,36	—	—	—	—	—	—

Максимальная урожайность по изучаемым сортам составила от 11,29 до 12,67 т/га. Однако, такой высокий потенциал урожайности реализуется только в благоприятных условиях, в стрессовых же происходит его резкое снижение. Размах варьирования, даже в условиях точного эксперимента (КСИ), в зависимости от генотипа колебался от 5,99 т/га (сорта Яхонт, Янтарина) до 8,55 т/га (Оникс). Коэффициент вариации, отражающий реакцию сорта на условия среды, также был довольно высоким у большинства изучаемых сортов. Наименьшая изменчивость отмечена у сортов Яхонт ($V = 17,3\%$), Амазонка ($V = 23,9\%$), Кристелла ($V = 25,3\%$), Янтарина ($V = 28,5\%$). Наибольшая – у сортов Оникс, Киприда ($V = 35,7\%$), Юбиларка ($V = 35\%$), Агат донской ($V = 34,8\%$), Эйрена, Лазурит ($V = 32,7$ и $32,6\%$), у стандартного сорта Дончанка – $36,9\%$. Реализация потенциала урожайности также свидетельствует о том, что с увеличением уровня максимальной урожайности ее реализация имеет тенденцию к снижению, а в целом этот показатель варьировал от $72,7\%$ у Яхонта до $53,6\%$ у Оникса.

Все это свидетельствует о недостаточных механизмах адаптации культуры в условиях стресса, основным из которых является гидро-термический режим.

Анализ среднесуточных температур и количества выпавших осадков за многолетний период с 2003 г. позволил установить, что характерной особенностью климата данной зоны является повышение температурного режима как по месяцам, сезонам, так и периодам роста и развития растений, в особенности в предпосевной и посевной, зимний, возобновлении весенней вегетации и неравномерность выпадения осадков, смещение их осенью с ноября на октябрь, зимой с февраля на январь, весной с апреля на март и снижение или отсутствие их в периоды посева и активной вегетации (Самофалова и др., 2019).

Сценарий погодных условий по каждому году и по влиянию на урожайность, естественно, будет свой. Рассмотрим это более подробно на примере лет наших исследований (табл. 2,3).

2. Температурный фактор в период вегетации озимой твердой пшеницы (2014–2020 гг.)

2. Temperature factor during the winter durum wheat vegetation period (2014–2020)

Месяц, период	Среднесуточная t °C по годам						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Сентябрь	17,3	21,9	15,8	19,6	19,9	17,0	16,3
Октябрь	8,0	7,8	7,9	10,2	12,8	12,6	9,4
Ноябрь	1,8	6,2	3,3	4,1	0,5	4,5	3,3
Декабрь	0,1	1,5	-4,7	3,6	-0,3	2,4	-1,2
Январь	-2,2	-3,8	-2,7	-2	-0,8	1,1	-3,8
Февраль	0,2	3,3	-2,9	-1,2	-0,2	1,3	-3,0
Март	4,4	5,6	6,1	1,5	5,0	7,6	2,0
Апрель	9,8	13,3	10,2	12,5	11,3	9,1	10,7
Март	16,2	15,9	15,9	19,2	19,0	15,4	16,5
Июнь	22,2	22,3	20,8	23,9	25,2	23,1	20,5

Месяц, период	Среднесуточная t °C по годам						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Июль	24,0	24,7	24,4	25,9	22,7	25,7	23,1
Август	24,2	26,0	26,0	24,6	23,4	23,4	21,9
IX–XII	9,0	12,0	9,0	11,3	11,0	11,4	9,7
XII–II	-0,7	1,0	-2,5	0,13	-0,4	1,6	-2,7
III–V	10,2	11,6	10,7	11,1	11,3	10,7	9,7
IX–VI	16,0	17,16	15,6	18,5	18,5	18,5	15,9
IX–VI	9,0	11,9	9,0	11,3	11,3	11,0	9,6
IX–VIII	10,5	11,7	10,0	11,8	11,5	11,4	9,6

3. Влагообеспеченность в период вегетации озимой твердой пшеницы (2014–2020 гг.) 3. Moisture supply during the winter durum wheat vegetation period (2014–2020)

Месяц, период	Количество осадков, мм						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Сентябрь	32,2	0,4	47,2	00,0	10,9	48,0	42,3
Октябрь	54,6	48,7	19,4	46,0	47,3	19,4	38,7
Ноябрь	23,7	42,8	40,3	45,9	77,6	13,5	50,5
Декабрь	61,7	52,6	62,5	67,8	56,1	19,3	63,3
Январь	78,1	101,9	18,3	53,2	73,7	35,4	45,1
Февраль	10,9	63,8	75,7	66,7	17,4	85,8	57,3
Март	25,3	64,6	29,6	43,8	58,0	00,0	37,0
Апрель	83,1	12,0	57,3	9,0	27,2	18,2	42,7
Март	69,7	156,8	54,3	12,7	63,9	79,0	51,3
Июнь	114	23,8	88,6	4,2	10,8	38,8	71,3
Июль	32,2	32,8	42,2	71,7	71,4	60,7	58,0
Август	14,8	28,8	45,5	4,8	13,6	44,7	46,0
IX–XII	110,5	86,9	106,9	91,9	135,8	80,9	131,5
XII–II	150,7	218,3	156,5	187,7	147,2	140,5	145,7
III–V	178,1	234	141,2	65,5	149,1	98,1	131,0
IX–VI	266,0	192,6	200,2	25,9	101,9	136,0	165,3
IX–VI	553,3	567,4	553,1	257,4	442,9	958,3	479,5
IX–VIII	600,3	629,0	580,9	425,8	527,9	463,7	582,4

Как свидетельствуют данные таблицы 2 и 3, по температурному режиму и количеству осадков, их распределению в течение всего вегетационного периода, наиболее оптимальные для роста и развития растений, формирования высокого урожая был 2016–2017 с.-х. год. Среднесортная урожайность составила 9,49 т/га, с варьированием по сортам от 9,00 т/га (Яхонт) до 10,62 т/га (Янтарина).

2014–2015 и 2015–2016 с.-х. годы характеризовались недостатком осадков в сентябре (период посева) 2014 г. (32,2 мм) и отсутствием их в 2015 г. (0,4 мм, при норме 42,3 мм), невозможностью получения всходов, переносом из-за этого сроков сева на более поздние, теплой и влажной зимой (среднесуточная температура воздуха -0,7 °C и 1 °C, осадков – 150,7 мм и 218 мм, при среднемноголетних -2,7 °C и 145,7 мм), весной (178,1 мм и 234 мм, норма – 131 мм). Такое количество осадков способствовало не только интенсивному росту вегетативной массы растений, но и развитию болезней, полеганию, стеканию зерна, снижению урожайности. Среднесортная урожайность за эти годы составила 7,46 и 6,91 т/га. Снижение урожайности в сравнении с благоприятным 2017 годом – на 2,03 и 2,58 т/га (21,4 и 27,2%).

Для 2017–2018 с.-х. года характерна жесточайшая засуха в период активной вегетации (апрель-июнь) и посева (сентябрь), сопровождаемая высокими температурами и практически отсутствием осадков. Количество осадков за эти месяцы составило: апрель – 9 мм, май – 12,7 мм, июнь – 4,2 мм, сентябрь – 0 мм, при среднемноголетних показателях 42,7, 51,3, 71,3, 42,3 мм. соответственно. Среднесуточные температуры воздуха были выше среднемноголетней нормы на 0,8 °C (апрель), 2,7 °C (май), 3,4 °C (июнь), 3,3 °C (сентябрь). В целом, за период вегетации количество выпавших осадков составило 345,1 мм, за сельскохозяйственный год – 453,6 мм, норма – 499,5 и 582,4 мм. Тем не менее, урожайность в 2018 году получена максимальная по всем изучаемым сортам от 11,29 до 12,67 т/га, среднесортная – 11,99 т/га, на 2,5 т/га (26,3%) больше по сравнению с 2017 годом, что объясняется хорошими запасами влаги в почве за счет осадков октября-марта, а также осадков предыдущих лет.

Самым неблагоприятным для роста и развития озимой твердой пшеницы, из шести анализируемых лет, оказался 2018–2019 с.-х. год, для которого характерна засуха в предпосев-

ной и посевной периоды (август, сентябрь, две декады октября) с количеством осадков всего лишь 25,8 мм (норма – 114,1 мм), с превышением среднесуточной температуры воздуха на 3,2 °С, поздний срок сева в сухую и полусухую почву, изреженность всходов (полнота их составила 45–60% от нормы высева), низкие температуры ноября (0,5 °С, норма – 3,3 °С), явно недостаточные для хорошего кущения, колебания температур в зимние месяцы от отрицательных до положительных, способствующих выпиранию слабых нераскутившихся растений. По этим причинам, а также из-за недостатка влаги в почве в период активной вегетации (апрель–июнь), с количеством осадков 101,9 мм (норма – 165,3 мм), урожайность по сортам озимой твердой пшеницы была низкой – от 3,91 т/га у Ониска до 6,50 т/га у Киприды. Снижение урожайности в сравнении с благоприятным 2017 годом составило от 41,9 до 67,7%, по среднесортовой – 54,5%.

Метеоусловия 2019–2020с.-х. года отличались от других лет исследований большим количеством засух в период вегетации растений: в осенне-зимний (октябрь–декабрь) с недобором осадков на 100,3 мм к среднемуголетней, весенний (март, апрель – кущение–выход в трубку) на 61,5 мм, летний (июнь – налив и созревание зерна) – на 32,5 мм. За период активной вегетации количество выпавших осадков составило 136 мм, вегетационный период –

358,3 мм, сельскохозяйственный год – 463,7 мм, среднемуголетняя соответственно – 165,3, 479,5, 582,4 мм. К тому же, во вторую и третью декаду марта, в течение всего апреля отмечались заморозки до -7,7 °С, на поверхности почвы – до -8,8 °С, что вместе с отсутствием влаги в почве привело к повреждению растений у менее устойчивых к этому криогенному стрессу сортов, значительному снижению урожайности как от засухи, так и возврата весенних заморозков. Среднесортовая урожайность получена 6,41 т/га, с варьированием по сортам от 4,54 т/га у Киприды до 8,32 т/га у Амазонки.

Таким образом, значимыми лимитирующими урожайность стресс-факторами для озимой твердой пшеницы являются засухи в разные периоды онтогенеза (2018, 2019, 2020 гг.), условия перезимовки (2019 г.), избыточное количество осадков ливневого характера со шквалистыми ветрами, вызывающие полегание, болезни, стекание и обесцвечивание зерна (2015, 2016 гг.). Они-то и определяют основные задачи в селекции озимой твердой пшеницы, направленные на повышение зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию и болезням, улучшение качества зерна.

Современные сорта озимой твердой пшеницы имеют разный уровень морозозимостойкости, но в связи с потеплением климата, мягкими зимами он вполне достаточен для зон допуска к использованию (рис. 1).

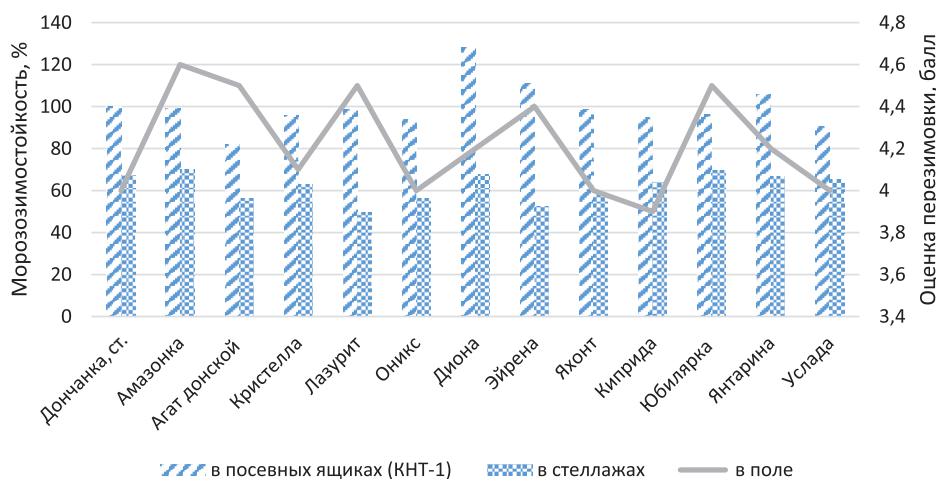


Рис. 1. Морозозимостойкость сортов озимой твердой пшеницы (2015–2020 гг.)
Fig. 1. Frost resistance of the winter durum wheat varieties (2015–2020)

По устойчивости к низким температурам и другим неблагоприятным факторам перезимовки (выпирание, особенно при посеве в поздние сроки, слабая способность куститься при пониженных температурах, возврат весенних заморозков) сорта озимой твердой пшеницы уступают мягкой.

Поэтому в селекции на зимостойкость основной задачей по-прежнему остается повышение устойчивости к низким температурам (морозостойкость) и другим негативным явлениям в зимне – ранневесенний период до уровня мягкой озимой.

В селекции на засухоустойчивость, одному из главных направлений, в связи с ростом аридности, необходимо учитывать, что изучаемые сорта озимой твердой пшеницы обладают высокой устойчивостью к воздушной засухе в период налива и созревания зерна, но при этом более чувствительны и сильнее страдают от дефицита почвенной влаги в другие периоды вегетации: всходы–кущение, выход в трубку–цветение, налив и созревание зерна.

Анализ погодных условий 2015–2020 гг. показал, что осенняя почвенная засуха для нашей зоны частое явление и по озимой твердой пше-

нице, имеющей высокостекловидное зерно, которому для набухания и прорастания требуется влаги на 20% больше чем мягкой, получить равномерные всходы является проблемным. Засуха в период цветения оказывает негатив-

ное действие на завязываемость и озерненность колоса, в период налива – на крупность и выполненность зерна, при этом снижается и урожайность (табл. 4).

4. Влияние засухи на урожайность и некоторые элементы ее структуры 4. Drought effect on productivity and some structure elements

Год	Период засухи	Урожайность, т/га		Продуктивный колосистой, шт/м ²		Масса 1000 зерен, г		Натура зерна, г/л	
		средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование
2017	благоприятный	9,49	9,00–10,62	629	528–750	46,5	41,6–51,3	823	810–834
2019	осенняя (предпосевной, посевной)	5,21	4,45–6,50	442	309–522	41,5	37,1–46,1	815	810–826
2018*	весенне-летняя (кущение-созревание)	11,99	11,29–12,67	723	651–903	43,8	41,3–47,0	816	809–826
2020	осенняя+ранне-весенняя+летняя	6,41	4,44–8,32	674	516–905	35,0	27,4–42,3	746	702–790

* – хорошие запасы влаги в почве.

Как видно из данных таблицы, самой низкой урожайность была при засухе в предпосевной и посевной периоды (2019 г.), т.е. в начальной стадии развития растений, и зависела она от количества взошедших растений, их способности к кущению (плотности агроценоза). Количество продуктивных колосьев на 1 м² в среднем по сортам составило 442, в благоприятном по увлажнению 2017 г. – 629 шт.

Засуха в период кущения, выхода в трубку, налива и созревания при своевременном получении всходов) в 2020 г. оказала меньшее влияние на снижение урожайности, плотность агроценоза и значительное – на крупность и выполненность зерна (масса 1000 зерен – 35 г, натура зерна – 746 г/л, что ниже на 11,5 г и 77 г/л показателей 2017 года).

Особо следует остановиться на анализе данных 2018 года, для которого характерна жесточайшая атмосферная засуха в период всей активной вегетации (апрель-июнь). Несмотря на высокие температуры, практическое отсутствие осадков, урожайность была получена самой высокой за все годы исследований и превышала в этом отношении 2017 год на 2,5 т/га,

при высоких значениях продуктивного колосистого (732 шт.), массы 1000 зерен (43,8 г) и выполненности зерна (натура – 816 г/л). Это, по всей видимости, объясняется хорошими запасами влаги в почве за счет зимних осадков и осадков предыдущих лет и подтверждает, что сорта озимой твердой пшеницы отличаются большей устойчивостью к воздушной засухе, чем к почвенной.

В этой связи, основные задачи селекции по этому направлению: повышение стрессоустойчивости на начальных этапах роста и развития растений, при формировании цветков в колосках – зерен в колоске, сокращение периода вегетации выход в трубку – цветение (попадает под пик высоких температур), скорости формирования зерновки, т.е. создание стрессоустойчивых сортов к засухе на всех этапах онтогенеза растений.

Возделываемые в настоящее время сорта озимой твердой пшеницы различаются по устойчивости к полеганию, особенно это проявляется в годы избыточного увлажнения, сильных ливней со шквалистыми ветрами (2015, 2016 гг.) (рис. 2).



Рис. 2. Высота растений и устойчивость к полеганию у сортов озимой твердой пшеницы (2016 г.)
Fig. 2. Plant height and lodging resistance of the winter durum wheat varieties (2016)

При полегании снижается урожайность, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, число падения. Поэтому селекция на устойчивость к полеганию должна вестись на усиление морфологических признаков, по которым твердая пшеница уступает мягкой, а именно: по развитию корневой системы, количеству зародышевых, coleoptильных, узловых корней, прочности и толщине стебля, нижних междоузлий и т.д.

В селекции на устойчивость к болезням основное внимание будет уделяться созданию сортов, устойчивых или толерантных к наиболее вредоносным патогенам, которые появились и нарастают в изменяющихся условиях климата последних лет – различного рода пятнистости, фузариозы и бактериозы колоса и зерна, корневые гнили, черный зародыш зерна, к которым большинство сортов зерноградской селекции оказались восприимчивы.

С учетом растущего спроса на высококачественное сырье внутри страны и на экспорт, разработкой новых технологий производства макаронных изделий к качеству зерна предъявляются все более высокие требования. Оно должно быть янтарного цвета, крупное, высококонатурное, с упругой эластичной клейковиной, повышенным содержанием каротиноидов и белка, низким содержанием золы (Гапонов и др., 2017). Сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в благоприятных условиях среды формируют качественное зерно 1–3 классов ГОСТа 9353-2016, в неблагоприятных (осадки, полегание, поражаемость болезнями, засуха, несвоевременная уборка) – снижаются, особенно такие показатели, как стекловидность, натура, число падения. Эти признаки качества в зависимости от погодных условий варьируют в широких пределах (табл. 5).

5. Варьирование признаков качества зерна в разных условиях среды (2015–2020 гг.) 5. Variations in grain quality traits in different environmental conditions (2015–2020)

Сорт	Стекловидность, %		Натура, г/л		Массовая доля белка*, %		Количество клейковины*, %		Качество клейковины (группа)	Число падения, с	
	min	max	min	max	min	max	min	max		min	max
Дончанка, ст.	61	95	736	792	12,91	17,02	223	29,1	III–не отм.	353	425
Амазонка	85	100	–	820	13,71	16,98	23,6	31,5	II–III	385	474
Агат донской	77	98	713	820	13,85	17,00	22,6	28,1	II–III	397	472
Кристелла	88	99	748	823	13,25	15,91	22,3	26,7	II	377	457
Лазурит	63	98	711	815	13,53	16,74	23,2	31,4	I–II	381	455
Оникс	67	99	702	827	13,25	17,08	23,6	31,5	I–II	390	497
Диона	72	98	751	831	13,18	16,80	22,8	29,4	II	300	446
Эйрена	75	98	782	825	12,40	16,21	22,8	27,7	II	370	447
Яхонт	81	98	790	834	12,74	15,94	23,9	28,8	II	370	393
Киприда	60	93	735	788	12,75	16,44	23,9	28,8	III	348	418
Юбиларка	78	98	750	826	12,46	16,12	22,3	27,3	II–III	382	451
Янтарина	75	98	787	822	12,83	15,79	22,2	27,5	II	383	430
Услада	74	99	771	833	12,83	15,05	22,6	27,8	II	341	480

* – зависимость еще и от урожайности.

К тому же, многие сорта озимой твердой пшеницы уступают по качеству клейковины лучшим сортам яровой твердой. Исходя из этого, очередными задачами в селекции на качество останутся повышение стабильности варьирующих признаков независимо от изменений условий среды, улучшение качества клейковины (повышение индекса глютена) и цветности зерна, крупки, макарон.

Решение обозначенных задач по каждому направлению селекции будет способствовать созданию сортов с высокой и стабильной урожайностью, стрессоустойчивых к основным лимитирующим урожайность факторам среды, качеством, соответствующим мировым стандартам.

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что современные сорта озимой твердой пшеницы, обладая высокой потенциальной продуктивностью (свыше 10 т/га), в стрессовых условиях среды резко снижают размах среднесортного варьирова-

ния между максимальной и минимальной урожайностью, за 2015–2020 гг. составил 6,91 т/га, реализация потенциала урожайности – 63,8%.

По результатам анализа метеоусловий (температуры и осадков) выявлены основные стресс-факторы, лимитирующие урожайность сортов озимой твердой пшеницы. В первую очередь это засухи в период вегетации, условия перезимовки, связанные с существенным повышением температур к среднесуточной (+0,8 °C), суховейные явления, ливни со шквاليстыми ветрами, большое количество осадков в весенне-летние месяцы.

С учетом изменений в климатической составляющей, анализа полученных данных по признакам и свойствам за 2015–2020 гг., определены направления и задачи в селекции озимой твердой пшеницы на перспективу. Это создание сортов, стабильных по урожайности при достигнутом потенциале продуктивности, повышение стрессоустойчивости в начальные периоды роста и развития растений

в осенне-засушливый период, способность расти и куститься при пониженных температурах, в особенности при поздних сроках сева, устойчивых к полеганию и болезням, с высо-

ким качеством зерна, в первую очередь, качеством клейковины и цветности зерна, крупки, макарон.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Раева С.А. Производство зерна в России. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2013. 142 с.
2. Баталова Г.А. Состояние и перспективы направления селекции в современных условиях // Владимирский земледелец. 2011. № 4(58). С. 2-4.
3. Гапонов С.Н., Попова В.М., Шутарева Г.И., Ерёмченко Л.В., Цетва Н.М., Паршикова Т.М. Основные достижения и направления селекции яровой твердой пшеницы в ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 17-21.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). 6 учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. г. Ростов-на-Дону, 2013. 240 с.
7. Ионова Е.В., Газе В.Л., Некрасов Е.И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3(27). С. 19–21.
8. Козлобаев В.В., Ермакова Н.В. Особенности роста и развития озимой твердой и тургидной пшеницы в условиях лесостепных районов Центрально-Черноземной зоны // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 1. С. 68–71.
9. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Самофалова Н. Е., Дубинина О. А., Самофалов А. П., Иличкина Н. П. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С. 18–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
11. Мазуров Г.И., Вишнякова Т.В., Акселевич В.И. Меняется ли климат Земли? // Материалы Междун. научно-практич. конф. Пермь, 2002. С. 57-60.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР, 1985. 20 с.
13. Методы оценки технологических качеств зерна. М.: Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, 1971. 136 с.
14. Урманова А. Г., Наумов Э. П., Николаев А. А. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Проявления современного потепления климата Земли. М.: Мир, 2007. 165 с.
15. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01007.
16. Makarova T., Samofalova N., Ilichkina N., Dubinina O., Popov A., Kostylenko O. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties of various ecology in the Rostov region // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01014.
17. Sarkar B. Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.

References

1. Alabushev A.V., Raeva S.A. Proizvodstvo zerna v Rossii [Grain production in Russia]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2013. 142 s.
2. Batalova G.A. Sostoyanie i perspektivy napravleniya selekcii v sovremennykh usloviyakh [State and prospects of breeding in modern conditions] // Vladimirskij zemledec. 2011. № 4(58). S. 2-4.
3. Gaponov S.N., Popova V.M., Shutareva G.I., Eryomenko L.V., Cetva N.M., Parshikova T.M. Osnovnye dostizheniya i napravleniya selekcii yarovoj tvrdoj pshenicy v FGBNU «NIISKH YUgo-Vostoka» [The main achievements and directions of spring durum wheat breeding in the Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of the South-East"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 4(52). S. 17-21.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6 uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody [Regional agricultural systems of the Rostov region in 2013-2020]. CH. II. g. Rostov-na-Donu, 2013. 240 s.
7. Ionova E. V., Gaze V. L., Nekrasov E. I. Perspektivy ispol'zovaniya adaptivnogo rajonirovaniya i adaptivnoj selekcii sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Prospects for the use of adaptive zoning and adaptive breeding of agricultural crops] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2013. № 3 (27). S. 19–21.
8. Kozlobaev V.V., Ermakova N.V. Osobennosti rosta i razvitiya ozimoi tvrdoj pshenicy v usloviyakh lesostepnykh rajonov Central'no-CHernozemnoj zony [Features of the growth and development of winter durum and turgid wheat in the conditions of forest-steppe regions of the Central Blackearth zone] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2009. № 1. S. 68–71.

9. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tvrdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana [The yield value and stability of modern spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) breeding material from Russia and Kazakhstan] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(8). S. 939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P. Rol' meteofaktorov v formirovanii produktivnosti ozimoi tvrdoj pshenicy [The role of meteorological factors in the formation of winter durum wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 5(65). S. 18–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
11. Mazurov G.I., Vishnyakova T.V., Akselevich V.I. Menyaetsya li klimat Zemli? [Is the Earth climate changing?] // Materialy Mezhdun. nauchno-praktich. konf. Perm', 2002. S. 57-60.
12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: Gosudarstvennaya komissiya po sortoispytaniyu sel'skohozyajstvennykh kul'tur pri Ministerstve sel'skogo hozyajstva SSSR, 1985. 20 s.
13. Metody ocenki tekhnologicheskikh kachestv zerna [Methods for estimating grain technological qualities]. M.: Vsesoyuznaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk im. V. I. Lenina, 1971. 136 s.
14. Urmanova A.G., Naumov E.P., Nikolaev A.A., Perevedencev YU.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskij K.M. Proyavleniya sovremennogo potepleniya klimata Zemli [Manifestations of the current Earth climate warming]. M.: Mir, 2007. 165 s.
15. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01007.
16. Makarova T., Samofalova N., Ilichkina N., Dubinina O., Popov A., Kostylenko O. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties of various ecology in the Rostov region // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01014.
17. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.

Поступила: 18.10.21; принята к публикации: 10.11.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Самофалова Н.Е. – концептуализации исследований, подготовка рукописи; Иличкина Н.П., Безуглая Т.С. – подготовка и проведение опыта в 2014-2020 гг.; выполнение полевых опытов; анализ данных и их интерпретация. Самофалова Н.Е., Безуглая Т.С. – финальная доработка, подготовка рукописи к печати.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.