

Растениеводство

УДК: 633.11:631.527

DOI:10.31857/S2500262720050014

**СТАБИЛЬНОСТЬ УРОЖАЕВ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ СРЕД –
ОСНОВНОЙ ПАРАМЕТР ПРИ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ****А.И. Грабовец**, член-корреспондент РАН,
М.А. Фоменко, доктор сельскохозяйственных наук*Федеральный Ростовский аграрный научный центр,
346735, Ростовская область, Аксайский район, ул. Институтская, 1
E-mail: grabovets_ai@mail.ru*

Селекцию озимой пшеницы проводили в 2014-2019 гг. в Федеральном Ростовском аграрном научном центре в черноземной степи в условиях резко континентального климата с недостаточным и неустойчивым увлажнением по общепринятой технологии. Показано, что стабильность урожаев в широком диапазоне сред реализуется при создании запаса экологической пластичности форм по основным негативным факторам, когда значения признаков приближаются к максимальным в зоне (при -18 °С на узле кущения должно выжить 76-88% растений, после ледяной корки – 75-82, после майских заморозков – 76-78% и др.). Выявлены маркеры отбора при засухах: масса зерна/растение, уборочный индекс, надземная масса, работа листьев при фотосинтезе и другие. Они дают возможность целенаправленно изучать популяции и выявлять требующиеся рекомбинанты. Определены методики создания генетической изменчивости, поддающейся отбору, по всем направлениям селекции, позволяющей реализовать намеченную программу. Отработана технология ведения селекции на целенаправленное получение трансгрессий по признакам. На этой основе созданы сорта нового поколения – Былина Дона, Акапелла, Пафос, Пальмира 18 и другие, дающие стабильно высокие урожаи зерна в условиях реальной среды. Определена степень их экологической пластичности.

**YIELD STABILITY IN A WIDE RANGE OF MEDIA –
BASIC PARAMETER FOR BREEDING OF WINTER WHEAT****Grabovets A.I., Fomenko M.A.***Federal Rostov Agrarian Scientific Center,
346735, Rostovskaya oblast, Aksayskiy rayon, ul. Institutskaya, 1
E-mail: grabovets_ai@mail.ru*

Winter wheat was breeding in the Federal Rostov Agrarian Scientific Center in 2014-2019 in the chernozem steppe in a sharply continental climate with insufficient and unstable moisture. The technology is generally accepted. Crop stability in a wide range of media is realized when creating a margin of ecological reliability of forms for the main negative factors, when the values of the traits approach their maximum severity in the zone (at minus 18° at the tillering site 76-88% of plants should survive, after the ice crust - 75-82, after May frost - 76-78). The drought selection markers were identified: grain mass / plant, harvesting index, the role of the aboveground mass, the efficiency of leaves during photosynthesis, etc. They make it possible to purposefully study populations and identify the required recombinants. The methods of creating genetic variability that can be selected in all directions of breeding, allowing to implement the intended program, are determined. The technology of selection for the targeted acquisition of transgressions by attributes has been developed. On this basis, varieties of a new generation of Bylina Don, Acapella, Paphos, Palmira 18, etc., were created, giving stable high grain crops in a real environment. Their degree of ecological plasticity is determined.

Ключевые слова: озимая пшеница, селекция, стабильность, урожай, широкий диапазон сред

Key words: winter wheat, breeding, stability, yield, wide range of media

В степной зоне Ростовской области, как и везде, происходит изменение климата с одновременным усилением размаха варьирования лимитирующих погодных факторов, которые полностью непредсказуемы. Зимние оттепели разной продолжительности сменяются низкими температурами воздуха до -30 °С. Увеличилась продолжительность залегания ледяных корок разной интенсивности. Участился возврат отрицательных температур в апреле-мае [1-3]. Дни с обилием осадков внезапно сменяются суховеями с высокими температурами. Число дней с температурой воздуха 35-38 °С повышается. Летальной для злака считается уровень 58 °С [4], причем подобное явление часто наблюдается до 60 дней [5].

Появились новые расы ржавчин, усиливается частота проявления септориоза, фузариоза, переноспороза на растении [6]. Возросла интенсивность их поражения корневыми гнилями и вирусами [7]. Поэтому стабильность урожаев в широком диапазоне сред –

главная задача при селекции озимых культур. Это реально при создании запаса экологической надежности по основным негативным факторам [8]. При кажущейся простоте решения проблемы следует учитывать обусловленные филогенезом определенные взаимосвязи между признаками растения. Высокая резистентность к неблагоприятным условиям среды часто находится в отрицательной корреляции с урожайностью и другими признаками [9]. Высоко иммунный к бурой ржавчине сорт пшеницы в условиях Донской степи не зимует, а высокозимостойкий зимует, но часто восприимчив к этому заболеванию.

В процессе селекции появляются новые генотипы с конкретным адаптивным потенциалом. Для его определения часто используют фактор экологической стабильности *SF* по D. Levis [10] – отношение максимального значения признака к минимальному. Нужно стремиться к коэффициенту, равному 1. В зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, где одним из

главных критериев, обуславливающим урожай, является количество влаги, предложен коэффициент стрессоустойчивости [11], когда из значения минимального урожая сорта вычитают значение максимального. Учитывают также реакцию сорта на изменяющуюся среду путем оценки коэффициентов регрессии b , и стабильности Si^2 по S.A. Eberhart, W.A. Russell [12] и другим модификациям. Определенную характеристику можно получить при выявлении гомеостатичности по коэффициенту вариации признака Cv [13].

Таким образом, основным направлением селекции озимой пшеницы на Дону должно быть сочетание высокого потенциала урожайности с высокой устойчивостью ко всем лимитирующим факторам. Требуется разработка методов получения соответствующей генетической изменчивости, позволяющей создавать запас экологической пластичности у новых генотипов и определять ее уровень.

Методика. Исследования проводили в 2014-2019 гг. в Федеральном Ростовском аграрном научном центре в условиях черноземной степи с неустойчивым увлажнением и континентальным климатом. Благоприятными по увлажнению были 2016 и 2017 гг., средним по этому показателю – 2014 г., засушливыми – остальные.

Селекцию сортов озимой мягкой пшеницы (табл. 1, 4) вели общепринятыми методами – балк и педигри. Ежегодный объем исследований достигал 40 тыс. генотипов. В отличие от принятой методологии селекционный питомник закладывали необмолоченными колосьями.

Морозостойкость растений определяли в камере низких температур при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ на узле кущения и экспозиции 24 часа. Подробная методика изложена ранее [14]. Жизнеспособность растений определяли на 3-и сутки донским методом [15], которым также выявляли действие любых криогенных нагрузок на растения (ледяная корка, заморозки и другие). Жаро-засухоустойчивость определяли визуально по наличию функционирующих листьев на определенную дату, фенотипу растения, горизонтальному расположению листьев в пространстве, по массе зерна с растения, внешнему его виду. Естественно, есть и другие методы физиологии, однако при ведении селекции в больших объемах из-за отсутствия экспресс-методов многие физиологические приемы неприемлемы из-за трудоемкости, громоздкости и слабой информативности. Р.А. Ричардс и др. [16] выделяют при засухе такие показатели, как высота растений, уборочный индекс, время цветения. Основным показателем засухоустойчивости они считают массу зерна. Факторы экологической пластичности определяли по [10-11], коэффициент регрессии (b) и пластичности Si^2 – по [12], стрессоустойчивости – по [11].

Методика создания генетической изменчивости по основным признакам была практически одинаковой – путем внутри- и межвидовой прямой и ступенчатой гибридизации высокопродуктивных экологически отдаленных и местных генотипов. Использовали генетическую коадаптацию аллелей, дополнительные скрещивания. Привлекали родителей со средней выраженностью абиотического фактора и как можно меньшим числом общих генов, контролирующих его. На начальном этапе селекции отбирали гибриды с полным или неполным доминированием по изучаемому признаку в первом поколении. Предпочтение отдавали популяциям с длительным формообразованием. Частоту и степень трансгрессий определяли по методике Воскресенской Г.С. и Шпота В.И [17]. Критерием степени

положительной трансгрессии служил процент превышения признака нового рекомбинанта над максимальным его значением у лучшего родителя. Многолетняя практика показала, что это можно делать еще более достоверно путем определения среднего урожая всех изучаемых линий в опыте и наименьшей существенной разницы (НСР). Критерием отбора был урожай линии + НСР + 13-15%.

Результаты и обсуждение. Устойчивость создаваемых генотипов к блоку зимних абиотических факторов имеет большое значение до сих пор, несмотря на потепление климата. Блок включает морозы, оттепели, притертую ледяную корку и весенние заморозки. За время исследований ощутимые низкие температуры наблюдали в 2014 г. ($-27\text{...}-29\text{ }^{\circ}\text{C}$) с температурой на глубине узла кущения $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. У слабоморозостойких сортов отмечали гибель растений. Можно было подумать, что такая температура должна быть базовой, однако это не оптимальный уровень устойчивости. В 1969 и 1972 гг. на узле кущения она снижалась до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, то есть необходим запас устойчивости на уровне $-18,0\text{--}18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При таких условиях у сортов выживает 76-88% растений.

Методика создания зимо- и морозостойких рекомбинантов изложена ранее [18]. Генотипы выделяли из гетерогенных популяций при стрессе (полевые условия или камера низких температур). Это были константные формы трансгрессивного происхождения или наследовавшие морозостойкость по типу лучшего высокоустойчивого родителя, выдерживающего $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине узла кущения (табл. 1). Классическим примером плюстрасгрессии по морозостойкости может служить сорт Октава 15, превысивший среднестойких родителей почти в 2 раза.

Особое значение для перезимовки имеет продолжительность яровизации растений. Ее обуславливают гены *vrn 1*, *vrn 4* с рецессивными аллелями, определяющие необходимость в яровизации, и гены *Vrd 1* (*vrđ 1*), *Vrd 2* (*vrđ 2*), контролирующую ее продолжительность в днях. Наиболее высокую морозостойкость определяют рецессивные аллели гена *vrđ 2* [19]. У таких генотипов продолжительность яровизации составляла 60 дней и

Табл. 1. Устойчивость сортов озимой пшеницы нового поколения к неблагоприятным условиям перезимовки (2014-2019 гг.)

Сорт	Количество жизнеспособных растений, %*			Выживших растений после, % (2014 г.)	
	новые сорта	родители		ледяной корки	весенних заморозков
		♀	♂		
Дон 107, стандарт**	46	42	45	46,8	30,5
Октава 15	84	53	46	74	74
Былина Дона	77	78	74	76	72
Акапелла	76	64	77	69	56
Богема	78	53	74	72,5	71,5
Пафос	68	42	63	77	69
Мирабель 20	75	65	70	73	72
Прима одесская***	33	40	32	27,5	32
НСР	±8			±12	±15

*После промораживания в камере низких температур при $-18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на узле кущения в течение 24 часов.

** Аграрный научный центр Донской.

*** Селекционно-генетический центр, Украина.

более. Несмотря на противоречивые суждения в литературе по этой проблеме, исследования в 1980-1995 гг. в условиях Дона показали довольно тесную сопряженность между продолжительностью яровизации и морозостойкостью ($r=0,74\pm 0,11$ при $n=258$ [14]). Все созданные в настоящее время сорта пшеницы (более 40) выдерживали на глубине узла кушения $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и имели продолжительность яровизации 60-70 дней. У них отмечена большая глубина анабиоза, и они не развиваются зимой при продолжительных оттепелях.

Следующим значимым стрессором для озимых злаков была притертая ледяная корка (12 случаев из 58 проанализированных лет, в год проявления погибало до 25% площадей озимых в регионе). Она образовывалась после длительной оттепели в снежную зиму и наступившего затем мороза. Чаще всего она была толщиной 2-3 см. За годы проявления притертой ледяной корки (1975, 1984, 1985, 2003, 2014) проанализированы все выполненные в это время комбинации (более 5 тыс.). Выявлена тесная корреляция между устойчивостью к притертой ледяной корке и степенью морозостойкости рекомбинанта ($r=0,78\pm 0,13$). По этому признаку на Дону определен филогенетический «предел» выживания, равный 75-82%. При привлечении в скрещивания генотипов с устойчивостью ниже этого предела при давлении стресса можно получить плюстратегии. В 2003 г. у сорта Северодонецкая юбилейная устойчивость к притертой ледяной корке была оценена в 4,1 балла, у родителей – 3 и 3,5; у линии Лютеценс 728 – соответственно 4,5; 2 и 4 балла [14]. Отмечены и отрицательные трансгрессии, чаще обусловленные формой куста. Степень приближения новых трансгрессивных рекомбинантов к пределу зависела от уровня выраженности этого признака у родителей. Устойчивость к притертой ледяной корке можно усилить путем ступенчатой гибридизации и аккумуляции соответствующих генов. Принципы наследования в F_1 были в основном такие же, как и по морозостойкости [14, с. 233], они были апробированы в 2014 г. (табл. 1). Сорта нового поколения (Былина Дона, Богема и др.) успешно перенесли воздействие этого стресса.

Не меньший урон озимой пшенице наносят весенние заморозки, особенно после выхода растений в трубку. Исследования выполнены с пшеницей в поле в годы сильного проявления этого стрессора – 2000, 2003, 2007, 2014 (1210 комбинаций). Были выявлены особенности создания селекционного материала, устойчивого к весенним заморозкам. Физиологический «потолок» устойчивости в среднем составляет 76-78%. Этот признак контролирует другая ассоциация генов, отличная от генов морозостойкости. Определены источники устойчивости – Альбатрос одесский, Вымпел одесский и другие. Помимо этого путем двух-трех этапов ступенчатой гибридизации были созданы собственные источники – Северодонецкая юбилейная, Lutestsens 1629/91, Августа и другие. При насыщающих скрещиваниях частота появления устойчивых рекомбинантов увеличивалась, особенно при проведении последнего скрещивания с высокоустойчивой формой [14]. При этом появляется широкий спектр изменчивости потомков по устойчивости к весенним заморозкам. Например, у комбинации Тарасовская 29/Дрина//Альбатрос одесский//Тарасовская 97 (два последних сорта – источники устойчивости) процент гибели рекомбинантов в 2014 г. составил 5-26, по другим популяциям – 46 и более. Источники устойчивости к весенним заморозкам параллельно с высокой продуктивностью

существенно различались по свойствам. Так, у сорта Северодонецкая юбилейная признаком устойчивости к весенним заморозкам доминировал в гибридах, трансгрессия проявлялась и по продуктивности. С ее участием созданы сорта, устойчивые к весенним заморозкам – Тарасовская 70, Миссия, Магия и Донэра. По данным табл. 1, часть сортов нового поколения проявила устойчивость к этому стрессу – Октава 16, Былина Дона, Богема, Мирабель 20.

В последние годы XX в. и в новом столетии особенно четко стал проявляться тренд по росту среднемесячной максимальной температуры воздуха, особенно летом. Ранее он был менее выражен. С 1908 г. полностью засушливых лет было 25%, засушливых в отдельные периоды вегетации – 45%, благоприятных – только 30%. Минимизировать негативные последствия засухи можно путем выявления констант, обуславливающих накопление оптимального количества ассимилянтов при относительно меньших затратах влаги на создание единицы сухого вещества. Следует уменьшить расход влаги на формирование соломы и выделить генотипы с более интенсивной фотосинтетической активностью листьев.

Первую проблему решали путем изменения архитектуры ценоза. Снижали высоту стебля с 95-110 до 85 см (1991-2018 гг.). Уменьшение высоты стебля повлекло падение величины надземной массы в среднем на 15-16%. Возникла проблема с емкостью депонирования метаболитов, что препятствует дальнейшей селекции на продуктивность. Об этом свидетельствует уменьшение значения корреляции между надземной массой и урожаем с $r=0,67\pm 0,04$ до $r=0,56\pm 0,05$ [20]. В этой ситуации дальнейшее повышение уборочного индекса было бесперспективным.

Густоту продуктивного агроценоза увеличивали путем выявления трансгрессивных полукарликовых рекомбинантов с повышенным продуктивным кушением (густая надземная масса) и горизонтальным расположением листьев в пространстве (затенение посева, оптимизация транспирации при сухой погоде). Необходимо было создать соответствующую генетическую изменчивость и осуществить поиск форм с более высокой фотосинтетической активностью листьев в этих условиях. В последнем случае очень информативным оказался экспресс-маркер – отношение площади листьев при выколашивании к урожаю [21]. В условиях сухих лет установлен оптимум выраженности этого коэффициента для перспективных полукарликов – 1,2-1,5, среднерослых – 1,3-1,8 [20]. При этом меньшим в сравнении со старыми сортами оказалось и водопотребление растений на синтез единицы сухого вещества.

При работе с популяциями в условиях засухи должны быть основополагающие маркеры отбора высокопродуктивных засухоустойчивых рекомбинантов. Это установлено при изучении взаимосвязи между урожаем зерна и элементами его структуры и морфобиотипа. Результаты исследований в различных по погодным условиям 2000-2013 гг. показали довольно тесную сопряженность при засухах урожая зерна с массой зерна с растения, колоса, уборочным индексом и емкостью ценоза [5], что подтвердилось и позднее, в 2014-2016 гг. (табл. 2). К таким маркерам еще следует отнести надземную биомассу, а также массу 1000 зерен. Аналогичные суждения высказывают и другие исследователи [16].

Анализ данных о взаимосвязях между урожаем и массой зерна с колоса и растения выявил возможность

Табл. 2. Характер взаимосвязи урожая зерна с элементами его структуры и особенностями морфобиотипа (2014-2016 гг.)

Признак	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Число растений/м ²	0,45*	-0,05	-0,6*	-0,1
Продуктивное кущение	-0,7*	0,15*	0,63*	0,03
Масса зерна с растения	0,40*	0,82*	0,75*	0,66*
Масса зерна с колоса	0,66*	0,68*	0,82*	0,72*
Масса 1000 зёрен	-0,5*	0,15*	0,89*	0,18*
Надземная биомасса	-0,2*	0,34*	0,66*	0,27*
Индекс урожая	-0,04	0,64*	0,34*	0,31*
Высота соломины	-0,2*	0,20*	-0,03	-0,01
Длина колоса	0,79*	0,25*	-0,6*	-0,09
Емкость ценоза	-0,5*	0,68*	0,96*	0,38*

*Достоверно при P 0,05.

Табл. 3. Наследование в F₁ массы зерна/растение у озимой пшеницы (2014-2018 гг.)

Тип наследования	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	Средняя частота трансгрессии, %
Hr > 1	21,0	25,0	54,0	55,0	53,2	46,0	5,5
Hr = 0,6 - 0,9	21,0	25,0	16,0	12,0	16,0	17,0	3,4
Hr = 0,1 - 0,5	2,0	6,0	11,0	14,0	11,2	9,0	2,5
Hr = 1 лучший*	2,0	0	1,00	1,00	2,6	3,0	1,4
Hr = -0,1-0,9 худший**	45,0	31,0	1,00	1,00	0	11,0	0,1
Hr = -1 депрессия	9,0	13,0	17,0	17,0	17,0	14,0	0

*Лучший родитель. ** Худший родитель.

использования этих маркеров при селекции на продуктивность в любой год. Наследование по массе зерна/растение в среднем за 2014-2018 гг. проходило по типу сверхдоминирования (преобладало), частичного и неполного доминирования и депрессии (табл. 3). В острозасушливые 2014-2015 гг. доминировал худший родитель. Таким образом, по типу доминирования в F₁ можно было прогнозировать при рекомбинации появление высокопродуктивных засухоустойчивых трансгрессивных рекомбинантов [20].

С использованием представленных методических аспектов создана группа сортов нового поколения, дающих стабильные урожаи в условиях широкого диапазона лимитирующих факторов (табл. 4). Для дальнейших исследований важно были выявить различия между созданными сортами по экологической устойчивости.

По значению SF 6 сортов практически не различались. У сортов Богема, Акапелла и Былина Дона (1-3 рейтинги по урожаю) значения SF были наихудшими. Вероятно, это можно объяснить их узкой специализацией на среду: только в оптимальных условиях они

Табл. 4. Параметры экологической пластичности сортов озимой пшеницы (конкурсные испытания по паре, 2014-2019 гг.)

Сорт	Ранг по урожаю (среднее)	x _i [*] , т/га	b _i	Si ²	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость X min-X max	Cv, %
					X max	X min		
Дон 107, стандарт	7	6,00	1,23	2,5	8,33	4,28	-4,4	29,0
Вестница	6	6,85	1,10	2,32	9,04	4,40	-4,6	24,9
Былина Дона	3	6,92	1,02	1,99	8,86	5,86	-3,0	24,5
Донмира	4	6,87	1,10	2,28	8,64	5,71	-2,9	22,7
Акапелла	2	6,94	1,03	2,04	9,00	5,90	-3,1	21,3
Боярыня	5	6,89	0,80	1,1	8,64	6,10	-2,5	16,7
Богема	1	7,26	1,22	2,86	9,70	5,79	-3,9	24,2

могут быть лидерами, что важно учитывать при разработке технологии возделывания. Несколько иные данные по экологической пластичности получены при определении b_i и Si² (табл. 4).

Выявлена определенная дифференциация по пластичности между сортами. В первую группу вошли лидеры Былина Дона и Акапелла, во вторую – Богема и Дон 107, в третью – Донмира и Вестница и в четвертую – Боярыня и Донская лира. Значения b_i слабо коррелировали с урожайностью (r = 0,21±0,04), но существовала прямая взаимосвязь его с коэффициентом изменчивости в разных условиях – Cv (r = 0,82±0,07). При анализе оценки пластичности по значениям стрессоустойчивости в лучшую группу попали сорта с рейтингом по урожаю как 1-2 (Былина Дона и Акапелла), так и 6-7 (Дон 107, Вестница). У других сортов не отмечено статистической взаимосвязи между значениями урожайности и стрессоустойчивости. Это целесообразно учитывать в дальнейших исследованиях.

Таким образом, для стабильной урожайности у новых генотипов подтверждена необходимость яровизации в течение 60-70 дней, установлен размах варьирования абiotических лимитирующих факторов среды. Это блок перезимовки, параметры засухоустойчивости для Среднего Дона, обусловленные филогенезом (морозостойкость -18...-18,5 °C на глубине узла кущения, 76-88% жизнеспособных растений, устойчивость к ледяной корке – 75-82%, к майским заморозкам – 76-78%). Установлены методики создания генетической изменчивости по всем направлениям селекции, позволяющей реализовать намеченную программу. Определены маркеры для работы с популяциями и выявления требуемых рекомбинантов. На этой основе создана группа сортов нового поколения со стабильно высокими урожаями зерна в условиях внешней среды. Выявлена степень их экологической пластичности. Наиболее объективные данные получены при использовании методики Эберхарта и Рассела, а также определении стрессоустойчивости у новых сортов. Коэффициент вариации признака Cv позволяет судить о степени его варьирования при изменении условий среды.

Литература.

- Grabovets A.I., Fomenko V.A. Some aspects of the winter wheat breeding for winter hardiness in

- conditions of changing climate // Russian agricultural sciences. – 2015. – V. 41. – N 1. – P.1-4.*
2. Саулеску Н.Н., Браун Х-Дж. Холодоустойчивость // Сб.: Применение физиологии в селекции пшеницы. – Киев: Логос, 2007. – С. 228-254.
 3. Полтарев Е.М., Борисенко Л.Р., Рябчун Н.И. Определение генетического потенциала морозостойкости сортов озимой пшеницы // Урожай и адаптивный потенциал экологической системы. – Киев. – 1991. – С. 27-29.
 4. Levitt J. *The hardiness of plants* Agronomy. Acad. Press, New York. – 1956. – V 6. – 78 p.
 5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Генофонд и селекция озимой мягкой пшеницы на Дону // ФИЦ институт цитологии и генетики сибирского отд. РАН. Мат. IV межд. конференции "Генофонд и селекция растений". – Новосибирск, 2018. – С. 97-100.
 6. Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Колесников Ф.А., Набоков Г.Д., Пузырная О.Ю., Филобок В.А. Селекция пшеницы на устойчивость к болезням // Земледелие. – 2014. – 3. – С. 19-23.
 7. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Мельникова О.В., Олейникова Т.А. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – 4 (32). – С. 27-32.
 8. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. – Краснодар: Изд-во Просвещение-Юг., 2010. – 485 с.
 9. Борович С. Принципы и методы селекции растений. – М.: Колос, 1984. – 343 с.
 10. Levis D. *Gene-environment interaction a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability* // Heredity. – 1954. – 8. – P. 333-356.
 11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – 4. – С. 109-113.
 12. Eberhart S.A., Russell W.A. *Stability parameters for comparing varieties* // Crop sciences. – 1966. – 6. – P. 36-40.
 13. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Науч.-техн. Сб. – Одесса: ВСГИ, 1981. – 1 (39). – С. 8-
 14. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. – Ростов-на-Дону: Изд-во "Юг", 2007. – 543 с.
 15. Грабовец А.И. Усовершенствованные методы оценки морозо- и зимостойкости растений // Селекция и семеноводство. – 1983. – 2. – С. 23-26.
 16. Ричардс Р.А., Кондон А.Г., Ребецке Г. Д. Признаки, по которым улучшают урожайность в условиях засухи // СБ.: Применение физиологии в селекции пшеницы. – Киев: Логос, 2007. – С. 184-207.
 17. Воскресенская Г.С., Шпота В.И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // ДАН СССР. – 1967. – N 7. – С. 18-20.
 18. Grabovets A.I., Fomenko M.A. *Plus-transgression in winter wheat breeding on frost resistance and productivity* // Russian Agricultural Sciences. – 2019. – V. 45. – N 5. – P. 407-411.
 19. Файт В.И. Эффекты генов контроля продолжительности яровизации (Vrd) по агрономическим признакам у озимой мягкой пшеницы // Цитология и генетика. – 2007. – 5. – С. 18-26.
 20. Фоменко М.А. Автореф. ...докт. дисс. // Селекция озимой мягкой пшеницы на Дону в условиях нарастания аридности климата. – Ростов-на-Дону, 2014. – 24 с.
 21. Осипов Ю.Ф., Фадеева О.И., Федулов Ю.П. Рекомендации по разработке моделей сортов озимой пшеницы в зоне Северного Кавказа // Сб.: Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделировании новых сортов с.-х культур. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – С.26-31.

Поступила в редакцию 07.03.20
Принята к публикации 04.04.20