А.И. Грабовец, член-корреспондент РАН, профессор
В.П. Кадушкина

С.А. Коваленко, магистрант

Федеральный ростовский аграрный научный центр,
 РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет
 E-mail: grabovets_ai@mail.ru

УДК 633.11.«321»:631.527

DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

При нарастающей засушливости климата на Дону возникла необходимость усовершенствования методологии ведения селекции яровой твердой пшеницы. Основным методом получения исходного материала остается внутривидовая ступенчатая гибридизация. Скрещивания проводили между генетически отдаленными формами, различающимися по происхождению и требуемым признакам и свойствам. Результативным способом в изменении наследственности генотипов по засухоустойчивости стало применение химического мутагенеза. При селекции на продуктивность, как в засушливые годы исследований, так и в благоприятные, были выявлены наиболее объективные маркеры – величина надземной массы, масса зерна с растения, колоса и уборочный индекс. Установлена величина коэффициентов корреляции между урожаем с единицы площади и элементами его структуры. Она наиболее тесно была сопряжена с ними в засушливые годы, во влажные – уменьшалась. Степень корреляционной взаимосвязи признаков у пары – урожай зерна с одного квадратного метра – величина надземной биомассы составила в среднем $r=0,73$, причем в засушливые годы она была выше (0,91), чем в благоприятные (0,61 – 0,70), между урожаем и уборочным индексом – $r=0,81$ (в среднем). В засушливые годы коэффициент корреляции увеличился до 0,92. Данные исследований подтверждают наибольшую значимость массы зерна с одного колоса и растения в формировании урожая зерна с единицы площади как в засушливые, так и во влажные годы. В засушливые годы коэффициент корреляции между урожаем и массой зерна с растения составил в среднем $r=0,80$, в благоприятные – $r = 0,69$. Взаимосвязь урожая и массы зерна с колоса была больше – $r=0,84$ и $r=0,82$ соответственно. Следовательно, селекционная значимость надземной массы и продуктивности колоса, как критерия отбора на урожай, особо возрастает в острозасушливые годы. Они были базовыми при отборах.

Ключевые слова: селекция, яровая твердая пшеница, засуха, методы, маркеры, корреляция.

A.I. Grabovets, Corresponding member of RAS, Professor
V.P. Kadushkina

S.A. Kovalenko, master's Degree student

Federal Rostov Agricultural Research Center

RF, 346735, Rostovskaya obl., Aksajskij rajon, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet

E-mail: grabovets_ai@mail.ru

IMPROVEMENT OF SPRING DURUM WHEAT SELECTION METHODOLOGIES UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

With the growing aridity of the climate on the Don, it became necessary to improve the methodology for conducting the breeding of spring durum wheat. The main method of obtaining the source material remains intraspecific step hybridization. Crossings were performed between genetically distant forms, differing in origin and required traits and properties. The use of chemical mutagenesis was a productive way to change the heredity of genotypes in terms of drought tolerance. When breeding for productivity, both in dry years of research and in favorable years, the most objective markers were identified – the size of the aerial mass, the mass of grain per plant, spike, and harvest index. The magnitude of the correlation coefficients between the yield per unit area and the elements of its structure is established. It was most closely associated with them in dry years, while in wet years it decreased. Power the correlation of the characteristics of the pair – the grain yield per square meter – the aboveground biomass averaged $r = 0.73$, and in dry years it was higher (0.91) than in favorable ones (0.61–0.70), between the harvest and the harvest index – $r = 0.81$ (on average). In dry years, the correlation coefficient increased to 0.92. Research data confirms the greatest importance of the mass of grain from one ear and the plant in the formation of grain yield per unit area in both dry and wet years. In dry years, the correlation coefficient between yield and grain mass per plant was on average $r = 0.80$; in favorable years, $r = 0.69$. The relationship between yield and grain mass from the ear was greater – $r = 0.84$ and $r = 0.82$, respectively. Consequently, the breeding significance of the aboveground mass and the productivity of the ear, as a criterion for the selection of the crop, especially increases in the dry years. They were basic in the selection.

Key words: breeding, spring durum wheat, drought, methods, markers, correlation.

Тенденция нарастания засушливости климата на Дону усиливается. Отмечается рост температуры воздуха за период вегетации яровой твердой пшеницы (апрель–июль). В 2007–2018 годах превышение составило $4,2^{\circ}\text{C}$ (123...146% к среднемесячной температуре). Количество осадков за этот период уменьшилось на 30,8 мм. Они выпадают в основном только в осенне-зимние месяцы. Яровую пшеницу высевали при достаточном запасе влаги в почве. Однако из-за повышения температуры воздуха и последующих суховейных ветров в мае вегетация

яровой пшеницы часто проходила в очень жестких условиях, что негативно сказывалось на урожае зерна. Поэтому требуется усовершенствование методологии ведения селекции этой культуры. В работах многих авторов уделяется много внимания изучению максимально эффективного использования доступной влаги растениями [4], указывается на необходимость создания генотипов с высокой удерживающей способностью воды листьями и др. Также предлагается улучшение селекционного материала путем насыщения его генофонда местными

засухоустойчивыми генотипами. Но в каждой почвенно-климатической зоне эти проблемы решаются по-разному. [2]

Цель работы – выявление наиболее оптимальных маркеров при отборах в гетерогенных популяциях для селекции яровой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Селекция пшеницы ведется общепринятыми методами. Основным способом получения исходного материала остается внутривидовая ступенчатая гибридизация. Скрещивания проводили между генетически отдаленными формами, различающимися по происхождению и требуемым свойствам. Путем аккумуляции доминирующих признаков предполагалось усилить в новом морфобиотипе выраженность необходимых хозяйственно ценных признаков сорта. Результативным в изменении наследственности генотипов по засухоустойчивости стало применение химического мутагена (мутаген 1,4-бис диазоацетилбутан), меняющего канализированность взаимодействия генов. Перспективные константные генотипы мутантного происхождения скрещивали с высокоадаптивными продуктивными генотипами, полученными путем внутривидовой и межвидовой гибридизации.

Применяли многократный отбор, начиная с ранних поколений. На первых этапах селекционного процесса прорабатывали порядка 20...25 тыс. генотипов в разных питомниках. Большие объемы исследований положительно сказывались на результативности селекции.

За 2007–2018 годы самыми засушливыми были 2007, 2009, 2012, 2013 и благоприятными – 2008, 2016 и 2017. Эти различия позволили выявить нормы реакции генотипов на засуху. Для их определения изучали величину и особенности корреляционных связей урожайности с соответствующими величинами ее элементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По итогам конкурсных сортоиспытаний (КСИ) выявлено, что урожайность яровой пшеницы в значительной степени зависит от способности сорта противостоять негативному воздействию погодных условий. Особенно резко снижалась урожайность в неблагоприятные засушливые годы (табл. 1).

Для увеличения потенциальной продуктивности новых сортов при засухах важно совершенствовать методологию ведения их практической селекции. Прежде всего, необходимо выявить особенности создания генетической изменчивости по этому направлению, уяснить наиболее результативный подход к работе с ней (технология селекции, маркеры при отборах на продуктивность, устойчивость к засухе, общей адаптивности и др.).

Вначале определили оптимальный фенотип яровой пшеницы, который требуется для гарантии стабильного урожая в различных по влагообеспеченности годах. Ранее в производстве были относительно высокорослые сорта яровой твердой пшеницы с длиной вегетационного периода 110...115 дней, уступавшие по урожаю ячменю до 30%. В период налива зерна они испытывали недостаток влаги в почве из-за нарастающей жары и суховеев. Поэтому при помощи химического мутагена были созданы новые среднерослые скороспелые генотипы (продолжительность вегетации 90 дней) с одновременным увеличением у них продуктивного кушения.

Таблица 1.
Урожайность и элементы продуктивности яровой пшеницы в разные годы исследований

Показатель	Засушливые			Влажные		
	2007	2009	2012	2008	2016	2017
Урожайность, ц/га	18,4	22,6	19,9	41,7	35,8	37,3
Устойчивость к полеганию, балл	9	9	9	8	6,5	8
Величина надземной массы (биомасса), г/м ²	659	769	601	1033	1091	1032
Урожай зерна, г/м ²	122	153	177	237	248	283
Густота продуктивного стеблестоя при уборке, шт./м ²	441	371	337	398	523	435
Продуктивная кустистость, шт./растение	1,4	1,7	1,6	1,7	2,3	2,1
Масса зерна с растения, г	0,37	0,70	0,82	1,04	1,08	1,40
Масса зерна с колоса, г	0,28	0,42	0,53	0,61	0,48	0,65
Высота растений, см	84,5	91,6	76,5	109,9	131,3	107,5
Длина колоса, см	5,7	6,2	6,0	6,8	6,7	6,3
Уборочный индекс, %	18,3	19,6	29,4	23,0	22,7	27,4
Масса 1000 зерен, г	35,6	32,4	37,0	39,6	31,9	41,2

Это позволило оптимизировать водопотребление и компенсировать недобор урожая, обусловленный скороспелостью. Они превышали ячмень по урожайности на 15...20%. [3]

В ходе экспериментов констатировали, что коэффициенты корреляции между урожаем с единицы площади и элементами структуры изменялись в зависимости от условий года (табл. 2). Наиболее тесные их значения были в условиях засух. Во влажные же годы эта связь уменьшалась, что было обусловлено по-разному проявляющимися при метаболизме компенсационными взаимосвязями.

Установлено большое влияние на стабилизацию урожаев показателя надземной массы растений. Степень корреляционной взаимосвязи пары признаков – величина надземной биомассы – урожай зерна с 1 м², за изучаемые годы составила в среднем $r=0,73\pm 0,17$, причем в засушливые годы она была выше ($0,91\pm 0,05$), чем в благоприятные. Величина воздушной сухой надземной массы в среднем составляла 676 г/м² и 1052 при высоте соломины 84 и 116 см соответственно.

При существующем дефиците влаги проблему создания засухоустойчивого высокопродуктивного сорта можно решить несколькими путями. В исслед-

Таблица 2.
Корреляционная связь (r) между показателями урожая зерна с 1 м² с другими элементами продуктивности

Элемент продуктивности	Коэффициент корреляции (r) по годам					
	Засушливые			Влажные		
	2007	2009	2012	2008	2016	2017
Урожай надземной массы	0,71	0,78	0,91	0,61	0,66	0,70
Густота продуктивного стеблестоя при уборке	0,01	0,36	0,44	0,29	-0,15	0,10
Масса зерна с растения	0,83	0,87	0,69	0,57	0,67	0,84
Масса зерна с колоса	0,92	0,79	0,82	0,66	0,92	0,89
Высота растения	0,71	0,25	0,01	0,31	0,14	0,50
Уборочный индекс	0,92	0,88	0,73	0,75	0,72	0,84
Масса 1000 зерен	0,65	-0,53	0,03	0,15	-0,10	0,76

дованиях [3] приведены различные методы выявления адаптированных к засухе сортов озимой пшеницы — определение площади листьев, индекса эффективности их работы, продолжительности жизни листьев при засухах и др. Кроме того, на урожайность значительно влияет уборочный индекс (УИ), который обусловлен генотипом, и в меньшей степени подвержен случайным фенотипическим изменениям. [1]

В благоприятные годы при оптимальном обеспечении фитоценозов влагой, большей их высоте, иногда полегании посевов, коэффициент корреляции между урожаем и УИ варьировал от 0,72 до 0,84. В засушливые годы по мере нарастания аридности климата, снижения высоты соломины его значимость (судя по коэффициенту корреляции) увеличивалась до $0,92 \pm 0,06$ (табл. 3).

В среднем за 2007–2017 годы коэффициенты корреляции у пар составили: по массе зерна с растения — $0,61 \pm 0,21$, массе зерна с колоса — $0,77 \pm 0,13$, количеству зерен в колосе — $0,79 \pm 0,12$. Таким образом, отбирая семьи с большим количеством зерен в колосе, высокой массой зерна с колоса или растения, можно автоматически выделять генотипы с высоким УИ.

Установлено, что масса зерна с растения и единицы площади — главные интегрированные показатели устойчивости генотипов к засухе, несмотря на большое количество существующих методов определения засухоустойчивости. Отмечена высокая положительная и стабильная связь массы зерна с одного растения и колоса и его урожаем с единицы площади (см. табл. 2) как в засушливые, так и во влажные годы. В засушливые годы коэффициент корреляции между урожаем и массой зерна с растения был равен в среднем $0,80 \pm 0,12$, в благоприятные — $0,69 \pm 0,18$. Взаимосвязь между урожаем и массой зерна с колоса была теснее — $0,84 \pm 0,10$ и $0,82 \pm 0,11$ соответственно. Следовательно, селекционная значимость продуктивности колоса, как критерия отбора на урожай, особо возрастает в острозасушливые годы.

Исходя из того, что во влажные годы наблюдали сильное полегание растений, возникла необходимость в уменьшении высоты стебля и усилении устойчивости к полеганию. Потребность в этом подтверждается существенным значением коэффициента корреляции между высотой стебля и надземной массой. Он варьировал от $0,54 \pm 0,22$ до $0,66 \pm 0,20$. Однако при этом важно было сохранить уже существовавшую у коммерческих сортов массу надземной части растения. Последующие исследования показали, что уменьшение надземной массы можно компенсировать увеличением густоты продуктивного стеблестоя.

Результаты наших экспериментов показали, что у созданных сортов в засушливые годы взаимосвязь густоты продуктивного стеблестоя с урожайностью была несущественной ($r = 0,01 \dots 0,44$), во влажные благоприятные годы связь была также невысокой ($r = 0,10 \dots 0,29$). Следовательно, у полученных генотипов не было надобности усиливать признак продуктивного кущения.

Эти разработки были реализованы на практике. Четыре сорта яровой твердой пшеницы в основном мутантного происхождения или с участием мутантных линий (*Новодонская*, *Вольнодонская*, *Донская элегия*, *Мелодия Дона*) находятся в Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. Исследования продолжаются. В таблице 4 приведены данные по числу из-

Таблица 3.
Взаимосвязь (r) уборочного индекса с основными элементами продуктивности в разные годы

Элемент продуктивности	Засушливые			Влажные		
	2007	2009	2012	2008	2016	2017
Урожай зерна г/м ²	0,92	0,88	0,73	0,84	0,72	0,75
Густота продуктивного стеблестоя при уборке	-0,02	0,24	0,30	-0,40	-0,18	-0,27
Высота стебля	0,71	0,20	0,11	0,24	-0,35	-0,16
Масса зерна с растения	0,60	0,58	0,49	0,56	0,45	0,95
Масса зерна с колоса	0,84	0,73	0,57	0,87	0,68	0,95
Количество зерен в колосе	0,87	0,81	0,58	0,86	0,67	0,95

Таблица 4.
Итоги выявления перспективных форм в различных поколениях у гетерогенных популяций (2015–2017)

Показатель	Поклоение отбора							
	F3	F4	F5	F6*	F7*	F8*	F9*	M6**
Количество высеванных семей	50691	12886	3400	1890	440	700	200	100
Количество убранных семей	3474	684	234	92	27	39	18	3
Количество особенно ценных семей (средний урожай в опыте + НСР стандарта)	1082	132	68	16	8	7	2	1
% ценных семей	2,13	1,02	2,00	0,85	1,82	1,00	1,00	1,00
Количество специфически ценных семей (средний урожай стандарта + НСР стандарта)	1869	193	108	36	17	14	8	4
% специфически ценных семей	3,69	1,50	3,18	1,90	3,86	2,00	4,00	4,00

* — повторные отборы в старших поколениях;

** — химические мутанты.

учаемых семей на начальном этапе селекционного процесса в младших поколениях, итоги повторных отборов из гетерогенных популяций, результаты выделения высокоадаптивных трансгрессивных рекомбинантов.

Наибольшее количество трансгрессивных по ряду признаков и свойств рекомбинантов выявлено у гибридов в F3, F5 и F7. Не менее ценный материал для дальнейших исследований отобран и в других старших поколениях гибридов и мутантов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Беспалова, Л.А. Реализация модели полукарликового сорта академика П.П. Лукьяненко и ее дальнейшее развитие. / Л.А. Беспалова // Сб.: Пшеница и тритикале. Мат. науч.-практ. конференции «Зеленая революция П.П. Лукьяненко» — Краснодар. — 2001. — С. 60–71.
- Грабовец, А.И. Масса зерна — интегральный показатель адаптивности озимой пшеницы при селекции на засухоустойчивость / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Известия Оренбургского ГАУ. — Оренбург. — 2014. — 5 (49). — С. 16–20.
- Грабовец, А.И. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения

- ния / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Зернобобовые и крупяные культуры. – Зерноград. – 2016. – 2 (18). – С. 48–53.
4. Ричардс, З.А. Признаки, по которым улучшают урожайность в условиях засухи. / З.А. Ричардс, А.Г. Кондон, Г.Дж. Ребечке // Сб.: Применение физиологии в селекции пшеницы. – Киев-Логос, – 2007. – С. 184–207.

LIST OF SOURCES

1. Bepalova, L.A. Realizaciya modeli polukarlikovogo sorta akademika P.P. Luk'yanenko i eyo dal'nejshee razvitiye. / L.A. Bepalova // Sb.: Pshenicza i tritikale. Mat. nauch.-prakt. konferencii «Zelenaya revolyuciya P.P. Luk'yanenko» – Krasnodar. – 2001. – S. 60–71.
2. Grabovecz, A.I. Massa zerna – integral'ny'j pokazatel' adaptivnosti ozimoy pshenicy pri selekcii na zasuxoustojchivost' / A.I. Grabovecz, M.A. Fomenko // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – Orenburg. – 2014. – 5 (49). – S. 16–20.
3. Grabovecz, A.I. Sovershenstvovanie metodologii selekcii pshenicy v usloviyax nedostatochnogo uvlazhneniya / A.I. Grabovecz, M.A. Fomenko // Zernobobovy'e i krupyany'e kul'tury'. – Zernograd. – 2016. – 2 (18). – S. 48–53.
4. Richards, Z.A. Priznaki, po kotory'm uluchshayut urozhajnost' v usloviyax zasuxi. / Z.A. Richards, A.G. Kondon, G.Dzh. Rebeczke // Sb.: Primenenie fiziologii v selekcii pshenicy. – Kiev-Logos, – 2007. – S. 184–207.

В.П. Клименко, доктор сельскохозяйственных наук

В.М. Косолапов, академик РАН

*Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса
РФ, 141055, Московская обл. г. Лобня, Научный городок, 1*

В.Г. Косолапова, доктор сельскохозяйственных наук

К.Е. Юртаева, аспирант

*Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева,
РФ, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49*

E-mail: vniikormov@mail.ru

УДК 636.085

DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/36-40

НОВЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ СИЛОСОВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ

Представлены экспериментальные данные по оценке консервирующего действия новой ферментной мультисистемы в композиции с бактериальным препаратом Силзак при силосовании люцерны, которая относится к группе несилосуемых растений из-за избыточной влажности, дефицита сахара и повышенного содержания сырого протеина. Исследования проведены в лабораторных и научно-производственных условиях с использованием высокоурожайных сортов люцерны селекции ВНИИ кормов и экспериментального образца ферментной мультисистемы ФМ-1, разработанного специалистами ООО НТЦ «Лекбиотех» в сотрудничестве с ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». В технологических опытах по силосованию люцерны определяли оптимальную дозу внесения нового препарата и его консервирующее действие в сравнении с химическим консервантом. Качество полученного корма анализировали по содержанию основных питательных веществ, органических кислот, аммиака, активной кислотности. В опытах на валухах изучали влияние экспериментального биопрепарата на переваримость питательных веществ и энергетическую питательность сухого вещества силоса. Оценка качества полученного корма показала эффективность новой разработки. По биохимическим показателям качества силос с добавлением ФМ-1 и силосной закваски Силзак не уступал корму, приготовленному с химическим консервантом АИВ 3 plus, но превосходил его по переваримости питательных веществ и энергетической питательности. Экспериментальным путем установлена оптимальная доза внесения ферментной мультисистемы – 90 г/т растительной массы.

Ключевые слова: силос из люцерны, биологические препараты, качество силоса, энергетическая питательность кормов.

V.P. Klimenko, Grand PhD in Agricultural sciences

V.M. Kosolapov, Academician of RAS

*V.R. Williams Federal Research Center of Forage Production and Agroecology
RF, 141055, Moskovskaya obl. g. Lobnya, Nauchny'j gorodok, 1*

V.G. Kosolapova, Grand PhD in Agricultural sciences

K.E. Yurtaeva, PhD student

*K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University
RF, 127550, Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49*

E-mail: vniikormov@mail.ru

NEW BIOLOGICAL PREPARATION FOR ALFALFA SILAGE MAKING

The data on assessment the preservative action of new enzymatic multisystem in combination with bacterial silage additive Silzak at alfalfa ensiling are presented in this study. It is known that alfalfa is a nonensiling legume grass because of excess moisture, sugar deficit and high content of crude protein. The experiments on alfalfa ensiling were conducted with application the enzymatic multisystem FM-1 under laboratory and research-and-production conditions. The multisystem was developed by the specialists of science-and-technical centre «Lecbiotech» in cooperation with scientists of Williams Fodder Research Institute. The optimal dose of FM-1 application and its preservative effectiveness in comparison with chemical conservant were determined in technological experiments. Obtained silage was evaluated on basic parameters: nutrients and organic acids content, ammonia, active acidity. The influence of the tested biological additive on the nutrients digestibility and energy value of alfalfa silage was estimated in experiments with hog lambs. Total results have shown the efficiency of the new development. Lucerne silage, prepared with application of mixture FM-1 and Silzak, was characterized