

УДК 633.13:581.051:631.527

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛИМИТИРУЮЩИМ ФАКТОРАМ В СЕЛЕКЦИИ ОВСА

Г.А. БАТАЛОВА, доктор сельскохозяйственных наук
член-корреспондент Россельхозакадемии
ЗНИИСХ Северо-Востока, г. Киров

Мировое производство овса в 2012 г. составило 21,5 млн. т, посевные площади, убранные на зерно 10,3 млн. га. Лидером в ряду стран производителей овса является Россия - 4,03 млн. т зерна. Варьирование объемов производства и урожайности овса в РФ определяются рядом лимитирующих экологических факторов (засуха, почвенная кислотность) и отсутствием в посевах устойчивых к стрессам сортов, что определяет основные направления селекции овса.

Ключевые слова: овес, устойчивость, селекция, сорт, засуха, кислотность почв, продуктивность.

Овес – одна из наиболее распространенных в мировом земледелии культур. Мировое производство овса в 2012 г. составило 21,5 млн. т, посевные площади, убранные на зерно 10,3 млн. га (табл. 1). Наибольшие объемы производства зерна овса имели страны Евросоюза (7,611 млн. т). В разрезе стран лидерами являются Россия (18,8%), Канада (13,8%) и Австралия (5,9%). Значи-

тельные количество зерна овса производят в США, Аргентине, Белоруссии, Китае, Украине. Наибольшая урожайность культуры характерна для Чили и Швейцарии (5,0 т/га), Новой Зеландии (4,0 т/га), где посевные площади незначительны относительно ведущих производителей овса (75...35 тыс. га).

Таблица 1. - Характеристика мирового производства ячменя и овса в 2012 г. (по данным ФАО)

Территория	Показатель		
	зерна, млн. т	площадь, млн. га	урожайность, т/га
В мире	21,50	10,30	2,1
Евросоюз	7,611	2,66	3,0
Россия	4,03	2,80	1,0
Канада	2,95	1,00	3,0
Австралия	1,24	0,82	2,0
Украина	0,55	0,30	2,0
Аргентина	0,40	0,20	2,0
Турция	0,21	0,10	2,0
США	0,93	0,42	2,0
Китай	0,58	0,20	3,0
Белоруссия	0,60	0,20	3,0

В странах основных производителей овса урожайность составляет 3,0-2,0 т/га. В России собрано, по данным Министерства сельского хозяйства, 1,4 т/га с площади 3,24 млн. га. В результате получено 4,03 млн. т

зерна в весе после подработки. Объемы производства овса в РФ определяются урожайностью ($r=0,18...0,19$) и посевными площадями ($r=0,30...0,94$). Так в 2011 г. Валовой сбор составил 5,33 млн. тонн зерна

овса с площади 3,05 млн. га при урожайности 1,82 т/га, в условиях засухи 2010 г. значительная часть площадей занятых овсом была списана, а на оставшихся 2,9 млн. га урожайность составила 1,44 т/га, сбор зерна соответственно 3,22 млн. тонн.

Поскольку расширения посевных площадей является фактором экстенсивного ведения растениеводства с одной стороны, с другой возможности их расширения ограничены, увеличение урожайности является наиболее важным критерием при возделывании сельскохозяйственных культур. Отмечают, что существует два основных фактора стимулирующих рост урожайности: создание сортов с высоким потенциалом продуктивности, имеющих максимально высокую степень её реализации независимо от складывающихся экологических лимитов и увеличение реализации потенциала продуктивности сортов за счет совершенствования технологий возделывания (Романенко и др., 2005).

Уровень продуктивности сельскохозяйственных культур является генетически детерминированным признаком, однако, конечный урожай определяется сочетанием наследственных и средовых факторов, действию которых организм подвергается в течение всей своей жизни (Боревич, 1984). Перед селекционерами стоит задача не только повысить продуктивность растений, но и сочетать ее с устойчивостью к абиотическим (почва, осадки, температура и др.) и биотическим факторам окружающей среды. При этом следует учитывать, что по мере повышения урожайности сортов снижается широта их адаптивных возможностей, а отбор на устойчивость к стрессовым факторам приводит, как правило, к снижению урожайности в не стрессовых условиях внешней среды. В тоже время создание сортов с сочетанием данных признаков представляется возможным (Жученко, 1994; Баталова, 2000).

Основные посевы овса в России сосредоточены в Сибирском, Приволжском и Центральном Федеральных округах (табл. 2). Нестабильность производства овса в значительной части регионов страны связана с экстремальностью природно-климатических условий ведения земледелия, неравномерным по периодам вегетации и территории распределением осадков и тепла, низким естественным плодородием почв.

Различают овес яровой и зимующий. Госреестр РФ насчитывает 108 сортов ярового и 4 зимующего овса, из них более 40% допущены в производство в период после 2000 г. Если исходить из того, что новые сорта достоверно лучше старых, то сортомена должна заметно влиять на рост урожайности в производстве (Гончаренко, 2005). Действительно, рост урожайности овса наблюдается, но не во всех регионах, преимущественно, в благоприятные годы и низкими темпами. Причина этого, с одной стороны, в несоответствии потенциала сорта применяемым технологиям, с другой - сорт не обладает генетической «гибкостью» к широкому спектру экологических, в т.ч. почвенно-климатических условий. Поэтому, несмотря на имеющийся достаточно широкий сортимент остается ряд вопросов, требующих селекционной проработки и основной из них: высокая стабильная урожайность овса в условиях ограниченно-благоприятных экологических факторов.

В ряду важнейших направлений селекции следует выделить создание сортов, способных противостоять засухе, поскольку овес среди зерновых культур выделяется повышенной чувствительностью к недостатку влаги в почве и суховеям. Нарушение режима увлажнения почвы вызывает резкое снижение нарастания биомассы растений, завязываемости зерна, озерненности метелки, урожайности.

Таблица 2. - Производство зерна овса по регионам России, тыс. тонн (по данным Минсельхоза РФ)

ФО	Овес		
	2006...2010	2011	2012
РФ	4939,9	5332,1	4026,8
Центральный	762,7	728,9	770,9
Северо-Западный	92,3	97,6	93,3
Южный	99,2	106,6	83,6
Северо-Кавказский	96,1	69,7	76,7
Приволжский	1210,2	1592,3	1061,2
Уральский	527,9	688,5	357,6
Сибирский	2040,3	1932,6	1486,1
Дальневосточный	111,3	115,9	97,3

Происходит существенное ухудшение показателей качества зерна овса пленчатого, в частности, резко увеличивается пленчатость, снижается масса ядра. Значительное влияние влагообеспеченность и температура оказывают и на формирование зерна голозерного овса. Степень его голозерности выше при раннем посеве, чем при позднем. Одной из причин этого является то, что овес позднего срока посева развивается при более высоких температурах.

При создании засухоустойчивых сортов следует учитывать, что различают два типа засухи: почвенную и атмосферную. Обычно они сопровождают друг друга. Атмосферная засуха (отсутствие дождей) в чистом виде чаще проявляется весной, когда почва еще насыщена влагой. Она резко усиливает испарение воды с поверхности почвы и транспирацию, способствует потере воды растениями, в результате они завядают. Однако при хорошем развитии корневой системы атмосферная засуха не причиняет растениям, существенного вреда, если температура не достигает экстремальных для них величин. В тоже время продолжительная атмосферная засуха ускоренными темпами развития, имеют более раннее наступление критических по отношению к потреблению влаги периодов, поэтому успевают закончить вегетацию до наступления засухи (уходят от засухи). Однако это не значит, что они засухоустойчи-

приводит к почвенной засухе, которая наиболее опасна для растений. Происходит иссушение корнеобитаемого слоя, снижаются запасы доступной для растений воды при пониженной влажности воздуха. Почвенная засуха всегда снижает урожай, а если начинается на ранних этапах онтогенеза растений, то может привести к полной потере урожая. Овес чувствителен к засухе в период "кущение - выход в трубку", но особенно губителен для него недостаток почвенной влаги в период "трубкование – выметывание", когда формируются генеративные органы. Это так называемый критический период в развитии овса. Коэффициент корреляции между урожаем овса и осадками в данный период составляет $0,60 \pm 0,17$. Существует мнение, что засухоустойчивостью характеризуются сорта с более развитой глубокой корневой системой. Действительно, сорта данного типа легче переносят почвенную засуху, если она не распространяется до глубоких слоев почвы.

Одним из путей снижения негативного влияния засухи является использование скороспелых сортов. Скороспелые сорта овса, в отличие от позднеспелых, характеризуются вы. При ранней засухе и отсутствии стресс устойчивости они сильно угнетаются. В этом случае важна не сама скороспелость, а синхронизация селекционными методами прохождения фаз развития растения с распределением осадков и показателей темпе-

ратуры во время вегетации, особенно в критические периоды.

Засухоустойчивость - это комплексный признак, связанный с рядом физиологических особенностей. Сорты, способные переносить временное обезвоживание с наименьшим снижением ростовых процессов и урожайности, считаются более засухоустойчивыми. Засухоустойчивость обусловлена генетически определенной приспособленностью растений к условиям места обитания, а также адаптацией к недостатку воды. Повышение продуктивности отдельно взятого генотипа возможно за счет повышения эффективности фотосинтеза путем оптимизации морфотипа растения, улучшения распределения ассимилятов и более эффективном использовании их для создания хозяйственно-ценной части урожая (Кумаков, 2000). Листовая поверхность – «главный аппарат» взаимодействия растения со средой, при помощи которого энергия солнечной радиации улавливается и преобразуется в процессе фотосинтеза в потенциальную энергию органического вещества (Ерошенко, 2006). Величина листовой поверхности определяет активность поглощения солнечных лучей и является основным фактором от которого зависит величина биологического урожая (Головки и др., 2004; Иеронова, 2009). На площадь листьев большое влияние оказывает генотип и погодные условия. Например, получению высокого листового индекса в посевах овса Кировской области способствует продолжительный световой день и достаточное увлажнение, а лимитирующими факторами являются температура и почвенная кислотность.

В условиях засухи большое значение имеет использование сортов быстро развивающих листовую поверхность и хорошо затеняющих почву, с низким коэффициентом транспирации. При этом важна не максимально возможная площадь поверхности листа, а оптимальная. Большая листовая по-

верхность в условиях засухи является фактором усиления транспирации, поэтому для засушливых регионов необходимо создание генотипов овса со средним, а в ряде случаев и мелким листом двух верхних ярусов в сочетании с длительным периодом жизни, без увеличения общей продолжительности вегетации растений, и высокой продуктивностью. Важное значение имеет угол наклона листа относительно стебля. Горизонтальные листья верхнего яруса хорошо закрывают поверхность почвы от испарения, но в большинстве случаев обеспечивают высокую транспирацию растениями. Лучшими, в этом случае, являются листья с углом наклона 45-60°.

Роль селекции в повышении фотосинтетической продуктивности овса в связи с засухоустойчивостью проявляется не только в генетическом улучшении использования листовой поверхности, но и не листовых органов (метелки, ости и др.). Их вклад в фотосинтез растения овса в определенные периоды превышает значение листьев. Например, в фазу цветения овса роль листьев в фотосинтетических процессах достигает 40 %, стебля – 50 %, метелки – 10 и более, в дальнейшем вклад листовой поверхности в перераспределение ассимилятов снижается и возрастает значение метелки. Селекция овса на засухоустойчивость осложняется отсутствием источников, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к стрессору.

Наряду с селекцией на засухоустойчивость для успешного возделывания овса важно получение сортов устойчивых к почвенной кислотности. Овес считается относительно устойчивой к эдафическим стрессам культурой, по уровню кислотоустойчивости он занимает промежуточное положение между рожью и пшеницей. Однако при возделывании на кислых дерново-подзолистых почвах (рН 3,8-4,5) с высоким содержанием подвижных ионов алюминия (14-23 мг/100 г

почвы) урожайность его снижается на 40...50% (Баталова, 2000). Токсичность алюминия является основным фактором, лимитирующим урожайность овса на кислых почвах (Floss, 2004). В первую очередь страдает корневая система, особенно на первых этапах онтогенеза. Недостаток питательных веществ прямо или опосредованно влияет на фотосинтез, далее происходит ослабление развития вегетативных и генеративных органов. Наблюдается депрессия (до 30...40%) в формировании размеров стебля, листа и метелки, сокращается количество колосков и зерен в метелке.

Как и в случае с засухой, необходимо вести направленную селекцию по адаптации фотосинтетического аппарата растений овса к кислотному стрессу, поскольку алюминий, находящийся в почвенном растворе при кислой реакции среды, оказывает значительное воздействие на его структуру и функции. Так флаговый лист, фотоассимиляты из которого в основном идут на формирование зерна, проявил в наших исследованиях (2011-2012 гг.) большую стресс устойчивость к алюмотоксичности естественно-кислых дерново-подзолистых почв, чем подфлаговый. Депрессия по содержанию С1 а в условиях стресса составила для флагового листа 17,8%, подфлагового – 41,7%; С1 b - 36,7% и 61,3%, каратиноидов – 7,7% и 33,9%, суммы С1 а + С1 b – 22,3% и 45,9% соответственно. В результате средняя по опыту депрессия зерновой продуктивности растений овса составила в условиях стресса 42,7% (рН 3,93, алюминий 12,60 мг/100 г почвы), а на ее формирование наибольшее влияние оказали содержание каратиноидов и соотношение Chl/Car в флаговом листе ($r=0,77$ и $r=0,80$ соответственно), содержание С1 а и С1 b во флаговом ($r=0,69$ и $r=0,78$) и подфлаговом листьях ($r=0,53$ и $r=0,78$). Депрессия по площади флагового листа составила в исследованиях 38,5-79,7% , под-

флагового 13,2-64,8% и суммарной площади листьев с растения 14,3-63,5%.

В Российской Федерации площадь кислых почв превышает 50 млн. га. Наряду с этим в последние 10-15 лет в ряде административных территорий Нечерноземья наметилась устойчивая тенденция увеличения площадей кислых почв, преимущественно в регионах, где ранее проводилось известкование на больших территориях, а в настоящее время основную долю удобрений составляют азотные. В результате недобирается около 20 млн. тонн зерна.

В настоящее время алюмоустойчивость растений рассматривается как сложная фитоэкологическая проблема, от решения которой зависит получение гарантированных урожаев на кислых почвах. Использование возможностей растений противодействовать алюминию в зоне корней позволило многим странам добиться значительных успехов в интенсификации сельскохозяйственного производства. Особый интерес для селекционеров представляет направленная передача кислотоустойчивости от родителей к гибридам. Однако недостаточность или фрагментарность информации о генетическом контроле устойчивости растений к стрессорам ограничивает возможности комбинационной селекции (Aniol, 1996). Работы по подбору устойчивых сортов зерновых культур в России начаты в середине 20-го века. С 1984 г. исследования по скринингу исходного материала и созданию сортов сельскохозяйственных культур устойчивых и толерантных к кислотности почвы и повышенному содержанию в них подвижных ионов алюминия (Al^{3+}) проводятся в НИ-ИСХ Северо-Востока, в т.ч. методами биотехнологии.

По результатам оценки селекционных форм овса (2010...2012 гг.), созданных с использованием каллусных культур в селективных системах *in vitro*, выделены перспективные линии 397h07 (Al_{40}^{3+} 7-02 E-

1643 x Borys) и 418h07 (Al₄₀³⁺ 27-02(Фрейя x Улов) x Кречет), полученные жёстким отбором в кислых селективных системах с алюминием. Линии сочетают высокую урожайность (7,1 т/га или на 1,0 т/га и 0,5 т/га выше показателей стандартов Аргамак и Улов соответственно) с толерантностью к почвенной кислотности, повреждению шведской мухой – гибели растений при повреждении (4,8%) не отмечено (0%) и корневыми гнилями, устойчивостью к поражению пыльной головней (0%). Наряду с этим линия 397h07 имеет высокое качество зерна (белок 13,41%, пленчатость 25,3%, масса 1000 зерен 40,3 г, натура 609 г/л) и сухого вещества - белок 15,28%, жир 2,51%, клетчатка 31,91%. Сбор сухого вещества составил 7,5 т/га. На селективных средах с осмотиком (ПЭГ 10%) получены линии 1h12o (Huongowase x Чиж) и 2h12o (Flokon x И-1599), которые обеспечили высокую урожайность (до 6,2 т/га) в условиях засухи 2010 г.

Добиться успеха в создании стресс устойчивых сортов овса традиционными методами достаточно сложно, а сам процесс требует длительного временного периода. Биотехнологии, основанные на селективных средах также недостаточно эффективны. Большая часть регенерантных генотипов выбраковываются, поскольку, выделенные в стрессовых условиях, они имеют низкую продуктивность в условиях близких к оптимальным, в частности на окультуренных почвах и в годы с достаточным увлажнением. Аналогичные результаты были получены нами при скрининге устойчивых к засухе генотипов в засушливике.

В связи с этим в селекции овса на устойчивость к засухе, почвенной кислотности и другим неблагоприятным факторам внешней среды целесообразно использование, наряду с традиционной селекцией, современных биотехнологий - генной инженерии и постгеномных технологий (маркер-

основная селекция). Они дают новый высокоэффективный инструмент преобразования культурных растений, ускоряют достижение желаемого эффекта по определенному признаку и являются самой быстро развивающейся биотехнологией на современном этапе.

Однако связывать успехи в повышении продуктивности посевов и стабилизации урожайности только с новейшими направлениями селекции было бы неверно, поскольку их развитие и успехи определяются успехами традиционной селекции, основанной на создании широкого генетического разнообразия путем гибридизации. Генная инженерия и маркер-основная селекция предполагают использование отселектированных по комплексу положительных признаков сортов со стабильным генотипом и высокой урожайностью, нуждающихся в улучшении, чаще всего, по одному признаку.

Как при использовании традиционных методов селекции, так генной инженерии и постгеномных технологий эффективность отбора ценного по комплексу признаков генотипа на заключительных этапах селекции определяется фоном для отбора. При этом, как было отмечено ранее, не всегда в стрессовых условиях удается выделить генотип с оптимальным сочетанием устойчивости к стрессу и продуктивности, поэтому в селекции на устойчивость к лимитирующим экологическим факторам необходимо сочетание благоприятных и провокационных (искусственных и естественных) фонов.

Успешный скрининг ценных генотипов возможен в системе экологического испытания, когда оценка и изучение селекционных линий осуществляется в различных климатических и почвенных условиях. При этом в качестве дополнения к принятой оценке сортов по показателям продуктивности и устойчивости к экологическим факторам используют методики, которые позво-

ляют определить пластичность и стабильность генотипа (Rossielle, Hamblin, 1981; Кильчевский, Хотылева, 1985; Гончаренко, 2005). Данные показатели характеризуют особенности адаптации сортов к условиям внешней среды и могут быть применены для их агроэкологического районирования. Наряду с этим они дают представление о достоинствах и недостатках генотипов, позволяют формировать направления селекционного процесса.

Литература

1. Баталова Г.А. Овес: технология возделывания и селекция. – Киров, 2000 - 206 с.
2. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. – М.: Колос, 1984.- 344 с.
3. Головки Т.К., Родина Н.А., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н. Ячмень на Севере (селекционно-генетические и физиолого-биохимические основы продуктивности). Екатеринбург: УрО РАН, 2004 - 156 с.
4. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49-53.
5. Ерошенко Ф.В. Особенности фотосинтетической деятельности сортов озимой пшеницы: монография. Ставрополь: Сервисшкола, 2006. 200 с.
6. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушкино, 1994. 148 с.
7. Иеронова В.В. Сравнительная характеристика образцов ячменя по листовой поверхности // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 165. СПб.: ВИР, 2009 - С. 117 - 119.
8. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение II. Числовой пример и обсуждение // Генетика. 1985. XXI. 9. С. 1491-1497.
9. Кумаков В.А. Потенциальная продуктивность и засухоустойчивость генотипов яровой пшеницы. В сб. Научное обеспечение развития с.-х. производства в засушливых зонах России. Часть II. М. 2000 - С. 32-36.
10. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы. Краснодар, 2005 - 224 с.
11. Aniol A. Aluminum uptake by roots of rye seedlings of differing tolerance to aluminum toxicity // Euphytica. - 1996. – V.92. – P.155-162.
12. Floss E.L. Breeding oat for aluminum tolerance / Proc. 7th Intern. Oat Conf. Agrifood Research Reports, 51. – 2004. – P.196.
13. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Sci. 1981. № 6. 21.

SOME ASPECTS OF RESISTANCE TO LIMITING FACTORS IN OATS BREEDING

G.A. Batalova

Northeast Research

Institute of Agriculture, Kirov

e-mail: g.batalova@mail.ru

Oats world production in 2012 made 21,5 million t, harvested areas under the crops for grain made 10,3 million of hectare. The leader among the countries growers of oats is Russia - 4,03 million t of grain. Variation of volumes of output and productivity of oats in the Russian Federation are defined by series of limiting ecological factors (drought, soil acidity) and absence in sowings of varieties resistant against stresses that defines the basic directions of breeding of oats.

Key words: oats, resistance, breeding, variety, drought, acidity of soils, productivity.