

**ПРОБЛЕМЫ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
В АСПЕКТЕ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА
PROBLEMS OF DROUGHT RESISTANCE OF PLANTS
IN ASPECT OF SELECTION OF PEAS**

Н.Е. Новикова

N.E. Novikova

**ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»
Orel State Agrarian University**

Показаны различия по водному обмену, развитию корневой системы, антиоксидантной защите у листочковых и усатых генотипов гороха. Предложены пути повышения адаптивного потенциала растений усатого морфотипа.

Ключевые слова: засухоустойчивость, горох, сорт, морфотип.

По данным мониторинга современного климата в России в последние годы тенденция к потеплению значительно усилилась. Только за период 1990–2000 гг. средняя температура воздуха возросла на 0,4°C, тогда как за все предыдущее столетие прирост составил 1.0 С (1). При сохранении наметившихся тенденций, существенно изменяются агроклиматические условия возделывания с.х. культур. С одной стороны, улучшение теплообеспеченности (увеличение суммы положительных температур) и увеличение продолжительности вегетационного периода позволяют расширять площади посевов позднеспелых урожайных культур. Примером может служить интродукция сои в северную часть Центрально-Черноземного региона. С другой стороны, потепление климата сопровождается ростом засушливости и повышением вероятности экстремальных гидрометеорологических ситуаций, как наблюдавшаяся в 2010 году острая засуха.

В этих условиях вопросы засухоустойчивости отдельных видов и сортов сельскохозяйственных растений приобретают первостепенное значение. Как правило, высокоурожайные сорта интенсивного типа проявляют свои преимущества при

Distinctions on a water metabolism, rootage development, antioksidant protection at semi-leafless and tendrilled genotypes of peas were shown. Methods of raise of an adaptable potential of plants of tendrilled morphotype were offered.

Key words: drought resistance, peas, variety, morphotype.

благоприятных погодных условиях на фоне больших доз удобрений и хорошей влагообеспеченности, но по мере повышения урожайности сортов одновременно растет уровень их экологической зависимости (2,3).

Можно сказать, что величина урожая является результатом компромисса между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Причина в том, что значительная продуктивность основана на высокой интенсивности синтетических процессов, а высокая стрессовая устойчивость, напротив, отрицательно связана с интенсивностью этих процессов. Эти две стороны вопроса принципиально не поддаются сочетанию в одном генотипе (4). Чем больше энергетических ресурсов растение тратит на формирование урожая, тем меньше их остается на поддержание экологической устойчивости. Не случайно растения и их органы наиболее устойчивы к стрессовым воздействиям в состоянии покоя, когда обмен веществ у них протекает крайне медленно.

Зернобобовые культуры по степени засухоустойчивости разделены на три группы (5,6). К наиболее устойчивым к засухе отнесены нут, чина, мелкосемянная французская чечевица,

донник, желтая люцерна; к среднеустойчивым – крупносемянная чечевица, фасоль, вика, люцерна синяя; к слабоустойчивым – горох, соя, бобы, маш.

Сорта одного и того же вида также обнаруживают различия по устойчивости (7,8). Причем, чем обширнее ареал, занимаемый видом, тем, как правило, больше амплитуда различий между сортами этого вида по степени устойчивости к стрессам. У гороха из восемнадцати агроэкологических групп наиболее устойчивы к засухе 5: закавказская, индийская, атласская, анатолийская и сибирская, при этом наивысшей засухоустойчивостью отличается закавказская (9).

Адаптация растений к стрессам представляет собой сложный комплекс процессов, координируемых системой саморегуляции организма. Чем выше уровень организации (клетка, организм, популяция), тем большее число механизмов одновременно участвует в адаптации растений к стрессам (4). Характер ответной реакции растений на водный стресс, так же как и степень повреждения, определяется всем комплексом факторов: скоростью, глубиной и продолжительностью обезвоживания, типом засухи, физиологическим состоянием, биологическими особенностями растений и другими. Не существует универсальной физиологической реакции для всех возможных случаев водного дефицита.

Вопросы экологической устойчивости особенно важны для эволюционно молодых мутантных форм растений, которые не подвергались отбору на устойчивость к стрессам, как подвергались ему в ходе эволюции традиционные формы. Известно, что системы выживания, сформированные в ходе эволюции, являются наиболее надежными.

История одомашнивания и улучшения растений, повышения пригодности для выращивания по интенсивным технологиям была связана с использованием генных мутаций, и в настоящее время большая часть возделываемых сортов имеет один или несколько мутантных признаков. На широком использовании генных мутаций базируется в настоящее время и селекция гороха. Получены и включены в Государственный реестр селекционных достижений сорта

низкостебельные, усатого (безлисточкового) морфотипа, неосыпающиеся, детерминантные, с ярусной гетерофиллией (10). Создание сортов усатого морфотипа стало решающим для повышения технологичности выращивания гороха, который в силу своего происхождения был недостаточно приспособлен для произрастания в чистых посевах.

Результаты исследований показывают, что даже обычные листочковые сорта гороха довольно значительно варьируют по урожайности в разные по погодным условиям годы. По данным П.М.Чекрыгина (11), за продолжительный период наблюдений (с 1946 по 1999 год) в конкурсном сортоиспытании Института растениеводства им В.Я. Юрьева УААН только 8 лет из 53 в условиях Восточной лесостепи Украины были вполне благоприятны. В эти годы урожайность гороха превысила 4 т/га. В то же время, почти в каждый второй год урожайность его составляла менее 2 т/га. Депрессия урожайности была наиболее сильной в засушливые годы.

Отставание в области селекции засухоустойчивых зерновых бобовых культур объясняется не разработанностью генетики наследования признаков засухоустойчивости, недостаточно полной оценкой мировой коллекции и отсутствием доноров тех или иных признаков устойчивости. Оно определяется также сложностью совмещения в сорте высокой продуктивности и засухоустойчивости, предполагающего одновременно сочетание устойчивости растений к дефициту влаги с их влагоотзывчивостью (12).

Признавая положительное значение ряда рецессивных признаков в повышении пригодности сортов для выращивания по интенсивным технологиям, высказывается мнение, что они понижают потенциал продуктивности и реальную урожайность при неблагоприятных погодных условиях (13,14). Наши многолетние исследования также показали, что в Центрально-Черноземном регионе России безлисточковые сорта гороха более значительно варьируют по урожайности в разные по погодным условиям годы. За 9 лет исследований максимальная урожайность превышала минимальную у безлисточковых сортов

Норд и Орлус в 4.8–6.4 раза, а у листочковых сортов Орловчанин и Труженик – в 3.1–3.4 раза. Наибольшее понижение продуктивности отмечалось в годы с жаркой засушливой погодой.

Другие исследователи считают, что по уровню гомеостаза лучшие усатые сорта не уступают листочковым и имеют перед ними преимущество по урожайности в разные по погодным условиям годы (15,16).

В этой дискуссии многие исследователи опираются, в основном, на данные по урожайности генотипов в различающихся агроэкологических условиях. Но для аргументации мнений необходимо привлечение результатов физиологических исследований, а именно анализ влияния изменения формы листа на основные физиологические функции растений, от которых зависит способность их формировать урожай и противостоять абиотическим стрессам.

Не подвергается сомнению положение о том, что лист играет главную роль в процессах фотосинтеза, транспирации, в сенсорных реакциях растений. В ходе многовековой эволюции он сформировал, очевидно, оптимальную структуру для выполнения этих функций. Поэтому генетически обусловленное вмешательство влечет изменение функционального состояния листа и целого растения.

Устойчивость растений к дефициту влаги и перегреву обеспечивается комплексом анатомических и физиолого-биохимических механизмов. Водный режим растений является ведущим в формировании устойчивости растений к засухе. По нашим многолетним данным, видоизменение листочков в усики сопровождается целым рядом изменений в водном обмене листа. По морфологии усики приближены к осевым органам (стеблям, черешкам листа), значительную часть которых занимает насыщенная легко подвижной водой проводящая система. Это оказывает влияние на водный режим листа и растения в целом. Нами установлено (17,18), что усики, по сравнению с листочками, имеют:

- более высокий водный потенциал;
- пониженное содержание связанной воды;
- повышенный остаточный водный дефицит;

- пониженную водоудерживающую способность в репродуктивный период;
- меньшее количество устьиц;
- пониженную интенсивность транспирации.

В опытах водный потенциал листочков составлял -1.2 МПа, а водный потенциал усиков - 0.8 МПа. При воздействии гипертонического раствора с осмотическим давлением 15.3 МПа из тканей усиков извлекалось в зависимости от сорта от 52 до 64 % воды от общего содержания, а из тканей листочков – 44–50%. В среднем, доля связанной воды в общем ее фонде в листочках была на 11% выше, чем в усиках. Высокая подвижность воды в усиках обуславливала более значительные водоотдачу в условиях обезвоживания и остаточный водный дефицит.

Растения гороха листочкового морфотипа, благодаря большому количеству прочно связанной воды и меньшей ее активности, способны более эффективно поддерживать гомеостатичность водного обмена и функциональную способность листьев. Это дает им преимущество перед растениями с усатым типом листа в условиях водного стресса. В ходе вынужденного увядания усики за шесть часов утрачивали в среднем на 9% больше воды, чем листочки.

От морфологического типа листа зависит интенсивность транспирации. Ее значение у усиков было в среднем в 2.5 раза ниже, чем у обычных листочков и коррелировало с меньшей в 1.9–3.5 раза плотностью устьиц на эпидерме усиков. По этому показателю они приравнивались к стеблям. С одной стороны, небольшое количество устьиц и пониженная интенсивность транспирации содействуют более экономному расходованию растениями воды при ее дефиците. С другой стороны, интенсивность транспирации положительно коррелирует со скоростью роста растений и накоплением биомассы. Активная транспирация также обеспечивает защиту растений от перегрева путем поддержания относительной стабильности температуры листа и может служить одним из показателей жаростойкости сорта.

Рост листьев и корней у растений коррелятивно взаимосвязаны, их количественные

параметры регулируются на трофическом уровне. Установлена тесная сопряженность размеров деятельной поглощающей поверхности корней и площади листовой поверхности у сортов гороха ($r=0,78-0,98$). В соответствии с этим, уменьшение площади листьев у усатых сортов вызывает ослабление мощности их корневой системы. Уменьшение массы и объема корней составляло 10–28%; площади общей и деятельной поглощающей поверхности 13–35%; протяженности корней – 16–40% (19).

В то же время, корневая система безлисточковых сортов характеризуется высокой поглотительной способностью в отношении основных элементов питания. Так, у усатого сорта Орлус на 1 кв. м деятельной поверхности корня приходилось в 1,5 и 1,6 раза больше поглощенного азота и фосфора, чем у листочкового сорта Орловчанин. Это свидетельствует о более значительной функциональной нагрузке на корневую систему усатых сортов. В благоприятных условиях она может в полной мере обеспечить надземные органы необходимыми для роста и формирования урожая элементами минерального питания, но в условиях засухи уязвимость растений может расти.

К неспецифическим механизмам устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды относится антиоксидантная система защиты. Ее роль заключается в нейтрализации активных форм кислорода (супероксид-радикала, гидроксил-радикала, перекисей), которые во время стрессового воздействия, в том числе под влиянием почвенной засухи и высокой температуры, накапливаются в клетках в избыточных количествах. Это приводит к окислительным повреждениям жизненно важных структур клетки и нарушениям физиолого-биохимических процессов.

Система защиты клетки от окислительных повреждений включает ферментативный и не ферментативный компоненты. К не ферментативным антиоксидантам относятся пролин, глутатион, каротиноиды, аскорбиновая кислота, токоферол и другие низкомолекулярные органические соединения, связывающие агрессивные формы кислорода. Наиболее значимые ферменты

этой системы – супероксиддисмутаза, пероксидаза, каталаза. Устойчивые генотипы растений характеризуются, как правило, более высокой эффективностью антиоксидантных систем.

Наши исследования показали наличие существенных различий в антиоксидантной системе усиков и листочков. По средним за три года данным, в зависимости от сорта, усики уступали листочкам по активности пероксидазы и каталазы в 1,1–1,6 раза; по содержанию аскорбиновой кислоты в 1,1–2,1 раза; каротиноидов – в 1,3 раза (20).

Условия острой засухи 2010 года индуцировали увеличение активности каталазы и пероксидазы, при этом самой высокой активностью каталазы отличались листочковые сорта Темп и Орловчанин; по активности пероксидазы выделились Орловчанин и усатый сорт Фараон.

Несмотря на ряд негативных последствий для экологической устойчивости, к которым привела интродукция гена признака «усатый лист», этот морфотип в настоящее время занимает главенствующее положение в спектре возделываемых сортов, поскольку имеет главное преимущество – устойчивость к полеганию. За последние пять лет (2008-2012 гг.) в Государственный реестр селекционных достижений включены 24 сорта гороха посевного, из них 19 сортов усатого типа (10).

В этой связи усилия должны быть направлены на поиск путей повышения экологической устойчивости усатых сортов. Возможность улучшения определяется наличием вариабельности у безлисточковых генотипов по ряду физиологических признаков, связанных с устойчивостью к неблагоприятным гидротермическим условиям. Так, по нашим данным линия УСП-393 в условиях экстремальной засухи 2010 года сформировала урожайность на уровне листочкового сорта Орловчанин и превзошла сорт Темп. Усики этой линии выделялись высоким содержанием каротиноидов (на уровне листочковых сортов), меньшим остаточным водным дефицитом, а растения – высокой водоудерживающей способностью (18,20). Самой высокой устойчивостью к обезвоживанию в группе усатых сортов отличался Фараон (18). В

засушливых условиях 2008 и 2010 годов он характеризовался также высокой активностью каталазы. В этой связи, необходим скрининг коллекции по признакам засухоустойчивости и вовлечение в селекционный процесс выделившихся форм. Имеет также значение увеличение листовой поверхности за счет укрупнения прилистников и прицветничков. Это будет содействовать лучшему формированию корневой системы, более благоприятному водному режиму, более стабильной работе фотосинтетического аппарата в изменяющихся условиях внешней среды.

Для усатых сортов еще большее значение, чем для листочковых, имеют агротехнологии, направленные на усиление формирования и повышение функциональной активности фотосинтетического аппарата и корневой системы. Большую роль в этой связи могут играть регуляторы роста и биологически активные вещества.

В то же время, нельзя считать оправданным отсутствие должного внимания в селекционных программах к созданию листочковых сортов гороха, которые обладают эволюционно сформированным более высоким потенциалом экологической устойчивости и урожайности.

Литература

1. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. Росгидромет. – М., 2005. – 28 с.
2. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – №1. – С. 66–74.
3. Гончаренко А.А. Об экологической пластичности и стабильности урожайности сортов зерновых культур // Пути повышения устойчивости сельскохозяйственного производства в современных условиях. Мат. Всерос. научно-практ. конф. (г. Орел, 13–15 июля 2005 г.) – Орел, 2005. – С. 46–56.
4. Удовенко Г.В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам // Физиологические основы селекции растений. – С-Пб., 1995. – Т.2., – ч.2., – С. 293–352.
5. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы засухоустойчивых сортов // Докл. Всес.конф. по борьбе с засухой. – М., 1931. – Бюл. 2.
6. Будин К. Ресурсы засухоустойчивости растений и сортов // Бюлл. ВИР, 1973. – В. 31. – С. 3–9.
7. Долгополова Л.Н. Оценка коллекции гороха на засухоустойчивость // Научно-технический бюллетень ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. – 1987. – С. 17–18.
8. Зеленов А.Н., Долгополова Л.Н., Измаков В.И. Физиологические основы селекции зернобобовых культур на засухоустойчивость // Сб. науч. трудов ВНИИЗБК «Устойчивость зернобобовых и крупяных культур к неблагоприятным факторам среды и пути ее повышения». – Орел, 1982. – С.4–16.
9. Говоров Л.И. Горох // Культурная флора СССР. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1937. –Т.4. – С. 257–277.
10. www.gossort.com.
11. Чекрыгин П.М. Направления и методы селекции гороха в условиях восточной лесостепи Украины // Мат. конф. посв. возрождению Шатиловской с.х. опытной станции (г. Орел, 12–14 июня 2000 г.) – М.: ЭкоНива, 2001. – С. 166–169.
12. Чекалин Н.М. и др. Селекция зернобобовых культур. – М: Колос, 1981. – 336 с.
13. Хангильдин В.В. Селекционная ценность форм гороха с новыми типами листа // Научно-технический бюллетень ВСГИ. – 1982. – №4 (46) – С. 36–39.
14. Вербицкий Н.М., Ольховатов П.М., Чмых Н.И. О продуктивности обычных и мутантных форм гороха // Вестник РАСХН. – 1998. – №1. – С. 52–53.
15. Кондыков И.В., Кондыкова Н.Н. Значение ростовых мутаций в прогрессе селекции гороха // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Поволжья и сопредельных регионов / Мат. научно-практ. конф., посвященной 100-летию Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства (г. Пенза, 30 июня–3 июля 2009 г.) – Пенза, 2009. – С. 98–106.
16. Лысенко А.А. Сравнительная продуктивность сортов гороха различных морфотипов и создание на их основе нового селекционного материала. Автореф. дис. канд. с.х. наук. – Зеленоград, 2011.
17. Новикова Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – №5. – С.73–77.
18. Новикова Н.Е. Фенин Д.М. Влияние морфотипа листа у гороха на показатели водного обмена, определяющие устойчивость растений к засухе // Вестник ОрелГАУ. – 2011. – №3 – С.13–16.

19. Новикова Н.Е. Особенности развития корневой системы у различных генотипов гороха // Научные основы создания моделей агроэкоципов сортов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России. – Орел: Орелиздат, 1997– С.73–78.

20. Новикова Н.Е., Зотиков В.И., Фенин Д.М. Механизмы антиоксидантной защиты при адаптации генотипов гороха (*Pisum sativum* L.) к неблагоприятным абиотическим факторам среды // Вестник ОрелГАУ.– 2011.– № 2. – С.5–8 2.

УДК 633.12:631.12

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH ВО ВНИИЗБК

CURRENT DIRECTIONS AND METHODS OF BREEDING OF BUCKWHEAT *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH AT VNIIZBK (THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS)

**А.Н. Фесенко, Г.Е. Мартыненко, Н.В. Фесенко,
О.А. Шипулин, О.В. Бирюкова**

A.N. Fesenko., G.E. Martynenko, N.V. Fesenko,
O.A.Shipulin, O.V. Birjukova

ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур

State Scientific Institution the All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops

Дан краткий обзор теоретических исследований, проведенных в лаборатории селекции гречихи ВНИИЗБК и разработанных на их основе методов селекции. Основным направлением селекционной работы в настоящее время является создание детерминантных сортов.

Ключевые слова: *Fagopyrum esculentum*, селекция, морфотипы, мутации, адаптация, детерминантные сорта.

Short review of theoretical researches performed at the laboratory of buckwheat breeding at VNIIZBK and of methods of breeding developed on their basis was described. Basic direction of breeding work now is development of determinant varieties.

Key words: *Fagopyrum esculentum*, breeding, morphotypes, mutations, adaptation, determinant varieties.

Теоретической основой селекции гречихи во ВНИИЗБК является эволюционно-генетическая концепция селекции, основывающаяся на использовании мутаций с положительным эволюционным статусом (отношением к ним естественного отбора): аллели, «подхваченные» естественным отбором, являются наиболее перспективным исходным генофондом для создания сортов нового, эволюционно прогрессивного поколения [1].

Избыточность ростовых процессов, свойственная растениям гречихи *Fagopyrum esculentum* Moench., обусловлена спецификой адаптивной стратегии вида и является его конститутивным признаком [2]. Все остальные

биологические и морфологические особенности растений так или иначе служат его обеспечению [3]. Ведущая роль в этом принадлежит специфике реакций донорно-акцепторных отношений, направленной на обеспечение ассимилятами вегетативного и репродуктивного роста: в стрессовых условиях ассимиляты, предназначенные для налива семян, оттекают к зонам роста, что обуславливает характерное для гречихи массовое отмирание завязей. В условиях современного земледелия, когда урожайность культуры в моновидовых посевах обеспечивается не высокой конкурентоспособностью, а напротив, толерантностью к загущению, это обусловило слабую реакцию гречихи на приемы культурного