

АДАПТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ РАСТЕНИЙ ГОРОХА И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛЕКЦИИ (Обзорная статья)

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук
Е.И. ЧЕКАЛИН, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.В. ПАРАХИНА»

*Научная статья посвящена анализу результатов собственных многолетних исследований и других ученых по проблеме научно-методического обеспечения селекции зернового гороха на адаптивность. Показано, что за последние 50-60 лет искусственного отбора урожайность белоцветковых сортов культуры увеличилась до 4,5 т/га, а окрашенноцветковых (пелюшка) до 3,4 т/га. Вклад сорта в формирование урожая стал составлять 60%. При этом устойчивость сортов к экстремальным факторам погоды не улучшилась. Они по-прежнему сильно угнетаются при избыточном увлажнении и, особенно, в засуху, что во многом связано с морфофизиологическими особенностями развития корневой системы. У пелюшек важную роль в повышении устойчивости растений к абиотическим стрессорам играет пигментный состав – содержание каротиноидов и антоциана. Современные сорта гороха зернового использования имеют относительно низкую устойчивость и к биотическим воздействиям. Они в сильной степени повреждаются клубеньковыми долгоносиками, гороховой тлей, плодовой жоржкой, брuxусом и семенной инфекцией – бактериями, грибами *Alternaria*, *Aspergillus* и *Rhizopus*. При этом пелюшки характеризуются повышенной устойчивостью к некоторым из этих вредителей, что обусловлено, в частности, накоплением большого количества белков ингибиторов ферментов трипсина и химотрипсина, по сравнению с обычным горохом. Особенно значимые преимущества пелюшек перед белоцветковыми сортами выявлены по устойчивости к семенной инфекции. Одна из причин – формирование более толстой и массивной семенной оболочки (в среднем на 25%) и проявление большей активности белков-ингибиторов полигалактуроназы (в среднем на 23%). Заключено, что у данной культуры назрела необходимость перехода селекции к нетрадиционным способам отбора. Наряду с обычными признаками, рекомендуется использовать показатели фотосинтетической деятельности растений, ответственные за формирование биоэнергетического потенциала растений, который у гороха посевного в ходе искусственного отбора не увеличивается, а фактически остается на достигнутом в ходе эволюции уровне.*

Ключевые слова: горох посевной, селекция, физиология, устойчивость, адаптивность.

В результате селекции урожайность сельскохозяйственных культур увеличилась в 3-5 и более раз, но при этом устойчивость к стрессовым факторам среды существенно ослабла (Молчан И.М., Ильина Л.Г., Кубарев П.И., 1996). Поэтому, стоит задача по созданию сортов, адаптивных к меняющимся условиям возделывания (Жученко А.А., 1994; 1999; Ort D. et al, 2015).

Аналогичная проблема отмечается и у культуры гороха. В ходе многолетних исследований, начатых нами еще в 1983 году, показано, что в результате селекции урожайность гороха на зерновые цели за последние 50-60 лет увеличилась до 3,0-4,5 т/га, а отдельные сорта при благоприятных погодных и агротехнических условиях могут формировать массу семян на единицу площади свыше 6,0 т/га. Вклад сорта в формирование урожая достиг 60% [1].

Однако устойчивость современных сортов культуры к экстремальным погодным условиям существенно не изменилась, и они по-прежнему сильно угнетаются при избыточном увлажнении и, особенно, в засуху. В годы вегетации с высокой температурой воздуха и дефицитом влаги недобор урожая семян с растения составлял у них в среднем 62,2%, по сравнению с типичными погодными условиями для зоны. В целом, это было близко к норме реакции примитивных форм (снижение составляло в среднем 64%) и существенно превышало ее у стародавних сортов – в среднем на 7% (табл.).

Таблица

Семенная продуктивность сортообразцов *P. sativum* L. в зависимости от погодных условий произрастания

Сорт, образец	Масса семян (г/раст.) в погодных условиях:				
	засушливых	переувлажненных	типичных для зоны	в среднем за 8 лет	интервал вариации по годам, в % от среднеемноголет.
Местные сортопопуляции и дикорастущие формы (примитивные)					
к-2376	0,17	0,58	1,63	1,41	12-212
к-1947	0,98	0,71	2,01	1,99	36-229
к-2521	0,74	1,20	2,14	2,02	37-184
к-2759	0,84	1,40	2,22	2,17	39-224
к-5260	0,97	1,41	2,34	2,29	42-210
среднее	0,74	1,06	2,07	1,98	33-212
Сорта селекции 1930-1940 гг. (стародавние)					
Капитал	1,26	1,06	2,67	2,42	44-184
Торсдаг	1,35	1,00	3,15	2,93	34-168
среднее	1,31	1,03	2,91	2,68	39-176
Сорта селекции 1980-1990 гг. (более современные)					
Орловчанин	1,30	2,17	3,80	3,54	37-171
Смарагд	1,40	1,88	3,94	3,32	42-158
Труженик	1,69	2,81	3,85	3,31	50-127
среднее	1,46	2,29	3,86	3,39	43-152
НСР05	0,07	0,06	0,11		

Согласно результатам лабораторных опытов, более современные морфогенотипы гороха в своем большинстве не имеют значимых преимуществ перед менее отселектированными формами по способности семян прорасти на осмотических растворах сахарозы и во многих случаях им уступают. Среди примитивных образцов значительно чаще встречаются генотипы с относительно высокой активностью семян поглощать труднодоступную воду из окружающей среды при прорастании и, соответственно, противостоять воздействию почвенной засухи на ранних этапах развития (рис. 1).

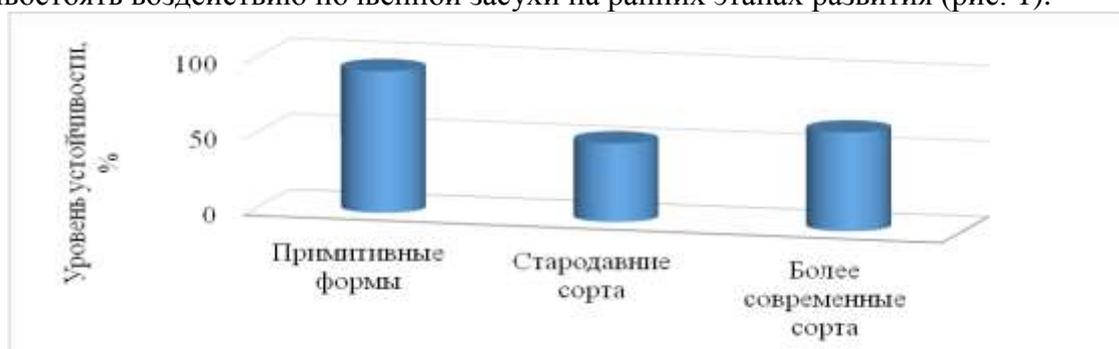


Рис. 1. Способность семян прорасти на растворе сахарозы у разных по окультуренности сортообразцов гороха, по данным лабораторных 2-х серийных опытов

По экспериментальным данным других исследователей, исходные сорта – популяции, дикорастущие виды и подвиды гороха не только более устойчивы к засухе, высокой температуре, но и менее требовательны к влаге, чем культурные формы (Дрозд А.М., 1976).

Во многом схожие тенденции проявляются и в селекции окрашенноцветкового гороха. По экспериментальным данным, за последние 70-80 лет урожайность семян пелюшки в результате селекции увеличилась в среднем на 26% и стала составлять в среднем 3,38 т/га, но при этом ее вариабельность по годам приобрела выраженную тенденцию к усилению. В зависимости от погодных условий вегетации растений, ее величина в годы исследований изменялась: у пелюшек 1920-1950-х годов в диапазоне от 2,15 до 3,32 т/га; 1970-80-х годов – 2,16...3,36 т/га, а у современных – от 1,77 до 4,31 т/га [2].

Тем не менее, реакция современных зерновых сортов на экстремальные погодные условия, пока, менее выражена, по сравнению с белоцветковыми представителями. В 2007 году, из-за засушливой погоды во время вегетации растений, (гидротермический коэффициент составлял 0,59) интенсивность накопления ими сухой массы была снижена в среднем в 2,2 раза, у белоцветковых сортов – в 3,1 раза, по сравнению с 2006 (ГТК был равен 1,39) и 2008 (ГТК был равен 1,30) годами, когда отмечалось достаточное увлажнение. В засушливом 2007 году сухая масса надземных органов у окрашенноцветковых сортов была в среднем на 2,4%, а урожайность семян на 10,8% больше, по сравнению с белоцветковыми современными представителями (рис. 2).

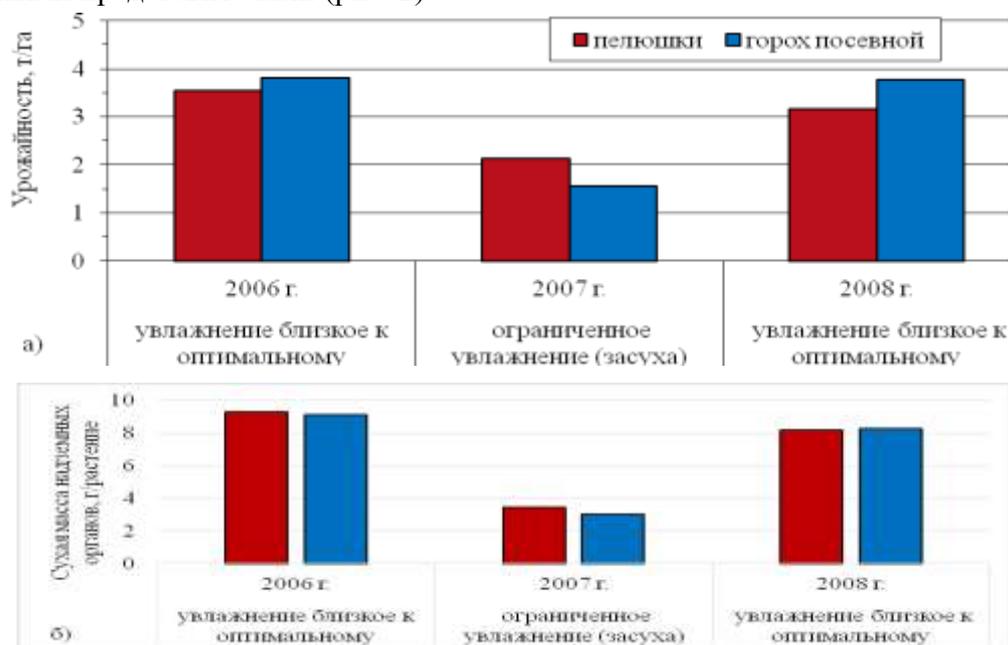


Рис. 2. Влияние погодных условий года вегетации на урожайность семян (а) и сухой массы надземных органов растений (б) у современных бело- и окрашенноцветковых сортов гороха

Известно, что устойчивость растений к абиотическим стрессам во многом обусловлена развитием корневой системы, в силу того, что она выполняет целый ряд важных и незаменимых функций в жизнедеятельности растений, оказывая существенное влияние на формирование ими продуктивности (Ротмистров В.Г., 1939; Максимов Н.А., 1952; Epstein E., 1972; Устименко А.С. и др., 1975; Климашевский Э.Л., 1974, 1986, 1990; Алехина Н.Д., Харитонашвили Е.В., 2007; Кошкин Е.И., 2010). Поэтому, знания о генотипических закономерностях формирования и функционирования корневой системы культурных растений имеют исключительно важное значение для селекции.

Лабораторными, вегетационными и полевыми опытами установлено, что по протяженности главного корня многие современные сорта гороха в период вегетативного роста, особенно на начальных этапах развития, существенно не уступают примитивным формам и стародавним сортам (рис. 3).

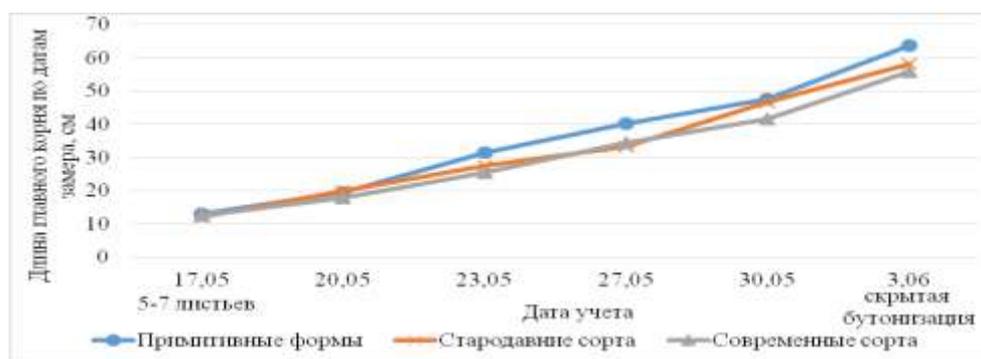


Рис. 3. Динамика линейного роста корней у сортообразцов гороха с различной степенью окультуренности. Вегетационный опыт с использованием ящиков Ротмистрова

По данным Н.М. Вербицкого (1992), у сортов гороха с фазы скрытой бутонизации начинает отмечаться определенный спад активного линейного роста корня, а во время массового цветения его интенсивность резко ослабевает и в последующем значимо не проявляется.

Однако, по сухой массе корней современные сорта гороха существенно превосходят примитивные формы: на 8 сутки после прорастания семян – в среднем на 44%; а в фазу 6-7 настоящих листьев – на 42% (вегетационный опыт) и 22% (полевой опыт). Причем, достоверное преимущество над примитивными формами имели по данному показателю и стародавние сорта, районированные в Центральных областях России 70 лет назад [3].

Накопление большей сухой массы корней при одинаковой (на начальных этапах развития) или меньшей их длине (в генеративный период) в сравнении с примитивными формами дает основание предположить, что при создании сортов гороха для широкого возделывания в производстве уже на первых этапах селекции отбирались формы с более развитой корневой системой, ориентированной преимущественно на плодородный слой почвы, по мере улучшения которого эта тенденция в селекции все больше усиливалась и очевидно сохраняется до сих пор. По данным вегетационных опытов Н.Е. Новиковой [4], листочковый сорт гороха Орловчанин, являющийся одним из лучших сортов селекции 90-х годов прошедшего столетия, по объему, общей и деятельной адсорбирующей поверхности корней на одно растение превосходит более старый сорт Труженик в среднем на 23, 20 и 26%, а стародавние сорта Капитал и Торсдаг – на 31, 30 и 28%, соответственно. Хотя целенаправленного отбора в этом направлении не проводилось, тем не менее, такой результат, по-видимому, был неизбежен, ибо только сорта с хорошо развитой корневой системой в верхних слоях почвы, наиболее эффективно могли использовать факторы нарастающего прогресса интенсивного земледелия, заявившего о себе в 50-е годы прошедшего столетия.

В настоящее время возможности улучшения агроценотических свойств сортов культуры за счет селекционного совершенствования корневой системы далеко не исчерпаны. Косвенным подтверждением этому является тот факт, что растения современных сортов гороха в отличие от примитивных форм меньше всего (от 10 до 25%) снижают продуктивность в агрофитоценозе по причине недостаточной устойчивости к полеганию и более всего (в среднем на 51%) – из-за ограничения площади питания (Амелин А.В., 1999).

По-видимому, в результате селекции в посевах гороха конкуренция растений за свет и углекислый газ существенно ослабевает – в силу повышения у сортов устойчивости к полеганию, улучшения аэродинамической, светопропускной и светопоглощающей способности агроценопопуляций [5], а за основные жизнеобеспечивающие факторы почвы (элементы минерального питания, воду и кислород) усиливается, в частности, по причине выраженной тенденции снижения поглотительной активности корней при возросшей потребности в элементах питания для формирования высокого урожая за более короткий вегетационный период. Установлено, что среднесуточная интенсивность поглощения

корнями ионов почвы у сортов гороха селекции 1980-1990-х годов в 2,4...2,7 и 1,7 раза ниже, по сравнению с примитивными формами, местными сорто-популяциями и стародавними сортами, соответственно. Проростки более современных сортов характеризуются не только низкой, но и непродолжительной, в условиях эксперимента, ионно-обменной активностью, значение которой через 24 часа после погружения корней в опытную среду было снижено у них на 77%, тогда как у стародавних – на 68%, а у местных сортопопуляций и дикорастущих форм – всего лишь на 40 и 49%. Тем не менее, величина изменения рН опытной среды всей массой корней у исследованных сортообразцов по существу была одного уровня [3].

То есть, прогресс селекции культуры достигается в основном за счет экстенсивного пути совершенствования корневой системы – более мощное ее развитие в верхней части позволяет вступать в контакт с большими объемами плодородных слоев почвы и поглощать таким образом необходимое количество, содержащихся в ней элементов питания даже при низкой ионно-обменной активности, учитывая к тому же, что основные элементы минерального питания (N, P, K) содержатся в окультуренной почве, преимущественно в легко доступной для растений форме. Поэтому, в целях дальнейшего повышения агроэкологической эффективности сортов гороха на зерновые цели важно средствами селекции активизировать у них поглотительную способность корневой системы, а приемами технологии максимально оптимизировать условия ее деятельности, учитывая в обоих случаях возможность улучшения азотфиксирующей способности [6].

Устойчивость растений к дефициту влаги и перегреву в значительной мере зависит и от антиоксидантной системы растений, задача которой нейтрализовать активные формы кислорода, образующиеся при воздействии стрессора (Мерзляк М.Н., 1999; Карташов А.В. и др., 2008; Ясар Ф. Элиальтиглу С., Ильдис К., 2008). Новикова Н.Е. с сотрудниками [7], изучая сортовые особенности по содержанию антиоксидантов в листьях растений гороха, пришла к заключению, что по содержанию каталазы, пероксидазы и аскорбиновой кислоты современные безлисточковые пелюшки не уступают белоцветковым сортам подобного морфотипа, а низкое содержание аскорбиновой кислоты в их семенах возможно компенсируется наличием антоцианов в семенной оболочке.

По данным других исследователей, в защитных механизмах клеток существенную роль могут играть пигменты растений (Demming-Adams B., Winter K., Krüger A., 1989; Frank H.A., Cua A., Chynwat V. et al., 1994). У гороха наиболее изученными пигментами, участвующими в защитных механизмах клеток растений, являются каротиноиды и антоциан (Макашева Р.Х., 1979).

Нами установлено, что больше всего каротиноидов синтезируется в листочках и прилистниках, и меньше всего в усиках растений гороха. В последних содержание пигмента отмечалось меньше, чем в листочках в среднем на 37%, а в прилистниках – на 30% [8].

Образование каротиноидов у растений гороха более активно протекает на ранних этапах развития, достигая максимума в фазу 7-8 настоящих листьев, а с началом генеративного развития быстро снижается, что особенно проявляется у прилистников и усиков. В фазу плоского боба содержание пигмента в листочках, усиках и прилистниках растений было в среднем на 42% меньше, по сравнению с фазой 7-8 листьев. Но именно с данным пигментом отмечалось наиболее высокое сопряжение активности реакций световой фазы фотосинтеза (фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла – ФТФХ) (рис. 4).

Интервал генотипического варьирования значений признака в годы исследования составлял 1,32-5,01 мг/г сухого вещества в листочках и 1,53-4,55 мг/г сухого вещества в прилистниках.

По литературным сведениям, каротиноиды присутствуют у всех фотосинтезирующих организмов, где выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза: антенную – дополнительные пигменты в процессе поглощения солнечной энергии; защитную – тушители триплетного хлорофилла и синглетного кислорода; фотопротекторную – предохраняют реакционный центр от мощных потоков энергии при высоких интенсивностях

света и стабилизируют липидную фазу тилакоидных мембран, защищая ее от окисления (Алехина Н.Д., 2007).

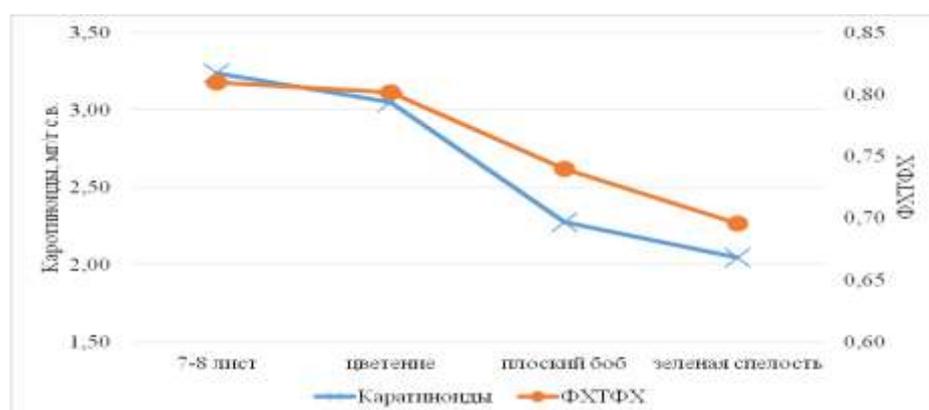


Рис. 4. Динамика каротиноидов и фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (ФТФХ) в прилистниках растений пелюшки

Что касается антоциана, то в основном он локализован в пазухах прилистников растений и его содержание составляло в годы исследований в среднем 19,69 мг на грамм сухого вещества, что в 6 раз больше, по сравнению с каротиноидами, и в 2,3 раза – с хлорофиллом «а + в». В отличие от каротиноидов, его образование активно проявлялось в период «цветение – плоский боб» и во многом совпадало с динамикой хлорофилла (рис. 5).

С.А. Родиков (2012) в своих исследованиях показал, что антоциан отличается большей стабильностью к облучению, чем хлорофилл. Предполагается, что данный пигмент выполняет защитную функцию против болезней, индуцированных светом. Кроме того, он может действовать как эффективная внутренняя ловушка света, дополняющая низкую абсорбцию хлорофилла в зелено-оранжевой части спектра (Merzlyak M.N., Chivkunova O.V., 2000).

Образование антоциана связывают и с адаптацией растений к заморозкам и низким положительным температурам (Oren-Shamir M., Levi-Nissim A., 1997). В широком обиходе это явление известно, как «закаливание», которое нашло широкое применение в народной практике.

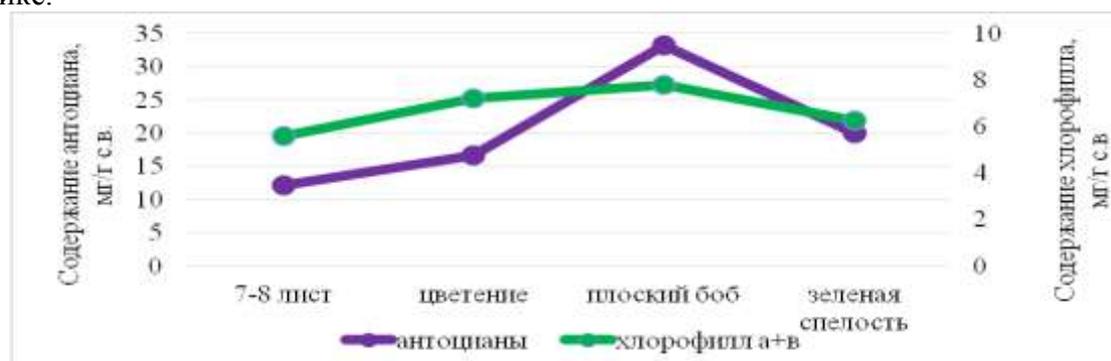


Рис. 5. Динамика антоциана в пазухах прилистников растений гороха полевого

Таким образом, пигментный состав растений пелюшки играет важную роль в повышении устойчивости к абиотическим стрессорам, активности, стабильности и хозяйственной эффективности фотосинтетической деятельности растений, что является на современном этапе селекции важным условием в достижении более высокого уровня семенной продуктивности у культуры.

Современные сорта гороха зернового использования имеют относительно низкую устойчивость и к биотическим воздействиям. На инфекционных фонах и производственных

полях с большой насыщенностью почвы грибами рода *Fusarium*, их растения независимо от морфотипа (листочковые, усатые) не могут продолжительное время полноценно развиваться и уже к фазе цветения заметно увядают, а затем быстро желтеют и отмирают из-за сильного поражения корневыми гнилями (Amelin A.V., Kulikov N.I., Tsibakova Yu.N., 2001).

Современные сорта гороха так же сильно повреждаются клубеньковыми долгоносиками, гороховой тлей, плодовой жоркой, брехусом и семенной инфекцией – бактериями, грибами *Alternaria*, *Aspergillus* и *Risopus*, потери урожая от их негативного влияния могут достигать 0,4...0,6 т/га и более (особенно от повреждения растений гороховой тлей, а зерна-брехусом), если не применять соответствующую химическую защиту [3, 9, 10].

Известно, что устойчивость вида, культуры или сорта к биотическим воздействиям обеспечивается не одним, а многими уровнями морфофизиологической организации растений [11]. Наиболее значимые из них: анатомоморфологическое строение отдельных органов, создающее препятствие для заселения или ухудшающее условия питания вредителя; несоответствие фенологии растений этапам развития вредителя и недоступность отдельных органов для заселения; химический состав клеток и тканей растений, определяющий их непригодность для использования вредителями; активность физиологических реакций растений на повреждение – возможность быстрого восстановления поврежденных частей [12].

Устойчивость растений гороха к вредителям исследователи связывают также с окраской и поверхностью семени (Шулындин И.Ф., 1947; Данилейко А.В., 1960); с окраской цветков, формой бобов, длиной плодоножки и облиственностью (Иванова З.В., 1969); с характером роста и развития растений, с числом продуктивных узлов (Вербицкий Н.М., 1992), а поражение сортов корневыми гнилями – преимущественно с погодными и агротехническими условиями произрастания, с возрастом растений и содержанием в клетках корней целлюлозы, пектина и лигнина (Котова В.В., 1986).

По нашим экспериментальным данным, генотипические различия по устойчивости к биотическим факторам среды у изученных сортообразцов гороха больше обусловлены физиологическими и биохимическими, а не морфоанатомическими особенностями их растений. Морфоструктура надземных органов растений у сильно поражающихся сортов последних десятилетий селекции даже менее привлекательна для вредителей, чем у предшественников. Современные сорта гороха преимущественно короткостебельные и малооблиственные (14...16 листьев), с небольшой листовой поверхностью (400...600 см² на растение), числом продуктивных узлов (3...4) и бобов (5...6). Листочки, прилистники, стебель и створки бобов у растений более толстые и плотные (на 30...50%), по сравнению с менее окультуренными формами. Но, в период массового появления вредителей в них отмечено повышенное содержание углеводов (в среднем на 18%) и пониженное – азотных соединений (в среднем на 24%). Кроме этого, они отличаются невысокой активностью белков-ингибиторов трипсина и химотрипсина, что в совокупности, очевидно, и является определяющим фактором более активного посещения и сильного повреждения их растений вредителями, по сравнению с примитивными формами, которые вегетируют более продолжительное время (на 5-20 дней), имеют большую облиственность, фотосинтетический и хлорофилльный потенциалы (на 30...50%), число бобов и семян – в среднем на 33 и 45%, соответственно [3].

Повреждаемость сортов гороха вредителями (брехусом и тлей) связывают с высоким содержанием углеводов в органах растений и другие исследователи [13, 14].

При этом, пелюшки характеризуются повышенной устойчивостью к некоторым вредителям. По сравнению с белоцветковыми сортами их растения существенно меньше повреждаются, в частности, гороховой плодовой жоркой (в среднем на 21%) и трипсом (в среднем на 25%) при равной устойчивости к тле и долгоносику. По устойчивости к наиболее опасным вредителям (тля, плодовая жорка) особенно выделялся сортообразец 98-393, который может быть рекомендован для использования в селекции.

Показано, что в устойчивости пелюшки к биотическим стрессорам важную роль играет повышенная концентрация антипитательных соединений, таких как проантоцианидинов (Lepiniec L., Debeaujon I., Routaboul J.M. et al., 2006). Их содержание по мере развития может изменяться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, что позволяет, с одной стороны, проводить целенаправленную селекцию на повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды и применять сорта в переработке по производству биопрепаратов флавоноидов, с другой – улучшать пищевые достоинства сортов, используя их на продовольственные цели [15].

Особенно значимые преимущества пелюшек перед белоцветковыми сортами выявлены по устойчивости к семенной инфекции. Общая зараженность семян у белоцветковых сортов гороха находилась на уровне 40%, в то время как у сортообразцов пелюшек ее величина была в 10 раз ниже, а у некоторых (Наташа и Надежда) поражение семян болезнями вообще отсутствовало. Наиболее сильно семена белоцветкового гороха повреждались плесенью *Penicilium* и *Alternaria* – 30...31,2%, а у окрашенноцветковых – грибами *Fusarium* [2, 16].

Вегетативные же органы растений пелюшки обладают меньшей устойчивостью к болезням. Существенных преимуществ перед белоцветковыми генотипами в данном случае выявлено нами не было. У каждой ботанической разновидности отмечалась лишь определенная сортовая специфика. У современных пелюшек большей комплексной устойчивостью к болезням отличались листочковый сорт Зарянка и усатый сортообразец Наташа, а у белоцветковых – сорт Норд с усатой формой листа.

Повышенная устойчивость современных пелюшек к вредителям и семенной инфекции, может быть обусловлена накоплением большого количества белков ингибиторов ферментов трипсина и химотрипсина и формированием более толстой (в среднем на 7%) и массивной семенной оболочки (в среднем на 25%), доля которой в общей массе семян у них составляла 10,8%, а у сортов посевного типа – 8,5% [17].

Наличие у семян пелюшки более массивных оболочек по сравнению с белоцветковыми представителями отмечают и другие исследователи (Pastuszewska B., Vitjazkova M. et al., 2004).

В совместных исследованиях с учеными Института биохимии растений имени Р.Х. Баха было выявлено, что повышенная устойчивость окрашенноцветковых сортов гороха к патогенам во многом определяется биохимическими барьерами, в частности активностью белков-ингибиторов полигалактуроназы – БИПГ [18].

То есть подтверждается, что пелюшки обладают более высокой экологической устойчивостью, чем белоцветковые сорта. В результате селекции их адаптивный потенциал хотя несколько снижается, но не в такой степени как у сортов гороха посевного. Это позволяет им успешно конкурировать с районированными белоцветковыми аналогами не только по общей сухой надземной массе, но и по урожайности семян.

Таким образом, у гороха, так же, как и у других сельскохозяйственных культур, рост урожайности в процессе исторического развития осуществляется за счет повышения эффективности его реализации посредством улучшения условий выращивания и селекционного совершенствования растений. Оба фактора находятся в диалектической взаимосвязи, поэтому только при их большем соответствии друг другу и достигается прогресс производства. Современные сорта гороха наиболее полно реализуют биологические возможности вида в основном в оптимальных агротехнических и погодных условиях произрастания. Такой результат селекции, с одной стороны, обусловлен ее направленностью на достижение высокой продуктивности с улучшенными товарно-хозяйственными показателями – крупное и выравненное зерно; хорошие вкусовые качества; низкое содержание антипитательных веществ и высокая эффективность усвоения получаемой продукции, что ослабляет приспособительно-защитные механизмы растений и способствует тем самым усилению повреждения их вредителями. С другой – отбором перспективных форм в системе земледелия, направленного на максимальное обеспечение растений элементами питания и защиту от экстремального воздействия среды. В силу этого, в

процессе селекции создаются сорта, адаптированные в основном к факторам интенсивного земледелия, а не к экстремальным метеоусловиям, болезням и вредителям, воздействие которых на растение в ходе исторического развития существенно корректируется в сторону ослабления соответствующими антропогенными мероприятиями, а потому объективно не может способствовать отбору устойчивых к ним форм. Учитывая к тому же, что характер, место и время проявления биотических и абиотических факторов постоянно меняются, тогда как важнейшим условием возникновения механизмов устойчивости и закрепления их отбором является стабильное воздействие (давление) на растение определенной силы стресса (Вавилов Н.И., 1935, 1965; Жуковский П.М., 1971; Слепян Э.И., 1973), что приводит в естественных условиях к формированию у них доминантных генов, обеспечивающих необходимый уровень иммунитета (Шмальгаузен И.И., 1968; Рапопорт И.А., 1978).

Это дает основание считать, что и у данной культуры назрела необходимость перехода селекции к нетрадиционным способам отбора – к использованию специальных селективных фонов и нетрадиционных методов, на важность которых все чаще указывают ученые [19, 20].

По нашему мнению, для создания адаптивных сортов гороха в настоящее время весьма важно использовать в практической работе показатели фотосинтетической деятельности растений, прежде всего, ответственные за формирование биоэнергетического потенциала растений, который у гороха посевного в ходе искусственного отбора не увеличивается, а фактически остается на достигнутом в ходе эволюции уровне (Амелин А.В., 1997, 2001, 2016). И, очевидно, его возможностей в настоящее время уже не хватает, чтобы одновременно обеспечивать формирование высокого, стабильного, качественного и экологически безопасного урожая, спрос на который в мире в последнее время фактически растет в геометрической прогрессии (Амелин А.В., Чекалин Е.И., 2015).

За рубежом соответствующая работа в этом направлении активно осуществляется американскими учеными университета штата Иллинойс в рамках международного сотрудничества с ведущими научно-образовательными учреждениями Великобритании, Австралии, Китая (Ort DR, Melis A. 2011; Ort D.R., Long S.P. et al., 2015).

Учитывая это, нами в 2015 году в рамках Ассоциации аграрных вузов ЦФО совместно с селекционерами ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, был разработан Инновационный проект «Создание сортов сельскохозяйственных культур нового поколения – с повышенным фотоэнергетическим потенциалом и эффективным его использованием, как цели селекции в обеспечении продовольственной безопасности России». В 2018 году решением Российской Академии Естествознания и Международной ассоциации ученых, преподавателей и специалистов, данное направление было занесено в «Реестр новых научных направлений» (Свидетельство № 0133 от 29.11. 2018г) и отмечено Международным Дипломом (№ 6 – 2018 г) и Медалью «European scientific and industrial consortium – Socrates» (Удостоверение к награде № 719/152/2018).

На Всероссийской выставке «Золотая осень», результаты исследований по Проекту были отмечены Министерством сельского хозяйства РФ – в 2017 г. серебряной, в 2018 г. золотой медалью.

Однако, реализация Проекта, пока, находится в стадии становления и требует существенного расширения материально-технической и финансовой поддержки, чтобы получить в перспективе сопоставимые результаты с зарубежными партнерами, возможности которых в порядке раз выше.

Литература

1. Амелин А.В. Биологический потенциал гороха и его реализация на разных этапах развития культуры // Селекция и семеноводство. – 1999. – № 2-3. – С. 15-21.
2. Чекалин Е.И. Морфофизиологические особенности гороха полевого и его перспективы в селекции на семенную продуктивность: автореферат на соискание ученой степени к. с.-х. наук. – Орел, – 2009. – 24 с.
3. Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: дис.на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. – М., – 2001. – 371 с.

4. Новикова Н.Е. Особенности развития корневой системы у различных генотипов гороха // Научные основы создания моделей агроэкологических сортов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России. Орел: Орелиздат, – 1997. – С. 73-78.
5. Образцов А.С., Амелин А.В. К вопросу об идеотипе растений гороха в связи с их устойчивостью к полеганию на юге Нечерноземной зоны РСФСР // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 1.
6. Амелин А.В., Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г. Физиологические аспекты повышения азотфиксирующей способности посевов гороха средствами селекции // Физиологические аспекты продуктивности растений. Материалы научно – метод. конф. (17-20 марта 2004, Орел) – Орел: издатель Воробьев А.В. – 2004. – Часть 2.
7. 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 Орел ГАУ. – 2011. – Т. 29. № 2. – С. 5-8.
8. Чекалин Е.И., Амелин А.В., Кондыков И.В. Содержание пигментов в листьях и прилистниках у разных по степени окультуренности сортообразцов гороха полевого / Вестник ОрелГАУ. – 2010. – № 3 (24). – С. 2-4.
9. Амелин А.В., Азарова Е.Ф., Куликов Н.И., Ларионова Л.И., Цыбакова Ю.Н. Урожайность сельскохозяйственных культур и факторы ее роста в производстве // Земледелие. – 2002. – №1.
10. Кантерина Н.Ф., Борзенкова Г.А. Защита растений – важный фактор повышения урожайности гороха // Научные основы создания моделей агроэкологических сортов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России. Орелиздат, – 1997. – С. 87-90.
11. Вавилов Н. И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (Применительно к запросам селекции) // Теоретические основы селекции растений. – М. – Л., – 1935. – Т. 1. – 100 с.
12. Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Слепян Э.И. Иммуитет растений к вредителям и болезням. Л.: Агропромиздат, – 1986. – 192 с.
13. Wald E., Hussein M. (e.a.) Inheritance of cowpea seed beetle infestation and its relation to total carbohydrate in garden pea//Beitr. trop. Landwirtschaft. Vater-Ned. – 1985. – V23. – N1. – P. 51-57.
14. Rahbe Y., Febvay G., Delobel B., Bournoville R. Acyrthosiphon pisum performance in response to the sugar and amino acid composition of artificial diets, and its relation to lucerne varietal resistance // Entomol. exper. appl. – 1988. – V.48. – N3. – P.283-292.
15. Ferraro K., Jin A.L., Trinh-Don Nguyen et al. Characterization of proanthocyanidin metabolism in pea (*Pisum sativum*) seeds // BMC Plant Biology. – 2014. – N 14:238. – P. 1471-2229.
16. Амелин А.В., Кондыков И.В., Чекалин Е.И., Кондыкова Н.Н. Морфофизиологический потенциал *Pisum sativum* ssp. *arvense* L. и селекционные аспекты его реализации: монография. – Орел: Картуш, – 2018. – 180 с.
17. Амелин А.В., Кондыков И.В., Чекалин Е.И., Борзенкова Г.А. Устойчивость к болезням и вредителям сортов гороха полевого и посевного // Вавиловские чтения – 2007: материалы конференции. – Саратов, – 2007. – С. 113-114.
18. Амелин А.В., Кораблева Н.П., Проценко М.А., Борзенкова Г.А., Толубеева В.И., Чекалин Е.И. Физиолого-биохимические механизмы устойчивости растений к болезням у полевого и посевного типов гороха / Вестник ОрелГАУ. – №3(12). – 2008. – С. 11-14.
19. Жученко А.А. Эколого-генетические проблемы селекции растений // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 3. – С.3-23.
20. Carmo-Silva E., Andralojc P.J., Scales J.C., Driever S.M., Mead A. T., Lawson C.A., Raines M.A., Parry J. Phenotyping of field-grown wheat in the UK highlights contribution of light response of photosynthesis and flag leaf longevity to grain yield // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. – N. 13. – P. 3473-3486. Doi:10.1093/jxb/erx169.

ADAPTABILITY OF PLANTS OF THE PEA AND THEIR CHANGES IN THE BREEDING

A.V. Amelin, E.I. Chekalin

FSBEE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

Abstract: *The scientific article is devoted to the analysis of the results of their own of research and other scientists on the problem of scientific and methodological support for the breeding of peas for adaptability. It has been shown that over the past 50-60 years of breeding, the yield of grain of pea has increased to 4,5 t/ha, and the contribution of the variety of crop for yield has become 60%. At the same time, modern cultivars of culture are strongly inhibited in extreme weather conditions, especially in drought, which is caused both by the peculiarities of the development of the root system and the activity of its proton pump. In the peas, an important role in increasing plant resistance to abiotic stressors is played by the pigment composition – the content of carotenoids and anthocyanins. Modern pea varieties of grain use have a relatively low resistance to biotic effects. They are heavily damaged by nodule weevils, pea aphids, moths, bruchus and seed infection – bacteria, fungi Alternaria, Aspergillus and Risopus. At the same time, modern purple flowered peas are characterized by increased resistance to some of pests, which is caused, in*

particular, by the accumulation of a large number of proteins inhibitors of the enzymes trypsin and chymotrypsin, as compared to white flowered peas. Especially significant advantages of pelyushki before white-flowered varieties revealed by resistance to seed infection. One of the reasons is the formation of a thicker and more massive seed coat (on average by 25%) and the manifestation of greater activity of protein-inhibitors of polygalacturonase (on average by 23%). It was concluded that in this culture there was a need to move the breeding based to non-traditional methods of selection. Recommended to use the indicators of the rate of photosynthesis of plants responsible for the formation of the bioenergy potential of plants, which does not increase in pea plants during artificial breeding.

Keywords: pea, breeding, physiology, resistance, adaptability.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11082

УДК 581.138.1:631.811.982

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ РИЗОТОРФИН И АЛЬБИТ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРОХА РАЗНЫХ СОРТОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОЗА

О.Г. ВОЛОБУЕВА, кандидат биологических наук

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

В условиях вегетационного опыта с растениями гороха сортов Норд и Мультик изучено влияние обработки семян этих растений биопрепаратами Ризоторфин и Альбит на показатели роста, содержание и соотношение эндогенных фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками в фазу бутонизации – начала цветения (период наиболее активной азотфиксирующей активности у гороха) и эффективность симбиоза. Установлено, что наиболее отзывчивым на действие Ризоторфина оказался сорт Норд. Обработка семян растений этого сорта приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков. Это происходило на фоне увеличения ауксинов, зеатина в корнях с клубеньками, гиббереллинов – в стеблях. Наиболее отзывчивым на действие Альбита оказался сорт Мультик. Обработка семян этого сорта Альбитом приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков на фоне увеличения ауксинов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, зеатина – в стеблях, гиббереллинов – в листьях, абсцизовой кислоты – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками. Показатели роста коррелировали с показателями азотфиксирующей активности этих растений.

Ключевые слова: горох, биопрепараты, Ризоторфин, Альбит, фитогормоны, клубеньковые бактерии, ризобактерии, азотфиксирующая активность, симбиоз.

Взаимодействие бобовых растений с симбиотическими микроорганизмами играет важную роль в их развитии, обеспечивая растение соответствующим питанием и фитогормонами, защищая от патогенов, адаптируя к стрессам [1]. В настоящее время в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на компоненты агроэкосистемы, нестабильной климатической ситуацией, повышением цен на ресурсо- и энергоносители, остро стоит вопрос о поиске новых агротехнологий, которые могли бы стабилизировать производство сельскохозяйственных культур. В последнее время среди агротехнологий двадцать первого века набирают популярность биопрепараты. Главное достоинство биопрепаратов - это экологическая и экономическая составляющие их использования. Применение микроорганизмов, особенно в сочетании с зернобобовыми культурами, позволяет не только