

ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПЕЛЮШКИ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ В АСПЕКТЕ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ

FEATURES OF THE STABILITY OF PLANT PLANTS TO STRESS FACTORS OF THE ENVIRONMENT IN THE ASPECT OF SELECTION TO ADAPTIVITY

Чекалин Е.И., Амелин А.В.

ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина
302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69

Исследования проводили на базе Орловского ГАУ и ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. В статье представлены результаты полевых опытов по изучению устойчивости сортов гороха полевого (пелюшка) к стрессовым факторам среды (засуха, болезни и вредители) в аспекте селекции на адаптивность. Установлено, что в результате селекции пелюшки на зерновое использование, урожайность у новых сортов повышается, а ее стабильность по годам уменьшается, вследствие падения устойчивости к стрессовым факторам среды. В засушливых условиях у современных пелюшек количество бобов и семян формировалось в 2,3 раза, а у более старых по времени создания сортообразцов в 1,7 раза меньше, чем в обычных условиях. Важную роль в устойчивости растений пелюшки к абиотическим факторам среды играет пигментный комплекс листьев (каротиноиды и антоцианы), защищающий их фотосистему от воздействия стрессов. Установлено, что современные пелюшки характеризуются повышенной устойчивостью и к некоторым вредителям: гороховая плодожорка и трипс. Более устойчивы пелюшки и к семенной инфекции. Общая зараженность семян у белоцветковых сортов гороха находилась на уровне 40%, в то время как у сортов пелюшек ее величина была в 10 раз ниже, а у некоторых (Наташа и Надежда) поражение семян отсутствовало. Это обусловлено было накоплением большого количества белков ингибиторов ферментов трипсина и химотрипсина, высокой активностью белков-ингибиторов полигалактуроназы — БИПГ, по сравнению с обычным горохом, формированием более толстой (в среднем на 7%) и массивной семенной оболочки (в среднем на 25%).

Ключевые слова: селекция, гороха посевной, пелюшка, адаптивность, устойчивость к болезням и вредителям, пигменты.

Для цитирования: Чекалин Е.И., Амелин А.В. ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПЕЛЮШКИ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ В АСПЕКТЕ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ. Аграрная наука. 2019; (1): 86-90.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-86-90>

Актуальность

В результате многовекового отбора урожайность белоцветковых сортов гороха посевного увеличилась в 3–5 и более раз, но при этом устойчивость к стрессовым факторам среды существенно ослабла [1]. По мнению селекционеров, во много это вызвано накоплением большого числа рецессивных генов в геноме современных сортов [2, 3], что в конечном счете и приводит к снижению конкурентоспособности современных сортов по урожайности.

Поэтому перед селекцией стоит задача по созданию сортов адаптивных к меняющимся климатическим и агротехнологическим условиям возделывания [4]. Одним из важнейших направлений решения этой задачи является, с одной стороны, использование биоразнообразия культуры [4, 5], а с другой — повышение активности и эффективности использования фотосинтезом

Chekalin E.I., Amelin A.V.

Orel State Agrarian University named after N.V. Parahina
302019, Russia, Orel, str. General Rodin, 69

As a result of the breeding of pea peas, the yield of varieties increases, and its stability over the years decreases as a result of a decrease in their resistance to stressful environmental factors. Studies were carried out in 2006-2008 on the basis of the Orel State Agrarian University and the Research Institute of Grain-Bean and Groat Crops in the Orel Region. The article presents the results of a study on the peculiarities of the resistance of purple-flowered peas plants to stressful environmental factors (drought, diseases and pests) in the aspect of breeding for adaptability. Under dry conditions, modern purple-flowered peas had 2.3 times the number of beans and seeds, while older varieties produced 1.7 times less than normal conditions of moisture. The pigment composition (carotenoids and anthocyanins) plays important role in resistance to abiotic stressors of purple-flowered peas, and protects the plant photosystem. It has been established that modern purple-flowered peas are characterized by increased resistance to some pests (pea moth and trips), and by resistance to aphid and moth, the variety specimen UsP 98-393 was distinguished, and it can be recommended for use in breeding. Purple-flowered peas are more resistant to seed infection. The total contamination of seeds in white flowered pea varieties was at 40%, while in peaples, its value was 10 times lower, and in some varieties (Natasha and Nadezhda) there was no seed damage. This is due to the accumulation of a large amount of protein inhibitors of the enzymes trypsin and chymotrypsin, the high activity of the protein inhibitors of polygalacturonase, as compared to regular peas, and the formation of a thicker (on average 7%) and massive seed coat (on average, 25%). Purple-flowered peas have a higher environmental resistance than white-flowered varieties.

Key words: breeding, peas, purple-flowered peas, adaptability, resistance to diseases and pests, pigments.

For citation: Chekalin E.I., Amelin A.V. FEATURES OF THE STABILITY OF PLANT PLANTS TO STRESS FACTORS OF THE ENVIRONMENT IN THE ASPECT OF SELECTION TO ADAPTIVITY. Agrarian science. 2019; (1): 86-90. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-86-90>

растений основного природного источника возобновляемой энергии — солнца [6,7,8,9].

В связи этим перед нами и стояла задача изучить особенности устойчивости растений пелюшки к стрессовым факторам среды в аспекте селекции на адаптивность.

Материал и методы проведения экспериментов

Исследования выполнены в центре коллективного пользования Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с селекционерами Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЗБК).

Объектами исследований являлись 11 сортов и образцов, из которых 9 — гороха полевого (пелюшки)

разных периодов селекции и 2 современных сорта посевного (белоцветковые). Опытный материал выращивали в условиях полевого опыта на делянках, площадью 7,5 м² в 4-х кратной повторности при норме высева 1,2 млн шт./га. Размещение делянок — рендомизированное.

Морфофизиологические параметры сортов оценивали в условиях полевых, вегетационных и лабораторных опытов. Извлечение хлорофиллов «а» и «в» и каротиноидов из тканей органов проводили методом спиртовой (ацетоновой) вытяжки, а их концентрацию находили спектрофотометрически (СФ-26 М). Антоциан извлекали из тканей вытяжкой этилового спирта и 1% соляной кислоты. Концентрацию определяли на спектрофотометре по методически указаниям ВИР под ред. А.И. Ермакова [10]. Анализ функционального состояния хлоропластов листочков и прилистников растений определяли методом регистрации индукции флуоресценции их хлорофилла, используя прибор mini-PAM [11].

Оценку устойчивости к корневым гнилям проводили лабораторными и полевыми методами, используя инфекционные фоны лаборатории иммунитета ВНИИ ЗБК и руководствуясь методическими указаниями ВИР. Степень повреждения гороховой тлей (*Acyrtosiphon pisum* Harr.), плодовой тлей (*Laspeyresia nigricana* Steph) и клубеньковыми долгоносиками (*P. Sitona* Germ.), учитывали по методикам, предложенным И.Д. Шапиро и др. [12].

Дисперсионный и корреляционный анализы экспериментальных данных проводили на компьютерных программах.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам проведенных экспериментов, урожайность семян пелюшки увеличилась за последние 70–80 лет искусственного отбора в среднем на 26%, но при этом амплитуда ее колебаний по годам, как и общей сухой массы, приобрела выраженную тенденцию к усилению. В зависимости от погодных условий вегетации растений, ее величина в годы исследований варьировала в диапазоне: у пелюшек 1920–50-х годов — 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 [13].

Наибольшее влияние на репродукционный процесс растений оказывали температура воздуха и количество осадков. В засушливых условиях у современных пелюшек количество бобов и семян формировалось в 2,3 раза, а у более старых по времени создания сортообразцов в 1,7 раза меньше, чем в обычных условиях — умеренное увлажнение (рис. 1).

Известно, что устойчивость к экстремальным факторам среды определяется различными механизмами в зависимости от уровня организации целостной биологической системы растения [14]. К примеру, устой-

Рис. 1. Влияние метеоусловий на элементы структуры урожая сортов пелюшек разных периодов селекции, фаза зеленой спелости бобов

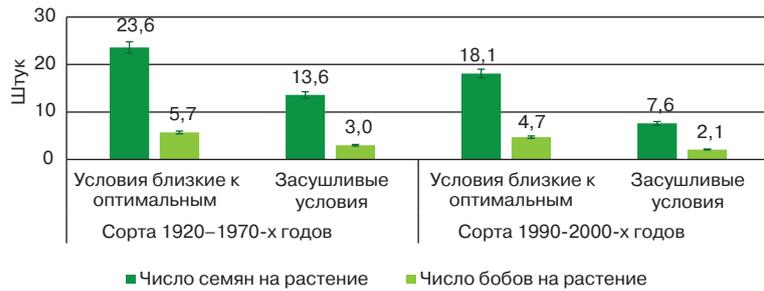
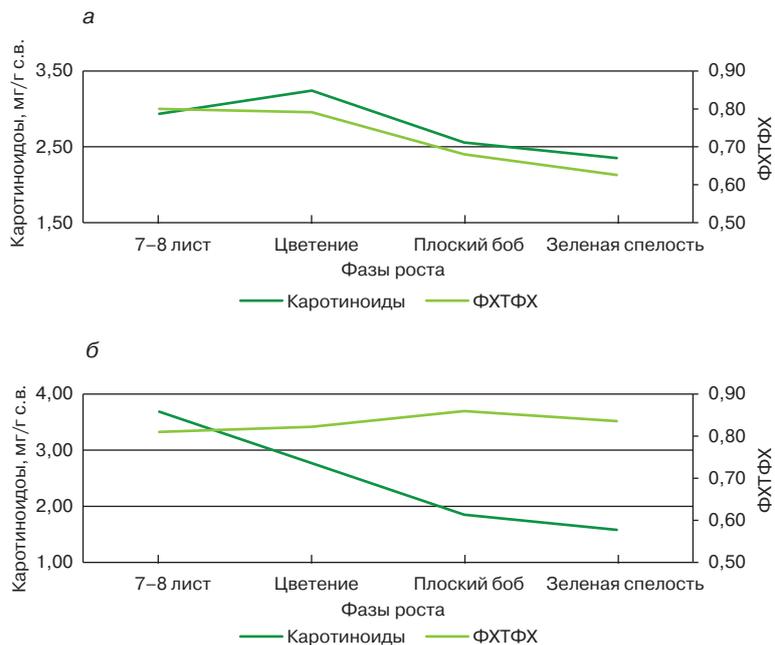


Рис. 2. Динамика каротиноидов и фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (ФХТФХ) в прилистниках растений старых (а) и современных (б) сортов пелюшек

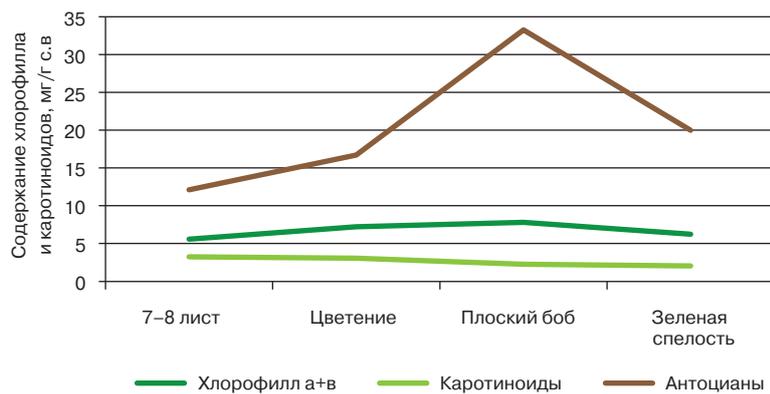


чивость растений к дефициту влаги и перегреву в значительной мере может зависеть от антиоксидантной системы растений, задача которой нейтрализовать активные формы кислорода, образующиеся при воздействии стрессора [15, 16]. По данным Н.Е. Новиковой с сотрудниками [17], по содержанию каталазы, пероксидазы и аскарбиновой кислоты современные безлисточковые пелюшки не уступают белоцветковым сортам подобного морфотипа. А низкое содержание аскарбиновой кислоты в их семенах возможно компенсируется наличием антоцианов в семенной оболочке [18].

В защитных механизмах клеток существенную роль играют и пигменты растений [19]. У гороха, наиболее изученными пигментами, участвующими в защитных механизмах клеток растений, являются каротиноиды и антоцианы. Нами установлено, что больше всего каротиноидов синтезируется в листочках и прилистниках, и меньше всего в усиках. В последних содержание пигмента отмечалось меньше, чем в листочках в среднем на 37%, а в прилистниках — на 30% [20].

Образование каротиноидов у растений более активно шло на ранних этапах развития, достигая максимума в фазу 7–8 настоящих листьев, а с началом генеративного развития быстро снижалось. В фазу плоского боба содержание пигмента в листочках, усиках и прилистниках растений было в среднем на 30% меньше, по срав-

Рис. 3. Динамика пигментов в прилистниках растений гороха пелюшки



нению с фазой 7–8 листьев. При этом, у старых сортов пелюшек с данным пигментом отмечалось наиболее высокая сопряженность активности реакций световой фазы фотосинтеза (фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла — ФТФХ) (рис. 2а), в то время как у современных сортов резкое сокращение в онтогенезе каротиноидов не приводило к аналогичному падению активности фотосистемы II, которая продолжала стабильно работать и дальше (рис. 2б).

Обобщая многочисленные литературные сведения, ученые пришли к заключению, что каротиноиды присутствуют в мембранах 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 [21].

Что касается антоциана, то в основном он локализован в пазухах прилистников растений и его содержание составляло в годы исследований 19,69 мг на грамм сухого вещества, что в среднем 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. 3).

Известно, что данный пигмент локализован в вакуоле клетки. С.А. Родиков [22] в исследованиях с яблоней получил доказательства, что антоцианы отличаются большей стабильностью к облучению, чем хлорофиллы. Предполагается, что антоцианы выполняют защитную функцию против болезней яблок, индуцированных светом. Кроме того, они могут действовать как эффективная внутренняя ловушка света в зелено — оранжевой части спектра [23].

Таким образом можно заключить, что пигментный состав растений пелюшки играет важную роль в повышении устойчивости сорта к абиотическим стрессорам и, как следствие, в достижении более высокого уровня семенной продуктивности у культуры.

Примечательно, что современные пелюшки характеризуются повышенной устойчивостью и к некоторым вредителям, по сравнению с белоцветковыми сортами зернового использования. В частности установлено, их растения существенно меньше повреждаются гороховой плодожоркой (в среднем на 21 %) и трипсом (в среднем на 25%) при равной устойчивости к тле и дол-

гоносику. По устойчивости к наиболее опасным вредителям (тля, плодожорка) особенно выделялся сортобразец УсП 98-393, который может быть рекомендован для использования в селекции [24].

В устойчивости к биотическим стрессорам важную роль играют антипитательные соединения [25]. В частности, в семенах современных сортов — пелюшек обнаружено большое количество проантоцианидинов, известных как конденсированные танины, подкласс флавоноидов. Отмечается, что по мере развития семян содержание проантоцианидинов изменяется как в сторону

увеличения, так и в сторону уменьшения. Такой характер изменения антипитательных веществ в семенах пелюшек позволяет говорить о возможности целенаправленной селекции как на повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды, так и применения сортов в переработке по производству биопрепаратов флавоноидов, а также создавать сорта с низким содержанием антипитательных веществ, которые могут быть предназначены на продовольственные цели [26].

Повышенная устойчивость современных пелюшек к вредителям, может быть обусловлена и накоплением большого количества белков ингибиторов ферментов трипсина и химотрипсина [13, 27].

В отношении устойчивости к болезням наиболее значимые преимущества пелюшек перед белоцветковыми сортами выявлены к семенной инфекции. Общая зараженность семян у белоцветковых сортов гороха находилась на уровне 40%, в то время как у сортов 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 плесеньями *Penicillium* и *Alternaria* — 30–31,2%, а у окрашенноцветковых — грибами *Fusarium* [13].

В специальных исследованиях было установлено, что повышенная устойчивость окрашенноцветковых сортов гороха посевного к патогенам во многом определяется биохимическими барьерами, в частности, активностью белков-ингибиторов полигалактуроназы — БИПГ [28], а также формированием более толстой (в среднем на 7%) и массивной семенной оболочки (в среднем на 25%), доля которой в общей массе семян у них составляет 10,8%, а у сортов посевного типа — 8,5% [13].

Наличие у семян пелюшки более массивных оболочек по сравнению с белоцветковыми представителями отмечают и другие исследователи [29].

Вегетативные же органы растений гороха полевого 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 [13].

Выводы

Таким образом, подтверждается вывод о том, 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, что позволяет им успешно конкурировать с

районированными белоцветковыми аналогами не только по общей сухой надземной массе, но и урожайности семян.

Для осуществления дальнейшего прогресса в настоящее время, наравне с обычными методами, необходимо в селекции более активно использовать и нетрадиционные подходы, в частности 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

ЛИТЕРАТУРА

1. Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. М., 2001. 46 с.
2. Вербицкий Н.М. Селекция сортов гороха на основе новых морфотипов // *Аграрная Россия*. 2002. № 1. С. 48–50.
3. Кондыков И.В. О приоритетах в селекции гороха // *Вестник Орел ГАУ*. 2011. №5 (32). С.96–103.
4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. М.: ООО «Изд-во Агрорус», 2009. Т.2. 1104 с.
5. Образцов А.С. Биологические основы селекции растений. М.: Колос, 1981. 271 с.
6. Амелин А.В., Чекалин Е.И. Селекция на повышение фотосинтетического потенциала растений и эффективности его использования, как стратегическая задача в обеспечении импортозамещения и продовольственной безопасности России // *Вестник Орел ГАУ*. 2015. № 6 (57). С. 9–17.
7. Richards R.A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops // *Journal of experimental botany*. 2000. V.51. P.447–458.
8. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand / Ort D.R. [et. al.] // *PNAS*. 2015. V. 112. P.8529–8536.
9. Xin-Guang Zhu, Long S.P., Ort D.R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2010. V. 61. P. 235–261.
10. Определение биологически активных веществ семян. Методические указания / [под ред. Ермакова А.И.]. Л.: ВИР. 1984. 73 с.
11. Bilger W., Schreiber U., Bock M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*. 1995. 102:425–32.
12. Методические рекомендации по оценке устойчивости сельскохозяйственных культур к вредителям / [под ред. Шапиро И.Д.]. Л., 1978. 45 с.
13. Чекалин Е.И. Морфофизиологические особенности гороха полевого и его перспективы в селекции на семенную продуктивность: автореферат дис. на соиск. уч. степ. кан-та с.-х. наук. Орел, 2009. 24 с.
14. Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (Применительно к запросам селекции) // *Теоретические основы селекции растений*. Т. 1. М.-Л., 1935. 100 с.
15. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений // *Соросовский образовательный журнал*. 1999. № 9. С. 20–26.
16. Ясар Ф., Элиальтиглу С., Ильдис К. Действие засоления на антиокислительные защитные системы, перекисное окис-

REFERENCES

1. Amelin A.V. Morphophysiological basis for improving the efficiency of pea breeding: author. dis. Dr. Agr. Sciences. Moscow, 2001. 46 p.
2. Verbitsky N.M. Selection of varieties of peas based on new morphotypes // *Agrarian Russia*. 2002. №1. P.48–50.
3. Kondykov I.V. On priorities in pea breeding // *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2011. № 5 (32). P.96–103.
4. Zhuchenko A.A. Adaptive crop production (ecological and genetic bases) theory and practice. Moscow: Publishing house Agrorus, 2009. T.2. 1104 p.

[6]. 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 [30].

Учитывая актуальность данного вопроса, нами, совместно с селекционерами Всероссийского НИИ зернобобовых и крупяных культур, в 2009 году впервые в России был начат широкомасштабный проект по созданию сортов нового поколения — с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза.

ление липидов и содержание хлорофилла в листьях фасоли // *Физиология растений*. 2008. №6. С.869–873.

17. 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.
18. Макашева Р.Х. Горох. Л.: Колос, 1973. 312 с.
19. Photosynthesis of the carotenoids associated with the xanthophyll cycle in photosynthesis / Frank H.A. [et. al.] // *Photosynth. Res.* 1994. V. 41. P. 389–395.
20. Чекалин Е.И., Амелин А.В., Кондыков И.В. Содержание пигментов в листьях и прилистниках у разных по степени окультуренности сортообразцов гороха полевого // *Вестник Орел ГАУ*. 2010. № 3 (24). С.2–4.
21. Физиология растений / АLEXИНА Н.Д. [и др.]. М.:Изд. центр «Академия», 2007. 640 с.
22. Родиков С.А. Влияние солнечного излучения на содержание антоцианов и хлорофиллов в кожце яблок // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2012. Т. 33. С. 286–292.
23. Merzlyak M.N., Chivkunova O.B. Light stress induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apple fruit // *J. Photochemistry and Photobiology (B)*. 2000. 55. № 2/3. P. 154–162.
24. Устойчивость к болезням и вредителям сортов гороха полевого и посевного / Амелин А.В., Кондыков И.В., Чекалин Е.И., Борзенкова Г.А. // *Вавиловские чтения — 2007. Материалы конференции, посвященной 120-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова*. Саратов, 2007. С. 113–114.
25. Genetics and biochemistry of seed flavonoids / L. Lepiniec [et. al.] // *Annual Review of Plant Biology*. 2006. V.57. P.405–430.
26. Characterization of proanthocyanidin metabolism in pea (*Pisum sativum*) seeds / Ferraro K. [et. al.] // *BMC Plant Biology*. 2014. N14:238. P. 1471–2229.
27. Монахова, Н.А., Павловская Н.Е. Перспективы повышения питательной ценности бобовых культур путем снижения антипитательных веществ // *Научные основы создания моделей агроэкоотипов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России*. Орел: Орелиздат, 1997. С.58–62.
28. Физиолого-биохимические механизмы устойчивости растений к болезням у полевого и посевного типов гороха / Амелин А.В. [и др.] // *Вестник Орел ГАУ*. 2008. № 3. С. 11–14.
29. Composition and in vitro digestibility of raw versus cooked white- and colour-flowered peas / B. Pastuszewska [et. al.] // *Nahrung*. 2004. N 48(3). P. 221–225.
30. Стариков И. Перспективное направление агропроизводства России // *Экономика сельского хозяйства России*. 2004. № 1. С.5.

5. Obraztsov A.S. Biological basis of plant breeding. Moscow: Kolos, 1981. 271 p.

6. Amelin A.V., Chekalin E.I. Breeding to increase the photoenergy potential of plants and the efficiency of its use, as a strategic task in ensuring import substitution and food security of Russia // *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2015. № 6 (57). P.9–17.
7. Richards R.A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops // *Journal of experimental botany*. 2000. V.51. P. 447–458.
8. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand / Ort D.R. [et. al.] // *PNAS*. 2015. V. 112.

P. 8529–8536.

9. Xin-Guang Zhu, Long S.P., Ort D.R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2010. V.61. P.235–261.

10. Determination of biologically active substances of seeds. Methodical instructions / [ed. Ermakova A.I.]. Leningrad: VIR. 1984. 73 p.

11. Bilger W., Schreiber U., Bock M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*. 1995. Vol. 102. P.25–32.

12. Methodical instructions for assessing the resistance of crops to pests / [ed. Shapiro I.D.]. Leningrad, 1978. 45 p.

13. Chekalin E.I. Morphophysiological features of field peas and its prospects in breeding for seed productivity: autor. dis. Cand. Agr. Sciences. Orel, 2009. 24 p.

14. Vavilov N. I. The Doctrine of plant immunity against infectious diseases (Applied to breeding requests) // *Theoretical foundations of plant breeding*. T. 1. M.-L., 1935. 100 p.

15. Merzlyak M.N. Activated oxygen and plant activity // *Soros Educational Journal*. 1999. 9. P.20–26.

16. Yasar F., Elialtiglu S., Ildis K. The effect of salinization on antioxidant defense systems, lipid peroxidation and chlorophyll content in the leaves of beans // *Plant Physiology*. 2008. N6. P.869–873.

17. Novikova N.E., Zotikov V.I., Phenin D.M. Mechanisms of antioxidant protection in the adaptation of pea genotypes (*Pisum Sativum* L.) to unfavorable abiotic environmental factors // *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2011. V.29. №2. P.5–8.

18. Makasheva R. Kh. Pea. Leningrad: Kolos, 1973. 312 p.

19. Photosynthesis of the carotenoids associated with the xanthophyll cycle in photosynthesis / Frank H.A. [et. al]. // *Photosynth. Res.* 1994. V.41. P.389–395.

20. Chekalin E.I., Amelin A.V., Kondykov I.V. The content of pigments in leaves and stipules in varieties of field peas of different

degree of nationalization of pea // *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2010. №3 (24). P.2–4.

21. *Plant physiology* / N.D. Alekhina [et al]. Moscow: Izd. center "Academy", 2007. 640 p.

22. Rodikov S.A. Effect of solar radiation on the content of anthocyanins and chlorophylls in the skin of apples // *Fruit and berry growing in Russia*. 2012. V.33. P.286–292.

23. Merzlyak M.N., Chivkunova O.B. Light stress induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apple fruit // *J. Photochemistry and Photobiology (B)*. 2000. 55. №2/3. P.154–162.

24. Resistance to diseases and pests of varieties of pea field and seed / A.V. Amelin, I.V. Kondykov, E.I. Chekalin, G.A. Borzenkov // *Vavilov Readings — 2007. Materials of the conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilova*. Saratov, 2007. P.113–114.

25. Genetics and biochemistry of seed flavonoids / L. Lepiniec [et. al]. // *Annual Review of Plant Biology*. 2006. V.57. P.405–430.

25. Characterization of proanthocyanidin metabolism in pea (*Pisum sativum*) seeds / Ferraro K. [et. al]. // *BMC Plant Biology*. 2014. N14:238. P.1471–2229.

27. Monakhova N.A., Pavlovskaya N.E. Prospects for increasing the nutritional value of legumes by reducing anti-nutritional substances // *Scientific bases for creating models of agro-types and zonal technologies for the cultivation of leguminous and cereal crops for various regions of Russia*. Orel: Orelizdat, 1997. P.58–62.

28. Physiological and biochemical mechanisms of plant resistance to diseases in field and sowing pea types / A.V. Amelin [et al]. // *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2008. №3. P.11–14.

29. Composition and in vitro digestibility of raw versus cooked white- and colour-flowered peas / B. Pastuszewska [et. al]. // *Nahrung*. 2004. N48(3). P.221–225.

30. Starikov I. Perspective direction of agricultural production in Russia // *Economics of Agriculture of Russia*. 2004. №1. P.5.

ОБ АВТОРАХ:

Чекалин Е.И., кандидат сельскохозяйственных наук
Амелин А.В., доктор сельскохозяйственных наук

ABOUT THE AUTHORS:

Chekalin E.I., Candidate of Agricultural Sciences
Amelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences