

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>  
УДК 635.656:631.52

И.М. Кайгородова\*, И.П. Котляр,  
В.А. Ушаков, И.А. Енгальчева, Е.Г. Козарь

\*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

\*Автор для переписки: kaigorodova-i@mail.ru

**Вклад авторов:** Кайгородова И.М. – изучение литературы и подготовка материала для статьи. Кайгородова И.М., Ушаков В.А., Котляр И.П. – планирование и ведение селекционных направлений. Енгальчева И.А. и Козарь Е.Г. – оценка устойчивости растений гороха овощного к стрессам. Все авторы принимали участие в написании статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кайгородова И.М., Котляр И.П., Ушаков В.А., Енгальчева И.А., Козарь Е.Г. Приоритетные направления современной селекции гороха овощного (*Pisum sativum* L.). *Овощи России*. 2023;(4):5-12. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>

**Поступила в редакцию:** 23.05.2023

**Принята к печати:** 18.06.2023

**Опубликована:** 05.07.2023

Irina M. Kaigorodova\*, Irina P. Kotlyar,  
Vladimir A. Ushakov, Irina A. Engalycheva,  
Elena G. Kozar

\*Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

\*Corresponding Author: kaigorodova-i@mail.ru

**Authors' Contribution:** I.M. Kaigorodova – study of literature and preparation of material for the article. I.M. Kaigorodova, V.A. Ushakov, I.P. Kotlyar – planning and management of breeding directions. I.A. Engalycheva and E.G. Kozar – assessment of the resistance of vegetable pea plants to stress. All the authors took part in writing the article.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

**For citations:** Kaigorodova I.M., Kotlyar I.P., Ushakov V.A., Engalycheva I.A., Kozar E.G. Priority directions of modern breeding of vegetable peas (*Pisum sativum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):5-12. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>

**Received:** 23.05.2023

**Accepted for publication:** 18.06.2023

**Published:** 05.07.2023

# Приоритетные направления современной селекции гороха овощного (*Pisum sativum* L.)



## Резюме

На протяжении многих лет селекционеры всего мира вносили значительные изменения в архитектуру растений сортов гороха овощного. Внесенные изменения были направлены на повышение, прежде всего, урожайности. Новые сорта должны обладать оптимальным сочетанием высоты растения, количества продуктивных узлов и повышенной устойчивостью к полеганию. Достигнув определенных результатов, селекционеры находят пути совершенствования культуры, далее улучшая ее хозяйственно ценные признаки. В статье освещены приоритетные направления в селекции гороха овощного лущильного направления в Федеральном научном центре овощеводства (ФГБНУ ФНЦО), которые напрямую связаны с современными требованиями рынка, и рассмотрены специфические факторы, встречающиеся в селекционной работе, в производственной сфере и семеноводческой практике. В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны ученые центра ведут интенсивную работу по созданию сортов нового поколения: высокопродуктивные (за счет увеличения числа бобов на узле и числа семян в бобе), пригодные для механизированной уборки (за счет получения соответствующих морфотипов с повышенной прочностью стебля или измененной формой листьев) и с высокими показателями качества зеленого горошка. Также постоянно ведется отбор на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды, которые изменяются в последние годы, как в стране, так и во всем мире.

В статье приведены основные достижения, полученные благодаря опыту и знаниям ведущих селекционеров центра, специалистов по семеноводству и производству, а также специалистов в области иммунитета растений. Так, получены селекционно ценные формы с высокой продуктивностью (до 30 бобов и более 150 семян с растения), получен сорт с высокой устойчивостью к полеганию за счет прочности стебля. Ведется работа по созданию сортов с высоким качеством зеленого горошка и устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам.

**Ключевые слова:** горох овощной (*Pisum sativum* L.), селекция, продуктивность, полегание, качество горошка, устойчивость к болезням, семена, крахмальные зерна

# Priority directions of modern breeding of vegetable peas (*Pisum sativum* L.)

## Abstract

Over the years, breeders around the world have made significant changes to the architecture of plants of vegetable pea varieties. The changes made were aimed at increasing, first of all, the yield. New varieties should have an optimal combination of plant height, the number of productive nodes and increased resistance to lodging. Having achieved certain results, breeders find ways to improve the culture, further improving its economically valuable features. The article highlights the priority directions in the selection of vegetable peas in the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC), which are directly related to modern market requirements, and considers the specific factors encountered in breeding work, in the production sector and seed practice. Within the framework of import substitution and the achievement of food security of the country, the scientists of the center are intensively working to create new generation varieties: highly productive (by increasing the number of beans at the node and the number of seeds in the bean), suitable for mechanized harvesting (by obtaining appropriate morphotypes with increased stem strength or modified leaf shape) and with high quality indicators of green peas. There is also a constant selection for resistance to abiotic and biotic environmental factors that have been changing in recent years, both in the country and around the world. The article presents the main achievements obtained thanks to the experience and knowledge of the leading breeders of the center, specialists in seed production and production, as well as specialists in the field of plant immunity. Thus, selectively valuable forms with high productivity (up to 30 beans and more than 150 seeds per plant) were obtained, a variety with high resistance to lodging due to the strength of the stem was obtained. Work is underway to create varieties with high quality green peas and resistant to biotic and abiotic stresses.

**Keywords:** vegetable peas (*Pisum sativum* L.), breeding, productivity, nutrition, quality of peas, disease resistance, seeds, starch grains

Одной из важнейших овощных бобовых культур в мире является горох (*Pisum sativum* L. *Sensu lato*), производство, которого составляет более 20,5 млн. тонн на более чем 2,59 млн. га в мире [1]. Горох распространен повсеместно и ценится за свои питательные свойства. Благодаря высокому содержанию белка, клетчатки и витаминов, он особо необходим для использования его в рационе человека. Эта культура играет ключевую роль в обеспечении будущего производства продуктов питания [2; 3]. Селекционеры и генетики, опираясь на свои знания и опыт, с учетом современных требований производителей должны создавать новые и улучшать имеющиеся конкурентоспособные сорта гороха овощного. Поэтому для эффективной работы и быстрого достижения результата необходимо использовать информацию о корреляционных связях признаков, особенно когда один из признаков трудно измерить или сложно идентифицировать при оценке и отборе источников хозяйственно важных признаков у перспективных селекционных форм [4]. Это также повышает точность предсказанной ценности генотипов по признакам с низкой наследуемостью [5; 6], особенно в ранних поколениях [7; 8]. Ниже рассмотрены важные аспекты ведения селекции гороха овощного луцильного типа по основным целевым и косвенным признакам на основе современных знаний характера их проявления.

**Селекция на качество зеленого горошка.**

Существует несколько направлений использования гороха овощного луцильного типа: консервирование, заморозка и сублимация. Критерием оценки качества и направления использования сорта являются следующие признаки: окраска семядолей, крупность зерна (масса 1000 семян), форма и тип поверхности биологически зрелых семян. Показатели качества зеленого горошка связаны с сортовыми признаками семян, поэтому селекционер легко может определить перспективы дальнейшего использования селекционного материала по этим параметрам.

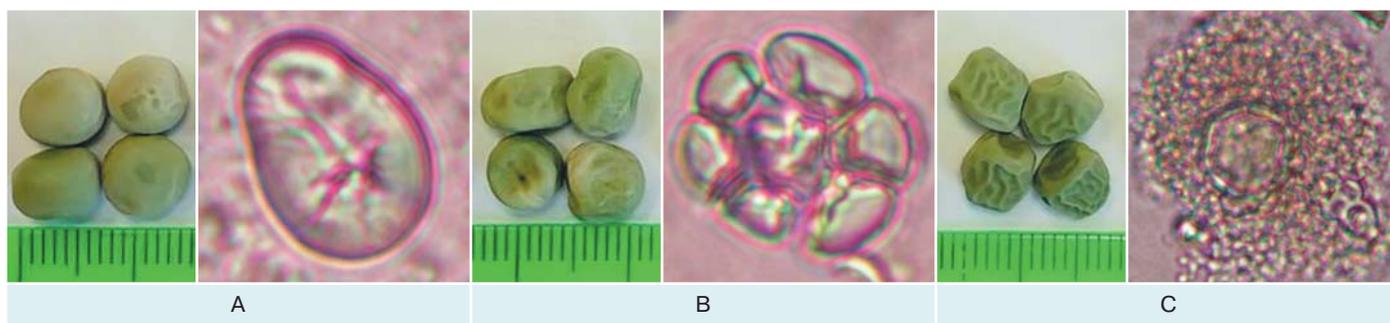
В настоящее время по всем направлениям использования предпочтение отдается сортам с зеленой и темно-зелёной окраской семядолей. По признаку «масса 1000 семян» сорта могут использоваться следующим образом: для производства консервов «зеленый горошек» используют горох овощной мозговых сортов со средним размером массы 1000 семян – 170-200 грамм. Особым спросом пользуются сорта с массой менее 160 грамм, для изготовления консервов премиум класса. Для сублимации пригодны сорта с сочетанием признаков массы 1000 семян менее 180 грамм и стойкой зеленой окраской семядолей. Для заморозки востребованы сорта с более крупными семенами массой 1000 штук – 180-220 грамм и ярко-зеленой или темно-зеленой окраски [9].

При создании сортов с высоким качеством зеленого горошка селекционеры уделяют особое внимание отбору селекционного материала на сочетание таких независимо наследуемых признаков, как окраска (рис. 1А), форма и тип поверхности семян (рис. 1Б).

По типу поверхности семена делятся на гладкие (рис. 2А), переходные (с мелкой ячеистостью или с мелким вдавлением) (рис. 2В) и морщинистые (мозговые) (рис. 2С). Мозговые семена являются наиболее пригодными для производства консервов «зеленый горошек». Гладкие и округлые, округлые с мелкой ячеистостью или с мелким вдавлением более пригодны для сублимации. Мозговые сорта отличаются по степени морщинистости семян, которая напрямую связана с накоплением крахмала в период технической спелости и содержанием амилозной фракции [10]. Семена мозговых сортов, пригодные для консервирования содержат в составе крахмала 70-90% амилозы и 10-30% амилопектина [11]. Высокоамилозные сорта содержат амилозы свыше 80%. То есть, показатель «содержание амилозы» в крахмале сухих семян является одним из важнейших признаков оценки сортов на качество зеленого горошка



**Рис. 1. Расщепление по признаку окраска (А) и тип поверхности (В) семян у селекционных образцов гороха овощного в третьем поколении, 2022 год**  
**Fig. 1. Splitting by color (A) and surface type (B) of seeds in breeding samples of vegetable peas in the third generation, 2022**



**Рис. 2. Типы семян и соответствующих им типы крахмальных зерен у гороха овощного**  
**Fig. 2. Types of seeds and their corresponding types of starch grains in vegetable peas**

Объективным критерием косвенной оценки качества зеленого горошка может служить микроструктура крахмальных зерен биологически зрелых семян гороха овощного (при помощи микроскопии) [9]. Крахмальные зерна отличаются по размеру и имеют простую или сложную структуру – в зависимости от количества сегментов, на которые они распадаются. В ФГБНУ ФНЦО была разработана классификация типов крахмальных зерен сухих семян гороха овощного, по структуре которых можно оценить сорта на пригодность для консервирования зеленого горошка. Крахмальные зёрна можно классифицировать на три типа, которые опосредованно связаны со степенью морщинистости семян:

**I тип** – простые с радиальными щелями или с двумя сегментами у семян с гладкой поверхностью (рис. 2A);

**II тип** – сложные, распадающиеся на три и более сегмента, которые чаще всего встречаются у семян с мелкой ячеистостью или мелкими вдавлениями (рис. 2B);

**III тип** – полуразрушенные простые угловатые сегменты сложных крахмальных зерен с мелкими осколками в виде пыли, характерные для сильно морщинистых семян (рис. 2C).

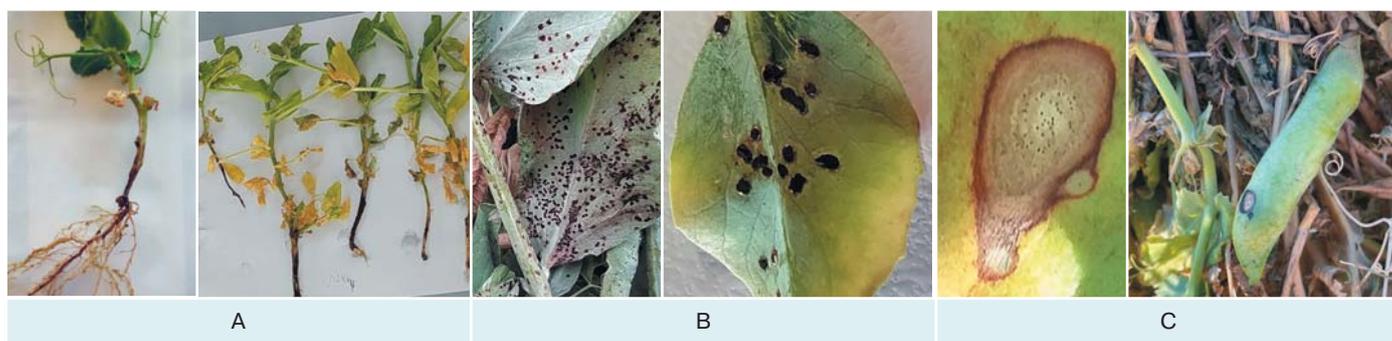
На длительность периода технической спелости и качество гороха оказывают влияние: форма семян [12], их размер [13], содержание сахара [14] и количество амилозной фракции в крахмале [15; 16]. При этом установлено, что мелкосемянные сорта обладают высоким содержанием амилозы в крахмале и более продолжительным периодом технической спелости [10], поэтому эти сорта наиболее ценятся на рынке зеленого горошка [13]. Следует отметить, что мелкоморщинистые сорта (III типа, рис. 2C)

содержат высокий процент амилозы независимо от крупности семян. Период технической спелости таких высокоамилозных сортов более продолжительный и составляет 5-7 суток с сохранением качества зеленого горошка независимо от погодных условий [12; 17].

### **Селекция на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам.**

Поиск устойчивых и агрономически адаптированных генотипов является серьезной проблемой, которую необходимо решать в приоритетном порядке [18]. В связи с чем, еще одним из важных направлений селекции гороха для стабилизации урожайности посевов является получение и выращивание устойчивых к наиболее вредоносным в регионе на культуре болезням. На селекционных и семеноводческих посевах бобовых культур специалисты центра по иммунитету и защите растений ежегодно проводят скрининг распространенных патогенов, среди которых в условиях Московской области чаще всего встречаются возбудители аскохитоза, ржавчины и фузариоза (рис. 3).

Наличие и степень развития этих болезней зависит от устойчивости анализируемых образцов и погодных условий в период вегетации. В отдельные годы их развитие может носить характер эпифитотий, что, наряду с иммунологической оценкой на искусственном инфекционном фоне, позволяет проводить эффективный отбор устойчивых форм. Среди сортов селекции ФГБНУ ФНЦО источником групповой устойчивости к отмеченным микозам является позднеспелый сорт Триумф с усатым типом листа, устойчивый к полеганию за счет механической прочности стебля (рис. 4).



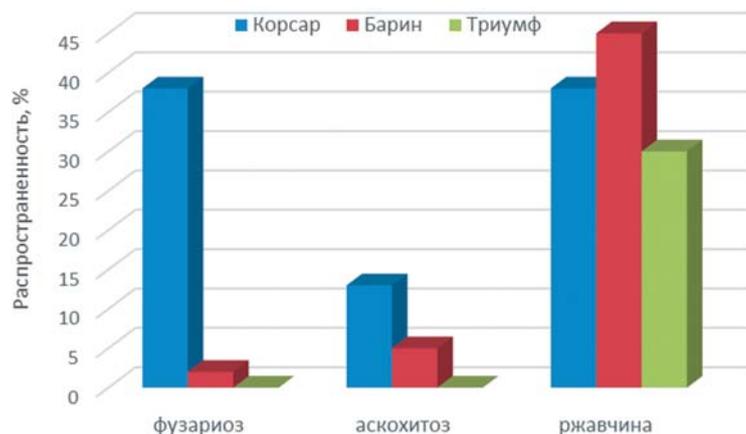
**Рис. 3. Распространенные болезни гороха овощного:**

**A – фузариоз *Fusarium spp.* Link,**

**B – ржавчина *Uromyces pisi* Schroet, C – аскохитоз *Ascochyta pinodes* Jones и *Ascochyta pisi* Libert**

**Fig. 3. Common diseases of vegetable peas: A – fusarium *Fusarium spp.* Link,**

**B – rust *Uromyces pisi* Schroet, C – ascochyta *Ascochyta pinodes* Jones and *Ascochyta pisi* Libert**



**Рис. 4. Распространенность микозов на сортах гороха овощного (естественный инфекционный фон, МО, 2022 год)**  
**Fig. 4. Prevalence of mycoses on vegetable pea varieties (natural infectious background, MO, 2022)**

Знания ученых иммунологов о генетике устойчивости расширяются, и теперь у гороха идентифицированы молекулярные маркеры, связанные с генами/QTL (локусами количественных признаков) устойчивости ко многим заболеваниям и абиотическим стрессам [20-23]. Применение таких знаний по картированию на культуре гороха дает возможность использовать в селекционных программах молекулярные маркеры генов, связанных с устойчивостью ко многим патогенам [24-27]. Эти внедряемые геномные ресурсы позволяют отработать эффективную стратегию планирования борьбы с важными возбудителями и ускорять получение сортов гороха устойчивых к распространенным патогенам.

В последние годы селекционеры и семеноводы-оригинаторы центра, помимо распространенных в регионе болезней на горохе, сталкиваются с симптомами физиологического нарушения развития семян. Такое образования некротических пятен на поверхности семядолей, встречаются и на других зернобобовых культурах, не зависимо от сорта и эколого-географической зоны выращивания, причиной этого явления становится вторичное (дождевое) увлажнение семян, ещё не убранных в поле созревших растений [19]. Оно выражается в деформации и нарушении целостности внешней оболочки в виде разводов и трещин, предположительно, в результате резких колебаний влажности в период налива и созревания (рис. 5). Несмотря на отсутствие патогенов и сохранения жизнеспособности, полученные семена все же теряют свои товарные качества из-за внешнего вида, их приходится отбраковывать,

что приводит к большим потерям и соответствующим затратам при размножении культуры.

Основную оценку устойчивости к этому повреждению селекционных образцов и сортов в основном проводили при ведении оригинального и репродуктивного семеноводства. Селекционер же при отборе перспективного материала, особенно в первых поколениях, не бракует особо ценные продуктивные формы с данными симптомами, но учитывает этот признак при дальнейшей работе с ними. В настоящее время в центре изучаются причины этого явления, разрабатываются методические подходы ведения селекции в данном направлении, а также ведется поиск агротехнических мероприятий, которые позволят снизить риск действия стрессов, приводящих к такому физиологическому нарушению.

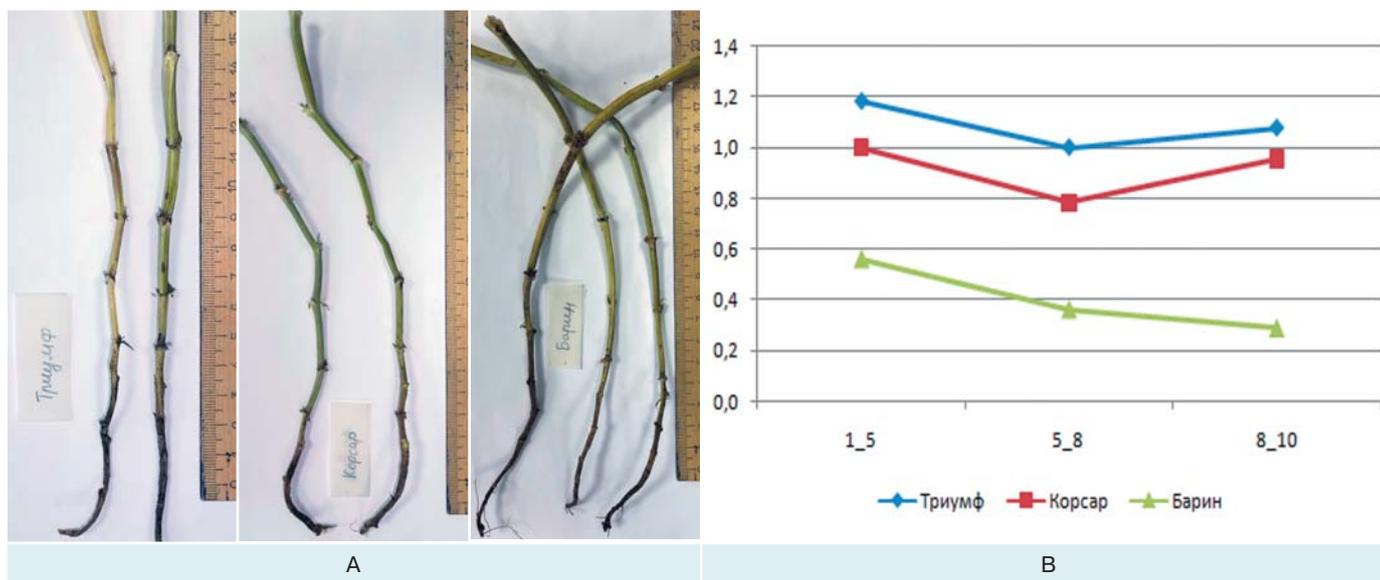
**Селекция на продуктивность и устойчивость стебля к полеганию.** Урожайность гороха определяется количеством сформировавшихся продуктивных узлов на растении, числом завязавшихся бобов на узле и числом семян в бобе. Данные признаки во многом зависят от погодных условий [28], так как засуха и в первую очередь сроки ее наступления, отрицательно влияют на эти показатели. Решением данной проблемы может служить применение орошения, которое приведет к снижению стресса и увеличению урожайности гороха овощного. Еще одним решением может служить создание сортов гороха различных сроков созревания, обладающие высоким адаптивным потенциалом к неблагоприятным факторам внешней среды [29; 30]. То есть, внесенные изменения в генотип должны быть направлены не только на повышение урожайности, но и должны учитывать отношение новых форм к различным стрессам, которые во многих странах заметно изменяются в последние годы. Причем для усовершенствования новых сортов гороха, имеющих новые признаки морфотипа, необходимо углубленное изучение зависимости урожайности и составляющих элементов продуктивности таких форм [31; 32].

Также к основным лимитирующим факторам урожайности гороха относится полегание стебля, которое способствует распространению болезней, снижает урожайность высокопродуктивных сортов и приводит к увеличению затрат при их производстве [33; 34].

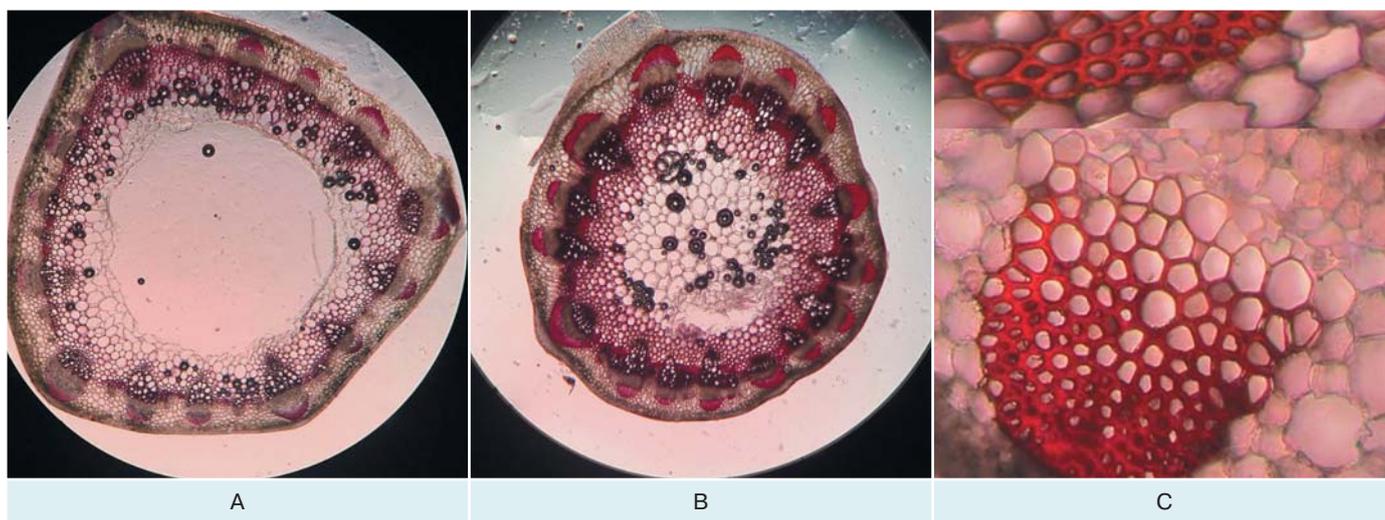
Мировая селекция десятилетиями решала проблему устойчивости стебля гороха овощного к полеганию за счет модификации архитектуры растения, что привело к получению более стабильных и высоких урожаев. Из «лианы» в 1,5 – 3 метра растение гороха преобразовалось в полукарликовое с укороченными междоузлиями, длиной стебля 50-80 см с оптимальным числом продук-



**Рис. 5. Симптомы физиологического нарушения оболочки семян гороха овощного (сорт Триумф, 2022 год)**  
**Fig. 5. Symptoms of physiological disturbance of the shell of vegetable pea seeds (Triumph variety, 2022)**



**Рис. 6. Оценка прямолинейности (А) и удельная плотность стебля\* (В) растений различных сортов гороха овощного; УПС\* = масса стебля/объем стебля**  
**Fig. 6. Estimation of straightness (A) and specific density of the stem\* (B) of plants of various varieties of vegetable peas; SDS\* = stem mass /stem volume**

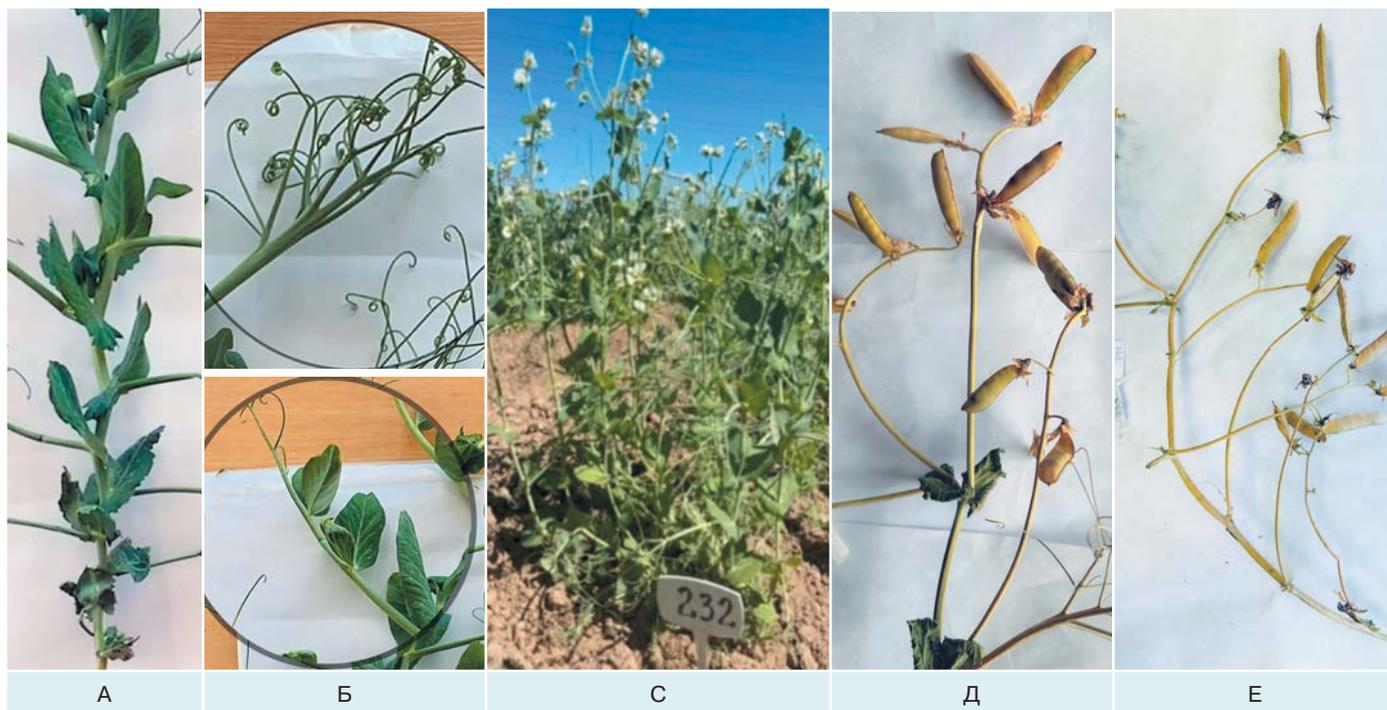


**Рис. 7. Микроскопия поперечных срезов стебля гороха овощного полегающего сорта Виола (А), неполегающего сорта Триумф (В) и накопление лигнина в обкладке клеток (С)**  
**Fig. 7. Microscopy of cross sections of the stem of vegetable peas of the lying variety Viola (A), non-lying variety Triumph (B) and accumulation of lignin in the cell lining (C)**

тивных узлов. К созданию полукарликовых форм добавили видоизменения листовых пластинок – усатые формы (ген af) [3; 35; 36]. Благодаря усикам растения более активно скрепляются между собой, в результате чего устойчивость растений повышается [37; 38]. Неполегаемость растений гороха связана также с более прочными и толстыми стенками стебля и более высокой кинетической энергией, необходимой для его разрезания [39; 40]. Ученые установили, что прочность стебля гороха коррелирует с такими признаками как сила сгибания, толщина сжатого стебля и диаметр стебля, однако, стоит заметить, что наследуемость этих признаков достаточно низкая [33; 41].

Исследование индетерминантных сортов гороха овощного селекции ФГБНУ ФНЦО с различной устойчивостью к полеганию выявили существенные различия между ними по форме и строению стебля. В фазу технической спелости бобов устойчивый сорт Триумф имел прямолинейный стебель, у сорта Корсар отмечена слабая изогнутость и четко выраженная наблюда-

лась у стебля полегающего сорта Барин (рис. 6А). Оценка удельной плотности также показала существенное преимущество сорта Триумф в механической прочности стебля перед сортами Барин и Корсар (рис. 6В), как и сравнение анатомического строения стебля по срезам с подкрашиванием лигнина с помощью флороглюцина (Phloroglucinol for microscopy), который содержится в склеренхимной обкладке и обеспечивает прочность этих тканей. Микроскопия препаратов с поперечными срезами стебля между 4 и 5 узлами у устойчивого к полеганию сорта Триумф и полегающего сорта Виола показала, что сорт Триумф имеет более округлый поперечный срез, четко выраженные крупные коллатеральные проводящие пучки, наибольшее количество склеренхимной ткани, заполненную паренхимой сердцевину – внутреннюю полость (рис. 7А). Тогда как срез у полегающего сорта Виола, заметно отличался – имел большую внутреннюю полость, коллатеральные пучки с менее четкой склеренхимной обкладкой, менее выраженный слой камбия (рис. 7В).



**Рис. 8. Признаки морфотипа гороха овощного: А – укороченные междоузлия, В – усатый и простой тип листа, С – образец с детерминантным типом роста стебля и усатым типом листа, Д – детерминантный образец с 2,5 продуктивными узлами, Е – детерминантный образец с 6,5 продуктивными узлами.**  
**Fig. 8. Signs of the morphotype of vegetable peas: A – shortened internodes, B – whiskered and simple leaf type, C – a sample with a determinant type of stem growth and a whiskered leaf type, D – a determinant sample with 2,5 productive nodes, E – a determinant sample with 6,5 productive nodes.**

Таким образом, проблему полегания стебля селекционеры центра решают путем создания новых морфотипов, используя такие признаки как прочный стебель, укороченные междоузлия (рис. 8А), усатый тип листа (рис. 8В), детерминантный тип роста стебля (рис. 8С). В лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур в результате использования классических методов селекции были получены формы, обладающие сочетанием таких признаков. Однако в процессе работы было отмечено, что такие формы, в основном характеризовались низкой продуктивностью, формируя от 1,5 до 2,5 продуктивных узлов на растении (рис. 8Д).

Направленная селекция по увеличению продуктивности, позволила в результате применения насыщающих скрещиваний увеличить число продуктивных узлов таких растений до 4,5-6,5 (рис. 8Е). Образцы такого морфотипа являются перспективными в решении проблем механизированной уборки культуры.

В результате проведенных скрещиваний в ФГБНУ ФНЦО в условиях защищенного грунта в зимне-весенний период 2019 года был получен индетерминантный полукарликовый образец среднеспелой группы спелости (15 непродуктивных узлов). Он имел высокие показатели продуктивности: до пяти-семи продуктивных



**Рис. 9. Выделенный образец №239 гороха овощного с высокой продуктивностью и зелеными мозговыми семенами, 2022 год (А – начало биологической спелости, В – полная биологическая спелость, С – семена)**  
**Fig. 9. Isolated sample №239 of vegetable peas with high productivity and green brain seeds, 2022 (A – the beginning of biological ripeness, B – full biological ripeness, C – seeds)**

узлов, высокое число бобов на узле (пять штук), семь-девять семян в бобе. Таким образом, число бобов с растения у полученного образца достигало тридцати, а семян с растения – 150-180 штук. А наличие зеленой окраски семядолей и морщинистой поверхности семян с массой 1000 штук в пределах 170-180 грамм позволяет его отнести к перспективным для использования в консервной промышленности (рис. 9).

Растения и семена полученного образца – здоровые, без повреждений, что позволяет судить о наличии у данного образца устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды. В 2023 году образец из селекционного питомника передан на испытание в контрольный питомник лаборатории для дальнейшей оценки.

### Заключение

В ФГБНУ ФНЦО ведутся исследования в области селекции и семеноводства гороха овощного уже более ста лет. В настоящее время, как и на протяжении всего периода селекционной работы с культурой, приоритетными направлениями являются: качество зеленого горошка; пригодность к механизированной

уборке, увеличение устойчивости к болезням и различным абиотическим стрессам, урожайность.

Ученые центра создают новые и размножают уже востребованные сорта как для производства консервов «зеленый горошек», так и для садоводов-любителей. Также на основе ранее полученного устойчивого к полеганию сорта Триумф с прочным стеблем, ведутся исследования на данный признак. Сорт Триумф ежегодно используется в комбинациях прямых и обратных скрещиваний в качестве родителя (материнского или отцовского), с последующим отбором перспективных форм с сочетанием хозяйственно ценных признаков. При проведении гибридизации также используют мелкосемянные образцы для получения устойчивых к полеганию форм разных групп спелости с высоким качеством горошка. Одновременно на семеноводческих и селекционных посевах, в том числе и опытных, ведется скрининг болезней и вредителей специалистами по иммунитету и защите растений. В последние годы получена селекционно ценная форма с высокой продуктивностью, которая уже включена в селекционные питомники сортоиспытаний.

#### Об авторах:

**Ирина Михайловна Кайгородова** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, SPIN-код: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, автор для переписки, [kaigorodova-i@mail.ru](mailto:kaigorodova-i@mail.ru)

**Ирина Петровна Котляр** – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, SPIN-код: 6085-2235, <https://orcid.org/0000-0002-0458-9698>; [irinacotlyar@yandex.ru](mailto:irinacotlyar@yandex.ru)

**Владимир Анатольевич Ушаков** – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур; SPIN-код: 2133-3040; <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>; [goroh@vniissok.ru](mailto:goroh@vniissok.ru)

**Ирина Александровна Енгальчева** – зав. лаборатории молекулярно-иммунологических исследований; SPIN-код: 2084-2830; <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>; [engirina1980@mail.ru](mailto:engirina1980@mail.ru)

**Елена Георгиевна Козарь** – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований; <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>; [kozar\\_eg@mail.ru](mailto:kozar_eg@mail.ru)

#### About the Authors:

**Irina M. Kaigorodova** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, SPIN-код: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, Correspondence Author, [kaigorodova-i@mail.ru](mailto:kaigorodova-i@mail.ru)

**Irina P. Kotlyar** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-0458-9698>; [irinacotlyar@yandex.ru](mailto:irinacotlyar@yandex.ru)

**Vladimir A. Ushakov** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>; [goroh@vniissok.ru](mailto:goroh@vniissok.ru)

**Irina A. Engalycheva** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>; [engirina1980@mail.ru](mailto:engirina1980@mail.ru)

**Elena G. Kozar** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>; [kozar\\_eg@mail.ru](mailto:kozar_eg@mail.ru)

#### • Литература

1. FAOSTAT, 2021.
2. Foyer C.H., Lam H.M., Nguyen H.T. et al. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*. 2016;2:1-10. DOI:10.1038/NPLANTS. 2016.112.
3. Khan T.N., Mdeldrum A., Croser J.S. et al. Pea: Overview. In *Encyclopedia of Food Grains*, 2nd ed.; Academic Press: Oxford. UK. 2016;1:324–333.
4. Lado B., Vazquez D., Quincke M. et al. Resource allocation optimization with multi-trait genomic prediction for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) baking quality. *Theor. Appl. Genet.* 2018;131:2719–2731. DOI:10.1007/s00122-018-3186-3.
5. Falconer D.S., Mackay T.F.C. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Pearson/Longman: Harlow. UK. 1996.
6. Jia Y., Jannink J.L. Multiple-trait genomic selection methods increase genetic value prediction accuracy. *Genetics*. 2012;192(4):1513–1522. DOI:10.1534/genetics.112.144246.
7. Lee R.C., Grime C.R., O'Driscoll K. et al. Field pea (*Pisum sativum*) germplasm screening for seedling ascochyta blight resistance and genome-wide association studies reveal loci associated with resistance to *Peyronella pinodes* and *Ascochyta koolunga*. *Phytopathology*. 2023;113(2):265-276. DOI:10.1094/PHYTO-02-22-0051-R.
8. Котляр И.П., Добруцкая Е.Г. особенности корреляций между количественными признаками родительских форм и гибридов пер-

вого поколения гороха овощного. *Овощи России*. 2013;(1):26-29. DOI: 10.18619/2072-9146-2013-1-26-29. EDN QCJHMD.

9. Кайгородова И.М., Ушаков В.А., Голубкина Н.А., Котляр И.П., Пронина Е.П., Антошкина М.С. Пищевая ценность, качество сырья и продовольственное значение культуры гороха овощного (*Pisum sativum* L.). *Овощи России*. 2022;(3):16-32. DOI:10.18619/2072-9146-2022-3-16-32. EDN WLXVHJ.

10. Путина О.В. Селекционная ценность овощного гороха разных морфотипов в условиях Краснодарского края. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Санкт Петербург. 2018;18 с.

11. Ломачинский В.А., Мегердичев Е.Я. Требования к качеству зелёного горошка для консервирования, замораживания и сушки. *Сборник научных трудов ВНИИССОК*. М. 2009;(43)99–104.

12. Пронина Е.П., Котляр И.П., Кайгородова И.М., Ушаков В.А. Направления селекции гороха овощного консервного использования во ВНИИССОК. *Овощи России*. 2014;(4):28–29. DOI:10.18619/2072-9146-2014-4-28-29. EDN TJALAP.

13. Ушаков В.А., Котляр И.П., Кайгородова И.М. Селекция гороха овощного для консервной промышленности с мелким размером зерна. *Овощи России*. 2021;(2):5-10. DOI:10.18619/2072-9146-2021-2-5-10. EDN ATMMFJ.

14. Bastianelli D., Grosjean F., Peyronnet C., Duparque M., Régnier J. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.) Chemical composition of different categories of pea. *Animal science*. 1998;67(3):609–619.

DOI:10.1017/S1357729800033051.

15. Княгиничев М.И., Самарина Л.Н. Содержание и свойства крахмала овощных сортов гороха в процессе созревания. *Прикладная биохимия и технология*. Т.IX. 1973;(3):436–442.

16. Самарин Н.А., Самарин С.Н. Конвейер сортов гороха овощного для консервной промышленности. *Овощи России*. 2013;(1):68–72. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-68-72. EDN QCJHPZ.

17. Котляр И.П., Пронина Е.П., Ушаков В.А., Бландинский Е.В. Сорта гороха овощного консервного использования селекции ВНИИССОК. *Овощи России*. 2012;(2):38–40. DOI:10.18619/2072-9146-2012-2-38-40. EDN PCCZUZ.

18. Martins D., Araujo S.D.S., Rubiales D., Vaz Patto M.C. Legume crops and biotrophic pathogen interactions: A continuous cross-talk of a multilayered array of defense mechanisms. *Plants*. 2020;(9):1460. DOI: 10.3390/plants9111460.

19. Зеленцов С.В., Саенко Г.М., Мошненко Е.В., Будников Е.Н. Первичная причина развития семядольного бактериоза у сои и других зернобобовых культур. *Масличные культуры*. 2021;1(185):73–89. DOI: 10.25230/2412–608X–2021–1–185–73–89.

20. Singh A.K., Kushwaha C., Singh A.K. et al. Rust (*Uromyces viciae-fabae* Pers. de-Bary) of Pea (*Pisum sativum* L.): Present Status and Future Resistance Breeding Opportunities. *Genes*. 2023;14(2):374. DOI: 10.3390/genes14020374.

21. Kushwaha C., Chand R., Singh A.K., Kumar M., Srivastava C.P. Differential Induction of  $\beta$ -1, 3-Glucanase Gene in Expression of Partial Resistance to Rust (*Uromyces fabae* (Pers.) de-Bary) in Pea (*Pisum sativum* L.). *Russ. J. Plant Physiol.* 2018;65:697–701. DOI:10.1134/S1021443718050114.

22. Yadav A.S., Singh A.K., Chand R., Vaish S.S. Genetic characterization and population structure of pea (*Pisum sativum* L.) by molecular markers against rust (*Uromyces viciae-fabae*) in newly developed genotypes. *Sustainability*. 2022;14(22):15082. DOI:10.3390/su142215082.

23. Ijaz U., Sudheesh S., Kaur S. et al. Mapping of two new rust resistance genes Uvf-2 and Uvf-3 in faba bean. *Agronomy*. 2021;11(7):1370. DOI:10.3390/agronomy11071370.

24. Singh J., Sirari A., Singh H. et al. Identifying and validating SSR markers linked with rust resistance in lentil (*Lens culinaris*). *Plant Breed.* 2021;(140):477–485. DOI: 10.1111/pbr.12917.

25. Wu X., Wang B., Xin Y. et al. Unravelling the genetic architecture of rust resistance in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by combining QTL-Seq and GWAS analysis. *Plants*. 2022;11(7):953. DOI:10.3390/plants11070953.

26. Devi J., Mishra G.P., Sagar V. et al. Gene-based resistance to erysiphe species causing powdery mildew disease in peas (*Pisum sativum* L.). *Genes*. 2022;13:316. DOI:10.3390/genes13020316.

27. Yan J., Chen J., Lin Y. et al. Mapping of quantitative trait locus reveals PsXI gene encoding xylanase inhibitor as the candidate gene for bruchid (*Callosobruchus* spp.) resistance in pea (*Pisum sativum* L.). *Front. Plant Sci.* 2023;(14):1057577. DOI:10.3389/fpls.2023.1057577.

28. Dacko M., Zając T., Synowiec A. et al. New approach to determine biological and environmental factors influencing mass of a single pea (*Pisum sativum* L.) seed in Silesia region in Poland using a CART model. *Eur J Agron.* 2016;(74):29–37. DOI:10.1016/j.eja.2015.11.025.

29. Benezit M., Biarnes V., Jeufroy M.H. Impact of climate and diseases on pea yields: what perspectives with climate change? *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*. 2017;24(1):D103. DOI:10.1051/ocl/2016055.

30. Klimek-Kopyra A., Zając T., Skowera B., Styrac N. The effect of water shortage on pea (*Pisum sativum* L.) productivity in relation to the pod position on the stem. *Acta Agrobot.* 2017;70(3):1719. DOI:10.5586/aa.1719.

31. Vasileva V., Kosev V., Kaya Y. Evaluation of forage pea lines in regard to earliness and grain yield. Proceedings of II. International agricultural, biological & life science conference. Edirne, Turkey. 2020;1145–1150.

32. Kalapchieva S., Vasileva V., Kosev V., Yalcin K. Dependency analysis of quantitative traits and grain productivity in garden pea (*Pisum sativum* L.) III. Balkan Agriculture Congress, Conference Paper. Edirne, Turkey. 2021;19–23.

33. Smithcher J., Weeden N. Quantitative trait loci controlling lodging resistance and other important agronomic traits in dry field peas. *Crop Science*. 2019;(59):1442–1456. DOI:10.2135/cropsci2018.04.0260.

34. Taran B., Warkentin T., Somers D.J. et al. Quantitative trait loci for

lodging resistance, plant height and partial resistance to mycosphaerella blight in field pea (*Pisum sativum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2003;(107):1482–1491. DOI: 10.1007/s00122-003-1379-9.

35. Siddique K.H.M., Erskine W., Hobson K., Knights E.J. et al. Cool-season grain legume improvement in Australia – Use of genetic resources. *Crop Pasture Science*. 2013;(64):347–360. doi.org/10.1071/CP13071.

36. Warkentin T.D., Smykal P., Coyne C.J. et al. Grain Legumes. NY, USA. 2015;37–83.

37. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А., Кононова М.Е. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020;1(33):4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147. EDN BZYCUW.

38. Mikic A., Mihailovic V., Cupina B. et al. Genetic background and agronomic value of leaf types in pea (*Pisum sativum*). *Ratar. i Povrt.* 2011;48:275–284.

39. Skubisz G., Kravtsova T.I., Velikanov L.P. Analysis of the strength properties of pea stems. *Int. Agrophys.* 2007;(21):189–197.

40. Кайгородова И.М., Голубкина Н.А., Ушаков В.А. Изучение устойчивости гороха овощного (*Pisum sativum* L.) к полеганию. Конференция «100 лет научному обеспечению эффективного использования генетических ресурсов бобовых в России». *Тезисы докладов. ВИР*. 2022;362-363. DOI 10.30901/978-5-907145-90-0.

41. Beeck C.P., Wroth J.M., Cowling W.A. Additive genetic variance for stem strength in field pea (*Pisum sativum*). *Aust. J. Agric. Res.* 2008;59:80–85. DOI:10.1071/AR07069.

#### • References (In Russ.)

8. Kotlyar I.P., Dobrutskaya E.G. Correlation features between quantitative traits of the parental forms and hybrids of the first generation of pea. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):26–29. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-26-29. EDN QCJHMD. (In Russ.)

9. Kaigorodova I.M., Ushakov V.A., Golubkina N.A., Kotlyar I.P., Pronina E.P., Antoshkina M.S. Nutritional value, quality of raw materials and food value of vegetable pea culture (*Pisum sativum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):16–32. DOI:10.18619/2072-9146-2022-3-16-32. (In Russ.). EDN WLXVHJ.

10. Putina O.V. Breeding value of vegetable peas of different morphotypes in the conditions of the Krasnodar region. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Saint Petersburg. 2018;18p. (In Russ.).

11. Lomachinsky V.A., Megerdichev E.Y. Requirements for the quality of green peas for canning, freezing and drying. Collection of scientific works. VNISSOK. M. 2009;(43)99–104. (In Russ.)

12. Pronina E.P., Kotlyar I.P., Kaygorodova I.M., Ushakov V.A. Aspects of breeding in vniissok of green pea for canning. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(4):28–29. DOI:10.18619/2072-9146-2014-4-28-29. (In Russ.). EDN TJALAP.

13. Ushakov V.A., Kotlyar I.P., Kaigorodova I.M. Selection of green peas for the canning industry with a small grain size. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(2):5–10. DOI:10.18619/2072-9146-2021-2-5-10. (In Russ.). EDN ATMMFJ.

15. Knyaginichev M.I., Samarina L.N. The content and properties of starch of vegetable varieties of peas in the ripening process. *Applied biochemistry and technology*. Vol.IX. 1973;(3):436–442. (In Russ.).

16. Samarina N.A., Samarina S.N. Characteristics of chain of pea varieties for vegetable canning. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):68–72. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-68-72. (In Russ.). EDN QCJHPZ.

17. Kotlyar I.P., Pronina E.P., Ushakov V.A., Blandinsky E.B. Canning green pea varieties of vniissok breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(2):38–40. DOI:10.18619/2072-9146-2012-2-38-40. (In Russ.). EDN PCCZUZ.

37. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A., Kononova M.E. Selection of whiskered varieties of peas in the Federal Research Center for Legumes and cereals. *Legumes and Groat Crops*. 2020;1(33):4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147. (In Russ.) EDN BZYCUW.

40. Kaigorodova I.M., Golubkina N.A., Ushakov V.A. A study of lodging resistance in garden pea (*Pisum sativum* L.). Conference «100 years of scientific support for the effective use of legume genetic resources in Russia». Abstracts of reports. VIR. 2022;362-363. DOI 10.30901/978-5-907145-90-0. (In Russ.)