

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 635.656:581.1:631.52(470.620)
DOI: 10.30901/2227-8834-2025-1-106-120



Влияние погодных факторов на элементы семенной продуктивности гороха при репродукции коллекции ВИР на Адлерской опытной станции

Е. В. Семенова¹, Л. Ю. Новикова¹, А. П. Бойко², М. А. Вишнякова¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Адлерская опытная станция – филиал ВИР, Сочи, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Семенова, e.semenova@vir.nw.ru

Актуальность. Анализ влияния агроклиматических условий на формирование урожайности гороха в условиях влажных субтропиков Кавказа важен для выяснения оптимальных режимов тепло- и влагообеспеченности, а также для выявления образцов со стабильной продуктивностью в качестве исходного материала для селекции в регионе.

Материал и методы. Объект исследования – 453 образца гороха из коллекции ВИР, проходившие первичное полевое изучение на Адлерской опытной станции ВИР в 2020–2022 гг. Изучаемая выборка содержала разнообразный материал по направлениям использования образцов и географии их происхождения. Полевое фенотипирование выборки из коллекции гороха осуществляли в соответствии с методическими указаниями ВИР. Статистическая обработка данных проведена в программе Statistica 13.3.

Результаты. Доля влияния погодных условий на фенотипические признаки, определяющие урожайность гороха, в среднем составила 44,0%, генотипическая составляющая – 32,7%. Наибольшее влияние генотипа проявилось по отношению к числу непродуктивных узлов (97,0%), к массе 1000 семян (83,6%), длине стебля (81,1%), числу цветков в кисти (80,9%), максимальному числу семян в бобе (71,0%), крупности боба (68,3%), среднему числу бобов на растении (51,0%). Максимально высокое влияние среды выявлено по отношению к продолжительности вегетационного периода (79,0%) и периоду «всходы – цветение» (65,1%).

Заключение. Критическими для гороха в 2020–2022 гг. явились избыточные осадки и высокие температуры воздуха в период созревания. Закономерности формирования семенной продуктивности различны у сортов трех направлений использования: зернового, овощного и кормового. Выявлены наиболее продуктивные образцы, а также образцы со стабильной продуктивностью на фоне погодных флуктуаций в течение трех лет.

Ключевые слова: горох, погода, влажные субтропики Кавказа, коллекция ВИР, влияние среды и генотипа, ANOVA

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Семенова Е.В., Новикова Л.Ю., Бойко А.П., Вишнякова М.А. Влияние погодных факторов на элементы семенной продуктивности гороха при репродукции коллекции ВИР на Адлерской опытной станции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(1):106-120. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-1-106-120

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-1-106-120

The effect of weather factors on seed productivity components in pea accessions from VIR during their reproduction at Adler Experiment Station

Elena V. Semenova¹, Liubov Yu. Novikova¹, Alexander P. Boyko², Margarita A. Vishnyakova¹¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Adler Experiment Station – branch of VIR, Sochi, Russia**Corresponding author:** Elena V. Semenova, e.semenova@vir.nw.ru

Background. An analysis of the effect of agroclimatic conditions on the formation of pea yields in the humid subtropics of the Caucasus is important to determine optimal modes of heat and moisture supply, as well as to identify accessions with stable productivity as source material for breeding in the region.

Material and methods. The materials of the study included 453 pea accessions from the VIR collection, which underwent a primary field study at Adler Experiment Station of VIR in 2020–2022. The studied set of accessions was characterized by diverse uses and various geographic origins. Field phenotyping was carried out in accordance with VIR's guidelines. Statistical data processing was performed using the Statistica 13.3 software.

Results. The effect size of the influence of weather conditions on phenotypic traits determining pea yield averaged 44.0%, and its genotypic component was 32.7%. The greatest effect of the genotype was manifested on the number of nonproductive nodes (97.0%), 1000-seed weight (83.6%), stem length (81.1%), number of flowers per raceme (80.9%), maximum number of seeds per pod (71.0%), pod size (68.3%), and average number of pods per plant (51.0%). The maximum influence of the environment was recorded for the durations of the growing season (79.0%) and the period from sprouting to flowering (65.1%).

Conclusion. Excessive precipitation and high air temperatures during the maturation period were critical for peas during the years of studying. The patterns of seed productivity formation differed among the cultivars grown for three different uses: grain, vegetable, and fodder. The most productive accessions were identified, as well as those with stable productivity under weather fluctuations across the three years of testing.

Keywords: pea, weather, humid Caucasian subtropics, VIR collection, effect of environment and genotype, ANOVA

Acknowledgements: the work was performed within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0002 "Identifying possibilities in the genetic diversity of leguminous crops to optimize their breeding and diversify uses in various sectors of the national economy".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Semenova E.V., Novikova L.Yu., Boyko A.P., Vishnyakova M.A. The effect of weather factors on seed productivity components in pea accessions from VIR during their reproduction at Adler Experiment Station. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(1):106-120. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-1-106-120

Введение

Коллекция гороха ВИР насчитывает 8302 образца, поступивших из всех регионов мира, где возделывают горох, и представляет собой репрезентативную выборку мирового разнообразия вида *Pisum sativum* L.

Известно, что горох посевной – вид очень полиморфный и вместе с тем пластичный. По определению Л. И. Говорова: «Большое разнообразие экологических типов и форм гороха обеспечивает весьма широкие возможности его возделывания почти во всех земледельческих районах Земного шара» (Govorov, 1937, p. 254). Из истории Всесоюзного института растениеводства (ВИР) известно, что самой северной точкой, где работали с коллекцией гороха, была Полярная опытная станция (ОС) на Кольском полуострове (67°36' с. ш., 33°38' в. д.); в географических посевах его выращивали в Печорском крае, Якутии и на Камчатке. Самой южной точкой работы с коллекцией был Среднеазиатский филиал ВИР в окрестностях Ташкента (41°18' с. ш., 69°15' в. д.), где лимитирующими факторами возделывания гороха являются недостаток влаги и повреждение насекомыми-вредителями (Govorov, 1937).

По традиционному для зернобобовых делению на культуры холодного и теплого климата горох относится к первой группе. Критическими для развития гороха в начале вегетации считают температуры ниже 5°C, а в репродуктивную стадию – выше 26–28°C, особенно при условии их ежедневного повторения в течение нескольких суток (Bueckert et al., 2015). Высокие температуры в репродуктивную стадию, которая более подвержена негативному воздействию теплового стресса, чем вегетативная (Prasad et al., 2017; Lamichaney et al., 2021), приводят к нарушению опыления и завязывания семян, тем самым уменьшая число бобов на растении и массу боба (Mohapatra et al., 2020). Кроме негативного влияния на продуктивность растения, высокие температуры оказывают отрицательное воздействие на накопление азота в семенах, что связано с более короткой продолжительностью наполнения им семян и снижением скорости накопления семенами сухого вещества (Larmure et al., 2019). При температуре выше 25°C процессы роста замедляются, а после 35°C приостанавливаются (Stepanov, 1963). Последнее особенно актуально при поддержании жизнеспособности коллекции гороха на юге России.

Около 20 лет одна из локаций, где репродуцируют коллекцию гороха ВИР, – Адлерская опытная станция – филиал ВИР (Адлерская ОС ВИР). Она находится в зоне влажных субтропиков на юге Краснодарского края. Краснодарский край – лидер в стране по валовому сбору овощного гороха, а в 2023 г. вошел в тройку регионов Российской Федерации (РФ), которые получили рекордный урожай этой культуры (PROyugAgro, 2023). Благоприятные условия для культивирования гороха в этом регионе, тем не менее, имеют ежегодные флуктуации температурного режима и осадков, что в значительной степени сказывается на семенной продуктивности культуры.

В контексте работы ВИР это имеет значение для пополнения свежего семенного фонда в коллекции, а в региональном масштабе – для производства гороха в Краснодарском крае. Поэтому изучение влияния погодных факторов на элементы продуктивности гороха в условиях влажных субтропиков актуально для определения оптимальных условий при поддержании образцов коллекции на Адлерской ОС ВИР, а также для выявления ис-

ходного материала для селекции в Северо-Кавказском регионе.

Цель исследования – анализ влияния погодных условий на семенную продуктивность образцов гороха разных направлений использования в условиях влажных субтропиков на Адлерской ОС ВИР.

Материал и методы

Материалом служили 453 образца гороха, проходивших первичное трехлетнее изучение на Адлерской ОС ВИР в 2020–2022 гг. Изучаемая выборка содержала разнообразный материал по происхождению и по направлениям использования гороха. В нее включены образцы, поступившие из 35 стран мира. Максимальное число образцов из РФ – 103. Они представлены двадцатью регионами РФ, что отражает ареал производства и селекции культуры в стране. Сравнительно большее число новых образцов, составивших изучаемую выборку, поступило из Китая – 57, Швеции – 32, Болгарии – 31, США и Франции – по 30, Сирии и Таджикистана – по 28, Беларуси – 21, Германии – 14, Австралии – 10 и т. д. В целом выборка отражает состояние распространенности культуры в мире. По селекционному статусу в нее вошли преимущественно сорта научной селекции (АС) – 45%, а также местные сорта (LR) – 26% и селекционный материал (BR) – 29%; по направлению использования: зерновые (176), овощные (95), кормовые (пелюшка) (182).

Оценку материала осуществляли в соответствии с методическими указаниями по изучению зернобобовых культур (Vishnyakova et al., 2018) и Международным классификатором СЭВ рода *Pisum* L. (Makasheva et al., 1986).

Семена высевали на делянках длиной 2,5 м, с междурядьями 70 см, расстояние между семенами – 5 см, глубина заделки семян – 3–4 см. Даты посева: 07.03 в 2020 г., 14.03 в 2021 г. и 27.04 в 2022 г. На полях Адлерской ОС ВИР распространены аллювиальные луговые слабоненасыщенные слабогумусные маломощные тяжелосуглинистые почвы.

Проанализированы 12 признаков, из которых три фенологических, определяющих продолжительность межфазных периодов: «всходы – цветение» (ВЦ, сут.); «цветение – созревание» (ЦС, сут.); «всходы – созревание» (ВС), что по сути является вегетационным периодом (ВП, сут.), и 9 признаков структуры семенной продуктивности: «длина стебля» (см), «число цветков в кисти» (шт.), «крупность боба» (балл), «число непродуктивных узлов» (шт.), «максимальное число семян в бобе» (шт.), «среднее число бобов на растении» (шт.), «масса 1000 семян» (г), «семенная продуктивность растения» (г), «урожай с м²» (г/м²). Балльное обозначение приведено в соответствии с классификатором рода *Pisum* L. (Makasheva et al., 1986).

Метеорологические условия эксперимента

Адлерская ОС ВИР расположена на северо-восточном побережье Черного моря в Краснодарском крае. Климат влажный субтропический. Условия вегетации образцов гороха в годы исследования (2020–2022) были контрастными (рис. 1). Сумма температур за вегетацию («всходы – созревание») составила 1378, 1343, 1239°C по годам соответственно (в среднем 1320°C), средняя температура 15,5, 15,8 и 19,6°C (в среднем 17,0°C); суммы осадков 166, 398, 173 мм (в среднем 245 мм).

Условия вегетации в годы исследования охарактеризованы агрометеорологическими показателями: суммой активных (выше 10°C) температур за вегетацию ($\sum T$) °C;

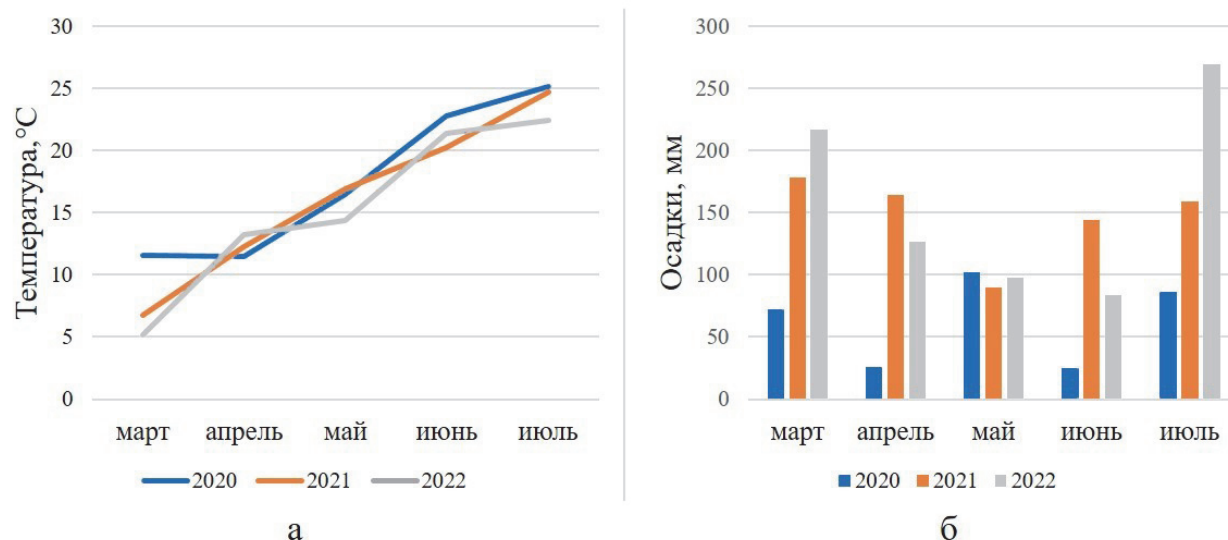


Рис. 1. Погодные условия вегетации гороха в 2020–2022 гг. на Адлерской опытной станции ВИР:

а) средняя месячная температура воздуха; б) месячная сумма осадков

Fig. 1. Weather conditions during pea growing seasons in 2020–2022 at Adler Experiment Station of VIR:

а) mean monthly air temperatures; б) monthly precipitation amounts

суммой осадков за этот период (P , мм) и гидротермическим коэффициентом Селянинова (ГТК). ГТК рассчитан по формуле (Mishchenko, 2009):

$$\text{ГТК} = \frac{P}{\sum T/10}$$

Оценка образцов по количественным признакам дана по их среднему значению за три года. Статистическая обработка проведена методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного анализов в пакете Statistica 13.3. Связь урожайности и агрометеорологических показателей исследована коэффициентами корреляции Спирмена из-за малого количества лет наблюдений. В исследовании принят уровень значимости 5%.

Результаты

Фенологические наблюдения свидетельствуют о варьировании, порою значительном, дат наступления фенологических фаз и продолжительности межфазных периодов за три года изучения (табл. 1).

Как правило, посев гороха на Адлерской ОС ВИР осуществляется не позднее середины марта. В 2022 г. в связи с большим количеством осадков в марте – апреле посев был проведен на полтора месяца позже. Однако затем вегетация проходила при повышенных температурах и малом количестве осадков: в период ВЦ средняя температура была 18,4°C, в то время как в 2021 г. – 12,6°C,

в 2020 г. – 14,0°C; в период ЦС в 2022 г. – 22,5°C, в 2021 и 2020 г. – 20,2 и 19,2°C соответственно.

При этом в период ВЦ в 2022 г. выпало мало осадков – 55 мм, в то время как в 2020 и 2021 г. – 104 и 220 мм соответственно.

Межфазные периоды ВЦ и ЦС были сопоставимы по продолжительности в 2020 и 2021 г., но укорочены по сравнению с этими показателями в 2022 г. (табл. 2).

В таблице 3 суммированы основные агроклиматические показатели за три года, семенная продуктивность растения и урожайность с квадратного метра. Очевидно, что наилучшим для урожайности был 2021 г., наихудшим – 2022 г.

Дисперсионный анализ показал (рис. 2), что на все 12 изученных признаков оказывали значимое влияние год и сорт (среда и генотип).

Наибольшее влияние генотипа проявилось по отношению к числу непродуктивных узлов (97,0%), к массе 1000 семян (83,6%), длине стебля (81,1%), числу цветков в кисти (80,9%), максимальному числу семян в бобе (71,0%), крупности боба (68,3%), среднему числу бобов на растении (51,0%). Влияние генотипа менее 50% наблюдалось по отношению к массе семян растения (32,9%), урожайности семян (32,7%), продолжительности периодов ВЦ (29,6%) и ВС (14,7%). Соответственно, максимальное влияние среды проявилось на фенологию гороха – продолжительность ВС (79,0%) и ВЦ (65,1%), для остальных признаков оно было менее 50%. В частно-

Таблица 1. Даты посева и наступления основных фенофаз у образцов гороха за три года изучения на Адлерской опытной станции ВИР

Table 1. Dates of sowing and the onset of main phenophases for pea accessions during the three years of studying at Adler Experiment Station of VIR

Фенофазы / Phenophases	2020	2021	2022
Посев / Sowing	07.03	14.03	27.04
Всходы / Sprouting	20.03 – 25.03	29.03 – 02.04	08.05 – 12.05
Цветение / Flowering	26.04 – 03.06	03.05 – 10.06	01.06 – 28.06
Созревание / Maturation	30.05 – 29.06	11.06 – 07.07	21.06 – 27.07

Таблица 2. Средние значения и показатели вариабельности хозяйственно ценных признаков 453 генотипов гороха в 2020–2022 гг. на Адлерской опытной станции ВИР**Table 2. Variability indicators and their mean values for useful agronomic characters in 453 pea genotypes grown in 2020–2022 at Adler Experiment Station of VIR**

Показатель / Indicator	2020		2021		2022	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	Min–Max	$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	Min–Max	$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	Min–Max
Всходы – цветение, сут.	51,8 ± 0,3	34,0–73,0	48,2 ± 0,2	31,0–69,0	35,1 ± 0,2	20,0–51,0
Цветение – созревание, сут.	37,2 ± 0,2	23,0–53,0	36,6 ± 0,2	27,0–54,0	28,0 ± 0,3	13,0–45,0
Всходы – созревание, сут.	89,0 ± 0,2	66,0–100,0	84,8 ± 0,2	70,0–100,0	63,1 ± 0,3	42,0–79,0
Урожайность, г/м ²	127,3 ± 3,1	1,2–345,6	145,8 ± 3,1	6,0–373,2	32,6 ± 1,1	0,6–138,0
Масса семян с 1 растения, г	14,0 ± 0,3	1,2–80,7	15,1 ± 0,3	1,3–34,9	6,3 ± 0,2	0,5–20,0
Среднее число бобов на растении, шт.	17,7 ± 0,4	6,0–83,3	15,8 ± 0,3	5,0–53,0	9,2 ± 0,2	1,0–19,7
Масса 1000 семян, г	170,8 ± 2,4	60,0–360,0	184,6 ± 2,6	44,0–382,0	153,0 ± 2,1	5,0–295,0
Средняя длина стебля, см	114,5 ± 1,8	29,0–217,0	115,1 ± 1,9	29,0–207,5	86,6 ± 1,9	13,5–197,5
Число цветков в кисти, шт.	1,6 ± 0,0	1,0–3,0	1,6 ± 0,0	1,0–2,5	1,5 ± 0,0	1,0–3,0
Крупность боба, балл	6,7 ± 0,1	3,0–9,0	6,7 ± 0,1	3,0–9,0	5,8 ± 0,1	3,0–9,0
Максимальное число семян в бобе, шт.	6,9 ± 0,1	4,0–11,0	6,9 ± 0,1	4,0–11,0	6,2 ± 0,1	2,0–10,0
Число непродуктивных узлов, шт.	14,2 ± 0,2	6,5–25,5	14,6 ± 0,2	4,5–26,0	14,6 ± 0,2	7,0–25,5

Примечание: $\bar{X}$ – среднее значение; $s_{\bar{X}}$ – стандартная ошибка среднегоNote: $\bar{X}$ – mean value; $s_{\bar{X}}$ – standard error of the mean**Таблица 3. Гидротермические показатели и средние по выборке данные продолжительности вегетационного периода, продуктивности и урожайности гороха за три года репродукции на Адлерской опытной станции ВИР****Table 3. Hydrothermal indicators, and mean sample data for the duration of the growing season, productivity, and yield of pea accessions across the three years of their reproduction at Adler Experiment Station of VIR**

Годы / Years	Сумма осадков, мм / Total precipitation, mm	Сумма активных температур, °C / Sum of active temperatures, °C	Гидротермический коэффициент (ГТК) / Hydrothermal coefficient (НТС)	Период «всходы – созревание», сут. / Period from sprouting to maturation, days	Масса семян с растения, г / Seed weight per plant, g	Урожайность, г/м ² / Yield, g/m ²
2020	166	1378	1,2	89,0 ± 0,2	14,0 ± 0,3	127,3 ± 3,1
2021	398	1343	3,0	84,8 ± 0,2	15,1 ± 0,3	145,8 ± 3,1
2022	173	1239	1,4	63,1 ± 0,3	6,3 ± 0,2	32,6 ± 1,1
Коэффициент вариации по годам, % / Coefficient of variation by year, %	53,7	5,5	52,9	17,6	40,6	59,6

сти, урожайность зависела от условий года немного больше, чем от генотипа (44,0%), а масса семян с растения – в той же степени, что и от генотипа (34,1%). Процент влияния года на остальные признаки составил: число непродуктивных узлов – 0,4%; число цветков в кисти – 2,9%; масса 1000 семян – 6,2%; крупность боба – 7,3%; число семян в бобе – 8,4%; длина стебля – 10,2%; среднее число бобов на растении – 26,7% (см. рис. 2).

Контрастность погодных условий по годам исследования привела к значительной вариабельности урожайности, коэффициент вариации средней урожайности составил 59,6% (табл. 3).

Структура урожайности гороха в группах разного направления использования.

По усредненным за 3 года (2020–2022 гг.) значениям изучены закономерности формирования урожайности гороха (табл. 4), которая была положительно связана

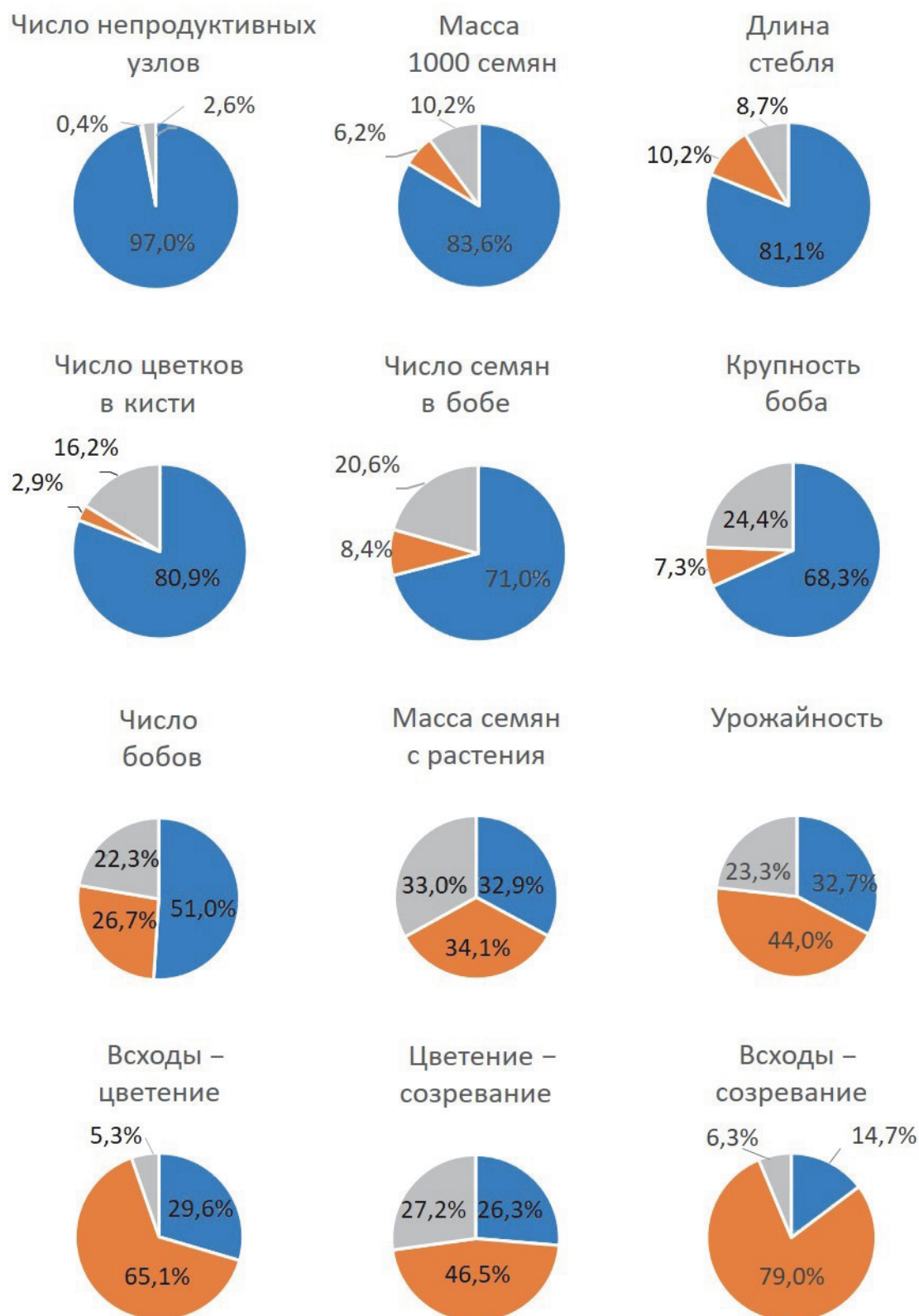


Рис. 2. Доля (%) влияния генотипа и среды на хозяйственно ценные признаки гороха на Адлерской опытной станции ВИР в 2020–2022 гг. (показатели расположены в порядке убывания роли генотипа). Обозначения: синий – процент влияния генотипа, оранжевый – среды, серый – иные факторы

Fig. 2. Effect size (%) of the influence of the genotype and environment on useful agronomic characters in peas at Adler Experiment Station of VIR, 2020–2022 (indicators are arranged in descending order for the genotype's effect). Designations: blue is the genotype's effect size percentage, orange is that of the environment, and gray denotes other random impacts

Таблица 4. Коэффициенты корреляции признаков сортов гороха разных направлений использования
(Адлерская опытная станция ВИР, 2020–2022 гг.)

Table 4. Correlation coefficients for agronomic characters in pea cultivars of different uses
(Adler Experiment Station of VIR, 2020–2022)

Показатель / Character	Урожайность / yield	Масса семян с растения / Seed weight per plant	Среднее число бобов на растении / Average number of pods per plant	Масса 1000 семян / 1000-seed weight	Средняя длина стебля / Average stem length	Число цветков в кисти / Number of flowers per raceme	Крупность боба / Pod size	Максимальное число семян в бобе / Maximum number of seeds per pod	Число непродуктивных узлов / Number of nonproductive nodes	Всходы – цветение / Sprouting to flowering	Цветение – созревание / Flowering to maturation	Всходы – созревание / Sprouting to maturation
Зерновой горох / Dry pea												
Урожайность		0,67*	0,27	0,46	-0,04	0,22	0,40	0,35	-0,04	-0,21	-0,17	-0,31
Масса семян с 1 растения	0,67*		0,31	0,43	-0,08	0,10	0,38	0,36	-0,19	-0,24	-0,14	-0,33
Среднее число бобов на растении	0,27	0,31		-0,10	0,16	0,19	0,02	0,15	0,10	0,12	-0,12	0,02
Масса 1000 семян	0,46	0,43	-0,10		-0,35	0,17	0,30	-0,04	-0,26	-0,45	0,01	-0,39
Средняя длина стебля	-0,04	-0,08	0,16	-0,35		-0,13	-0,11	-0,03	0,57	0,38	0,13	0,44
Число цветков в кисти	0,22	0,10	0,19	0,30	-0,13		0,03	-0,04	0,21	0,14	-0,04	0,10
Крупность боба	0,41	0,38	0,02	0,60	-0,11	0,03		0,60	-0,08	-0,14	-0,17	-0,26
Максимальное число семян в бобе	0,35	0,36	0,15	-0,04	-0,03	-0,04	0,60		0,01	0,02	-0,16	-0,10
Число непродуктивных узлов	-0,04	-0,19	0,10	-0,26	0,57	0,21	-0,08	0,01		0,60	0,00	0,54
Всходы – цветение	-0,21	-0,24	0,12	-0,45	0,38	0,14	-0,14	0,02	0,60		-0,28	0,67
Цветение – созревание	-0,17	-0,14	-0,12	0,01	0,13	-0,04	-0,17	-0,16	0,00	-0,28		0,53
Всходы – созревание	-0,31	-0,33	0,02	-0,39	0,44	0,10	-0,26	-0,10	0,54	0,67	0,53	
Овощной горох / Garden pea												
Урожайность		0,63	0,29	0,24	0,52	0,09	0,39	0,40	0,40	0,23	0,04	0,22
Масса семян с 1 растения	0,63		0,70	0,25	0,51	0,04	0,27	0,19	0,34	0,33	0,12	0,35
Среднее число бобов на растении	0,29	0,70		-0,01	0,32	0,16	-0,04	0,03	0,26	0,34	0,08	0,34
Масса 1000 семян	0,24	0,25	-0,01		0,37	-0,18	0,38	-0,19	0,17	0,10	0,21	0,20

Таблица 4. Продолжение
Table 4. Continued

Показатель / Character	Урожайность / yield	Масса семян с растения / Seed weight per plant	Среднее число бобов на растении / Average number of pods per plant	Масса 1000 семян / 1000-seed weight	Средняя длина стебля / Average stem length	Число цветков в кисти / Number of flowers per raceme	Крупность боба / Pod size	Максимальное число семян в бобе / Maximum number of seeds per pod	Число непродуктивных узлов / Number of nonproductive nodes	Всходы – цветение / Sprouting to flowering	Цветение – созревание / Flowering to maturation	Всходы – созревание / Sprouting to maturation
Кормовой горох (пелюшка) / Forage pea												
Средняя длина стебля	0,52	0,51	0,32	0,37		0,03	0,27	0,13	0,44	0,30	0,22	0,38
Число цветков в кисти	0,09	0,04	0,16	-0,18	0,03		0,05	0,18	0,18	0,03	0,08	0,08
Крупность боба	0,39	0,27	-0,04	0,38	0,27	0,05		0,58	0,06	0,00	0,11	0,06
Максимальное число семян в бобе	0,40	0,19	0,03	-0,19	0,13	0,18	0,58		0,03	0,02	0,00	0,02
Число непродуктивных узлов	0,40	0,34	0,26	0,17	0,44	0,18	0,06	0,03		0,64	-0,07	0,51
Всходы – цветение	0,23	0,33	0,34	0,10	0,30	0,03	0,00	0,02	0,64		-0,07	0,82
Цветение – созревание	0,04	0,12	0,08	0,21	0,22	0,08	0,11	0,00	-0,07	-0,07		0,52
Всходы – созревание	0,22	0,35	0,34	0,20	0,38	0,08	0,06	0,02	0,51	0,82	0,52	
Кормовой горох (пелюшка) / Forage pea												
Урожайность		0,89	0,35	0,52	0,29	0,10	0,59	0,37	0,07	-0,33	0,11	-0,26
Масса семян с 1 растения	0,89		0,31	0,58	0,30	0,09	0,62	0,33	0,04	-0,33	0,22	-0,19
Среднее число бобов на растении	0,35	0,31		-0,13	0,32	0,12	-0,03	0,02	0,22	0,00	0,07	0,06
Масса 1000 семян	0,52	0,58	-0,13		0,12	0,12	0,76	0,04	-0,08	-0,45	0,25	-0,30
Средняя длина стебля	0,29	0,30	0,32	0,12		0,17	0,24	-0,03	0,54	0,04	0,32	0,29
Число цветков в кисти	0,10	0,09	0,12	0,12	0,17		0,08	-0,12	0,20	-0,06	0,18	0,08
Крупность боба	0,59	0,62	-0,03	0,76	0,24	0,08		0,33	0,01	-0,31	0,11	-0,25
Максимальное число семян в бобе	0,37	0,33	0,02	0,04	-0,03	-0,12	0,33		-0,12	-0,13	-0,16	-0,26
Число непродуктивных узлов	0,07	0,04	0,22	-0,08	0,54	0,20	0,01	-0,12		0,39	0,10	0,49
Всходы – цветение	-0,33	-0,33	0,00	-0,45	0,04	-0,06	-0,31	-0,13	0,39		-0,46	0,73

Таблица 4. Окончание
Table 4. The end

Показатель / Character	453 образца гороха разных направлений использования / 453 pea accessions of different directions of using										Всходы – созревание / Flowering to maturation	Всходы – созревание / Sprouting to maturation
	Урожайность / yield	Масса семян с растения / Seed weight per plant	Среднее число бобов на растении / Average number of pods per plant	Масса 1000 семян / 1000-seed weight	Средняя длина стебля / Average stem length	Число цветков в кисти / Number of flowers per raceme	Крупность боба / Pod size	Максимальное число семян в бобе / Maximum number of seeds per pod	Число непродуктивных узлов / Number of nonproductive nodes	Всходы – цветение / Sprouting to flowering		
Цветение – созревание	0,11	0,22	0,07	0,25	0,32	0,18	0,11	-0,16	0,10	-0,46		0,27
Всходы – созревание	-0,26	-0,19	0,06	-0,30	0,29	0,08	-0,25	-0,26	0,49	0,73	0,27	
Урожайность		0,76	0,34	0,49	0,13	0,22	0,42	0,26	0,07	-0,19	0,00	-0,19
Масса семян с 1 растения	0,76		0,42	0,50	0,11	0,14	0,46	0,26	-0,02	-0,19	0,09	-0,13
Среднее число бобов на растении	0,34	0,42		-0,05	0,25	0,18	-0,06	0,01	0,20	0,13	0,00	0,13
Масса 1000 семян	0,49	0,50	-0,05		-0,13	0,16	0,57	-0,05	-0,18	-0,41	0,17	-0,30
Средняя длина стебля	0,13	0,11	0,25	-0,13		-0,08	-0,11	-0,09	0,66	0,42	0,15	0,52
Число цветков в кисти	0,22	0,14	0,18	0,16	-0,08		0,08	-0,04	0,10	-0,06	0,07	-0,01
Крупность боба	0,42	0,46	-0,06	0,57	-0,11	0,08		0,47	-0,19	-0,34	0,05	-0,31
Максимальное число семян в бобе	0,26	0,26	0,01	-0,05	-0,09	-0,04	0,47		-0,12	-0,10	-0,11	-0,17
Число непродуктивных узлов	0,07	-0,02	0,20	-0,18	0,66	0,10	-0,19	-0,12	0,60	0,60	0,01	0,60
Всходы – цветение	-0,19	-0,19	0,13	-0,41	0,42	-0,06	-0,34	-0,10	0,60		-0,31	0,79
Цветение – созревание	0,00	0,09	0,00	0,17	0,15	0,07	0,05	-0,11	0,01	-0,31		0,34
Всходы – созревание	-0,19	-0,13	0,13	-0,30	0,52	-0,01	-0,31	-0,17	0,60	0,79	0,34	

Примечание: * на 5-процентном уровне значимости: для зернового гороха (число образцов n = 176) коэффициенты по модулю больше 0,15 ($|r| > 0,15$); для овощного гороха (n = 95) $|r| > 0,19$; для кормового (n = 182) $|r| > 0,13$

Note: the following parameters are statistically significant at the 5% level: for grain peas (number of accessions n = 176), the modulus coefficients higher than 0,15 ($|r| > 0,15$); for vegetable peas (n = 95), $|r| > 0,19$; for fodder peas (n = 182), $|r| > 0,13$

с массой семян с растения ($r = 0,76$). В свою очередь, масса семян с растения имела положительную корреляцию с массой 1000 семян ($r = 0,50$), числом бобов на растении ($r = 0,42$), крупностью боба ($r = 0,46$). Масса 1000 семян имела прямую связь с крупностью боба ($r = 0,57$), но отрицательно коррелировала с периодом ВЦ ($r = -0,41$).

Число бобов на растении имело слабую связь с длиной стебля ($r = 0,25$). Крупность боба отрицательно связана с периодом ВЦ ($r = -0,34$); длина стебля – положительно с периодом ВС ($r = 0,52$) и ВЦ ($r = 0,42$). Продолжительность вегетации больше зависела от продолжительности периода ВЦ ($r = 0,79$), чем ЦС ($r = 0,34$). Число непродуктивных узлов коррелировало с длиной стебля ($r = 0,66$), а также с продолжительностью периодов ВЦ и ВС. Число цветков в кисти имело слабые ($r < 0,30$) корреляции со всеми признаками.

Ранее нами было показано, что генотипы гороха разных направлений использования характеризуются существенными различиями по ряду морфологических и агрономических признаков (Semenova et al., 2022), определяющих в том числе структуру семенной продуктивности. Поэтому формирование этого показателя проанализировали для трех направлений использования по отдельности. В данной выборке образцы трех направлений использования достоверно ($p < 0,001$) различались по всем показателям, кроме продолжительности периода ЦС ($p = 0,467$). Поскольку для всех типов была характерна наибольшая связь урожайности с массой семян с растения (коэффициент корреляции варьировал от $r = 0,63$ до $r = 0,89$), проанализировали закономерности формирования массы семян с растения.

У **зернового гороха** (см. табл. 4) масса семян с растения формировалась в первую очередь за счет массы 1000 семян ($r = 0,43$), крупности боба ($r = 0,38$) и числа семян в бобе ($r = 0,36$). Менее влияло число бобов на растении ($r = 0,31$). Длина растения была связана с продолжительностью периодов ВС ($r = 0,44$) и ВЦ ($r = 0,38$) и числом непродуктивных узлов ($r = 0,57$). Продолжительность периода ЦС и число цветков в кисти слабо влияли на урожайность.

Овощной горох (см. табл. 4): масса семян с растения была связана с числом бобов на растении ($r = 0,70$), длиной стебля ($r = 0,51$), продолжительностью периодов ВС ($r = 0,35$) и ВЦ ($r = 0,33$). Масса 1000 семян была слабо связана с периодом ЦС ($r = 0,21$), крупностью боба ($r = 0,38$) и незначительно влияла на продуктивность растения ($r = 0,25$). Число цветков в кисти было независимо от других показателей.

Кормовой горох (пелюшка) (см. табл. 4) ближе к зерновому гороху по схеме формирования урожайности: масса семян с растения больше у образцов с более крупными бобами ($r = 0,62$) и массой 1000 семян ($r = 0,58$), но влияли также и число бобов на растении ($r = 0,31$), и продолжительность периода ЦС ($r = 0,22$). Относительно независим был блок признаков, связанных с длиной стебля, числом непродуктивных узлов и продолжительностью вегетации.

Поскольку ключевой задачей оценки коллекции является поиск источников ценных признаков, выявлены образцы с наибольшей урожайностью (табл. 5). Эти образцы достоверно отличались (по критерию Тьюки) только от наименее урожайных образцов из-за большой межгодовой вариабельности урожайности. Их урожайность составила 186,2–227,8 г/м². Все высокоурожайные образцы (см. табл. 5) характеризовались нестабильностью этого признака: коэффициент вариации уро-

жайности был выше 36,3%, $b_1 > 1,5$. Наблюдалась тенденция к большей стабильности группы высокоурожайных пелюшек ($1,5 < b_1 < 1,9$) по сравнению со стабильностью высокоурожайных зерновых образцов ($1,8 < b_1 < 2,6$).

Образцы с коэффициентом вариации урожайности менее 30% представлены в таблице 6. Высокой средней урожайностью (выше 150 г/м²) выделились зерновые сорта: 'Кабан' (к-9682, РФ, Татарстан) – 167,6 г/м²; 'Дударь' (к-10340, РФ, Воронежская обл.) – 150,2 г/м²; 'Крепыш' (к-9725, РФ, Тюменская обл.) – 145,5 г/м² и пелюшки: (к-8766, РФ, Ленинградская обл.) – 177,4 г/м²; 'Богарный 126' (к-9940, Таджикистан) – 172,0 г/м². При этом сорт пелюшки 'Сахарный Кормовой' (к-8766) был стабилен и по Эберхарту и Расселу ($b_1 = 1$). Сорта зернового гороха 'Кабан' (к-9682) и 'Дударь' (к-10340) также были близки к стабильным генотипам по Эберхарту и Расселу ($b_1 = 0,8$ и $b_1 = 0,9$ соответственно). Эти три образца способны давать стабильные урожаи в условиях Адлерской ОС ВИР.

Таким образом, потенциально высокоурожайные сорта гороха с урожайностью выше 180 г/м² в условиях Адлерской ОС ВИР дают нестабильные урожаи. Однако удалось выявить сорта со стабильной урожайностью выше 150 г/м²: это сорт пелюшки 'Сахарный Кормовой' (к-8766), сорта зернового гороха 'Кабан' (к-9682) и 'Дударь' (к-10340).

Обсуждение

Как известно, семенная продуктивность растения – один из важнейших признаков в структуре урожайности гороха и вместе с массой 1000 семян определяет индивидуальную продуктивность растений. Этот признак характеризуется как один из наиболее изменчивых у сельскохозяйственных культур, в том числе у гороха, и зависит от условий среды. В нашем опыте влияние среды на массу семян с растения составило в среднем по выборке 34,1%, на урожайность – 44,0%, то есть в обоих случаях было больше, чем детерминирование генотипом (32,9% и 32,7% соответственно). Максимальное влияние среды проявилось на фенологию гороха – на продолжительность периодов ВС – 79,0% и ВЦ – 65,1%. Для остальных признаков оно было менее 50%.

Поскольку образцы в течение трех лет выращивали в одних и тех же почвенно-климатических условиях, на одном сравнительно однородном по почвенному составу поле и с использованием одинаковых агротехнических приемов, основным фактором этого варьирования мы считаем агроклиматические переменные, а именно температуру воздуха и осадки.

Сумма активных температур для наиболее распространенных в РФ сортов гороха составляет за вегетацию 1200...1600°C (Mishchenko, 2009). Есть данные, что в целом для генофонда гороха верхняя граница этого показателя достигает 2790°C (Ayupov et al., 2019). Такая широкая амплитуда, на наш взгляд, отражает не столько требования культуры, сколько свидетельствует о ее высокой пластичности. К примеру, абиссинский горох, который «с успехом идет до полярного круга, хорошо произрастая также в степных условиях» (Vavilov, 1962, р. 485), в Эфиопии и в южных степях РФ за вегетацию набирает сумму активных температур в 1,5–2 раза большую, чем на севере РФ.

На сорте 'Капитал' (к-1692) показано, что при разнице в продолжительности вегетационного периода всего в пять дней на севере эта сумма была равна 1352°C, а на

Таблица 5. Наиболее урожайные образцы гороха, выявленные при изучении коллекции на Адлерской опытной станции ВИР, 2020–2022 гг.
Table 5. The most high-yielding pea accessions identified during the study of the collection at Adler Experiment Station of VIR, 2020–2022

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	Урожайность, г/м ²			Показатели стабильности				
			2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя	s _x	V	b _i	s ² _i
Зерновой горох / Dry pea										
9826	Лумп	Чехия	345,6	270,6	67,2	227,8	117,6	51,6	2,2	6726,1
8730	Линия 1673-89	РФ, Московская обл.	219,0	373,2	40,8	211,0	135,8	64,4	2,6	5843,7
8729	Линия 1678-89	РФ, Московская обл.	205,2	342,6	82,8	210,2	106,1	50,5	2,0	5268,4
9846	Багри 722/15	РФ, Орловская обл.	267,0	274,2	67,2	202,8	95,9	47,3	1,9	397,8
9845	Агра-769/7	РФ, Орловская обл.	270,6	261,6	56,4	196,2	98,9	50,4	2,0	1026,8
9805	Расул	РФ, Ульяновская обл.	210,6	291,0	73,2	191,6	89,9	46,9	1,8	1183,0
9890	Рас-678/7	РФ, Орловская обл.	296,4	249,6	16,8	187,6	122,3	65,2	2,3	4118,8
9888	Рас-305/13	РФ, Орловская обл.	249,0	298,8	21,0	189,6	121,0	63,8	2,4	14,1
8727	Линия 1670-89	РФ, Московская обл.	193,8	316,8	48,0	186,2	109,9	59,0	2,1	3663,6
Овощной горох / Garden pea										
10196	Вайка	Венгрия	235,8	298,2	73,2	202,4	94,9	46,9	1,9	392,9
Кормовой горох (пелюшка) / Forage pea										
8862	Агат	Белоруссия	238,8	297,6	110,4	215,6	78,2	36,3	1,6	472,1
9931	Нт 9616 НТД 5034	Польша	223,8	303,6	73,8	200,4	95,3	47,5	1,9	1054,0
9830	Ина	Чехия	237,0	262,8	86,4	195,4	77,8	39,8	1,6	4,2
9829	Дора	Чехия	272,4	240,6	72,0	195,0	88,0	45,1	1,7	2014,8
9828	Алгера	Чехия	309,6	184,2	73,8	189,2	96,3	50,9	1,5	11863,5
Средняя урожайность 453 образцов			127,3	145,8	32,6	102,0	60,8	59,6	1,0	0,0

Примечание: s_x – стандартное отклонение; V – коэффициент регрессии урожайности на условия среды по S. A. Eberhart и W. A. Russell (1966); s_i^2 – стандартное отклонение урожайности от линии регрессии на условия среды по S. A. Eberhart и W. A. Russell (1966)

Note: s_x – standard deviation; V – regression coefficient for yield versus environmental conditions, according S. A. Eberhart and W. A. Russell (1966); s_i^2 – standard deviation from the regression line for yield versus environmental conditions, according S. A. Eberhart and W. A. Russell (1966)

Таблица 6. Наиболее стабильные образцы гороха по коэффициенту вариации урожайности (Адлерская опытная станция ВИР, 2020–2022 гг.)
Table 6. The most stable pea accessions according to the coefficient of yield variation (Adler Experiment Station of VIR, 2020–2022)

№ по ката- логу ВИР	Название образца	Происхождение	Урожайность, г/м ²			Показатели стабильности*				
			2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя	s _x	V	b _i	s _i ²
Зерновой горох / Dry pea										
9682	‘Кабан’	РФ, Татарстан	171,0	219,6	112,2	167,6	43,9	26,2	0,8	565,0
10340	‘Дударь’	РФ, Воронежская обл.	181,2	180,0	89,4	150,2	43,0	28,6	0,9	144,9
9725	‘Крепыш’	РФ, Тюменская обл.	194,4	151,8	90,0	145,4	42,8	29,5	0,7	1598,8
9950	Chlorotica	Швеция	94,8	169,8	93,0	119,2	35,8	30,0	0,5	2266,1
10462	Местный	Эквадор	67,8	96,6	51,0	71,8	18,8	26,2	0,3	265,8
Овощной горох / Garden pea										
9765	86-12	США	93,0	109,8	57,6	86,8	21,8	25,1	0,4	40,5
10501	Fruehe Harzerin	Германия	88,8	91,2	48,0	76,0	19,8	26,1	0,4	12,1
10294	96-14	США	69,0	80,4	38,4	62,6	17,8	28,3	0,4	12,3
9677	Helka × FR656	США	42,6	64,2	34,8	47,2	12,4	26,3	0,2	164,2
10499	‘Progress 9’	США	37,2	51,0	28,8	39,0	9,2	23,5	0,2	60,3
Кормовой горох (пелюшка) / Forage pea										
8766	‘Сахарный кормовой’	РФ, Ленинградская обл.	190,8	232,2	109,2	177,4	51,1	28,8	1,0	268,3
9940	‘Богарный 126’	Таджикистан	152,4	225,6	138,0	172,0	38,3	22,3	0,6	2016,8
8754	‘Kirke’	Эстония	134,4	180,6	83,4	132,8	39,7	29,9	0,8	538,1
10064	Асс-806	Сирия	131,4	123,0	63,0	105,8	30,5	28,8	0,6	189,2
10218	Асс-85	Сирия	93,0	130,2	69,6	97,6	25,0	25,6	0,4	434,6
10376	М-93-211	РФ, Вологодская обл.	106,8	126,0	66,0	99,6	25,0	25,1	0,5	52,3
10458	g.0000583	Китай	75,6	110,4	56,4	80,8	22,3	27,7	0,4	393,3
10471	б/н	Китай	26,4	34,8	28,2	29,8	3,6	12,1	0,1	31,1

Примечание: s_x – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; b_1 – коэффициент регрессии урожайности на условия среды по S. A. Eberhart и W. A. Russell (1966); s^2_i – стандартное отклонение урожайности от линии регрессии на условия среды по S. A. Eberhart и W. A. Russell (1966)
Note: s_x – standard deviation; V – coefficient of variation; b_1 – regression coefficient for yield versus environmental conditions according S. A. Eberhart and W. A. Russell (1966); s^2_i – standard deviation from the regression line for yield versus environmental conditions, according S. A. Eberhart and W. A. Russell (1966)

юге – 1909°C (Makasheva, 1973). То есть для данного генотипа для созревания достаточно суммы температур гораздо меньшей, чем он получает на юге. Но генотипически заданная продолжительность вегетационного периода приходится здесь на более высокие среднесуточные температуры, поэтому набираемая сумма активных температур значительно выше.

Известно, что оптимальная температура в период формирования вегетативных органов гороха – 12–16°C. Наиболее благоприятная температура для формирования генеративных органов – 16–20°C, для развития бобов и налива семян – 16–22°C. При температуре выше 25°C прорастание и процесс роста замедляются, а после 35°C приостанавливаются (Stepanov, 1963).

В рамках нашего исследования температурные условия для вегетативного роста (период ВЦ) были благоприятными: в 2020 г. – 12–17°C (средняя – 14°C), в 2021 г. – 10–15°C (средняя – 12,6°C), в 2022 г. – 15–22°C (средняя – 18,4°C). При этом в период ВЦ в 2022 г. выпало мало осадков – 55 мм, в то время как в 2020 и 2021 г. – 104 и 220 мм соответственно. Оптимальные условия создались в 2020 г.

Формирование бобов (ЦС) в 2020 г. происходило при температурах 16–24°C (средняя – 19,2°C), в 2021 г. – 15–22°C (средняя – 19,2°C), в 2022 г. – 22–23°C (средняя – 22,5°C). Соответствующие суммы осадков – 166, 398, 173 мм. В первые два года температурный режим можно определить как оптимальный, однако в 2020 г. в этот период выпало мало осадков, а в 2021 г. количество осадков в этот период было самым большим за годы изучения. Поскольку наибольшие урожайность и продуктивность растений наблюдались в 2021 г., можно считать гидротермические факторы этого года во время вегетации гороха благоприятными. В этот год наблюдался самый высокий ГТК – 3, что по системе Г.Т.Селянинова считается характерным для зон избыточного увлажнения ($\text{ГТК} > 1,3$). Следует отметить, что судя по значениям ГТК в годы нашего эксперимента и по многолетним данным, ГТК характеризует район Адлера как зону обеспеченного увлажнения ($\text{ГТК} = 1,0–1,3$) (Selyaninov, 1928). Положительная корреляция урожайности с ГТК Селянинова и осадками отмечена также в масштабном исследовании производства гороха в 5 районах Ростовской области в течение 13 лет на всех анализируемых участках (Gaevaya, Vasilchenko, 2016). Авторы пришли к заключению, что уровень влажности, соответствующий значению ГТК 1,23, вероятно, в целом достаточен для вегетации гороха.

В 2022 г. формирование бобов и налив семян (период ЦС) в нашем исследовании проходили при сравнительно повышенной температуре – среднесуточные 22,5°C – и большом количестве осадков – более 118 мм. ГТК для этого периода равнялся 1,9. Однако критически высоких температур (выше 26–28°C) на протяжении нескольких дней не наблюдалось, то есть воздействия на растения теплового стресса не было. Поэтому решающим фактором для низкой семенной продуктивности в 2022 г. следует считать избыточные осадки: обильные дожди в марте и апреле, что задержало посев на 50 сут. по сравнению с 2020 г., и в июле во время налива и созревания семян, что всегда критично для многих зернобобовых культур (Gataulina, Nikitina, 2024). Поздний посев также всегда негативно влияет на продуктивность зернобобовых культур, что диктует необходимость, особенно в южных регионах, при возможности сдвигать сроки посева гороха на более ранние сроки. Это позволяет избегать

негативного влияния высоких температур во время вегетации (Gudko et al., 2024).

В предыдущем анализе результатов полевого фенотипирования гороха на Адлерской ОС ВИР (Semenova et al., 2022) определены основные отличительные признаки, по которым три группы направлений использования гороха достоверно отличались друг от друга. В данной работе акцент был сделан на признаки, в большей степени связанные с семенной продуктивностью растений. Показано, что у гороха разных направлений использования эти признаки различаются. Наиболее близки в этом отношении зерновой и кормовой горох, у овощного гороха схема формирования продуктивности отлична от этих групп. Это, в частности, выражается в том, что масса 1000 семян у овощного гороха незначительно влияет на семенную продуктивность растения по сравнению с зерновым и кормовым горохом.

Заключение

В течение трех лет исследования (2020–2022) 453 образцов коллекции гороха ВИР в условиях влажного субтропического климата на Адлерской ОС ВИР урожайность в значительной степени, в среднем на 44,0%, определялась условиями года, при этом влияние генотипа составило 32,7%, а семенная продуктивность определялась генотипом и средой в равной степени (34,1%). Максимальное влияние среды проявилось на продолжительности периода «всходы – цветение» (65,1%) и вегетационного периода в целом (79,0%), для остальных признаков оно было менее 50%. Растения гороха разных направлений использования по-разному формировали урожайность. У образцов зернового гороха и пелюшки, характеризующихся большим количеством бобов на растении, урожайность в первую очередь зависела от способности формировать более крупный боб, а у овощного, имеющего крупные бобы, от способности формировать большее число бобов. Определены группы как наиболее продуктивных, так и наиболее стабильных образцов всех направлений использования. Наблюдается тенденция к большей стабильности группы высокоурожайных кормовых сортов ($1,5 < b_1 < 1,9$) по сравнению со стабильностью высокоурожайных зерновых ($1,8 < b_1 < 2,6$).

Выявлены погодные факторы, влияющие на значительное варьирование урожайности образцов по годам.

References / Литература

- Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M. et al. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.). *Legume Research*. 2019;42(5):615–619. DOI: 10.18805/LR-474
- Bueckert R.A., Wagenhoffer S., Hnatowich G., Warkentin T.D. Effect of heat and precipitation on pea yield and reproductive performance in the field. *Canadian Journal of Plant Science*. 2015;95(4):629–639. DOI: 10.4141/CJPS-2014-342
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Gaevaya E.A., Vasilchenko A.P. Pea productivity depending on weather conditions of Rostov region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(2):32–34. [in Russian] (Гаевая Э.А., Васильченко А.П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской обла-

- сти. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(2):32-34).
- Gataulina G.G., Nikitina S.S. Leguminous crops: a systematic approach to the analysis of growth, development, and crop formation (Zernobobovye kultury: sistemny podkhod k analizu rosta, razvitiya i formirovaniya urozhasya). Moscow: INFRA-M; 2024. [in Russian] (Гатаулина Г.Г., Никитина С.С. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая. Москва: ИНФРА-М; 2024).
- Govorov L.I. *Pisum L.* – Pea (Gorokh). In: N.A. Bazilevskaya, E.I. Barulina (eds). *Cultivated Flora of the USSR. Vol. IV. Grain Legumes (Zernovye bobovye)*. Moscow; 1937. p.229-336. [in Russian] (Говоров Л.И. *Pisum L.* – Горох. В кн.: *Культурная флора СССР. Т. IV. Зерновые бобовые* / под ред. Н.А. Базилевской, Е.И. Барулиной. Москва; 1937. С.229-336).
- Gudkov V., Usatov A., Minkina T., Duplii N., Azarin K., Tatarnova T.V. et al. Dependence of the pea grain yield on climatic factors under semi-arid conditions. *Agronomy*. 2024;14(1):133. DOI: 10.3390/agronomy14010133
- Lamichaney A., Parihar A.K., Hazra K.K., Dixit G.P., Katiyar P.K., Singh D. et al. Untangling the influence of heat stress on crop phenology, seed set, seed weight, and germination in field pea (*Pisum sativum L.*). *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:635868. DOI: 10.3389/fpls.2021.635868
- Larmure A., Munier-Jolain N.G. High temperatures during the seed-filling period decrease seed nitrogen amount in pea (*Pisum sativum L.*): Evidence for a sink limitation. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:1608. DOI: 10.3389/fpls.2019.01608
- Makasheva R., Belekova K., Kornejchuk V., Lehmann Chr., Pavelkova A. The international COMECON list of descriptors for the genus *Pisum L.* Leningrad: VIR; 1986. [in Russian] (Макашева Р., Белехова К., Корнейчук В., Леманн Х., Павелкова А. Международный классификатор СЭВ рода *Pisum L.* Ленинград: ВИР; 1986).
- Makasheva R.Kh. Pea (Gorokh). Leningrad: Kolos; 1973. [in Russian] (Макашева Р.Х. Горох. Ленинград: Колос; 1973).
- Mishchenko Z.A. Agricultural climatology (Agroklimatologiya). Kyiv: KNT; 2009. [in Russian] (Мищенко З.А. Агроклиматология. Киев: КНТ; 2009).
- Mohapatra C., Chand R., Tiwari J.K., Singh A.K. Effect of heat stress during flowering and pod formation in pea (*Pisum sativum L.*). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2020;26(6):1119-1125. DOI: 10.1007/s12298-020-00803-4
- Prasad P.V.V., Bheemanahalli R., Jagadish S.V.K. Field crops and the fear of heat stress – Opportunities, challenges and future directions. *Field Crops Research*. 2017;200:114-121. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.09.024
- PROyugAgro. Kuban plans to collect a record pea harvest in 2023 (Kuban planiruyet sobrat rekordny urozhay gorokha v 2023 g.). RBC; July 25, 2023. [in Russian] (PROyugArpo. Кубань планирует собрать рекордный урожай гороха в 2023 г. РБК; 25.07.2023). URL: <https://kuban.rbc.ru/krasnodar/freenews/64bf921b9a794720c4a91fcb> [дата обращения: 05.03.2024].
- Selyaninov G.T. On agricultural estimation of climate. *Contributions to Agricultural Meteorology*. 1928;20:165-177. [in Russian] (Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928;20:165-177).
- Semenova E.V., Boyko A.P., Novikova L.Y., Vishnyakova M.A. Phenotypic traits differentiating the genetic resources of pea (*Pisum sativum L.*) by the type of use. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(7):599-608. [in Russian] (Семенова Е.В., Бойко А.П., Новикова Л.Ю., Вишнякова М.А. Фенологические признаки, определяющие дифференциацию генофонда гороха (*Pisum sativum L.*) по направлениям использования. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;26(7):599-608). DOI: 10.18699/VJGB-22-74
- Stepanov V.N. About some features of the biology of peas, beans, and spring vetch in connection with breeding for earliness (O nekotorykh osobennostyakh biologii gorokha, bobov i yarovoy viki v svyazi s selektsiyey na skorospelost). In: *Novelties in the Pea, Bean and Spring Vetch Breeding Methods (Novoye v metodakh selektsii kormovykh bobov, gorokha i viki)*. Moscow; 1963. p.17-31. [in Russian] (Степанов В.Н. О некоторых особенностях биологии гороха, бобов и яровой вики в связи с селекцией на скороспелость. В кн.: *Новое в методах селекции кормовых бобов, гороха и вики*. Москва; 1963. С.17-31).
- Vavilov N.I. World plant resources and their use in breeding (Mirovyte rastitelnye resursy i ikh ispolzovaniye v selektsii). In: *N.I. Vavilov. Selected works. Vol. 3 (N.I. Vavilov. Izbrannye trudy. T. 3)*. Moscow; Leningrad: Nauka; 1962. p.474-491. [in Russian] (Вавилов Н.И. Мировые растительные ресурсы и их использование в селекции. В кн.: *Вавилов Н.И. Избранные труды. Т. 3*. Москва; Ленинград: Наука; 1962. С.474-491).
- Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlyayeva M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulyntsev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying. Guidelines. St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Янков И.И., Булынтцев С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

Информация об авторах

Елена Викторовна Семенова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, e.semenova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2637-1091>

Любовь Юрьевна Новикова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

Александр Петрович Бойко, доктор сельскохозяйственных наук, директор, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Адлерская опытная станция – филиал ВИР, 353340 Россия, Сочи, ул. Ленина, 95, aos.vir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1510-8546>

Мargarita Афанасьевна Вишнякова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, m.vishnyakova.vir@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2808-7745>

Information about the authors

Elena V. Semenova, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, e.semenova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2637-1091>

Liubov Yu. Novikova, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

Alexander P. Boyko, Dr. Sci. (Agriculture), Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Adler Experiment Station – branch of VIR, 95 Lenina St., Sochi 354340, Russia, aos.vir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1510-8546>

Margarita A. Vishnyakova, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, m.vishnyakova.vir@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2808-7745>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.03.2024; одобрена после рецензирования 23.01.2025; принята к публикации 09.02.2025.
The article was submitted on 25.03.2024; approved after reviewing on 23.01.2025; accepted for publication on 09.02.2025.