

ВЛИЯНИЕ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СТЕБЛЯ НА ПОЛЕГАЕМОСТЬ ГОРОХА

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-4618-6125, l.fiziologii@yandex.ru;

И. А. Лобунская, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции,
ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

Н. В. Яновская, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

Е. Ю. Черпакова, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

А. Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В настоящее время в нашей стране возрастает интерес к возделыванию высокотехнологичных сортов гороха, которые характеризуются равномерным созреванием, высокой продуктивностью и устойчивостью к полеганию. Таким образом, селекция на устойчивость к полеганию является одним из важнейших критериев в программах селекции гороха. Цель наших исследований – поиск анатомических показателей, способных служить критерием при отборе образцов гороха на устойчивость к полеганию. Полевые исследования проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, лабораторные исследования – в лаборатории клеточной селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» в 2022–2023 годах. Оценку устойчивости к полеганию проводили на 22 образцах гороха посевного местной и инорайонной селекции. Изучаемые образцы отличались высотой растений, морфо-анатомическими особенностями строения стебля, а также устойчивостью к полеганию. По результатам оценки анатомического строения стебля гороха выделены образцы, характеризующиеся комплексом признаков (количество пучков, соотношение количества пучков к тканям стебля): Лу-153-06, Г-1234, Г-1193, Г-1288, АКМ, Г-1313, Флагман 10, Г-1313. Анализ корреляционных связей анатомических показателей с полевой устойчивостью к полеганию выявил высокую положительную связь с высотой стеблестоя ($r = 0,78 \pm 0,14$), среднюю отрицательную связь с высотой растений ($r = -0,66 \pm 0,17$) и среднюю положительную с количеством проводящих пучков ($r = 0,69 \pm 0,16$). Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать вывод, что оценка устойчивости к полеганию по признаку «анатомическое строение стебля гороха» эффективна и может служить в качестве тестера на устойчивость к полеганию.

Ключевые слова: яровой горох, сорт, линия, устойчивость к полеганию, анатомическое строение стебля.

Для цитирования: Газе В. Л., Лобунская И. А., Яновская Н. В., Черпакова Е. Ю., Ашиев А. Р. Влияние анатомического строения стебля на полегаемость гороха // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 3. С. 47–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-47-52.



THE EFFECT OF AN ANATOMICAL STRUCTURE OF A STEM ON PEA LODGING

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory for cell breeding,

ORCID ID: 0000-0002-4618-6125, l.fiziologii@yandex.ru;

I. A. Lobunskaya, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

N. V. Yanovskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

E. Yu. Cherpakova, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

A. R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Currently, in our country there is growing interest in the cultivation of high-tech pea varieties, which are characterized by uniform maturity, high productivity, and lodging resistance. Thus, breeding for lodging resistance is one of the most important criteria in pea breeding programs. The purpose of the current study was to search for anatomical indicators that could serve as a criterion when selecting pea samples for lodging resistance. The field trials were carried out in the fields of the laboratory for legumes breeding and seed production, the laboratory study was conducted in the laboratory for cell breeding of the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2022–2023. The estimation of lodging resistance was carried out on 22 pea samples of the regional and foreign breeding. The studied samples differed in plant height, morpho-anatomical features of a stem structure, and lodging resistance. Based on the results of estimating an anatomical structure of a pea stem, there were identified such samples with a complex of traits (number of bundles, ratio of a number of bundles to stem tissues) as 'Lu-153-06', 'G-1234', 'G-1193', 'G-1288', 'AKM', 'G-1313', 'Flagman 10', 'G-1313'. The analysis of correlations between anatomical indicators and field resistance to lodging has shown a high positive correlation with a stem height ($r = 0.78 \pm 0.14$), a mean negative correlation with a plant height ($r = -0.66 \pm 0.17$), and a mean positive correlation with a number of vascular bundles ($r = 0.69 \pm 0.16$). The experimental results allow

concluding that the estimation of lodging resistance based on an anatomical structure of a pea stem is effective and can serve as a tester for lodging resistance.

Keywords: spring peas, variety, line, lodging resistance, anatomical structure of a stem.

Введение. Основное значение среди возделываемых зернобобовых культур в России занимает горох, посевные площади которого составляют около 1427,7 тыс. га (доля в посевах 2,4 %), а в Ростовской области – 110,1 тыс. га (доля в посевах 3,0 %) (Росстат). Горох (*Pisum sativum* L.) является одной из основных высокобелковых культур, которая высоко ценится за свои питательные свойства, содержание большого количества растительного белка, клетчатки и витаминов, необходимых для использования в рационе питания человека и животных (Пислегина и Четвертных, 2018). Поэтому одно из приоритетных направлений в сельском хозяйстве – это расширение производства данной культуры (Белышкина, 2018; Ашиев и др., 2023). Биологическая урожайность гороха складывается из таких показателей, как число сформировавшихся продуктивных узлов на растении, количество завязавшихся бобов на узле, число семян в бобе и масса 1000 семян (Пономарева, 2018; Ashiev et al., 2024). Нередко весь сформировавшийся урожай семян гороха не удается полностью собрать по причине полеглости растений. Полеганием обычно называют состояние растений гороха, при котором стебли сгибаются, а продуктивная часть растения находится не высоко от поверхности почвы. Полегание растений вызывают многие факторы, в том числе и избыточное увлажнение в период вегетации, приводящее к интенсивному росту стебля и набору массы растений, развитие грибковых заболеваний, ослабляющих механическую прочность стебля, ухудшающих качество семян. Поэтому главным критерием в программах селекции гороха является его устойчивость к полеганию. В последнее время внимание производителей привлекают сорта гороха с неполегающим стеблем (Котляр и Ушаков, 2015). Полевая оценка устойчивости к полеганию зернобобовых является одним из приоритетных методов, но в годы с обильным количеством осадков в летний период проявление признака очень слабое, и оценка является неэффективной (Пинкаль и др., 2012; Karkanis et al., 2016). Лабораторная оценка устойчивости растений гороха к полеганию проведена с использованием модифицированной методики оценки устойчивости по анатомическому строению стебля зерновых культур (Газе и др., 2022). Изучение анатомического строения стебля дает возможность с большей точностью определить устойчивость растения к полеганию. Устойчивость растений гороха к полеганию связана с хорошим развитием периферического слоя склеренхимы к толщине стебля и наличием большего числа склеренхимных пучков. Проводящие пучки-тяжи, расположенные в хлорофиллоносной паренхиме, образуют тяжи механической ткани, придающей прочность

стеблю. Склеренхима – механическая ткань, состоящая из клеток с утолщенными стенками (образует как бы каркас), придает прочность стеблю, не давая ему изгибаться (Fang et al., 2023; El-Okkiah et al., 2022). Цель наших исследований – поиск анатомических показателей, способных служить критерием при отборе образцов гороха на устойчивость к полеганию.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований стали 22 образца гороха посевного местной и инорайонной селекции. Полевые исследования вели на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, лабораторные исследования – в лаборатории клеточной селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» в 2022–2023 годах.

В фазу биологической спелости бобов отбирали по 5 растений каждого сорта (отрезок 6–7-го междоузлия части стебля гороха, в которой обычно происходит полегание) для анатомического исследования стебля. По каждому сорту анализировалось 15 поперечных срезов, сделанных вручную с помощью лезвия бритвы. Затем срезы окрашивали 1 %-м раствором метиленового синего в течение 15 с (Ильинская-Центилович и Тетерятченко, 1963; Ионова и др., 2009). Препарат просматривали с помощью микроскопа Soptop SZX12, изображения снимали цифровой камерой DXM 1200 (Nikon). В ходе исследования с помощью микрометра были измерены архитектура стебля, включая количество проводящих пучков на срезе стебля, их диаметр, площадь одного и всех пучков на срезе стебля, а также толщина паренхимы и склеренхимы.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике полевого опыта в изложении Б. А. Доспехова (2014) с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Важным признаком, определяющим устойчивость к полеганию для гороха, является пригодность к механизированной уборке. Проведены исследования анатомического строения стебля сортообразцов гороха, контрастных по устойчивости. На рисунке 1 представлены фотографии срезов 6–7-го междоузлия части стебля – устойчивого к полеганию и полегающего образцов.

Анатомия поперечного разреза стебля у устойчивого к полеганию сорта показала, что образец имеет четко выраженные крупные коллатеральные проводящие пучки веерообразной формы, окруженные большим количеством склеренхимы, внутреннюю полость, заполненную паренхимой (рис. 1, а). Большое количество склеренхимных пучков, расположенные близко друг к другу, образуя тяжи механической ткани, обеспечивают значительную прочность стеблю. Значительные отличия

наблюдались при микроскопии препарата со срезом у лежащего образца (рис. 1,б): наличие большой внутренней полости, коллатеральные проводящие пучки меньших разме-

ров с менее четкой обкладкой склеренхимной ткани, поэтому стебли с таким строением гибкие и склонны к полеганию.

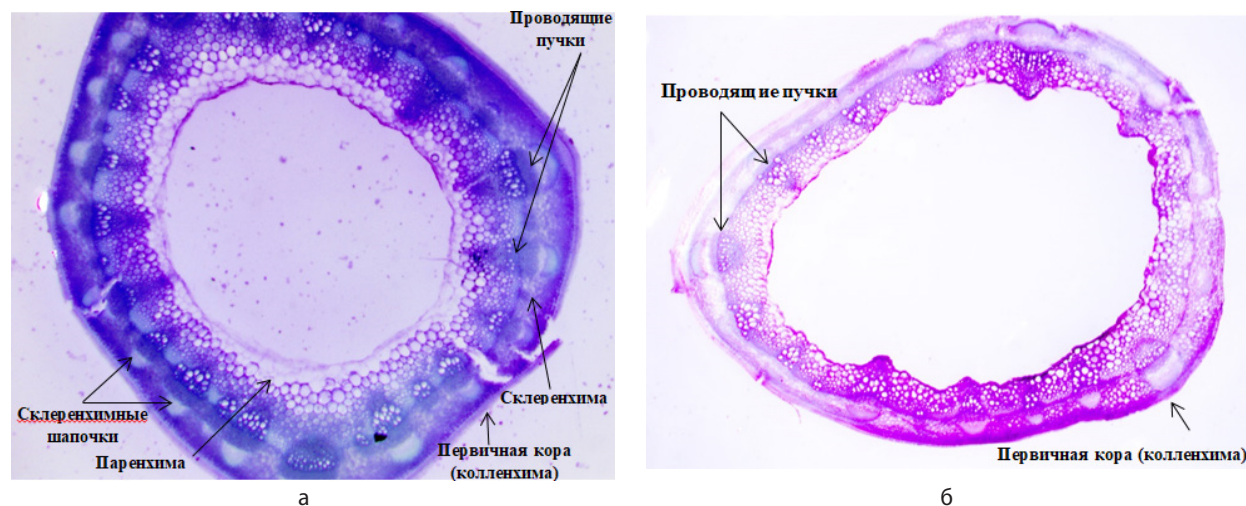


Рис. 1. Строение среза стебля: а) неполегающего гороха; б) полегающего гороха
Fig. 1. A structure of a stem cut: a) non-lodging peas; b) lodging peas

При оценке анатомического строения стебля гороха использовали следующие показатели: число склеренхимных пучков, общая площадь, площади склеренхимы и паренхимы среза стебля и их соотношение к толщине стенки стебля.

Изучаемые образцы гороха по результатам полевой оценки устойчивости к поле-

ганию (средний балл) имели разброс значений от 3 (Акацевидный, Визир, НС-01-68 и Рассеченно-листочковый) до 9 баллов (Флагман 10), а сорт стандарт Аксайский усатый – 5 – (5 баллов). Максимальные значения среднего балла устойчивости отмечены у образцов Флагман 10 (9 баллов), Г-1234, Лу-153-06 (по 8 баллов), Г-1313 (7 баллов) (см. табл.).

**Характеристика анатомического строения среза
и соотношение основных видов тканей стебля образцов гороха (2022–2023 гг.)
Characteristics of an anatomical structure of a cut
and a ratio of the main types of stem tissues of pea samples (2022–2023)**

Образец	Нраст, см	Нст, см	Уп, балл	Нпп, шт.	Дпп, мкм	Спп/Спар, %	Спп/Сск, %
Аксайский усатый-5, st	95,0	45	5	20,4	246,2	41,4	49,7
Акацевидный	88,4	25	3	20,8	264,0	29,0	40,5
НС -01-68	80,0	25	3	20,2	251,8	44,1	53,0
Рассеченно- листочковый	57,0	20	3	20,1	277,8	31,8	53,2
Аз-1420	67,8	40	6	23,4	305,5	38,7	32,7
Визир	64,3	20	3	20,4	283,1	43,3	47,4
Лу-153-06	53,2	45	8	24,4	270,6	34,5	51,8
Флагман 10	50,1	45	9	23,4	255,8	41,5	50,3
Скиф	99,0	40	4	19,6	283,4	34,8	42,2
Г-1159	84,1	35	4	19,1	248,6	30,2	40,7
Г-1172	82,5	35	4	23,4	300,0	23,7	39,8
Г-1168	98,5	45	4	20,5	254,7	33,0	36,8
АКМ	69,9	37	5	23,6	291,7	44,3	46,3
Г-1155	53,9	30	5	22,2	246,8	40,9	43,8
Казак	69,8	43	6	22,6	246,8	27,6	33,5
Г-1315	63,2	40	6	22,9	258,6	36,7	48,0
Г-1288	61,3	40	6	23,6	250,3	35,1	59,1
Г-1193	68,5	45	6	24,0	282,8	52,6	52,9
Г-1141	58,2	40	6	20,4	257,1	29,4	29,8
Г-1235	51,4	36	6	20,4	231,3	36,0	38,2
Г-1313	54,3	45	7	23,4	263,2	34,9	43,2
Г-1234	56,3	55	8	24,4	261,0	63,6	63,5

Примечания. Нраст – высота растений, см; Нст – высота стеблестоя, см; Уп – устойчивость к полеганию, балл; Нпп – количество проводящих пучков, шт.; Дпп – средний диаметр проводящего пучка, мкм; Спп/Спар – отношение площади проводящих пучков к площади паренхимы, %; Спп/Сск – отношение площади проводящих пучков к площади склеренхимы, %.

Исследования сортов гороха ярового с различной устойчивостью к полеганию выявили существенные различия между ними по анатомическому строению стебля (Кайгородова и др., 2023). Образцы с высокой полевой устойчивостью характеризуются наличием большого числа и диаметра сосудистых коллатеральных проводящих пучков с хорошо развитым наружным тяжем склеренхимы, состоящих из первичных волокон: Лу-153-06 (24,4 шт. и 270,6 мкм), Г-1234 (24,4 шт. и 261,0 мкм), Г-1193 (24,0 шт. и 282,8 мкм), Г-1288 (23,6 шт. и 250,3 мкм), АКМ (по 23,6 шт. и 291,7 мкм), Г-1313 (23,4 шт. и 263,2 мкм), Флагман 10 (23,4 шт. и 255,8 мкм) и Г-1313 (23,4 шт. и 263,2 мкм) по сравнению со стандартом Аксайский усатый-5 (20,4 шт. и 246,2 мкм). Значительную прочность стеблю придают проводящие пучки, окруженные большим количеством склеренхимы и расположенные недалеко друг от друга. Высокие значения соотношения количества пучков к паренхиме и склеренхимы к общей площади стебля выявлены у образцов Г-1234 (63,6 и 63,5 %),

Г-1193 (52,6 и 52,9 %), Флагман 10 (41,5 и 50,3 %), Лу-153-06 (34,5 и 51,8 %). Образец НС-01-68 хотя и имеет высокие значения соотношения (44,1 и 53,0 %), но не устойчив (3,1 балла), так как имеет небольшое количество проводящих пучков (20,2 шт.), общая площадь среза стебля 660,2 мкм², что свидетельствует о тонкостебельности, и высота растения составляет 80,0 см.

Чтобы получить более точную и быструю оценку результата, необходимо использовать данные о связи с признаками, особенно в том случае, когда один признак сложно измерить или трудно идентифицировать при оценке и отборе источников хозяйственно ценных признаков у перспективных селекционных форм (Кайгородова и др., 2023).

Проведен корреляционный анализ связи анатомических показателей (количество и площадь проводящих пучков, общая площадь стебля, площадь склеренхимы и паренхимы) с полевой оценкой устойчивости к полеганию (рис. 2).

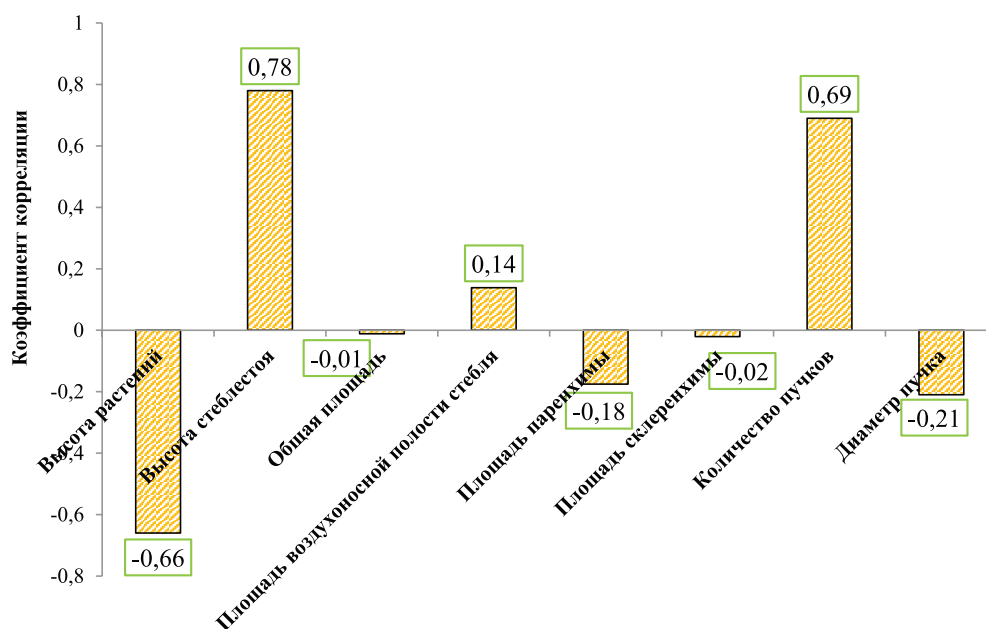


Рис. 2. Коэффициенты корреляции полевой оценки устойчивости к полеганию с высотой растений и стебля и анатомическими показателями строения стебля образцов гороха
Fig. 2. Coefficients of correlation between a field estimation of lodging resistance and plant height, stem stand, anatomical indicators of a stem structure of pea samples

Выявлены высокая положительная связь устойчивости к полеганию с высотой стебля ($r = 0,78 \pm 0,14$), средняя отрицательная связь с высотой растений ($r = -0,66 \pm 0,17$), средняя положительная – с количеством проводящих пучков ($r = 0,69 \pm 0,16$).

Выделенные образцы гороха Лу-153-06, Г-1234, Г-1193, Г-1288, АКМ, Г-1313, Флагман 10 можно использовать как исходный материал для дальнейшей селекционной работы по выведению новых устойчивых к полеганию сортов.

Выводы. Проведенные исследования являются рекомендацией по оценке сортов на устойчивость к полеганию по анатомиче-

скому строению стебля гороха. Выделены образцы Лу-153-06, Г-1234, Г-1193, Г-1288, АКМ, Г-1313, Флагман 10, характеризующиеся комплексом признаков (количество пучков, соотношение количества пучков к тканям стебля).

Анализируя корреляционные связи анатомических показателей с устойчивостью к полеганию, были выявлены связи:

- высокая положительная связь с высотой стебля ($r = 0,78 \pm 0,14$);
- средняя отрицательная связь с высотой растений ($r = -0,66 \pm 0,17$);
- средняя положительная связь с количеством проводящих пучков ($r = 0,69 \pm 0,16$).

В результате полученных экспериментальных результатов можно заключить, что оценка по признакам анатомического строения сте-

бля гороха эффективна и может применяться как тестер устойчивости полегания.

Библиографические ссылки

1. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Оценка параметров адаптивности образцов гороха с разным типом листа // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-24-28
2. Бельшклина, М. Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении // Природообустройство. 2018. № 2. С. 65–73. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-2-65-73
3. Газе В. Л., Яновская Н. В., Лобунская И. А., Костылев П. И., Марченко Д. М. Проводящая система флагового листа озимой пшеницы в условиях модельной засухи // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 57–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-57-63
4. Ионова, Е. В. Методика оценки уровня развития проводящей системы колосонесущего междоузлия озимой пшеницы при различной водообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2009. № 4. С. 18–21.
5. Ильинская-Центилович М. А., Тетерятченко К. Г. Особенности анатомического строения стебля озимой пшеницы в связи с полеганием. Изв. АН СССР. Сер. биол. 1963. № 1. С. 105–107.
6. 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). С. 5–12. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-4-5-12
7. Котляр И. П., Ушаков В. А. Устойчивость стебля гороха овощного к полеганию // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 5. С. 30–32.
8. Пинкаль А. В., Кривоко Ю. В., Кротова Л. А., Казыдуб Н. Г., Омелянюк Л. В. Оценка устойчивости к полеганию однодольных и двудольных культур на основе изучения анатомического строения стебля // Омский научный вестник. 2012. № 2(114). С. 172–175.
9. Пислегина С. С., Четвертных С. А. Урожайность сортов гороха в конкурсном сортоиспытании в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 67, № 6. С. 58–64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64
10. Пономарева, С. В. Изучение исходного материала коллекции гороха в условиях Нижегородской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 63(2). С. 23–28. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.23-28
11. Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Posev_2023.xlsx (дата обращения: 08.04.24).
12. Ashiev A. R., Habibullin K. N., Skulova M. V., Pakhomov V. I. Assessment of adaptability parameters of zoned pea varieties // Fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the far east (AFE-2022): Agricultural Cyber-Physical Systems. 2024. Vol. 733–1, P. 1079–1085. DOI: 10.1007/978-3-031-37978-9_104
13. Fang Q., Castro-Urrea F. A., Haederle F., Sanderson R. W., Silva D. A., Cowling W., Kennedy B. F. In vivo characterisation of field pea stem wall thickness using optical coherence tomography // Plant Methods. 2023. Vol. 19(1), Article number: 105.
14. Karkanis A., Ntatsi G., Kontopoulou C. K., Pristeri A., Bilalis D., Savvas D. Field pea in European cropping systems: Adaptability, biological nitrogen fixation and cultivation practices // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2016. Vol. 44(2), P. 325–336.
15. El-Okkiah S. A., El-Tahan A. M., Ibrahim O. M., Taha M. A., Korany S. M., Alsherif E. A., AbdElgawad H., Abo Sen E. Z. F., Sharaf-Eldin M. A. Under cadmium stress, silicon has a defensive effect on the morphology, physiology, and anatomy of pea (*Pisum sativum* L.) plants // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 997475.

References

1. Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V. Otsenka parametrov adaptivnosti obraztsov gorokha s raznym tipom lista [Estimation of adaptability parameters of pea samples with different leaf types] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 6. S. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-24-28
2. Belyshkina, M. E. Problema proizvodstva rastitel'nogo belka i rol' zernovykh bobovykh kul'tur v ee reshenii [The problem of vegetable protein production and the role of grain legumes in solving it] // Prirodoobustroistvo. 2018. № 2. S. 65–73. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-2-65-73
3. Gaze V. L., Yanovskaya N. V., Lobunskaya I. A., Kostylev P. I., Marchenko D. M. Provodyashchaya sistema flagovogo lista ozimoi pshenitsy v usloviyakh model'noi zasukhi [Conductive system of a winter wheat flag leaf under model drought conditions] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 3. S. 57–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-57-63
4. Ionova, E. V. Metodika otsenki urovnya razvitiya provodyashchei sistemy kolosonesushchego mezhdozuzliya ozimoi pshenitsy pri razlichnoi vodoobespechennosti [Methodology for estimating a level of development of the conductive system of the winter wheat spike-bearing internode at different water availability] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2009. № 4. S. 18–21.
5. Il'inskaya-Tsentilovich M. A., Teteryatchenko K. G. Osobennosti anatomicheskogo stroeniya steblya ozimoi pshenitsy v svyazi s poleganiem [Features of the anatomical structure of the winter wheat stem according to lodging]. Izv. AN SSSR. Ser. biol. 1963. № 1. S. 105–107.
6. Kaigorodova I. M., Kotlyar I. P., Ushakov V. A., Engalycheva I. A., Kozar' E. G. Prioritetnye napravleniya sovremennoi selektsii gorokha ovoshchnogo (*Pisum sativum* L.) [Priority directions of current vegetable pea breeding (*Pisum sativum* L.)] // Ovoshchi Rossii. 2023. № (4). S. 5–12. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-4-5-12

7. Kotlyar I. P., Ushakov V. A. Ustoichivost' steblya gorokha ovoshchnogo k poleganiyu [Lodging resistance of a vegetable pea stem] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2015. № 5. S. 30–32.
8. Pinkal' A. V., Krivko Yu. V., Krotova L. A., Kazydub N. G., Omel'yanyuk L. V. Otsenka ustoichivosti k poleganiyu odnodol'nykh i dvudol'nykh kul'tur na osnove izucheniya anatomicheskogo stroeniya steblya [Lodging resistance estimation of monocotyledonous and dicotyledonous crops based on the study of the anatomical structure of a stem] // Omskii nauchnyi vestnik. 2012. № 2(114). S. 172–175.
9. Pislegina S. S., Chetvertnykh S. A. Urozhainost' sortov gorokha v konkursnom sortoispytanii v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Productivity of pea varieties in the competitive variety testing in the Kirov region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. T. 67, № 6. S. 58–64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64
10. Ponomareva, S. V. Izuchenie iskhodnogo materiala kollektsii gorokha v usloviyakh Nizhegorodskoi oblasti [The study of the initial material of the pea collection in the Nizhny Novgorod region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. № 63(2). S. 23–28. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.23-28
11. Rosstat [Rosstat (Federal State Statistics Service)]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Posev_2023.xlsx (data obrashcheniya: 08.04.24).
12. Ashiev A. R., Habibullin K. N., Skulova M. V., Pakhomov V. I. Assessment of adaptability parameters of zoned pea varieties // Fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the far east (AFE-2022): Agricultural Cyber-Physical Systems. 2024. Vol. 733–1, P. 1079–1085. DOI: 10.1007/978-3-031-37978-9_104
13. Fang Q., Castro-Urrea F. A., Haederle F., Sanderson R. W., Silva D. A., Cowling W., Kennedy B. F. In vivo characterisation of field pea stem wall thickness using optical coherence tomography // Plant Methods. 2023. Vol. 19(1), Article number: 105.
14. Karkanis A., Ntatsi G., Kontopoulou C. K., Pristeri A., Bilalis D., Savvas D. Field pea in European cropping systems: Adaptability, biological nitrogen fixation and cultivation practices // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2016. Vol. 44(2), P. 325–336.
15. El-Okkiah S. A., El-Tahan A. M., Ibrahim O. M., Taha M. A., Korany S. M., Alsherif E. A., AbdElgawad H., Abo Sen E. Z. F., Sharaf-Eldin M. A. Under cadmium stress, silicon has a defensive effect on the morphology, physiology, and anatomy of pea (*Pisum sativum* L.) plants // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 997475.

Поступила: 15.05.24; доработана после рецензирования: 31.05.24; принята к публикации: 04.06.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Газе В. Л. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация; Лобунская И. А. – сбор данных и подготовка рукописи; Яновская Н. В., Черпакова Е. Ю. – проведение лабораторных опытов; Ашиев А. Р. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.