

Научная статья

УДК 633.358

DOI: 10.36508/journal.2026.62.85.004

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (Сельскохозяйственные науки. Биологические науки)

4.1.1. General Agriculture and Crop Science (Agricultural Sciences. Biological Sciences)

ФОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЗЕРНЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА В УСЛОВИЯХ ПРЕДУРАЛЬЯ БАШКОРТОСТАНА

Ахияров Булат Гилимханович[✉] ¹, Ахиярова Луиза Мунировна², Ватракшин Сергей Николаевич³

^{1,2,3}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

[✉]bsau-bulat@rambler.ru

Аннотация. Статья содержит результаты исследований содержания белка в зерне гороха в зависимости от крутизны склона.

Проблемы и цель. Содержание белка в семенах гороха — важный хозяйственно ценный признак, определяющий пищевую и кормовую ценность культуры. Недостаточно изучены закономерности изменения белковости семян у широкого спектра сортов гороха в зависимости от расположения посевов на склоне, что и явилось целью исследований.

Методология. Исследование выполнено в 2023–2024 гг. на базе учебно-научного центра Аксеновского агропромышленного колледжа имени Н. М. Сибирцева (Южное Предуралье, Республика Башкортостан). Объекты изучения — 12 сортов гороха. Участки для размещения делянок были заложены в трёх зонах склона: верхняя, средняя и нижняя части. Концентрацию белка определяли стандартными лабораторными методами (по Кьельдалю; экспресс-методами на ИК-анализаторе) с последующим статистическим анализом данных по годам и в среднем.

Результаты. Выявлена чёткая зависимость концентрации белка в семенах гороха от расположения участка на склоне: в верхней части склонов содержание белка было наибольшим - 22,1–25,4 %; в средней части склона показатель снижался до 20,1–23,8 %; в нижней части полей зафиксирована наименьшая концентрация белка — 19,3–22,2 %.

Заключение. Наиболее высокие показатели белковости формируются в верхней части склонов, а наименьшие — в нижней. Эта тенденция устойчива при разных погодных условиях, что позволяет рассматривать рельеф как один

из ключевых параметров при планировании размещения посевов для получения зерна с повышенной белковой ценностью.

Ключевые слова: агроландшафт, склон, южная экспозиция, горох, содержание белка в зерне гороха, сорт.

Original article

FORMATION OF PROTEIN CONTENT IN THE GRAIN OF DIFFERENT VARIETIES OF PEA DEPENDING ON THE RELIEF OF THE PRE-URAL REGION OF BASHKORTOSTAN

Akhiyarov Bulat Gilimkhanovich✉¹, Akhiyarova Luiza Munirovna², Vatrakshin Sergey Nikolaevich³

^{1,2,3} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

✉bsau-bulat@rambler.ru

Abstract. This article presents results of a study examining pea seed protein content in relation to slope steepness.

The problems and purpose. Protein content in pea seeds is an important economically valuable trait, determining the nutritional and feed value of the crop. The patterns of change in seed protein content across a wide range of pea varieties depending on the location of the crop on a slope remain insufficiently studied, which was the purpose of this study.

Methodology. The study was conducted in 2023-2024 at the Educational and Scientific Center of the Aksenovsky Agro-Industrial College named after N. M. Sibirtsev (Southern Cis-Urals, Republic of Bashkortostan). The study subjects were 12 pea varieties. Plots were established in three slope zones: the upper, middle, and lower parts. The protein concentration was determined by standard laboratory methods (Kjeldahl; rapid methods on an IR analyzer) followed by statistical analysis of data by year and on average.

Results. A clear correlation between pea seed protein concentration and slope location was revealed: protein content was highest at 22.1–25.4% on the upper slopes; in the middle slopes, it decreased to 20.1–23.8%; and the lowest protein concentration, 19.3–22.2%, was recorded in the lower portions of the fields.

Conclusion. The highest protein content was found on the upper slopes, and the lowest at the lower slopes. This trend was consistent across different weather conditions, suggesting that topography was a key parameter when planning crop placement for high-protein grain.

Keywords: agricultural landscape, slope, southern exposure, pea, peas protein content, variety.

Введение

Вопрос обеспеченности белком в регионе Предуралья традиционно остается острым [8] из-за качества кормов, в частности, содержания легкоусвояемого протеина [7]. Ряд исследователей [5, 6] считает приемлемым содержание на одну кормовую единицу при оптимуме не ниже 100-120 граммов высококачественного, легко усваиваемого белка. Вследствие ряда причин природного характера возделываемые в данном регионе (например, овес, ячмень, кукуруза) культуры имеют дефицит белка около 70-80 г на каждую кормовую единицу. Возникает необходимость в культивировании растений, обладающих высоким уровнем урожайности, хорошей приспособляемостью к климатическим особенностям региона, удобством обработки и хранения кормов, а главное - способностью восполнять дефицит белка в кормах [1, 2, 3]. Несмотря на отсутствие идеальной культуры, способной удовлетворить все перечисленные требования, роль гороха как основной культуры, решающей проблему дефицита белка, сохраняется.

Учитывая природные особенности Предуралья, поле расположено на нижнем, среднем и верхнем частях южного склона [6, 8]. Склоны южной экспозиции обращены к солнцу, поэтому они теплее и суше северных. Обзор научной литературы показал, что части южного склона Предуралья в Башкортостане имеют свой характер из-за сочетания климата, рельефа и геологии [8]. К ним относятся:

- смена пологих участков более крутыми,
- наличие осадочных пород в виде песчаника, известняка, глины, что определяет ландшафт;
- развитие карста в виде котловин и др.

Таким образом, уникальный облик территории сформировался в результате взаимодействия тектонических процессов, эрозии, выветривания. Результаты исследований Абдулвалеева Р.Р., Исмагилова Р.Р., Асылбаева И.Г.(2015) и других показали неравномерное расположение снега по различным экспозициям и частям склона.

Целью исследований являлось изучение формирования содержания белка в зерне различных сортов гороха в зависимости от рельефа в условиях Предуралья Башкортостана.

Материал и методы исследований

Объект исследования – горох 12 районированных сортов: Виоланта, Хуторок, Саламанта, Абетеур, Памяти Хангильдина, Томас, Стамбул, Нарат, Карандаш, Бонус 2, Казачка, Щедрый [3, 4]. Опыты были заложены в 2023-2024 годах на поле УНЦ Аксеновского аграрного колледжа им. Н.М. Сибирцева в Республике Башкортостан в зоне чернозема типичного [9, 10].

Территория лежит в пределах склона Южноуральских гор, затрагивая часть Предуралья, Зауралья и Предуралья с холмистой равниной [5].

Содержание гумуса 7,8%, подвижного фосфора 113,0 мг/кг почвы, обменного калия повышенное, рН – 6,7. До проведения исследований выполнена топографическая съемка поля.

Особое внимание уделялось изучению изменений уровня белка в зависимости от положения конкретного участка поля на южном склоне [9, 10].

Этот факт был положен в основу рабочей гипотезы: наклон и экспозиция рельефа местности влияют на содержание белка в зерне гороха.

Методика исследования включала определение методом Кьельдаля количества общего азота в зерне гороха с последующим пересчетом его в белок.

Агротехника возделывания гороха общепринятая для региона. Все элементы возделывания гороха разных сортов в полевом опыте были аналогичны и включали внесение удобрений, защиту растений, сроки, нормы и способы посева, севообороты и др.

Погодные условия в вегетационные периоды лет исследований мало отличались от среднепогодных и оценивались традиционными методами.

Результаты исследований и их обсуждение

Учитывая вышеназванные особенности территории Предуралья, нами были определены три параметра снежного покрова: высота, плотность и запасы воды. Для гороха важна высота снежного покрова, во-первых, из-за накопления влаги в почве весной, от чего будет зависеть урожай культуры; во-вторых, если слишком много снега, может быть риск выпревания. Известно, что 1 см снега дает 10-30 мм талой воды на гектар. Одним из известных приемов является снегозадержание на полях.

За два года исследований высота снежного покрова показывает толщину слоя на поверхности земли. Так, высота дошла до деления на снегомерной рейке в 2023 году от 28 до 46 см и в 2024 году от 24 до 38 см (рисунок 1).

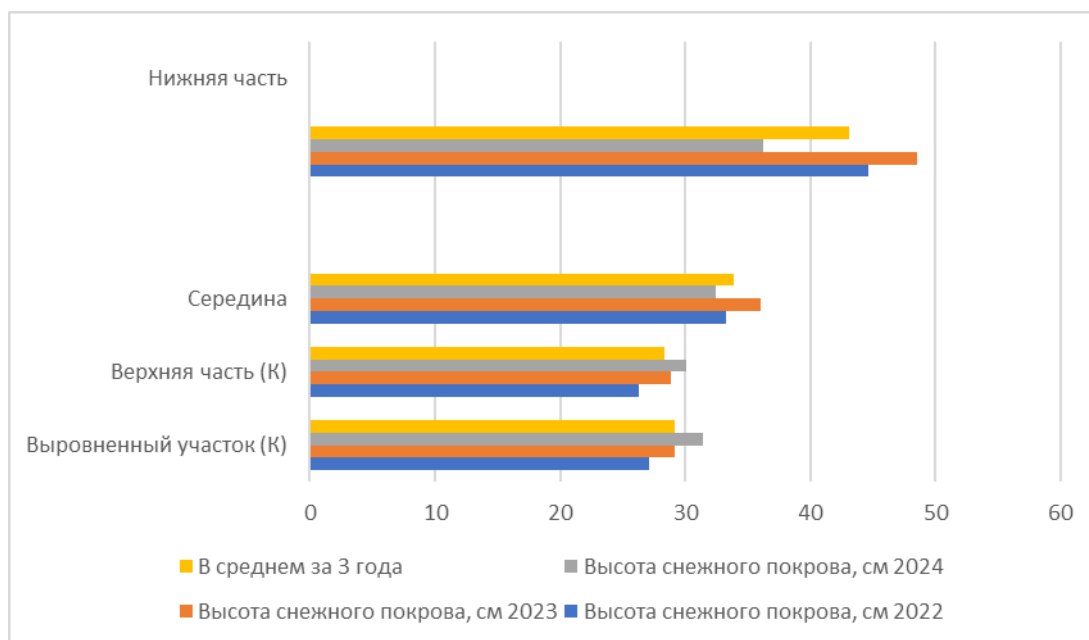


Рисунок 1 - Высота снежного покрова на частях южного склона, см

Figure 1 - Snow depth on parts of the southern slope, cm

Помимо этого, показателя была определена его плотность, то есть масса снега на единицу объема (рисунок 2). Плотность влияет на скорость таяния снега. Важно, чтобы снег таял медленно и равномерно, тогда не будет стекания

воды по поверхности и испарения весной. Талая вода помогает сохранять структуру почвы, насыщает ее водой, обеспечивая дружные и ровные всходы.

Если плотность высокая, то при таянии снег может уплотнить верхний слой почвы, что для гороха со стержневой корневой системой неприемлемо. К тому же, симбиотические бактерии малоэффективны при условиях, которые создаются слишком плотным снегом, или могут погибнуть.

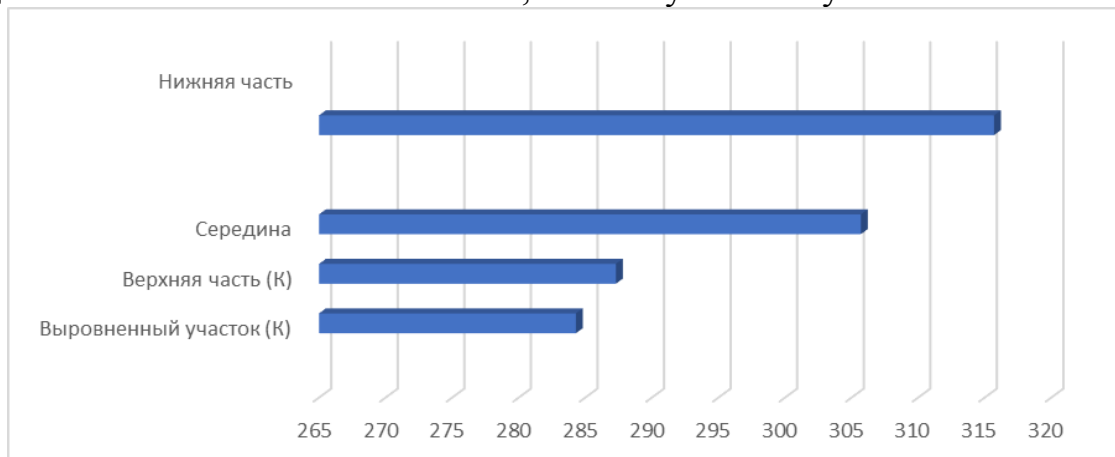


Рисунок 2 – Плотность снежного покрова на частях южного склона, г/л
Figure 2 – Snow cover density on parts of the southern slope, g/l

Как видно из представленных данных в виде диаграммы (рисунок 2), плотность снежного покрова была в пределах 288-320 кг/м³ в 2023 г. и 290-312 кг/м³ в 2024 г. В верхней части склона плотность была минимальной, в нижней – максимальной. Разница в плотности составила 0,7% и 2,5% соответственно.

Запасы влаги в снежном покрове играют ключевую роль при возделывании гороха. Так, для прорастания гороха требуется воды 100-150% от массы зерна. Критическими являются фазы развития гороха от прорастания до полного цветения.

Запасы воды в снежном покрове, который установился на элементах рельефа поля, было различным (рисунок 3). За контроль взят выровненный участок.

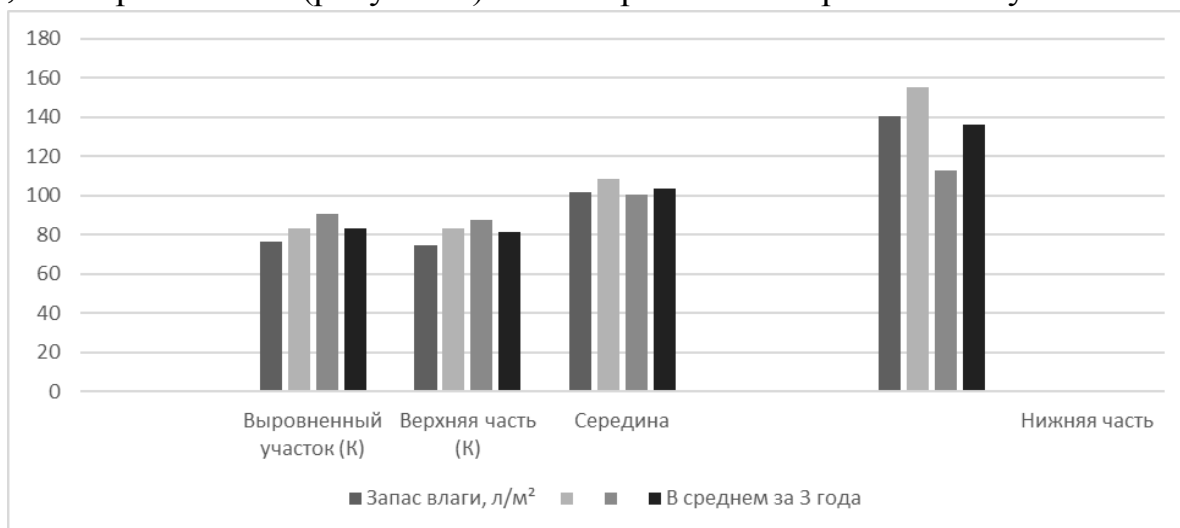


Рисунок 3 - Запасы влаги в снежном покрове на частях южного склона
Figure 3 - Moisture reserves in the snow cover on parts of the southern slope

На верхней части склона запаса влаги в снеге было чуть ниже контроля, но уже в середине и нижней части склона запасы воды в снеге увеличивались,

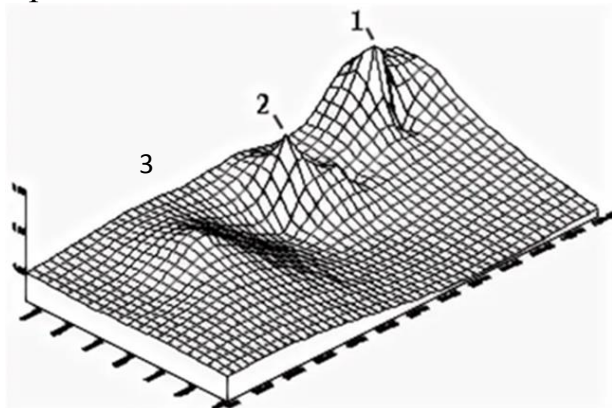


Рисунок 4 – Поверхность отклика между высотой снежного покрова (1), его плотностью (2) и запасами влаги (3) на нижней части южного склона

Figure 4 – Response surface between snow depth (1), snow density (2) and moisture reserves (3) on the low part of the southern slope

что связано с большей высотой снежного покрова на этих частях склона и большей его плотности.

Таким образом, снежное питание помогает гороху успешно стартовать и формировать урожай высокого качества.

Статистическая обработка данных высоты снежного покрова, его плотности и запасы влаги на частях южного склона показала достоверные отличия по критерию Стьюдента: на нижней части южного склона формируются изучаемые показатели с максимальными значениями (рисунок 4).

Стандартная ошибка $s_{ст}$ составила соответственно 0,561; 0,738 и 0,182 при уровне значимости $p < 0,01$. У всех сортов гороха наблюдалось закономерное увеличение содержания белка в зерне в верхней части склона (на 1,1–1,9 % по сравнению с выровненным участком). [11]. В средней и нижней частях склона содержание белка, как правило, снижается (на 0,1–2,8 %), что связано с лучшей обеспеченностью влагой и менее интенсивным азотным метаболизмом. Наибольшее содержание белка в верхней части склона отмечено у сортов: Бонус 2 (25,4 %), Виоланта (24,4 %), Саламанта (24,6 %). Наибольшая стабильность показателя по всем частям склона (минимальные колебания) характерна для сортов: Абетеур (разброс 22,4–20,4 %), Виоланта (24,4–22,2 %). Наибольшее снижение белка в нижней части склона отмечено у сорта Бонус 2 (–2,8 % к контролю), что указывает на его высокую чувствительность к изменению условий увлажнения.

Таблица 1 – Содержание белка в зерне гороха различных сортов на частях склона, % (в среднем за 2023-2024 гг.)

Сорт гороха	Выровненный участок (К)	Часть склона			НСР ₀₅
		верхняя	середина	нижняя	
1	2	3	4	5	6
Виоланта	23,0	24,4/1,4	22,9/-0,1	22,2/-0,8	0,47
Хуторок	22,2	24,0/1,8	22,0/-0,2	21,7/-0,5	0,52
Саламанта	23,0	24,6/1,6	22,8/-0,2	22,2/-0,8	0,48
Абетеур	21,3	22,4/1,1	21,0/-0,3	20,4/-0,9	0,47
Памяти Хангильдина	20,6	22,1/1,5	20,1/-0,5	19,4/-1,2	0,51
Томас	21,2	22,9/1,7	20,9/-0,3	19,8/-1,4	0,50

1	2	3	4	5	6
Стабил	21,4	23,0/1,6	21,0/-0,4	20,1/-1,3	0,53
Нарат	21,5	23,1/1,6	21,1/-0,4	19,9/-1,6	0,51
Карандаш	21,3	22,9/1,6	21,0/-0,3	20,0/-1,3	0,52
Бонус 2	24,1	25,4/1,3	23,8/-0,3	21,3/-2,8	0,49
Казачка	20,2	22,1/1,9	21,2/1,0	19,3/-0,9	0,47
Щедрый	21,1	23,0/1,9	22,2/1,1	20,2/-0,9	0,49

p>0,95

Так, для стабильного производства (меньшая зависимость от рельефа) целесообразно использовать сорта Абетеур и Виоланта. Сорт Бонус 2 требует особого внимания: при размещении в нижней части склона происходит резкое снижение качества зерна по белку.

Содержание белка в зерне гороха в условиях Предуралья Башкортостана существенно зависит от взаимодействия сортовых особенностей и положения на склоне. Управление этим взаимодействием позволяет целенаправленно получать зерно с заданными качественными параметрами – либо с максимальным содержанием белка (использование верхних частей склона), либо со стабильным его уровнем (подбор соответствующих сортов).

Заключение

Исходя из вышеизложенного, формирование белка в зерне различных сортов гороха находится в зависимости от рельефа. Максимальное содержание белка в зерне гороха отмечено в верхней части склона, а минимальное - в нижней части и середине склона. К примеру, по сравнению с выровненным участком (контроль) в верхней части склона в зерне гороха сорта Бонус 2 образовалось до 25,4% белка, в середине склона – 23,8% у гороха того же сорта, в нижней части склона – не выше 22,2 % у сортов Виоланта и Саламанта. На основе результатов исследований рекомендуется возделывание гороха сортов Виоланта, Саламанта, Стамбул, Нарат, Бонус 2, Щедрый на верхних частях склона или выровненных участках.

Библиографический список

1. Асадова, Б.Г. Механизм устойчивости растений гороха к Na_2SO_4 / Б.Г. Асадова // Бюллетень науки и практики. – 2023. - Т. 9. - № 2. – С. 88-92. DOI: 10.33619/2414-2948/87/10
2. Ашиев, А.Р. Взаимосвязи количественных признаков и качественных показателей урожайности новых линий гороха / Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В., Дорохова Д.П. // Зерновое хозяйство России. - 2018. - № 6 (60). - С. 13-16. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-13-16
3. Беседин, А.Г. Отечественные сорта гороха овощного и их семеноводство для перерабатывающей промышленности юга России / А.Г. Беседин, О.В. Путина // Овощи России. – 2025. - № 4. – С. 64-69. DOI: 10.18619/2072-9146-2025-4-64-69
4. Исмаилов, В.Я. Влияние беспестицидной системы защиты овощного гороха на восстановление биоразнообразия и механизмов естественной

- биоценотической регуляции / В.Я. Исмаилов, А.А. Команцев // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 4. – С. 94-99. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_94
5. Кошеляев, В.В. Селекционная оценка новых линий гороха посевного по основным элементам продуктивности / В.В. Кошеляев, Р.М. Бакалдин, И.П. Кошеляева., О.М. Касынкина // Нива Поволжья. – 2025. – № 3(75). – С.1002. DOI: 10.36461/NP.2025.75.3.006
6. Кравченко, Р.В. Засоренность посевов гороха овощного в зависимости от способа его посева и гербицидов / Р.В. Кравченко, С.С. Терехова, Н.Н. Кравцова, Н.И. Бардак // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 166. – С. 159-168. DOI: 10.21515/1990-4665-166-014
7. Никитин, А.В. Ферменты диссимиляции сахарозы как мишени действия нитрата в раннем онтогенезе гороха посевного / А.В. Никитин, С.Ф. Измайлов // Физиология растений. – 2016. – Т. 63. – № 1. – С. 159. DOI: 10.7868/S0015330315060135
8. Савин, И.Ю. Может ли изменение климата привести к расширению посевов сельскохозяйственных культур в арктической зоне России? / И.Ю. Савин, С.А. Аветян, Н.В. Савицкая, О.Д. Кучер // Сетевой научный журнал РГАТУ. - 2024. - № 4(6). – С. 41-58. DOI10.36508/journal.2024.29.15.006
9. Хижняк, В.И. Исследование размерных характеристик семян гороха для разработки и эксплуатации сельскохозяйственных машин / В.И. Хижняк и др. // Вестник аграрной науки Дона. – 2024. – Т. 17 - № 4(68). DOI: 10.55618/20756704_2024_17_4_59-68
10. Черкашина, А.Г. Комплексная методика анализа и оформления результатов экспериментальных исследований / А.Г. Черкашина, М.И. Черкашина // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21, № 1(145). – С. 414-419. – DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-414-419
11. Черкашина, А.Г. Методологические аспекты отбора, консервации и подготовки биологических проб для лабораторных исследований / А.Г. Черкашина, М.И. Черкашина // Известия Дагестанского ГАУ. – 2026. – № 2(30). – С. 133-139. – DOI 10.52671/26867591_2026_2_133

References

1. Asadova B. *Pisum sustainability system TO Na₂SO₄* / B. Asadova // *Bulletin of science and practice*. – 2023. – Vol. 9. – No. 2. – P. 88-92. DOI: 10.33619/2414-2948/87/10
2. Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V., Dorokhova D.P. *In the context of quantitative characteristics and qualitative indicators of yield of new pea lines* // *Grain industry of Russia*. - 2018. – No. 6 (60). - P. 13-16.
3. Besedin A.G., Putina O.V. *Varieties of vegetable peas and their seed production for the processing industry of the south of Russia. Vegetable crops of Russia. 2025;(4): 64-69. (In Russ.)* <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-4-64-69>
4. Ismailov V.Ya. *Influence of the green pea pesticide-free protection system on the restoration of biodiversity and mechanisms of natural biocenotic regulation* / V.Ya.

- Ismailov, A.A. Komantsev // *Достижения науки и техники АПК* - Vol. 36, Iss: 4, P. 94-99 DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_94
5. Koshelyaev V.V. Evaluation of new pea breeding lines productivity / V.V. Koshelyaev, R.M. Bakaldin, I.P. Koshelyaeva., O.M. Kasynkina // *Niva Povolzhya*. - 2025. - No. 3 (75). - P. 1002. DOI: 10.36461 / NP.2025.75.3.006
6. Kravchenko R.V. Pollution of vegetable pea crops depending on the method of its sowing and herbicides / R.V. Kravchenko, S.S. Terekhova, N.N. Kravtsova, N.I. Bardak // *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. - 2021. - No. 166. - P. 159-168. DOI: 10.21515/1990-4665-166-014
7. Nikitin A.V. Enzymes of sucrose dissimilation as targets for nitrate in early ontogenesis of garden pea / A.V. Nikitin, S.F. Izmailov // *Russian Journal of Plant Physiology*. - 2016. - Vol. 63. - No. 1. - P. 152-157. DOI: 10.7868/S0015330315060135
8. Savin, I.Y. Can climate change lead to an expansion of crops in the arctic zone of Russia? / I.Y. Savin, S.A. Avetyan, N.V. Savitskaya, O.D Kucher // *Network scientific journal of RSATU*. - 2024. - No. 4 (6). - P. 41-58. DOI: 10.36508/journal.2024.29.15.006
9. Khizhnyak V.I. Study of the dimensional characteristics of pea seeds for the development and operation of agricultural machinery / V.I. Khizhnyak et al. // *Don agrarian science bulletin*. - 2024. - Vol. 17 - No. 4 (68). DOI: 10.55618/20756704_2024_17_4_59-68
10. Cherkashina, A.G. Complex methodology of analysis and design of experimental research results / A.G. Cherkashina, M.I. Cherkashina // *Scientific life*. – 2026. – Vol. 21, No. 1(145). – P. 414-419. – DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-414-419
11. Cherkashina, A.G. Methodological aspects of sampling, conservation and preparation of biological samples for laboratory research / A.G. Cherkashina, M.I. Cherkashina // *Dagestan GAU Proceedings*. - 2026. - No. 2 (30). - P. 133-139. - DOI 10.52671/26867591_2026_2_133

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 19.07.2026; одобрена после рецензирования 12.08.2026; принята к размещению на сайте 14.08.2026.

Contribution of the authors: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest

The article was submitted 19.07.2026; approved after reviewing 12.08.2026; accepted for publication 14.08.2026