

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРОХА НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Е.П. Кондратенко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²О.М. Соболева, кандидат биологических наук, доцент

¹И.А. Сергеева, кандидат физико-математических наук, доцент

¹А.Е. Редозубова, аспирант

¹Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

²Кемеровский государственный медицинский университет

E-mail: library82@mail.ru

Ключевые слова: *Pisum sativum* L., посевные площади, урожайность, валовой сбор, уравнения регрессии, тренды.

Реферат. *Спрос на продукцию растениеводства в коротком временном периоде времени является сравнительно постоянным, а в долгосрочном – относительно равномерно увеличивается. Следовательно, и предложение на продукцию должно быть устойчиво постоянным или устойчиво возрастающим. Изменение гидротермических условий возделывания сельскохозяйственных культур приводит к колебаниям урожайности. Исследование выполнено на основе статистических данных за период 2012 – 2021 гг. В статье рассмотрены основные тенденции развития производства гороха (*Pisum sativum* L.) в районах степной и лесостепной зон Кемеровской области. Определены посевные площади гороха, урожайность этой культуры и дана характеристика валового сбора зерна по зонам исследования. Анализ линии тренда показал ежегодное увеличение площади посева, её величина существенно увеличилась в период с 2017 по 2021 г. как в степи, так и в лесостепи. В этот же период установлена тенденция к значительному росту урожайности гороха вследствие повышения культуры земледелия. По нашим данным, тенденция рядов урожайности не одинакова. Коэффициенты вариации в степной зоне имеют значение 38,51 %, в лесостепной – 34,73 %, что свидетельствует о более высоком агротехническом уровне в лесостепной зоне в сравнении со степной. Высокие коэффициенты на изученных территориях наблюдаются за счет сильных отклонений урожайности в отдельные годы. В степной зоне урожайность колебалась от 6,9 до 23,9, а в лесостепи – от 7,3 до 21,7 ц/га. Выявлено, что величина урожая гороха сильно зависит от погодных условий. Самые урожайные – 2020 и 2021 гг. Уравнения трендов для степи и лесостепи достаточно хорошо описывают тенденцию к увеличению валового сбора зерна. Сформулирован вывод, что для решения основных проблем в производстве гороха, зависящих от культуры земледелия и колебаний условий возделывания, необходимо искать пути повышения устойчивости производства этой культуры.*

CURRENT STATUS AND TRENDS IN SUSTAINABILITY OF PEA PRODUCTION IN THE KEMEROVSK REGION

¹E.P. Kondratenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

²O.M. Soboleva, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹I.A. Sergeeva, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

¹A.E. Redozubova, PhD student

¹Kuzbass State Agricultural Academy

²Kemerovo State Medical University

E-mail: library82@mail.ru

Keywords: *Pisum sativum* L, cultivated areas, productivity, gross harvest, regression equations, trends

Abstract. *The demand for crop products is relatively constant in the short term, and in the long term, it increases relatively evenly. Consequently, the supply of products must be steadily steady or steadily increasing.*

*Changes in hydrothermal conditions for cultivating crops lead to fluctuations in yield. The study was carried out based on statistical data from 2012 – 2021. The article examines the main trends in the development of pea (*Pisum sativum* L.) production in the steppe and forest-steppe zones of the Kemerovo region. The sown areas of peas and the crop yield are determined, and the characteristics of the gross grain harvest in the study zones are given. The trend line analysis showed an annual increase in the sown area; its value increased significantly from 2017 to 2021 in both the steppe and forest steppe. During the same period, a tendency was established towards a significant increase in pea yields due to improved farming standards. According to our data, the trend in the yield series is not the same. The coefficients of variation in the steppe zone are 38.51% and, in the forest-steppe zone - 34.73%, indicating a higher agrotechnical level in the forest-steppe zone than in the steppe zone. High coefficients in the studied areas are observed due to solid deviations in yield in individual years. In the steppe zone, the yield ranged from 6.9 to 23.9; in the forest-steppe, it went from 7.3 c/ha to 21.7. It was revealed that the size of the pea harvest strongly depends on weather conditions. The most productive years are 2020 and 2021. The trend equations for the steppe and forest-steppe describe the tendency towards an increase in the gross grain harvest. The conclusion is formulated that to solve the main problems in pea production, which depend on the farming culture and fluctuations in cultivation conditions, it is necessary to look for ways to increase the sustainability of the production of this crop.*

Введение в повседневный рацион человека органических альтернативных основных продовольственных культур, таких как богатый питательными веществами полевой горох (*Pisum sativum* L.), помогает снизить дефицит питательных микроэлементов [1].

Зернобобовые культуры благоприятны для сельскохозяйственного производства, поскольку симбиотические бактерии на корневых клубеньках могут фиксировать азот, а затем выделять его в почву, поэтому растениям не требуется никаких дополнительных азотных удобрений [2]. Зернобобовые – хорошие предшественники в севообороте. Кроме того, они содержат большое количество незаменимых аминокислот, в частности лизина. Учитывая эти преимущества, важно отдавать больше посевных площадей под бобовые культуры [3].

Бобовые богаты белками, крахмалом, минералами, пищевыми волокнами и биологически активными компонентами [4]. В них много лизина, но мало серосодержащих аминокислот, и они могут дополнять белки злаков, обеспечивая сбалансированные источники аминокислот для питания человека [5]. Потребление бобовых связано с пользой для здоровья, такой как регулирование уровня сахара в крови при диабете второго типа, профилактика сердечных заболеваний, снижение уровня холестерина и кровяного давления, а также повышение насыщения для контроля массы тела [6].

Горох признан хорошим источником диетических углеводов, как и многие другие пищевые бобовые. Крахмал бобовых ведет себя как пищевое волокно с пользой для снижения риска рака толстой кишки и гликемического индекса, действует как пребиотик, проявляя гипохолестеринемический эффект, подавляя накопление жира, позволяя лучше усваивать кальций и железо [7].

В настоящее время для замены сои изучаются альтернативные бобовые культуры. Потенциально серьезным конкурентом сои является горох полевой (*Pisum sativum*), относящийся к филогенетической группе Fabaceae и Papilionoideae, как и соя. Ежегодно в Европе и во всем мире производится около 11 т гороха [8].

В Российской Федерации горох имеет многообразное применение: кормовое и продовольственное, широко используется для производства высокобелкового зерна, зернофуража, сенажа, зеленого корма, силоса, травяной муки [9]. Горох незаменим в севообороте, поскольку очень полезен для почвы, помогает выращивать последующие культуры без вспашки благодаря небольшому количеству мякины и раннему сбору урожая, что помогает поддерживать структуру почвы [10]. Горох также увеличивает урожайность следующей культуры в севообороте, снижает негативное воздействие агросистемы на окружающую среду [11], помогая кон-

тролировать сорняки и биологические процессы в почве, а также обеспечивает экономический эффект [12].

Горох посевной является важнейшей экономической и питательной культурой, и его часто называют «мясом бедняка» из-за высокого содержания белка, витаминов и минералов, а также пребиотических углеводов, но при этом он доступен по цене [13, 14].

Горох обладает множеством преимуществ: функциональные свойства для пищевой промышленности и в животноводстве, высокая питательная и кормовая ценность, доступность и относительно низкая стоимость, но он по-прежнему недостаточно используется в пищевой промышленности. Несмотря на некоторый потенциал роста потребления полевого гороха, в последние годы был достигнут незначительный прогресс в увеличении производства, и урожайность гороха отстает от урожайности зерновых культур [15, 16]. Поэтому исследования, проводимые в местных региональных условиях, обладают особо высокой актуальностью [17].

Последнее десятилетие характеризуется чередой экономических кризисов, введением санкций против нашей страны и ответным продовольственным эмбарго, пандемией, вызванной новым видом вируса. Все эти события негативно отражаются на сельском хозяйстве. В период кризисов особую актуальность приобретают вопросы продовольственной обеспеченности населения, ответы на которые невозможно найти без оценки состояния отрасли сельского хозяйства.

В этой связи целью работы является исследование современного состояния и динамики изменения устойчивости производства гороха полевого на территории Кемеровской области-Кузбасса. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить посевные площади гороха, урожайность этой культуры;
- 2) охарактеризовать валовой сбор зерна по зонам исследования;
- 3) выявить резервы роста производства гороха.

Объектами исследований по служили статистические материалы по производству гороха в 17 районах, расположенных на территории степной и лесостепной зон Кемеровской области, за 2012 – 2021 гг.

Гидротермические условия изучались по данным ГМС. Метеоусловия лет исследований значительно различались (рис.1, 2).

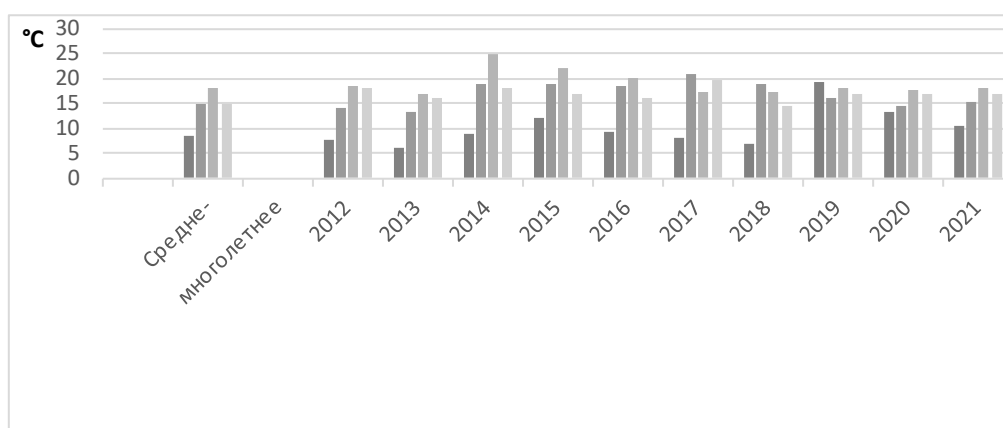


Рис. 1. Изменение среднесуточной температуры воздуха за годы исследований
Changes in average daily air temperature over the years of research

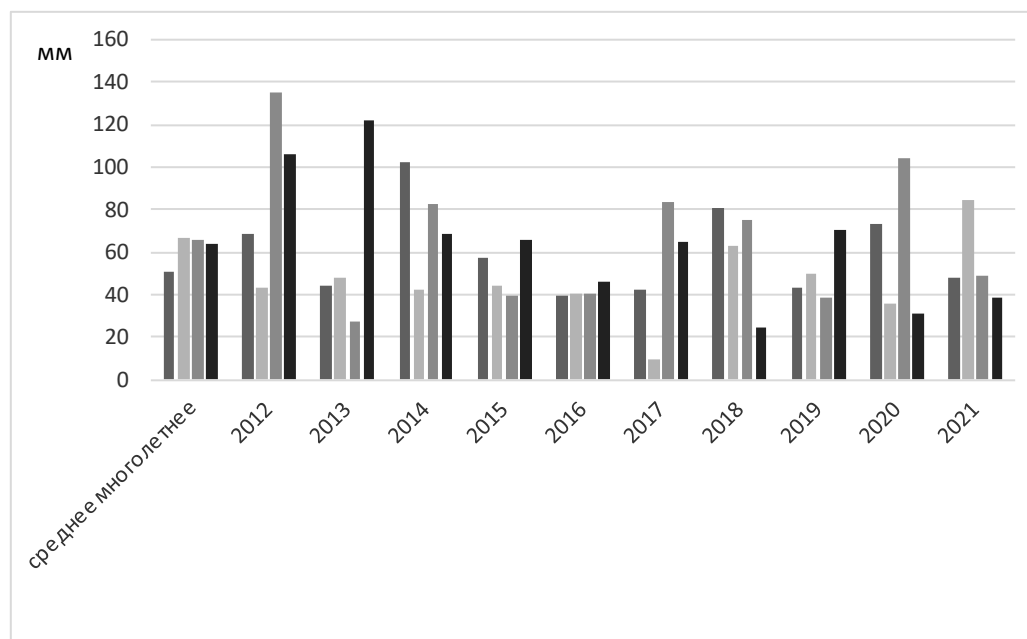


Рис. 2. Сумма осадков за годы исследований
Total precipitation over the years of research

Математическая обработка результатов осуществлялась по Б.А. Доспехову. Линии трендов рассчитаны по уравнениям линейных форм связи по формуле

$$Y = \bar{y} + a(t - \bar{t}),$$

где Y – урожайность по тренду, ц/га;

$\bar{y}$ – средняя урожайность за рассматриваемый период, ц/га;

t – порядковый номер года, начиная с 2012-го;

$\bar{t}$ – средний за период показатель времени;

a – коэффициент регрессии, показывающий в данном случае среднегодовой прирост урожайности в рассматриваемый период и определенный отношением

$$r_b = n \sum (y - \bar{y})(t - \bar{t}) / \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2 \sum (t - \bar{t})^2},$$

где n – количество взятых лет;

Σ – знак суммирования.

Горох в Кемеровской области является главной зернобобовой культурой. Огромная потребность в высокобелковом зерне на продовольственные и кормовые цели выдвигает настоятельную необходимость дальнейшего расширения посевов и подъема урожайности этой культуры. Однако объем производства зерна гороха значительно отстает от потребностей области.

Анализ результатов исследований показал, что в среднем площадь посева гороха в Кемеровской области в 2012 г. находилась на уровне 1054,7 га. За 10 лет она выросла до 2425,0 га. По отношению к 2012 г. площади выросли в 2,3 раза (на 1370,3 га). Выявлено, что в территориальном разрезе имеются различия. Так, по степной зоне Кемеровской области в 2021 г. посевные площади под эту культуру в сравнении с 2012 г. возросли на 1761 га, или в 2,1 раза, по лесостепной – в 2,9 раза. Среди районов степной зоны лидируют по увеличению посевных площадей под горох Гурьевский – на 1041,2 %, или 5440 га, Беловский – на 650,6 %, или 1426 га, и Крапивинский – на 423,3 %, или 2231 га. В условиях лесостепной значимое увеличение посевных площадей произошло в Юргинском – на 3351 га (644 %), Мариинском – на 1320 га (540 %), Яшкинском – на 1380 га (473 %), Чебулинском – на 1330 га (254 %) районах.

Установлено, что в 2021 г. в Новокузнецком районе горох не возделывался, произошло сокращение посевных площадей под изучаемую культуру в Тисульском районе (лесостепь) в 2 раза.

Тренды и тенденции (их динамика) могут быть как положительными, так и отрицательными, они помогают увидеть процесс в целом, определить его динамику и предсказать с определенной долей вероятности последующие события.

Рассчитанные уравнения тренда посевных площадей гороха в степной и лесостепной зонах Кемеровской области приведены на рис. 3, 4.

Анализ полученных результатов позволил установить устойчивую тенденцию к увеличению посевных площадей гороха как в степи, так и в лесостепи.

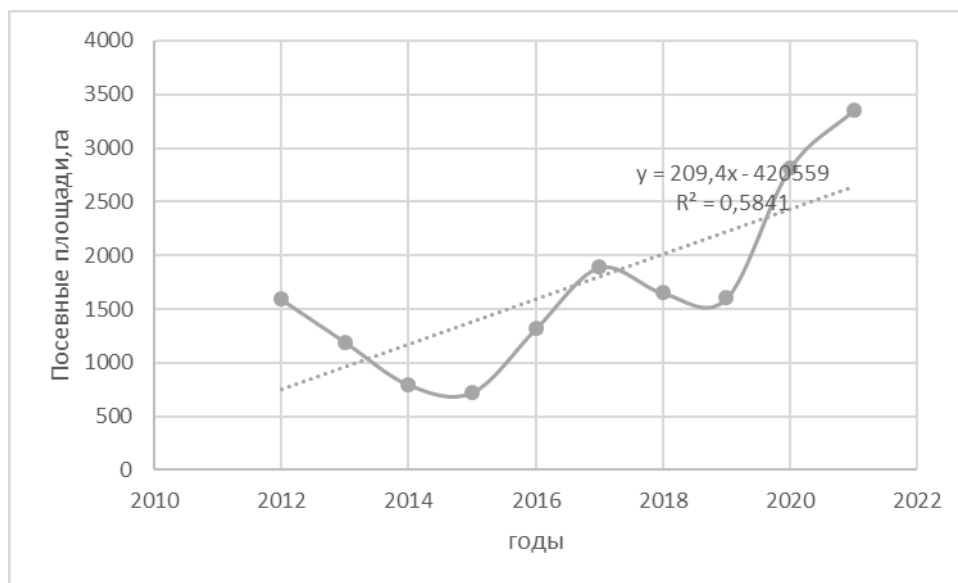


Рис. 3. Динамика посевных площадей гороха за 2012 – 2021 гг. в степной зоне Кемеровской области
Dynamics of pea sown areas for 2012 – 2021. in the steppe zone of the Kemerovo region

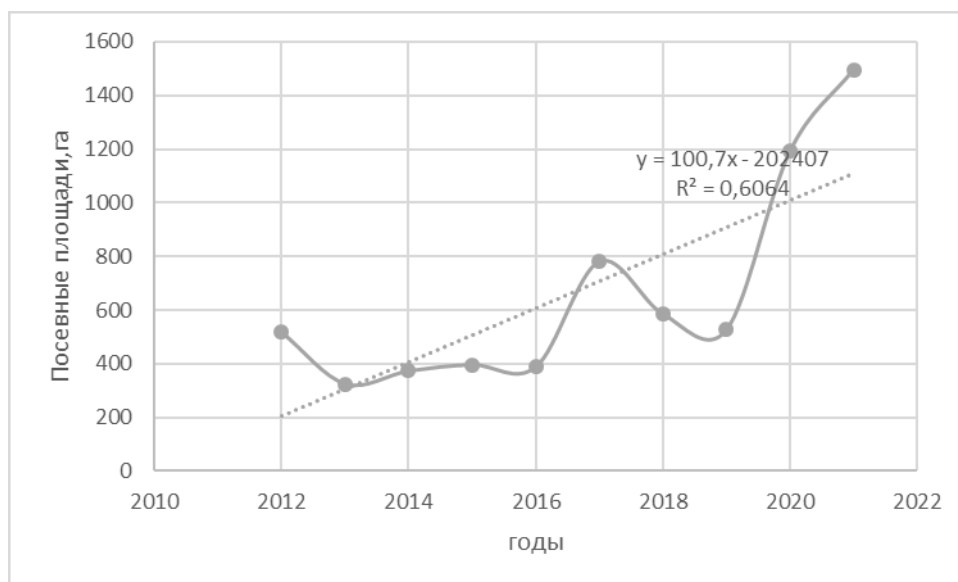


Рис. 4. Динамика посевных площадей гороха за 2010 – 2021 гг. в лесостепной зоне Кемеровской области
Dynamics of pea sown areas for 2010 – 2021. in the forest-steppe zone of the Kemerovo region

Анализ изменений средней величины отклонений посевных площадей от линии тренда показывает, что ее величина существенно увеличилась в период 201 – 2021 гг.

Следовательно, тренд в сторону устойчивого повышения площади посева гороха неслучаен, носит устойчивый характер и отмечается на протяжении последних ряда лет.

Анализ среднегодовых показателей за длительный период позволяет в значительной степени исключить влияние почвенно-климатических факторов и определить вклад использования передовых технологий в изменение урожайности гороха.

Установлено, что среднегодовая урожайность гороха в области в 2012 – 2016 гг. составляла 10,02 ц/га, в 2017 – 2021 гг. возросла до 18,85 ц/га и достигла в 2021 г. 22,77 ц/га. На территории степной зоны за пятилетку среднегодовая урожайность гороха выросла до 10,33 ц/га, в лесостепной – до 17,34 ц/га (рис. 5, 6).

Исследование динамического ряда урожайности гороха за 2012 – 2021 гг. с помощью математических функций позволило установить устойчивое повышение урожайности как в степи, так и в лесостепи с 2017 – 2021 гг.

Анализ изменений средней величины отклонений урожайности от линии тренда в различные периоды показывает, что ее величина возросла по сравнению с 2012 – 2021 гг. Это произошло как за счет погодных, так и за счет экономических факторов.

Колебания урожайности по абсолютной величине в районах области были различными. Однако в благоприятные годы, особенно по условиям увлажнения, максимальная урожайность гороха превышала минимальную в 2,0 – 2,5 раза.

Значительные различия в величине урожайности наблюдались даже в смежные годы, когда культура земледелия обычно меняется мало. Так, например, в степной зоне в 2016 г. средняя урожайность составила 10,7 ц/га, а в 2017 г. – 19,7, в лесостепной в 2016 г. 14,3, а в 2017 г. – 16,1, в 2020 г. – 20,9, в 2021 г. – 21,7 ц/га.

Полученные значения коэффициента вариации меньше 33 % указывают на однородность исследуемых совокупностей. Это характерно для некоторых районов лесостепной зоны: Чебулинский – 22,20, Тисульский – 27,68 и Мариинский – 27,44 %. Значения коэффициента вариации выше 33 % свидетельствуют о значительной неоднородности исследованных совокупностей, что особенно характерно для степной зоны.

Среднеобластной валовой сбор гороха также значительно изменялся и достигал в благоприятные годы 6255,8 т.

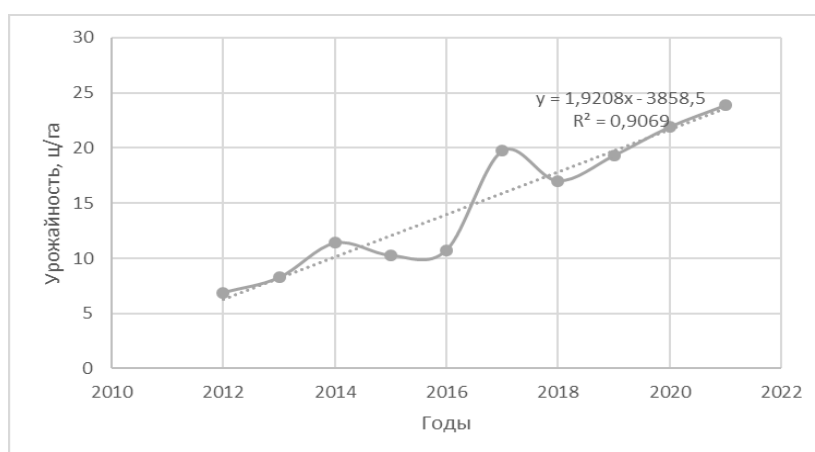


Рис. 5. Динамика урожайности гороха за 2012 – 2021 гг. степной зоне Кемеровской области
Dynamics of pea yields for 2012 – 2021 steppe zone of the Kemerovo region

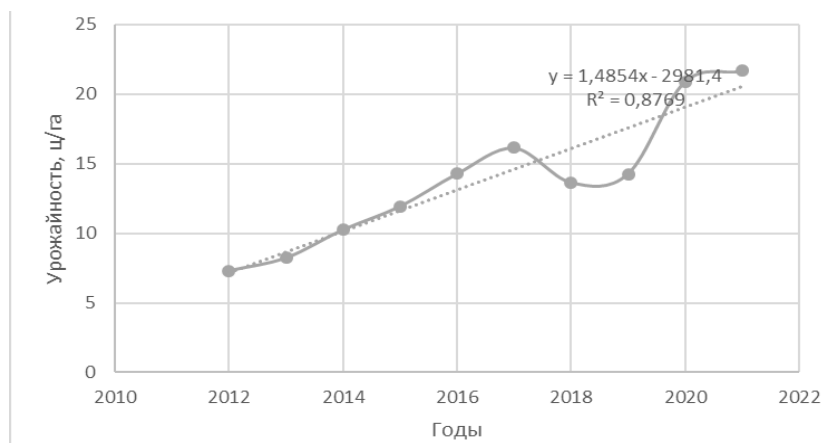


Рис. 6. Динамика урожайности гороха за 2012 – 2021 гг. в лесостепной зоне Кемеровской области
Dynamics of pea yields for 2012 – 2021 in the forest-steppe zone of the Kemerovo region

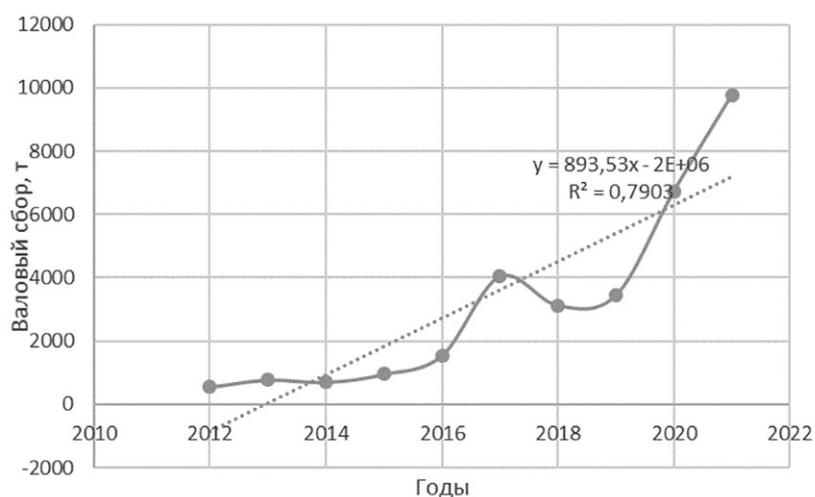


Рис. 7. Динамика валового сбора гороха за 2012 – 2021 гг. в степной зоне Кемеровской области
Dynamics of gross pea harvest for 2012 – 2021 in the steppe zone of the Kemerovo region

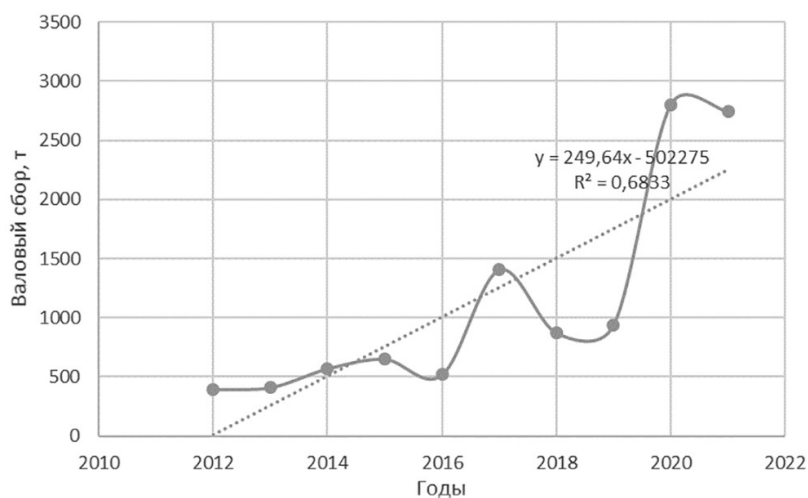


Рис. 8. Динамика валового сбора гороха за 2012 – 2021 гг. в лесостепной зоне Кемеровской области
Dynamics of gross pea harvest for 2012 – 2021 in the forest-steppe zone of the Kemerovo region

Построенные линии трендов показали, что за последние годы динамика валового сбора положительная (рис. 7, 8). За период с 2012 по 2021 г. валовой сбор гороха вырос в степной зоне в 1,8, в лесостепной в 6,9, в среднем по области – в 13,2 раза.

Помимо изменения качества посевного материала, а также влияния погодных условий разнонаправленная динамика урожайности гороха обусловлена нестабильным изменением посевных площадей. Несмотря на это обстоятельство, за 2012 – 2021 гг. линия тренда по площадям посева имеет восходящий характер (см. рис. 3, 4).

Таким образом, проведенное исследование показало ежегодное увеличение площади посева гороха в Кемеровской области – ее величины существенно возросли в период с 2017 по 2021 г., причем как в степи, так и в лесостепи. В этот же период установлена тенденция к значительному росту урожайности гороха. Тенденция рядов урожайности неодинакова. Коэффициенты вариации в степной зоне имеют значение 38,51 %, в лесостепной – 34,73 %, что свидетельствует о более высоком агротехническом уровне в лесостепной зоне в сравнении со степной. Высокие коэффициенты вариации на изученных территориях наблюдаются за счет сильных отклонений урожайности в отдельные годы. В степной зоне урожайность колебалась от 6,9 до 23,9 ц/га, а в лесостепи – от 7,3 до 21,7 ц/га. Выявлено, что величина урожайности гороха сильно зависит от погодных условий. Самые урожайные – 2020 и 2021 гг. Уравнения трендов для степи и лесостепи достаточно хорошо описывают тенденцию к увеличению валового сбора зерна.

Для решения основных проблем в производстве гороха, зависящих от культуры земледелия и колебаний условий возделывания, необходимо искать пути повышения устойчивости производства этой культуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Powers S.E., Thavarajah D. Checking agriculture's pulse: field pea (*Pisum sativum* L.), sustainability, and phosphorus use efficiency // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1489.
2. Алёшин М.А., Завалин А.А. Вынос урожая и баланс азота при возделывании зерновых культур в Пермском крае // *Плодородие*. – 2022. – № 1 (124). – С. 3–6.
3. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Present-day breeding of legumes and groat crops in Russia // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2021. – Vol. 25. – N 4. – P. 381.
4. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour / K.A. Millar, E. Gallagher, R. Burke [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2019. – N 82. – P. 103233. – <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>
5. Day L.I. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security // *Trends in Food Science and Technology*. – 2013. – N 32. – P. 25–42. – <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>
6. Johnston A.J., Jones P.J.H., Mollard R.C. Low-glycemic foods: Pulses // *Encyclopedia of Food Chemistry*. – 2019. – P. 437–445. – <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21770-8>
7. Polesi L.F., Silene Bruder S.S., Carlota B. Composition and characterization of pea and chickpea starches // *Brazilian Journal of Food Technology*. – 2011. – Vol. 2. – P. 74–81.
8. Univia T. Les filières françaises des Oléagineux, Protéagineux & Légumes secs issus de l'agriculture biologique–Terres Univia. – 2019. – <http://www.terresunivia.fr/cultures-utilisation/les-especes-cultivees/pois>
9. Лысенко А.А. Урожайность и качество возделываемых в Приазовской зоне Ростовской области сортов зернового гороха в зависимости от гидротермических факторов // *Зерновое хозяйство России*. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 70–76. – DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76.
10. Чибис В.В., Ефименко Д.В. Полевые севообороты для возделывания полевых культур в условиях лесостепи Западной Сибири // *Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Всерос. (нац.) конф. к 95-летию ботанического сада Омского ГАУ*. – 2022. – С. 182.

11. Пакуль А.Л., Ямищиков М.А., Пакуль В.Н. Эффективность различных систем обработки почвы и прямого посева на чернозёме выщелоченном в условиях Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 4-1 (118). – С. 171–175. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.118.4.027.
12. Ardelean I., Borza I., Bandici G. Researche Regarding on the Influence of Crop Rotation and Nutrition Regime on the Growth Progress of Biomass and Production in Winter Wheat Cultivated on Luvosoils // Annals of the University of Oradea, Fascicle: Environmental Protection. – 2021. – Т. 36.
13. Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: a potential food-based solution to global micronutrient malnutrition / D. Amarakoon, D. Thavarajah, K. McPhee, P. Thavarajah // J. Food Compos. Anal. – 2012. – Vol. 27 (1). – P. 8–13. – DOI: 10.1016/J.JFCA.2012.05.007.
14. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.) biofortification for better human health / D. Thavarajah [et al.] // PLoS one. – 2022. – Vol. 17, N 1. – e0261109.
15. Гребенникова В.В., Жильцов И.В. Роль предшественников и систем обработки почвы в формировании урожайности гороха // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы нац. науч.-практ. конф., Кемерово, 29 дек. 2018 г. – Кемерово: Кемеров. ГСХИ, 2018. – С. 162–167.
16. Кондратенко Е.П., Фролова А.М. Возделывание гороха в чистых и смешанных посевах на территории Кемеровской области // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 3 – 4 дек. 2019 г. – Кемерово: Кузбас. ГСХА, 2019. – С. 295–301.
17. Анохина О.В., Ситников А.С. Влияние систем обработки на агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы IX Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Кемерово, 29 дек. 2022 г. – Кемерово: Кузбасская ГСХА, 2022. – С. 434–438.

REFERENCES

1. Powers S.E., Thavarajah D. Checking agriculture's pulse: field pea (*Pisum Sativum* L.), sustainability, and phosphorus use efficiency, *Frontiers in Plant Science*, 2019, Vol. 10, P. 1489.
2. Alyoshin M.A., Zavalin A.A., Plodorodie, 2022, No. 1 (124), pp. 3–6. (In Russ.)
3. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Present-day breeding of legumes and groat crops in Russia, *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, Vol. 25, N 4, P. 381.
4. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>
5. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>
6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21770-8>
7. Polesi L.F., Silene Bruder S.S., Carlota B. Composition and characterization of pea and chickpea starches, *Brazilian Journal of Food Technology*, 2011, Vol. 2, P. 74–81.
8. <http://www.terresunivia.fr/cultures-utilisation/les-especes-cultivees/pois>
9. Lysenko A.A. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2022, Vol. 14, No. 2, pp. 70–76, DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76. (In Russ.)
10. Chibis V.V., Efimenko D.V., *Raznoobrazie i ustojchivoe razvitie agrobiocenozov Omskogo Priirtysh'ya* (Diversity and sustainable development of agrobiocenoses of the Omsk Irtysh region), Proceedings of the All-Russian (National) Conference, the 95th Anniversary of the Botanical Garden of the Omsk State Agrarian University, 2022, P. 182. (In Russ.)
11. Pakul' A.L., Yamshchikov M.A., Pakul' V.N., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2022, No. 4-1 (118), pp. 171–175, DOI: 10.23670/IRJ.2022.118.4.027. (In Russ.)
12. Ardelean I., Borza I., Bandici G. Researche Regarding on the Influence of Crop Rotation and Nutrition Regime on the Growth Progress of Biomass and Production in Winter Wheat Cultivated on Luvosoils, *Annals of the University of Oradea, Fascicle: Environmental Protection*, 2021, Vol. 36.
13. Amarakoon D., Thavarajah D., McPhee K., Thavarajah P., Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: a potential food-based solution to global micronutrient malnutrition, *J. Food Compos. Anal.* 2012, Vol. 27 (1), P. 8–13, DOI: 10.1016/J.JFCA.2012.05.007.

14. Thavarajah D. et al. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.) biofortification for better human health, *PloS one*, 2022, Vol. 17, N 1, e0261109.
15. Grebennikova V.V., Zhil'cov I.V., *Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie sredstva i sel'skohozyajstvennyye problem* (Actual Scientific and Technical Means and Agricultural Problems), Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Kemerovo, December 29, 2018, Kemerovo: Kuzbass. GSHA, 2018, pp. 162–167. (In Russ.)
16. Kondratenko E.P., Frolova A.M., *Sovremennye tendencii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v mirovoj ekonomike* (Current Trends in Agricultural Production in the World Economy), Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, 3 – 4 Dec. 2019, Kemerovo: Kuzbass. GSHA, 2019, pp. 295–301. (In Russ.)
17. Anohina O.V., Sitnikov A.S. *Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie sredstva i sel'skohozyajstvennyye problemy* (Actual Scientific and Technical Means and Agricultural Problems), Proceedings of the IX National Scientific and Practical Conference with International Participation, Kemerovo, December 29, 2022, Kemerovo: Kuzbass. GSHA, 2022, pp. 434–438. (In Russ.)