

Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-145-155>

УДК 633.34:[631.559:631.53.027]



Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои и динамика её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений

М.А. Магомадов¹, М.Ш. Гаплаев¹, А.Х. Козырев^{✉2}

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,

г. Грозный, Российская Федерация

²Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»;

с. Михайловское, Российская Федерация

✉ironlag@mail.ru

Аннотация. Введение. Научный и практический интерес к сое связан с её уникальными питательными свойствами, что обеспечивает ей широкое распространение в пищевой, кормовой и промышленной сферах. Актуальным направлением исследований выступает разработка новых подходов к системе защиты посевов высокоурожайных сортов от сорных растений. Цель исследований заключалась в выявлении влияния минерального фона и различных гербицидов на уровень чистой продуктивности фотосинтеза посевов сои и динамики её формирования. **Методы.** Экспериментальная работа велась в 2022...2024 гг. на территории Чеченского НИИСХ, расположенного в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья. Почвы представлены выщелоченным чернозёмом средней мощности: содержание гумуса 3,9%; доступного фосфора 18...21 мг/кг, обменного калия 120...150 мг/кг, реакция почвенного раствора pH – 6,9. Объектами исследований являлись перспективные сорта сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка, а также гербициды Гамбит, Гермес, Бамбу. **Результаты.** Установлено, что наибольшие показатели чистой продукции фотосинтеза отмечались в начальные сроки вегетации растений, при этом их максимум обычно приходился на период бутонизации и начало цветения. По мере перехода к фазе цветения и дальнейшему развитию, когда происходило активное формирование фотосинтезирующих органов, наблюдалось постепенное уменьшение этого показателя. На завершающем этапе вегетационного цикла фиксировалось значительное и резкое снижение эффективности фотосинтеза. При внесении минерального фона ($P_{90} K_{60}$) чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась во все сроки определений. Так, по неудобренному фону (вариант Гамбит-3,2 + Гермес-0,9, сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону $P_{90} K_{60}$ – 3,18 г/м²×сутки. **Заключение.** Гербициды способствовали повышению чистой продуктивности фотосинтеза. Высокие показатели ЧПФ отмечались в начале вегетационного периода, а максимальное значение было характерно для фазы – бутонизация-начало цветения. При внесении минерального фона ($P_{90} K_{60}$) ЧПФ увеличивалась во все сроки определений.

Ключевые слова: соя, сорта, агроценоз, засоренность посевов, гербициды, минеральный фон, чернозем выщелоченный, фаза развития, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожай семян

Для цитирования: Магомадов М.А., Гаплаев М.Ш., Козырев А.Х. Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои и динамика её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений. Новые технологии / New technologies. 2025; 21(4): 145-155. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-145-155>

© М.А. Магомадов, М.Ш. Гаплаев, А.Х. Козырев, 2025

Net soybean crops photosynthesis productivity and its dynamics depending on the application of herbicides and fertilizers

M.A. Magomadov¹, M.Sh. Gaplaev¹, A.Kh. Kozyrev^{✉2}

¹Chechen Research Institute of Agriculture, Grozny, the Russian Federation

²The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – Branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Mikhailovskoye, the Russian Federation
✉ironlag@mail.ru

Abstract. **Introduction.** Scientific and practical interest in soybeans is associated with their unique nutritional properties, which ensures their widespread use in the food, feed, and industrial sectors. A relevant research area is the development of new approaches to the protection of high-yielding varieties from weeds. **The goal of the research** was to identify the influence of mineral background and various herbicides on the level of net photosynthetic productivity of soybean crops and the dynamics of its formation. **The methods.** The experimental work was carried out in 2022–2024 on the territory of the Chechen Research Institute of Agriculture, located in the forest-steppe zone of the Central Ciscaucasia. The soils were represented by leached chernozem of medium thickness: humus content was 3.9%; available phosphorus was 18–21 mg/kg, exchangeable potassium was 120–150 mg/kg, the reaction of the soil solution was pH 6.9. The research subjects were the promising *Amadeus*, SG SR *Pikor*, and *Smuglyanka* soybean varieties as well as the herbicides *Gambit*, *Hermes*, and *Bambu*. **The results.** It was found that the highest net photosynthetic productivity was observed early in the growing season, typically peaking during budding and early flowering. As the plants transitioned to flowering and further development, when photosynthetic organs were actively forming, a gradual decrease in this indicator was observed. A significant and dramatic decrease in photosynthetic efficiency was recorded at the final stage of the growing season. With the addition of a mineral supplement ($P_{90} K_{60}$), net photosynthetic productivity increased at all measurement periods. Thus, under an unfertilized background (variant *Gambit*-3.2 + *Hermes*-0.9, SG SR *Pikor* variety), it was 2.80 g/m² x day, and under a $P_{90} K_{60}$ background, it was 3.18 g/m² x day. **Conclusion.** Herbicides contributed to an increase in net photosynthetic productivity. High NPP values were observed at the beginning of the growing season, and the maximum value was characteristic of the budding-inception of flowering phase. With the addition of a mineral background ($P_{90} K_{60}$), NPP increased at all measurement times.

Keywords: soybeans, varieties, agroecosystem, crop infestation, herbicides, mineral background, leached chernozem, development phase, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, seed yield

For citation: Magomadov M.A., Gaplaev M.Sh., Kozyrev A.Kh. Net soybean crops photosynthesis productivity and its dynamics depending on the application of herbicides and fertilizers. Novye tehnologii / New technologies. 2025; 21(4): 145–155. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-145-155>

Введение. Научный и практический интерес к сое связан с её уникальными питательными свойствами, что обеспечивает ей широкое распространение в пищевой, кормовой и промышленной сферах [1, 2, 3]. Кроме того, культура обладает существенным агротехническим значением [4, 5]. Для повышения эффективности возделывания сои большое значение приобретает выбор сортов, способных максимально реализовать потенциал природно-климатических условий конкретного региона [6, 7].

Рост урожайности сои напрямую связан с подбором сортов, способных максимально использовать ресурсы климата и почвы конкретного региона. В районах наших исследований отмечается недостаток современных, высокопродуктивных сортов, что ограничивает возможности получения стабильных урожаев. Повышение эффективности возделывания возможно только при оптимальном сочетании сорта и технологий, что позволяет реализовать генетический потенциал культуры и до-

биться высокого качества продукции при экономически оправданных затратах [8, 9].

Серьёзной проблемой остаётся высокая засорённость посевов, вызывающая значительные потери урожая и снижение качества продукции. Достижение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур возможно при научно обоснованном применении гербицидов как эффективного средства борьбы с сорняками [10]. В современных условиях развития сельского хозяйства химический метод борьбы с сорными растениями практически не имеет альтернатив благодаря своей эффективности, быстрому действию и относительно низкой стоимости. Химическая прополка должна рассматриваться как необходимый элемент системы подавления сорняков в земледелии и севооборотах.

В современных условиях становится необходимостью совершенствование агротехнологий выращивания сои с учётом последних научных достижений и практического опыта, адаптированных под особенности каждого агроклиматического района [11, 12]. Актуальным направлением исследований выступает разработка новых подходов к системе защиты посевов высокурожайных сортов от сорных растений, при этом особое внимание уделяется экологическим требованиям.

Эффективность роста и развития посевов напрямую связана с фотосинтетической активностью растений. На её уровень влияют различные условия: как качество освещения, так и обеспеченность растений макро- и микроэлементами [13]. Результаты многочисленных научных исследований свидетельствуют о том, что увеличение листовой поверхности способствует росту урожайности лишь до определённого уровня: после достижения оптимального значения дальнейшее расширение этой площади не приводит к дополнительному приросту урожая. Следовательно, наивысших показателей по количеству и качеству продукции удается до-

биться только при оптимальном развитии листовой поверхности [14].

С целью повышения урожайности с помощью агротехнических мероприятий необходимо создавать условия, способствующие быстрому формированию и расширению листового аппарата растений [15]. Важным аспектом является также поддержание высокой эффективности фотосинтетических процессов и обеспечение пролонгированной активности листьев на протяжении всего вегетационного периода.

Кроме того, требуется рационально направлять продукты фотосинтеза: на начальных этапах – преимущественно на формирование листьев, побегов и корневой системы, а по мере развития растений – на образование хозяйствственно значимых органов и увеличение их массы. Такой подход позволяет наиболее полно реализовать потенциал культурных растений и получать высокие урожаи с оптимальными качественными характеристиками [16, 17].

Таким образом, выбор и применение агротехнических методов должны основываться на детальном научном анализе, учитывающем специфику каждого конкретного агроценоза и природные условия его возделывания. Это подчеркивает необходимость проведения дальнейших комплексных исследований, направленных на повышение эффективности и устойчивости производства.

Цель исследований заключалась в выявлении влияния минерального фона и различных гербицидов на уровень засорённости посевов сои, процессы роста и развития растений, количественные и качественные показатели урожая перспективных сортов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики. В данной статье приводятся результаты решения одной из задач исследований – определение чистой продуктивности фотосинтеза посевов сои и динамики её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений.

Методика. Экспериментальные исследования проведены в лесостепной зоне Цен-

трального Предкавказья, которая характеризуется умеренно влажным климатом, коэффициентом увлажнения 0,33…0,60, среднегодовым количеством осадков 600…800 мм. Зимы, как правило, без суровых морозов, летние месяцы сопровождаются умеренно высокой температурой. С апреля по октябрь фиксируется около 60…70 суток засушливых периодов и суховеев. Начало активной вегетации растений приходится на вторую половину апреля.

Погода в годы исследований позволила выявить потенциальные возможности перспективных сортов сои. Вегетационный период 2022 года отличался высокой среднесуточной температурой воздуха +22,3°C, что на 1,5°C выше среднемноголетних значений и характерной для зоны недостаточной влагообеспеченностью со сравнительно равномерным распределением осадков (56,4 мм в месяц); среднемноголетние значения – 20,8°C и 55,6 мм осадков. Тёплая погода стимулировала интенсивный рост надземной части сои, что обеспечило получение высоких показателей площади листьев. Вегетационные периоды 2023 и 2024 годов отличались меньшей среднесуточной температурой воздуха +21,1…21,3°C и большим количеством выпавших осадков (+23 и +45 мм к среднемноголетним значениям). Ливневый характер осадков в мае-июне (193-197 мм) не оказал существенного влияния на посевы сои, так как культура не требовательна к ним в начале вегетации. Однако дефицит влаги во второй половине лета проявился в снижении отдельных показателей продуктивности растений. Вышеперечисленные особенности погоды, особенно 2023 и 2024 годов, вызывавшие стресс у посевов, позволили отобрать наиболее адаптивные сорта.

Почвенный покров опытного участка представлен чернозёмом, выщелоченным средней мощности, подстилаемым галечником, с преобладанием тяжелосуглинистого механического состава. Значение кислотности почвы в солевой вытяжке ($\text{pH}_{\text{сол}}$) – 6,9 – близкая к нейтральной. Поглотительная способность почвы составляет 22,1…23,6

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

мг-экв./100 г. Содержание гумуса в пахотном слое опытного участка – 3,9 %. Обеспеченность доступными формами питательных элементов – средняя по азоту (118…122 мг/кг) и фосфору (76…80 мг/кг), выше среднего – по калию (88…91 мг/кг).

Исследования проводили в течение ряда лет (2022…2024 гг.) на базе Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства, что обеспечивало комплексность и системность в оценке признаков и потенциала новых сортов. В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации.

Объектами исследований являлись агроценозы перспективных сортов сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка, а также гербициды Гамбит СК, Гермес МД, Бамбу КЭ.

Предмет исследований – ассимиляционная поверхность посевов сои и закономерности её формирования на фоне применения гербицидов и минеральных удобрений в условиях лесостепи Чеченской Республики.

В полевом опыте изучались различные нормы фосфорных и калийных удобрений. На обсуждение в данной статье представлены варианты обработки гербицидами без использования удобрений и на минеральном фоне Р₉₀ К₆₀. Нормы внесения питательных элементов обоснованы доведением содержания их подвижных форм в почве до повышенного уровня, оптимального для симбиотической активности бобовых агроценозов.

20 кг/га фосфора вносили непосредственно при посеве, остальную часть фосфорных удобрений и всю норму калийных удобрений – под зяблевую вспашку. Фосфорные удобрения вносили в форме простого суперфосфата (20%), калийные удобрения – в форме сульфата калия (50%). Нормы фосфорных удобрений в физическом весе составили 150, 300, 450 и 600 кг/га, калийных – 120 кг/га.

Гербициды применяли по схемам, включающим довсходовое опрыскивание почвы препаратами Гамбит СК и Бамбу КЭ

на 2-3 день после посева и послевсходовым применением препарата Гермес МД в фазу третьего тройчатосложного листа растений сои. Нормы расхода гербицидов варьировали от 0,7 до 3,2 л/га.

Схема опытов и её обоснование.

1. *Контроль* – без гербицидов.

2. *Гамбит-2,5 + Гермес-0,9* – изучение эффективности опрыскивания почвы до появления всходов сои препаратом Гамбит с нормой расхода 2,5 л/га и послевсходового применения препарата Гермес с нормой расхода 0,9 л/га (далее по тексту «Гамбит-2,5 + Гермес»).

3. *Гамбит-3,2 + Гермес-0,9* – применение препарата Гамбит (3,2 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Гамбит-3,2 + Гермес»).

4. *Бамбу-0,7 + Гермес-0,9* – применение препарата Бамбу (0,7 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Бамбу-0,7 + Гермес»).

5. *Бамбу-1,0 + Гермес-0,9* – применение препарата Бамбу (1,0 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Бамбу-1,0 + Гермес»).

Полевые опыты закладывались по схеме двухфакторного опыта (фактор А – сорта, фактор В – гербициды): четырехкратная повторность, размещение делянок рендомизированное, общая площадь делянки 72 м², учетная площадь 49 м². Посев проводили широкорядным способом (45 см) селекционной сеялкой Plot / Row Motion. Нормы высева всех сортов составили 500 тыс. семян на гектар (75...81 кг/га).

Полевой опыт 1 был заложен без применения удобрений, полевой опыт 2 – на минеральном фоне Р₉₀ К₆₀.

Для решения поставленных задач в течение вегетационного периода в основные фазы роста и развития растений сои определяли площадь листовой поверхности методом высечек.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Office 2010.

Результаты.

Для всесторонней оценки работы фотосинтетического аппарата растений применяется такой критерий, как чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Этот показатель отражает количество сухого вещества, образующегося на каждом квадратном метре листовой поверхности в течение определённого срока вегетации.

В ходе наших исследований было выявлено, что гербициды способствуют увеличению ЧПФ (табл. 1). Например, в 2024 году (средний показатель за вегетацию, сорт Амадеус, фон без удобрений) для варианта Гамбит-3,2 + Гермес-0,9 получено значение 2,64 г/м²сутки. Для вариантов Бамбу-1,0 + Гермес-0,9 и Гамбит-2,5 + Гермес-0,9 эти значения составили 2,50 и 2,38 г/м²сутки соответственно. Худшим вариантом оказалось внесение Бамбу-0,7 + Гермес-0,9 – 2,27 г/м²×сутки. Контрольный вариант показал ЧПФ равную 1,89 г/м²сутки.

В ходе проведённых исследований было выявлено, что наибольшие показатели чистой продукции фотосинтеза отмечались в начальные сроки вегетации растений, при этом их максимум обычно приходился на период бутонизации-начала цветения. По мере перехода к фазе цветения и дальнейшему развитию, когда происходило активное формирование фотосинтезирующих органов, наблюдалось постепенное уменьшение этого показателя. На завершающем этапе вегетационного цикла фиксировалось значительное и резкое снижение эффективности фотосинтеза.

Доказано, что при внесении минерального фона (Р₉₀ К₆₀) чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась во все сроки определений (табл. 2). Так, по неудобренному фону в 2024 г. (вариант Гамбит-3,2 + Гермес-0,9, сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону Р₉₀ К₆₀ – 3,18 г/м²×сутки. Аналогичные показатели 2022 и 2023 гг. были равны: 2,43 и 2,82 г/м²×сутки; 2,59 и 3,02 г/м²×сутки.

Результаты опытов также продемонстрировали, что отдельные сорта растений Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

характеризуются оптимальной оптико-биологической организацией посевов. Благодаря этому обеспечивается равномерное освещение поверхности листьев во всех ярусах даже в периоды максимальной листовой массы. Такая структура агроценоза способствует рациональному использованию солнечной энергии, что положительно оказывается на интенсивности фотосинтетических процессов и их продуктивности. Следствием этого является более эффективное обеспечение плодоносящих узлов растения ассимиляционными продуктами, что, в свою очередь, уменьшает опадение цветков и других генеративных элементов.

Результаты опытов также продемонстрировали, что отдельные сорта растений характеризуются оптимальной оптико-биологической организацией посевов. Благодаря этому обеспечивается равномерное освещение поверхности листьев во всех ярусах даже в периоды максимальной листовой массы. Такая структура агроценоза способствует рациональному использованию солнечной энергии, что положительно оказывается на интенсивности фотосинтетических процессов и их продуктивности. Следствием этого является более эффективное обеспечение плодоносящих узлов растения ассимиляционными продуктами,

что, в свою очередь, уменьшает опадение цветков и других генеративных элементов.

При воздействии высоких температур и интенсивной инсоляции наблюдается значительный рост числа опадающих цветков у растений. Аналогичный эффект вызывает и длительное затенение, возникающее из-за перекрытия листьев друг другом или соседними растениями. Особенно заметно опадение цветков в верхних частях главного побега и на концах ветвей, тогда как в центральных зонах растения этот процесс выражен слабее.

Существенную роль в формировании урожая играет обеспеченность растения элементами питания. Недостаток азота, калия и углеводов приводит к тому, что до 47% завязавшихся плодов сои преждевременно сбрасываются. Было установлено, что сорта, обладающие высоким уровнем фотосинтетической активности, характеризуются лучшей сохранностью плодов.

Даже при одинаковой площади листовой поверхности урожайность посевов может значительно различаться, и это обусловлено особенностями архитектоники растений. Снижение уровня освещённости вызывает перестройки в морфологии, затрагивающие основные компоненты продуктивности и конечный сбор семян.

Таблица 1. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах сои в зависимости от применяемых гербицидов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики (фон – без удобрений) (сред. за 2022...2024 гг.), г/м²×сутки

Table 1. Net productivity of photosynthesis in soybean crops depending on the herbicides used in the forest-steppe zone of the Chechen Republic (background - without fertilizers) (average for 2022...2024), g/m²×day

Сорт	Вариант	ЧПФ по периодам рост и развития растений сои						Средний ЧПФ за вегетацию
		ЧПП-1	ЧПП-2	ЧПП-3	ЧПП-4	ЧПП-5	ЧПП-6	
Амадеус	1. Контроль (без гербицидов)	2,33	2,51	2,83	1,95	1,54	0,21	1,89
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,64	2,81	3,38	2,69	2,24	0,56	2,38
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	2,86	3,09	3,90	2,79	2,56	0,64	2,64
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,51	2,74	3,26	2,49	2,16	0,49	2,27
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	2,71	2,98	3,56	2,74	2,46	0,58	2,50
СГ СР Пикор	1. Контроль (без гербицидов)	2,40	2,65	2,91	2,09	1,65	0,24	1,99
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,76	2,98	3,46	2,90	2,40	0,61	2,51
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	2,98	3,18	3,99	3,16	2,78	0,71	2,80
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,58	2,86	3,42	2,71	2,24	0,58	2,39
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	2,83	3,06	3,68	2,81	2,52	0,64	2,59
Смуглёнка	1. Контроль (без гербицидов)	2,49	2,74	2,99	2,19	1,84	0,31	2,09
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,90	3,06	3,59	3,16	2,49	0,64	2,64
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,04	3,29	4,13	3,86	2,84	0,91	3,01
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,72	3,01	3,54	2,88	2,36	0,60	2,51
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,04	3,18	3,76	2,98	2,64	0,71	2,71

Таблица 2. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах сои в зависимости от применяемых гербицидов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики (фон – Р₉₀ К₆₀)
(сред. за 2022...2024 гг.), г/м²×сутки

Table 2. Net productivity of photosynthesis in soybean crops depending on the herbicides used in the forest-steppe zone of the Chechen Republic (background - P₉₀ K₆₀) (average for 2022...2024), g/m²×day

Сорт	Вариант	ЧПФ по периодам рост и развития растений сои						Средний ЧПФ за вегетацию
		ЧПФ-1	ЧПФ-2	ЧПФ-3	ЧПФ-4	ЧПФ-5	ЧПФ-6	
Амадеус	1. Контроль (без гербицидов)	2,56	2,69	2,95	1,87	1,51	0,24	1,94
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,99	3,17	3,63	3,19	2,53	0,68	2,69
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,40	3,46	3,99	4,13	2,91	0,99	3,14
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,76	2,99	3,68	2,98	2,40	0,63	2,74
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,19	3,27	3,79	2,99	2,69	0,74	2,77
СГ СР Пикор	1. Контроль (без гербицидов)	2,83	2,91	3,09	1,96	1,68	0,34	2,13
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	3,24	3,28	3,83	2,98	2,69	0,74	2,79
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,74	3,83	4,11	3,38	2,99	1,04	3,18
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,71	3,09	3,48	2,98	2,68	0,68	2,77
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,40	3,36	3,98	3,17	2,73	0,80	2,90
Смуглёнка	1. Контроль (без гербицидов)	2,96	3,08	3,22	2,40	1,74	0,40	2,30
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	3,38	3,40	4,01	3,13	2,74	0,83	2,91
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,92	4,16	4,20	3,49	3,08	1,17	3,33
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,83	3,27	3,56	3,04	2,69	0,71	2,85
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,53	3,48	4,06	3,42	3,01	0,89	3,06

Экспериментальные данные свидетельствуют о наличии тесной связи между чистой продуктивностью фотосинтеза и урожаем семян сои. В частности, сорта, отличающиеся высокой фотосинтетической активностью, проявляют себя как более продуктивные в отношении семян, имеют компактную форму и листья, преимущественно ориентированные вертикально.

Установлено, что наименьшие значения ЧПФ были отмечены в 2022 г. Для сорта Амадеус (фон – без удобрений) среднее значение ЧПФ за вегетационный период варьировало в пределах 1,64...2,29 г/м²сутки. Аналогичные показатели сортов СГ СР Пикор и Смуглёнка были равны: 1,67...2,43 г/м²×сутки и 1,76...2,52 г/м²×сутки. По удобренному фону Р₉₀ К₆₀ они составили: 1,85...2,70 г/м²×сутки, 1,94...2,82 г/м²×сутки, 2,01...2,93 г/м²×сутки. Максимальные значения ЧПФ по всем изучаемым сортам и фондам удобрений были отмечены в 2024 г., минимальные – в 2022 г. Значения 2023 г. занимали промежуточное положение.

Резкое понижение температур воздуха и почвы оказывает крайне негативное воздействие на вегетирующие посевы сои. В подобных условиях у растений наблюдается замедление процессов созревания бобов, а также массовое отмирание листьев в верхней

части. Для поддержания активного роста листового аппарата и эффективного фотосинтеза важно учитывать особенности завершения вегетационного периода: в этот период особенно важно обеспечить условия, способствующие максимальному использованию накопленных в листьях органических соединений и их последующему перераспределению в формирующиеся семена.

Полученные данные свидетельствуют о том, что результативность фотосинтетических процессов определяется не только особенностями погодных условий, но и зависит от структуры посевов и общего состояния растений – в частности, от величины листовой поверхности и развития куста. Кроме того, сочетание недостаточного увлажнения с высокими температурами почвы и воздуха приводит к существенному снижению урожайности культуры.

Заключение.

Гербициды способствовали повышению чистой продуктивности фотосинтеза. Высокие показатели ЧПФ отмечались в начале вегетационного периода, а максимальное значение было характерно для фазы – бутонизация-начало цветения. При внесении минерального фона (Р₉₀ К₆₀) ЧПФ увеличивалась во все сроки определений. Так, по неудобренному фону в 2024 г. (вариант

Гамбит, СК 3,2; Гермес, МД 0,9; сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону Р₉₀ К₆₀ – 3,18 г/м²×сутки. Аналогич-

ные показатели 2022 и 2023 гг. были равны: 2,43 и 2,82 г/м²×сутки; 2,59 и 3,02 г/м²×сутки.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество сои в Нечерноземье // Плодородие. 2024. № 4 (139). С. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>.
2. Юлдыбаев И.Р., Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Сравнительная оценка урожайности зерна и зеленой массы зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>.
3. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. Р. 012046. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046.
4. Обогащение каштановых почв органическим веществом при возделывании бобовых трав и амаранта / А.А. Сабанова [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-1. С. 12-19. doi: 10.54258/20701047_2022_59_1_12.
5. Симбиотическая активность в посевах и продуктивность сои в зависимости от обработки семян биопрепаратами на черноземе обыкновенном / О.Г. Шабалда [и др.] // Земледелие. 2023. № 8. С. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>.
6. Потенциал зернобобовых культур как высокобелкового компонента в кормопроизводстве / И.А. Сазонова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>.
7. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses // IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH-IV – 2020 (November 18-20, 2020). Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 677. P. 42003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>.
8. Агроэнергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав / Ш.М. Абасов [и др.] // Нива Поволжья. 2025. № 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004.
9. Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на структуру урожая и урожайность зернобобовых культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 5 (401). С. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553.
10. Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта Георгия в Рязанской области / М.Н. Захарова [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>.
11. Тедеева В.В., Тедеева А.А. Урожайность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189>.
12. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. Vol. 4, No. 4. P. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.
13. Галиченко А.П., Фокина Е.М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>.

14. Головина Е.В., Леухина О.В. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность и продуктивность новых сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 1 (45). С. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>.
15. Воронов С.И., Зеленев А.В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1(73). С. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>.
16. Плиев М.А., Дарчиева Д.И. Новая парадигма интродукции бобовых трав в Северной Осетии // Кормопроизводство. 2007. № 8. С. 28-29. EDN IAUFVF.
17. Постников П.А., Цепилова М.В. Продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов с различным насыщением зерновыми и зернобобовыми культурами // Пермский аграрный вестник. 2024. № 1 (45). С. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33.

REFERENCES

1. Gladysheva, O.V., Svirina, V.A., Chernogaev, V.G. Influence of biopreparations on the productivity and quality of soybeans in the Non-Black Earth Region // Plodorodie. 2024. Issue 4 (139). P. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>. [In Russ.]
2. Yuldybaev, I.R., Davletov, F.A., Gainullina, K.P. Comparative assessment of the yield of grain and green mass of leguminous crops in the conditions of the Southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // Grain Economy of Russia. 2024. Vol. 16. Issue 2. P. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>. [In Russ.]
3. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. P. 012046. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046.
4. Enrichment of chestnut soils with organic matter during the cultivation of legumes and amaranth / A.A. Sabanova [et al.] // Bulletin of the Gorski State Agrarian University. 2022. Vol. 59-1. P. 12-19. doi: 10.54258/20701047_2022_59_1_12. [In Russ.]
5. Symbiotic activity in crops and soybean productivity depending on seed treatment with biopreparations on ordinary chernozem / O.G. Shabalda [et al.] // Agriculture. 2023. Issue 8. P. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>. [In Russ.]
6. Potential of leguminous crops as a high-protein component in forage production / I.A. Sazonova [et al.] // Agrarian scientific journal. 2024. Issue 8. P. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>. [In Russ.]
7. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses // IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH-IV – 2020 (November 18-20, 2020). Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 677. P. 42003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>.
8. Agroenergetic assessment of the cultivation of perennial legume grasses / Sh.M. Abasov [et al.] // Niva Povolzhya. 2025. Issue 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004. [In Russ.]
9. Muralev, S.G., Volodina, E.N., Belkin, Ya.G. Influence of liquid complex mineral fertilizers containing macro- and microelements on the yield structure and productivity of grain legumes // International Agricultural Journal. 2024. No. 5 (401). P. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553. [In Russ.]
10. Influence of technological elements on the yield of Georgy soybean variety in the Ryazan region / M.N. Zakhарова [et al.] // Bulletin of Russian agricultural science. 2023. Issue 5. P. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>. [In Russ.]
11. Tedeeva, V.V., Tedeeva, A.A. Soybean crop yield depending on the use of biopreparations // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. Issue 110. P. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189>. [In Russ.]
12. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. Vol. 4, No. 4. pp. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.

13. Galichenko, A.P., Fokina, E.M. Influence of meteorological conditions on the formation of yield of soybean varieties bred by the All-Russian Soybean Research Institute // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Issue 7 (222). P. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>. [In Russ.]
14. Golovina, E.V., Leukhina, O.V. Influence of foliar feeding on photosynthetic activity, symbiotic activity and productivity of new soybean varieties // Grain legumes and cereal crops. 2023. Issue 1 (45). P. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>. [In Russ.]
15. Voronov, S.I., Zelenov, A.V. Modern technologies of adaptive-landscape farming in realizing the genetic potential of grain and leguminous crops // News of the Lower Volga Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. Issue 1(73). P. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>. [In Russ.]
16. Pliev, M.A., Darchieva, D.I. New paradigm of legume introduction in the North Ossetia // Forage production. 2007. Issue 8. P. 28-29. EDN IAUFVF. [In Russ.]
17. Postnikov, P.A., Tsepilova, M.V. Productivity and energy efficiency of crop rotations with different saturation with grain and leguminous crops // Perm Agrarian Bulletin. 2024. Issue 1 (45). P. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Магомадов Магомед Аптиевич, младший научный сотрудник лаборатории овощеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9434-3865>, e-mail: Magomed.magomadov_124@mail.ru

Гаплаев Магомед Шиблуевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории овощеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, e-mail: gaplaev63@list.ru

Козырев Асланбек Хасанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Российская Федерация, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: ironlag@mail.ru

Magomed A. Magomadov, Junior Researcher, Vegetable Growing Laboratory, The Chechen Research Institute of Agriculture; 366021, the Russian Federation, the Chechen Republic, Grozny, 1 Lilovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9434-3865>, e-mail: Magomed.magomadov_124@mail.ru

Magomed Sh. Gaplaev, Dr Sci. (Agr.), Chief Researcher of the Vegetable Growing Laboratory, the Chechen Research Institute of Agriculture; 366021, the Russian Federation, the Chechen Republic, Grozny, 1 Lilovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, e-mail: gaplaev63@list.ru

Aslanbek Kh. Kozyrev, Dr Sci. (Agr.), Professor, Chief Researcher of the Department of Adaptive Landscape Agriculture, the North Caucasus Research Institute of Mountain and Foot-

hill Agriculture – a branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 363110, the Russian Federation, RNO-Alania, the Prigorodny district, Mikhailovskoye village, 1 Williams str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: iron-lag@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Магомадов Магомед Аптиевич – проведение эксперимента, подбор литературных источников.

Гаплаев Магомед Шиблуевич – разработка методики исследования.

Козырев Асланбек Хасанович – оформление статьи по требованиям журнала, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Magomed A. Magomadov – conducting the experiment, literature review.

Magomed Sh. Gaplaev – research methodology development.

Aslanbek Kh. Kozyrev – article formatting according to the requirements of the Journal, data validation.

Поступила в редакцию 02.09.2025

Received 02.09.2025

Поступила после рецензирования 07.10.2025

Revised 07.10.2025

Принята к публикации 08.10.2025

Accepted 08.10.2025