

Научная статья
УДК: 631.8:633.34:551.5
doi: 10.48612/vch/g67p-d934-bpvh

ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Иван Петрович Елисеев, Людмила Валерьевна Елисеева, Надежда Витальевна Алтынова
Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В условиях умеренно-континентального климата Чувашской Республики, характеризующегося значительной межгодовой вариабельностью гидротермического режима и наблюдаемой тенденцией к потеплению, оптимизация системы минерального питания сои является ключевым фактором реализации ее биологического потенциала. Изменчивость агрометеорологических условий вегетационного периода, обуславливающая до 25 % вариабельности урожайности, требует пересмотра регламентов применения удобрений с учетом стрессовых факторов (засуха, переувлажнение) и их синергетического эффекта. Цель исследования – на основе анализа ключевых агроклиматических показателей вегетационного периода обосновать количественные закономерности и эффективность применения различных доз органоминерального удобрения (цеолитсодержащий трепел, обогащенный аминокислотами) для повышения продуктивности сои сорта СибНИИК 315 на светлых лесных почвах северной части Чувашской Республики. Полевые эксперименты проводились в 2021–2025 гг. в УНПЦ «Студенческий» Чувашского ГАУ. Объект исследования – соя сорта СибНИИК 315. Схема опыта включала контроль и варианты с внесением трепела в дозах 125, 250 и 375 кг/га, а также их сочетание с некорневой обработкой сапропелем. Агрометеорологические наблюдения вели с использованием цифровой метеостанции КАПОС. Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа в MS Excel. Впервые для условий Чувашской Республики проведена количественная оценка нелинейной реакции продуктивности сои на возрастающие дозы цеолитсодержащего трепела в контрастных по увлажнению вегетационных сезонах. Выявлены пороговые значения доз удобрений, за пределами которых фиксируется регрессия урожайности вследствие солевого стресса. Доказан синергетический эффект комплексного применения трепела и сапропеля, обеспечивающий снижение негативного влияния засухи на симбиотический аппарат растений. Установлено, что погодные условия вегетации являются главным модифицирующим фактором: максимальная урожайность (5,3 т/га в контроле) получена в оптимальном по тепло- и влагообеспеченности 2023 г. (ГТК июля – 1,1), тогда как в острозасушливом 2022 г. (ГТК августа – 0,1) продуктивность снизилась до 2,4 т/га, что нивелировало действие удобрений. Наиболее стабильный агрономический эффект обеспечило внесение трепела, насыщенного аминокислотами, в дозе 125 кг/га, гарантирующее прибавку урожая на 28–40 % к контролю в контрастные по увлажнению годы. Повышение дозы свыше 250 кг/га сопровождалось достоверным снижением продуктивности (до 2,6–2,9 т/га) из-за угнетения роста на ранних этапах органогенеза. Максимальная урожайность зафиксирована при комплексной схеме: трепел (250 кг/га) + двукратная обработка сапропелем (6,3 т/га в 2023 г.), что подтверждает защитный эффект биостимуляторов при стрессовых гидротермических условиях. Для условий Чувашской Республики экономически и агрономически обоснованным является внесение трепела, обогащенного аминокислотами, в дозе 125 кг/га как базового элемента технологии возделывания сои. Применение повышенных доз (250 кг/га и более) нецелесообразно без дополнительных агроприемов, снижающих солевую нагрузку. Перспективным направлением является дальнейшее изучение комплексных систем удобрения с включением биостимуляторов для повышения устойчивости агроценозов к аридизации климата.

Ключевые слова: агрометеорологические условия, гидротермический коэффициент, соя, урожайность, органоминеральные удобрения, цеолитсодержащий трепел, сапропель.

Для цитирования: Елисеев И. П., Елисеева Л. В., Алтынова Н. В. Влияние агроклиматических условий и органоминеральных удобрений на продуктивность сои в условиях Чувашской Республики // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2026 №3(38). С. 8-15.

doi: 10.48612/vch/g67p-d934-bpvh

Original article

THE INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC

Ivan P. Eliseev, Lyudmila V. Eliseeva, Nadezhda V. Altynova
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. In the conditions of the temperate continental climate of the Chuvash Republic, characterized by significant interannual variability of the hydrothermal regime and the observed warming trend, optimization of the soybean mineral nutrition system is a key factor in realizing its biological potential. The variability of the

agrometeorological conditions of the growing season, which determines up to 25 % of the yield variability, requires a revision of the regulations for the use of fertilizers, taking into account stress factors (drought, waterlogging) and their synergetic effect. The purpose of the study is to substantiate the quantitative patterns and effectiveness of using various doses of organic mineral fertilizer (zeolite-containing trepel enriched with amino acids) based on the analysis of key agro-climatic indicators of the growing season to increase the productivity of soybeans of the SibNIIK 315 variety on light gray forest soils of the northern part of the Chuvash Republic. Field experiments were conducted in 2021–2025 at the ESPC Studencheskiy of the Chuvash State Agrarian University. The object of the study is soybeans of the SibNIIK 315 variety. The experimental scheme included controls and options with the introduction of trepel in doses of 125, 250 and 375 kg/ha, as well as their combination with non-root sapropel treatment. Agrometeorological observations were carried out using the KAIPOS digital weather station. Statistical data processing was performed using the method of variance analysis in MS Excel. For the first time, for the conditions of the Chuvash Republic, a quantitative assessment of the nonlinear reaction of soybean productivity to increasing doses of zeolite-containing trepel in contrasting humidification growing seasons was carried out. Threshold values of fertilizer doses have been identified, beyond which yield regression due to salt stress is recorded. The synergistic effect of the combined use of trepel and sapropel has been proven to reduce the negative effects of drought on the symbiotic apparatus of plants. It was found that the weather conditions of vegetation are the main modifying factor: the maximum yield (5.3 t/ha in control) was obtained in the optimal heat and moisture supply in 2023 (July GTC – 1.1), whereas in the acute arid 2022 (August GTC – 0.1) productivity decreased to 2.4 t/ha, which offset the effect of fertilizers. The most stable agronomic effect was provided by the introduction of trepel, saturated with amino acids, at a dose of 125 kg/ha, which guarantees a 28–40 % increase in yield to control in years of contrasting moisture. An increase in the dose above 250 kg/ha was accompanied by a significant decrease in productivity (up to 2.6–2.9 t/ha) due to inhibition of growth in the early stages of organogenesis. The maximum yield was recorded using a complex scheme: trepel (250 kg/ha) + double sapropel treatment (6.3 t/ha in 2023), which confirms the protective effect of biostimulators under stressful hydrothermal conditions. For the conditions of the Chuvash Republic, it is economically and agronomically justified to introduce trepel enriched with amino acids at a dose of 125 kg/ha as a basic element of soybean cultivation technology. The use of increased doses (250 kg/ha or more) is impractical without additional agricultural measures that reduce the salt load. A promising direction is the further study of complex fertilizer systems with the inclusion of biostimulators to increase the resistance of agrocenoses to climate aridization.

Keywords: agrometeorological conditions, hydrothermal coefficient, soybeans, yield, organomineral fertilizers, zeolite-containing trepel, sapropel.

For citation: Eliseev I. P., Eliseeva L. V., Altynova N. V. The influence of agroclimatic conditions and organomineral fertilizers on soybean productivity in the conditions of the Chuvash Republic // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2026, no. 3(38), Pp. 8-15.

doi: 10.48612/vch/g67p-d934-bpvp

Введение.

Производство растениеводческой продукции относится к специфическим отраслям сельского хозяйства, где первичное влияние на продуктивность оказывают природно-климатические факторы: региональные климатические характеристики и агрометеорологические параметры в период вегетации агроценоза. Вторичное влияние принадлежит агротехническим аспектам технологии возделывания сельскохозяйственных культур [3, 7, 16, 17].

Анализ результатов исследования продуктивности зерновых культур и погодных условий выявил не только прямую зависимость агроклиматического потенциала, но и влияние на эффективность в целом аграрного производства. Подтверждением тому может свидетельствовать аномальная особенность условий засушливого 2010 года в нашей стране (ГТК 0,33 в Чувашии) и за рубежом [1, 3, 13, 16].

Ряд исследователей отмечает, что изменение климатических условий за последнее время может оказать негативное влияние в целом на все сельскохозяйственное производство. В частности, прогнозы специалистов по динамике климата в России по сравнению с прошлыми столетиями предсказывают сильный темп изменений в сторону потепления [14]. Причем отмечается высокая вероятность наблюдаемого потепления, возникшего в середине XX века, ан-

тропогенного воздействия. Для сценария наиболее интенсивного увеличения выбросов парниковых газов и аэрозолей к середине XXI века по отношению к концу XX века на всей территории ПФО возможно повышение температуры воздуха летнего сезона на 2,5...3,5 °C [1, 9, 11].

Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур непосредственно зависит от агроклиматического и агроэкологического ресурса и является важным приемом увеличения их продуктивности. Поэтому оценка степени использования факторов роста и развития растений позволяет повышать урожайность сельскохозяйственных культур в конкретных административных районах с учетом его агроклиматических и почвенных особенностей [2, 3, 5, 7, 16].

Соя, как ценная белковая культура, особенно чувствительна к условиям минерального питания и влагообеспеченности, а ее симбиотическая азотфиксация может значительно снижаться в стрессовых ситуациях. Изучение особенностей усвоения элементов питания соей из органоминерального удобрения на основе цеолитсодержащего трепела в зависимости от погодных условий является важной научной задачей, позволяющей оптимизировать систему удобрения культуры в условиях меняющегося климата [4, 5, 6].

Актуальность темы. Современные изменения погоды, проявляющиеся в агрометеорологических пока-

зателях, перераспределении внутригодового количества осадков и температуры сказываются на увеличении частоты экстремальных погодных явлений, детерминируют значительную вариабельность продуктивности агроэкосистем. В условиях умеренно-континентального климата Чувашской Республики, где агрометеорологические факторы обуславливают до 25 % изменчивости урожайности, особую остроту приобретает проблема оптимизации минерального питания выращиваемых сельскохозяйственных культур [3, 9, 14, 16].

Основные агротехнологические приемы, способствующие росту продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур, применяемые удобрения, их эффективность, регуляторы роста и прочие не является константной величиной, а существенно модулируется погодными условиями вегетационного периода, что требует пересмотра существующих подходов к дозировке и срокам внесения в зависимости от прогнозируемых и фактических гидротермических показателей. Таким образом, исследование синергетического эффекта агрохимических и метеорологических факторов является фундаментальной основой для повышения экологической и экономической устойчивости растениеводства и в частности возделывания сои в регионе.

В работе М. А. Китарева (2024) по изменениям агроклиматических показателей на территории Чувашской Республики за последние десятилетия приведены данные многолетних метеонаблюдений начиная с 1961 по 2023 годы, указаны статистически значимые изменения агроклиматических характеристик, которые целесообразно интерпретировать как факторы риска для растениеводства. Отмечена трансформация термического режима (по среднесуточной температуре выше +5 °C) и увеличение продолжительности вегетационного периода на 10...15 дней в 2023 г. по сравнению с данными 1960 года. Среднегодовое значение составило 177 дней (начало 17.04, окончание 12.10). Скорость роста составляет от 2,15 до 4,24 дня за 10 лет, что объясняется более ранним наступлением весны и поздним завершением осени. Сумма активных температур выше +5 °C возросла с 1640...1690 °C до 1790...1850 °C за последние годы, при этом скорость накопления достигает 50...57 °C за 10 лет. Период активной вегетации (>10 °C) удлинился на 6 дней: с 143...145 до 146...148 дней, а суммы температур за этот период увеличились с 2170...2250 °C до 2310...2380 °C [8].

Устойчивая тенденция приведенных изменений агроклиматических показателей на основании полученных данных метеостанций республики, связанная с увеличением продолжительности вегетационного периода, ранним наступлением весны и поздним завершением осени, ростом суммы активных температур, оказывает существенное влияние на структуру и сортовой состав возделываемых сельскохозяйственных культур.

Данные трансформации создают предпосылки для расширения сортового состава возделываемых культур. На примерах яровой твердой пшеницы, сои показана возможность успешного возделывания новых

сортов, адаптированных к изменившимся агроклиматическим условиям. При этом тенденция роста засушливости требует включения в селекционные программы признаков засухоустойчивости.

Рост теплообеспеченности формально улучшает условия для выращивания кукурузы (силос и зерносе-наж), подсолнечника и сои. Однако ускоренное прохождение фенологических фаз (особенно при дефиците влаги) может приводить к формированию щуплого зерна и снижению массы 1000 зерен у яровых зерновых. Более раннее начало вегетации повышает уязвимость посевов к возвратным заморозкам, вероятность которых в условиях нестабильного климата не снижается.

Изменение агроклиматических условий Чувашской Республики оказывает влияние на формирование сортового состава сельскохозяйственных культур. Так, в частности можно отметить пример того, что традиционно регион не являлся зоной возделывания яровой твердой пшеницы. Однако исследования, проведенные в Чувашском государственном аграрном университете, показали возможность возделывания сортов Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая, обеспечивающих урожайность 3,41 и 3,19 т/га соответственно в условиях Чувашской Республики. Данные исследований свидетельствуют о связи с изменившимися термическими условиями [12]. В Чувашском НИИСХ проведена сравнительная оценка 161 сортообразца сои различных эколого-географических групп. Выделены перспективные для условий северного Поволжья сорта очень ранней и раннеспелой групп сорта Памяти Фадеева, Касатка (продуктивность 17,0 г/раст.), Дока (18,0 г/раст.) и сортообразец 1029/2 из Польши (18,5 г/раст.), превышающие стандартный сорт СибНИИК-315 (14,1 г/раст.). Отмечена высокая устойчивость исследуемого материала к фитопатогенам и полеганию [6].

Цель настоящей работы – на основе изменений ключевых агроклиматических показателей вегетационного периода обосновать количественные закономерности внесения удобрений в посевах сои в условиях северной части Чувашской Республики на светло-серой лесной почве.

Для решения данной цели нами были поставлены следующие задачи: 1) провести наблюдения за ростом и развитием растений сои; 2) выявить и установить влияние основных параметров погоды вегетационного периода каждого года на продуктивность растений сои; 3) определить величину урожайности в зависимости от вносимых удобрений при выращивании сои.

Материалы и методы.

Сорт сои СибНИИК 315 включен в Госреестр РФ с 1991 года и районирован в пяти регионах, включая Волго-Вятский, Уральский и Западно-Сибирский, что подтверждает его высокую адаптивность к континентальным условиям. Растение формирует сжатый куст высотой 70...85 см с 1–4 ветвями (угол отхождения 20...30°), тройчатые листья яйцевидной формы, цветки и гипокотиль фиолетовой окраски. Бобы изогнутые, желто-бурые, с заостренным кончиком; семена удлиненно-овальные, желтые, с коричневым рубчиком, масса 1000 семян – 180 г.

Сорт раннеспелый (вегетационный период 92...105 дней), проявляет среднюю устойчивость к засухе, засолению и пониженным температурам, а также к полеганию и основным болезням. В засушливые годы отмечается слабая растрескиваемость бобов. Продуктивность составляет 6–10 г семян с растения при 2–3 бобах (до 4...5 в узле). Качество зерна: белок 35–40 %, жир 17–20 %. Благодаря стабильным показателям сорт рекомендуется в качестве стандарта для сравнительной оценки новых перспективных линий в селекционных программах.

Агрохимические показатели почвы опытного участка. Светло-серые лесные почвы, преимущественно тяжелосуглинистого гранулометрического состава, имеют низкое содержание гумуса (2,5...2,6 %), реакция почвенной среды $pH_{(KCl)}$ близка к нейтральной (5,8...6,1); повышенный уровень содержания фосфора (P_2O_5 – 153 мг/кг почвы) и обменного калия (K_2O – 259 мг/кг почвы). Сумма поглощенных оснований 17,6...19,6 м-экв./100 г почвы; гидролитическая кислотность: 2,31...2,98 м-экв.; степень насыщенности основаниями: 86...88 %.

Методы исследований включали: наблюдения за метеоданными по цифровой метеостанции на территории УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашского ГАУ (погодная станция КАИPOS на интеллектуальной веб-платформе AGROKEEP – agrokeep.com) и данных сайта Gismeteo.ru (Погода – Чебоксары) [18]. Наблюдения за растениями сои посредством мелкоделяночного опыта, наблюдения и учеты, лабораторные анализы; математическая и статистическая обработка на достоверность результатов выполнялась с помощью программного обеспечения MS Excel. Почвы опытного поля УНПЦ «Студенческий» были отобраны согласно методике цилиндрическим буром. В отобранных почвенных образцах в ИЛЦ ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ определялось содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО на ФЭК-1, подвижного калия по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91), $pH_{(KCl)}$ солевой вытяжки (ГОСТ 26487-85), содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), сумма поглощенных оснований по Каппену.

Оценку и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова (2012). В период вегетации проводились фенологические наблю-

дения за ростом и развитием, изучение динамики роста, учет урожая и другие сопутствующие исследования по методике Госсортсети (1971), а также наблюдения за погодными условиями вегетационного периода по данным цифровой метеостанции на базе Кайпос. Биологическую активность почвы в посевах сои определяли методом аппликации по степени разложения льняного полотна.

Исследования проводились в 2021...2025 гг. по схеме: контроль (без удобрений); цеолитсодержащий трепел (250 кг/га); трепел, насыщенный аминокислотами (сниженная на ½ нормы), 125 кг/га; трепел, насыщенный аминокислотами в рекомендованной норме, 250 кг/га; трепел, насыщенный аминокислотами (увеличенная на ½ нормы), 375 кг/га; сапропель – некорневая; трепел, насыщенный аминокислотами, 250 кг/га + 1 обработка сапропель; трепел, насыщенный аминокислотами, 250 кг/га + 2 обработки сапропель. Повторность 6-кратная. Размещение – рандомизированное.

Результаты исследований и их обсуждение.

В ходе проведения полевых экспериментов (2021–2025 гг.) на базе УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ был выполнен комплексный анализ влияния агрометеорологических факторов и различных дозровок органоминерального удобрения (цеолитсодержащий трепел, обогащенный аминокислотами) на продукционные процессы сои сорта СибНИИК 315.

Агрометеорологическая характеристика вегетационных сезонов. В результате обработки данных цифровой метеостанции установлена существенная межгодовая вариабельность гидротермического режима. Так, наименее благоприятные условия для формирования урожая сложились в 2022 г., когда в фазу цветения культуры отмечался острый дефицит атмосферного увлажнения (ГТК июня – 0,6, июля – 1,7, августа – 0,1). Напротив, сезон 2023 г. характеризовался оптимальным сочетанием тепла и влаги (ГТК мая – 0,6, июня – 0,5, июля – 1,1, августа – 0,3), что обеспечило максимальную реализацию биологического потенциала растений. Следует отметить, что в 2024 г. наблюдался умеренно влажный тип погоды, тогда как вегетационный период 2025 г. осложнялся ранним засушливым явлением в июне (ГТК – 0,46), что в сочетании с повышенными дозами трепела (375 кг/га) приводило к угнетению роста.

Таблица 1. Продолжительность фаз роста и развития сои сорта СибНИИК 315, дн.

Table 1. Duration of soybean growth and development phases, days

Фаза развития	Межфазный интервал, дн.				
	2022	2023	2024	2025	Среднее количество, дн.
Сев – полные всходы	10	8	10	9	9,3
Всходы – 1-3 настоящих листа	20	21	17	20	19,5
1-3 настоящих листа – ветвление	13	14	15	13	13,8
Ветвление – бутонизация	3	6	8	3	5,0
Бутонизация – цветение	4	4	3	3	3,5
Цветение – образование бобов	14	12	12	13	12,8
Образование бобов – созревание	24	25	24	25	24,5
Созревание – уборка	18	17	20	21	19,0
Вегетационный период (дней)	106	107	109	107	107,3

Фенологическая динамика и продолжительность межфазных периодов установила, что длительность вегетации сорта СибНИИК 315 в исследуемые годы варьировала в узком диапазоне: от 106 до 109 суток, в среднем составив 107,3 дня. Максимальная продолжительность отмечена в 2024 г. (109 дней), минимальная – в 2022 г. (106 дней) [15].

Сроки сева сои связаны с погодными особенностями весны и состоянием почвы на опытном участке. Даты проведения сева: 25.05.2022 г., 20.05.2023 г.,

19.05.2024 г. и 04.06.2025 г., фазы роста и развития растений сои и межфазный интервал за период исследований приведены в таблице 1.

При этом интервал «посев – полные всходы» в среднем равнялся 9,3 дням, а критический этап «цветение – образование бобов» занимал около 12,8 суток. Анализ данных таблицы показывает, что в условиях дефицита влаги (2022 г.) отмечалось сокращение фазы ветвления и бутонизации, что негативно коррелировало с конечной семенной продуктивностью.

Таблица 2. Значение ГТК за вегетационный период, 2021–2025 гг.

Table 2. GTC value for the growing season, 2021–2025

Месяц	Значение ГТК за вегетационный период					
	2021	2022	2023	2024	2025	Среднее
Май	0,8	1,7	0,6	1,9	2,2	1,4
Июнь	0,6	0,6	0,5	0,46	2,2	0,9
Июль	0,5	1,7	1,1	0,5	1,6	1,1
Август	0,6	0,1	0,3	1,9	1,8	0,9
Сентябрь	2,1	4,2	0,1	0,1	10,6	3,4

Полученные данные указывают на межгодовую изменчивость и крайне высокую контрастность погодных условий по годам. 2021 год – засушливый. Во все месяцы, кроме сентября (2,1), значения ГТК ниже 1,0 (май – 0,8, июнь – 0,6, июль – 0,5, август – 0,6). Это указывает на острую нехватку влаги в течение всего активного роста растений, особенно в июле (0,5), что могло привести к угнетению сельскохозяй-

ственных культур. 2022 год – контрастный, с переувлажнением в конце. Май и июль были влажными (1,7), что благоприятно для старта и колошения, но июнь (0,6) и особенно август (0,1 – экстремальная засуха) были критически сухими. Сентябрь (4,2) резко компенсировал дефицит, но для многих поздних культур это уже не имело решающего значения. 2023 год – близкий к засушливому.

Таблица 3. Урожайность сои сорта СибНИИК 315 в условиях УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ за 2021–2025 гг., т/га

Table 3. Soybean yield of the SibNIIS 315 variety under the conditions of the ESPC Studencheskiy of the Chuvash State Agricultural University in 2021–2025, t/ha

№ п. п.	Вариант	Урожайность сои сорта СибНИИК 315 за год				
		2021	2022	2023	2024	2025
1	Контроль (без удобрений)	3,1	2,4	5,3	4,2	3,9
2	Трепел (250 кг/га)	3,5	2,3	6,6	4,8	4,5
3	Трепел, насыщенный аминокислотами (125 кг/га)	5,3	2,7	6,5	5,0	4,7
4	Трепел, насыщенный аминокислотами (250 кг/га)	5,3	2,9	4,3	5,2	2,6
5	Трепел, насыщенный аминокислотами (375 кг/га)	4,7	2,3	2,9	3,8	3,5
6	Сапропель – некорневая	5,1	2,3	5,8	-	-
7	Трепел с аминокислотами – 250 кг/га + 1 обработка сапропель	5,0	3,3	5,9	-	-
8	Трепел с аминокислотами – 250 кг/га + 2 обработки сапропель	5,8	3,8	6,3	-	-

Значения ГТК низкие: май (0,6), июнь (0,5), август (0,3). Лишь июль (1,1) был в пределах нормы. Сентябрь (0,1) – аномально сухой для этого месяца, что является редким явлением и указывает на раннее наступление осенней засухи. 2024 год – неравномерный, с резкой сменой фаз. Начало сезона влажное (май – 1,9, август – 1,9), но середина лета (июнь – 0,46, июль – 0,5) страдала от сильной засухи. Такой режим («сухой июль») крайне неблагоприятен для формирования урожая зерновых. Сентябрь (0,1) – вновь аномально сухой, как и в 2023 году. 2025 год – рекордно влажный. Это единственный год, где все месяцы, включая июнь (2,2), имеют ГТК выше 1,0, а май и август демонстрируют высокие значения (2,2 и 1,8 соответ-

ственно). Сентябрь (10,6) – это аномалия, свидетельствующая о катастрофическом переувлажнении.

Погода выступала главным модифицирующим фактором, который либо усиливал, либо нивелировал действие удобрений. 2022 г. (острая засуха в фазу цветения) – критический период. Цветение и образование бобов пришлось на дефицит влаги. Это привело к тому, что даже при внесении удобрений растения не могли усвоить элементы питания из-за слабого почвенного раствора и угнетения корневого поглощения. 2023 г. (оптимальное увлажнение + тепло) – модельный год. Вегетация проходила в комфортных условиях, межфазные интервалы были сбалансированными. Усвоение удобрений шло максимально эффективно. 2024 г. (умеренно влажный, последствие) – условия

близки к оптимальным, но с более растянутыми фазами (ветвление 8 дней, созревание 24 дня). Сказалось последствие удобрений от предыдущих лет (если поле одно и то же). 2025 г. (ранняя засуха в июне) – засуха пришлась на фазы «1–3 листа – ветвление – бутонизация». Это нарушило начальные этапы закладки генеративных органов, что особенно сильно ударило по вариантам с высокими дозами трепела.

Проведенный анализ динамики урожайности сои за период (2021–2025 гг.) позволяет выявить как общие тренды продукционного процесса, так и специфику реакции генотипа на различные модификации минерального питания.

Анализ пятилетней динамики урожайности сои сорта СибНИИК 315 выявил определяющее влияние погодных условий: размах вариабельности в контроле составил 2,9 т/га, при этом максимальная продуктивность зафиксирована в оптимальном 2023 г. (5,3 т/га), а минимальная – в засушливом 2022 г. (2,4 т/га). Среди изученных агроприемов экономически и агрономически оправданным является внесение трепела, насыщенного аммонийными кислотами, в дозе 125 кг/га, обеспечивающее стабильную прибавку урожая в среднем на 32 % к контролю без признаков угнетения растений. Повышение дозы до 250 кг/га и выше (вплоть до 375 кг/га) вызывает нелинейный ответ и в отдельные сезоны приводит к снижению продуктивности ниже контрольных значений, что свидетельствует о солевом стрессе и нарушении минерального питания. Наивысший агрономический эффект достиг-

нут при комплексной схеме: трепел, насыщенный аминокислотами (250 кг/га) + двукратная некорневая обработка сапропелем (вариант 8), где урожайность составила 5,8–6,3 т/га в благоприятные годы и 3,8 т/га – в засушливый 2022 г., что подтверждает синергизм мелиоранта и биостимулятора в снижении стрессовой нагрузки. Рекомендовано продолжение испытаний данной схемы для разработки регламентов применения в условиях Чувашской Республики.

Выводы.

Таким образом, установлено, что погодные условия вегетации являются главным модифицирующим фактором продуктивности: засуха в фазу цветения (2022 г.) нивелировала действие удобрений, тогда как оптимальное увлажнение и тепло (2023 г.) обеспечили максимальную реализацию потенциала сорта.

Внесение трепела, насыщенного аммонийными кислотами, в дозе 125 кг/га – наиболее стабильный и эффективный прием, обеспечивающий прибавку 28...40 % к контролю в контрастные по увлажнению годы.

Увеличение дозы трепела свыше 250 кг/га приводит к регрессии урожайности, что связано с ингибированием азотфиксации и солевым стрессом в ризосфере.

Комплексное применение трепела (250 кг/га) с двукратной обработкой сапропелем обеспечивает максимальную продуктивность (до 6,3 т/га) и снижает негативное влияние засухи, что подтверждает целесообразность дальнейших исследований данной схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальное изменение климата и Приволжский федеральный округ. На пути к адаптации / Климатический центр Росгидромета. – Санкт-Петербург : Научно-технологические исследования, 2021. – 12 с.
2. Дёмина, Н. Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / Н. Ф. Дёмина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-pogodnyh-usloviy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-v-lesostepi-srednego-povolzhya> (дата обращения : 15.06.2026).
3. Елисеев, И. П. Динамика агрометеорологических показателей вегетационного периода и продуктивность яровых зерновых культур в условиях Чувашской Республики / И. П. Елисеев, Л. В. Елисеева, Н. В. Алтынова // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации : Материалы V Международной научно-практической конференции. – Чебоксары : Чувашский ГАУ, 2026. – С. 12-15.
4. Елисеева, Л. В. Значение бактериальных удобрений в формировании урожая зерновых бобовых культур / Л. В. Елисеева, И. П. Елисеев, Н. Н. Михайлова // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24, № 6. – С. 722-731. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-06-722-731.
5. Елисеева, Л. В. Изучение сроков посева сортов сои северного экотипа в условиях Чувашской Республики / Л. В. Елисеева, И. П. Елисеев // Вестник Чувашского ГАУ. – 2025. – № 2(33). – С. 29-34.
6. Иванова, И. Ю. Сравнительная оценка раннеспелых сортов и сортообразцов сои в условиях северного Поволжья / И. Ю. Иванова, А. А. Фадеев, С. В. Ильина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 5. – С. 831–838. – DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.831-838.
7. Ивойлов, А. В. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовии / А. В. Ивойлов, Т. Н. Чернышёва // Инженерные технологии и системы. – 2015. – № 4. – С. 125-132.
8. Китарева, М. А. Тенденция изменения агроклиматических показателей на территории Чувашской Республики в последние десятилетия / М. А. Китарева // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2024. – Т. 34, вып. 4. – С. 459–466. – DOI: 10.35634/2412-9518-2024-34-4-459-466.
9. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Ю. П. Переведенцев, М. А. Верещагин, К. М. Шанталинский [и др.]. – Казань : Казанский университет, 2013. – 300 с.
10. Ключков, А. В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А. В. Ключков, О. Б. Соломко, О. С. Ключкова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101-105.

11. Кокорин, А. О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК / А. О. Кокорин. – Москва : Всемирный фонд дикой природы, 2014. – 80 с.
12. Ложкин, А. Г. Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики / А. Г. Ложкин, О. А. Васильев, В. Л. Димитриев [и др.] // Аграрная наука. – 2024. – № 2. – С. 87–91. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-87-91.
13. Мамеев, В. В. Реализация потенциальной продуктивности озимой ржи в почвенно-климатических условиях Брянской области / В. В. Мамеев, О. А. Нестеренко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 20-27.
14. Сиротенко, О. Д. Изменения климата, водно-теплого режима агроценоза и продуктивности сельского хозяйства России (модели, методы, прогнозы и адаптация) / О. Д. Сиротенко // Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии : материалы международной школы-семинара, Барнаул, 22–24 июня 2012 года / Главный редактор : О. Н. Гончарова. – Барнаул : Алтайский государственный университет, 2012. – С. 136-142.
15. Соя СибНИИК 315. – Текст : электронный // ГлавАгроном : [сайт]. – URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/maslichnie-soya-sibniik-315-sfnca-ran-8800901> (дата обращения : 16.06.2026).
16. Статистика продуктивности и прогноз цены ячменя от погоды в условиях Чувашии / И. П. Елисеев, С. И. Новоселов, Л. В. Елисеева, Л. Г. Шашкаров // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2021. – Т. 7, № 2(26). – С. 124-135. – DOI 10.30914/2411-9687-2021-7-2-124-134.
17. Direct effect and aftereffect of sapropel on agricultural crops yield and agrochemical properties of light grey forest soil / O. A. Vasiliev, O. E. Andreeva, A. O. Vasiliev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 032031. – DOI 10.1088/1755-1315/981/3/032031. – EDN KHNGAL
18. Gismeteo: [сайт]. – г. Москва. – URL: <https://www.gismeteo.ru/weather-cheboksary> (дата обращения: 5.06.2026). – Текст: электронный.

REFERENCES

1. Global'noe izmenenie klimata i Privolzhskij federal'nyj okrug. Na puti k adaptacii / Klimaticheskij centr Rosgidrometa. – Sankt-Peterburg : Naukoemkie tekhnologii, 2021. – 12 s.
2. Dyomina, N. F. Vliyaniye pogodny'x uslovij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v lesostepi Srednego Povolzh'ya / N. F. Dyomina // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2022. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-pogodnyh-usloviy-na-urozhajnost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-v-lesostepi-srednego-povolzhya> (data obrashcheniya : 15.06.2026).
3. Eliseev, I. P. Dinamika agrometeorologicheskix pokazatelej vegetacionnogo perioda i produktivnost' yarovyx zernovy'x kul'tur v usloviyax Chuvashskoj Respubliki / I. P. Eliseev, L. V. Eliseeva, N. V. Alty'nova // Perspektivny'e tekhnologii i innovacii v APK v usloviyax cifrovizacii : Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Cheboksary : Chuvashskij GAU, 2026. – S. 12-15.
4. Eliseeva, L. V. Znachenie bakterial'ny'x udobrenij v formirovanii urozhaya zernovy'x bobovy'x kul'tur / L. V. Eliseeva, I. P. Eliseev, N. N. Mixajlova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2024. – Т. 24, № 6. – S. 722-731. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-06-722-731.
5. Eliseeva, L. V. Izuchenie srokov poseva sortov soi severnogo e'kotipa v usloviyax Chuvashskoj Respubliki / L. V. Eliseeva, I. P. Eliseev // Vestnik Chuvashskogo GAU. – 2025. – № 2(33). – S. 29-34.
6. Ivanova, I. Yu. Sravnitel'naya ocenka rannespely'x sortov i sortoobrazczov soi v usloviyax severnogo Povolzh'ya / I. Yu. Ivanova, A. A. Fadeev, S.V. Il'ina // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2024. – Т. 25, № 5. – S. 831–838. – DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.831-838.
7. Ivojlav, A. V. Vliyaniye agrometeorologicheskix uslovij perioda vegetacii i perezimovki rastenij na urozhajnost' ozimoy pshenicy v central'noj chasti Respubliki Mordovii / A. V. Ivojlav, T. N. Cherny'shyova // Inzhenerny'e tekhnologii i sistemy. – 2015. – № 4. – S. 125-132.
8. Kitar'eva, M. A. Tendenciya izmeneniya agroklimaticheskix pokazatelej na territorii Chuvashskoj Respubliki v poslednie desyatiletia / M. A. Kitar'eva // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. – 2024. – Т. 34, vy'p. 4. – S. 459–466. – DOI: 10.35634/2412-9518-2024-34-4-459-466.
9. Klimat i okruzhayushhaya sreda Privolzhskogo federal'nogo okruga / Yu. P. Perevedencev, M. A. Vereshhagin, K. M. Shantalinskij [i dr.]. – Kazan' : Kazanskij universitet, 2013. – 300 s.
10. Klochkov, A. V. Vliyaniye pogodny'x uslovij na urozhajnost' sel'skoxozyajstvenny'x kul'tur / A. V. Klochkov, O. B. Solomko, O. S. Klochkova // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 2. – S. 101-105.
11. Kokorin, A. O. Izmenenie klimata: obzor Pyatogo ocenochного doklada MGE'IK / A. O. Kokorin. – Moskva : Vsemirnyj fond dikoj prirody, 2014. – 80 s.
12. Lozhkin, A. G. Osobennosti formirovaniya urozhajnosti i kachestva pshenicy tverdoj yarovoj v usloviyax Chuvashskoj Respubliki / A. G. Lozhkin, O. A. Vasil'ev, V. L. Dimitriev [i dr.] // Agrarnaya nauka. – 2024. – № 2. – S. 87–91. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-87-91.
13. Mameev, V. V. Realizaciya potencial'noj produktivnosti ozimoy rzhi v pochvenno-klimaticheskix usloviyax Bryanskoj oblasti / V. V. Mameev, O. A. Nesterenko // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 2. – S. 20-27.

14. Sirotenko, O. D. Izmeneniya klimata, vodno-teplovogo rezhima agrosfery i produktivnosti sel'skogo khozyajstva Rossii (modeli, metody, prognozy i adaptaciya) / O. D. Sirotenko // Fundamental'ny'e i prikladny'e issledovaniya v matematicheskoy e'kologii i agroekologii : materialy mezhdunarodnoj shkoly-seminara, Barnaul, 22–24 iyunya 2012 goda / Glavnyj redaktor : O. N. Goncharova. – Barnaul : Altajskij gosudarstvennyj universitet, 2012. – S. 136-142.
15. Soya SibNIIK 315. – Tekst : elektronnyj // GlavAgronom : [sajt]. – URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/maslichnie-soya-sibniik-315-sfnca-ran-8800901> (data obrashheniya : 16.06.2026).
16. Statistika produktivnosti i prognoz ceny yachmenya ot pogody v usloviyax Chuvashii / I. P. Eliseev, S. I. Novoselov, L. V. Eliseeva, L. G. Shashkarov // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skoxozyajstvenny'e nauki. E'konomicheskie nauki. – 2021. – T. 7, № 2(26). – S. 124-135. – DOI 10.30914/2411-9687-2021-7-2-124-134.
17. Direct effect and aftereffect of spropel on agricultural crops yield and agrochemical properties of light grey forest soil / O. A. Vasiliev, O. E. Andreeva, A. O. Vasiliev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 noyabrya 2021 goda. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 032031. – DOI 10.1088/1755-1315/981/3/032031. – EDN KHNGAL
18. Gismeteo: [sajt]. – g. Moskva. – URL: <https://www.gismeteo.ru/weather-cheboksary> (data obrashheniya: 5.06.2026). – Tekst: elektronnyj.

Информация об авторах

1. **Елисеев Иван Петрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: ipelis21@rambler.ru.

2. **Елисева Людмила Валерьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: ludmilaval@yandex.ru.

3. **Алтынова Надежда Витальевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства, кадастров и экологии, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, Чувашская Республика, Россия.

Information about the authors

1. **Eliseev Ivan Petrovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx st., 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: ipelis21@rambler.ru.

2. **Eliseeva Lyudmila Valerievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx st., 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: ludmilaval@yandex.ru.

3. **Altynova Nadezhda Vitalievna**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology, 428003, Cheboksary, K. Marx st., 29, Chuvash Republic, Russia.

Вклад авторов

Елисеев И. П. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Елисева Л. В. – определение цели исследования, научное руководство исследованием, анализ результатов исследования, написание статьи.

Алтынова Н. В. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Eliseev I. P. – defining the purpose of the study, organizing and conducting the study, analyzing the results of the study, writing an article.

Eliseeva L. V. – definition of the purpose of the study, scientific guidance of the study, analysis of the results of the study, writing an article.

Altynova N. V. – defining the purpose of the study, organizing and conducting the study, analyzing the results of the study, writing an article.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.06.2026. Одобрена после рецензирования 17.06.2026. Дата опубликования 30.09.2026.

The article was received by the editorial office on 12.06.2026. Approved after review on 17.06.2026. Date of publication: 30.09.2026.