

Влияние экзогенных аминокислот и минеральных удобрений на фитометрические показатели озимой пшеницы

В. А. Исайчев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Почвоведение, химия, биология, технологии переработки продукции растениеводства»

Н. Н. Андреев[✉], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, химия, биология, технологии переработки продукции растениеводства»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432000, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, зд. 1

[✉]andreev919@yandex.ru

Резюме. Исследования проведены с целью изучения влияния экзогенных аминокислот на фотосинтетические процессы в растениях озимой пшеницы сорта Саратовская 17. Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях, где изучено действие отдельных свободных аминокислот на неудобренном и удобренном фонах на параметры фотосинтетической активности растений опытной культуры. Площадь листовой поверхности растений на неудобренном фоне увеличивалась на 0,1...6,9 тыс. м²/га, при использовании удобрений на 0,8...7,9 тыс. м²/га. Фотосинтетический потенциал (ФП) за вегетационный период был максимальным при обработке семян глутаминовой кислотой и составил 5785,2 тыс. м²/га в сутки, что превышает контроль на 1049,3 тыс. м²/га в сутки. Наибольшие величины чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) отмечены в период трубкования – колошения. При использовании комплексных минеральных удобрений значения ЧПФ выше, чем на аналогичных вариантах на неудобренном фоне. Накопление сухого вещества было максимальным в варианте с использованием глутаминовой кислоты на минеральном фоне. Прибавка к контролю составила: в фазу кущения – 2,40 т/га, в период выхода в трубку – 2,14 т/га, в фазу колошения – 2,26 т/га, в фазу молочной спелости – 4,5 т/га. Проведенные исследования доказывают эффективность практического применения экзогенных аминокислот в технологии возделывания озимой пшеницы за счет активизации формирования показателей фотосинтеза.

Ключевые слова: аминокислоты, озимая пшеница, минеральные удобрения, фотосинтез, продуктивность.

Для цитирования: Исайчев В. А., Андреев Н. Н. Влияние экзогенных аминокислот и минеральных удобрений на фитометрические показатели озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 1 (73). С. 56-63. doi:10.18286/1816-4501-2026-1-56-63

The effect of exogenous amino acids and mineral fertilizers on winter wheat phytometric parameters

V. A. Isaichev, N. N. Andreev[✉]

Ulyanovsk State Agricultural University

432000, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, Building 1

[✉]andreev919@yandex.ru

Abstract. The study aimed to investigate the effect of exogenous amino acids on photosynthetic processes in the Saratovskaya 17 winter wheat variety. The study was conducted in the field and laboratory conditions, examining the effects of individual free amino acids on photosynthetic activity parameters in the experimental crop, both under unfertilized and fertilized conditions. Leaf area increased by 0.1–6.9 thousand m²/ha under unfertilized conditions, while with fertilizers, it increased by 0.8–7.9 thousand m²/ha. The photosynthetic potential (PP) during the growing season was highest when seeds were treated with glutamic acid and amounted to 5785.2 thousand m²/ha per day, which exceeds the control by 1049.3 thousand m²/ha per day. The highest values of net photosynthetic productivity (NPP) were noted during the booting - heading period. With the use of complex mineral fertilizers, NPP values are higher than in similar variants on an unfertilized background. Dry matter accumulation was highest in the variant using glutamic acid on a mineral background. The increase compared to the control was: at the tillering stage - 2.40 t / ha, during booting - 2.14 t / ha, at the heading stage - 2.26 t / ha, at the milky ripeness stage - 4.5 t / ha. The conducted studies demonstrate the effectiveness of the practical use of exogenous amino acids in winter wheat cultivation technology by activating the formation of photosynthesis indicators.

Keywords: amino acids, winter wheat, mineral fertilizers, photosynthesis, productivity.

For citation: Isaichev V. A., Andreev N. N. The effect of exogenous amino acids and mineral fertilizers on winter wheat phytometric parameters // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.1 (73): 56-63 doi:10.18286/1816-4501-2026-1-56-63

Введение

Применение экзогенных аминокислот в агротехнологиях открывает новые перспективы и может

включать разработку новых форм их использования, которые специально адаптированы к различным климатическим условиям и агрономическим системам.

Несмотря на некоторые ограничения, правильно подобранный подход к использованию аминокислот может значительно улучшить эффективность агротехнологий, повысить урожайность и улучшить качество продукции сельскохозяйственных культур [1].

Использование аминокислот в растениеводстве предлагает множество возможностей для улучшения устойчивости и повышения продуктивности растений, оптимизации минерального питания и улучшения состояния почвы. Это подчеркивает их важность как ключевого компонента в современных устойчивых технологиях, применяемых в растениеводстве [2].

Применение экзогенных аминокислот в сельском хозяйстве направлено на стимуляцию роста растений посредством интенсификации синтеза белков, активирования антиоксидантных систем, улучшения усвоения питательных веществ, улучшения водного обмена. Кроме того, аминокислоты могут влиять на выработку фитогормонов, которые регулируют рост и развитие растений. Обработка семян или внекорневые подкормки аминокислотами могут значительно улучшить всхожесть семян, ускорить рост и увеличить сопротивляемость растений к болезням [3, 4].

На практике экзогенные аминокислоты применяют под различные культуры, от зерновых до овощных.

Преимущества практического использования аминокислот:

повышение устойчивости растений к абиотическим стрессам, таким как засуха, засоленность почвы и экстремальные температуры. Они способствуют аккумуляции осмопротекторов, таких как пролин, который помогает растениям поддерживать водный баланс и защищает клеточные структуры от повреждения при засухе. Также аминокислоты уменьшают оксидативный стресс, вызванный неблагоприятными условиями окружающей среды;

аминокислоты стимулируют рост полезных почвенных микроорганизмов, которые участвуют в биодеградации органического материала и циклировании питательных веществ. Это способствует более эффективному использованию растениями доступных в почве ресурсов, улучшению корневого роста и общего здоровья растений и, что важно, позволяет сокращать количество вносимых удобрений;

аминокислоты способны индуцировать синтез фитоалексинов – естественных веществ, которые растения производят в ответ на различные инфекции, что позволяет снижать объемы использования средств защиты растений;

аминокислоты улучшают усвоение растениями макро- и микроэлементов за счет хелатирования металлов и улучшения их транспорта и мобилизации внутри растения, что особенно важно для таких элементов как железо, марганец и цинк;

аминокислоты могут служить альтернативой синтетическим стимуляторам роста, предлагая натуральное и безопасное решение для повышения

эффективности сельскохозяйственного производства [5, 6, 7, 8].

Цель исследования – изучение применения экзогенных аминокислот и комплексных минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья.

Задачи исследования – определить наиболее эффективные сочетания экзогенных аминокислот с используемыми комплексными минеральными удобрениями и установить их влияние на интенсивность процесса и продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы.

Материалы и методы

Исследования были проведены в 2021-2023 гг. на опытном поле и в лабораториях Ульяновского ГАУ с озимой пшеницей сорта Саратовская 17. Объекты исследования – экзогенные аминокислоты: аргинин, глутаминовая кислота, фенилаланин и метионин. Полевой опыт проводили на делянках площадью 20 м², применяли метод систематического расположения делянок при четырехкратной повторности. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный средне-мощный среднесуглинистый.

При закладке полевого опыта применялись общепринятые методики. Семена опытной культуры за день до посева обрабатывали водным раствором исследуемых аминокислот в концентрации 10⁻⁶ моль/л. В опыте кроме естественного, присутствовал удобрительный фон: основное удобрение – диаммофоска в дозе 300 кг/га, подкормка (фазы кущения (весна) и трубкования) – аммиачная селитра в дозе по 100 кг/га, внекорневая подкормка (в фазу колошения) – 10 %- ным раствором мочевины.

Анализы, учеты и наблюдения в эксперименте проводили в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами. Полевые и лабораторные опыты сопровождали соответствующими наблюдениями, учетом и анализами. Фенологические наблюдения проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания. Ассимиляционную поверхность листьев рассчитывали по Н.Н. Третьякову, А.С. Лосевой (1990). Фотосинтетическую деятельность растений определяли по методике А.А. Ничипоровича (1961).

Полученные результаты исследований были подвержены математико-статистической обработке методом корреляционно-регрессионного анализа на ПК с использованием Excel 2016.

Результаты

Площадь листовой ассимилирующей поверхности считается решающим фактором при формировании продуктивности фотосинтеза отдельного растения, а, следовательно, и продуктивности всего ценоза. Формирование ассимиляционной поверхности листьев прямо пропорционально количеству листьев и их линейным параметрам. Эти показатели непрерывно меняются в процессе роста и развития растений и зависят от условий возделывания.

Для большей продуктивности и формирования урожая хорошего качества площадь листьев должна

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

быть оптимальной как по размерам, так и по фазам роста и развития сельскохозяйственных культур.

В проведенных исследованиях показатель площади листовой поверхности растений озимой пшеницы сорта Саратовская 17 увеличивается во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем как на удобренном, так и на неудобренном фоне. Так, на естественном фоне прибавка к контролю в зависимости от варианта и фаз роста и развития составила от 0,1 до 6,9 тыс. м²/га. При использовании удобрений данный показатель увеличивался к контролю на 0,8...7,9 тыс. м²/га. Максимальные значения площади листовой поверхности наблюдались в варианте с

применением глутаминовой кислоты, причем как на естественном, так и на удобренном фоне питания (табл. 1).

Влияние опытных препаратов на формирование площади листьев наблюдается в течение всего онтогенеза растений. Дополнительно на величину листовой поверхности оказывает влияние число возшедших растений. При этом следует отметить, что в годы исследований начальные периоды развития растений проходили в неблагоприятных погодных условиях – недостатка влаги, что характерно для лесостепи Среднего Поволжья.

Таблица 1. Динамика площади листовой поверхности растений озимой пшеницы сорта Саратовская 17, тыс. м²/га, среднее за 2021 – 2023 гг.

Вариант	Фаза роста и развития			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Неудобренный фон				
Контроль	9,08	23,7	40,8	11,7
Аргинин	10,7	26,1	44,5	14,0
Глутаминовая кислота	12,7	27,7	47,3	18,6
Метионин	11,7	26,3	46,7	17,4
Фенилаланин	10,2	25,6	40,9	13,8
Удобренный фон				
Контроль	14,2	27,3	49,3	13,5
Аргинин	15,3	30,1	51,9	16,2
Глутаминовая кислота	17,9	31,9	53,7	21,4
Метионин	16,5	30,3	52,4	20,1
Фенилаланин	15,1	29,5	50,1	15,9

Величина урожайности является результатом фотосинтетической деятельности растений непосредственно за весь период онтогенеза, но логичнее ориентироваться на интегральный показатель работы ассимиляционного аппарата – фотосинтетический потенциал (ФП). Фотосинтетический потенциал листьев – это показатель, характеризующийся суммой ежедневных показателей ассимилирующей площади листьев в посеве за весь вегетационный период или какие-то его части.

В наших опытах мы изучали влияние, оказываемое предпосевной обработкой опытными

препаратами семян озимой пшеницы на фотосинтетический потенциал вегетирующих растений (табл. 2).

Наибольший фотосинтетический потенциал (ФП) получен при обработке семян глутаминовой кислотой и на удобренном, и на неудобренном фонах. В целом за весь вегетационный период максимальное значение фотосинтетического потенциала получено на удобренном фоне. Оно составило 5785,2 тыс. м²/га в сутки, что превышает контроль на 1049,3 тыс. м²/га. ФП в вариантах с обработкой семян другими аминокислотами также превышал контроль во все фазы роста и развития.

Таблица 2. Фотосинтетический потенциал листьев озимой пшеницы сорта Саратовская 17, тыс. м²/га в сутки, среднее за 2021-2023 гг.

Вариант	Фенологическая фаза				Σ ФП
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость	
Неудобренный фон					
Контроль	217,9	711,6	2589,6	877,5	4396,1
Аргинин	254,8	783,2	2318,4	1050,1	4501,8
Глутаминовая кислота	304,8	831,5	2459,6	1395,5	4990,4
Метионин	280,8	789,2	2424,4	1305,3	4693,2
Фенилаланин	246,8	768,3	2080,5	1035,8	4139,8
Удобренный фон					
Контроль	340,8	819,2	2563,6	1012,5	4735,9
Аргинин	367,2	903,3	2650,8	1215,2	5242,0
Глутаминовая кислота	429,6	958,2	2792,4	1605,0	5785,2
Метионин	396,4	909,4	2772,8	1507,5	5479,3
Фенилаланин	362,4	885,1	2605,2	1192,5	5045,1

Масса накапливаемого растением сухого вещества в течение вегетации является отражением совокупности процессов фотосинтеза, дыхания, углеводно-белкового обмена и интенсивности роста растения. Интенсивность прироста сухого вещества определяется совокупным воздействием основных абиотических факторов окружающей среды (влагодобеспеченности, температуры). По мере улучшения водного и питательного режимов идет более интенсивное накопление сухого вещества растением.

Нарастание биомассы растения озимой пшеницы происходит с начала развития и продолжается до конца созревания (табл. 3).

Интенсивность процесса накопления биомассы различна по фенологическим фазам: наибольшая интенсивность накопления биомассы отмечена в период, связанный с интенсивным ростом (кущение – трубкование).

Таблица 3. Динамика накопления сухой массы в растениях озимой пшеницы сорта Саратовская 17, т/га, среднее за 2021-2023 гг.

Вариант	Фенологическая фаза			Молочная спелость
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	
Неудобренный фон				
Контроль	2,05	5,75	8,10	9,20
Аргинин	3,78	5,78	9,56	10,13
Глутаминовая кислота	4,13	6,05	10,26	10,52
Метионин	3,91	5,91	9,81	9,62
Фенилаланин	2,43	5,80	8,86	9,71
Удобренный фон				
Контроль	2,37	7,37	10,75	11,51
Аргинин	4,51	6,77	11,55	13,11
Глутаминовая кислота	4,77	9,51	13,01	16,01
Метионин	3,94	8,94	11,88	13,77
Фенилаланин	3,53	7,53	11,06	12,12

Различия в биомассе по вариантам начинают проявляться уже с фазы всходов. Прослеживается тенденция повышенного накопления биомассы растения на удобренном фоне. Применение экзогенных аминокислот способствует интенсификации процессов накопления биомассы растениями озимой пшеницы, особенно на ранних стадиях развития.

В среднем за годы исследований накопление сухого вещества было максимальным в варианте с применением глутаминовой кислоты на минеральном фоне. Прибавка к контролю составила: в фазу кущения – 2,40 т/га, в период выхода в трубку – 2,14 т/га, в фазу колошения – 2,26 т/га, в фазу молочной спелости – 4,5 т/га (табл. 3).

Одним из показателей, характеризующим продукционный процесс растений, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Этот показатель часто используется в научных исследованиях при определении фотосинтетической активности посевов. Чистая продуктивность фотосинтеза – это количество сухого вещества в граммах, накопленного 1 м² листовой поверхности за сутки. Рост и фотосинтез составляют основу продукционного процесса растений. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) отражает накопление массы растением в пересчете на единицу листовой поверхности за определенный период.

Таблица 4. Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы сорта Саратовская 17, г/м² в сутки, среднее за 2021-2023 гг.

Вариант	Кущение – выход в трубку	Выход в трубку – колошение	Колошение – молочная спелость
Неудобренный фон			
Контроль	8,50	11,82	10,19
Аргинин	9,41	12,65	11,32
Глутаминовая кислота	9,83	13,38	12,18
Метионин	9,60	13,23	11,15
Фенилаланин	9,43	13,10	11,00
Удобренный фон			
Контроль	9,90	14,33	12,46
Аргинин	10,00	14,40	12,55
Глутаминовая кислота	10,25	14,97	12,96
Метионин	9,98	14,51	12,50
Фенилаланин	9,92	14,39	12,60

Продуктивность фотосинтеза в опыте имела восходящий характер на обоих фонах выращивания (табл. 4). Наибольшие величины отмечены в период

трубкование – колошение. При использовании комплексных минеральных удобрений значения ЧПФ

выше, чем на аналогичных вариантах на неудобренном фоне.

Наилучший результат наблюдается в варианте с применением глутаминовой кислоты совместно с минеральными удобрениями и составляет 10,25 г/м² в сутки в период кущения – выхода в трубку, 14,97 г/м² в сутки в период выход в трубку – колошение, 12,96 г/м² в сутки в период колошение – молочная спелость (табл. 4).

Определялось влияние площади листовой поверхности растений, фотосинтетического потенциала листьев и накопления сухой массы на чистую продуктивность фотосинтеза растений озимой пшеницы сорта Саратовская 17 по данным за 2021-2023 гг. с помощью корреляционно-регрессионного анализа, который дает возможность оценить количественное влияние факторов на результат.

Количественно связь между чистой продуктивностью фотосинтеза растений и факторными признаками выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y = 7,202 + 0,491X_1 - 0,005X_2 + 0,082X_3,$$

где Y – чистая продуктивность фотосинтеза растений, г/м²;

X₁ – площадь листовой поверхности растений, тыс. м²/га;

X₂ – фотосинтетический потенциал листьев, тыс. м²/га;

X₃ – накопление сухой массы растений, т/га.

Данные факторы имеют тесную зависимость с результативным признаком (множественный коэффициент корреляции R=0,98) и определяют 95,8 % его различий.

Связь результативного признака, отражающего чистую продуктивность фотосинтеза растений озимой пшеницы, с площадью листовой поверхности растений и накоплением сухой массы прямая. Фотосинтетический потенциал листьев имеет слабую обратную связь с результативным признаком.

Для обоснования выбора факторов при включении их в модель были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между всеми показателями, взятыми для анализа. Полученные коэффициенты парной корреляции свидетельствуют о том, что между чистой продуктивностью фотосинтеза растений озимой пшеницы сорта Саратовская 17 и изучаемыми факторами существует достаточно тесная связь. В наиболее тесной связи с результативным признаком – площадь листовой поверхности растений (X₁).

Расчетное значение критерия Фишера выше теоретического (F_{факт.} = 45,274 при F_{табл.} = 2,87), что свидетельствует о достоверности полученного уравнения регрессии. Превышение значения фактического показателя над табличным говорит о высокой надежности полученных результатов, а полученная модель регрессии может быть использована для оценки влияния учтенных в модели факторов на чистую продуктивность фотосинтеза растений.

Увеличение площади листовой поверхности растений приводит к уменьшению чистой продуктивности фотосинтеза. Это связано с тем, что большая листовая поверхность из-за взаимного затенения снижает интенсивность фотосинтеза вследствие ухудшения освещенности нижних листьев, перераспределения питательных веществ, нарушения светового режима, в результате чего увеличивается непродуктивная часть урожая и уменьшается продуктивная.

Полученные за годы исследований данные показывают, что действие экзогенных аминокислот на изменение фотосинтетической деятельности растений проявляется в повышении интенсификации роста и продолжительности жизни растения, а также интенсивности накопления биомассы на единицу листовой поверхности. Данный факт может рассматриваться как основа адаптации растений озимой пшеницы и дает возможность формирования и сохранения количественных и качественных характеристик репродуктивных органов растений при неблагоприятных климатических условиях [9].

Обсуждение

Для активизации фотосинтетической деятельности сельскохозяйственных растений необходимо использовать различные физиологически активные вещества, которые дают возможность создавать посева, поглощающие наибольшее количество энергии фотосинтетически активной части солнечной радиации. При этом коэффициент использования её в фотосинтезе и образовании общей и хозяйственной урожайности должен быть максимальным. Получение высоких урожаев требует не только строгого соблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур, но и применения перспективных и научно-обоснованных подходов к использованию различных факторов регуляции роста и развития растений [10, 11].

Урожайность сельскохозяйственных культур формируется в процессе фотосинтеза, когда в вегетирующих растениях образуется органика, и солнечная энергия переходит в энергию растительной биомассы. Производительность этого процесса зависит от функционирования вегетирующих растений как «фотосинтезирующей системы» [12, 13]. Управлять этим процессом весьма сложно, и одним из способов регулирования является использование физиологически активных веществ – регуляторов роста и развития растений. К таким веществам относятся и аминокислоты, используемые в наших исследованиях [14, 15, 16].

В исследованиях Т. Ю. Вознесенской с соавторами установлено, что продуктивность листовой поверхности в течение всей вегетации достигала максимальных значений при обработке семян и некорневых подкормках комплексом аминокислот с микроэлементами на высоком (NPK) фоне минеральных удобрений. При применении комплексов в течение вегетации озимой пшеницы сорта Вершина возрастает фотосинтетический потенциал

растений за счет увеличения площади листовой поверхности [17].

В работе Веревкиной Т. М с соавторами представлены результаты исследований о влиянии различных комплексов микроудобрений и аминокислот на формирование фотосинтетического аппарата озимой пшеницы. Они показали, что обработка семян и проведение двух подкормок комплексом хелатов микроэлементов, комплексом аминокислот с микроэлементами и комплексом аминокислот способствовали дальнейшему повышению содержания хлорофилла в растениях озимой пшеницы, при подкормке как одной, так и двойной дозами и колебалось от 5,47 до 5,70 мг/г сырого вещества. Предпосевная обработка семян способствовала увеличению фотосинтетической деятельности растений в посевах и улучшению динамики ростовых процессов [18].

Можаровой И.П. представлены результаты полевых испытаний новых полифункциональных удобрений с включением гуминовых веществ, аминокислот, макро- и микроэлементов на пшенице яровой и озимой. Применение этих удобрений для внесения в почву под предпосевную культивацию или в подкормку в период вегетации способствует активизации ростовых и формообразовательных процессов, повышению устойчивости растений к негативным факторам среды и к болезням, повышению урожайности и улучшению качества зерна. В условиях Тамбовской области прибавка урожая зерна озимой пшеницы сорта Виола составила 5,8...26,0 %. В условиях Ульяновской области прибавка урожая зерна яровой пшеницы сорта Симбирцит составила 8,7...15,1 %. Урожайность пшеницы яровой сорта Арка в условиях Курганской области повысилась на 6 %. В Рязанской области прибавка урожая яровой пшеницы сорта Дарья составила 8,2... 29,2 % [19].

В исследованиях Шаповал О.А. и соавторов показано, что применение новых форм полифункциональных удобрений с включением аминокислот для некорневых подкормок посевов пшеницы яровой в разных почвенно-климатических условиях способствовало повышению урожайности и качества зерна. Прибавка урожая колебалась от 31,5 до 52,5 % – в Московской области, от 8,7 до 15, % в Ульяновской области и от 2,4 до 9,6 % - в Курганской области [20].

Наши исследования позволили выявить преимущества применения аминокислот наряду с традиционными макро- и микроудобрениями в технологии возделывания озимой пшеницы. Считаем, что их применение является эффективным способом решения проблем повышения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур, которые остро стоят в лесостепи Среднего Поволжья – зоне рискованного земледелия.

Заключение

Полученные в результате опытов данные подтверждают практическую значимость использования

экзогенных аминокислот и комплексных минеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы. Аминокислоты способствуют увеличению активности фотосинтетических процессов в растениях, создавая условия роста продуктивности и улучшения качества конечной продукции полевых культур. Применение аминокислот увеличивало показатель площади листовой поверхности растений. Максимальные значения площади листовой поверхности наблюдали в варианте с применением глутаминовой кислоты, причем как на естественном, так и на удобренном фоне питания. Наибольший фотосинтетический потенциал (ФП) также получен при обработке семян глутаминовой кислотой. В целом за весь вегетационный период на удобренном фоне максимальное значение фотосинтетического потенциала составило 5785,2 тыс. м²/га в сутки, что превышает контроль на 1049,3 тыс. м²/га. Продуктивность фотосинтеза имела восходящий характер на обоих фоне выращивания. Наилучший результат наблюдается в варианте с применением глутаминовой кислоты совместно с минеральными удобрениями, значение которого составило 10,25 г/м² в сутки в период кущение – выход в трубку, 14,97 г/м² в сутки в период выход в трубку – колошение, 12,96 г/м² в сутки в период колошение – молочная спелость. Накопление сухого вещества было максимальным в варианте с применением глутаминовой кислоты на минеральном фоне и составило 4,77...16,01 т/га.

По результатам исследований можно рекомендовать сельскохозяйственным товаропроизводителям применять предпосевную обработку семян озимой пшеницы экзогенными аминокислотами для интенсификации фотосинтетических процессов и повышения продуктивности растений. Повысить эффективность предпосевной обработки можно при использовании совместно с комплексными минеральными удобрениями.

Литература

1. Исайчев В. А., Андреев Н. Н., Федорова И. Л. Влияние свободных аминокислот и минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 1 (69). С. 71-78. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-71-78
2. Применение аминокислот и их хелатных комплексов с микроэлементами в питании растений / Д. В. Петухов, Е. С. Измestьев, А. В. Сазанов и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 167-174. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-167-174
3. Применение аминокислот как стимуляторов роста в агротехнологиях / А. А. Кунцевич, А. В. Ручкина, Р.Н. Ушаков и др. // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2025. №3(9). С. 24-31/ doi:10.36508/journal.2025.79.25.004
4. Федулов Ю. П., Лищенковский М. Ю., Подушин Ю. В. Влияние аминокислот на растения озимой пшеницы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 171-179.

5. Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato, D. Funck, G. Forlani, et al. // *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. P. 772810. doi: 10.3389/fpls.2021.772810

6. Baqir H. A., Al-Naqeeb M. A. S. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars // *Iraqi J. Agric. Sci.* 2019. Vol. 50. P. 20-30.

7. El-Said M. A. A., Mahdy A.Y. Response of Two Wheat Cultivars to Foliar Application with Amino Acids under Low Levels of Nitrogen Fertilization // *Middle East Journal of Agriculture Research.* 2016. Vol. 05. P.462-472.

8. Мухина М. Т., Можарова И. П., Коршунов А. А. Эффективность применения удобрений на основе комплекса хелатов микроэлементов и аминокислот на озимой пшенице в Нижегородской области // *Плодородие.* 2020. № 6. С. 14-17. doi:10.25680/S19948603.2020.117.04

9. Формирование продуктивности зерновых культур при применении минеральных удобрений и регуляторов роста в условиях Среднего Поволжья: монография / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, Е. В. Провалова и др. Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2023. 258 с. ISBN 978-5-6051071-1-8

10. Котляров Д. В., Котляров В. В., Федулов Ю. П. Регуляция ростовых процессов растений пшеницы путем использования экзогенных аминокислот // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* 2017. № 69. С. 146-151. doi: 10.21515/1999-1703-69-146-151

11. Федулов Ю. П., Лищенко М. Ю., Мальцева Д. А. Влияние экзогенных аминокислот на растения озимой пшеницы сорта Адель // *Молодой ученый.* 2015. № 9-2. С. 80-81.

12. Неверов А. А. Влияние внекорневых обработок регуляторами роста и экологических условий на качество продукции ячменя // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* 2025. №1 (69). С. 11-18. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-11-18

13. Щербаква А. С., Богомазова С. В. Эффективность применения микроэлементных удобрений и регуляторов роста на озимой пшенице в лесостепном Поволжье // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* 2025. №2 (70). С. 57-65. doi:10.18286/1816-4501-2025-2-57-65

14. Влияние некорневой подкормки хелатами микроэлементов на урожайность яровой пшеницы при возделывании на лугово – черноземной почве / В. В. Попова, Н. В. Гоман, И. А. Бобренко и др. // *Вестник Красноярского ГАУ.* 2020. № 8. С. 57-64. doi: 10.36718/1819-4036-2020-8-57-64

15. Пономарева А. С., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю. Продуктивность и качество пшеницы при внесении органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот // *Плодородие.* 2019. № 5. С. 13-16. doi:10.25680/S19948603.2019.110.04

16. Применение ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы / Н. А. Воронкова,

Н.Ф. Балабанова, В. А. Волкова и др. // *Достижения науки и техники АПК.* 2020. Т. 34. № 10. С. 73-77. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11011

17. Вознесенская Т. Ю., Можарова И. П. Влияние инновационных удобрительных комплексов на фотосинтез и продуктивность листового аппарата пшеницы озимой // *Плодородие.* 2021. №6. С. 52-55. doi: 10.25680/S19948603.2021.123.14.

18. Вознесенская Т. Ю., Веревкина Т. М. Влияние инновационных форм удобрений на нарастание листового аппарата и его фотосинтетическую деятельность // *Плодородие.* 2018. №6. С. 9-12. doi: 10.25680/S19948603.2018.105.03

19. Можарова И. П., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю. Влияние полифункциональных удобрений с включением гуминовых веществ, аминокислот, макро – и микроэлементов на урожайность и качество озимой пшеницы // *Агрехимический вестник.* 2018. № 6. С. 39-43. doi: 10.24411/0235-2516-2018-10058

20. Шаповал О. А., Можарова И. П., Пономарева А. С. Эффективность полифункциональных удобрений с включением аминокислот на зерновых культурах // *Плодородие.* 2018. № 5. С. 26-29. doi: 10.25680/S19948603.2018.104.08

References

1. Isaichev V. A., Andreev N. N., Fedorova I. L. Effect of free amino acids and mineral fertilizers on winter wheat productivity // *Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2025. No. 1 (69). P.71-78. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-71-78

2. Use of amino acids and their chelate complexes with microelements in plant nutrition / D. V. Petukhov, E. S. Izmetiev, A. V. Sazanov, et al. // *Theoretical and Applied Ecology.* 2022. No. 1. P.167-174. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-167-174

3. The use of amino acids as growth stimulants in agricultural technologies / A. A. Kuntsevich, A. V. Ruchkina, R. N. Ushakov, et al. // *Online scientific journal of RSATU,* 2025. No. 3 (9). P.24-31 / doi: 10.36508/journal.2025.79.25.004

4. Fedolov Yu. P., Lishchenovsky M. Yu., Podushin Yu. V. The effect of amino acids on winter wheat plants // *Transactions of the Kuban State Agrarian University.* 2016. No. 58. P.171-179.

5. Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato, D. Funck, G. Forlani, et al. // *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. P. 772810. doi: 10.3389/fpls.2021.772810

6. Baqir H. A., Al-Naqeeb M. A. S. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars // *Iraqi J. Agric. Sci.* 2019. Vol. 50. P. 20-30.

7. El-Said M. A. A., Mahdy A. Y. Response of Two Wheat Cultivars to Foliar Application with Amino Acids under Low Levels of Nitrogen Fertilization // *Middle East Journal of Agricultural Research.* 2016. Vol. 05. R.462-472.

8. Mukhina M. T., Mozharova I. P., Korshunov A. A. Efficiency of applying fertilizers based on a complex of

microelement and amino acid chelates on winter wheat in the Nizhny Novgorod region // *Soil Fertility*. 2020. No. 6. P.14-17. doi:10.25680/S19948603.2020.117.04

9. Formation of productivity of grain crops with the use of mineral fertilizers and growth regulators in the conditions of the Middle Volga region: monograph / V. A. Isaichev, N. N. Andreev, E. V. Provalova, et al. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University, 2023. 258 p. ISBN 978-5-6051071-1-8

10. Kotlyarov D. V., Kotlyarov V. V., Fedolov Yu. P. Regulation of growth processes in wheat plants by using exogenous amino acids // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2017. No. 69. P.146-151. doi: 10.21515/1999-1703-69-146-151

11. Fedolov Yu. P., Lishchenovsky M. Yu., Maltseva D. A. Influence of exogenous amino acids on winter wheat plants of Adel variety // *Young scientist*. 2015. No. 9-2. P.80-81.

12. Neverov A. A. Effect of foliar treatment with growth regulators and environmental conditions on the quality of barley products // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2025. No. 1 (69). P. 11-18. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-11-18

13. Shcherbakova A. S., Bogomozova S. V. Efficiency of using microelement fertilizers and growth regulators on winter wheat in the forest-steppe Volga region // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2025. No. 2 (70). P. 57-65. doi:10.18286/1816-4501-2025-2-57-65

14. The effect of foliar feeding with microelement chelates on the yield of spring wheat when cultivated on meadow-black soil / V. V. Popova, N. V. Goman, I. A. Bobrenko, et al. // *Vestnik of the Krasnoyarsk State*

Agrarian University. 2020. No. 8. P.57-64. doi: 10.36718/1819-4036-2020-8-57-64

15. Ponomareva A. S., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu. Productivity and quality of wheat when applying organomineral fertilizers with a complex of amino acids // *Soil Fertility*. 2019. No. 5. P.13-16. doi:10.25680/S19948603.2019.110.04

16. Application of growth stimulants in cultivation of spring soft wheat / N. A. Voronkova, N. F. Balabanova, V. A. Volkova, et al. // *Achievements of science and technology in the agro-industrial complex*. 2020. Vol. 34. No. 10. P.73-77. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11011

17. Voznesenskaya T. Yu., Mozharova I. P. Influence of innovative fertilizer complexes on photosynthesis and leaf apparatus productivity of winter wheat // *Soil Fertility*. 2021. No. 6. P.52-55. doi: 10.25680/S19948603.2021.123.14.

18. Voznesenskaya T. Yu., Verevkina T. M. Effect of innovative forms of fertilizers on the growth of the leaf apparatus and its photosynthetic activity // *Soil Fertility*. 2018. No. 6. P.9-12. doi: 10.25680/S19948603.2018.105.03

19. Mozharova I. P., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu. Effect of multifunctional fertilizers with the inclusion of humic substances, amino acids, macro - and microelements on the yield and quality of winter wheat // *Agrochemical Vestnik*. 2018. No. 6. P.39-43. doi: 10.24411/0235-2516-2018-10058

20. Shapoval O. A., Mozharova I. P., Ponomareva A. S. Efficiency of polyfunctional fertilizers with amino acids on grain crops // *Soil Fertility*. 2018. No. 5. P.26-29. doi: 10.25680/S19948603.2018.104.08