

## Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-38-43>  
УДК: 635.54:631.574-02:577.112.3

П.О. Маврина

ФГБНУ «Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
лекарственных и ароматических растений»  
117216, Российская Федерация,  
г. Москва, ул. Грина, д. 7

\*Автор для переписки:  
mavrina.vilarnii@yandex.ru

**Вклад автора.** Маврина П.О.: концептуализация, администрирование данных, проведение исследования, формальный анализ, визуализация, создание рукописи и ее редактирование.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликтах интересов.

**Для цитирования:** Маврина П.О. Влияние аминокислот на продуктивность и содержание фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного. *Овощи России*. 2026;(1):38-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-38-43>

**Поступила в редакцию:** 17.09.2025

**Принята к печати:** 09.02.2026

**Опубликована:** 16.03.2026

Polina O. Mavrina

All-Russian Scientific Research Institute  
of Medicinal and Aromatic Plants  
7, Greena st., Moscow, Russia, 117216

\*Corresponding Author:  
mavrina.vilarnii@yandex.ru

**Author's Contribution:** Mavrina P.O.: conceptualization, data curation, investigation, formal analysis, visualization, writing – review & editing.

**Conflict of interest.** The authors declar no other conflicts of interest.

**For citations:** Mavrina P.O. Effect of amino acids on productivity and phenolic content in common chicory leaves. *Vegetable crops of Russia*. 2026;(1):38-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-38-43>

**Received:** 17.09.2025

**Accepted for publication:** 09.02.2025

**Published:** 16.03.2026

# Влияние аминокислот на продуктивность и содержание фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного

Check for updates



## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Применение биостимуляторов на основе различных соединений находит все более широкое применение в сельском хозяйстве в связи с необходимостью увеличения урожайности растений при нестабильных климатических условиях. Экзогенная обработка аминокислотами вегетирующих растений различных сельскохозяйственных культур позволила увеличить продуктивность, содержание биологически активных соединений, а также повысить их устойчивость при воздействии абиотических стрессов. Цикорий обыкновенный является перспективным видом лекарственного растительного сырья для получения фармацевтических субстанций с высоким содержанием цикориевой кислоты. Благодаря содержанию в листьях различных классов фенольных соединений, извлечения из надземной части цикория обладают иммуномодулирующим и гепатопротекторным действием.

**Методика.** В данной работе проведена оценка действия некорневой обработки однокомпонентными растворами фенилаланина, тирозина и триптофана в двух концентрациях (10 мг/л и 25 мг/л) на продуктивность растений и содержание фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного.

**Результаты.** Наиболее эффективны обработки аминокислотами в концентрации 10 мг/л. Применение триптофана позволило повысить продуктивность надземной части 29-57% в зависимости от концентрации (с 112 г до 144-176 г). Обработка всеми аминокислотами способствовала увеличению содержания фенольных соединений: фенилаланином – с 4,84% до 5,49%, тирозином – до 7,25%, триптофаном – до 6,23%. На массу корнеплодов обработка аминокислотами значимого влияния не оказала. Отмечено, что при благоприятных для развития растений метеорологических условиях применение аминокислот более эффективно, однако при неблагоприятных условиях значимого снижения показателей растений не происходит. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования аминокислот как элемента технологии выращивания для повышения продуктивности растений и содержания в них биологически активных веществ.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Cichorium intybus*, фенилаланин, тирозин, триптофан

## Effect of amino acids on productivity and phenolic content in common chicory leaves

### ABSTRACT

**Relevance.** Biostimulants based on different compounds is increasingly used in agriculture due to the need to increase plant yield under unstable climate conditions. Exogenous application with amino acids on various agricultural crops increased productivity, the content of biologically active compounds, and improved their resistance to abiotic stress. Common chicory is a promising medicinal plant for obtaining pharmaceutical substances with a high content of chicory acid. Due to the content of various classes of phenolic compounds in the leaves, extracts from the aboveground part of chicory have an immunomodulatory and hepatoprotective effect.

**Methods.** In this study, the effect of foliar application with single-component solutions of phenylalanine, tyrosine, and tryptophan at two concentrations (10 mg/L and 25 mg/L) on plant productivity and the content of phenolic compounds in the leaves of common chicory is assessed.

**Results.** Treatment with amino acids at a concentration of 10 mg/L was most effective. The use of tryptophan increased the productivity of the aboveground part by 29-57% depending on concentration (from 112 g to 144-176 g). Treatment with all amino acids contributed to increase the phenolic compounds content: phenylalanine – from 4.84% to 5.49%, tyrosine – up to 7.25%, tryptophan – up to 6.23%. Amino acids application did not have a significant effect on the root weight. It was noted that under favorable climate conditions for plant development, the use of amino acids is more effective, but under unfavorable conditions, there is no significant decrease in plant indicators. Results indicate the prospects of using amino acids as an element of agricultural practices to increase plant productivity and the content of biologically active substances.

### KEYWORDS:

*Cichorium intybus*, phenylalanine, tyrosine, tryptophan

## Введение

В настоящее время поиск устойчивых методов ведения сельского хозяйства направлен на максимальное увеличение производства продуктов питания при минимальном воздействии на окружающую среду. При этом остро стоит вопрос о повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды без снижения урожайности [1]. Экзогенное применение различных органических стимуляторов роста растений, таких как фитогормоны, полиамины, гидролизаты белков и аминокислоты, микробные инокулянты, экстаркты из водорослей и высших растений, улучшает показатели фотосинтеза, относительное содержание воды в тканях, а также способствует накоплению осмолитов и антиоксидантов [2-4]. Использование биостимуляторов обладает несколькими преимуществами – они способствуют усилению роста растений и повышению их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды. Кроме того, они не оказывают негативного влияния на развитие растений и могут применяться совместно с неорганическими удобрениями и пестицидами [5]. Эффективность данных соединений доказана на различных сельскохозяйственных культурах [6-8].

Аминокислоты считаются органическими осмолитами, они способствуют стабилизации водного баланса клетки, а также выполняют функции поддержания клеточных структур и белков [9-11]. В условиях абиотического стресса в растениях увеличивается содержание различных аминокислот, что, в свою очередь, может оказывать влияние на синтез и накопление вторичных метаболитов [12]. Триптофан, тирозин и фенилаланин, синтезируются из хоризмата, конечного продукта шикиматного пути, и являются предшественниками широкого спектра вторичных метаболитов в растениях. Их применение в качестве некорневой обработки способствует повышению урожайности и содержания биологически активных соединений у различных сельскохозяйственных культур [13-22]. Из фенилаланина может синтезироваться салициловая кислота, которая играет важную роль в защите растений от патогенов, а также при воздействии различных абиотических стрессов. Она снижает их негативное воздействие, индуцируя экспрессию генов, связанных с реакцией на стресс, и повышая активность антиоксидантных ферментов, таких как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза. Триптофан является предшественником индолилуксусной кислоты. Во время засухи биосинтез ауксинов повышает засухоустойчивость растений за счет нейтрализации активных форм кислорода (АФК) и активации генов, чувствительных к абсцизовой кислоте [23].

Надземная часть цикория обыкновенного является перспективным источником сырья для получения фармацевтических субстанций, обладающих антиоксидантным, антимикробным, иммуномодулирующим и гепатопротекторным действием [24, 25]. Фенилпропаноиды, содержащиеся в листьях цикория и обуславливающие потенциал терапевтического действия экстрактов на его основе, синтезируются по шикиматному пути [26, 27]. Известно, что при воздействии температурного стресса и дефиците воды нарушается процесс фотосинтеза, что приводит к чрезмерному накоплению АФК, нарушению нормального функционирования клеток и их последующей гибели. В качестве защитного механизма и адаптивной стратегии в ответ на абиотические стрессы в растениях увеличивается синтез вторичных метаболитов-антиоксидантов, в частности фенольных соединений, что является ключевым показателем устойчивости растений к окислительному стрессу [28-30]. Применение органических и минеральных удобрений, а также биостимуляторов может оказывать влияние как на содержание фенольных соеди-

нений в листьях и их качественный состав, так и на массу корнеплода цикория и выход инулина [31, 32].

Целью данного исследования является изучение влияния некорневых обработок растворами фенилаланина, тирозина и триптофана на продуктивность цикория обыкновенного и содержание биологически активных соединений.

## Материалы и методы

Исследование проведено в 2023-2024 годах, метеорологические условия приведены в Таблице 1. Использован технический сорт цикория обыкновенного Ростовский. Растения выращивали в открытом грунте в лекарственном севообороте лаборатории агробиологии ФГБНУ ВИЛАР (г. Москва). Участок расположен на окультуренных дерново-подзолистых почвах, почвенный покров – среднеподзоленный пылеватый суглинок. Агрохимические показатели опытного участка: содержание гумуса – 2,1%, pH – 5,5, содержание подвижного фосфора –  $P_2O_5$  – 52 мг/кг, обменного калия –  $K_2O$  – 87 мг/кг.

25-дневная рассада высажена в открытый грунт во 2 декаде июня. Схема посадки – 60×15 см, площадь деланки – 1,35 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. В 1 декаде июля проведена однократная обработка однокомпонентными растворами фенилаланина (Phe), тирозина (Tyr) и триптофана (Trp) в концентрациях 10 мг/л и 25 мг/л. В контрольном варианте использована вода в аналогичном объеме.

Измерения морфологических показателей растений, а также сбор листьев для анализа на содержание фенольных соединений проведены каждые 10 дней с июля по октябрь. Отбирали неповрежденные вредителями и болезнями целые листья из разных участков листовой розетки. При неблагоприятных погодных условиях (дождь) сбор осуществлялся в ближайшую возможную дату. Сушка листьев осуществлялась при температуре 35-38°C. Продуктивность надземной части рассчитана как произведение среднего числа листьев на растении и средней массы листа в конкретную дату сбора. Уборка корнеплодов проведена во 2 декаде сентября в сухую погоду до наступления заморозков.

Определение содержания суммы фенольных соединений в пересчете на цикориевую кислоту проведено методом прямой спектрофотометрии [33]. Аналитическую пробу сырья измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстия 0,5 см. 1 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу, добавляют 100 мл спирта этилового 70%, колбу присоединяют к обратному холодильнику и нагревают на кипящей водяной бане в течение 60 мин с момента закипания растворителя. Полученное извлечение фильтруют через бумажный фильтр «синяя лента» (раствор А). В мерную колбу вместимостью 50 мл помещают 1 мл раствора А, доводят объем раствора до метки спиртом этиловым 70%, перемешивают (раствор Б). Оптическую плотность раствора Б измеряют на спектрофотометре UV-1800 («Shimadzu», Япония) при длине волны 328±2 нм в кюветках с толщиной поглощающего слоя 1 см. В качестве раствора сравнения используют спирт этиловый 70%. Для анализа использован стандартный образец (≥95%) цикориевой кислоты («Sigma-Aldrich»).

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Microsoft Excel. Для выявления различий между вариантами опыта использован двухфакторный (фактор А – действующее вещество (аминокислота), фактор Б – концентрация действующего вещества) дисперсионный анализ с расчетом НСР<sub>05</sub>, а также критерий Краскела-Уоллиса и критерий Данна для множественного сравнения [34].

Таблица 1. Средняя температура воздуха и количество осадков в период исследования  
Table 1. Mean temperature and total rainfall during the experiment

	2023 год		2024 год	
	Средняя температура, °С	Количество осадков, мм	Средняя температура, °С	Количество осадков, мм
июнь (с даты высадки рассады)	15,8	100,4	18,9	10,9
июль	17,2	270,8	20,6	245,4
август	18,3	150,9	17,5	145,1
сентябрь	13,4	26,0	15,4	28,5
октябрь	4,7	189,3	6,9	110,1

### Результаты и их обсуждение

У однолетних растений цинкория обыкновенного надземная часть представлена розеточным побегом. В первой половине вегетационного периода происходит постепенное увеличение числа листьев, их линейные размеры и масса достигают наибольших значений в конце августа – начале сентября. В этот период отмечена наибольшая продуктивность надземной части (Рис. 1), которая составила 109-116 г/растение сырой массы. В целом, динамика роста надземной части не отличалась в разные годы исследования, однако в 2024 году наибольшие значения продуктивности отмечены в более ранний срок. Это связано с более высокой температурой воздуха в июне-июле, чем в 2023 году, а также меньшим количеством осадков.

Применение аминокислот не оказало влияния на динамику роста растений, наибольшие значения продуктивности отмече-

ны в те же даты, что и в контрольном варианте. Оценка действия аминокислот на показатели надземной части проведена по данным, полученным в этот период.

Установлено, что применение аминокислот в большинстве вариантов не привело к значимому изменению размеров листьев (Табл. 2). Только применение триптофана в обеих концентрациях в 2023 году позволило достоверно увеличить длину листьев на 17-19% в зависимости от концентрации. Отмечено, что в 2023 году показатели листьев были в среднем выше, что объясняется более благоприятными для развития растений метеорологическими условиями.

В период наибольшей продуктивности (4 сентября в 2023 года, 26 августа в 2024 года) достоверные различия с контролем по данному показателю отмечены только в варианте с триптофаном в 2023 году (Рис. 2) – на 29-57% в зависимости от кон-

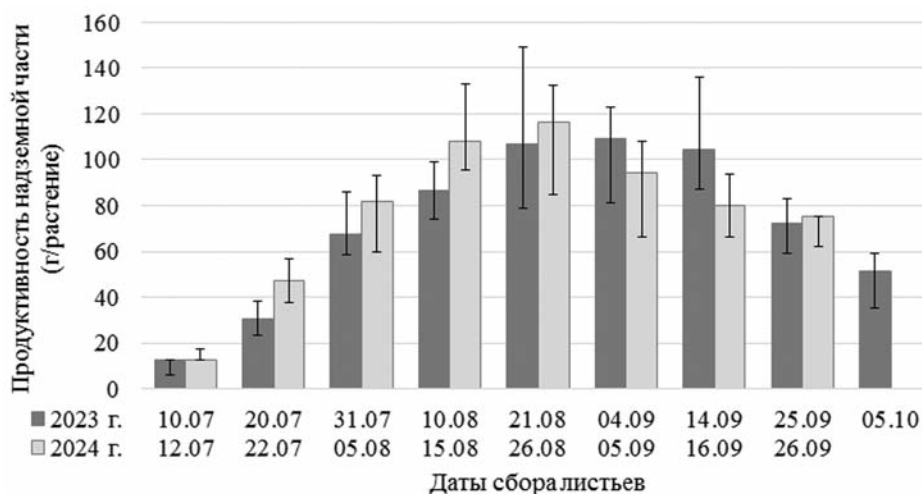


Рис. 1. Динамика продуктивности надземной части (г/растение) в 2023-2024 годах (контрольный вариант)  
Fig. 1. Dynamics of aboveground part productivity (g/plant) in 2023-2024 (control)

Таблица 2. Морфологические показатели листьев в 2023-2024 годах ( $\bar{x} \pm SD$ )  
Table 2. Morphological parameters of leaves in 2023-2024 ( $\bar{x} \pm SD$ )

	2023 год		2024 год	
	Длина листа, см	Ширина листа, см	Длина листа, см	Ширина листа, см
Контроль	38,8 ± 4,75	7,5 ± 1,41	39,8 ± 5,13	7,9 ± 1,35
Phe-10	40,7 ± 7,51	8,2 ± 1,72	40,1 ± 6,18	7,8 ± 1,47
Phe-25	41,4 ± 3,93	8,3 ± 1,66	36,8 ± 5,31	7,6 ± 1,89
Tyr-10	38,0 ± 4,84	6,5 ± 0,77	40,1 ± 5,69	7,2 ± 1,34
Tyr-25	41,1 ± 5,37	7,4 ± 1,33	38,7 ± 6,36	8,3 ± 1,48
Trp-10	<b>45,2 ± 5,68</b>	8,4 ± 1,81	38,1 ± 6,13	8,5 ± 2,00
Trp-25	<b>46,3 ± 6,03</b>	7,7 ± 1,72	40,4 ± 4,69	8,2 ± 2,08
HCP <sub>05</sub>	5,5	1,5	5,3	1,5

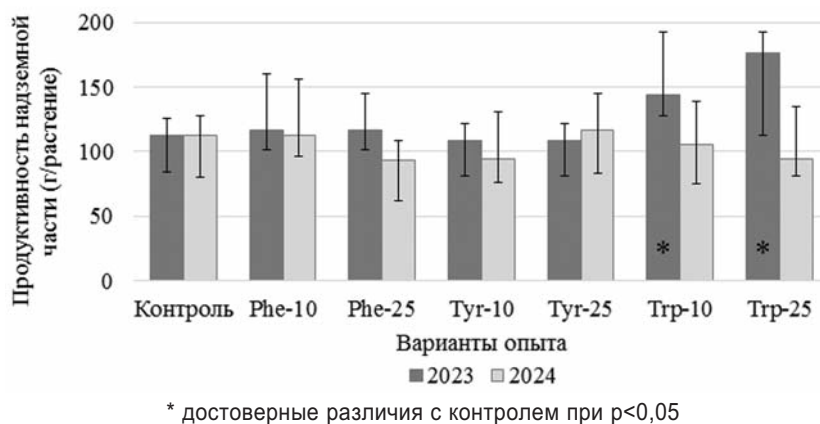


Рис. 2. Продуктивность надземной части (г/растение) в 2023-2024 годах ( $M \pm Q_1 - Q_3$ )  
 Fig. 2. Aboveground part productivity (g/plant) in 2023-2024 ( $M \pm Q_1 - Q_3$ )

центрации. В 2024 году различия между вариантами опыта не обнаружены. При благоприятных условиях (2023 год) увеличение концентрации аминокислоты не приводит к значимому увеличению продуктивности, а при неблагоприятных – снижает значения данного показателя.

Содержание фенольных соединений (ФС) в период наибольшей продуктивности надземной части в вариантах с использованием аминокислот значительно различалось в разные годы исследования (Табл. 3). В 2023 году все варианты, кроме тирозина (25 мг/л) и триптофана (25 мг/л) значительно превышали контрольные значения: фенилаланин – на 13-19%, тирозин (10 мг/л) – на 50%, триптофан (10 мг/л) – на 29%. В 2024 году применение фенилаланина, тирозина и триптофана не оказало значимого влияния на содержание фенольных соединений.

Отмечено, что при увеличении концентрации аминокислоты содержание ФС увеличилось только при использовании фенилаланина. Это может быть связано с тем, что большая часть фенольных соединений (гидроксикоричные кислоты), присутствующая в листьях цикория, синтезируется по шикиматному пути через фенилаланин [27]. Тирозин и триптофан также образуются в данном пути синтеза. При избыточном количестве какой-либо из представленных аминокислот, её синтез временно прекращается, а двух других – возрастает [35]. Дополнительное поступление фенилаланина с некорневой обработкой отчасти способствует повышению содержания фенилпропаноидов, однако при этом усиливается синтез аминокислот, являющихся предшественниками других соединений. В свою очередь обработка тирозином и триптофаном способ-

ствует повышению содержания фенилаланина, что отражается на синтезе ФС. Аналогичные результаты по действию на общее содержание ФС и отдельно фенольных кислот были получены при обработке разных видов мяты [14]. Также во многих работах отмечено, что применение аминокислот более эффективно в низкой концентрации, ее увеличение либо не приводит к значимому увеличению показателей растений, либо снижает их [36-39]. Следует отметить, что, хотя на эффективность некорневой обработки аминокислотами оказывают влияние погодные условия, использование аминокислот не приводит к значимому снижению содержания фенольных соединений. Данная особенность наблюдалась и при обработке цикория обыкновенного растворами аланина, однако его применение не привело к увеличению содержания ФС [40].

Поскольку цикорий – техническая культура, необходимо оценить влияние некорневых обработок аминокислотами на среднюю массу корнеплодов (Рис. 3). Установлено, что в 2023 году значения данного параметра в вариантах с аминокислотами были выше контрольных (фенилаланин – на 47-49%, тирозин – на 15-20%, триптофан – на 22%), однако значимые различия с контролем отсутствуют. В 2024 году средняя масса корнеплода была наибольшей в контрольном варианте (212,5 г), при этом применение аминокислот не вызвало значимого снижения значений данного параметра. При увеличении концентрации аминокислоты выраженного положительного действия на массу корнеплода не обнаружено.

В качестве дополнительной оценки действия аминокислот на показатели растений был проведен расчет коэффициента вариации (Табл. 4). Установлено, что при неблаго-

Таблица 3. Содержание фенольных соединений в пересчете на цикориевую кислоту (%) в листьях в 2023-2024 годах ( $\bar{x} \pm SD$ )  
 Table 3. Content of phenolic compounds in calculation of chicoric acid (%) in leaves in 2023-2024 ( $\bar{x} \pm SD$ )

	2023 год			2024 год		
	Содержание сухого вещества	Содержание ФС	% к контролю	Содержание сухого вещества	Содержание ФС	% к контролю
Контроль	92,8	4,84 ± 0,020	-	92,1	4,84 ± 0,069	-
Phe-10	93,1	5,49 ± 0,007	13	92,4	4,66 ± 0,114	-4
Phe-25	93,1	5,78 ± 0,009	19	92,3	4,58 ± 0,110	-5
Tyr-10	92,8	7,25 ± 0,050	50	92,1	4,73 ± 0,045	-2
Tyr-25	92,9	4,89 ± 0,028	1	92,3	4,59 ± 0,100	-5
Trp-10	93,2	6,23 ± 0,036	29	92,1	4,31 ± 0,054	-11
Trp-25	93,9	4,52 ± 0,024	-7	92,3	4,11 ± 0,096	-15
HCP <sub>05</sub>	-	0,20	-	-	0,64	-

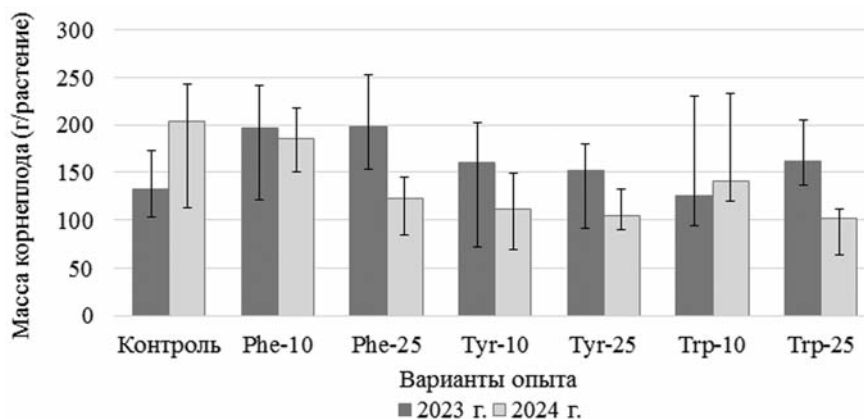


Рис. 3. Масса корнеплода (г/растение) в 2023-2024 годах (Me±Q1-Q3)  
Fig. 3. Root weight (g/plant) in 2023-2024 (Me±Q1-Q3)

Таблица 4. Коэффициент вариации (%) показателей цикория обыкновенного в 2023-2024 годах  
Table 4. Coefficient of variation (%) of common chicory parameters in 2023-2024

	Продуктивность надземной части			Масса корнеплода		
	2023 год	2024 год	разница	2023 год	2024 год	разница
Контроль	31	34	3	47	61	14
Phe-10	36	42	6	47	44	3
Phe-25	35	50	15	39	38	1
Tyr-10	25	38	13	58	41	17
Tyr-25	28	32	4	55	53	2
Trp-10	30	47	17	63	45	18
Trp-25	31	52	21	53	48	5
среднее	31	42	-	52	47	-

приятных для развития растений условиях в вариантах с аминокислотами несколько снижается изменчивость массы корнеплода и повышается изменчивость продуктивности надземной части. При этом не происходит значимого увеличения значений данных параметров.

### Заключение

Использование представленных аминокислот в

качестве некорневой обработки позволяет повысить содержание биологически активных соединений в листьях цикория обыкновенного, однако не оказывает выраженного действия на продуктивность растений. Предпочтительно применение растворов аминокислот в меньшей концентрации – 10 мг/л. На эффективность данного приема значительное влияние оказывают метеорологические условия.

### Литература / References

- Acuna I., Andrade-Piedra J., Andrivon D., Armengol J., Arnold A.E. et al. A global assessment of the state of plant health. *Plant Disease*. 2023;107(12):3649-3665. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-23-0166-FE>
- dos Santos T.B., Ribas A.F., de Souza S.G.H., Budzinski I.G.F., Domingues D.S. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: a review. *Stresses*. 2022;2(1):113-135. <https://doi.org/10.3390/stresses2010009>
- Oyebamiji Y.O., Adigun B.A., Shamsudin N.A.A., Ikmal A.M., Salisu M.A., Malike F.A., Lateef A.A. Recent advancements in mitigating abiotic stresses in crops. *Horticulturae*. 2024;10(2):156. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020156>
- Kumari M., Swarupa P., Kesari K.K., Kumar A. Microbial inoculants as plant biostimulants: a review on risk status. *Life*. 2023;13(1):12. <https://doi.org/10.3390/life13010012>
- Ukolova A.Yu., Kuznetsova M.A. Use of biological and chemical fungicides and biostimulators for potato protection against early and late blights. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(3):83-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-83-89> <https://elibrary.ru/wbultc>
- Singh M., Subahan G.M., Sharma S., Singh G., Sharma N., Sharma U., Kumar V. Enhancing horticultural sustainability in the face of climate change: harnessing biostimulants for environmental stress alleviation in crops. *Stresses*. 2025;5(1):23. <https://doi.org/10.3390/stresses5010023>
- Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Scientific substantiation of agrotechnical methods of cultivation of onions on sandy soils. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):52-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-52-57> <https://elibrary.ru/jzcpel>
- Markarova A.E., Markarova M.Yu., Nadezhkin S.M. The influence of biostimulations on the yield and quality of Brassica oleracea hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):98-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105> <https://elibrary.ru/bcslbj>
- Yan G., Shi Y., Mu C., Wang J. Differences in organic solute and metabolites of *Leymus chinensis* in response to different intensities of salt and alkali stress. *Plants*. 2023;12(9):1916. <https://doi.org/10.3390/plants12091916>
- Saeed W., Mubeen S., Pan J., Rehman M., Fang W., Luo D., Liu P., Li Y., Chen P. Integrated physiological and metabolomics responses reveal mechanisms of Cd tolerance and detoxification in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under Cd stress. *Frontiers in Plant Science*. 2024;15:1332426. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1332426>
- Mehari T.G., Tang J., Gu H., Fang H., Han J., Zheng J., Liu F., Wang K., Yao D., Wang B. Insights into the role of GhTAT2 genes in tyrosine metabolism and drought stress tolerance in cotton.

- International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(3):1355. <https://doi.org/10.3390/ijms26031355>
12. Trovato M., Funck D., Forlani G., Okumoto S., Amir R. Amino acids in plants: regulation and functions in development and stress defense. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.772810>
13. Deveikyte J., Blynstrubienė A., Burbulis N. Amino acids as biostimulants: effects on growth, chlorophyll content, and antioxidant activity in *Ocimum basilicum* L. *Agriculture*. 2025;15(14):1496. <https://doi.org/10.3390/agriculture15141496>
14. Tarasevičienė Ž., Velička A., Paulauskienė A. Impact of foliar application of amino acids on total phenols, phenolic acids content of different mints varieties under the field condition. *Plants*. 2021;10(3):599. <https://doi.org/10.3390/plants10030599>
15. Oosalo A.A., Naseri L., Alirezalu A., Darvishzadeh R., Ebrahimi S.N. Exogenous phenylalanine application effects on phytochemicals, antioxidant activity, HPLC profiling, and PAL and CHS genes expression in table grapes (*Vitis vinifera* cv. 'Qzl Ouzum'). *BMC Plant Biology*. 2024;24:1216. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05934-4>
16. Atteya A.K.G., Serafy El-R.S., El-Zabalawy K.M., Elhakem A., Genaidy E.A.E. Exogenously supplemented proline and phenylalanine improve growth, productivity, and oil composition of salted moringa by up-regulating osmoprotectants and stimulating antioxidant machinery. *Plants*. 2022;11(12):1553. <https://doi.org/10.3390/plants11121553>
17. Sadak M.S., Bakry B.A., Abdel-Razik T.M., Hanafy R.S. Amino acids foliar application for maximizing growth, productivity and quality of peanut grown under sandy soil. *Brazilian Journal of Biology*. 2023;83:e256338. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256338>
18. Talaat I.M., Khattab H.I., Ahmed A.M. Changes in growth, hormones levels and essential oil content of *Ammi visnaga* L. plants treated with some bioregulators. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014;21:355-365. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.10.008>
19. Turfan N., Kibar B., Davletova N., Kibar H. Ameliorative effects of humic acid and L-tryptophan on enzyme activity, mineral content, biochemical properties, and plant growth of spinach cultivated in saline conditions. *Food Science and Nutrition*. 2024;12:8324-8339. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4435>
20. Tahoun A.M.M.A., El-Enin M.M.A., Mancy A.G., Sheta M.H., Shaaban A. Integrative soil application of humic acid and foliar plant growth stimulants improves soil properties and wheat yield and quality in nutrient poor sandy soil of a semiarid region. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2022;22:2857-2871. <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00851-7>
21. Fouda S.E.E., El-Saadony F.M.A., Saad A.M., Sayed S.M., El-Sharnouby M., El-Tahan A.M., El-Saadony M.T. Improving growth and productivity of faba bean (*Vicia faba* L.) using chitosan, tryptophan, and potassium silicate anti-transpirants under different irrigation regimes. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29:955-962. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.007>
22. Velička A., Tarasevičienė Ž., Hallmann E., Kieltyka-Dadasiewicz A. Impact of foliar application of amino acids on essential oil content, odor profile, and flavonoid content of different mint varieties in field conditions. *Plants*. 2022;11(21):2938. <https://doi.org/10.3390/plants11212938>
23. Das D., Kashtho H., Panda J., Rustagi S., Mohanta Y.K., Singh N., Baek K.-H. From hormones to harvests: a pathway to strengthening plant resilience for achieving sustainable development goals. *Plants*. 2025;14(15):2322. <https://doi.org/10.3390/plants14152322>
24. Mavrina P.O., Saybel O.L., Malankina E.L. Possibilities of using leaves cultivated chicory (*Cichorium intybus* L.) as a medicinal plant material (review). *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):105-110. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110> <https://elibrary.ru/aqtnmh>
25. Rambaud C., Croy M., Choque E. The great diversity of products from *Cichorium intybus* L. culture: how to valorize chicory byproducts: a review. *Discover Plants*. 2025;2:107. <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00195-3>
26. Al-Haliem S.M., Mohammed M.J., Abedelmaksoud T.G., Hesarinejad M.A., Baioumy A.A. Chicory (*Cichorium intybus*) leaves extract: phenolic composition, antibacterial activity, and antioxidant capacity assessment. *Food Science and Nutrition*. 2025;13(7):e70550. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70550>
27. Lee J., Scagel C.F. Chicoric acid: chemistry, distribution, and production. *Frontiers in Chemistry*. 2013;1. <https://doi.org/10.3389/fchem.2013.00040>
28. Rao M.J., Zheng B. The role of polyphenols in abiotic stress tolerance and their antioxidant properties to scavenge reactive oxygen species and free radicals. *Antioxidants*. 2025;14(1):74. <https://doi.org/10.3390/antiox14010074>
29. Salam U., Ullah S., Tang Z.-H., Elateeq, A.A., Khan, Y., Khan J., Khan A., Ali S. Plant metabolomics: an overview of the role of primary and secondary metabolites against different environmental stress factors. *Life*. 2023;13(3):706. <https://doi.org/10.3390/life13030706>
30. Rao M.J., Duan M., Zhou C., Jiao J., Cheng P., Yang L., Wei W., Shen Q., Ji P., Yang Y. et al. Antioxidant defense system in plants: reactive oxygen species production, signaling, and scavenging during abiotic stress-induced oxidative damage. *Horticulturae*. 2025;11(5):477. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11050477>
31. Sinkovič L., Demšar L., Žnidarič D., Vidrih R., Hribar J., Treutter D. Phenolic profiles in leaves of chicory cultivars (*Cichorium intybus* L.) as influenced by organic and mineral fertilizers. *Food Chemistry*. 2015;166:507-513. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.024>
32. Paglialonga G., Proietti S., Cardarelli M., Moscatello S., Colla G., Battistelli A. Chicory taproot production: effects of biostimulants under partial or full controlled environmental conditions. *Agronomy*. 2022;12(11):2816. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112816>
33. Saybel O.L., Dargaeva T.D., Tsitsilin A.N., Dul V.N. Development of technique for quantitative determination of total phenolic compounds in the *Cichorium intybus* L. herbs. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2016;(6):20-24. (In Russ.) <https://elibrary.ru/whptzv>
34. Glantz S. Primer of biostatistics. 4th ed. Moscow. Praktika; 1998. (In Russ.)
35. Strasburger E. Text-book of botany. M.: Publishing center "Academy", 2008. Vol. 2. Plant physiology. P. 191. (In Russ.)
36. Kisa D., Imamoglu R., Genc N., Sahin S., Qayyum M.A., Elmastas M. The interactive effect of aromatic amino acid composition on the accumulation of phenolic compounds and the expression of biosynthesis-related genes in *Ocimum basilicum*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2021;27:2057-2069. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01068-1>
37. Haghighi M., Sadeghabad A.B., Abolghasemi R. Effect of exogenous amino acids application on the biochemical, antioxidant, and nutritional value of some leafy cabbage cultivars. *Scientific Reports*. 2022;12:17720. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21273-6>
38. Matysiak K., Kierzek R., Siatkowski I., Kowalska J., Krawczyk R., Miziniak W. Effect of exogenous application of amino acids L-arginine and glycine on maize under temperature stress. *Agronomy*. 2020;10(6):769. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060769>
39. Rosa R., Franczuk J., Zaniewicz-Bajkowska A., Remiszewski K., Dydiv I. Effect of L-glycine on the growth and selected nutritional elements of butterhead lettuce. *Journal of Ecological Engineering*. 2022;23(7):20-28. <https://doi.org/10.12911/22998993/149861>
40. Mavrina P.O., Adamov G.V., Malankina E.L. Effect of alanine on accumulation of phenolic compounds in the leaves of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(5):62-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-62-67> <https://elibrary.ru/wuhrqe>

**Об авторе:**

**Полина Олегоана Маврина** – младший научный сотрудник отдела химии и технологии природных соединений, <https://orcid.org/0000-0002-8559-8771>, SPIN-код: 7119-8667, [mavrina.vilarnii@yandex.ru](mailto:mavrina.vilarnii@yandex.ru)

**About the Author:**

**Polina O. Mavrina** – Junior Researcher, Department of Chemistry and Technology of Natural Compounds, <https://orcid.org/0000-0002-8559-8771>, SPIN-code: 7119-8667, [mavrina.vilarnii@yandex.ru](mailto:mavrina.vilarnii@yandex.ru)