

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-62-67>
УДК 635.54:577.112.3

П.О. Маврина*, Г.В. Адамов,
Е.Л. Маланкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений» (ФГБНУ ВИЛАР)
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

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

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов при написании данной работы.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в анализе материалов, планировании и проведении экспериментов, написании текста статьи и формировании выводов

Для цитирования: Маврина П.О., Адамов Г.В., Маланкина Е.Л. Изучение влияния аланина на накопление фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Овощи России*. 2023;(5):62-67.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-62-67>

Поступила в редакцию: 05.07.2023
Принята к печати: 29.08.2023
Опубликована: 29.09.2023

Polina O. Mavrina*,
Grigoriy V. Adamov, Elena L. Malankina

All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants
7, Grina street, Moscow, Russia, 117216

*Correspondence: mavrina.vilarnii@yandex.ru

Authors' Contribution: All authors participated in the analysis of materials, planning and conducting experiments, writing the text of the article and forming conclusions

Conflict of interest: The authors declare that there are no conflicts of interest

For citation: 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>

Received: 05.07.2023
Accepted for publication: 29.08.2023
Published: 29.09.2023

Изучение влияния аланина на накопление фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.)



Резюме

Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) является перспективным источником получения сырья для нужд как пищевой (корни), так и фармацевтической промышленности (листья). Одним из способов увеличения содержания биологически активных соединений в лекарственном растительном сырье является использование различных стимуляторов роста, к которым относятся аминокислоты. В статье приведены результаты экспериментального исследования, проводившегося в 2021-2022 годов по изучению действия раствора L-аланина и рацемической смеси аланина (DL) на накопление и качественный состав фенольных соединений (ФС) в листьях цикория обыкновенного.

Было установлено, что применение аланина в разных концентрациях не оказало значительного влияния на увеличение содержания фенольных соединений, а также не повлияло на динамику их накопления. Применение растворов энантиомеров аланина не повлияло на качественный состав фенольных соединений, но привело к изменению соотношения гидроксикоричных кислот между собой. Установлено, что в течение вегетационного периода в листьях цикория изменяется процентное соотношение между основными фенольными соединениями – содержание хлорогеновой кислоты увеличивается пропорционально снижению цикориевой кислоты. Обработка L-аланином в концентрации 25 мг/л за период исследования на обоих сортах привела к наибольшему снижению содержания цикориевой кислоты по сравнению с другими вариантами. Отмечено, что общее содержание ФС выше в год с более теплой и засушливой погодой – в среднем на 0,7 %.

Ключевые слова: цикорий обыкновенный, фенольные соединения, аминокислоты, аланин

Effect of alanine on accumulation of phenolic compounds in the leaves of chicory (*Cichorium intybus* L.)

Abstract

Common chicory (*Cichorium intybus* L.) is a promising source of raw materials for both food (roots) and pharmaceutical industries (leaves). One of the ways to increase the biologically active compounds content in medicinal plant materials is the use of various growth stimulants, which include amino acids. The article presents the results of an experimental study conducted in 2021-2022 which study the effect of L-alanine and a racemic mixture of alanine (DL) on the accumulation and qualitative composition of phenolic compounds (PC) in the leaves of chicory.

Results. It was found that the use of alanine in different concentrations did not have a significant effect on the increase of phenolic compounds content, and also did not affect the on their accumulation dynamics. The use of alanine enantiomers did not affect the qualitative composition of phenolic compounds, but led to a change in the ratio of hydroxycinnamic acids to each other. It has been established that during the growing season the percentage ratio between the main phenolic compounds in chicory leaves changes - the content of chlorogenic acid increases in proportion to the decrease in chicory acid. Treatment with L-alanine at a concentration of 25 mg/l during the study period in both varieties led to the largest reduction in the content of chicory acid compared to others. It was noted that the total content of PC is higher in a year with warmer and more arid weather, it was higher on average by 0,7 %.

Keywords: common chicory, phenolic compounds, amino acids, alanine

Введение

Исследования последних лет показали, что аминокислоты могут оказывать значительное влияние, прямое или косвенное, на физиологические параметры растений в процессе их роста и развития. Использование аминокислот в процессе выращивания является эффективным способом улучшения качества растительной продукции, а также предотвращения его снижения при хранении. Экзогенное применение аминокислот на различных сельскохозяйственных культурах способствовало увеличению урожайности, вегетативной массы, повышению содержания основных элементов питания в растениях [1, 2]. Аминокислоты являются не только строительным материалом в процессе биосинтеза белков, но и выполняют регуляторные функции в растении. В последние годы большое значение в сельском хозяйстве приобретают хелатные комплексы аминокислот с микроэлементами, наиболее перспективными в данном направлении являются глицин и аланин, поскольку они имеют небольшую молекулярную массу, образуют стабильные хелатные комплексы и используются растением во многих биосинтетических процессах, положительно влияющих на урожайность. Показано, что аминокислоты действуют как осмолиты, в связи с чем играют важную роль в открытии устьиц, повышении активности некоторых антиоксидантных ферментов, сохранении целостности биомембран, а также транспорте ионов [3, 4]. Выявлено положительное действие L-аланина на ризогенез у мяты перечной [5]. Показано, что внекорневое применение растворов индивидуальных аминокислот или их смеси на растениях, находящихся в условиях теплового, вододефицитного или солевого стресса, обеспечивало улучшение физиологических характеристик растений по сравнению с контролем, что, в свою очередь, способствовало увеличению урожайности и биохимических показателей получаемой продукции [6]. Вода с растворенными в ней действующими веществами поглощается с поверхности листьев через устьица и кутикулу, попадая через межклеточное пространство в проводящую систему растения [7]. Аминокислоты хорошо растворимы в воде, при поступлении в растение они не только принимают участие в метаболизме, но и выполняют защитную функцию в условиях абиотического стресса, который, в свою очередь, влияет на накопление вторичных метаболитов [8].

Таким образом, использование аминокислот и препаратов на их основе в качестве некорневой обработки на плантациях лекарственных растений является перспективным направлением исследований. Использование аминокислот в качестве дополнения к основному внесению элементов питания, в частности на критических

стадиях развития растений, может способствовать повышению устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим факторам. В связи с этим представляет интерес изучение влияния обработок различными аминокислотами на количественное содержание биологически активных соединений, динамику их накопления и качественный состав.

Цикорий обыкновенный – техническая культура, корни которой используются для получения инулина и производства кофезаменителей, а также различных функциональных пищевых продуктов и биологически активных добавок. При этом, надземная часть данного растения представляет интерес для изучения в качестве лекарственного растительного сырья в перспективе разработки на её основе препаратов гепатопротекторного и иммуномодулирующего действия [9, 10].

Цель данного исследования заключается в сравнительном изучении воздействия рацемической смеси и левовращающего изомера аланина на накопление вторичных метаболитов (фенольных соединений) в листьях цикория обыкновенного.

Материалы и методы

Опыт проводили в 2021-2022 годах в опытном лекарственном севообороте лаборатории агробиологии ФГБНУ ВИЛАР. В течение периода проведения исследования (июнь-октябрь) ежедневно проводили учет среднесуточной температуры и количества осадков для определения значений гидротермического коэффициента. Расчет коэффициента проводили по формуле:

где R – сумма осадков за период с температурами выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\sum t$ – сумма температур за тот же период. Полученные данные приведены на рис. 1.

$$K = \frac{R \times 10}{\sum t}$$

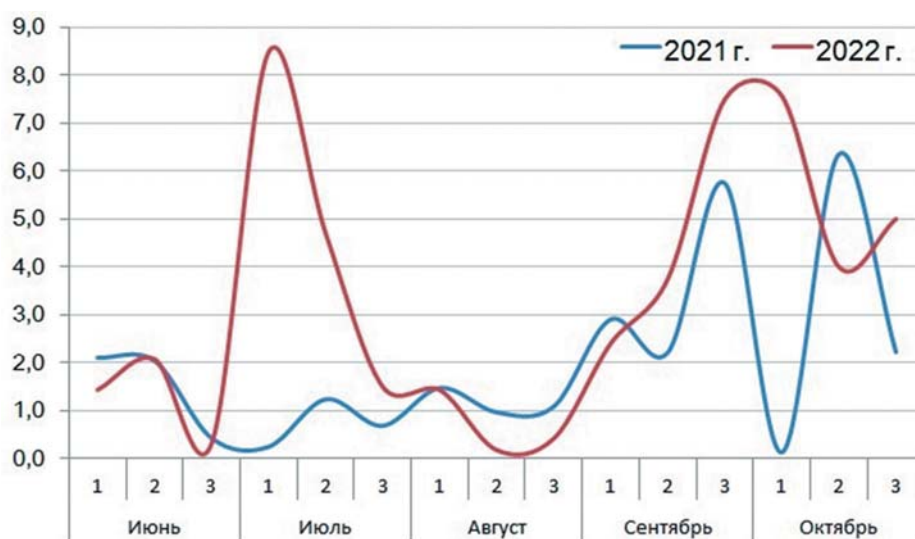


Рис. 1. Среднедекадные значения гидротермического коэффициента за период проведения исследования

Fig. 1. 10-days average values of the hydrothermal coefficient for the study period

Таблица 1. Схема опыта по изучению влияния аланина на содержание фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного
 Table 1. Scheme of experiment study the effect of alanine on the content of phenolic compounds in the leaves of common chicory

Год исследования: 2021 год 2022 год	Сорта: Ростовский, Ярославский-1	L-аланин	DL-аланин (рацемат)
		0 мг/л (контроль)	

В опыте использовались 2 сорта цикория обыкновенного – Ростовский и Ярославский-1. Растения цикория выращивали рассадным методом, 25-дневная рассада высаживалась в открытый грунт во 2 декаде июня. Схема посадки – 60×15 см. Через 20 дней проводили однократную некорневую обработку растворами аминокислот, в контрольном варианте использовали воду, схема опыта показана в таблице 1. Каждый вариант состоял из 3 повторностей по 15 растений. После обработки каждые 10 дней проводили отбор проб листьев, которые высушивали при температуре 35-38 °С. Отбирали неповреждённые вредителями и болезнями целые листья разного возраста – растущие и полностью сформированные. После высушивания пробы листьев каждого варианта измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0,5 мм. Измельченные пробы использовали для проведения дальнейшего анализа.

Количественное определение суммы фенольных соединений в пересчете на цикориевую кислоту проводили методом прямой спектрофотометрии по разработанной ФГБНУ ВИЛАР методике на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) [11]. Каждый образец анализировали в трех повторностях.

Качественный состав фенольных соединений определяли методом ВЭЖХ-УФ-МС/МС с использованием системы LCMC-8040 (Shimadzu, Япония), включающей ультраэффективный жидкостный хроматограф Nexera, тройной квадрупольный масс-спектрометр и диодно-матричный детектор. Идентификацию веществ проводили на основании анализа характеристик УФ- и масс-спектров, их сравнением с индивидуальными соединениями, ранее полученными в ФГБНУ ВИЛАР, а также сопоставлением с данными литературы.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 показан схематичный график динамики накопления фенольных соединений в листьях цикория обыкновенного за период проведения исследования. Как видно из рис. 2, в онтогенезе цикория присутствуют два периода накопления фенольных соединений (ФС) – летний и осенний, между ними происходит значительное снижение содержания ФС. Это связано с биологическими особенностями растения – поскольку цикорий является двулетним видом, в первый год вегетации в условиях Московской области в 3 декаде августа происходит закладка генеративных почек, что приводит к перераспределению пластических веществ и отражается на синтезе вторичных метаболитов.

Общее содержание ФС в 2022 году было ниже по сравнению с 2021 годом в среднем на 0,7%. Это обусловлено различием погодных условий в периоды активного прироста вегетативной массы растений (рис. 1). Так, в июле и в конце сентября – начале октября в 2022 году сумма осадков была значительно выше по сравнению с 2021 годом, а температура воздуха в указанные периоды была ниже. Было установлено, что применение аланина в разных концентрациях не оказало значительного влияния на увеличение содержания фенольных соединений (табл. 2), изменений в динамике их накопления отмечено не было.

На рисунках 3 и 4 приведены ВЭЖХ-хроматограммы (ВЭЖХ-УФ-ДМД) спиртовых извлечений из листьев цикория. Фенольный комплекс листьев культивируемого цикория представлен фенолкарбоновыми кислотами, флавоноидами и следовыми количествами оксикумаринов [12]. Для наглядности на хроматограммах показаны данные об образцах разных сортов, полученных в разные годы исследования, обработанных растворами с разной концентрацией аминокислоты.

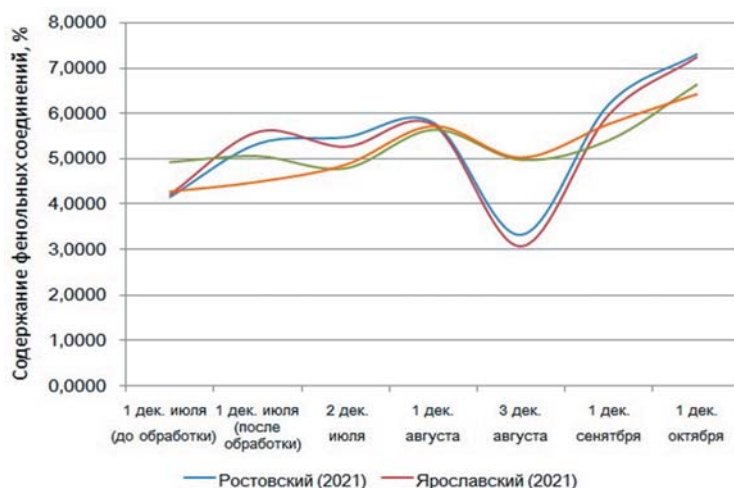


Рис. 2. Динамика накопления фенольных соединений в листьях двух сортов цикория обыкновенного в 2021-2022 годах

Fig. 2. Accumulation dynamics of phenolic compounds in the leaves of two varieties of common chicory in 2021-2022

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в листьях цикория в период их максимального накопления (1 декада октября)
 Table 2. Phenolic compounds content in chicory leaves during their maximum accumulation (1st decade of October)

Погодные условия года (фактор А)	Действующее вещество (д.в.) (фактор В)	Концентрация д.в. (фактор С)	Содержание суммы фенольных соединений, % (\bar{x})	
			сорт Ростовский	сорт Ярославский-1
А1 (2021)	В1 (L-аланин)	С1 - контроль	7,4481	7,5781
		С2 (10 мг/л)	7,0745	7,3780
		С3 (25 мг/л)	7,5660	7,1351
	В2 (DL-аланин)	С1 - контроль	7,4481	7,5781
		С2 (10 мг/л)	7,5398	6,9853
		С3 (25 мг/л)	7,1555	7,2571
А2 (2022)	В1 (L-аланин)	С1 - контроль	6,6308	6,4251
		С2 (10 мг/л)	6,5717	5,7793
		С3 (25 мг/л)	6,1851	6,2817
	В2 (DL-аланин)	С1 - контроль	6,6308	6,4251
		С2 (10 мг/л)	6,6230	6,3858
		С3 (25 мг/л)	6,4745	7,9165
НСР ₀₅ ABC			0,7156	0,5877

Было установлено, что применение растворов энантиомеров аланина не повлияло на качественный состав фенольных соединений, но привело к изменению соотношения гидроксикоричных кислот между собой (рис. 5). Различий по данным показателям между сортами цикория не обнаружено.

Как видно из рисунка 5, в 2021 году во всех вариантах по сравнению с контролем наблюдается увеличение содержания хлорогеновой кислоты за счет снижения цикориевой кислоты, при этом содержание кафтаровой кислоты и цикориина изменяется незначительно. В 2022 году подобное соотношение сохраняется только в вариантах с концентрацией аминокислоты 25 мг/л, тогда как варианты с 10 мг/л схожи по значениям с контролем. Как уже было сказано выше, погодные условия в период проведения исследования различались. Можно предположить, что при отсутствии стрессовых факторов, как в 2022 году, эффект от обработок возможен при использовании более высоких концентраций раствора аминокислоты (25 мг/л).

Цикориевая, хлорогеновая и кафтаровая кислоты являются основными фенольными соединениями в листьях цикория обыкновенного, на их долю приходится 50-60% общем профиле ФС. Данные соединения, а также

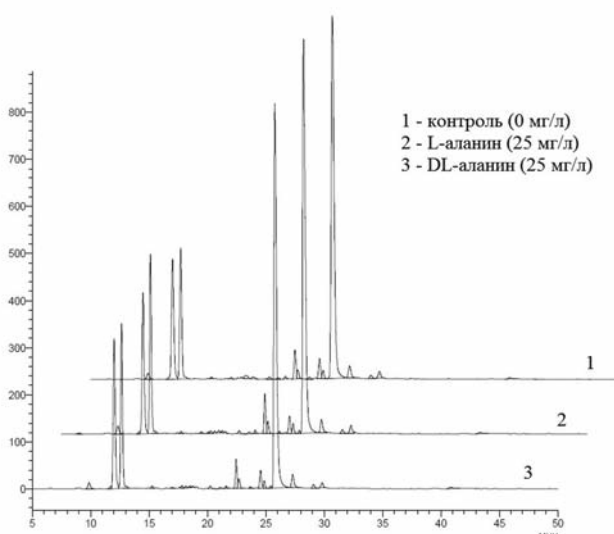


Рис. 3. ВЭЖХ-УФ-хроматограмма (330 нм) спиртовых извлечений из листьев цикория – сорт Ростовский, 2021 год
 Fig. 3. Chromatogram (330 nm) of alcohol extracts from chicory leaves - Rostovsky variety, 2021

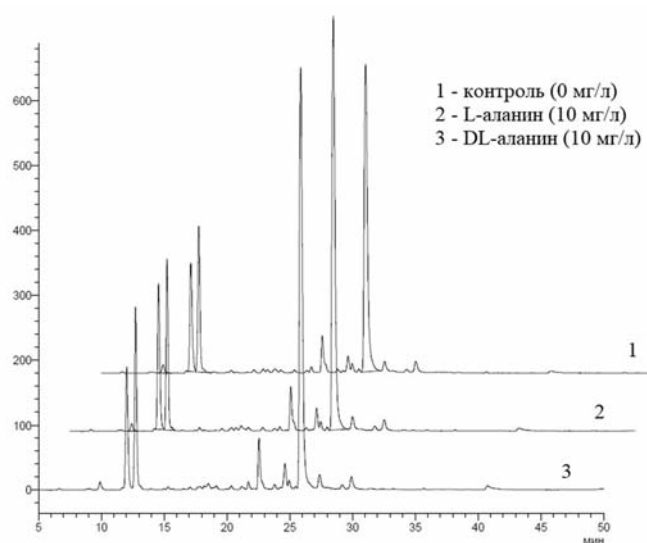


Рис. 4. ВЭЖХ-УФ-хроматограмма (330 нм) спиртовых извлечений из листьев цикория – сорт Ярославский-1, 2022 год
 Fig. 4. Chromatogram (330 nm) of alcohol extracts from chicory leaves – Yaroslavsky variety,

оксикумарин цикориин, который составляет 1-2% от общего содержания ФС, обуславливают фармакологическое действие субстанций, полученных из листьев цикория – гепатопротекторное, противовоспалительное, антиатеросклеротическое, иммуномодулирующее, антиоксидантное [13-16].

Установлено, что в течение вегетационного периода в листьях цикория изменяется процентное соотношение между основными фенольными соединениями (табл. 3). В начальный период роста (1 декада июля) отмечается высокое содержание цикориевой кислоты (> 80%), которое снижается к концу периода до 60-70%. Содержание хлорогеновой кислоты увеличивается пропорционально снижению цикориевой кислоты – с 9% до 20-30%. Содержание кафтаровой кислоты и цикориина изменяется незначительно. Данное соотношение в оба года исследования изменялось незначительно. В варианте с обработкой L-аланином в концентрации 25 мг/л за 2 года на обоих сортах было показано наибольшее снижение содержания цикориевой кислоты по сравнению с другими вариантами.

Хлорогеновая кислота является предшественником цикориевой [17] и, как видно из табл. 3, доля промежуточ-

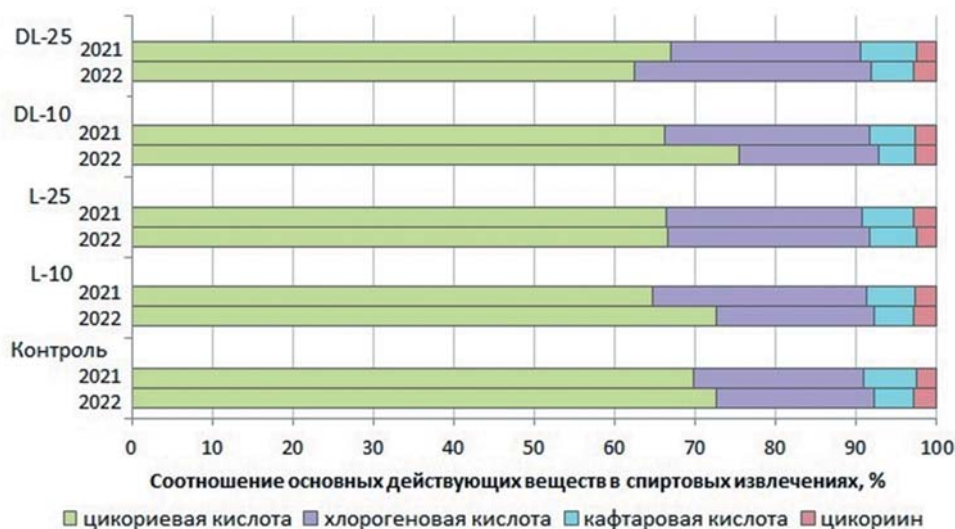


Рис. 5. Соотношение основных действующих веществ в спиртовых извлечениях из листьев цикория в разные годы исследования на примере сорта Ростовский
Fig. 5. The percentage of the main active ingredients in alcohol extracts from common chicory leaves in different years of the study on the example of the Rostovsky variety

Таблица 3. Соотношение основных фенольных соединений (%) в спиртовых извлечениях из листьев, отобранных в начале и конце вегетационного периода (2022 год)
Table 3. The ratio of the main phenolic compounds (%) in alcohol extracts from chicory leaves taken at the beginning and the end of growing season (2022)

Сорт Ростовский				
1 декада июля (до обработки)				
	Цикориевая кислота	Хлорогеновая кислота	Кафтаровая кислота	Цикориин
	84	9	6	2
1 декада октября				
Контроль	73	19	5	3
L-10	73	20	5	3
L-25	67	25	6	3
DL-10	75	17	5	3
DL-25	62	29	5	3
Сорт Ярославский-1				
1 декада июля (до обработки)				
	82	9	8	1
1 декада октября				
Контроль	69	23	6	2
L-10	66	25	6	3
L-25	59	33	6	3
DL-10	68	24	5	2
DL-25	71	20	6	3

ного продукта, то есть хлорогеновой кислоты увеличивается осенью, то есть идёт её активный биосинтез с задержкой в превращении в конечный продукт, т.е. цикориевую кислоту. Вероятно, это связано с тем, что в неблагоприятных условиях летней жары и осеннего похолодания увеличивается содержание суммы фенольных соединений, однако в зависимости от стрессового фактора накапливаются разные соединения.

Заключение

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что применение энантиомеров аланина в разных концентрациях не оказало значимого влияния на динамику накопления фенольных соединений и увеличение их содержания в листьях цикория обыкновенного. Отмечено, что в год с неблагоприятными погодными условиями (повышенная температура воздуха, дефицит осадков) общее содержание фенольных соединений было выше в среднем на 0,7%. Также было установлено, что использование энантиомеров аланина при-

вело к изменению соотношения гидроксикоричных кислот в спиртовых извлечениях из листьев цикория, но не повлияло на качественный состав фенольных соединений. В течение вегетационного периода в листьях цикория изменяется соотношение между фармакологически значимыми фенольными соединениями. Содержание хлорогеновой кислоты увеличивается пропорционально снижению цикориевой кислоты. Обработка L-аланином в концентрации 25 мг/л за период исследования на обоих сортах привела к наибольшему снижению содержания цикориевой кислоты по сравнению с другими вариантами. Таким образом, использование аланина при выращивании цикория с целью повышения содержания фенольных соединений не является рациональным агротехническим приемом. Однако дальнейшее изучение влияния других аминокислот на содержание биологически активных веществ и продуктивность растений цикория, безусловно, представляет интерес, и следует обратить внимание на фенилаланин, как предшественник фармакологических значимых соединений цикория.

Об авторах:

Полина Олеговна Маврина – м.н.с. отдела химии природных соединений, <https://orcid.org/0000-0002-8559-8771>, автор для переписки, mavrina.vilarnii@yandex.ru

Григорий Васильевич Адамов – в.н.с. лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции, <https://orcid.org/0000-0001-7347-175X>, grig.adamov@mail.ru

Елена Львовна Маланкина – доктор с.-х. наук, профессор, гл.н.с. лаборатории Ботанический сад, <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>, gandurina@mail.ru

About the Authors:

Polina O. Mavrina – Junior Researcher Department of Chemistry of Natural Compounds, <https://orcid.org/0000-0002-8559-8771>, Author for Correspondence, mavrina.vilarnii@yandex.ru

Grigoriy V. Adamov – Leading Researcher laboratories of atomic and molecular bioregulation and selection, <https://orcid.org/0000-0001-7347-175X>, grig.adamov@mail.ru

Elena L. Malankina – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher Laboratories Botanical Garden, <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>, gandurina@mail.ru

• Литература

1. Abdelhamid M.T., Sadak M., Schmidhalter U. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biológica Colombiana*, 2015;20(1):140-152. DOI: 10.15446/abc.v20n1.42865.
2. Samad A., Shaukat K., Ansari M., Nizar M., Zahra N. et al. Role of foliar spray of plant growth regulators in improving photosynthetic pigments and metabolites in *Plantago ovata* (Psyllium) under salt stress – A field appraisal. *BIOCELL*. 2023;47(3):523–532. DOI: 10.32604/biocell.2023.023704.
3. Петухов Д.В., Измest'ев Е.С., Сазанов А.В., Зайцев М.А., Товстик Е.В. Применение аминокислот и их хелатных комплексов с микроэлементами в питании растений (обзор). *Теоретическая и прикладная экология*. 2022;(1):167-174. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-1-167-174. EDN TGQXRF.
4. Haydon M.J., Cobbett C.S. Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *The New Phytologist*. 2007;174(3):499-506. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02051.x.
5. Маланкина Е.Л., Терехова В.И., Зуйкова Е.Ю. Разработка технологических приемов размножения мяты перечной для органической культуры. *Вестник КрасГАУ*. 2022;3(180):10-16. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-10-16. EDN SZQRVJ.
6. Khalesi A., Mousavi Mirkalaeia S.A., Modarres Sanavy S.A.M. et al. Effect of foliar application of amino acids on grain yield and physiological traits of chickpea under drought stress. *Gesunde Pflanzen*. 2023. DOI: 10.1007/s10343-022-00821-0.
7. Berry Z.C., Emery N.C., Gotsch S.G., Goldsmith G.R. Foliar water uptake: Processes, pathways, and integration into plant water budgets. *Plant. Cell & Environment*. 2019;42(2):410–423. DOI: 10.1111/pce.13439.
8. Malankina E., Potschuev P., Malankin G., Zaitchik B., Ruzhitskiy A. Amino Acids for Medicinal Plants of the Umbellifer Family (Apiaceae). *Zeitschrift fur Arznei- und Gewurzpflanzen*. 2022.
9. Маврина П.О., Сайбель О.Л., Маланкина Е.Л. Возможности использования листьев культивируемого цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) в качестве лекарственного растительного сырья (обзор). *Овощи России*. 2021;(4):105-110. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110>. EDN AQTNMH.
10. Сайбель О.Л., Радимич А.И., Даргаева Т.Д., Маврина П.О. Вторичное сырье цикория и топинамбура – источник получения фенольных соединений. *Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты / Сборник материалов XI Международного симпозиума*. 2022. С.212.
11. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Цицилин А.Н., Дул В.Н. Разработка методики количественного анализа биологически активных веществ и оценка динамики их накопления в зависимости от фазы вегетации Цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2016;19(6):20-24. URL: <https://bmpcjournal.ru/sites/default/files/private/bmfc-2016-06-05.pdf> (дата обращения: 23.06.2023).
12. Сайбель О.Л., Радимич А.И., Адамов Г.В., Даргаева Т.Д., Фадеев Н.Б., Зеленков В.Н., Лапин А.А. Химический состав фракций надземной части культивируемого цикория обыкновенного и их антиоксидантная активность. *Химия растительного сырья*. 2021;(4):165-173. DOI: 10.14258/jcprp.2021049316. EDN JZOTGD.
13. Tsai K.L., Kao C.L., Hung C.H., Cheng Y.H., Lin H.C., Chu P.M. Chicoric acid is a potent anti-atherosclerotic ingredient by anti-oxidant action and anti-inflammation capacity. *Oncotarget*, 2017;8(18):29600–29612. DOI: 10.18632/oncotarget.16768.
14. Adem Ş., Eypuglu V., Sarfraz I., Rasul A., Zahoor A.F., Ali M., Abdalla M., Ibrahim I.M., Elfiky A.A. Caffeic acid derivatives (CAFDs) as inhibitors of SARS-CoV-2: CAFDs-based functional foods as a potential alternative approach to combat COVID-19. *Phytomedicine*. 2020. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153310.
15. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А. Изучение желчонной и гепатопротекторной активности травы цикория обыкновенного. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015;10(5):70-73. EDN VRFLJ.
16. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А., Петрова И.В., Фархутдинов Р.Р. Оценка антиоксидантной активности травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2017; T.2.2(114):85-88. DOI: 10.12737/article_59a614fcd18c42.95236968. EDN YMRKIN.
17. Yang M., Wu C., Zhang T., Shi L., Li J., Liang H., Lv X., Jing F., Qin L., Zhao T., Wang C., Liu G., Feng S., Li F. Chicoric Acid: Natural Occurrence, Chemical Synthesis, Biosynthesis, and Their Bioactive Effects. *Frontiers in Chemistry*. 2022. DOI: 10.3389/fchem.2022.888673.

• References

1. Abdelhamid M.T., Sadak M., Schmidhalter U. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biológica Colombiana*, 2015;20(1):140-152. DOI: 10.15446/abc.v20n1.42865.
2. Samad A., Shaukat K., Ansari M., Nizar M., Zahra N. et al. Role of foliar spray of plant growth regulators in improving photosynthetic pigments and metabolites in *Plantago ovata* (Psyllium) under salt stress – A field appraisal. *BIOCELL*. 2023;47(3):523–532. DOI: 10.32604/biocell.2023.023704.
3. Petukhov D.V., Izmet'ev E.S., Sazanov A.V., Zaitsev M.A., Tovstik E.V. The use of amino acids and their chelate complexes with trace elements in plant nutrition (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(1):167-174. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-1-167-174. EDN TGQXRF. (In Russ.)
4. Haydon M.J., Cobbett C.S. Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *The New Phytologist*. 2007;174(3):499-506. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02051.x.
5. Malankina E.L., Terechova V.I., Zujkova E.Yu. [Peppermint propagation technology development for organic culture]. *Bulliten KSAU*. 2022;3(180):10-16. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-10-16. EDN SZQRVJ. (In Russ.)
6. Khalesi A., Mousavi Mirkalaeia S.A., Modarres Sanavy S.A.M. et al. Effect of foliar application of amino acids on grain yield and physiological traits of chickpea under drought stress. *Gesunde Pflanzen*. 2023. DOI: 10.1007/s10343-022-00821-0.
7. Berry Z.C., Emery N.C., Gotsch S.G., Goldsmith G.R. Foliar water uptake: Processes, pathways, and integration into plant water budgets. *Plant. Cell & Environment*. 2019;42(2):410–423. DOI: 10.1111/pce.13439.
8. Malankina E., Potschuev P., Malankin G., Zaitchik B., Ruzhitskiy A. Amino Acids for Medicinal Plants of the Umbellifer Family (Apiaceae). *Zeitschrift fur Arznei- und Gewurzpflanzen*. 2022.
9. 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>. EDN AQTNMH.
10. Saybel O.L., Radimich A.I., Dargaeva T.D., Mavrina P.O. [Secondary raw materials of chicory and topinambur - a source of phenolic compounds]. *Phenolic compounds: fundamental and applied aspects*. 2022. (In Russ.)
11. Saibel O.L., Dargaeva T.D., Tsitsilin A.N., Dul V.N. [Development of a method of quantitative analysis of biologically active substances and assessment of accumulation dynamics depending on vegetation phase of common chicory (*Cichorium intybus* L.)]. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2016;19(6):20-24. URL: <https://bmpcjournal.ru/sites/default/files/private/bmfc-2016-06-05.pdf> (In Russ.)
12. Saybel O.L., Radimich A.I., Adamov G.V., Dargaeva T.D., Fadeev N.B., Zelenkov V.N., Lapin A.A. The chemical composition of the fractions of the aerial part of cultivated chicory and their anti-oxidant activity. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2021;(4):165-173. DOI: 10.14258/jcprp.2021049316. EDN JZOTGD. (in Russ.)
13. Tsai K.L., Kao C.L., Hung C.H., Cheng Y.H., Lin H.C., Chu P.M. Chicoric acid is a potent anti-atherosclerotic ingredient by anti-oxidant action and anti-inflammation capacity. *Oncotarget*, 2017;8(18):29600–29612. DOI: 10.18632/oncotarget.16768.
14. Adem Ş., Eypuglu V., Sarfraz I., Rasul A., Zahoor A.F., Ali M., Abdalla M., Ibrahim I.M., Elfiky A.A. Caffeic acid derivatives (CAFDs) as inhibitors of SARS-CoV-2: CAFDs-based functional foods as a potential alternative approach to combat COVID-19. *Phytomedicine*. 2020. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153310.
15. Saybel O.L., Dargaeva T.D., Pupykina K.A. The study of choleric and hepatoprotective activity of *Cichorium intybus* L. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2015;10(5):70-73. EDN VRFLJ. (In Russ.)
16. Saybel O.L., Dargaeva T.D., Pupykina K.A., Petrova I.V., Farkhutdinov R.R. Assessment of antioxidant activity of witloof chicory herb (*Cichorium intybus* L.). *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2017; T.2.2(114):85-88. DOI: 10.12737/article_59a614fcd18c42.95236968. EDN YMRKIN. (In Russ.)
17. Yang M., Wu C., Zhang T., Shi L., Li J., Liang H., Lv X., Jing F., Qin L., Zhao T., Wang C., Liu G., Feng S., Li F. Chicoric Acid: Natural Occurrence, Chemical Synthesis, Biosynthesis, and Their Bioactive Effects. *Frontiers in Chemistry*. 2022. DOI: 10.3389/fchem.2022.888673.