

УДК 635.54:581.19
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-80-86>

Голубкина Н.А.¹, Шевченко Ю.П.¹,
 Харченко В.А.¹, Кошелева О.В.²,
 Солдатенко А.В.¹

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр
 овощеводства»
 143072, Россия, Московская обл., Одинцовский
 район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
 E-mail: segolubkina45@gmail.com, kharchenkovik-
 tor777@gmail.com, alex-soldat@mail.ru
² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
 питания и биотехнологии»
 109240, Россия, Москва Устьинский пр, 2/14
 E-mail: ok-ion-vit@yandex.ru

Ключевые слова: цикорий салатный, селен, анти-
 оксиданты, элементный состав.

Конфликт интересов: Авторы заявляют
 об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Голубкина Н.А., Шевченко Ю.П.,
 Харченко В.А., Кошелева О.В., Солдатенко А.В.
 БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЭЛЕМЕНТ-
 НЫЙ СОСТАВ ЦИКОРИЯ САЛАТНОГО (*CICHORIUM*
INTYBUS L.) СОРТ КОНУС. Овощи России.
 2019;(3):80-86. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-80-86>

Поступила в редакцию: 20.05.2019
Опубликована: 25.06.2019

Nadezhda A. Golubkina¹, Jury P. Shevchenko¹,
 Viktor A. Kharchenko¹, Olga V. Kosheleva²,
 Alexey V. Soldatenko¹

¹ FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
 Selectionnaya str., 14, p. VNISSOK,
 Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072
 E-mail: segolubkina45@gmail.com, kharchenkovik-
 tor777@gmail.com, alex-soldat@mail.ru
² FSBSI "Federal Research Center
 for Nutrition and Biotechnology"
 109240, Russia, Moscow, Ustinsky Pr, 2/14
 E-mail: ok-ion-vit@yandex.ru

Keywords: *Cichorium intybus* L., selenium,
 antioxidants, element composition

Conflict of interest: The authors declare
 no conflict of interest.

For citation: Golubkina N.A., Shevchenko Ju.P.,
 Kharchenko V.A., Kosheleva O.V., Soldatenko A.V. BIO-
 CHEMICAL CHARACTERISTIC AND ELEMENT COMPOSI-
 TION OF CICHORIUM INTYBUS, KONUS CULTIVAR.
 Vegetable crops of Russia. 2019;(3):80-86 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-80-86>

Received: 20.05.2019
Accepted: 25.06.2019

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЦИКОРИЯ САЛАТНОГО (*CICHORIUM INTYBUS* L.) СОРТ КОНУС



Цикорий широко распространен во многих странах мира благодаря высокой пищевой и фармакологической ценности. Возможность выгонки цикория зимой обеспечивает быстрое получение салатных кочанчиков, пищевая ценность которых оценена недостаточно. Изучено содержание сахаров, водорастворимых соединений и антиоксидантов в корнеплодах, листьях и кочерыге цикория салатного сорт Конус, а также впервые проведен полный элементный анализ листьев и корнеплодов с использованием метода ИСП-МС. Установлено, что наибольшее количество водорастворимых веществ и аскорбиновой кислоты накапливается в кочерыге, а полифенолов – в листьях. Антиоксидантная активность спиртовых экстрактов была максимальной в листьях и не различалась между корнеплодом и кочерыгой. Впервые показана гипераккумулирующая способность сорта Конус в отношении селена, благодаря чему концентрации микроэлемента в корнеплодах достигают 2800 мкг/кг с.м., а в листьях – 3800 мкг/кг с.м. Выявлено, что исследуемый сорт отличается также значительным накоплением хрома, марганца, молибдена и железа. Показано неравномерное распределение элементов между корнеплодами и листьями, за исключением Al, As и Si. Установлено существование интенсивного транспорта Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Se и Zn из корнеплодов к листьям и замедленный отток к листьям: B, Cd, Co, Li, Sn, Sr, V и особенно Na. Потребление 100 г свежих листьев салатного цикория обеспечивает поступление в организм человека 22% суточной потребности в селене, 91% – в хrome, 15% – в молибдене, 14% – в железе и 12% – в марганце. Результаты предполагают перспективность производства салатного цикория сорт Конус в качестве функционального продукта, способного оптимизировать потребление человеком селена и хрома.

BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC AND ELEMENT COMPOSITION OF *CICHORIUM INTYBUS*, KONUS CULTIVAR

Chicory is widely cultivated in many countries of the world due to high nutritional and pharmacological value. The possibility of chicory forcing in winter provides quick production of salad heads, which biochemical characteristics are not fully described. Concentration of sugars, water soluble compounds and antioxidants in roots, leaves and stumps of salad C.intybus Konus cv are studied. Element composition of roots and leaves is obtained using ICP-MS method. The highest amount of water soluble compounds and ascorbic acid was indicated in stumps, while the highest polyphenol concentration was demonstrated in leaves. Antioxidant activity of alcoholic extracts reached maximum in leaves and did not differ between roots and stumps. The ability of Konus variety to hyperaccumulate selenium was revealed for the first time: selenium concentration reached 2800 mcg/kg d.w. in roots and 3800 mcg/kg d.w. in leaves. Konus cv was characterized also by high accumulation of chromium, manganese, molybdenum and iron. Uneven distribution of elements between roots and leaves are demonstrated for all elements except Al, As and Si. Intensive root-leaves transport was revealed for Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Se and Zn and decreased root-leaves flow for B, Cd, Co, Li, Sn, Sr, V and especially Na. One hundred g of fresh leaves provides 22% of the daily adequate consumption levels for Se, 91% for Cr, 15% for Mo, 14% for Fe and 12% for Mn. The results suppose high prospects of C.intybus Konus cv as a functional food, capable to optimize the human Se and Cr status.

1. Введение

Цикорий распространен практически по всему земному шару благодаря высокой пищевой и фармацевтической ценности (Roustakhiz and Majnabadi, 2017). Листья и корнеплоды используются свежими или после кулинарной обработки, корнеплоды применяют для приготовления «кофейного» напитка. Съедобными являются все части растения: корнеплоды, листья, соцветия и стебли и их в виде высушенного порошка применяют в фитотерапии различных заболеваний. Цикорий легко выращивается и обычно культивируется для производства инулина из листьев или корней. Корнеплод этого растения запасает инулин с высоким содержанием фруктозы (до 94%). Это растение используется также в салатах в течение всего года и обладает значительным количеством преимуществ, таких как низкая калорийность и способность регулировать кишечную микрофлору. Кроме того, после сбора урожая зеленые листья удаляют, а корнеплод хранят в прохладном месте, а потом переносят в тепло и в условиях повышенной влажности в темноте осуществляют выгонку кочанчиков цикория. Более того, это растение хорошо переносит транспортировку. Цикорий очень популярен в Европейских странах и особенно в Словении и на севере Италии. Внекорневое и аэропное обогащение селеном цикория также выявило хорошую способность накапливать растением селен независимо от используемой температуры и фазы развития (Stibilj et al, 2011).

Кумарины корнеплодов используют для защиты кожи (Bais et al., 2001). Листья применяют в виде настойки при анемии и расстройствах ЖКТ. Цветы используют в качестве желчегонного средства. Цикорий применяют в традиционной медицине для лечения различных заболеваний, включая повышенный уровень сахара в крови (Mares et al., 2005; Muthusamy et al., 2008; Kamel et al., 2011). В традиционной индийской медицине аювердический тоник, приготовленный из цикория, использовали для лечения лихорадки, диареи, увеличенной селезенке. Экстракт листьев широко применяли в лечении желтухи, увеличенной печени, подагре и ревматизме (Pushparaj et al., 2007). Современные исследования подтвердили антидиабетическое,

антигипергликемическое, ранозаживляющее и антиоксидантное действие цикория (Innocenti et al., 2005; Abozid, 2010. Pushparaj et al., 2007), а также противовоспалительное, противорвотное, спазмолитическое, гепатопротекторное, гипогликемическое, диуретическое, гиполипидемическое, иммуномодулирующее (Ahmed et al., 2003, Jamshidzadel et al, 2006; Mulabagal et al., 2009, Singh and Chahal, 2018) свойства. Широкий спектр биологического действия является следствием богатого биохимического состава, включающего алкалоиды, инулин, сесквитерпеновые лактоны, кумарины, витамины, хлорофилл, ненасыщенные стеролы, флавоноиды, сапонины, танины, органические кислоты и полифенолы, присутствующие во всех частях растения. Показано, что метанольный экстракт листьев цикория проявляет антибактериальную активность против кишечных бактерий (Tursunay et al., 2009; Nandagopal and Kumari, 2007). Исследования Adele Papetti et al. (2013) выявили, что цикорий содержит серию биологически активных соединений, эффективных при воспалении десен (Koustakhiz and Majnabadi, 2017).

Целью работы была оценка биохимического и элементного состава цикория листового сорт Конус, селекции ФНЦО после выгонки.

2. Материалы и методы

2.1 Подготовка проб на анализ

Цикорий убирали во второй половине сентября, корнеплоды с ботвой, удалив предварительно землю, укладывали в бурты, листовой наружу. Через неделю ботву обрезали на высоте 1,0-1,5 см от шейки корнеплода и закладывали в контейнеры на хранение в помещении с температурой 1...2°C и влажностью не менее 90%. Через месяц корнеплоды просматривали, подчищали шейку от загнивших остатков черешков, выравнивали по длине до 16-18 см. Выгоняли кочаны в траншеях, заполненных торфом. Густота установки корнеплодов на выгонку – 250-300 шт/м². Высаженные в траншею по шейку корнеплоды проливали водой из расчета 60-70 л/м², давали ей впитаться и сверху насыпали слой 20 см относительно сухого субстрата. Выгонку осуществляли при 12...14°C в течение 25 суток, после чего корнеплоды освобождали от укрывного

торфа, промывали водой для удаления субстрата, подсушивали на воздухе и проводили биохимические анализы.

2.2. Сухое вещество

и водорастворимые вещества

Содержание сухого вещества определяли высушиванием образцов при 70°C до постоянного веса. Содержание водорастворимых веществ (°Brix) устанавливали при 20°C по показателю преломления сока на рефрактометре ИРФ-22.

2.3. Сахара

Содержание моносахаров устанавливали, используя феррицианидный колориметрический метод, основанный на реакции моносахаров с калий феррицианидом в щелочной среде (Кидин, 2010). Общее содержание сахаров устанавливали аналогично после кислотного гидролиза водных экстрактов 20% соляной кислотой. В качестве внешнего стандарта применяли фруктозу.

2.4. Элементный состав

Содержание Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mo, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Sn, Sr, V и Zn в корнеплодах и листьях цикория устанавливали с помощью ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer Inc., Shelton, CT 06484, USA) в центре биотической медицины (Москва). В качестве внутреннего стандарта использовали 103Rh для исключения нестабильности в определениях. Расчет осуществляли с использованием внешнего стандарта (Merck IV, multi-element standard solution), иодида калия для калибровки на йод и стандартных растворов Perkin-Elmer для P, Si и V. Все стандартные кривые получали, используя 5 различных концентраций.

Для контроля качества определения референс-стандарты тестировали одновременно с исследуемыми образцами. Разложение образцов осуществляли в микроволновой печи Berghof SW-4 DAP-40 (Berghof Products + Instruments GmbH, 72800 Eningen, Germany). разбавленной азотной кислотой 1:150.

2.5. Селен

Содержание селена определяли микрофлуориметрическим методом [Alfthan, 1984]. Высушенные при комнатной температуре и гомогенизиро-

ванные образцы подвергали мокрому сжиганию в смеси азотной и хлорной кислот. Для восстановления шестивалентного селена до Se⁺⁴ применяли 6N соляную кислоту. Образующуюся селенистую кислоту конденсировали с 2,3-диаминонафталином. Содержание селена устанавливали по величине флуоресценции образующегося пиазоселенола при длине волны эмиссии 519 нм и длине волны возбуждающего света – 376 нм. В работе использовали трехкратную повторность. Для контроля точности определения использовали референс-стандарт – образец лиофилизированной белокачанной капусты с регламентированным содержанием селена 150 мкг/кг с.м.

2.6. Нитраты

Содержание нитратов определяли с помощью ион-селективного электрода на иономере Эксперт-001 (Эконикс, Россия). 5 г гомогената корнеплода и листьев цикория гомогенизировали с 50 мл 0.5 М раствора сульфата калия (необходимого для регулирования ионной силы) и анализировали на иономере.

2.7. Антиоксиданты

2.7.1. Аскорбиновая кислота

Содержание аскорбиновой кислоты устанавливали методом визуального титрования в 6% трихлоруксусной кислоте 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактив Тилманса) (Голубкина и др., 2018). 5 г гомогенизированного образца корнеплодов, листьев и кочерыги растира-

ли в фарфоровой ступке с 5 мл 6% трихлоруксусной кислоты и количественно переносили смесь в мерный цилиндр. Общий объем экстракта доводили до 60 мл трихлоруксусной кислотой, перемешивали, и через 15 минут фильтровали полученную смесь через складчатый фильтр. Концентрацию аскорбиновой кислоты рассчитывали по количеству реактива Тилманса, пошедшего на титрование образца.

2.7.2. Полифенолы

Содержание полифенолов определяли на спиртовом экстракте, используя колориметрический метод Фолина-Чиокалтеу аналогично описанному ранее (Голубкина и др., 2018). 1 г сухого порошка корнеплодов, листьев или кочерыги экстрагировали 20 мл 70% этилового спирта при 80°C в течение 1 часа. Смесь охлаждали и количественно переносили в мерную колбу на 25 мл, доводя объем до метки с помощью 70% этанола. Смесь перемешивали и фильтровали через складчатый фильтр. Отбирали 1 мл полученного экстракта в мерную колбу на 25 мл, содержащую 2,5 мл насыщенного раствора карбоната натрия. К полученной смеси добавляли 0,25 мл разбавленного раствора (1:1) реактива Фолина-Чиокалтеу, интенсивно перемешивали и доводили объем смеси до 25 мл дистиллированной водой. Через час определяли величину поглощения полученного раствора при 730 нм на спектрофотометре Unicо 2804 UV (USA). Концентрацию полифенолов рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по пяти концентрациям галловой кислоты. Результаты

выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты на г сухой массы.

2.7.3. Антиоксидантная активность (АОА)

Уровень антиоксидантной активности корнеплодов, листьев и кочерыги цикория устанавливали редокс-титрованием (Голубкина и др., 2018) этанольными экстрактами образцов 0.01 N раствора KMnO₄. Обесцвечивание раствора KMnO₄ до Mn⁺² в этом процессе отражает количество антиоксидантов, растворенных в 70% этаноле. Результаты выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты на г сухой массы.

2.8. Статистический анализ

Статистическую обработку материала проводили с использованием компьютерной статистической программы Excel.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Биохимические показатели

Полученные биохимические показатели цикория салатного сорта Конус были близки к описанным в литературе (Nwafor et al., 2017) и свидетельствовали о высокой пищевой ценности, как корнеплодов, так и листьев. Наибольшее количество сахаров было зарегистрировано в корнеплодах, в то время как в листьях и кочерыге сахаров было соответственно в 4 и 3 раза меньше. Общее количество водорастворимых соединений (°Brix) оказалось наибольшим в кочерыге и снижалось в ряду: кочерыга > корнеплод > листья. При низких уровнях нитратов в растении потребность растущих листьев в азоте проявля-

Таблица 1. Биохимические показатели цикория салатного сорта Конус
Table 1. Biochemical characteristics of *Cichorium intybus* L. *Konus* cv

Показатель Parameter	Корнеплод Root	Листья eaves	Кочерыга Stump
Сухое вещество, Dry matter, %	14.6±0.4a	4.0±0.1b	5.4±9.1c
Аскорбиновая к-та, мг/100 г сухой массы Ascorbic acid, mg/100 g dry weight	45±2.7a	85±7.5b	112±9.3c
Моносахара, % Monosaccharides, %	3.6±0.2a	2.0±0.1b	2.3±0.1b
Сумма сахаров, % Total sugar, %	8.1±0.5a	2.1±0.1b	2.8±0.2c
°Brix, %	1.4±0.1a	0.6±0.1b	2.0±0.1c
Нитраты, мг/кг сырой массы Nitrates, mg/kg f.w.	86±6a	103±8b	93±7ab
Полифенолы, мг-экв ГК/г сухой массы Polyphenols, mg-eq GA/g d.w.	13.1±1.0a	20.2±2b	14.9±1.1a
АОА, мг-экв ГК/г сухой массы AOA, mg-eq GA/g d.w.	14.8±1.0a	22.4±2b	14.4±1.1a

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при P < 0.05.
Values in lines with similar indexes do not differ according to Duncan test at P < 0.05.

лась в сравнительно интенсивном оттоке азота от корнеплодов. Именно интенсивный рост листьев определяет наибольшее содержание в них антиоксидантов, в целом, и полифенолов, в частности. В то же время следует отметить, что уровень аскорбиновой кислоты оказался наибольшим в кочерыге (в пересчете на сухую массу) и наименьшим – в корнеплодах. Такое несоответствие между содержанием аскорбиновой кислоты и уровнем накопления полифенолов может быть связано с тем, что содержание полифенолов и уровень антиоксидантной активности определяли на высушенных образцах, практически не содержащих витамина С вследствие термической деструкции.

2.2. Элементный состав

До настоящего времени элементный состав цикория и содержание в нем микроэлемента селена изучалось

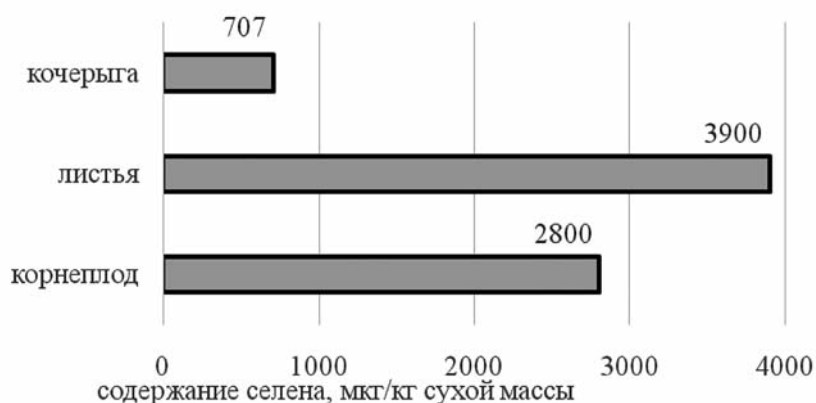


Рис.1. Распределение селена в цикории.
Fig.1. Distribution of selenium in *Cichorium intybus* organs.

крайне фрагментарно.

2.2.1. Накопление селена

Так, уровень селена в цикории определяли лишь в нескольких работах, однако без учета содержания микроэлемента в почве. Например, в условиях Словении уровень селена в

цикории составлял около 200 мкг/кг с.м. (Stibilj et al, 2011; Germ et al, 2007), в Саудовской Аравии – 320 мкг/кг (Abas et al, 2015). В условиях Италии содержание селена в корнеплодах достигало 1010 мкг/кг с.м., а в листьях – 700 мкг/кг с.м. При этом отмечалось, что в условиях обогаще-

Таблица 2. Элементный состав корнеплодов и листьев цикория салатного (мг/кг с.м.)
Table 2. Element composition of *Cichorium intybus* roots and leaves (mg/kg d.w.)

Элемент Element	Корнеплод, Московская обл. ФНЦО Roots Moscow region	Листья, Московская обл. ФНЦО Leaves Moscow region	Южная Африка, (Nwafor et al., 2017) корнеплод/лист Southern Africa Roots/leaves	Тунис Корнеплод, (Zaroug et al., 2016) Tunisia roots	Саудовская Аравия Лист Abas et alю, 2015 Saudi Arabia leaves	Бразилия Лист Haag et al., 1998 Brazil leaves
Al	39.35±3.94a	31.84±3.18a				
As	0.04±0.007a	0.03±0.004a				
B	15.2±1.52a	7.39±0.74b				
Ca	2523±252a	4110±411b	1812.6/ 2926.1	5400	35000	
Cd	0.26±0.031a	0.19±0.022b				
Co	0.15±0.018a	0.11±0.013b		0.9		
Cr	1.87±0.19a	4.81±0.48b		0.6		
Cu	5.59±0.56a	10.13±1.01b	3.6/6	0.7	32	15
Fe	94.97±9.5a	135±14b	17.7/91.78	7.4		29.26
I	0.21±0.026a	0.19±0.023a				
K	13665±1367a	28635±2863b	1037/1665.7	3800		10000
Li	0.27±0.032a	0.17±0.02b				
Mg	1346±135a	2398±240b	201.4/69.44		2800	2000
Mn	16.29±1.63a	35.97±3.6b	3.1/9	2.6	71	117
Mo	0.51±0.0612a	0.89±0.107b				
Na	2474±247a	500±50b	674.2/888.4	1400	800	
Ni	1.73±0.17a	4.69±0.47b				
P	2273±227a	5235±523b				29300
Pb	0.23±0.028a	0.43±0.052b	0.4/0.3	7.9		
Si	19.67±1.97a	18.41±1.84a				
Sn	0.06±0.009a	0.04±0.005b				
Sr	25.7±2.57a	17.47±1.75b				
V	0.33±0.039a	0.2±0.024b				
Zn	18.74±1.87a	35.78±3.58 b	3.9/9.1	1.7	47.2	80

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно теста Дункана при $P < 0.05$



Цикорий салатный Конус, 2-й год



Цикорий салатный, 1-й год



Цикорий салатный, 2-й год, цветок



Цикорий салатный, выгонка кочанов

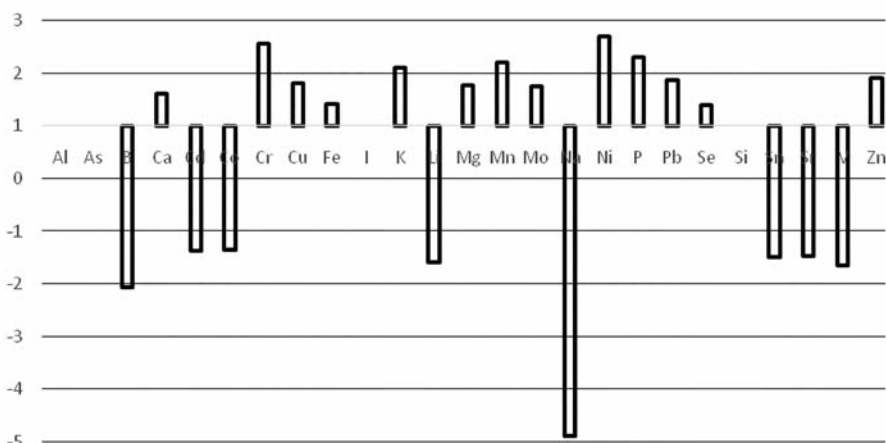


Рис.2. Распределение элементов между листьями и корнеплодом цикория (соотношение концентраций лист/корнеплод) в результате выгонки.

Fig.2. Elements distribution between leaves and roots of *Cichorium intybus* L. (leaves/roots elements ratio) as a results of chicory forcing.

ния микроэлементом листья начинают накапливать больше селена, чем корнеплод (Sabatino et al., 2019). Селен является эссенциальным элементом для организма человека, и его дефицит в значительной степени определяет снижение иммунитета, возникновение и развитие ряда хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые и рак (Голубкина, Папазян, 2006).

Учитывая полученные нами данные (рис.1) и описанные в литературе, следует предположить, что распределение селена между листьями и корнеплодом цикория зависит от общего

уровня поступления микроэлемента в растение. Найденные нами значения содержания селена для цикория салатного сорта Конус составили существенно большие величины, чем указано выше для цикория других стран. Принимая во внимание, что содержание селена в почвах экспериментальных полей ФНЦО составляет в среднем 240 мкг/кг, коэффициент биологического накопления селена цикорием сорта Конус достигает 11.7 для корнеплодов и 16.3 – для листьев. Интересно отметить, что цикорий салатный сорт Конус является еще одним представителем гипераккумуля-

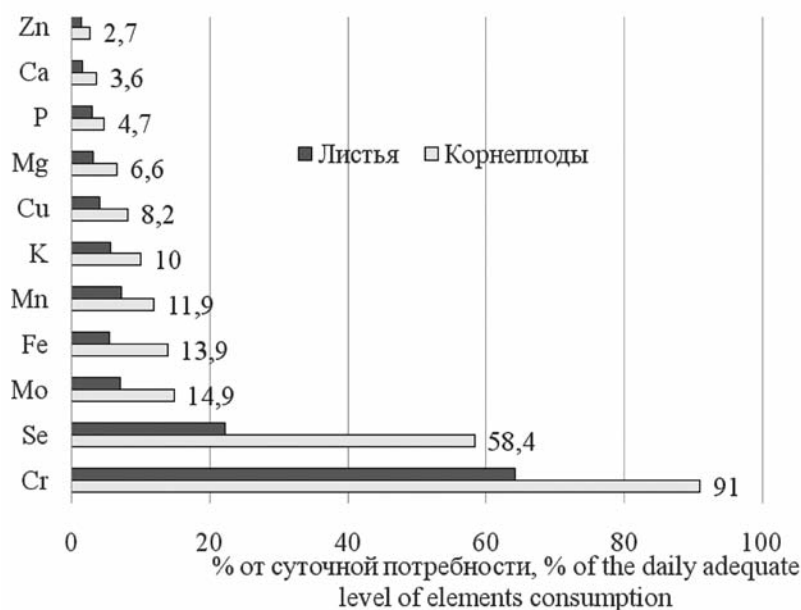


Рис.3. Удовлетворение суточной потребности в эссенциальных элементах при потреблении 100 г свежих корнеплодов/листьев цикория салатного.

Fig.3. Percentage of elements daily adequate consumption levels with 100 g of *Cichoria intybus* L.

ляторов селена семейства *Asteraceae* наряду с *Artemisia dracunculus*, сорт Изумруд селекции Никитского ботанического сада, накапливающей до 23 мг селена на кг сухой массы (Логвиненко и др., 2018). Выявление природных источников селена среди овощных культур до настоящего времени практически не имели успеха. И только в условиях обогащения сельскохозяйственных растений микроэлементом были выявлены перспективные культуры, представители рода *Allium* и *Brassica*, в первую очередь, чеснок и брокколи, способные накапливать высокие концентрации микроэлемента без явления токсикозов (Голубкина, Папазян, 2006). Известно, что в ряде случаев содержание селена в овощных культурах может быть повышено использованием арбускулярно-микоризных грибов. Так, установлено восьмикратное возрастание уровня селена в луковичах шалота при внесении с почву АМГ таким образом, что содержание селена достигало концентрации 252 мкг/кг сухой массы без использования экзогенного селена (Golubkina et al., 2019), однако, это значение много ниже, чем наблюдается для салатного цикория.

Таким образом, исследованный сорт цикория салатного можно считать среди овощных культур практически единственным гипераккумулятором селена. Действительно, традиционные корнеплоды (свекла, пастернак, морковь) накапливают следовые количества селена. Известный вторичный аккумулятор селена чеснок действительно способен накапливать высокие концентрации селена без проявления явления токсикоза, однако, только в условиях высокого содержания микроэлемента в почве.

В расчете на сырую массу содержание селена в корнеплодах цикория сорта Конус составляет 409 мкг/кг, в листьях – 152 мкг/кг, в кочерыге – 38 мкг/кг. Таким образом, 100 г листьев цикория будут соответствовать 22% суточной потребности человека в селене.

2.2.2. Макро- и микроэлементы

Значительный интерес с позиций физиологии и практического применения имеют данные распределения макро- и микроэлементов между корнеплодами и листьями цикория в результате выгонки растений. Данные таблицы 2 и рисунка 2 показывают, что при выгонке цикория

происходит интенсивное перераспределение большинства элементов, за исключением Al, As, I и Si, концентрация которых во всех органах остается одинаковой

Результаты показывают предпочтительное накопление листьями цикория кальция, хрома, меди, железа, калия, магния, марганца, молибдена, никеля, фосфора, свинца, селена и цинка. Хотя содержание тяжелых металлов в исследованных растениях не превышало ПДК, наблюдаемое явление следует учитывать при выращивании растений на загрязненных свинцом и никелем почвах. Еще одна особенность выгонки цикория – крайне низкая трансформация натрия из корнеплодов в листья. Кроме того, затруднен перенос из корнеплодов в листья таких элементов, как В, Cd, Co, Li, Sn, Sr и V.

2.2.3. Восполнение суточной потребности

Сильные различия в элементном составе *Cichorium intubis* разных стран мира (табл.2) показывают, что, с одной стороны, географическое положение определяет уровни накопления макро- и микроэлементов, с другой – свидетельствует о высокой экологической пластичности цикория. Очевидно, что пищевая ценность в каждом регионе будет специфической, характерной для данного биогеохимического окружения. Так, для Московской области листья и корнеплоды салатного цикория сорта Конус являются хорошими источниками для человека хрома, селена и в меньшей степени молибдена, железа и марганца. В Бразилии цикорий предпочтительно накапливает медь, марганец и цинк. В Саудовской Аравии – медь, марганец и цинк. В Тунисе цикорий отличается бедным минеральным составом, но высоким содержанием свинца. Цикорий Южной Африки содержит низкие концентрации исследованных элементов.

Выявленные особенности элементного состава корнеплодов и листьев салатного цикория, выращенного в Московской области, свидетельствуют о высокой биологической активности продукции, определяемой в значительной степени содержанием минералов. Так, высокие концентрации хрома как в корнеплодах, так и листьях цикория находятся в хорошем соответствии с известным антидиабетическим действием цикория

(Al-Fartusie and Mohssan, 2017) – явление, которое ранее связывали только с высоким содержанием инулина. Известно, что хром участвует в метаболизме углеводов, стимулирует синтез жирных кислот и холестерина в печени, улучшает метаболизм сахара путем активирования инсулина.

Ввиду высокого содержания в сорте Конус селена, это растение может обладать не только антиоксидантным, но также кардиопротекторным, иммуностимулирующим и антиканцерогенным действием.

Эффективность использования цикория в стоматологии (Koustakhiz and Majnabadi, 2017) может быть частично связана со способностью молибдена удерживать в организме фтор, препятствуя развитию кариеса. Известно также, что молибден усиливает работу антиоксидантов, участвует в синтезе витамина С, оказывает иммуностимулирующее действие.

Повышенные концентрации марганца в корнеплодах и особенно листьях цикория могут вносить существенный вклад в улучшение работы желудочно-кишечного тракта, в уровне антиоксидантной защиты, производстве энергии, поддержании иммунитета и регулировании нейронной активности, противовоспалительном и противоязвенном действии (Chen et al., 2018). Участие железа в синтезе соединительной ткани, нормализации функционирования клеток, в росте и развитии также находится в хорошем соответствии с известным ранозаживляющим действием цикория.

Заключение

Представленные результаты оценки накопления отдельных биологически активных соединений и минералов цикорием сорта Конус подтверждают высокую пищевую ценность растения и впервые выделяют этот сорт как уникальный природный источник микроэлемента селена.

Об авторах:

Голубкина Н.А. – гл. н. сотр. лабораторно-аналитического отдела
<https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Шевченко Ю.П. – ведущий н. сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур

Харченко В.А. – кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур
<https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>

Косшелева О.В. – научный сотрудник

Солдатенко А.В. – доктор с.-х. наук, проф. РАН, главный н.с.
<https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

About the authors:

Nadezhda A. Golubkina – Dr. of. Sc. in Agriculture, corresponding author, leading researcher of laboratory-analytical department

Jury P. Shevchenko – senior researcher

Viktor A. Kharchenko – head of laboratory of green crops

Olga V. Kosheleva – researcher

Alexey V. Soldatenko – Dr. of. Sc. in Agriculture

● Литература

- Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. – М, ФНЦО. – 2018.
- Голубкина Н.А., Папаян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006.
- Кидин В.В. Практикум по агрохимии. – М., Колос, 2000.
- Логвиненко Л.А., Плугатарь Ю.В., Канцаева У.И., Голубкина Н.А., Молчанова А.В., Ковальский Ю.Г. Пищевая добавка из полныи эстрагонной сорта Изумруд// Заявка на изобретение 2018129698/13(0477966) от 14.08.2018
- Abas Z.K., Saggi S., Sakeran M.I., Zidan N., Rehman H., Ansari A.A. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chichory (*Cichorium intybus* L.) leaves//Saudi J. Biol. Sci. – 2015. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.11.015.
- Abozid M.M. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of chichory (*Cichorium intybus* L.) herb in diabetic rats//Minufiya J. Agric. Res. – 2010. – Vol. 35. – No. 4(1). – P.1201–1208.
- Ahmed B., Al-Howiriny T.A., Siddiqui A.B. Antihepatotoxic activity of seeds of *Cichorium intybus*//J. Ethnopharmacol. – 2003. – Vol.87 (2-3). – P.237–240.
- Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry//Anal. Chim. Acta – 1984. – Vol. 65. – P.187–194.
- Al-Fartusie F.S., Mohssan S.N. Essential Trace Elements and Their Vital Roles in Human Body//Ind. J. Adv. Chem. Sci. – 2017. – Vol.5(3). – P.127–136.
- Bais H.P., Ravishankar G.A. *Cichorium intybus* L. – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects//J. Sci. Food Agric. – 2001. – Vol. 81. – P.467–484.
- Chen P., Bornhorst J., Aschner M. Manganese metabolism in humans//Front. Biosci., Landmark – 2018. – Vol. 23. – P.1655–1679.
- Germ M., Stibilj V., Oswald J., Kreft I. Effects of selenium foliar application on chichory (*Cichorium intybus* L.)//J. Agric. Food Chem. – 2007. – Vol.55. – P.795–798.
- Golubkina N., Zamana S., Sereidin T., Poluboyarinov P., Sokolov S., Baranova H., Krivenkov L., Pietrantonio L., Caruso G. Effect of selenium biofortification and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, quality and antioxidant properties of shallot bulbs//Plants. – 2019. – Vol. 8. – Art. 102; doi: 10.3390/plants8040102.
- Haag H.P., Mianami K. Mineral nutrition of vegetable crops. Absorption of nutrients by chichory crop//Anaisda-Escola-Suleriorped Agricultura. Luiz-de-Queiroz, 1998. – Vol.45(2). – P.257–603.
- Jamshidzadeh A., Khoshnood M.J., Dehghani Z., Niknahad H. Hepatoprotective activity of *Cichorium intybus* leaves extract against carbon tetrachloride induced toxicity//Iranian J. Pharm. Res. – 2006. – Vol. 1. – P.41–46.
- Innocenti M., Gallori S., Giaccherini C., Ieri F., Vincieri F. F., Mulinacci N. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of *Cichorium intybus* L.//J. Agr. Food Chem. – 2005. – Vol.53(16). – P.6497–6502. doi: 10.1021/jf050541d.
- Kamel Z.H., Daw I., Marzouk M. Effect of *Cichorium endivia* leaves on some biochemical parameters in streptozotocin-induced diabetic rats//Austral. J. Basic and Appl. Sci. – 2011. – Vol. 5(7). – P.387–396.
- Koustakhiz J., Majnabadi J.T. Cultivation of chichory (*Cichorium intybus* L.), an extremely useful herb//Int. J. Farm. Alli. Sci. – 2017. – Vol. 6(1). – P.14–23.
- Mares D., Romagnoli C., Tosi B., Andreotti E., Chillemi G., Poli F. Chichory extracts from *Cichorium intybus* L. as potential antifungals//Mycopathologia. – 2005. – Vol.160(1). – P.85–92. doi: 10.1007/s11046-004-6635-2.
- Mulabagal V., Wang H., Ngojio M., Nair M.G. Characterization and quantification of health beneficial anthocyanins in leaf chichory (*C.intybus*) varieties//Eur. Food Res. Technol. – 2009. – Vol.230. – P.47–53.
- Muthusamy V.S., Anand S., Sangeetha K.N., Sujatha S., Arun B., Lakshmi B.S. Tannins present in *Cichorium intybus* enhance glucose uptake and inhibit adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes through PTP1B inhibition//Chemico-Biological Interactions. – 2008. – Vol. 174(1). – P.69–78.
- Nandagopal S., Kumari B.D.R. Phytochemical and Antibacterial Studies of Chichory (*Cichorium intybus* L.). – A Multipurpose Medicinal Plant// Advances in Biol. Res. – 2007. – Vol.1 (1-2). – P. 17–21.
- Nwafor I.C., Shale K., Achilonu M.C. Chemical Composition and Nutritive Benefits of Chichory (*Cichorium intybus*) as an Ideal Complementary and/or Alternative Livestock Feed Supplement//Hindawi Sci. World J. – 2017. – Vol. 2017, Article ID 7343928, <https://doi.org/10.1155/2017/7343928>.
- Papetti A., Mascherpa D., Carrazzone C., Stauder M., Spratt D.A., Wilson M. Identification of organic acids in *Cichorium intybus* inhibiting virulence-related properties of oral pathogenic bacteria//Food Chem. – 2013. – Vol. 138. – P.1706–1712.
- Pushparaj P.N., Low H.K., Manikandan J., Tan B.K., Tan C.H. Anti-diabetic effects of *Cichorium intybus* in streptozotocin-induced diabetic rats//J. Ethnopharmacol. – 2007. – Vol. 111(2). – P.430–434.
- Roustakhiz J., Majnabadi J.T. Cultivation of chichory (*Cichorium intybus* L.), an extremely useful herb //Int. J. Farming Allied Sci. – 2017. – Vol.6(1). – P.14–23.
- Sabatino L., Ntatsi G., Iapichino G., D'Anna F., De Pasquale C. Effect of Selenium Enrichment and Type of Application on Yield, Functional Quality and Mineral Composition of Curly Endive Grown in a Hydroponic System //Agronomy. – 2019. – Vol. 9. – Art. 207; doi:10.3390/agronomy9040207.
- Singh R., Chahal K.K. *Cichorium intybus* L: A review on phytochemistry and pharmacology//Int. J. Chem. Studies. – 2018. – Vol.6(3). – P.1272–1280
- Stibilj V., Smrkolj P., Jacimovic R., Oswald J. Selenium uptake and distribution in chichory (*Cichorium intybus* L.) grown in an aeroponic system//Acta agriculturae Slovenica, 2011. – Vol.97(3). – P.189–196.
- Tursunay D., Muradil K., Abdulla A. Antimicrobial Activities of Ethanol Extract from *Cichorium intybus* L. Stems//Food Sci. – 2009. – Vol. 30. – P.80–82.
- Zaroug Y., Abdelkarim A., Dorra S.T., Hamdaoui G., EL Felah M., Hassouna M. Biochemical Characterization of Tunisian *Cichorium intybus* L. Roots and Optimization of Ultrasonic Inulin Extraction// Mediterranean J. Chem. – 2016. – Vol. 6(1). – P.674–685.

● References

- Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Antioxidants of plants and methods of their determination. – Moscow, FSCVC. – 2018.
- Golubkina N.A., Papayyan T.T. Selenium in nutrition. Plants, animals, human beings-Moscow. –Pechatny gorod, 2006.
- Kidin V.V. Agrochemical handbook. – Moscow, Kolos, 2010.
- Logvinenko L.A., Plugatar Y.V., Kantsaeva U.I., Golubkina N.A., Molchanova A.V., Kovalsky Y.G. Food additive from *Artemisia dracunculus* Izumrud cv. //RF pat 2018129698/13(0477966) 14.08.2018.
- Abas Z.K., Saggi S., Sakeran M.I., Zidan N., Rehman H., Ansari A.A. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chichory (*Cichorium intybus* L.) leaves//Saudi J. Biol. Sci. – 2015. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.11.015.
- Abozid M.M. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of chichory (*Cichorium intybus* L.) herb in diabetic rats//Minufiya J. Agric. Res. – 2010. – Vol. 35. – No. 4(1). – P.1201–1208.
- Ahmed B., Al-Howiriny T.A., Siddiqui A.B. Antihepatotoxic activity of seeds of *Cichorium intybus*//J. Ethnopharmacol. – 2003. – Vol.87 (2-3). – P.237–240.
- Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry//Anal. Chim. Acta – 1984. – Vol. 65. – P.187–194.
- Al-Fartusie F.S., Mohssan S.N. Essential Trace Elements and Their Vital Roles in Human Body//Ind. J. Adv. Chem. Sci. – 2017. – Vol.5(3). – P.127–136.
- Bais H.P., Ravishankar G.A. *Cichorium intybus* L. – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects//J. Sci. Food Agric. – 2001. – Vol. 81. – P.467–484.
- Chen P., Bornhorst J., Aschner M. Manganese metabolism in humans//Front. Biosci., Landmark – 2018. – Vol. 23. – P.1655–1679.
- Germ M., Stibilj V., Oswald J., Kreft I. Effects of selenium foliar application on chichory (*Cichorium intybus* L.)//J. Agric. Food Chem. – 2007. – Vol.55. – P.795–798.
- Golubkina N., Zamana S., Sereidin T., Poluboyarinov P., Sokolov S., Baranova H., Krivenkov L., Pietrantonio L., Caruso G. Effect of selenium biofortification and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, quality and antioxidant properties of shallot bulbs//Plants. – 2019. – Vol. 8. – Art. 102; doi: 10.3390/plants8040102.
- Haag H.P., Mianami K. Mineral nutrition of vegetable crops. Absorption of nutrients by chichory crop//Anaisda-Escola-Suleriorped Agricultura. Luiz-de-Queiroz, 1998. – Vol.45(2). – P.257–603.
- Jamshidzadeh A., Khoshnood M.J., Dehghani Z., Niknahad H. Hepatoprotective activity of *Cichorium intybus* leaves extract against carbon tetrachloride induced toxicity//Iranian J. Pharm. Res. – 2006. – Vol. 1. – P.41–46.
- Innocenti M., Gallori S., Giaccherini C., Ieri F., Vincieri F. F., Mulinacci N. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of *Cichorium intybus* L.//J. Agr. Food Chem. – 2005. – Vol.53(16). – P.6497–6502. doi: 10.1021/jf050541d.
- Kamel Z.H., Daw I., Marzouk M. Effect of *Cichorium endivia* leaves on some biochemical parameters in streptozotocin-induced diabetic rats//Austral. J. Basic and Appl. Sci. – 2011. – Vol. 5(7). – P.387–396.
- Koustakhiz J., Majnabadi J.T. Cultivation of chichory (*Cichorium intybus* L.), an extremely useful herb//Int. J. Farm. Alli. Sci. – 2017. – Vol. 6(1). – P.14–23.
- Mares D., Romagnoli C., Tosi B., Andreotti E., Chillemi G., Poli F. Chichory extracts from *Cichorium intybus* L. as potential antifungals//Mycopathologia. – 2005. – Vol.160(1). – P.85–92. doi: 10.1007/s11046-004-6635-2.
- Mulabagal V., Wang H., Ngojio M., Nair M.G. Characterization and quantification of health beneficial anthocyanins in leaf chichory (*C.intybus*) varieties//Eur. Food Res. Technol. – 2009. – Vol.230. – P.47–53.
- Muthusamy V.S., Anand S., Sangeetha K.N., Sujatha S., Arun B., Lakshmi B.S. Tannins present in *Cichorium intybus* enhance glucose uptake and inhibit adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes through PTP1B inhibition//Chemico-Biological Interactions. – 2008. – Vol. 174(1). – P.69–78.
- Nandagopal S., Kumari B.D.R. Phytochemical and Antibacterial Studies of Chichory (*Cichorium intybus* L.). – A Multipurpose Medicinal Plant// Advances in Biol. Res. – 2007. – Vol.1 (1-2). – P. 17–21.
- Nwafor I.C., Shale K., Achilonu M.C. Chemical Composition and Nutritive Benefits of Chichory (*Cichorium intybus*) as an Ideal Complementary and/or Alternative Livestock Feed Supplement//Hindawi Sci. World J. – 2017. – Vol. 2017, Article ID 7343928, <https://doi.org/10.1155/2017/7343928>.
- Papetti A., Mascherpa D., Carrazzone C., Stauder M., Spratt D.A., Wilson M. Identification of organic acids in *Cichorium intybus* inhibiting virulence-related properties of oral pathogenic bacteria//Food Chem. – 2013. – Vol. 138. – P.1706–1712.
- Pushparaj P.N., Low H.K., Manikandan J., Tan B.K., Tan C.H. Anti-diabetic effects of *Cichorium intybus* in streptozotocin-induced diabetic rats//J. Ethnopharmacol. – 2007. – Vol. 111(2). – P.430–434.
- Roustakhiz J., Majnabadi J.T. Cultivation of chichory (*Cichorium intybus* L.), an extremely useful herb //Int. J. Farming Allied Sci. – 2017. – Vol.6(1). – P.14–23.
- Sabatino L., Ntatsi G., Iapichino G., D'Anna F., De Pasquale C. Effect of Selenium Enrichment and Type of Application on Yield, Functional Quality and Mineral Composition of Curly Endive Grown in a Hydroponic System //Agronomy. – 2019. – Vol. 9. – Art. 207; doi:10.3390/agronomy9040207.
- Singh R., Chahal K.K. *Cichorium intybus* L: A review on phytochemistry and pharmacology//Int. J. Chem. Studies. – 2018. – Vol.6(3). – P.1272–1280
- Stibilj V., Smrkolj P., Jacimovic R., Oswald J. Selenium uptake and distribution in chichory (*Cichorium intybus* L.) grown in an aeroponic system//Acta agriculturae Slovenica, 2011. – Vol.97(3). – P.189–196.
- Tursunay D., Muradil K., Abdulla A. Antimicrobial Activities of Ethanol Extract from *Cichorium intybus* L. Stems//Food Sci. – 2009. – Vol. 30. – P.80–82.
- Zaroug Y., Abdelkarim A., Dorra S.T., Hamdaoui G., EL Felah M., Hassouna M. Biochemical Characterization of Tunisian *Cichorium intybus* L. Roots and Optimization of Ultrasonic Inulin Extraction// Mediterranean J. Chem. – 2016. – Vol. 6(1). – P.674–685.