

УДК 633.72(470.62)

ББК 42.8

О-75

**Рындин Алексей Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, Академик РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; e-mail: ryndin@vniisubtrop.ru;

**Малюкова Людмила Степановна**, доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; e-mail: [malukovals@mail.ru](mailto:malukovals@mail.ru);

**Цюпко Татьяна Григорьевна**, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»; e-mail: [tsyurko@inbox.ru](mailto:tsyurko@inbox.ru);

**Козлова Наталья Васильевна**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией агрохимии и почвоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; e-mail: [agro-rochva@vniisubtrop.ru](mailto:agro-rochva@vniisubtrop.ru);

**Воронова Ольга Борисовна**, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»; e-mail: [voronova1763@gmail.com](mailto:voronova1763@gmail.com);

**Гущаева Кристина Сергеевна**, аспирант кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»; e-mail: [kristina\\_s.g@mail.ru](mailto:kristina_s.g@mail.ru)

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КРАСНОДАРСКОГО ЧАЯ СОРТА КОЛХИДА

(рецензирована)

Установлен диапазон содержания ряда эссенциальных макро- и микроэлементов, а также неэссенциальных и токсичных элементов в 3-листной флешки чая сорта Колхида (исходное сырье), выращенного в условиях Черноморского побережья России. Содержание основных макроэлементов находилось в пределах (в % на абс. сух. в-во): N-3,80-5,44; P-0,38-0,56; K-1,55-1,78; Ca-0,14-0,24; Mg-0,19-0,22. Содержание микроэлементов составляло (в мг/кг): Mn – 423-856; Fe – 28,8-52,2; Zn 29,6-45,8; Co-0,11-0,27. Содержание неэссенциальных и токсичных элементов варьировало в следующих диапазонах (в мг/кг): Al –114-349; Si-25,4-98,2; Na-6,57-19,02; Ba-3,25-8,83; Ni-5,49-12,24; Pb-0,32-3,95; Ti-0,27-1,11; V-0,042-0,060; Li-0,04-0,08; Cr-0,13-0,30; Cd -0,01-0,03.

**Ключевые слова:** чай, элементный состав, маркеры географической принадлежности, Черноморское побережье Краснодарского края.

**Ryndin Alexey Vladimirovich**, Doctor of Agricultural Sciences, an academician of the RAS, director of FSBSI “All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”; e-mail: [ryndin@vniisubtrop.ru](mailto:ryndin@vniisubtrop.ru);

*Malyukova Lyudmila Stepanovna, Doctor of Biology, a professor of the RAS, a chief researcher of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science of FSBSI "All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops"; [malukovals@mail.ru](mailto:malukovals@mail.ru);*

*Tsytko Tatyana Grigorievna, Doctor of Chemistry, a professor, a professor of the Department of Analytical Chemistry of FSBEI HE "Kuban State University"; [tsytko@inbox.ru](mailto:tsytko@inbox.ru);*

*Kozlova Natalia Vasilievna, Candidate of Biology, head of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science of FSBSI "All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops"; [agro-pochva@vniisubtrop.ru](mailto:agro-pochva@vniisubtrop.ru);*

*Voronova Olga Borisovna, Candidate of Chemistry, an associate professor of the Department of Analytical Chemistry of FSBEI HE "Kuban State University"; [voronova1763@gmail.com](mailto:voronova1763@gmail.com);*

*Gushchaeva Kristina Sergeevna, a post graduate student of the Department of Analytical Chemistry of FSBEI HE "Kuban State University"; [kristina\\_s.g@mail.ru](mailto:kristina_s.g@mail.ru)*

## **FEATURES OF THE ELEMENT COMPOSITION OF KRASNODAR TEA OF COLCHIS VARIETY**

(reviewed)

*The range of content of a number of essential macro- and microelements, as well as non-essential and toxic elements in a 3-leaf flush of Colchis tea (raw material) grown in the conditions of the Black Sea coast of Russia has been established. The content of the main macronutrients was within (in% of abs. dry sub.): N-3.80-5.44; P-0.38-0.56; K-1.55-1.78; Ca-0.14-0.24; Mg-0.19-0.22.*

*The content of micro- elements was (in mg / kg): Mn - 423-856; Fe - 28.8-52.2; Zn 29.6-45.8; Co-0.11-0.27. The content of non-essential and toxic elements varied in the following ranges (in mg / kg): Al -114-349; Si-25.4-98.2; Na-6.57-19.02; Ba-3.25-8.83; Ni-5.49-12.24; Pb-0.32-3.95; Ti-0.27-1.11; V-0.042-0.060; Li-0.04-0.08; Cr-0.13-0.30; Cd is 0.01-0.03.*

**Keywords:** *tea, elemental composition, markers of geographical affiliation, the Black Sea coast of the Krasnodar Territory.*

Всемирная популярность чая обусловлена его уникальным ароматом, а также наличием нескольких биологически активных соединений (фенольные соединения, алкалоиды, эфирные масла, незаменимые аминокислоты, углеводы, минеральные соли, витамины, ферменты) с важными питательными и терапевтическими свойствами. Поэтому каждая страна, физико-географические условия которой позволяют культивировать это уникальное растение, борется за его широкое внедрение. В мировой торговле чаем растет потребительский интерес к географическому происхождению, поскольку цена продукции может определяться репутацией страны-производителя или даже конкретной плантацией [1]. Методы анализа и проверки происхождения чая обеспечивают безопасность как покупателям, так и потребителям, а также предотвращают мошенническую маркировку. При определении разнообразия (производственный процесс) и географического происхождения перспективным является использование химического состава в качестве входных данных для дискриминации образцов чая [2]. Именно химический профиль листьев чая, по мнению многих исследователей, является наиболее специфическим маркером при решении этих задач и существенно не меняется в течение длительного периода времени [3]. В России также существует проблема идентификации

бренда «Краснодарский чай», однако целевые исследования в этой области отсутствуют. Имеются данные, в том числе и авторов, касающиеся влияния различных видов и доз удобрений на содержание и накопление основных макро- (N, P, K, Ca, Mg) и микроэлементов (Mn, Fe, Zn, Cu, B) в сырье и готовом продукте [4, 5, 6]. В этой связи была поставлена цель – определить содержание более широкого спектра эссенциальных макро- и микроэлементов, а также неэссенциальных и токсичных элементов в 3-листной флешки чая сорта Колхида, выращенного в России.

Исследования проводили на чайной плантации сорта Колхида (влажно-субтропическая зона Черноморского побережья Краснодарского края) на базе полевых многолетних опытов с применением макро- (N, P, K, Ca, Mg) и микроудобрений (Zn, B), под влиянием которых с течением времени были сформированы микроучастки (опытные делянки), различающиеся по химическому составу почв. Агрохимические свойства бурой лесной кислой почвы, на которой возделывался чай, варьировали в следующем диапазоне: рНКС1 – 2,54-3,50; содержание гумуса – 3,7-5,2 %; содержание легкогидролизуемого азота – 97-345 мг/кг; подвижного фосфора – 149-1014 мг/кг; обменного калия – 204-573 мг/кг. В сезонной и многолетней динамике (1993-2017 гг.) были отобраны растительные образцы (3-листная флешка), являющиеся исходным сырьем для производства готового чая. Содержание азота и фосфора в растительном материале определяли по стандартным методикам спектрофотометрическим методом с предварительной кислотной минерализацией образцов смесью кислот  $H_2SO_4$  и  $HClO_4$  в отношении 10:1. Для измерения оптических характеристик анализируемых растворов использовали спектрофотометр УСФ-01(ФГУП ВНИИОФИ, Россия). Мультиэлементный анализ растительных образцов проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с использованием прибора iCAP-6000 (Thermo Scientific, США). При испытании образцов учитывали факторы, влияющие на правильность определения методом АЭС-ИСП, в частности правильный выбор аналитических линий элементов, свободных от влияний компонентов матрицы пробы и спектральных наложений. В качестве «базовых» аналитических линий для определения большинства элементов в растительном материале использовали наиболее чувствительные линии этих элементов, для ряда элементов, например, Al, выбраны альтернативные аналитические линии, свободные от спектральных наложений со стороны компонентов проб в пределах их естественных содержаний в объекте анализа. Для перевода проб в форму необходимую для анализа методом АЭС-ИСП и устранения мешающего влияния органических веществ матрицы проводили СВЧ-кислотную минерализацию при соотношении реагентов (7,0 мл  $HNO_3$  + 2,0 мл  $H_2O$  + 0,6000 г образца). Для этой цели использовали лабораторную микроволновую систему пробоподготовки Mars (СЕМ, США). Обработка экспериментального материала проведена методами описательной статистики с использованием программы Microsoft Excel (при  $P = 0,95$ ).

Содержание химических элементов в чае, выращенном в различных регионах мира, колеблется в широком диапазоне и зависит от многих факторов: химического состава почвообразующих пород и степени их выветривания, типа почвы и уровня содержания в ней подвижных форм элементов, агротехники возделывания, объёма и видов применяемых удобрений, способов их внесения, температурно-влажностного режима

почвы, физиологического состояния тканей, различной потребности в элементах питания в течение вегетации и др. Условия сбора, хранения и технология производства чая также могут оказывать существенное влияние на элементный состав различных коммерческих чаев.

На первом этапе установления химического профиля чая, выращенного в России, в качестве объекта исследования было выбрано исходное сырье – 3-лиственная флешка чая сорта Колхида. Полученные результаты (табл. 1, 2, 3) в целом демонстрировали специфику элементного состава листьев чая, выращенного в экологических условиях Черноморского побережья Краснодарского края России. Среди всех изученных элементов максимальная концентрация в растении была характерна для азота и калия, далее в порядке убывания следовал фосфор, магний и кальций. Наиболее стабильным содержанием (незначительная вариабельность, менее 10 %) чайный лист характеризовался по калию и магнию; содержание фосфора и кальция варьировало в более широких пределах, что соответствовало средней изменчивости (10-20 %).

**Таблица 1** – Концентрация эссенциальных макроэлементов (% на абс. сух. в-во) в 3-лиственной флешке чая сорта Колхида (период 2010-2017 гг.)

Элемент	Показатели			
	Диапазон	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	%			
N	3,80-5,44	4,77	0,52	10,9
P	0,38-0,56	0,47	0,069	14,7
K	1,55-1,78	1,66	0,07	4,4
Ca	0,14-0,24	0,18	0,03	16,2
Mg	0,19-0,22	0,21	0,007	3,6

**Таблица 2** – Концентрация эссенциальных микроэлементов (мг/кг на абс. сух. в-во) в 3-лиственной флешке чая сорта Колхида (1993 г., 2017 г.)

Элемент	Показатели			
	Диапазон	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	мг/кг		%	
Mn	423-856	651	154,2	23,7
Fe	28,8-52,2	39,9	8,7	21,9
Zn	29,6-45,8	37,2	6,55	17,6
Co	0,11-0,27	0,20	0,05	26,9

**Таблица 3** – Концентрация неэссенциальных и токсичных элементов (мг/кг на абс. сух. в-во) в 3-лиственной флешке чая сорта Колхида (2017 г.)

Элемент	Показатели			
	Диапазон	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	мг/кг		%	
Al	114-349	211	91,1	43,3
Si	25,4-98,2	63,7	32,46	51,0
Na	6,57-19,02	10,21	3,57	35,0

Ba	3,25-8,83	4,88	1,52	31,2
Ni	5,49-12,24	8,19	2,07	25,2
Pb	0,32-3,95	1,70	1,15	84,1
Ti	0,27-1,11	0,68	0,38	55,4
V	0,042-0,060	0,051	0,007	13,9
Li	0,04-0,08	0,06	0,01	23,1
Cr	0,13-0,30	0,20	0,06	30,9
Cd	0,01-0,03	0,016	0,006	41,7

В группе эссенциальных микроэлементов по высокому уровню концентрации в растении выделялся марганец, что является характерным для чая, который, как и все растения, содержащие танины, накапливает этот элемент. Концентрация других изученных элементов этой группы была соизмерима с другими растениями и в целом не превышала критические уровни. Вариабельность значений была средней.

В группе неэссенциальных элементов по высокому уровню концентрации в растении выделялся алюминий, что также является характерным для чая, который относится к ацидофильной культуре, произрастающей только на кислых почвах. Содержание тяжелых металлов, таких как свинец, кадмий, не превышало ПДК (10 и 1 мг/кг, соответственно) для чая. Вариабельность концентраций этой группы элементов находилась в градации средней (V, Ni, Li) и значительной (Al, Si, Na, Ba, Ti, Cr, Pb) изменчивости.

Сравнение химического профиля отечественного чая (3-листная флеш) с образцами, выращенными в других регионах мира представляло определенную сложность, поскольку публикаций по аналогичным объектам недостаточно. Тем не менее, в ряде иностранных статей приводятся данные химического состава как сырья, так и готовой продукции, которые позволили сделать сравнительный анализ. Так, концентрация ряда элементов (N – 3,73-4,61 %, P – 0,21-0,35%, K – 1,43-1,64%, Ca – 0,26-0,31%, Mg – 0,23-0,28%, Mn – 0,04-0,12%) в чае (исходное сырье), выращенном в Турции [7], соизмерима с российскими образцами. В работе Р.Н. Goncalves Dias Diniz с соавторами [8] приводятся результаты определения элементного состава чая, выращенного в Аргентине (черный и зеленый чай) и Шри-Ланке (черный чай). В сравнении с их составом российские образцы характеризуются более высоким содержанием фосфора, соизмеримы по содержанию калия, магния, цинка, никеля. Значительно меньше в российском чае содержится кальция, алюминия, марганца, железа, хрома, свинца и на порядок меньше – кадмия.

Таким образом, установлен ориентировочный уровень содержания ряда эссенциальных макро- и микроэлементов, а также неэссенциальных и токсичных элементов в 3-листной флеш чай сорта Колхида (исходное сырье), выращенного в условиях Черноморского побережья России, который может рассматриваться как основа его химического профиля. Однако, для разработки комплексного маркера географической принадлежности требуется более репрезентативная выборка, в связи с чем исследования необходимо расширить, охватив различные геоучастки (пос. Солох-аул, пос. Калиновое озеро, пос. Мацеста) Черноморского побережья России, а также предгорные районы Краснодарского края (Туапсинский район) и республики Адыгея, где выращивают чай.

### *Литература:*

1. Ye N.S. A minireview of analytical methods for the geographical origin analysis of teas (*Camellia sinensis*) // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2012. №52. P. 775-780.
2. Differentiation of tea varieties using UV–vis spectra and pattern recognition techniques / Palacios-Morillo A. [et al] // *Spectro-chimica Acta A*. 2013. №103. P. 79-83.
3. Szymczycha-Madeja A.S., Welna M., Pohl P. Elemental analysis of teas and their infusions by spectrometric methods // *Trends in Analytical Chemistry*. 2012. №35. P. 165-181.
4. Малюкова Л.С. Состояние микроэлементов (Mn, Cu, Zn) в бурых лесных почвах чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края: дис. ... канд. биол. наук. Сочи, 1997. 173 с.
5. Добежина С.В. Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства почв и продуктивность культуры чая в условиях Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1998. 17 с.
6. Притула З.В., Белоус О.Г. Влияние микроэлементов на химический состав и продуктивность растений чая // *Бюллетень ВНИИИА им. Д.Н. Прянишникова*. 2001. №115. С. 12-13.
7. Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity, plant nutritional elements, and fatty acids in tea leaves (*Camellia sinensis* var. *Sinensis* clone *Derepazari 7*) grown in Turkey / Ercisli S.[et al] // *Pharmaceutical biology*. 2008. Vol. 46, No. 10/11. P. 683-687.
8. Simplified tea classification based on a reduced chemical composition profile via successive projections algorithm linear discriminant analysis (SPA-LDA) / Goncalves Dias Diniz P.H. [et al] // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. №39. P. 103-110.

### *Literature:*

1. Ye N.S. *Analysis of the case study of teas (Camellia sinensis)* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2012. No. 52. P. 775-780.
2. Palacios-Morillo A. [et al] // *Spectro-chimica Acta A*. 2013. No. 103. P. 79-83.
3. Szymczycha-Madeja, A.S., Welna, M., Pohl, P.S. *and their infusions by spectrometric methods* // *Trends in Analytical Chemistry*. 2012. No. 35. P. 165-181.
4. Malyukova L.S. *The state of microelements (Mn, Cu, Zn) in brown forest soils of tea plantations of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory: dis. ... Cand. of Biology. Sochi, 1997. 173 p.*
5. Dobezhina S.V. *The influence of mineral fertilizers on the agrochemical properties of the soil and the productivity of tea culture in the conditions of the Krasnodar Territory: abstr. dis. ... Cand. of Biology. Moscow, 1998. 17 p.*
6. Pritula Z.V., Belous O.G. *The effect of micro- elements on the chemical composition and productivity of tea plants* // *Bulletin of VNIIA named after D.N. Pryanishnikov*. 2001. No. 115. P. 12-13.
7. *Seasonal variation of the phenolic, antioxidant activity of plants, leaves and leaflets (Camellia sinensis var. Sinensis clone Derepazari 7)* // *Pharmaceutical biology*. 2008. Vol. 46, No. 10/11. P. 683-687.
8. *Simplified tea classification based on a chemical decanter* / Honcalas Dias P.H. [et al] // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. No. 39. P. 103-110.