

УДК 633.66:581.192

UDC 633.66:581.192

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ
МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
СЫРЬЯ *STEVIA REBAUDIANA* BERTONI**

**INVESTIGATION OF TRACE ELEMENT
COMPOSITION OF RAW *STEVIA*
REBAUDIANA BERTONI MATERIALS**

Федоров Александр Владимирович
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
SPIN – код: 4548-5512
E-mail: udmgarden@mail.ru

Fyodorov Alexander Vladimirovich
Dr.Sci.Agr., associate professor
SPIN-code: 4548-5512
E-mail: udmgarden@mail.ru

Ардашева Ольга Альбертовна
кандидат сельскохозяйственных наук
SPIN – код: 6553-5021
E-mail: o.ardashewa@yandex.ru

Ardasheva Olga Albertovna
Cand.Agr.Sci.
SPIN-code: 6553-5021
E-mail: o.ardashewa@yandex.ru

Зорин Денис Александрович
кандидат биологических наук
SPIN – код: 7710-6911
E-mail: zor-d@yandex.ru
*ФГБУН Удмуртский научный центр Уральского
отделения Российской академии наук, Россия,
Ижевск, 426067, ул. Т. Барамзиной, 34*

Zorin Denis Aleksandrovich
Cand.Biol.Sci.
SPIN-code: 7710-6911
E-mail: zor-d@yandex.ru
*FSBIS Udmurt scientific centre of the Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences, Russia, Izhevsk,
426067, T. Baramzinoi street, 34*

Проведен анализ элементного состава в сырье стевии. Растения стевии способны к регуляции потока тяжелых металлов, что позволяет им, с одной стороны, активно противостоять избыточному поступлению токсичных элементов и с другой стороны – избирательно кумулировать эссенциальные элементы. Содержание эссенциальных элементов в растительном сырье не превышает допустимых нормативов не зависимо от условий выращивания

The article gives an analysis of the elemental composition in raw materials of stevia. Stevia plant is able to regulate the flow of heavy metals, allowing them, on the one hand, actively oppose the excessive intake of toxic elements and on the other hand, selectively cumulate essential elements. The contents of essential elements in plant raw materials do not exceed the acceptable standards regardless of the growing conditions

Ключевые слова: СТЕВИЯ, ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Keywords: STEVIA, ELEMENTAL COMPOSITION, HEAVY METALS

Doi: 10.21515/1990-4665-130-020

Введение

Актуальное значение приобретает установление содержания в лекарственных растениях ряда химических элементов. Это обусловлено не только важной биологической ролью многих не заменимых микроэлементов, но и экологическими факторами.

Известно, что микроэлементы могут быть активаторами или ингибиторами процессов роста, развития и регуляции продуктивности растений. Минеральные компоненты растения подчеркивают его

терапевтическую значимость и позволяют использовать конкретный вид для создания лекарственных средств [7].

Во всем мире внимание ученых и производителей лекарств смещается от синтетических к природным компонентам. Интерес к стевии возник в связи с возрастающей потребностью человечества в сахарозаменителях растительного происхождения [13].

Минеральные вещества, как компонент метаболизма растений, дополняют и усиливают лечебное воздействие на организм. Баланс макро- и микроэлементов в лекарственных растениях формируется вследствие функционирования сложных многофазных механизмов концентрирования и аккумуляции этих веществ, на которые влияют различные факторы, в том числе видовая специфичность растения. Для подавляющего большинства элементов установлена их биологическая роль [11].

Физиологическая роль микроэлементов в растениях является частью решения общей проблемы минерального питания организмов и нормального протекания процессов обмена, а также синтеза биологически активных веществ (БАВ). Микроэлементы способствуют продуцированию в растениях биологически активных веществ: витаминов, флавоноидов, танидов и многих других фармакологически активных соединений [10].

Целый ряд химических элементов относится к тяжёлым металлам. Изучение механизмов влияния тяжёлых металлов, на растения, произрастающих в зоне влияния промышленных предприятий.

Известны исследования о содержании химических элементов в тканях стевии. Однако в них представлены неполные сведения, а именно не учтён коэффициент транслокации – важный для роста и развития растений.

Цель работы – провести сравнительный анализ содержания микроэлементов в почве и растительном сырье стевии, выращенной в различных экологических условиях. Задача исследования – определить

наличие микроэлементов в почве и растениях, рассчитав при этом коэффициент транслокации.

Объект и методы исследования.

Для исследования были собраны вегетативные органы растения и корни стевии и образцы почвы мест её произрастания в разных районах Удмуртии.

Стевия представляет собой травянистый многолетник с ежегодно отмирающими и вновь отрастающими стеблями. Подземная часть в виде толстого мясистого корневища. Надземные стебли тонкие, опушенные, довольно сильно ветвящиеся в верхней части, высотой до 150 см. На верхушках стеблей метельчатые соцветия с мелкими, собранными в небольшие щитки, цветками. Листья узкие, удлинённые, в верхней части слегка городчатые, в нижней цельнокрайние, перекрестно – супротивные с коротким черешком. Обе стороны листьев слегка опушены [2,4,6].

Как отмечала Дзюба О.О. (1998), первые исследования химического состава стевии были проведены немецкими учеными Р. Rasenack и К. Dieterich в 1908-1909 гг. Они и выделили сладкие гликозиды из листьев. Эти соединения перспективны для использования их в качестве сахарозаменителей для больных с нарушениями углеводного обмена [4].

По данным Ляховкина А.Г. (1999) и Трухачева В.И. и др. (2012) листья богаты содержанием микро и макроэлементами[8,14].

Определение содержания микроэлементов в надземных, подземных органах и почве проводили атомно-абсорбционным методом [9]. Особо важную роль при изучении химической изменчивости растений играет состав почвы. Для приготовления вытяжек использовали образцы почв г. Ижевск дерново-подзолистой, супесчаного гранулометрического состава и серой лесной среднесуглинистой почвы д. Ныргында Каракулинского района.

При исследовании почв и растений в первую очередь представляли интерес такие элементы, как марганец, цинк, хром и медь, принимающие участие в процессах метаболизма в растениях и животном организме.

Марганец поступает в растение в виде ионов Mn^{2+} . Среднее содержание марганца в растениях 0,001%. Он необходим для нормального протекания фотосинтеза.

Железо поступает в растение в виде Fe^{3+} . Входит в состав растения в количестве 0,08%. Железо необходимо для образования хлорофилла.

Цинк поступает в растение в виде ионов Zn^{2+} . Среднее содержание цинка в растениях 0,002%. Цинк входит в состав активных центров ряда ферментов (в частности, ферментов синтеза полифенолов), играет важную роль при образовании фитогормона ауксина.

Медь поступает в растение в виде иона Cu^{2+} или Cu^+ . Среднее содержание меди в растениях 0,0002%. Содержание меди в пластоцианине составляет 0,57%. Медь, подобно железу и марганцу, обладает способностью к обратимому окислению и восстановлению: $Cu^{2+} + e \rightarrow Cu^+$.

Следует помнить, что функции микроэлементов в организме растений и животных разнообразны. Высокие концентрации тяжёлых металлов негативно воздействуют на метаболизм. Высшие растения могут содержать повышенные концентрации химических элементов без каких-либо внешних признаков, что создаёт опасность при их потреблении. По значению концентраций химических элементов в растениях можно судить о состоянии окружающей среды в регионе [3].

Элементный анализ растительного сырья, собранного на территории г. Ижевска и д. Ныргында, позволил выявить некоторые особенности накопления тяжёлых металлов в надземной части стевии.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследования микроэлементов в листьях, стеблях, корнях и почве различных экологических зон установлено, что растения стевии, выращиваемые на различных участках, различаются по уровню содержания изучаемых химических элементов (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в надземных и подземных органах стевии, почве среднего Предуралья, мг/кг

Место выращивания вида	Способ размножения	Сырьё	Mn	Fe	Zn	Cu
г. Ижевск	семенной	листья	382,6	933,5	30,7	1,2
		стебли	89,0	66,4	18,7	1,4
		корни	115,5	230,7	25,0	2,3
		корни через месяц	40,1	83,0	22,3	2,7
	вегетативный	листья	383,2	730,6	38,5	2,3
		стебли	40,7	63,4	14,5	2,2
		корни	42,8	76,3	25,8	2,5
		корни через месяц	22,7	22,7	20,2	3,8
д. Ныргында	семенной	листья	144,4	256,1	14,6	1,2
		стебли	33,1	76,6	9,0	1,0
		корни	83,9	989,8	5,5	0,9
		корни через месяц	12,5	171,4	13,1	3,2
	вегетативный	листья	164,4	710,2	16,0	1,8
		стебли	27,5	165,5	9,4	1,4
		корни	20,4	303,9	12,3	1,1
		корни через месяц	17,3	108,8	23,9	2,1
ПДК			-	-	50	10
г. Ижевск	почва	1503,2	5319,4	36,0	9,5	
д. Ныргында		1205,8	2340,1	31,5	9,5	
ПДК			500	3800	23,0	3,0

В листьях стевии, собранных из разных экологических зон, содержание элементов не превышает установленных ПДК.

В почвенных образцах г. Ижевска, по сравнению с условно экологически чистым районом д. Каракулино содержание элементов выше,

к тому же наблюдалось превышение ПДК по цинку в 1,56 и 1,36 раза, а по меди в 3,2 раза.

С увеличением концентрации элемента в почве его концентрация в растении возрастает до некоторого предела. Высокое содержание Mn, отмечено в листьях стевии, не зависимо от способа размножения и места выращивания. При семенном способе размножения в листьях стевии, в изучаемых местах выращивания содержание Fe высокое. Корневые системы часто содержат больше Zn, чем надземные части, в особенности, если растение выросло на почве, богатой Zn. При оптимальном содержании Zn в почве, этот элемент может перемещаться из корней и накапливаться в верхних частях растений [5].

Концентрация Zn, в корнях стевии была несколько ниже, чем в листьях, то есть корни не обладали барьерной функцией в отношении этого элемента. Такое распределение Zn в стевии, по-видимому, связано с недостатком его подвижных форм в изучаемых почвах.

Характер накопления тяжелых металлов в надземной части растений стевии показывает неодинаковый уровень накопления эссенциальных элементов.

Ряды накопления микроэлементов (по степени снижения содержания) в надземных и подземных органах стевии представлены в таблице 2.

Результаты исследований надземной части и корней стевии не зависят от места выращивания позволили распределить исследуемые элементы в ряд по убыванию следующим образом: Fe>Mn>Zn>Cu.

Для выявления аккумуляции исследуемого металла в стевии нами использован коэффициент транслокации.

Корни играют роль барьера между корнями и надземными органами, предотвращая поступление большого количества элементов в надземные

части. Подтверждением этого служат результаты расчета коэффициента транслокации.

Таблица 2 – Ряды накопления микроэлементов в надземных и подземных органах стевии и коэффициент транслокации

Место выращивания вида	Способ размножения	Часть растения	Ряды накопления Коэффициент транслокации
г. Ижевск	семенной	листья	$\underline{\text{Fe}}^* > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^* > \underline{\text{Cu}}^{**}$ 4,1 3,3 1,2 0,5
		стебли	$\underline{\text{Mn}}^{**} > \underline{\text{Fe}}^{**} > \underline{\text{Zn}}^{**} > \underline{\text{Cu}}^{**}$ 0,8 0,3 0,8 0,6
		корни	Fe>Mn>Zn>Cu
		корни через месяц	Fe=Mn>Zn>Cu
	вегетативный	листья	$\underline{\text{Fe}}^* > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^* > \underline{\text{Cu}}^{**}$ 9,6 9,0 1,5 0,9
		стебли	$\underline{\text{Fe}}^{**} > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^{**} > \underline{\text{Cu}}^*$ 0,8 1,0 0,6 10,9
		корни	Fe>Mn>Zn>Cu
		корни через месяц	Mn>Fe>Zn>Cu
д. Нырғында	семенной	листья	$\underline{\text{Fe}}^* > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^{**} > \underline{\text{Cu}}^{**}$ 0,3 1,7 0,6 0,9
		стебли	$\underline{\text{Fe}}^{**} > \underline{\text{Mn}}^{**} > \underline{\text{Zn}}^* > \underline{\text{Cu}}^*$ 0,1 0,4 1,6 1,1
		корни	Fe>Mn>Zn>Cu
		корни через месяц	Fe>Zn>Mn>Cu
	вегетативный	листья	$\underline{\text{Fe}}^* > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^* > \underline{\text{Cu}}^*$ 2,3 8,1 1,3 1,6
		стебли	$\underline{\text{Fe}}^{**} > \underline{\text{Mn}}^* > \underline{\text{Zn}}^{**} > \underline{\text{Cu}}^*$ 0,5 1,4 0,8 1,3
		корни	Fe>Mn>Zn>Cu
		корни через месяц	Fe>Mn>Zn>Cu

* – коэффициент транслокации больше 1 (биоаккумуляция элемента); ** – коэффициент транслокации меньше 1 (физиологический барьер, препятствующий поступлению элемента в ткани растения)

В изучаемых нами элементах (Mn, Fe, Zn, Cu) выявлен выраженный физиологический барьер, препятствующий их поступлению к ассимилирующим и генеративным органам растений в условиях г. Ижевска при семенном способе выращивания.

Для оценки интенсивности поглощения химических элементов растениями стевии из почвы были рассчитаны коэффициенты накопления (табл. 3).

Согласно шкалы И.А. Авессаломова (1987), к элементам сильного накопления ($10 > K_n > 1$) можно отнести Zn в листьях стевии при вегетативном способе выращивания в г. Ижевске. В остальных изучаемых вариантах этот коэффициент, как в надземных, так и в подземных органах слабого накопления или среднего захвата ($1 > K_n > 0,1$).

Таблица 3 – Коэффициенты накопления микроэлементов в надземных и подземных органах стевии

Место выращивания	Способ размножения	Часть растения	Mn	Fe	Zn	Cu
г. Ижевск	семенной	листья	0,3	0,2	0,9	0,1
		стебли	0,1	0,0	0,5	0,2
		корни	0,1	0,0	0,7	0,3
		корни через месяц	0,0	0,0	0,6	0,3
	вегетативный	листья	0,3	0,1	1,1	0,2
		стебли	0,0	0,0	0,4	0,2
		корни	0,0	0,0	0,7	0,3
		корни через месяц	0,0	0,0	0,6	0,4
д. Нырғында	семенной	листья	0,1	0,1	0,5	0,1
		стебли	0,0	0,0	0,3	0,1
		корни	0,0	0,4	0,2	0,1
		корни через месяц	0,0	0,1	0,4	0,3
	вегетативный	листья	0,1	0,3	0,5	0,2
		стебли	0,0	0,1	0,3	0,2
		корни	0,0	0,1	0,4	0,1
		корни через месяц	0,0	0,1	0,8	0,2

Чтобы оценить данные по концентрации тяжелых металлов сравнивали со значениями ПДК нормируемых элементов, разработанных для чая и лекарственных растений: Cu (10 мг/кг) и Zn (50 мг/кг) [14].

Обнаружено, что содержание этих элементов в листьях стевии из изучаемых районов было значительно ниже их ПДК.

Выводы

Растения стевии способны к регуляции потока тяжелых металлов, что позволяет им, с одной стороны, активно противостоять избыточному поступлению токсичных элементов и с другой стороны – избирательно кумулировать эссенциальные элементы.

Литература

1. Авессаламов И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: Учебно методическое пособие/ И.А. Авессаламов. – М.: Изд-во Московского Университета, 1987. – 108 с.
2. Алексеев В.П. Медовая трава Каа – хэ // Бюллетень всесоюзного научно - исследовательского института чая и субтропических культур: Вып. 1. – Махарадзе, 1956. С. 168–169.
3. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. М: Наука, 1985. С. 7–20.
4. Дзюба О.О. *Stevia Rebaudiana* (Bertoni) Hemsley – новый для России источник натурального сахарозаменителя // Растительные ресурсы: Т. 34, вып. 2. – Спб.: Наука, 1998. С. 86–91.
5. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях /А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Корниенко А.В., Жужжалова Т.П., Знаменская В.В., Булавин Н.И. перспективный заменитель сахара // Сахарная свекла. 1993. Вып. 1. - С. 35-36.
7. Листов С.А. О содержании тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / С.А. Листов, Н.В. Петров, А.П. Арзамасцев // Фармация. – 1992. № 2. – с. 19-25.
8. Ляховкин А.Г., Николаев А.П., Учитель В.Б. Стевия – медовая трава. – Спб.: Весь, 1999. – 67 с.
9. Методические указания, РД 52.18.191-89, Москва, Государственный комитет по гидрометеорологии СССР, 1990. – 32 с.
10. Ноздрюхина А.Р., Гринкевич Н.И. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М.: Изд-во «Наука», 1980. С. 74.
11. Пецуха В.С. Изучение элементного состава крапивы коноплевой / В.С. Пецуха, Е.П. Чебыкин, Г.М. Федосеева // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – №6. – С. 88-90.
12. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2001. 180 с.
13. Суханова М.А. Качественный и количественный состав дитерпеновых гликозидов линий *Stevia Rebaudiana* Bertoni при различных условиях выращивания // Ботанические исследования на Камчатке: Материалы I и II сессий камчатского отделения Русского ботанического общества. – Петропавловск – Камчатский, 2004. - С. 153-156.

14. Трухачев В. И., Стародубцева Г. П., Безгина Ю. А., Любая С. И., Веселова М. В. Перспективы выращивания стевии и производство продукции на ее основе // Вестник АПК Ставрополя. 2012. Вып. 1(5). С. 22–25.

References

1. Avessalamov I.A. Geohimicheskie pokazateli pri izuchenii landshavtov: Uchebno metodicheskoe posobie/ I.A. Avessalamov. – M.: Izd-vo Moskovskogo Universiteta, 1987. – 108 s.
2. Alekseev V.P. Medovaja trava Kaa – hje // Bjulleten' vsesojuznogo nauchno - issledovatel'skogo instituta chaja i subtropicheskikh kul'tur: Vyp. 1. – Maharadze, 1956. S. 168–169.
3. Vinogradov A.P. Osnovnye zakonomernosti v raspredelenii mikrojelementov mezhdru rastenijami i sredoj // Mikrojelementy v zhizni rastenij i zhivotnyh. M: Nauka, 1985. S. 7–20.
4. Dzjuba O.O. Stevia Rebaudiana (Bertoni) Hemsley – novyj dlja Rossii is-tochnik natural'nogo saharozamenitelja // Rastitel'nye resursy: T. 34, vyp. 2. – Spb.: Nauka, 1998. S. 86–91.
5. Kabata-Pendias, A. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah /A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
6. Kornienko A.V., Zhuzhzhhalova T.P., Znamenskaja V.V., Bulavin N.I. perspektivnyj zamenitel' sahara // Saharnaja svekla. 1993. Vyp. 1. - S. 35-36.
7. Listov S.A. O sodержanii tjazhelyh metallov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e / S.A. Listov, N.V. Petrov, A.P. Arzamascev // Farmacija. – 1992. № 2. – s. 19-25.
8. Ljahovkin A.G., Nikolaev A.P., Uchitel' V.B. Stevija – medovaja trava. – Spb.: Ves', 1999. – 67 s.
9. Metodicheskie ukazanija, RD 52.18.191-89, Moskva, Gosudarstvennyj komitet po gidrometeorologii SSSR, 1990. – 32 s.
10. Nozdrjuhina A.R., Grinkevich N.I. Narushenie mikrojelementnogo obmena i puti ego korrekcii. M.: Izd-vo «Nauka», 1980. S. 74.
11. Pecuha V.S. Izuchenie jelementnogo sostava krapivy konoplevoj / V.S. Pecuha, E.P. Chebykin, G.M. Fedoseeva // Sibirskij medicinskij zhurnal. – 2008. –№6. – S. 88-90.
12. SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovanija bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevych produktov. M., 2001. 180 s.
13. Suhanova M.A. Kachestvennyj i kolichestvennyj sostav diterpenovyh glikozidov linij Stevia Rebaudiana Bertoni pri razlichnyh uslovijah vyra-shhivanija // Botanicheskie issledovanija na Kamchatke: Materialy I i II sessij kamchatskogo otdelenija Russkogo botanicheskogo obshhestva. – Petropavlovsk – Kamchatskij, 2004. - S. 153-156.
14. Truhachev V. I., Starodubceva G. P., Bezgina Ju. A., Ljubaja S. I., Veselova M. V. Perspektivy vyrashhivanija stevii i proizvodstvo produkcii na ee osnove // Vestnik APK Stavropol'ja. 2012. Vyp. 1(5). S. 22–25.