

УДК 633.66:581.192

UDC 633.66:581.192

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

СПЕЦИФИКА АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В *STEVIA REBAUDIANA*

SPECIFICITY OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN *STEVIA REBAUDIANA*

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
Удмуртский научный центр УрО РАН, Удмуртия, Ижевск, 426067, ул. Т. Барамзиной, 34

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

Проведен анализ накопления и распределения тяжелых металлов в сырье стевии, выращенной в разных агроэкологических районах. Элементы, присутствующие в почвах, всегда имеют комплексное действие на растение и при этом усиливают или ослабляют действие друг друга. Растения стевии способны к регуляции потока исследуемых тяжелых металлов, в ассимилирующих органах накапливают оптимальное количество элементов, необходимых для и их роста и развития не зависимо от условий выращивания

The analysis of the accumulation and distribution of heavy metals in the stevia raw material grown in different agroecological regions is carried out. The elements present in the soils always have a complex effect on the plant and at the same time enhance or weaken each other's action. Plants of stevia are able to regulate the flow of the heavy metals under study, assimilating organs accumulate the optimal number of elements necessary for their growth and development, regardless of the growing conditions

Ключевые слова: СТЕВИЯ, АККУМУЛЯЦИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Keywords: STEVIA, ACCUMULATION, HEAVY METAL

Doi: 10.21515/1990-4665-134-043

Введение

Среди большого разнообразия новых культур особое место занимает стевия – *Stevia rebaudiana*, благодаря своим вкусовым качествам и лечебным свойствам, которые делают его необходимым для здорового питания.

Стевия – это 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 [1,2,3].

Как отмечала Дзюба О.О. (1998), первые исследования химического состава стевии были проведены немецкими учеными Р. Rasenackи 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 [2].

По данным Ляховкина А.Г. (1999) и Трухачева В.И. и др. (2012) листья богаты содержанием микро и макроэлементами [4,5].

Следует учитывать, что большинство микро- и ультрамикроэлемента можно отнести к тяжелым металлам [1,4,6], и употребление терминов «тяжёлые металлы» и «микроэлементы» определяется их концентрацией в организмах и окружающей среде [6,7]. Главными факторами, определяющими концентрацию элементов в тканях растений, считаются: уровень содержания элемента в почвенном покрове; количество биодоступной формы элемента в почве; видовая принадлежность растения, фаза его развития и распределение элемента по органам. Большая часть, поглощённых растениями тяжёлых металлов аккумулируется в тканях корня, что является одним из механизмов защиты надземных органов растений [4].

Следует помнить, что 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 [6], поэтому тяжёлые металлы представляют большую опасность для здоровья

населения в силу своей токсичности и способности мигрировать в системе «почва–растение–человек».

В ранних работах авторов изучены особенности и возделывания данного растения в разных агроэкологических условиях Удмуртии. Было установлено, что культура стевии на юге республики обладает лучшим ростом, однако и в центральной части республики показатели продуктивности при рассадном способе выращивания не уступают таковым при возделывании в центрально-черноземном районе. Изучение зависимости урожайности от способа размножения (семенной или вегетативный), выявило преимущество вегетативного способа получения рассады стевии [8,9,10,11].

Цель работы – определить особенности накопления и распределения тяжелых металлов: марганца, железа, цинка, меди в растительном сырье стевии, выращенной в разных агроэкологических условиях.

Объект, методы и методика исследований

Объектом исследований служили растения стевии полученные вегетативным и семенным путем, выращенные на участках с различными почвенно-климатическими условиями.

Изучалось накопление и распределение марганца, цинка, железа и меди в различных органах и почвах.

Характеристика почвенных участков представлена в таблице 1.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Местоположение	Mn	Fe	Zn	Cu
г. Ижевск	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

Образцы растительного материала и почвы были отобраны в конце вегетации. Отбор образцов проводили в сухую погоду. Сбор, сушка, и

подготовка образцов к химическому анализу проводилась по стандартной методике.

Содержание в растительном сырье кислоторастворимых подвижных форм изучаемых металлов, а также концентрации этих металлов в отдельных органах растений, образцы почв были определены и проанализированы методом атомной абсорбции.

Для выявления аккумуляции исследуемых металлов в стевии нами использован коэффициент биологического накопления (КБН).

Результаты и обсуждения

Анализ литературных данных показал, что почва как основа экотопа в значительной мере определяет макро- и микроэлементный химический состав произрастающих на ней растений [12]. Многие авторы отмечают видовые различия в характере металлоаккумуляции у растений. Миграция металлов в системе «почва-растение» определяется типом почв, свойствами почвообразующих пород, а также спецификой вида растений, погодными условиями [13].

Результаты наших исследований показывают что, в условиях г. Ижевска в почвенных образцах содержание элементов выше по сравнению с условно экологически чистым районом д. Каракулино (табл. 1). Содержание подвижной формы Mn в исследуемых почвах наблюдается превышение ПДК, принятой за 500 мг/кг [14]. Концентрация железа превышает фоновый показатель, равный 3800 мг/кг [15] в г. Ижевске. Превышение ПДК по цинку (23,0 мг/кг) в г. Ижевск – 1,56 и д. Ныргында – 1,36 раза, а по меди в 3,2 разав обоих почвенных образцах, по меди – 3 мг/кг [16].

Элементы, присутствующие в почвах, всегда имеют комплексное действие на растение и при этом усиливают или ослабляют действие друг друга (табл. 2).

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

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в надземных и подземных органах стевии, 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
	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
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
	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
ПДК			-	-	50	10

ПДК для чая и лекарственных растений: Cu – 10мг/кг и Zn – 50 мг/кг [17].

Содержание меди в органах *Stevia rebaudiana* , уменьшается в ряду: корни→стебель → листья (рис. 1).

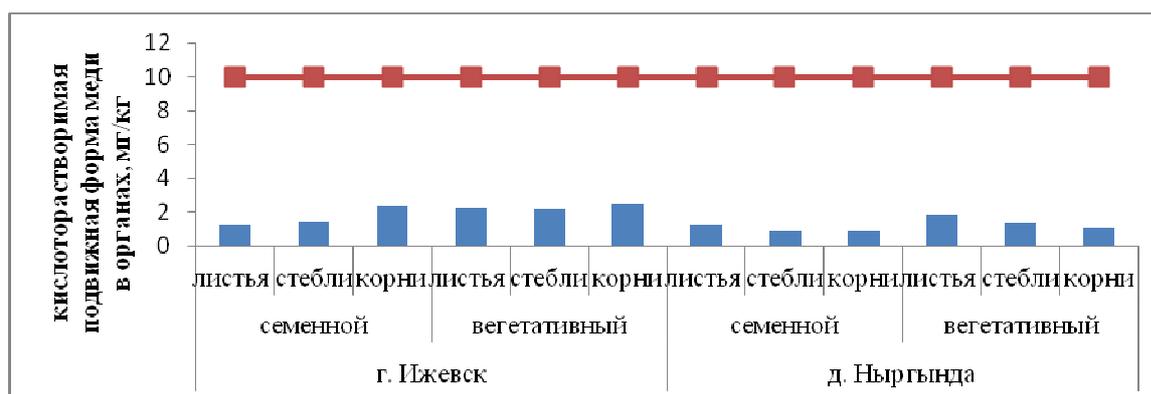


Рисунок 1 Содержание кислоторастворимой подвижной формы меди в органах *Stevia rebaudiana*

Корень является барьером в транспортировке меди в надземные части растения. Интенсивность поглощения меди снижается с увеличением его концентрации в почвах. Это объясняется существованием механизмов,

регулирующих накопление и распределение металлов между корнями и надземными органами [18].

Как видно из рисунка 2 концентрация цинка в органах стевии не превышает предельно допустимую концентрацию, равную 50 мг/кг [17].

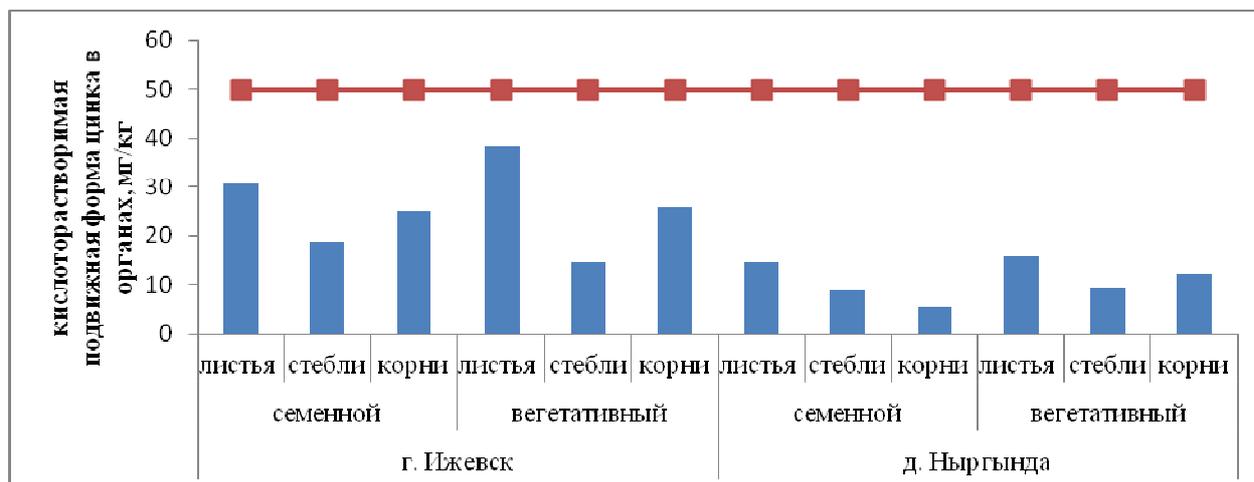


Рисунок 2 Содержание кислоторастворимой подвижной формы цинка в органах *Steviarebaudiana*

Цинк по органам стевии распределяется иначе: листья → стебель → корни (рис. 3), то есть подземные органы не защищают растения от избыточного поступления элемента.

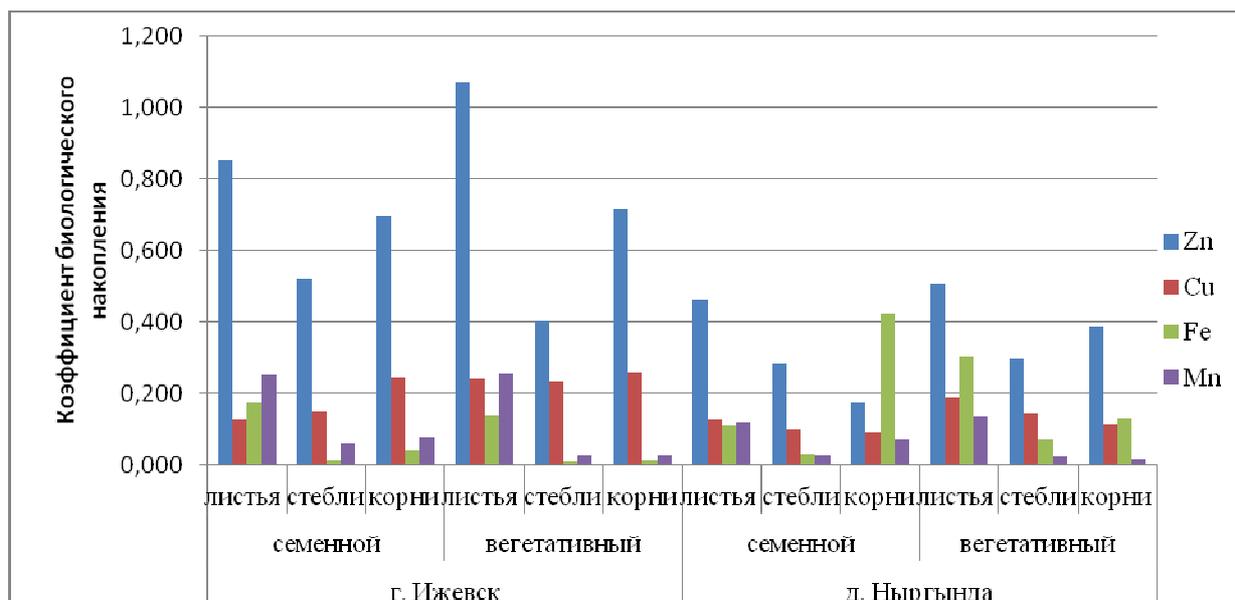


Рисунок 3 Коэффициент биологического накопления в органах *Stevia rebaudiana*

Для оценки интенсивности поглощения химических элементов, растениями стевии из почвы был рассчитан коэффициент накопления (рис. 3). По степени уменьшения коэффициента накопления элементы образуют следующий ряд: Zn>Cu>Fe>Mn.

Выводы

Таким образом, содержание тяжелых металлов в сырье стевии, собранном в различных местах выращивания, не превышает ПДК. Растения стевии способны к регуляции потока исследуемых тяжелых металлов, в ассимилирующих органах накапливают оптимальное количество элементов, необходимых для их роста и развития независимо от условий выращивания.

Литература

1. Алексеев В.П. Медовая трава Каа – хэ // Бюллетень всесоюзного научно - исследовательского института чая и субтропических культур: Вып. 1. – Махарадзе, 1956. С. 168–169.
2. Дзюба О.О. *SteviaRebaudiana* (Bertoni) Hemsley – новый для России источникнатурального сахарозаменителя // Растительные ресурсы: Т. 34, вып. 2. – Спб.: Наука, 1998. С. 86–91.

3. Корниенко А.В., Жужжалова Т.П., Знаменская В.В., Булавин Н.И. перспективный заменитель сахара // Сахарная свекла. 1993. Вып. 1. - С. 35-36.
4. Ляховкин А.Г., Николаев А.П., Учитель В.Б. Стевия – медовая трава. – Спб.: Весь, 1999. – 67 с.
5. 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.
6. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В. Содержание микроэлементов и низкомолекулярных антиоксидантов в чае // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 155 – 168.
7. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. М: Наука, 1985. С. 7–20.
8. Филиппова А.Р., Федоров А.В., Зорин Д.А. Опыт и перспективы выращивания стевии в Удмуртской Республике // Наука, инновации и образование в современном АПК: Материалы Международной научно-практической конференции. В 3 т. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. Т.1. С. 103-106.
9. Филиппова А.Р., Федоров А.В., Зорин Д.А. Особенности интродукции стевии в Удмуртской республике // Тезисы докладов III (XI) Международной Ботанической конференции молодых ученых. СПб: БИН РАН, 2015. С. 165.
10. Филиппова А. Р., Федоров А. В., Зорин Д.А. Влияние природно-климатических условий вегетационного периода 2014–2015 гг. на рост и продуктивность стевии (*Stevia rebaudiana*) в условиях Удмуртской Республики // Коняевские чтения: сборник материалов V Юбилейной международной научно-практической конференции (26–28 ноября 2015 г.). Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2016. С. 367-369.
11. Федоров А.В., Зорин Д.А., Филиппова А.Р. Биологические особенности продуктивность стевии (*Stevia rebaudiana* Bertoni) в условиях Удмуртской Республики // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы X симпозиума. Т. 1. Пушкино, 17 – 21 июня 2013 г. М.: РУДН, 2013. С. 46 – 49 .
12. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
13. Алексеева-Попова Н.В. Накопление цинка, марганца, железа в растениях при разном уровне меди в среде // Растения в экстремальных условиях минерального питания. — Л.: Наука, 1983. — С. 54—64.
14. Гукалов В.Н., Блюченко И.С., Демченко М.М. Динамика валового и подвижного марганца в системе агроландшафта // Экологический вестник Северного Кавказа. Т. 2, № 2, 2006. — С. 55—75.
15. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др., Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекериса. — М.: Колос, 2000. — 536 с.
16. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — М.: ЦИНАО, 1992. — 61 с.
17. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2001. 180 с.
18. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. СПб., 2011. 368 с.

References

1. Alekseev V.P. Medovaja trava Каа – hje // Вjulleten' vsesojuznogo nauchno - issledovatel'skogo instituta chaja i subtropicheskikh kul'tur: Vyp. 1. – Maharadze, 1956. S. 168–169.

2. Džjuba O.O. *SteviaRebaudiana* (Bertoni) Hemsley – novyj dlja Rossii istochniknatura'nogo saharozamenitelja // Rastitel'nye resursy: T. 34, vyp. 2. – Spb.: Nauka, 1998. S. 86–91.
3. Kornienko A.V., Zhuzhshalova T.P., Znamenskaja V.V., Bulavin N.I. perspektivnyj zamenitel' sahara // Saharnaja svekla. 1993. Vyp. 1. - S. 35-36.
4. Ljahovkin A.G., Nikolaev A.P., Uchitel' V.B. Stevija – medovaja trava. – Spb.: Ves', 1999. – 67 s.
5. 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.
6. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Filippova A.V. Soderzhanie mikrojelementov i nizkomolekuljarnyh antioksidantov v chae // Himija rastitel'nogo syr'ja. 2014. № 2. S. 155 – 168.
7. Vinogradov A.P. Osnovnye zakonomernosti v raspredelenii mikrojelementov mezhdurastenijami i sredoj // Mikrojelementy v zhizni rastenij i zhivotnyh. M: Nauka, 1985. S. 7–20.
8. Filippova A.R., Fedorov A.V., Zorin D.A. Opyt i perspektivy vyrashhivanija stevii v Udmurtskoj Respublike // Nauka, innovacii i obrazovanie v sovremennom APK: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 3 t. Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaja GSHA, 2014. T.1. S. 103-106.
9. Filippova A.R., Fedorov A.V., Zorin D.A. Osobennosti introdukcii stevii v Udmurtskoj respublikе // Tezisy dokladov III (XI) Mezhdunarodnoj Botanicheskoj konferencii molodyh uchenyh. SPb: BIN RAN, 2015. S. 165.
10. Filippova A. R., Fedorov A. V., Zorin D.A. Vlijanie prirodno-klimaticeskikh uslovij vegetacionnogo perioda 2014–2015 gg. na rost i produktivnost' stevii (*Stevia rebaudiana*) v uslovijah Udmurtskoj Respubliki // Konjaevskie chtenija: sbornik materialov V Jubilejnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (26–28 nojabrja 2015 g.). Ekaterinburg: Ural'skij GAU, 2016. S. 367-369.
11. Fedorov A.V., Zorin D.A., Filippova A.R. Biologičeskie osobennosti produktivnost' stevii (*Stevia rebaudiana* Bertoni) v uslovijah Udmurtskoj Respubliki // Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija: materialy X simpoziuma. T. 1. Pushhino, 17 – 21 ijunja 2013 g. M.: RUDN, 2013. S. 46 – 49 .
12. Il'in V.B. Tjzhelye metally v sisteme pochva – rastenie. – Novosibirsk: Nauka, 1991. – 151 s.
13. Alekseeva-Popova N.V. Nakoplenie cinka, marganca, zheleza v rastenijah pri raznom urovne medi v srede // Rastenija v jekstremal'nyh uslovijah mineral'nogo pitaniya. — L.: Nauka, 1983. — S. 54—64.
14. Gukalov V.N., Bljuchenko I.S., Demchenko M.M. Dinamika valovogo i podvizhnogo marganca v sisteme agrolandshafta // Jekologičeskij vestnik Severnogo Kavkaza. T. 2, № 2, 2006. — S. 55—75.
15. Chernikov V.A., Aleksahin R.M., Golubev A.V. i dr., Agrojekologija / Pod red. V.A. Chernikova, A.I. Chekerisa. — M.: Kolos, 2000. — 536 s.
16. Metodičeskie ukazanija po opredeleniju tjzhelyh metallov v pochvah sel'hozogodij i produkcii rastenievodstva. — M.: CINAO, 1992. — 61 s.
17. SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigieničeskie trebovanija bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevych produktov. M., 2001. 180 s.
18. Bitjuckij N.P. Mikrojelementy vysshih rastenij. SPb., 2011. 368 s.