

## Особенности накопления микроэлементов в тканях *Fragaria Viridis* (Duch.) Weston

**Ю.А. Докучаева**, аспирантка, **А.В. Филиппова**, д.б.н., профессор, Оренбургский ГАУ; **М.А. Сафонов**, д.б.н., профессор, Оренбургский ГПУ

Изучение физиологической роли 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 [1].

Многие химические элементы являются эссенциальными и принимают участие в процессах метаболизма. В то же время целый ряд химических элементов относится к тяжёлым металлам, которые в повышенных дозах проявляют токсические свойства. Выявление значения химических элементов в организмах, их значения для животных организмов является актуальной проблемой современной биологии и экологии. Особое значение для науки и практики имеет изучение механизмов и закономерностей влияния загрязнителей, в том числе тяжёлых металлов, на растения, произрастающие в зоне влияния промышленных предприятий.

Известны исследования о содержании химических элементов в тканях земляники зелёной. Однако в них представлены неполные сведения, а именно не учтён коэффициент транслокации – важный для роста и развития растений [2].

**Цель настоящего исследования** – провести сравнительный анализ содержания микроэлементов в почве и растительном сырье земляники зелёной, собранной в различных экологических условиях. Задача исследования – определить наличие микроэлементов в почве и растениях, рассчитав при этом коэффициент транслокации.

**Объект исследования.** Для исследования были собраны вегетативные органы растения (корневище с корнями) земляники зелёной и образцы почвы в месте её произрастания в различных фитоценозах оренбургского Предуралья.

Земляника зелёная, или клубника (*Fragaria viridis*), – многолетнее травянистое растение семейства розоцветных (*Rosacea*) с толстым бурым корневищем, густо одетым остатками отмерших листьев. Горизонтальные ползучие побеги – усы – короткие. Цветки белые, до 20 мм в диаметре, с подчашием, с многочисленными тычинками и пестиками. Чашелистики прижаты к плоду и частично охватывают его лепестки 5–10 мм длиной. Цветёт в конце весны и первой половине лета. С лечебной целью используются плоды, листья, цветки и корневища. Земляника зелёная является мезоксерофитом и встречается по всей степной зоне Оренбургской области.

Листья клубники применяются как обезболивающие, ранозаживляющие, а также улучшающие обмен веществ, способствующие выведению солей из организма, являются источником витаминов, микроэлементов и макроэлементов, используются для приготовления настоев, настоек и чаёв [2].

Определение содержания микроэлементов в надземных, подземных органах и почве проводили атомно-абсорбционным методом в межкафедральной комплексной аналитической лаборатории Оренбургского ГАУ [3]. Особо важную роль при изучении химической изменчивости растений играет состав почвы.

При исследовании растений и почв в первую очередь представляли интерес такие элементы, как марганец, цинк, кобальт, никель, хром и медь, принимающие участие в процессах метаболизма в растениях и животных организмах. Кроме того, указанные химические элементы принимают участие в процессах общего обмена, а также в метаболизме

и в образовании некоторых групп биологически активных соединений.

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

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:  $Cu^{2+} + e \rightarrow Cu^+$ .

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.

Кобальт находится в тканях растений в ионной ( $Co^{2+}$ ,  $Co^{3+}$ ) и комплексной форме. Содержание кобальта в среднем составляет 0,00002%. Кобальт активирует ферменты симбиотической фиксации азота, участвует в фосфорилировании, входит в состав витамина  $B_{12}$ .

Никель поступает в растения в виде иона  $Ni^{2+}$ , но может также находиться в виде  $Ni^+$  и  $Ni^{3+}$ . Роль никеля для высших растений как микроэлемента была доказана недавно. Никель активирует ряд ферментов, в т.ч. нитратредуктазу, оказывая стабилизирующее влияние на структуру рибосом.

Содержание хрома в растениях составляет в среднем 0,005% (по массе). В растениях хром повышает содержание хлорофилла и продуктивность фотосинтеза в листьях, играет важную роль в биосинтезе нуклеиновых кислот и белков [4].

Следует помнить, что функции микроэлементов в организме растений и животных разнообразны. Высокие концентрации тяжёлых металлов негативно воздействуют на метаболизм. Известно два молекулярных механизма токсического действия тяжёлых металлов: 1) образование активных форм

кислорода, что достаточно типично для металлов с переменной валентностью (Cu, Fe, Mn, Co и другие); 2) блокирование функциональных групп в биомолекулах (в основном сульфгидридных), что в основном характерно для таких редокс-неактивных тяжёлых металлов, как кадмий. Действие на растения повышенных концентраций редокс-неактивных металлов также нередко приводит к повышению перекисного окисления липидов.

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 [5–7].

**Результаты исследования и их обсуждение.** По результатам исследования микроэлементов в листьях, корневищах с корнями и почве различных экологических зон установлено, что растения земляники зелёной, произрастающие на различных участках, различаются по уровню содержания изучаемых химических элементов (табл. 1). При этом в листьях земляники зелёной, собранной в Оренбургской области, содержание элементов не превышает установленных ПДК.

Повышенное содержание Zn отмечено в листьях земляники зелёной, произрастающей на остепнённых лугах в окрестностях промышленного предприятия, и в корневищах исследуемого вида, заготовленных на остепнённых лугах в пойме р. Урала (окр. с. Нежинка).

Пониженное содержание Mn и Co обнаружено в вегетативных органах и почве. Указанное свидетельствует о влиянии экологических условий в месте произрастания на уровень накопления микроэлементов растениями земляники зелёной.

При  $KT < 1$  у растения, видимо, срабатывает механизм вида. При этом известно, что корни растения способны задерживать химические элементы в тканях паренхимы коры или связывать их в хелаты, что позволяет защитить генеративные

1. Содержание микроэлементов в надземных и подземных органах *Fragaria viridis* (Duch.) Weston, почве оренбургского Предуралья, мг/кг

Местообитание вида	Сырьё	Элемент					
		Mn	Zn	Co	Ni	Cr	Cu
Остепнённые суходольные луга (окр. гелиевого завода г. Оренбурга)	листья	0,147	6,136	0,120	0,122	0,076	0,169
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окр. с. Нежинка Оренбургской области)	листья	0,175	4,305	0,075	0,140	0,126	0,217
Остепнённые суходольные луга (окр. гелиевого завода г. Оренбурга)	корневища	0,168	5,423	0,080	0,069	0,047	0,300
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окр. с. Нежинка Оренбургской области)	корневища	0,146	5,302	0,076	0,088	0,056	0,236
Остепнённые суходольные луга (окр. гелиевого завода г. Оренбурга)	почва	0,154	4,361	0,131	0,144	0,137	0,200
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окр. с. Нежинка Оренбургской области)	почва	0,133	3,060	0,147	0,169	0,140	0,245
ПДК			10	–	0,5	0,2	5,0

2. Среднее содержание микроэлементов в растениях, мг/кг

Микроэлемент	Показатель
Mn	10
Zn	20
Co	2
Ni	2
Cr	50
Cu	20

3. Коэффициент транслокации

Местообитание	Химический элемент	Коэффициент транслокации
Остепнённые суходольные луга (окрестности гелиевого завода г. Оренбурга)	Mn*	1,1
	Zn*	1,4
	Co**	0,9
	Ni**	0,8
	Cr**	0,5
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окрестности с. Нежинка Оренбургской области)	Mn*	1,3
	Zn*	1,4
	Co**	0,5
	Ni**	0,8
	Cr**	0,9
	Cu**	0,8

Примечание: \* – коэффициент транслокации больше 1 (биоаккумуляция элемента). \*\* – коэффициент транслокации меньше 1 (физиологический барьер, препятствующий поступлению элемента в ткани растения)

органы от негативного воздействия повышенного количества токсикантов.

При анализе данных, представленных в таблицах 2 и 3, установлено, что количество микроэлементов в собранном сырье листьев земляники зелёной в первую очередь определяется уровнем содержания микроэлементов в почве. Достоверная зависимость (КТ) рассчитана для Zn (КТ=1,4), Ni (КТ=0,8), Cu (КТ=0,8).

Коэффициент транслокации цинка составляет 1,4, что указывает на биоконцентрацию данного элемента в тканях земляники зелёной.

Коэффициент транслокации хрома в растениях земляники зелёной составил 0,9 в окрестностях гелиевого завода г. Оренбурга и 0,5 в окрестностях с. Нежинка Оренбургской области, что свидетельствует о существовании физиологического барьера, препятствующего избыточному накоплению хрома в надземной части.

Коэффициент транслокации марганца в надземной массе земляники зелёной составляет 1,1 в окрестностях гелиевого завода г. Оренбурга и 1,3 в окрестностях с. Нежинка. Величины коэффициентов транслокации свидетельствуют о биоконцентрации данного элемента в ассимилирующих и генеративных органах земляники зелёной.

Коэффициенты транслокации никеля в растениях земляники зелёной в окрестностях гелиевого завода г. Оренбурга и в окрестностях с. Нежинка

Оренбургской области указывают на наличие физиологического барьера (КТ=0,8).

Содержание кобальта в надземной части земляники зелёной в окрестностях гелиевого завода г. Оренбурга и в окрестностях с. Нежинка отличается значительно (табл. 1). Коэффициент транслокации свидетельствует о наличии физиологического барьера для кобальта (0,5 и 0,9).

Коэффициент транслокации меди в системе «почва–растение» равен 0,8, что свидетельствует о наличии физиологического барьера, препятствующего поступлению меди в ткани растений земляники.

Вышеперечисленное указывает на способность растений земляники зелёной контролировать поток микроэлементов, поступающих из почвы, с целью защиты генеративных и ассимилирующих органов от токсического действия высоких концентраций тяжёлых металлов.

**Выводы.** 1. Содержание микроэлементов (Cu, Cr, Ni, Co, Zn, Mn) в сырье земляники зелёной, собранном в различных экотопах степной зоны оренбургского Предуралья, имеет незначительные отличия. Среднее содержание микроэлементов в надземных и подземных органах земляники зелёной зависит от местообитания вида и экологических факторов.

2. Для трёх элементов из шести исследуемых отмечена достоверная зависимость между уровнем накопления микроэлементов в листьях земляники зелёной и общим количеством элемента в почве, что подтверждается коэффициентами транслокации (КТ) для Zn (КТ=1,4), Ni (КТ=0,8) и Cu (КТ=0,8).

3. Таким образом, растения земляники зелёной накапливают в генеративных и ассимилирующих органах оптимальное количество микроэлементов, необходимых для их роста и развития.

**Литература**

1. Ноздрюхина А.Р., Гринкевич Н.И. Нарушение микроэlementного обмена и пути его коррекции. М.: Изд-во «Наука», 1980. С. 74.
2. Зайцева В.Н., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. К вопросу содержания микроэлементов в надземных органах *Fragaria viridis* (Duch.) Weston оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (28). 240 с.
3. ГОСТ 30692-2000 Атомно-абсорбционный метод определения тяжёлых металлов. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии, сертификации. Минск, 2000.
4. Чикенёва И.В., Абузарова Ю.В. Содержание тяжёлых металлов в побочной продукции полевых культур в условиях техногенного воздействия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 280–282.
5. Докучаева Ю.А., Машкова А.А. Биоморфологические особенности *Fragaria viridis* (Duch.) Weston оренбургского Предуралья // Наука Красноярья. 2012. № 5 (05). С. 37–43.
6. Немерешина О.Н. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 230–234.
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.