

Накопление и распределение химических элементов в растениях *Taraxacum officinale* Wigg. (Забайкальский край)

Accumulation and distribution of chemical elements in plants of *Taraxacum officinale* Wigg. (Transbaikal Territory)

Лескова О. А., Бондаревич Е. А., Коцюржинская Н. Н.

Leskova O. A., Bondarevich E. A., Kotsyurzhinskaya N. N.

Читинская государственная медицинская академия, г. Чита, Россия.

E-mails: leskova-olga@inbox.ru; ev.bond123@gmail.com; kotsyurzhinskaya@inbox.ru

Chita State Medical Academy, Chita, Russia

Реферат. В работе приведены данные исследований по содержанию химических элементов в почвах и растениях *Taraxacum officinale* Wigg., произрастающего на территории Забайкальского края. Проведено сравнение содержания химических элементов с предельно допустимыми концентрациями. Рассчитаны коэффициенты: накопления, корневого барьера, транслокации.

Ключевые слова. Забайкальский край, коэффициент корневого барьера, коэффициент накопления, коэффициент транслокации, химические элементы, *Taraxacum officinale*.

Summary. The paper presents research data on the content of chemical elements in soils and the plant *Taraxacum officinale* Wigg., which grows on the territory of the Transbaikal Territory. The content of chemical elements is compared with the maximum permissible concentrations. The coefficients of accumulation, root barrier, and translocation are calculated.

Key words. Accumulation coefficient, chemical elements, root barrier coefficient, Transbaikal Territory, translocation coefficient, *Taraxacum officinale*.

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg., семейство Asteraceae) – многолетнее травянистое лекарственное растение. Лекарственным сырьем являются корни, которые заготавливают ранней весной или осенью. Химический состав представлен тритерпеновыми соединениями, стеринами, витаминами, смолами, углеводами. Настои широко применяются при лечении заболеваний ЖКТ, кожных заболеваниях, почечнокаменной болезни и др. (Рабинович, 1987; Шмерко, Мазан, 1996). Так как данный вид имеет широкое распространение и применение, то актуальным становится вопрос об экологической чистоте заготавливаемого сырья. На территории Забайкальского края основными загрязнителями окружающей среды являются: сельскохозяйственные предприятия, строительство дорог, предприятия электроэнергетики и добыча минерального сырья (Чудновская, 2013).

Исследования проводились в 2018 г. на территории Забайкальского края (Калганский район). Отбор проб проводился в фазу цветения (3-кратная повторность). Отбирались здоровые, без внешних повреждений растения. Исследование элементного состава в растительных образцах проводили в лаборатории рентгеновских методов анализа в институте геохимии СО РАН (г. Иркутск). Анализ почвенных образцов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Perkin Elmer NexION 300D (США) в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита).

Для оценки доступности химических элементов были рассчитаны следующие коэффициенты: 1) КН (коэффициент накопления) – отношение содержания химического элемента в подземной части растения к его валовому содержанию в почве; 2) Ккб (коэффициент корневого барьера) – отношение содержания элемента в подземной части к их концентрации в надземной части; 3) КТ (ко-

эффицент транслокации) – отношение содержания элемента в надземной части растений к его содержанию в корнях.

Для определения возможного источника загрязнения лекарственных растений в районе исследования определяли валовое содержание некоторых химических элементов в почве (табл. 1). Источниками загрязнения почв исследуемого района является добыча и переработка полезных ископаемых на территории района исследования. Было обнаружено, что по некоторым химическим элементам отмечается превышение ПДК. Содержание хрома превышает ПДК в 1,42 раза, марганца – 1,63, меди – 3,47, цинка – 100, бария – 3,37, свинца – 327,7 раз. Наиболее опасные значения были зафиксированы для свинца и цинка.

Таблица 1

Содержание химических элементов техноземах, мг/кг (валовые формы)

	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
почва	15000	600	142	2440	47700	14	191	10000	299	101	9830
ПДК	29600*	5000	100	1500	46500*	85	55	100	340*	30	30

Примечания: приведены кларки химических элементов по А. П. Виноградову (Касимов, Власов, 2015).

Для выявления технического загрязнения химическими элементами исследовались надземная и подземная фитомассы растений. Полученные результаты исследования представлены в таблице 2. В настоящее время нет нормативно-правовых документов, регламентирующих содержание тяжелых металлов в лекарственном сырье. Наиболее близким эталоном ПДК для лекарственного растительного сырья служат соответствующие ограничения для сухих овощей и фруктов (Предельно-допустимые ..., 1986; Пименова, Шелепова, 2004). Для оценки ПДК по свинцу и кадмию были использованы данные, предложенные Государственной Фармакопеей (Определение содержания ..., 2021).

Таблица 2

Содержание химических элементов в надземных и подземных органах *Taraxacum officinale*, мг/кг

Металл	Надземная фитомасса	Подземная фитомасса	ПДК для сухих овощей, мг/кг	ОФС
Ca	16460	9970	-	-
Ti	250	398	-	-
Cr	3	6	-	-
Mn	115	134	-	-
Fe	2700	3800	-	-
Ni	3	4	-	-
Cu	6	12	5	-
Zn	22	40	10	-
Sr	216	177	-	-
Ba	32	88	-	-
Pb	< 3	< 3	0,4	6,0

Как видно из полученных результатов, наибольшее накопление химических элементов зафиксировано в подземной фитомассе растений, что, вероятно, связано с почвенным загрязнением. В надземной фитомассе *Taraxacum officinale* содержание цинка составляет 22 мг/кг, в подземной фитомассе – 40 мг/кг, что превышает ПДК в 2,2 и 4 раза соответственно. Аналогичная особенность зафиксирована по меди, концентрация которой превысила ПДК в наземной фитомассе в 1,2 раза, в подземной – в 2,4 раза.

Для анализа аккумулирующей способности вида и барьерной функции был рассчитан коэффициент накопления ($KH = C_{\text{корней}} / C_{\text{почв}}$) (табл. 3). Данный коэффициент характеризует корневое поступление ионов химических элементов в системе почва-растение. Если $KH < 1$, то активно работает корневой барьер и преобладает почвенное загрязнение. Если $KH > 1$, то элемент легко попадает в рас-

тение и, вероятнее всего, имеет место не только почвенное, но и атмосферное загрязнение (Сибиркина, 2012; Жуйкова, Зиннатова, 2014; Афанасьева, Аюшина, 2018). Как видно из полученных результатов, $KH > 1$ только для кальция, для всех других исследуемых элементов $KH < 1$, что свидетельствует о барьерной функции корня.

Таблица 3

Оценка степени концентрации химических элементов в надземных и подземных органах *Taraxacum officinale*

Металл	КН	Ккб	КТ
Ca	1,1	0,6	1,7
Ti	0,4	1,6	0,6
Cr	0,02	2	0,5
Mn	0,05	1,2	0,9
Fe	0,06	1,4	0,7
Ni	0,2	1,3	0,8
Cu	0,03	2	0,5
Zn	0,002	1,8	0,6
Sr	0,72	0,8	1,22
Ba	0,3	2,75	0,4
Pb	-	-	

Коэффициент корневого барьера (Ккб) меньше единицы зафиксирован для кальция и стронция. Для всех других исследуемых элементов значение этого коэффициента выше единицы, причем максимальная величина Ккб зафиксирована для бария. Следует отметить, что полученные данные согласуются с результатами других исследователей (Мяделец и др., 2015).

Известно, что при величине транслокационного коэффициента $\ll 1$ можно говорить о фиксации элемента в корнях растения. Если значение коэффициента ≈ 1 , то считается, что элемент распределен по растению равномерно, если $КТ \gg 1$, то это свидетельствует о накоплении элемента в надземных органах (Ветрова, Леоничева, 2018). Чем выше коэффициент транслокации, тем в большей степени растение подходит для целей ремедиации (Тамахина, Локьяева, 2015). Как видно из результатов исследования, $КТ \gg 1$ отмечен для кальция. Для марганца и стронция данный коэффициент приближен к единице. Другие химические элементы сконцентрированы в подземной фитомассе растения ($Кт < 1$). Известно, что тяжелые металлы, как правило, аккумулируются в подземной части растений, не переходя полностью в надземную. Это связано с процессами хелатирования и, следовательно, с уменьшением подвижности элемента в биологических объектах.

Таким образом, накопление химических элементов в технозомах на территории Забайкальского края характеризуются высокой степенью загрязнения и превышением ПДК для хрома, марганца, меди, цинка, свинца. Наибольшее содержание элементов зафиксировано в подземной части *Taraxacum officinale*. У данного вида растения хорошо развиты защитные механизмы поступления элементов в надземную часть растения. Надземная фитомасса данного вида активно аккумулирует кальций, в меньшей степени стронций и марганец.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьева Л. В., Аюшина Т. А. Накопление и распределение микроэлементов в растениях *Arctostaphylos uva-ursi* // Химия растительного сырья, 2018. – № 3. – С. 123–128.

Ветрова О. А., Леоничева Е. В. Влияние минерального питания на барьерные функции растений земляники по отношению к тяжёлым металлам // Плодоводство и ягодоводство России: Сборник науч. работ, 2018. – Т. 52. – С. 100–107.

Жуйкова Т. В., Зиннатова Э. Р. Аккумулирующая способность растений в условиях техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами // Поволжский экологический журнал, 2014. – № 2. – С. 196–207.

Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География, 2015. – № 2. – С. 7–17.

Мяделец М. А., Сиромля Т. И., Сысо А. И. Элементный состав *Chelidonium majus* L. городских экосистем (на примере г. Новосибирска и г. Искитима) // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. – № 10(185). – С. 221–224.

Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. ОФС.1.5.3.0009.15. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallor-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah>

Пименова М. Е. Шелепова М. Е. Природное разнообразие содержания тяжёлых металлов в дикорастущих лекарственных растениях в сравнении с нормативами ПДК // Современные проблемы природопользования, охотведения и звероводства, 2004. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnoe-raznoolbrazie-soderzhaniya-tyazhyolyh-metallor-v-dikorastuschih-lekarstvennyh-rasteniyah-v-sravnenii-s-normativami-pdk>

Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах (Сан ПиН 42-123-4089-86). – М.: МЗ СССР, 1986. – 182 с.

Рабинович М. И. Лекарственные растения в ветеринарной практике. – М.: Агропроиздат, 1987. – 288 с.

Сибиркина А. Р. Содержание никеля в травах соснового бора Семипалатинского Прииртышья Республики Казахстан // Вестник СПбГУ, 2012. – Сер. 3, вып. 3. – С. 38–44

Тамахина А. Я., Локьяева Ж. Р. Особенности накопления тяжелых металлов *Inula helenium* L. в условиях умеренного техногенного загрязнения // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2015. – № 4(88) – С. 16–21.

Чудновская Г. В. Роль эколого-биологических характеристик лекарственных растений Восточного Забайкалья в оценке продуктивности их сырья // Научные ведомости, 2013. – № 24, вып. 25. – С. 57–65.

Шмерко Е. П., Мазан И. Ф. Практическая фитотерапия. – Минск: Лечприрода, 1996. – 640 с.