МИКРОЭЛЕМЕНТЫ-БИОФИЛЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ СЕВЕРНОГО АЛТАЯ

Ельчининова О.А., Рождественская Т.А., Черных Е.Ю.

Исследовано содержание микроэлементов-биофилов (Mn, Zn, Cu), тяжелых металлов (Pb, Cd, Sb, Be, Hg,Cr, Ni) и As в дикорастущих лекарственных растениях Северного Алтая из 21 ботанического семейства. Установлено, что концентрация микроэлементов-биофилов, тяжелых металлов и мышьяка в лекарственных растениях Северного Алтая находится в пределах фоновых значений и не превышает допустимых уровней. Общим для всех изученных видов растений является следующий убывающий ряд поглощения: Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Hg > As. Элементный химический состав растений исследованной территории можно рассматривать как отражение биогеохимической ситуации экологически чистого региона с ненарушенными естественными биогеохимическими циклами элементов.

ВВЕДЕНИЕ

Флора Северного Алтая, благодаря благоприятным природно-климатическим условиям, отличается многочисленностью и большим разнообразием. В последние годы большое внимание уделяется экологической чистоте заготавливаемого лекарственного сырья. Значительная удаленность Горного Алтая от крупных промышленных центров, практически полное отсутствие собственной промышленности дают основания сделать предположения об экологической чистоте заготавливаемого в этом регионе лекарственного сырья.

В формировании элементного химического состава растений участвуют два ведущих фактора – генетический и экологический. В зависимости от обстоятельств их соотношение меняется. Если геохимическая обстановка соответствует требованиям растений, то в элементном химическом составе, главным образом, отражается влияние генетического фактора. При этом, как отмечает В.Б. Ильин [1], осуществляется генотипическая программа поглощения химических элементов, выдерживается качественный и количественный регламент насыщения тканей ионами. Экологический же фактор мешает этому, особенно в тех случаях, когда среда обитания обогащена соединениями этих элементов.

Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека, включая и гигиеническое качество получаемых продуктов. Дело усугубляется тем, что высшие растения без каких-либо признаков отравления и патологических изменений могут содержать опасные для животных и человека концентрации химических элементов. Поэтому знание природных концентраций элементов в растениях дает возможность судить о состоянии чистоты или загрязненности региона.

Еще в большей степени это касается лекарственных растений. Вместо ожидаемого положительного эффекта можно нанести человеческому организму непоправимый вред при использовании экологически загрязненного лекарственного сырья, потому что лекарственные растения используются не только как сырье для фармацевтической промышленности, но и непосредственно населением в качестве настоек, отваров, втираний, порошков и др.

Цель настоящих исследований – определить содержание микроэлементов-биофилов (Mn, Zn, Cu), тяжелых металлов (Pb, Cd, Sb, Be, Hg,Cr, Ni) и As в дикорастущих лекарственных растениях Северного Алтая и дать эколого-биогеохимическую оценку лекарственного сырья Северного Алтая.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРНОГО АЛТАЯ

Северный Алтай занимает северные окраины Алтайской горной страны. На его территории преобладает низкогорный и среднегорный рельеф. Ландшафты в восточной части – лесные, чаще - таежные, в западной – лесостепные. Климат отдельных долин Северного Алтая характеризуется большим разнообразием. Среднегодовая температура преимущественно положительная, изменяется от 3,6°С (на побережье Телецкого озера) до -0,3°С (в долине р. Бии). Средняя температура января колеблется от -10°С до -20°С, июля – от 16°С до 18°С. Продолжительность безморозного периода – от 80 до 120 дней. Период активной вегетации при среднесуточной температуре выше 10°С составляет 90-110 дней. Сумма температур за этот период – от 1100° до 2100 °С. Годовое количество осадков колеблется от 900-1000 мм на северо-востоке до 400-600 мм в южных районах. Продолжительность

устойчивого снежного покрова от 130 до 215 дней.

Северный Алтай подразделяется на Северный и Северо-Восточный районы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись дикорастущие лекарственные растения Северного Алтая, 52 видов, 21 ботанического семейства.

Предметом исследования являлись микроэлементы-биофилы (Mn, Zn, Cu), тяжелые металлы (Pb, Cd, Sb, Be, Hg,Cr, Ni) и As.

Определение содержания химических элементов в растениях производили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре фирмы Perkin Elmer.

Полученные результаты обработаны вариационно-статистическим методом. В статье приняты следующие обозначения: n- число дат, Min- минимальное значение, Max - максимальное значение; X- средняя арифметическая; m - ошибка средней арифметической; V, %- коэффициент вариации.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ-БИОФИЛЫ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ СЕВЕРНОГО АЛТАЯ

Каждый из химических элементов, поглощаемых растениями, выполняет в физиологических процессах определенные функции. По количественному признаку минеральные элементы делятся на следующие группы: макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы.

Марганец. Марганец – жизненно важный элемент. Разносторонняя и высокая биологическая роль марганца в организмах объясняется тем, что он входит в состав многих металлоферментов растений и животных. Ю.Г. Покатилов [2]обращает особое внимание на повышенное содержание марганца как на весомый дополнительный патогенетический фактор (при недостатке йода) зобной эндемии в Прибайкалье. Сходные данные о роли марганца ранее были опубликованы В.В. Ковальским [3].

В теле взрослого человека содержится 12 мг ($1,6\times10^{-5}$ %) марганца. Марганец концентрируется в костях (43%),остальное - в мягких тканях, в т.ч.и в мозге [4].

В зависимости от видовой принадлежности и места обитания растения накапливают марганца от единиц до сотен и даже тысяч мг/кг сухой массы. При концентрации этого элемента в растениях от 20 до 70 мг/кг организмы животных функционируют нормально [5]. Уровень содержания марганца в растениях Северного Алтая колеблется от 5 до 746 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1

Вариационно-статистические показатели содержания микроэлементов-биофилов в лекарственных растениях Северного Алтая, мг/кг

Вариационно-статистические показатели	Mn	Zn	Cu
Северный Алтай			
n	45	44	45
min	5	11,0	1,4
max	140	57,0	17,0
X	46	25,4	6,9
m	4	1,8	0,5
V,%	65,0	47,3	49,3
Северо-Восточный Алтай			
n	24	25	25
min	8	11,0	2,0
max	746	76,0	26,0
X	98	35,6	7,1
m	38	3,5	1,0
V,%	192,3	49,4	73,1
В целом по Северному Алтаю			
n	69	69	70
min	5	11	1,4
max	746	76	26,0
X	64	29,1	7,0
m	14	1,8	0,4
V,%	178,2	51,5	58,8

Высокие концентрации элемента присущи Ledum palustre и Vaccinium vitis-ideae, которые относятся к группе растений-манганофилов [6]. Минимальные концентрации марганца обнаружены в надземной части Carum carvi и корнях Glycyrrhiza uralensis.

Оценивая уровень содержания марганца в исследованных лекарственных растениях, можно констатировать, что по этому показателю они не отличаются от растений других регионов.

Цинк. Основные функции цинка в растениях связаны с метаболизмом углеводов, протеинов и фосфатов, а также с образованием ауксина, ДНК и рибосом. Растения содержат обычно 15-150 мг/кг сухой массы. С ростом концентрации элементов в почве количество его в растениях увеличивается. В индустриальных районах уровни содержания цинка в растениях могут существенно превышать фоновые. Предположительно максимальное содержание цинка в растениях 300 мг/кг воздушно-сухой массы [7].

Цинк обладает слабой фитотоксичностью, которая обнаруживается только при существенном увеличении его содержания в почве. Появление признаков токсичности цинка у растений наступает при содержании его в тканях 300-500 мг/кг сухого вещества [8].

В лекарственных растениях Северного Алтая минимальные и максимальные концентрации цинка различаются примерно в 5-6 раз, средние значения концентраций элемента различаются незначительно (см. табл. 1). Максимальные концентрации отмечены в корнях Bergenia crassifolia, Paeonia anomala, Inula helenium.

Медь. Биохимические функции меди очень многообразны. Но в высоких концентрациях медь может оказывать токсическое действие на организм [8].

Благоприятное содержание меди в растениях важно как для здоровья самих растений, так и для их использования в питании человека и животных. В обзоре В.Б. Ильина и Л.А. Юдановой [7] приводятся сведения о нормальном содержании меди в растениях – 3-40 мг/кг воздушно-сухой массы, а предположительно максимальном – 150 мг/кг.

Содержание меди в растительности южной части Западной Сибири в редких случаях превышает 10 мг/кг. В представителях лесного разнотравья преобладают концентрации, равные 2-8 мг/кг, довольно много (6-8 мг/кг) меди в сныти, папоротнике, хвоще, мхах; кустарничках – манганофилах. Сельскохозяйственные культуры содержат также неодинаковое количество меди: повышенные концентрации свойственны бобовым, меньше меди в зерновых культурах (2,5-5,8 мг/кг) [9].

Концентрация меди в растениях Северного Алтая варьирует в широких пределах (см. табл. 1), в тоже время средние содержания по районам различаются незначительно: от 7,2 мг/кг в Северо-Восточном Алтае до 7,9 мг/кг в Северном. Минимальное содержание элемента обнаружено в растениях сем. Crassulaceae и Saxifragaceae, максимальное – в растениях сем. Laminaceae и Asteraceae.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЫШЬЯК В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ СЕВЕРНОГО АЛТАЯ

Если для биогенных элементов размах приемлемых концентраций в среде обитания растений очень широк, то для микро- и ультрамикроэлементов, относящихся преимущественно к группе тяжелых металлов, оптимальный или безвредный интервал концентрации узок [8].

Свинец. Хотя в природных условиях свинец присутствует во всех растениях, выявить какую-либо его роль в метаболизме не удалось. В последнее время свинец привлекает большое внимание как один из главных компонентов химических загрязнений среды и как элемент, токсичный для растений. В растение свинец поступает двумя путями; поглощается корнями и листьями.

В обзоре В.Б. Ильина и Л.А. Юдановой [7] приводятся концентрации свинца в растениях, принятые за нормальные – 0,1-5 мг/кг воздушно-сухой массы, а предположительно максимальные – 10 мг/кг.

Обычное содержание свинца в сельскохозяйственных культурах, используемых в пищу, находится в пределах 1-5 мг/кг сухого вещества [10].

В исследованных лекарственных растениях Северного Алтая концентрация свинца варьировала от 0,1 до 5,7 мг/кг (табл.2), но не превышала допустимый уровень, который составляет 6,0 мг/кг для БАДов на растительной основе [11].

В литературе нами не найдены допустимые уровни токсичных элементов непосредственно для лекарственных растений.

Кадмий. Кадмий – элемент чрезвычайно высокой токсичности. Ионы кадмия обладают большой подвижностью в почвах, легко транслоцируются в растения и по пищевым цепям поступают в организмы животных и человека. Соли кадмия обладают мутагенными и канцерогенными

свойствами и представляют потенциальную генетическую опасность. В питании человека и животных кадмий представляет собой кумулятивный яд.

Нормальное содержание кадмия в растениях 0,05-0,2 мг/кг воздушно-сухой массы, предположительно максимальное – 3 мг/кг [7].

Нормальное содержание кадмия в растениях 0,05-0,2 мг/кг воздушно-сухой массы, предположительно максимальное – 3 мг/кг [7].

Вопрос о максимально допустимом пределе содержания кадмия в растительных пищевых продуктах является предметом широкой дискуссии.

В основной массе исследованных образцов содержание кадмия колебалось от 0,004 до0,056 мг/кг и лишь в 2-х образцах (Pulmonaria molissima и Inula helenium) превышало допустимый уровень, который составляет 1,0 мг/кг [11].

Сурьма не считается жизненно важным для растений элементом. Среднее содержание ее в надземной части растений оценивается в 0,06 мг/кг [5].

В половине исследованных растений Алтая содержание сурьмы не превышало 0,06 мг/кг. Повышенное содержание этого элемента обнаружено в Ledum palustre, Ribes nigrum, Urtica dioica, Fussilago farfara, Pentaphilloides fruticosa и особенно Melilotus officinalis, отобранном в окрестностях с. Камлак. Последнее требует дополнительных уточнений.

Бериллий. Бериллий, если он содержится в почве в растворимых формах, легко поглощается растениями. В естественных условиях его концентрация в растениях колеблется в пределах 0,001-0,4 мг/кг сухой массы [5].

Среднее содержание бериллия в растениях Северного Алтая составило 0,010±0,001мг/кг сухого вещества (см. табл. 2). Максимальная концентрация элемента обнаружена в корневищах Paeonia anomala.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях Северного Алтая

Вариационно-статистические показатели	Pb	Cd	Sb	Be	Hg	As
Северный Алтай						
n	43	26	16	11	26	17
min	0,1	0,004	0,038	0,0001	0,004	0,05
max	3,2	0,080	6,600	0,1190	0,036	0,33
X	1,9	0,020	0,730	0,0100	0,010	0,12
m	0,1	0,010	0,420	0,0010	0,001	0,02
V, %	36,3	77,2	231,6	201,8	56,5	77,7
Северо-Восточный Алтай						
n	25	25			25	8
min	0,1	0,010			0,010	0,04
max	5,7	1,600			0,120	0,27
X	1,8	0,170			0,010	0,11
m	0,2	0,070			0,001	0,02
V, %	66,1	219,1			112,3	63,3
В целом по Северному Алтаю						
n	68	51	16	11	51	25
min	0,1	0,010	0,038	0,0001	0,010	0,04
max	5,7	1,600	6,600	0,1190	0,120	0,33
X	1,8	0,090	0,730	0,0100	0,010	0,11
m	0,1	0,030	0,420	0,0010	0,001	0,01
V, %	48,4	276,3	231,6	201,8	101,1	72,2

Ртуть в небольших количествах всегда присутствует в растениях. Физиологическая роль микроколичеств ртути, фиксируемых в тканях растений, еще недостаточно ясна. Растения существенно различаются по способности поглощать и накапливать ртуть. Концентрация ртути в растениях на незагрязненных почвах колеблется от 0,005 до 0,05 мг/кг

В растениях, произрастающих в загрязненных районах, может накапливаться гораздо больше ртути, чем в нормальных условиях.

В исследованных нами растениях концентрация ртути варьировала от 0,001 до 0,0,010 мг/кг.

Максимальные содержания ртути отмечены в Hypericum ascyron (0,120 мг/кг). Допустимый уровень ртути 0,1 мг/кг [11].

Мышьяк входит в состав растений, но его биохимическая роль практически не изучена. Предполагается, что мышьяк поглощается растениями вместе с водой, однако возможно и активное поглощение мышьяка..

Концентрация мышьяка в растениях, произрастающих на незагрязненных почвах, изменяется в пределах 0,00-1,5 мг/кг сухой массы. В условиях загрязнения растения могут накапливать экстремально высокие количества мышьяка, свыше 6000 мг/кг сухой массы [5].

Концентрация мышьяка в исследованных нами растениях варьирует в широких пределах от <0,05 до 0,33 мг/кг, но не превышает допустимый уровень, который составляет 0,5 мг/кг [11].

ВЫВОДЫ

1. Концентрация химических элементов в лекарственных растениях Северного Алтая находится в пределах фоновых значений и не превышает допустимых уровней.

2. Общим для всех исследованных нами видов растений является следующий убывающий ряд поглощения: Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Hg > As.

3. Элементный химический состав растений Северного Алтая можно рассматривать как отражение биогеохимической ситуации экологически чистого региона с ненарушенными естественными биогеохимическими циклами элементов.

Литература

1.*Ильин В.Б., Юданова Л.А*. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах. Часть II. Процессы биоаккумуляции и экотоксикология. Новосибирск, 1989. С. 6.-47.

2.*Покатилов Ю.Г.* Биогеохимия элементов, ноогеография юга Средней Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение. 1992. 168 с.

3.*Ковальский В.В.,* Андрианова Г.А. Микроэлементы в почвах СССР. М.: Наука, 1970. 179 с.

4.*Велданова М.В*. Роль некоторых струмогенных факторов внешней среды в возникновении зобной эндемии // Микроэлементы в медицине. 2000. С. 17-25.

5.*Кабата-Пендиас А., Пендиас Х*. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

6.*Мальгин М.А*. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1978. 272 с.

7.*Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.

8.*Алексеев Ю.В*. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.

9.*Ильин В.Б*. Элементный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 130 с.

10.*Ковда В.А*. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 263 с.

11.СанПиН 23.2.1078-01. С. 74.

12.*Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.

BIOPHIL MICROELEMENTS AND HEAVY METALS IN MEDICINAL PLANTS OF NORTH ALTAI

Elchininova O.A., Rozhdestvenskaya T.A.,Chernykh., E.Yu.

The content of biophil microelements (Mn, Zn, Cu), heavy metals (Pb, Cd, Sb, Be, Hg,Cr, Ni) and As in wild medicinal plants from 21 botanic families of north Altai was studied. It was found that the concentration was within the limits of background values and did not exceed the allowable level. The decreasing absorption series Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Hg > As was common for all plant species studied. The elemental chemical composition of plants on the area under investigation can be considered as the reflection of biochemical situation in the ecologically clean region with the undisturbed natural biochemical cycles of elements.