

АККУМУЛЯЦИЯ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОГЕННЫХ РАЙОНАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

© 2010 Л.В. Копылова

Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Чита

Поступила в редакцию 28.04.2010

В статье приводятся результаты изучения накопления железа и марганца в листьях древесных растений в условиях техногенного воздействия горно-обогатительных комбинатов Забайкальского Края. Проанализированы изменения содержания железа и марганца в листьях древесных растений на различных участках. Рассматривается возможность использования результатов данных исследований в озеленении городов для биологической очистки окружающей среды.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, железо, марганец, древесные растения*

Важнейшей экологической проблемой современности, возрастающей с каждым годом, является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Поступление ТМ в атмосферу оказывает негативное воздействие на почвы и растения, и представляет угрозу для здоровья человека. Древесные растения могут выступать в роли естественного универсального фильтра, способного предохранять окружающую среду от загрязнения, т.к. они извлекают и концентрируют в своих тканях различные элементы, поэтому их используют для выявления уровня накопления тяжелых металлов как одного из источников техногенного загрязнения. Химический состав растений отражает элементный состав почв, но не повторяет его, так как они избирательно поглощают необходимые элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями [13]. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами ТМ, количество которых, в свою очередь, тесно связано с буферностью почв. Способность почв связывать и инактивировать ТМ имеет свои пределы, когда они уже не справляются с поступающим потоком металлов, важное значение приобретает наличие у растений физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению [1]. Основными факторами, влияющими на поступление и накопление в растениях ТМ, являются: элемент и его концентрация в почвенном растворе, рН почвы, вид растения.

Механизмы устойчивости растений к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним толерантность, другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций. Для большинства растений первым барьерным уровнем являются корни, где задерживается наибольшее количество ТМ, следующий – вегетативные части растений (стебли и листья), и в меньшей степени металлы содержатся в

генеративных органах (цветок, семена, плоды). Поглощение ТМ через листья (фолиарное) иногда оказывает значительное воздействие на загрязнение растений. Это имеет практическое значение при загрязнении атмосферы выбросами ТМ.

Как известно, наиболее опасными токсичными ТМ являются элементы I группы опасности (Hg, Pb, Cd, Zn, As, Se, Be), которые, являясь примесными микроэлементами, вызывают различные нарушения и нередко приводят к гибели живых организмов. Наряду с этим важное значение приобретает содержание биогенных элементов, которые необходимы для нормального функционирования и жизнедеятельности живых организмов, в том числе и растений. К таким биогенным элементам относятся железо и марганец (III группа опасности) [1-3, 10].

Железо играет ведущую роль среди всех содержащихся в растениях тяжелых металлов. Среднее содержание железа в растениях составляет 0,02-0,08% (20-80 мг/кг сухой массы). Органические соединения, в состав которых входит железо, необходимы в биохимических процессах, происходящих при дыхании и фотосинтезе. Это объясняется очень высокой степенью их каталитических свойств. Неорганические соединения железа также способны катализировать многие биохимические реакции, а в соединении с органическими веществами каталитические свойства железа возрастают во много раз. Каталитическое действие железа связано с его способностью менять степень окисления. Атом железа окисляется и восстанавливается сравнительно легко, поэтому соединения железа являются переносчиками электронов в биохимических процессах. В основе реакций, происходящих при дыхании растений, лежит процесс переноса электронов. Процесс этот осуществляется ферментами – дегидрогеназами и цитохромами, содержащими железо. Железу принадлежит особая функция – непереносное участие в биосинтезе хлорофилла. Поэтому любая причина, ограничивающая доступность железа для растений, приводит к тяжелым заболеваниям, в частности к хлорозу. При нарушении и ослаблении фотосинтеза и дыхания вследствие недостаточного образования органиче-

ских веществ, из которых строится организм растения, и дефицита органических резервов, происходит общее расстройство обмена веществ. Поэтому при остром недостатке железа неизбежно наступает гибель растений. У деревьев и кустарников зеленая окраска верхушечных листьев исчезает полностью, они становятся почти белыми, постепенно усыхают. Недостаток железа наблюдается преимущественно на щелочных и известковых почвах, где высокие величины рН препятствуют его поглощению.

Марганец принимает активное участие в обмене веществ, улучшает физиологические процессы. Участвует в окислительных процессах, в восстановлении нитратов в процессе фотосинтеза, а также в антагонизме между марганцем и другими элементами, в частности с железом. Марганец входит в состав ферментов, повышает их активность. Среднее его содержание в растениях составляет 0,001%, (1 мг/кг сухой массы) тканей. Марганец накапливается в листьях. Установлено участие ионов этого металла в выделении кислорода (фоторазложение воды) и восстановлении CO_2 при фотосинтезе, также в синтезе витамина С. Марганец поступает в растение на протяжении всего вегетационного периода. При недостатке марганца в почвах (низкое содержание, неблагоприятные условия для усвоения марганца растениями) возникают заболевания растений, характеризующиеся в общем появлением на листьях растений хлоротичных пятен, которые в дальнейшем переходят в очаги некроза (отмирания). Обычно при этом заболевании происходит задержка роста растений и их гибель. Избыток марганца, так же как и его недостаток, неблагоприятно сказывается на растениях.

Из литературных источников [7] известно о существовании манганофиллов – растений, которые способны в больших количествах накапливать марганец (лютик золотистый, полынь лекарственная, некоторые папоротники, сосна, береза, пасленовые). Многочисленные исследования показали наличие определенной зависимости между железом и марганцем. При отсутствии марганца в растении накапливается избыток активного закисного железа, что вызывает хлороз вследствие отравления его железом. Высокая концентрация марганца приводит к понижению концентрации активного закисного железа. Железо мобилизуется в клетках в виде окисного органофосфорного соединения, в результате чего наступает хлороз, вызванный недостатком железа. Для нормальной жизнедеятельности растения железо и марганец должны находиться в соотношении (примерно 2:1) [2, 5, 6, 11, 12].

Целью наших исследований являлось изучить накопление ионов железа и марганца в листьях древесных растений произрастающих в районах с техногенным воздействием.

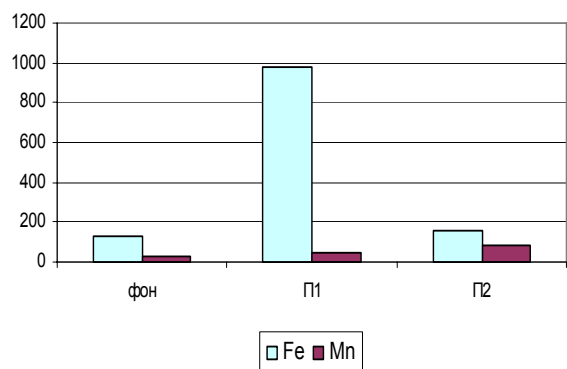
Мощным источником техногенного загрязнения являются горно-обогатительные комбинаты (ГОК), их воздействие на окружающую среду связано с горными работами, обогатительным и гидрометаллургическим комплексом, вспомога-

тельными производствами. Для исследования было выбрано по 3 участка прилегающих к Забайкальскому ГОК (недействующее предприятие) п. Первомайский (Шилкинский район) и Новоорловскому ГОК (действующее предприятие) п. Новоорловский (Агинский район). В пределах Забайкальского ГОК образцы взяты в сквере поселка Первомайский (П1), у цехов ГОК по переработке руды (П2) и рядом с недействующим заброшенным карьером (П3). В пределах Новоорловского ГОК образцы были взяты на пришкольном участке Новоорловской СОШ (Н1), у цехов ГОК по переработке руды (Н2), у дороги по которой перевозится руда из карьера к месту переработки (Н3). В качестве фонового участка выбрано с. Беклемишево (Читинский район), которое расположено на территории Ивано-Арахлейского государственного природного ландшафтного заказника, в 120 км северо-западнее г. Читы. При выборе участка учитывалась удаленность от города, наличие исследуемых видов растений, отсутствие в настоящее время антропогенных источников загрязнения.

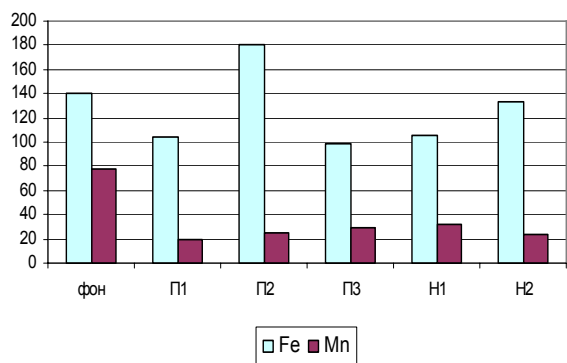
Объектами изучения служили 4 вида древесных растений, широко применяющихся в озеленении: *Populus balsamifera* L., *Ulmus pumila* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Caragana arborescens* Lam. У данных видов растений исследовали листья, собранные в июле 2009 г. Отбор образцов и их подготовка к элементарному анализу осуществлялись по общепринятым методикам [4, 8]. Содержание ионов железа и марганца определялось методом рентгенофлуоресцентного анализа (лаборатория рентгеновских методов анализа, институт геохимии СО РАН, г. Иркутск). Результаты статистически обработаны (ошибка отклонения в пределах нормы).

Анализ показал, что все исследуемые виды растений содержат ионы железа и марганца (рис. 1), однако соотношение железа и марганца (примерно 2:1) необходимое для нормальной жизнедеятельности растений обнаруживается не во всех районах исследования и часто связано с видовой специфичностью. Так для *Malus baccata* многократное превышение железа над марганцем наблюдается на участке П1 (рис. 1.1); у *Ulmus pumila* – на всех участках кроме фонового (рис 1.2). У *Caragana arborescens* подобные показатели отмечены рядом с цехом по переработке руды, как в п. Первомайский, так и в п. Новоорловский (рис. 1.3).

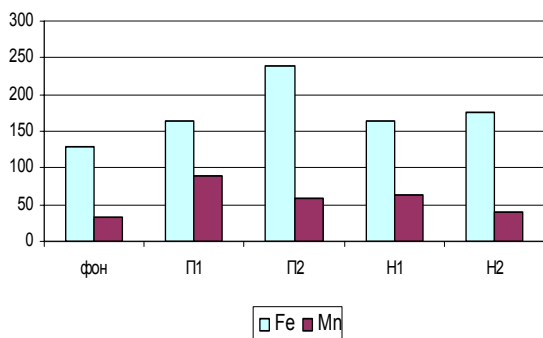
Во всех образцах зарегистрировано многократное превышение нормы содержания, как железа, так и марганца. На участке П1 для *Malus baccata* нами отмечено превышение ПДК для железа – 977 мг/кг сухой массы (ПДК Fe – 750 мг/кг сухой массы) [9]. Возможно, это связано с повышенной антропогенной нагрузкой на данном участке, так как он с четырех сторон окружен дорогой с активным движением автотранспорта. На участке Н3 обнаружено превышение ПДК марганца – 345 мг/кг сухой массы (ПДК Mn – 300 мг/кг сухой массы) [9]. На данном участке произрастает только *Populus balsamifera*, поэтому здесь приводим данные по содержанию марганца в листьях только одного вида древесных растений (рис. 1.4).



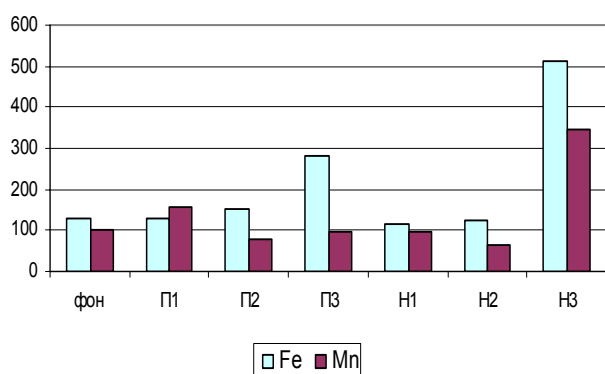
1.1. *Malus baccata* (L.) Borkh.



1.2. *Ulmus pumila* L.



1.3. *Caragana arborescens* Lam.



1.4. *Populus balsamifera* L.

Рис. 1. Среднее содержание железа и марганца в листьях древесных растений, мг/кг (июль, 2009 г.)

Повышенная концентрация элемента приурочена к дороге, по которой в настоящее время перевозится руда, что связано с антропогенной нагрузкой и значительным дополнительным поступлением марганца в окружающую среду. Оптимальное соотношение железа и марганца (примерно 2:1) отмечено нами для *Malus baccata* только на участке П2, для *Populus balsamifera* на участках П2 и Н2, у *Ulmus pumila* на фоновом участке, у *Caragana arborescens* только на участке П1, тем не менее в момент взятия проб у всех растений хлороз, как показатель нехватки элементов, не наблюдался.

Большое значение в поглощении ТМ имеет видовая принадлежность растений. Анализ 4-х видов древесных пород выявил отличия содержания в них данных элементов. Особенно четко различия проявляются в накоплении марганца. Максимальное содержание марганца наблюдается у *Populus balsamifera*, как на исследуемых участках, так и на фоновом. Минимальное содержание обнаружено у *Ulmus pumila* на всех участках наблюдения. Для *Caragana arborescens* и *Malus baccata* выявлены средние показатели по этому элементу. Содержание железа в исследуемых видах на фоновом участке практически равнозначное. Наблюдается равномерное повышение содержания данного элемента на участках П1, П2. Максимальное количество элемента соответствует участкам Забайкальского ГОК. Выявилась зависимость по марганцу на фоновом и исследуемых участках (рис. 2).

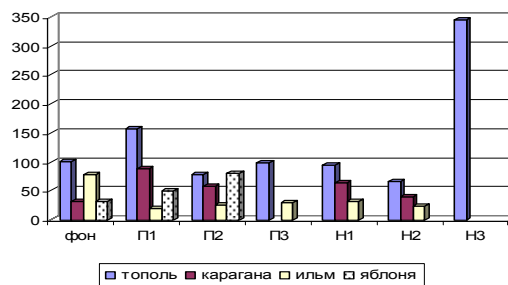


Рис. 2. Среднее содержание марганца в листьях древесных растений, мг/кг (июль, 2009 г.)

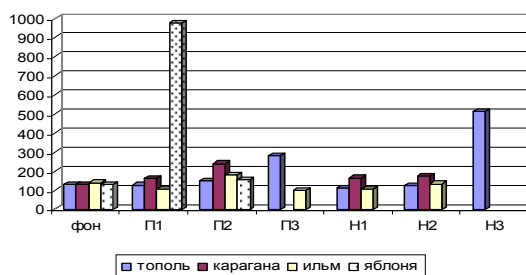


Рис. 3. Среднее содержание железа в листьях древесных растений, мг/кг (июль, 2009 г.)

Прямая зависимость у *Caragana arborescens* и *Malus baccata*: все исследуемые участки по марганцу превышают фоновые значения. У *Ulmus pumila* обратная зависимость: фоновая концентрация превышает все остальные. Для *Populus balsamifera*

ifera нами отмечено, как значительное превышение, так и снижение концентраций марганца по сравнению с фоновой. Ни на одном, их всех участков не наблюдается превышение содержания марганца во всех исследуемых видах по сравнению с фоновым участком. У *Caragana arborescens* во всех пунктах наблюдения содержание железа превышает фоновое (рис. 3).

У *Populus balsamifera* либо близко к фоновому на участках П1, Н2, Н3, либо превышает его на участках П3, Н3. У *Ulmus pumila* незначительные колебания содержания железа по отношению к фоновому участку; у двух видов отмечено многократное превышение фоновых значений: у *Malus baccata* на участке П1, у *Populus balsamifera* на участке Н3. В отличие от марганца фоновые концентрации железа в листьях исследуемых видов очень близки, и равномерное превышение их наблюдается на участке рядом с цехом по переработке руды Забайкальского ГОК. Таким образом, железо и марганец поглощается листьями разных видов древесных растений с разной интенсивностью.

Выводы:

1. Исследуемые древесные виды растений обладают неодинаковой способностью аккумулировать металлы и содержат различные количества железа и марганца. Поглощение элементов видоспецифично. Фоновая концентрация железа и марганца в листьях превышена у *Caragana arborescens*. По марганцу: превышена у *Malus baccata*, у *Ulmus pumila* ниже фоновой концентрации, а у *Populus balsamifera* нестабильна. По железу: нестабильно у *Ulmus pumila*, *Populus balsamifera*, *Malus baccata*. Содержание ТМ в условиях техногенного воздействия, по сравнению с незагрязненными территориями изменяется в более широких пределах.

2. На всех исследуемых участках наблюдается превышение средних концентраций железа и марганца. ПДК железа превышено у *Malus baccata* в сквере п. Первомайский, ПДК марганца превышено у *Populus balsamifera* произрастающего вдоль дороги действующего Новоорловского ГОК.

3. *Caragana arborescens* является активным накопителем железа и марганца в листьях, поэтому желательнее применение данного вида в озеленении населенных пунктов вблизи ГОК.

4. *Ulmus pumila* в условиях техногенного загрязнения накапливает железо и марганец в пределах

фоновых значений или даже ниже их, вероятнее всего это связано с защитным или барьерным механизмом накопления данных металлов, что также позволяет рекомендовать данный вид для озеленения населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Ильин, В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
3. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
4. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1965. – С. 126-140.
5. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Лебедев, С.И. Физиология растений. Учебник. – М.: Колос, 1982. – 463 с.
7. Леванидов, Л.Я. Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами танинов. – Челябинск: Челябинское книжное изд-во, 1961. – 187 с.
8. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 107 с.
9. Никитенко, М.А. Содержание цинка, меди, марганца и железа в древесных растениях в условиях малого промышленного города (на примере г. Сарапула Удмуртской республики) // «Исследовано в России» электрон. многопредм. науч. журн. 2007. С. 180-183. URL <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/017.pdf> (дата обращения 15.03.2010).
10. Орлов, Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.
11. Полевой, В.В. Физиология растений. Учебник. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
12. Рубин, Б.А. Курс физиологии растений. Учебник. – М.: Высшая школа, 1971. – 672 с.
13. Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – М.: Высшая школа, 2006. – 334 с.

ACCUMULATION OF IRON AND MANGANESE IN LEAVES OF WOODY PLANTS IN TECHNOGENIC AREAS OF ZABAIKALSKIY KRAI

© 2010 L.V. Kopylova
Zabaikalian State HimanitarianPedagogical University, Chita

In article results of studying the accumulation of iron and manganese in leaves of woody plants in conditions of technogenic influence of mountain-concentrating combines of Zabaikalskiy Krai are resulted. Changes of the maintenance of iron and manganese in leaves of wood plants on various sites are analysed. The opportunity of use of results of the given researches in municipal forestry for bioscrubbing an environment is considered.

Key words: heavy metals, iron, manganese, woody plants