

Характеристика видовых особенностей накопления марганца, цинка и кобальта древесными растениями Оренбуржья

О.А. Науменко, к.м.н., О.Я. Соколова, к.б.н., М.И. Кабышева, к.п.н., Е.В. Бибарцева, к.м.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ

Изучение состояния древесных и травянистых растений в связи с антропогенным загрязнением почвы промышленных регионов является весьма актуальным. Растения могут выступать в роли универсального биологического фильтра в оздоровлении микроклимата городов, способного предохранять окружающую среду от загрязнения. Они извлекают и концентрируют в своих тканях различные элементы, поэтому их используют для выявления уровня накопления тяжёлых металлов как одного из источников техногенного загрязнения [1]. Химический состав отражает элементный состав почв, но не повторяет его, так как растения избирательно поглощают необходимые элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями. Большинство тяжёлых металлов способны накапливаться в живых организмах, вызывая различные патологические изменения. Однако не все тяжёлые металлы обладают токсическим воздействием [2, 3]. Такие элементы, как Zn, Mg, Co, относятся к жизненно необходимым элементам и играют большую роль в обмене веществ, поскольку входят в состав Кофакторов ферментов [1, 4]. Поэтому целью исследования являлось проведение сравнительного анализа накопления подвижных форм марганца,

кобальта, цинка и антиоксидантной активности ферментов древесных и травянистых растений в районах с различной антропогенной нагрузкой данными металлами.

Материал и методы исследования. Для определения видовых особенностей накопления марганца, цинка и кобальта растениями был составлен и выполнен план сбора образцов почвы в трех районах города в соответствии с ГОСТом 17.4.4.02-82, количество проб соответствовало ГОСТу 17.4.3.01-83. Также с места сбора каждой пробы почвы были отобраны листья четырёх видов деревьев, преобладающих в структуре зелёных насаждений городской среды: *Ulmus pumula* L. (вяз мелколистный); *Fraxinus excelsior* L. (ясень обыкновенный); *Populus nigra* L. (тополь чёрный); *Betula pendula* L. (берёза бородавчатая) [2, 3, 5].

Количественное определение тяжёлых металлов в почве и листьях проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией спектрофотометром «Формула ФМ-400», активность каталазы и пероксидазы определялась фотоэлектродиметрическим методом [6].

Результаты исследования. В таблице 1 представлены результаты анализа содержания подвижных форм марганца в растениях трёх исследуемых районов. Как следует из представленной таблицы, отмечается нормальное содержание марганца в листьях берёзы во всех трёх районах города: в

парке им. Кирова – 21,8 мг/кг, в сквере на пр. Победы, в районе производственного объединения (ПО) «Стрела» – 22,2 мг/кг, в Зауральной роше – 22,2 мг/кг. Также в пределах нормы отмечено содержание марганца в листьях тополя из сквера на пр. Победы – 19,7 мг/кг. Для остальных деревьев и травянистых растений установлен дефицит марганца относительно нормы для наземной части растений (20 мг/кг). Сравнительный анализ показал отсутствие достоверных различий в содержании марганца в растениях. Однако выявил достоверно более высокое содержание подвижных форм марганца в листьях берёзы и относительно более низкое у тополя.

Содержание подвижных форм кобальта в растениях дефицитное во всех трёх районах относительно нормы для наземной части растений (2,5 мг/кг).

Достоверных различий в содержании кобальта между районами не установлено, однако выявлено низкое содержание подвижных форм кобальта в траве парка им. Кирова и Зауральной роши, в отличие от сквера в районе ПО «Стрела», где содержание кобальта выше.

Содержание подвижных форм цинка в листьях растений парка им. Кирова дефицитное, нормальное – в Зауральной роше и избыток в сквере ПО «Стрела» (при норме от 15 до 50 мг/кг). Сравнительный анализ показал достоверно более низкое содержание цинка во всех древесных растениях относительно берёзы в каждом районе.

Для определения миграционной способности металлов: Mn, Co, Zn в системе «почва – растение» был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП). В результате расчёта КБП марганца для деревьев Зауральной роши установлено, что данный элемент относится к группе слабого накопления и среднего захвата (КБП составил от 0,08 до 0,11). Также установлено, что наибольший КБП у *Betula pendula* (0,11). Для травянистого растения *Avena fatua* КБП только 0,08.

В результате расчёта КБП кобальта для деревьев парка им. Кирова установлено, что данный элемент также относится к элементам слабого накопления и среднего захвата (КБП составил от 0,18 до 0,24). Также наибольший БП кобальта обнаружен для *Betula pendula* и *Populus nigra*, которые при дефиците кобальта в почве активно поглощают его и транспортируют в листья (КБП по 0,27).

Сравнительный анализ между районами показал достоверно больший КБП цинка растениями парка им. Кирова, но не выявил достоверного различия КБП кобальта и марганца древесными и травянистыми растениями относительно районов произрастания.

Таким образом, во всех случаях было установлено более высокое значение КБП металлов для деревьев, чем для травянистых растений, что свидетельствует о том, что миграционная способность металлов в системе «почва – растение» определяется не только количественным содержанием металла в почве, но и видом растений.

В таблице 2 представлены результаты определения активности каталазы и пероксидазы в растениях города Оренбурга. Результаты исследования активности каталазы и пероксидазы в растениях парка им. Кирова показали более высокую активность каталазы у *Betula pendula* и у *Fraxinus excelsior*, а наименьшую – у *Ulmus pumula* и травянистого растения *Avena fatua*.

Как следует из представленной таблицы, в Зауральной роше наиболее высокая активность каталазы отмечается у *Betula pendula*, наименьшая – у *Populus nigra* и травянистого растения *Avena fatua*.

Результаты исследования активности каталазы и пероксидазы в листьях растений сквера ПО «Стрела» на пр. Победы показали, что наиболее высокая активность каталазы отмечается у *Betula pendula*, наименьшая – у *Fraxinus excelsior* и травянистого растения *Avena fatua*.

Выявлено достоверно более низкое содержание антиоксидантных ферментов у всех растений относительно *Betula pendula* (кроме *Fraxinus excelsior*), исключением служит повышенная активность пероксидазы у *Avena fatua*. По активности пероксидазы видовой ряд растений совпадает с активностью данного фермента у деревьев парка им. Кирова и Зауральной роши.

Проведённое нами исследование позволило сделать следующие **выводы**:

– установлен дефицит марганца и кобальта в растениях города Оренбурга. Цинк содержится в норме у растений Зауральной роши и сквера на пр. Победы и в дефиците у растений парка им. Кирова;

– установлены видовые особенности в накоплении металлов по коэффициенту биологического поглощения. Так, видовой ряд растений

1. Содержание подвижных форм марганца в растениях трёх районов г. Оренбурга

Вид растений	Парк им. Кирова	Зауральная роша	Сквер на пр. Победы
<i>Populus nigra</i>	16,3±0,01	15,8±0,01	19,7±0,01
<i>Betula pendula</i>	21,8±0,05*	22,2±0,05*	24,5±0,05*
<i>Ulmus parvifolia</i>	13,52±0,01	15,2±0,01	14,8±0,01
<i>Avena fatua</i>	14,2±0,01	14,9±0,01	14,9±0,01
<i>Fraxinus excelsior</i>	17,2±0,01	16,9±0,01	17,3±0,01

Примечание: значком * обозначена достоверная разница в содержании марганца в листьях деревьев относительно листьев берёзы по U критерию Вилкоксона – Манна – Уитни при значении $U_{эмп} > U_{кр}(0,05)$

2. Активность каталазы и пероксидазы в листьях растений

Объект исследования	Активность каталазы, (E±m)	Активность пероксидазы, (Д670г-1с-1±m)
Парк им. Кирова		
<i>Fraxinus excelsior</i>	59,5±3,56	1,11±0,26
<i>Ulmus parvifolia</i>	51±1,76	0,96±0,01
<i>Populus nigra</i>	38,25±0,99	0,98±0,01
<i>Betula pendula</i>	63,75±1,19*	1,08±1,19*
<i>Avena fatua</i>	37,9±2,05	1,43±0,03
Зауральная роща		
<i>Fraxinus excelsior</i>	52,9±0,26*	1,06±0,01
<i>Ulmus parvifolia</i>	55,25±1,76	1,04±0,01
<i>Populus nigra</i>	45,3±0,85	1,05±0,01
<i>Betula pendula</i>	73,95±1,02*	1,23±0,01*
<i>Avena fatua</i>	37,2±1,52*	1,53±0,04*
Сквер на пр. Победы		
<i>Fraxinus excelsior</i>	44,5±0,75	1,14±0,02
<i>Ulmus parvifolia</i>	49,6±1,07	1,08±0,04
<i>Populus nigra</i>	54,9±1,2	1,04±0,03
<i>Betula pendula</i>	81,3±0,89*	1,15±0,07*
<i>Avena fatua</i>	40,4±1,67*	1,28±0,01*

Примечание: * – обозначена достоверная разница активности каталазы и пероксидазы в древесных и травянистых растениях относительно листьев берёзы по U критерию Вилкоксона – Манна – Уитни при значении $U_{эмп} > U_{кр}(0,05)$

по КБП марганца следующий: *Betula pendula* → *Fraxinus excelsior* → *Populus nigra* → *Ulmus parvifolia* → *Avena fatua*. По накоплению кобальта видовой ряд отличается только положением тополя, который находится на втором месте: *Betula pendula* → *Populus nigra* → *Fraxinus excelsior* → *Ulmus parvifolia* → *Avena fatua*. Имеются различия в видовом ряде растений по накоплению цинка: *Betula pendula* → *Populus nigra* → *Avena fatua* → *Ulmus parvifolia* → *Fraxinus excelsior*;

– установлено более высокое значение КБП металлов для деревьев, чем для травянистых рас-

тений, что свидетельствует о том, что миграционная способность металлов в системе «почва – растение» определяется не только количественным содержанием металла в почве, но и видом растений;

– при определении активности каталазы установлена достоверно более высокая активность у *Betula pendula*, наименьшая – у *Fraxinus excelsior* и травянистого растения *Avena fatua*.

Корреляционный анализ не показал зависимости между активностью антиоксидантных ферментов и содержанием металлов в почве и растениях, поскольку данные металлы являются эссенциальными и в существующих концентрациях не обладают прооксидантным эффектом.

Результаты могут быть использованы для организации экологического мониторинга почв и древесных растений в условиях техногенного загрязнения окружающей среды металлами и учтены при озеленении города Оренбурга.

Литература

1. Копылова Л.В. Накопления тяжёлых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2012. 18 с.
2. Кузнецова Т.Ю. Влияние тяжёлых металлов на некоторые физиолого-биохимические показатели растений рода *Betulae*: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2009. 18 с.
3. Кучеренко В.Д., Черняхов В.Б. Распространение микроэлементов в природных ландшафтах Оренбургской области // Химизация сельского хозяйства Оренбургской области: сб. науч. тр. Оренбург, 1984. С. 82–92.
4. Макарова Н.Н., Трубкин Д.В. Оценка состояния зелёных насаждений города Оренбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 12. С. 213–216.
5. Науменко О.А., Неясова Ю.А., Лукашов В.А. Современные подходы к оценке количественного содержания тяжёлых металлов в биологических объектах, в районах с различной антропогенной нагрузкой // Вестник магистратуры. 2014. № 5-1 (32). С. 25–31.
6. Науменко О.А. Исследование механизма повреждающего действия избыточных концентраций кадмия на состояние антиоксидантных ферментов кресс-салата / О.А. Науменко, Е.В. Саблина, М.И. Кабышева, Е.А. Костенецкая // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 10. С. 205–207.