

Изучение элементного состава *Ambrosia trifida* на Южном Урале

Н.Ф. Гусев, д.б.н., профессор, **Г.В. Петрова**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; **О.Н. Немерешина**, к.б.н., ГБОУ ВПО ОрГМУ; **В.В. Трубников**, к.т.н., Оренбургский филиал ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Растительные организмы представляют собой уникальную природную структуру, характеризующуюся многочисленностью форм, высокой сложностью и разнообразием протекающих в ней метаболических процессов. В ходе эволюции организмы растений адаптировались к определённому химическому составу среды, что определяет их чувствительность к изменению концентрации тех или иных элементов, в том числе микро- и ультрамикроэлементов [1]. Некоторые виды растений способны избирательно кумулировать тяжёлые металлы, при этом их содержание в тканях растений может значительно превышать их содержание в окружающей среде. Специфические характеристики обмена у различных видов растений обусловили их избирательную способность к накоплению одного или нескольких элементов. Относительное содержание микроэлементов в растениях, произрастающих в сопоставимых условиях, до некоторой степени может рассматриваться как их видовой или даже родовой признак [2].

Тяжёлые металлы входят в число наиболее опасных загрязнителей, что обусловило актуальность исследований по выявлению закономерностей их миграции и перераспределения в биогеоценозах [3]. Содержание тяжёлых металлов в растениях определяется многими факторами: уровнем их содержания в почве, типом почвы, гидрологическим режимом и степенью загрязнения воздушной среды отходами промышленности и др. [4].

Отсутствие данных по экологическому мониторингу элементного состава дикорастущих растений, произрастающих в Оренбургской области, определило выбор темы настоящего исследования.

Цель исследования – изучить содержание тяжёлых металлов в надземной части (траве) амброзии трёхраздельной – *Ambrosia trifida* L.

Материал и методы исследования. Объектом исследования служила надземная часть (травя) *Ambrosia trifida*, собранная в период цветения растений (на суходольном лугу в окр. с. Нежинка, 26.06.2015 г. и на поляне в берёзовом лесу окр. с. Переволоцк, 28.06.2015 г.). В этих же местах обитания была собрана почва на уровне корневой системы вида (табл.). Растительное сырьё амброзии было высушено воздушно-тепловым способом.

Содержание химических элементов в сырье растения определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Квант-2» в аналитиче-

ской лаборатории Оренбургского государственного аграрного университета. Было определено содержание восьми элементов в сырье исследуемого растения и в образцах почвы в месте произрастания. Оценка элементного состава амброзии трёхраздельной в Оренбургской области проведена впервые.

Амброзия трёхраздельная (*Ambrosia trifida* L.) – крупное однолетнее травянистое растение семейства астровые – *Asteraceae*. Стебель растения прямой, бороздчатый, ветвистый, грубошероховатый от покрывающих его коротких и жёстких волосков. Листья супротивные, черешковые. Нижние листья глубоко трёхраздельные или пятираздельные, верхние – трёхраздельные или цельные, овально-ланцетовидные, зубчатые или цельнокрайние. Черешки листьев расширенные, узкокрылатые, с длинными реснитчатыми волосками при основании. Цветки собраны в корзинки. Кисти мужских корзинок достигают 20 см, женских – до 2–4 мм в диаметре [1].

Амброзия трёхраздельная – растение-космополит, широко распространённое в Европе, Азии, Америке. Ареал возможного распространения очень велик – до 60° северной широты. Его родиной является Северная Америка. В России амброзия трёхраздельная распространена в Башкирии, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской областях, Краснодарском крае, Северной Осетии, Чечне, Ингушетии. В Оренбургской области нередко встречается на мусорных местах и в посевах. Обильно произрастает по пониженным местам – балкам, оврагам, по берегам рек и на лесных полянах. Засоряет яровые, зерновые, пропашные культуры, кормовые травы, огороды и сады. Распространение сорняка идёт обычно от пониженных мест рельефа и дорог. Как сорное растение амброзия встречается в центральных районах Оренбуржья почти на всех видах почв и часто внедряется в луговые фитоценозы. Цветение наступает в начале июня, плодоношение – в июле, осыпание семян и отмирание растений – в сентябре [1, 5, 6].

В растении содержится эфирное масло, в состав которого входят пинен, сабинен, лимонен, 1,8-цинеол, г-терпинет, п-цимол, терпинен-4, цисартемизиакетон, транс-артемизиакетон, экстрагол, борнеол, камфора, борнилацетат, артемизиновый спирт, гераниол, в-кариофиллен, гумулен. В листьях содержатся сесквитерпеноиды (коронопинин 0,16%), в пыльце – сесквитерпиноды (амброзиевая кислота), в корнях – полиацетиленовые серосодержащие соединения. Растения амброзии концентрируют Ba, Se, B и особенно Cr [1].

Для лечебных целей используется надземная часть растения [1]. Полезные свойства растительного сырья нашли применение в Северной Америке,

где его используют как вяжущее средство при дизентерии, как жаропонижающее, антигельминтное. Наружно препараты травы амброзии применяют как антисептическое средство при кожных болезнях, в виде припарок при опухолях [1].

Экспериментально доказано антигонадотропное и антибактериальное действие препаратов амброзии. Исследователи из Алма-Аты сообщали о возможности использовать алкалоиды амброзии псилостахиин и дигидропартенолид как цитотоксическое средство для лечения карциномы носоглотки. Амброзия не ядовита, но тем не менее отнесена к карантинным растениям, пыльца которых во время цветения представляет опасность для аллергиков. Пыльца растений, содержащая амброзиевую кислоту, вызывает сильную аллергию – сенную лихорадку с астматическими симптомами [1].

Вид внесён в список карантинных растений, ограниченно распространённых на территории Российской Федерации. Ввоз семян амброзии на территорию РФ с семенами сельскохозяйственных культур запрещён. В некоторых областях России зелёная масса растений амброзии, собранная в период вегетации, используется как корм для домашних животных (свиней). Нами отмечено, что молодые побеги (трава) амброзии охотно поедают животные – лошади, собаки и кошки, что также явилось предлогом для исследования [1, 5].

Результаты исследования. Было определено содержание тяжёлых металлов в почве и сырье *Ambrosia trifida*, произрастающей в различных местностях Оренбургского Предуралья. Анализ почвы и сырья *Ambrosia trifida* выявил наличие биогенных элементов – Zn, Ni, Cr, Cu, Co, Mn, Fe, Mg (табл.). При этом следует учитывать, что к биогенным элементам относится большая часть тяжёлых металлов, так как многие из них входят в состав активных центров ферментов и принимают тем самым участие в метаболических процессах [2, 3]. Для многих биогенных элементов характерно явление биоконцентрации при их дефиците в почвенной среде. Тем не менее известно, что избыток биогенных элементов не менее опасен для живых организмов, чем их дефицит [3]. Окислительно-восстановительные и координационные свойства некоторых эссенциальных металлов таковы, что позволяют им при определённых концентрациях выходить из-под контроля механизмов, обеспечивающих гомеостаз, транспорт, компартиментализацию и связывание с определёнными тканями и компонентами клеток. К механизмам токсического воздействия тяжёлых металлов на клетки и ткани относят их способность связывать сульфгидридные группы, нарушая тиоловый статус клетки, а также принимать участие в образовании свободных радикалов, вызывающих окислительные повреждения фосфолипидов, нуклеиновых кислот, белков [7]. Таким образом, избыток или недостаток в организ-

ме тех или иных элементов и соединений приводит к возникновению различных патологических состояний растений, что может проявляться в замедленном их росте, изменении процесса фотосинтеза и многих других отклонениях. Поступая в почву в больших дозах, тяжёлые металлы (кобальт, никель, железо и др.) и их соединения способны вызвать некроз листьев, их пожелтение, хлороз, пятнистость и другие патологические явления [7]. Ионы тяжёлых металлов, находящиеся в почвенной среде, сравнительно легко проникают в корень. Установлено, что растения более устойчивы к повышенным, чем к пониженным концентрациям тяжёлых металлов в почве.

В надземных органах *Ambrosia trifida* нами отмечена биоконцентрация Cr (табл.), что можно объяснить с точки зрения особенностей протекания обменных процессов в растении. Несмотря на то что соединения хрома являются постоянными компонентами почв, растительных и животных организмов, значение хрома в жизнедеятельности растений исследовано недостаточно. Известно, что хром участвует в процессе фотосинтеза в растениях, влияет на образование хлорофилла и целого ряда веществ вторичного синтеза (каротиноидов, флавоноидов, кумаринов, витаминов, сердечных гликозидов). В случае если содержание хрома в кормах превышает нормативы ПДК, существует опасность проявления токсического действия его ионов.

В организмах млекопитающих хром играет важную роль в обмене глюкозы, повышая чувствительность клеток к инсулину (в составе фактора толерантности к глюкозе), принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот и метаболизме липидов, нормализует работу щитовидной железы, особенно в условиях йоддефицита, нередкого в районах Оренбургской области. Поскольку хром в сочетании с аскорбиновой кислотой принимает участие в нормализации внутриглазного давления и транспортировке глюкозы в ткани кристаллика глаза, то его препараты и богатые им корма оказывают профилактическое и лечебное действие при риске развития глаукомы и катаракты. При дефиците хрома отмечаются нарушение зрения, снижение репродуктивной функции, повышенная утомляемость, нарушение работы центральной нервной системы, а также задержка роста у молодняка. Суточная норма потребления хрома составляет 50 мкг. При превышении дозы для взрослого человека более 200 мкг/сут проявляется токсичное действие данного элемента [2].

Для остальных исследуемых элементов (Fe, Zn, Ni, Cu, Co, Mn, Mg) при поступлении из почвы отмечен физиологический барьер, препятствующий поступлению избыточного количества указанных элементов в генеративные и ассимилирующие органы растения.

Ионы железа входят в состав активных центров растительных ферментов синтеза хлорофилла,

Элементный состав сырья *Ambrosia trifida* L. и почвы в местах произрастания

Место сбора	Наименование образца	Элемент, мг/кг							
		Mg	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Fe	Cr
Суходольный луг, окрестности п. Нежинка, Оренбургский район	растение	0,069	0,006	0,011	0,052	0,036	2,235	1,395	0,286
	почва	0,987	0,245	0,080	0,129	0,141	3,765	3,342	0,167
	коэффициент распределения элементов (растение/почва)	0,070	0,024	0,138	0,403	0,255	0,593	0,417	1,713
Лесная поляна, окрестности г. Переволоцка	растение	0,012	0,006	0,032	0,034	0,057	2,231	2,463	0,309
	почва	1,032	0,123	0,113	0,322	0,152	3,254	2,765	0,163
	коэффициент распределения элементов (растение/почва)	0,012	0,049	0,283	0,106	0,375	0,686	0,891	1,896
ПДК для сена (ОСТ 10243-2000)	растения	–	–	1,0	3,0	30,00	50,00	–	0,2
ПДК (ГН 2.1.7.2041-06)	почва	–	1500	5,0	4,0	3,0	23,0	–	0,05
ПДК Лекарственные растения	трава	–	–	0,03	3,0	5,0	10,0	5,0	0,2

тканевого дыхания и др. При недостатке железа в листьях растений нарушается образование хлорофилла и развивается хлороз, а также отмечается задержка синтеза ауксинов и нарушение ростовых процессов [2, 7]. В целом окислительно-восстановительный статус клетки в значительной мере связан с редокс-парой железа (Fe^{2+}/Fe^{3+}). Физиологический барьер при поступлении железа в ткани растений обусловлен опасностью избыточного накопления его в тканях, что чревато повреждением клеточных структур свободными радикалами, образующимися в результате участия Fe (II) в реакции Фентона. Гидроксильный радикал, образующийся в реакции Фентона, способен вызвать цепные реакции перекисного окисления липидов клеточных мембран, а также взаимодействуя с пуриновыми основаниями, провоцировать повреждения ДНК клетки. Известно, что Fe (II) восстанавливает молекулярный кислород в супероксиданион. Поэтому в тканях растений присутствуют хелаторы железа (флавоноиды, карбоновые кислоты и др.), способные связывать его и тем самым ингибировать процессы образования свободных радикалов [4]. Физиологический барьер при поступлении железа в ткани растения *Ambrosia trifida* из почвы достаточно невысок (табл. 1).

Незначительным уровнем физиологического барьера при поступлении в растения *Ambrosia trifida* характеризуется цинк, который относится к эссенциальным элементам и входит в состав активных центров многих растительных ферментов, принимает участие в белковом, углеводном и фосфорном обмене, в биосинтезе витаминов и ауксинов. При недостатке цинка в растениях нарушаются процессы синтеза углеводов, ауксинов и белков, вследствие чего накапливаются небелковые соединения азота и нарушается фотосинтез [2, 3]. Хронический дефицит цинка приводит к повышению чувствительности клеток к окислительному стрессу [2, 3], так как цинк является антагонистом редокс-активных металлов (Cu, Fe), снижая образование свободных радикалов и способствуя сульфгидридной стабилизации. Обеспеченность растений цинком определяет устойчивость к за-

сухе, гипер- и гипотермии [2–4]. Дефицит цинка приводит к подавлению процесса деления клеток и морфологическим изменениям листьев (деформации и уменьшению листовой пластинки, хлорозам) и стеблей (задержке роста междоузлий), т.е. к торможению роста растений [7]. В то же время повышенные концентрации цинка в тканях растений могут сопровождаться проявлением радикалинициирующих свойств данного элемента.

Медь является частью целого ряда ферментов-оксидоредуктаз (аскорбатоксидазы, полифенолоксидазы, тирозиназы и др.), принимающих участие в фотосинтезе, образовании хлорофилла, обмене белков, аминокислот и углеводов. Атомы меди функционируют в цитохромоксидазном комплексе тканевого дыхания. Большая часть меди накапливается в листьях растений (около 75%) и концентрируется в хлоропластах. Здесь сосредоточен медьсодержащий белок синего цвета – пластоцианин, осуществляющий перенос электронов в процессе фотосинтеза. Медь участвует в гормональной регуляции в растениях. При этом медьсодержащий фермент полифенолоксидаза регулирует содержание и активность в растениях ауксинов и ингибиторов роста фенольной природы. Необходимость регуляции поступления меди из почвы в ассимилирующие и генеративные органы растений, выражающаяся в случае с амброзией трёхраздельной в наличии физиологического барьера, обусловлена способностью высоких концентраций меди оказывать цитотоксическое действие [2, 7].

Никель считается неспецифическим активатором ряда металлоферментных комплексов, принимает участие в работе аргиназы, оксалоацетатдекарбоксилазы, трансамининаз, ускоряет окисление сульфгидридных групп, стабилизирует структуру рибосом, является стабилизирующим фактором для антоциановых пигментов [2]. Тем не менее никель в повышенных концентрациях проявляет способность принимать участие в реакции Фентона, и его высокие концентрации приводят к образованию свободных радикалов и повреждению мембран, ДНК и клеточных белков [3]. Результаты определения концентрации никеля в почве и тканях

Ambrosia trifida свидетельствуют о существовании высокого физиологического барьера для этого элемента (табл. 1).

Проведённый анализ показал, что *Ambrosia trifida*, произрастающая в Оренбургской области, характеризуется высоким физиологическим барьером в отношении кобальта. Кобальт в растениях активно участвует в биосинтезе аминокислот, алкалоидов и витамина В12, участвует в процессах фосфорилирования [2, 7], имеются предположения о стимулировании им процесса оплодотворения [2]. При повышенных концентрациях кобальта в окружающей среде и живых организмах ряд авторов отмечает нарушения репарации ДНК, в том числе и ДНК органелл (хлоропластов и митохондрий), а также кобальт-индуцируемый апоптоз, блокируемый высокими дозами антиоксидантов [3, 7].

Марганец входит в состав многих ферментов металлофлавопротеидов растений [2, 4], активирует ферменты, принимающие участие в синтезе моносахаров, стероидов, танидов, алкалоидов, рибофлавина, в процессах фотосинтеза, гликолиза, лимоннокислом цикле [2, 4]. Результаты исследования указывают на существование физиологического барьера, препятствующего избыточному накоплению марганца в ассимилирующих и генеративных органах *Ambrosia trifida*.

Все вышеперечисленные элементы относятся к группе d-элементов, но максимальным уровнем физиологического барьера при поступлении из почвы в ткани *Ambrosia trifida* характеризуется s-элемент магний. Данный элемент является физиологическим антагонистом кальция, активизирует более 300 ферментов, участвующих в процессах метаболизма и восстановлении клеток. Магний активирует многие ферменты, вместе с кальцием и марганцем обеспечивает стабильность структуры хромосом и коллоидных систем в растениях, участвует в поддержании тургорного давления в клетках. Магний стимулирует поступление фосфора из почвы и его усвоение растениями, в виде соли фосфорной кислоты входит в состав фитина. Недостаток магния в почвах вызывает у растений мраморность листа, хлороз растений

(в подобных случаях используют магниевые удобрения). Высокий уровень физиологического барьера в данном случае, вероятно, обусловлен осмотическими свойствами соединений магния и нарушением обмена важного микроэлемента растений кальция [2, 7].

Вывод. В результате исследования выявлено, что сырьё (трава) *Ambrosia trifida* содержат Mg, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Fe, Cr. Полученные данные свидетельствуют о различии показателей элементного состава исследуемых образцов почв и сырья *Ambrosia trifida*. Низким физиологическим барьером характеризуются Cu, Zn, Fe. Коэффициент биологического поглощения Cr свидетельствует об активном накоплении этого элемента растениями *Ambrosia trifida*. В сырье амброзии трёхраздельной для хрома отмечено превышение ПДК. Из таблицы 1 видно, что разница между показателями двух мест обитания незначительна.

Рассматривая возможности использования сорных растений (в том числе и амброзии трёхраздельной), даже именуемых карантинными, изучая их полезные и целебные свойства, возникает необходимость их всестороннего изучения. Использовать биологические ресурсы полезных растений, а не бездумно заготавливать или уничтожать как вредные — долг каждого человека.

Литература

1. Гусев Н.Ф. Лекарственные и ядовитые растения как фактор биологического риска / Н.Ф. Гусев, О.Н. Немерешина, Г.В. Петрова, А.В. Филиппова. Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2011. 400 с.
2. Немерешина О.Н. и др. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами / О.Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев, Г.В. Петрова, А.А. Шайхутдинова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 230–234.
3. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 151 с.
4. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжёлые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород: НГСХА / Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.
5. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. М.: Издательство МСХА, 2004. 287 с.
6. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф. Состояние флоры южных районов Оренбургской области // Земледелие. 2004. № 4. С. 37–38.
7. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжёлыми металлами. М: Агроконсалт, 1999. 176 с.