

Т.М. Дементьева¹, Е.В. Компанцева², Е.Г. Санникова², **О.О. Фролова²**

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ КОРЫ И ПОБЕГОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ИВЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

¹Дальневосточный государственный медицинский университет, 680000, ул. Муравьева-Амурского, 35, тел. 8-(4212)-76-13-96, e-mail: nauka@mai.fesmu.ru;

²Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ВолгГМУ, 357532, пр. Калинина, 11, тел. 8-(8793)-32-44-74, e-mail: v.l.adzhienko@pmedpharm.ru, г. Пятигорск-32

Резюме

Методом масс-спектрометрии проведено определение элементного состава в коре и побегах ивы вавилонской, гибрида ивы вавилонской с ивой белой, ивы трехтычинковой, ивы пурпурной.

Ключевые слова: кора, побеги, ива вавилонская, гибрид ивы вавилонской с ивой белой, ива трехтычинковая, ива пурпурная, макро- и микроэлементы, масс-спектрометрия.

T.M. Dementieva¹, E.V. Kompantseva², E.G. Sannikova², **O.O. Frolova**

MACRO AND MICRO ELEMENTS OF BARK AND SHOOTS OF SOME WILLOW TREES GROWING IN THE NORTHERN CAUCASUS

¹Far Eastern State Medical University, Khabarovsk;

²Pyatigorsk medical-pharmaceutical Institute, affiliate of Volgograd state medical university, Pyatigorsk

Summary

Using mass-spectrometry the authors determine elements composition in bark, shoots of Babylon Willow and hybrid of Babylon Willow and White Willow, Purple Willow and some other types of this tree.

Key words: bark, shoots, Babylon willow, white Willow, Purple Willow, macro, microelements, mass spectrometry.

Микро- и макроэлементы необходимы для полноценной жизни человеческого организма, в котором можно найти значительную часть элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева. Так, в настоящее время обнаружено свыше 70 химических элементов, содержащихся в тканях организма в различных количествах. Известно, что химические элементы являются важнейшими катализаторами различных биохимических процессов, обмена веществ, играют значительную роль в адаптации организма в норме и патологии [1]. В организм человека они поступают с пищей. Все элементы условно делят на эссенциальные (жизненно-важные), условно-эссенциальные (жизненно-важные, но вредные в определенных дозах) и условно-токсичные [2].

Растения являются хорошими источниками макро- и микроэлементов, так как они в растении накапливаются в органически связанной форме более доступной для человека.

Кора ивы давно используется в народной медицине. В последние годы проводились исследования химического состава побегов, соцветий и листьев ивы. Были выявлены противовоспалительные, анальгезирующие, жаропонижающие, хондропротекторные, гастрозащитные свойства. В настоящий момент известно, что основными действующими веществами изученных видов ивы являются фенологликозиды, флавоноиды, дубильные вещества, а также в состав входят фенолоскислоты, аскорбиновая кислота, аминокислоты, сапонины, эфирные масла и полисахариды, которые могут вносить вклад в общий фармакологический эффект [3]. Элементный состав растений рода Ива на настоя-

щий момент изучен недостаточно. Так, например, при изучении элементного состава коры ивы пяти тычинковой обнаружены такие важные микро- и макроэлементы как азот, фосфор, кальций, магний, натрий и калий [4]. В Украине в 2015 г. опубликованы результаты элементного анализа побегов ивы козьей. Преобладающими макроэлементами оказались (мг/100 г) калий (1120), кальций (895) и кремний (450) [5].

В настоящее время актуальным стало принимать ЛРС в нативной форме, что позволяет считать, что в организм человека попадает и весь комплекс его макро- и микроэлементов. Однако вместе с полезными веществами в организм поступают, накопленные в процессе жизнедеятельности растения, неблагоприятные для здоровья элементы. Так как растения получают вещества, необходимые для питания из почвы, содержание в них токсичных для человека веществ непосредственно связано с местом произрастания. Особенному влиянию загрязняющих факторов подвержены водные и воздушные ресурсы, находящиеся в черте городов и их окрестностях.

Чаще всего ивы произрастают по берегам водоемов, откуда впитывают вместе с влагой токсичные вещества. Кроме того, одновременно с процессом дыхания надземная часть дерева насыщается вредными для человеческого организма элементами.

Так, Жиряковым А.С. проведена работа по выявлению закономерности накопления тяжелых металлов (ТМ) прибрежно-водными растениями, определению наиболее загрязненных ТМ водоемов на территории г. Кирова и Кировской области [6]. Установлено, что наиболее информативными являются представители

рода Ива, а именно: ива козья (*S. caprea* L.), ива пепельная (*S. cinerea* L.), ива остролистная (*S. acutifolia* Willd.), ива ломкая (*S. fragilis* L.), ива корзиночная (*S. viminalis* L.), ива пятичичиновая (*S. pentandra* L.), ива трехчичиновая (*S. triandra* L.) и ива феликолистная (*S. phyllicifolia* L.). Проведенные исследования показали, что в загрязнённых местообитаниях ивы достоверно накапливают больше меди, никеля, кадмия и свинца, по сравнению с растениями фоновых местообитаний (Cu 29,15/4,41; Ni 3,19/2,01; Cd 0,85/0,49; Pb 2,9/1,43 мг/кг соответственно). Установлено, в частности, что наибольшее количество свинца содержится в побегах ивы, меньше – в соцветиях и коре. Минимальная концентрация свинца выявлена в листьях.

В связи с этим, нормирование содержания тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС и фитопрепаратах – одна

из важнейших задач современной отечественной науки. В настоящее время нормативы содержания тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС регламентируется ГФ XIII ОФС.1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах».

Представляет интерес определить наличие макро- и микроэлементов, содержащихся в изучаемых нами видах ивы, произрастающей на Северном Кавказе, с целью оценки их вклада в фармакологическое действие.

Цель исследования – изучение элементного состава коры и побегов ивы вавилонской и ее гибрида с ивой белой, ивы трехчичиновой и ивы пурпурной, произрастающих на Северном Кавказе.

Материалы и методы

Объектами исследования служили кора и побеги ивы вавилонской (*Salix Babylonia* L.), гибрида ивы вавилонской и ивы белой (*Salix babylonia* L. × *Salix alba* L.), ивы трехчичиновой (*Salix triandra* L.) и ивы пурпурной (*Salix purpurea* L.), которые заготавливались в 2011–2015 годах на территории Ставропольского края. Для сбора сырья использовали от 3 до 4 деревьев. После сбора сырье объединяли и сушили на воздухе в тени и в хорошо проветриваемых помещениях. Для анализа отбирали пробы методом квартования.

Определения элементного состава ивы вавилонской, ее гибрида, ивы трехчичиновой и ивы пурпур-

ной проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе масс-спектрометр ICP-MSElan 9000, производства Канада. Исследование проводили в Хабаровском инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина РАН. Пробу сырья подготавливали по методике, указанной в ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой» [7].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований коры и побегов всех исследуемых видов ивы определено 35 элементов, т. е. элементный состав во всех видах одинаковый (таблица). Ряд элементов, таких как германий, бериллий, ниобий, иттербий, гафний, вольфрам и таллий находятся в следовых количествах.

Такие эссенциальные макро- и микроэлементы, как фосфор, молибден и медь содержатся в большем количестве в побегах, чем в коре во всех видах ивы. Цинк и хром, наоборот, больше содержится в коре, чем в побегах, кроме ивы трехчичиновой, в которой хрома больше в побегах, чем в коре. Согласно литературным данным, нормальная концентрация меди в растениях находится в пределах 0,2-20 мг/кг, а цинка 0,15-300 мг/кг, и все исследуемые виды ивы не имеют отклонений от нормы [8].

Обращает на себя внимание марганец, который содержится в большем количестве в побегах, чем в коре во всех видах ивы, кроме ивы пурпурной. Марганец по содержанию в растениях стоит непосредственно после железа. Он участвует во многих ферментных системах как окислительно-восстановительных, так и гидролитических. Согласно предположению Браунштейна А.Е. [9], марганец осуществляет в танидоносных растениях – специфическую функцию – уравнивание отрицательного потенциала, возникшего в результате накопления больших количеств сильных восстановителей (в данном случае танидов). Содержание марганца в зеленых частях растений – танидоносов 100-1 000 мг на килограмм сухого веса и выше, а в

обычных растениях – 20-80 мг/кг и очень редко 100 мг/кг. Кроме того, отмечено, что в водных культурах ивы концентрация марганца достигала в листьях до 1200 мг/кг. Так и при анализе сырья ивы, собранной в пойме реки Кубань содержание марганца достигло значения 1650 мг/кг в побегах и 940 мг/кг в коре ивы трехчичиновой. Образцы других видов ивы, собранных по берегам более мелководной реки Подкумок, содержали значительно меньшее количество марганца.

При анализе условно-эссенциальных элементов обнаружено большое содержание кобальта в побегах всех видов ивы. Серебро в большем количестве содержат побеги ивы вавилонской, гибрида ивы вавилонской с ивой белой и ивы трехчичиновой, а в иве пурпурной наибольшее содержание серебра наблюдается в коре. Отмечены также незначительные колебания в содержании лития и ванадия как в коре, так и побегах ивы вавилонской и ивы пурпурной.

Так как ГФ XIII издания регламентирует содержание в ЛРС свинца, кадмия, ртути и мышьяка, то мы определили содержание этих элементов в нашем сырье. При анализе исследуемых видов ивы наибольшая концентрация мышьяка и кадмия наблюдалась в коре. Свинца, предел которого в ЛРС не должен превышать 6 мг/кг, наибольшее содержание обнаружено в побегах ивы вавилонской (5,98 мг/кг) и гибрида ивы вавилонской с ивой белой (4,17 мг/кг), что очевидно связано с местом сбора сырья, а именно парковая зона недалеко от загруженной автодороги. Кадмий, содержание которого не должно превышать 1 мг/кг, почти в крити-

ческих количествах найден также в коре ивы вавилонской (0,99 мг/кг) и ивы пурпурной (0,98 мг/кг), а в целом почти во всех образцах обнаружено значительное количество кадмия, от 0,23 до 0,6 мг/кг. Содержание

ртути в коре и побегах ивы вавилонской, ее гибриде и иве пурпурной колеблется незначительно, а в иве трехтычинковой больше содержится в коре.

Таблица

Элементы	Содержание растительного сырья, мг/кг							
	Ива вавилонская		Ива гибрид		Ива пурпурная		Ива трехтычинковая	
	кора	побеги	кора	побеги	кора	побеги	кора	побеги
Эссенциальные макро- и микроэлементы								
Фосфор Р	723,923	1831,503	1398,023	2240,313	1213,78	3517,00	1455,44	2052,06
Молибден Мо	0,016	0,226	0,031	0,189	0,060	0,140	0,080	2,270
Цинк Zn	105,449	72,204	221,378	211,201	274,760	228,140	160,710	74,380
Марганец Mn	16,838	38,095	60,146	74,759	165,360	86,090	941,260	1643,630
Железо Fe	216,34	210,68	277,69	290,06	281,920	197,440	243,410	198,420
Медь Cu	7,077	16,349	8,028	9,129	3,650	8,480	2,210	2,280
Хром Cr	1,494	1,156	1,672	1,468	1,680	1,540	1,520	2,09
Условно-эссенциальные микроэлементы								
Кобальт Co	0,455	0,661	0,206	0,240	0,260	0,310	0,220	0,650
Серебро Ag	0,097	0,644	0,058	0,071	0,450	0,040	0,040	0,330
Германий Ge	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,003	0,003	0,002	0,003
Литий Li	0,782	0,648	1,829	0,339	0,320	0,310	0,510	3,400
Ванадий V	0,241	0,269	0,439	0,734	0,380	0,180	0,390	0,220
Условно-токсичные микро- и ультрамикроэлементы								
Титан Ti	6,533	8,013	13,411	23,969	7,180	3,840	10,300	4,360
Бериллий Be	<0,001	0,001	<0,001	0,009	0,00	0,00	<0,001	<0,001
Галлий Ga	0,088	0,038	0,058	0,098	0,060	0,052	0,083	0,081
Цирконий Zr	0,238	0,246	0,355	0,543	0,220	0,300	0,260	0,150
Барий Ba	5,653	4,567	5,485	4,911	13,340	4,920	10,180	2,800
Скандий Sc	0,043	0,040	0,058	0,136	0,060	0,039	0,057	0,043
Иттрий Y	0,026	0,033	0,076	0,143	0,067	0,028	0,082	0,034
Ниобий Nb	<0,001	0,004	0,020	0,099	0,018	0,003	0,018	0,007
Олово Sn	0,083	0,052	0,088	0,064	0,169	0,098	0,074	0,067
Сурьма Sb	0,041	0,028	0,043	0,045	0,071	0,382	0,050	0,023
Цезий Cs	0,080	0,184	0,018	0,030	0,022	0,012	0,026	0,012
Лантан La	0,034	0,052	0,115	0,171	0,103	0,048	0,111	0,052
Иттербий Yb	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	0,005	0,001	0,006	0,003
Гафний Hf	<0,001	<0,001	0,004	0,016	0,004	0,004	0,004	0,002
Тантал Ta	0,014	0,021	0,012	0,070	0,006	0,001	0,002	0,001
Вольфрам W	<0,001	<0,001	<0,001	0,014	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Таллий Tl	0,020	0,002	0,014	0,004	<0,001	0,00	<0,001	<0,001
Висмут Bi	0,044	0,018	0,017	0,039	0,034	0,013	0,012	0,040
Стронций Sr	203,09	225,01	199,38	183,47	437,24	220,34	308,67	189,76
Металлы регламентируемы ГФ								
Мышьяк As	0,228	0,121	0,275	0,151	0,180	0,060	0,140	0,050
Кадмий Cd	0,993	0,541	0,415	0,228	0,980	0,440	0,600	0,200
Ртуть Hg	0,011	0,012	0,008	0,021	0,016	0,011	0,046	<0,001
Свинец Pb	3,712	5,976	2,053	4,168	1,190	1,820	1,630	0,880

Таким образом, в коре и побегах исследуемых видов ивы обнаружено 35 элементов. Количественное содержание этих элементов отличается незначительно по видовому признаку, а пять эссенциальных элементов, таких как фосфор, марганец, железо, медь и хром, а также три найденных условно-эссенциальных микроэлемента, таких как кобальт, литий, серебро, содержатся в коре и побегах исследуемых видов ивы в достаточном количестве и могут влиять на фармакологические свойства данных растений.

Кроме того, на основании полученных данных можно предположить, что исследуемые виды ивы, произрастающие на Северном Кавказе справляются с высокой антропогенной нагрузкой, которую в первую очередь составляет поток автотранспорта в Ставропольском крае. Растение неприхотливо, образует густые заросли, легко размножается, поэтому представляет собой объект для решения многопрофильных задач, включая укрепления берегов рек, очищение воздушного бассейна, создание климато-ландшафтного пейзажа.

Литература

- Орлов Д.С. Микроэлементы в почвах и живых организмах // Соросов. образоват. журнал. – 1998. – № 1. – С. 61-68.
- Ягафарова Г.А. Содержание свинца в почве и в тысячелистнике азиатском в условиях Южного Урала // Вестник Башкирского университета. Разд.: биология и медицина. – 2006. – № 3. – С. 68-69.
- Фролова О.О. Биологически активные вещества растений рода ива (Salix L.) / О.О. Фролова, Е.В. Компанцева, Т.М. Дементьева // Фармация и фармакология. – 2016. – № 2. – С. 41-49.
- Дейнеко И.П. Химический состав отдельных элементов ствола ивы пятитычинковой (Salix pentandra L.) // Проблемы химической переработки древесного сырья: сб. тр. – СПб., 2000. – С. 104-108.
- Borova E.B. Elemental composition of Salix caprea L. // Topical issues of new drugs development : abst. of Intern. Scientific And Practical Conference Of Young Scientists And Student (April 23, 2015). – Kharkov, 2015. – P. 62.
- Жиряков А.С. Особенности аккумуляции тяжелых металлов представителями рода ива / Современ-

ные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. – 2007. – № 1. – С. 156.

7. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плаз-

мой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standartgost.ru/g>.

8. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. – М., 1974. – 300 с.

9. Браунштейн А.Е. На стыке химии и биологии. – М.: Наука, 1987. – 240 с.

Literature

1. Orlov D.S. Trace elements in soil and living organisms // Soros educational journal. – 1998. – № 1. – P. 61-68.

2. Yagafarova G.A. Content of the lead in the soil and in *Achillea asiatica* in the Southern Urals // Bulletin of Bashkir University. Section: Biology and Medicine. – 2006. – № 3. – P.68-69.

3. Frolova O.O. Biologically active substances of plants of *Salix L.* genus / O.O. Frolova, E.V. Kompantseva, T.M. Dementyeva // Pharmacy and Pharmacology. – 2016. – № 2. – P. 41-49.

4. Deineko I.P. Chemical composition of certain elements of a stalk of *Salix pentandra L.* // Problems of chemical processing of raw wood: collected works – SPb., 2000. – P. 104-108.

5. Borova E.V. Elemental composition of *Salix caprea L.* // Topical issues of new drugs development: abst. of

Intern. Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students (April 23, 2015). – Kharkov, 2015. – P. 62.

6. Zhiryakov A.S. Peculiarities of accumulation of heavy metals by the representatives of the willow genus / Current problems of nature management, game management, and fur farming. – 2007. – № 1. – P. 156.

7. PND F (Federal Environmental Regulatory Documents) 16.1:2.3:3.11-98 Quantitative chemical analysis of soil. Technique of measurement of the content of metals in hard objects by the method of spectrometry with inductive-connected plasma. [Electronic source]. – Mode of access: <http://standartgost.ru/g>.

8. Ermakov V.V., Kovalsky V.V. Biological significance of selenium. – М., 1974. – 300 p.

9. Braunshtein A.E. At the intersection of chemistry and biology. – М.: Nauka, 1987. – 240 p.

Координаты для связи с авторами: Дементьева Татьяна Михайловна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармации и фармакологии ДВГМУ, тел. +7-914-212-14-94, e-mail: tmdementeva@mail.ru; Компанцева Евгения Владимировна – доктор фармацевтических наук, профессор, кафедра фармацевтической и токсикологической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ МЗ РФ, тел. +7-918-774-87-26, e-mail: dskompanceva@mail.ru; Санникова Евгения Геннадьевна – редактор редакционно-издательского отдела Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ МЗ РФ, тел. +7-906-440-20-25, e-mail: Je-Je4ka2012@yandex.ru.

