

УДК 581.192.1:582.734

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ *IRIS SIBIRICA* L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

© Л.И. Тихомирова^{1*}, Н.Г. Базарнова¹, И.А. Халявин²

¹Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, Барнаул, 656049 (Россия), e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

²Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Алтайскому краю и Республике Алтай, ул. Пролетарская, 65, Барнаул, 656049 (Россия)

Разработка биотехнологических способов получения лекарственного растительного сырья, сохраняющего ценный элементный и групповой химический состав, является одной из важнейших задач фармацевтической и пищевой промышленности.

Цель данной работы – изучение элементного состава растений-регенерантов *I. sibirica* в сравнении с интактными растениями.

Исследовали биомассу листьев и корневищ с корнями растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge и сорт Стерх, размноженных микроклонально в ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» (Барнаул, Россия). Элементный состав оценивали по данным атомно-эмиссионной спектрометрии (ИСП-спектрометр Optima 7300 DV фирмы Perkin Elmer). Проведена оценка интенсивности и специфики накопления химических элементов органами растений-регенерантов *I. sibirica* из питательных сред в культуре ткани. На основе полученных данных выявлены элементы энергичного накопления – К, Mg, Fe, Mn, Zn, Mo Cu, а также элемент сильного накопления – Со. Кальций в листьях растений-регенерантов определен как элемент энергичного накопления, а в корнях и корневищах – как элемент сильного накопления. Два сорта *I. sibirica* – Cambridge и Стерх накапливают в культуре ткани химические элементы с одинаковой интенсивностью.

На основании данных спектрометрического анализа в биомассе *I. sibirica* определены 24 химических элемента, составлен ряд предпочтительного накопления: К > Са > Mg > Fe > Al > Na > Mn > Zn > Sr > Ва > Ti > Cu > V > Pb > Ni > As > Mo > Co > Sb > Sn > Se > Cd > Ag > Be. Исследования показали, что качественный состав элементов, обнаруженных у растений-регенерантов *I. sibirica* и интактных растений, идентичен, тогда как количественное содержание существенно отличалось. Установлено: растения-регенеранты *I. sibirica* сорт Cambridge являются концентратором марганца (листья, корни и корневища). В исследованных образцах *I. sibirica* сорт Cambridge, концентрация тяжелых металлов Pb, Cd и мышьяка не превышала допустимого уровня для БАДов на растительной основе. Содержание ртути не превышало порога чувствительности прибора.

Показана возможность использования растений-регенерантов и интактных растений *I. sibirica* в качестве источников разнообразных макро- и микроэлементов. Наряду с этим следует учитывать специфику накопления исследуемых элементов в процессе культивирования *I. sibirica in vitro*.

Ключевые слова: *Iris sibirica* L., растения-регенеранты, элементный состав, интактные растения.

Введение

Элементный состав растений является лабильным показателем, на который влияет большое количество одновременно действующих факторов, условно объединенных в три группы: внутренние, биохимические факторы, определяемые биологическими особенностями конкретного вида (систематическое положение

растений); внешние, ландшафтно-геохимические факторы, определяемые условиями среды обитания; внутренние, кристаллохимические факторы, определяемые свойствами ионов, входящих в состав растений [1].

Iris sibirica L. (ирис сибирский) – многолетнее корневищное растение, ареалом распространения которого являются территории, начиная от се-

Тихомирова Людмила Ивановна – кандидат биологических наук, заведующая отделом биотехнологии растений ЮСБС АлтГУ, e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

Базарнова Наталья Григорьевна – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой органической химии, декан химического факультета, e-mail: bazarnova@chemwood.asu.ru

Халявин Илья Александрович – биохимик-токсиколог, e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

вера Италии и до озера Байкал. Данный вид включен в региональные Красные книги Алтайского и Ставропольского края, Омской, Тверской, Тюменской области как редкий, встречающийся в немногих местах. Две популяции находятся под защитой Висимского и Полистовского заповедников [2]. В народной медицине биомасса *Iris sibirica* используется для лечения сердечно-сосудистых, гинекологических заболеваний, как ранозаживляющее, кровоостанавливающее, слабительное, антигельминтное средство [3]. В образцах сырья *I. sibirica* сорт Cambridge выявлены флавоноиды, дубильные вещества, гликозиды, кумарины, ксантоны, сапонины, терпены. В листьях обнаружена глюкоза и галактоза, а в корневищах – арабиноза, глюкоза, галактоза. Впервые определена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* сорт Cambridge в отношении вирусов герпеса [4].

Метод культуры тканей и клеток лекарственных растений *in vitro* позволяет получать экологически чистое сырье круглый год, увеличивать выход биологически активных веществ, регулируя их накопление в культуре. Так, в качестве источника алкалоидов успешно культивируются клеточные культуры *Atropa belladonna* L., *Symphytum officinale*, *Aconitum* sp.; алкалоидов и сапонинов – *Nigella* sp.; витамина Е – *Carthamus tinctorius* L.; эфирных масел – *Lavandula* sp. и многие другие растения. Данный метод имеет ряд преимуществ перед использованием интактного растения. Он позволяет получать сырье независимо от климатических условий, поддерживать рост растений круглый год, что важно для видов, имеющих в цикле своего развития периоды покоя. На основе изучения биосинтетических процессов можно получить наиболее богатые тканевые клоны биологически действующих веществ, а также заменить интактные растения, природный ареал которых недостаточен для использования в практических целях [5].

Известен способ получения эфирного масла из каллусной культуры *I. sibirica*. Использование предлагаемого способа обеспечивает повышение качества эфирного масла, значительное повышение выхода ирона, снижение себестоимости получаемого продукта, возможность непрерывного выращивания культур тканей независимо от природных условий, расширение сырьевой базы [6–8]. Разработана биотехнология получения растений-регенерантов *I. sibirica* [9].

Целью данной работы явилось исследование элементного состава растений-регенерантов *I. sibirica* в сравнении с интактными растениями.

Экспериментальная часть

Растительный материал. В качестве объекта исследования использовали образцы листьев и корневищ с корнями растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge и сорт Стерх, размноженных микроклонально в Отделе биотехнологии растений ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» (Барнаул, Россия). А также использовали листья и корневища данных сортов, заготовленные в Алтайском крае, г. Новоалтайск, в мае 2015 г. Возраст интактных растений составлял 6 лет. Сырье сушили до воздушно-сухого состояния, упаковывали в полиэтиленовые мешки и хранили в эксикаторе.

Методика исследования. Исследование элементного состава проводили на атомно-эмиссионном ИСП-спектрометре Optima 7300 DV фирмы Perkin Elmer (США) в Управлении Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Алтайскому краю и Республике Алтай. Для проведения спектрального анализа на ИСП-спектрометре образцы лекарственного растительного сырья предварительно измельчали, навеску в 1 г заливали азотной кислотой, разбавленной дистиллированной водой в соотношении 1 : 1, и помещали в микроволновую печь.

Охлажденный сосуд с минерализованной пробой ставили в вытяжной шкаф и выдерживали до прекращения видимого выделения коричневого дыма. Минерализат был прозрачным. При уменьшении объема его доводили дистиллированной водой до нужного значения. Полученный таким образом раствор пробы переносили в сосуд из кварцевого стекла для проведения идентификации и количественного определения элементов.

При оценке интенсивности накопления химических элементов органами растений-регенерантов из питательной среды рассчитаны коэффициенты накопления (K_n) – отношение содержания элемента в органах к содержанию в среде. Для классификации элементов по данному коэффициенту использовали выделенные А.И. Перельманом группы: 1) энергичного накопления ($100 > K_n \geq 10$); 2) сильного накопления ($10 > K_n \geq 1$); 3) слабого накопления и среднего захвата ($1 > K_n \geq 0,1$); 4) слабого захвата ($0,1 > K_n \geq 0,01$); 5) очень слабого захвата ($0,01 > K_n \geq 0,001$) [10, 11].

Обсуждение результатов

Элементный состав растений видоспецифичен, зависит от многих факторов окружающей среды и может варьировать в довольно широких пределах. Количество поглощенных веществ зависит от условий выращивания и от концентрации ионов в среде. Растения-регенеранты *I. sibirica* в течение 30 пассажей выращивали на питательной среде с минеральной основой Мурасиге – Скуга (табл. 1).

Количественной мерой интенсивности накопления химических элементов растениями является коэффициент накопления (*Кн*), отражающий степень биофильности элементов, а также интенсивность их вовлечения в биологический круговорот. На основе полученных данных были выявлены элементы энергичного накопления – К, Mg, Fe, Mn, Zn, Mo Cu, а также элемент сильного накопления – Со. Кальций в листьях растений-регенерантов – элемент энергичного накопления, а в корнях и корневищах – элемент сильного накопления. Два сорта *I. sibirica* Cambridge и Стерх накапливают в культуре ткани химические элементы с одинаковой интенсивностью (табл. 2)

Исследования показали, что качественный состав элементов, обнаруженных у растений-регенерантов и интактных растений *I. sibirica*, идентичен, тогда как количественное содержание существенно отличалось. На основании данных спектрометрического анализа у *I. sibirica* определены 24 химических элемента, составлен ряд предпочтительного накопления: К > Са > Mg > Fe > Al > Na > Mn > Zn > Sr > Ва > Ti > Сu > V > Pb > Ni > As > Мо > Со > Sb > Sn > Se > Cd > Ag > Be.

По содержанию в растении минеральные элементы делят на макроэлементы (К, Са, Mg, Fe), микроэлементы (Mn, Cu, Zn, Со, Мо, Cr, Al, Ва, V, Se, Ni, Sr, Cd, Pb, Li, В, I, Au, Ag, Br) и ультрамикроэлементы.

Нами получены данные для калия в образцах корней и корневищ *I. sibirica*. Следует отметить, что содержание элемента в интактных растениях *I. sibirica* (4607,0 мг/кг) в 1,9 раза меньше, чем в растениях-регенерантах (8566,0 мг/кг).

Таблица 1. Содержание основных элементов в среде Мурасиге – Скуга

Компоненты	Содержание, мг/л	Содержание элементов	
		массовая доля, %	мг/л
KNO ₃	1900	К – 38,7	735,3
KH ₂ PO ₄	170	К – 28,7	48,8
KI	0,83	К – 76,4	0,6
Na ₂ -ЭДТА•2H ₂ O (C ₁₀ H ₁₄ O ₈ N ₂ Na ₂ •2H ₂ O)	37,3	Na – 12,3	4,6
CaCl ₂ •2H ₂ O	440	Ca – 27,3	120,1
MgSO ₄ •4H ₂ O	370	Mg – 9,9	36,6
FeSO ₄ •7H ₂ O	27,8	Fe – 20,1	5,6
MnSO ₄ •4H ₂ O	22,3	Mn – 24,6	5,5
ZnSO ₄ •7H ₂ O	8,6	Zn – 22,7	1,9
Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	0,25	Na – 19,0	0,05
		Mo – 39,6	0,1
CoCl ₂ •6H ₂ O	0,025	Co – 24,8	0,07
CuSO ₄ •5H ₂ O	0,025	Cu – 25,5	0,01

Таблица 2. Коэффициент накопления (*Кн*) химических элементов в органах растений-регенерантов *I. sibirica*

Элемент	Содержание в питательной среде, мг/кг	Cambridge				Стерх			
		листья		корни и корневища		листья		корни и корневища	
		содержание, мг/кг	<i>Кн</i>	содержание, мг/кг	<i>Кн</i>	содержание, мг/кг	<i>Кн</i>	содержание, мг/кг	<i>Кн</i>
К	784,7	–	–	8570 ± 20	10,9	–	–	–	–
Са	120,1	1900 ± 80	15,8	863 ± 8	7,9	1460 ± 30	12,2	1080 ± 10	9,0
Mg	36,6	1260 ± 25	34,3	490 ± 5	13,4	1190 ± 10	32,5	624 ± 6	17,0
Fe	5,6	216 ± 2	38,6	354 ± 3	63,2	281 ± 5	50,1	440 ± 1	78,6
Mn	5,5	167 ± 1	30,3	77,1 ± 0,9	14,0	176 ± 2	32,0	108,4 ± 0,3	19,7
Zn	1,9	74 ± 2	39,1	55 ± 1	28,7	91,9 ± 0,9	48,4	65,1 ± 0,2	34,3
Mo	0,1	1,30 ± 0,01	13,0	1,80 ± 0,02	18,0	1,60 ± 0,02	16,0	2,80 ± 0,02	28,0
Со	0,07	0,180 ± 0,004	2,6	0,250 ± 0,009	3,6	0,26 ± 0,01	3,7	0,280 ± 0,005	4,0
Cu	0,01	1,10 ± 0,01	110,0	0,600 ± 0,006	60,0	0,800 ± 0,005	80,0	1,200 ± 0,001	120,0

Примечание: «–» – нет данных.

Калий имеет очень высокую подвижность и легко реутилизируется из старых в молодые органы. Его накопление зависит от концентрации в среде. Но в надземных органах содержание выше, чем в корнях. Больше К концентрируется в молодых растущих тканях с интенсивным обменом веществ – меристемах, молодых корнях, листьях, побегах [12]. В связи с этим молодые растения-регенеранты *I. sibirica* содержали больше данного элемента, чем ткани шестилетних интактных растений.

Содержание кальция в растениях составляет 0,5–1,5% от массы сухого вещества, но в зрелых тканях кальциофильных растений может достигать 10%. Кальций не реутилизируется по растению, накапливается в старых органах и тканях. Вероятно, по этой причине в листьях растений-регенерантов *I. sibirica* в 5,2 раза, а в корнях и корневищах – в 13,6 раз меньше, чем у интактных растений. Содержание магния при оптимальном росте обычно находится в пределах 0,15–0,35% от сухой массы растений. У *I. sibirica* в листьях растений-регенерантов и интактных растений накапливалось 0,13%, а в корнях и корневищах – в 2 раза меньше, независимо от условий выращивания (рис. 1).

Железо входит в состав растения в количестве 0,02–0,08%. Основная масса железа запасается в хлоропластах в форме особого железосодержащего белка – ферритина. Обычно его концентрация в корнях в несколько раз выше, чем в побеге. Железо не реутилизируется по растению. Содержание Fe в образцах растений-регенерантов и интактных растений *I. sibirica* имело незначительное отличие (рис. 1).

Содержание Mn в вегетативных частях растений (побеги, листья) колеблется от 25 до 40 мг/кг сухого вещества, но у цитрусовых достигает 125 мг/кг. Марганец участвует в окислительных процессах, в восстановлении нитратов в процессе фотосинтеза, а также в антагонизме между марганцем и другими элементами, в частности с железом. Марганец является кофактором 35 ферментов. Установлено участие ионов этого металла в выделении кислорода (фоторазложение воды) и восстановлении CO₂ при фотосинтезе, также в синтезе витамина С. Марганец поступает в растение на протяжении всего вегетационного периода [12, 13].

Для *I. sibirica* сорт Cambridge отмечали особенность накопления Mn в культуре *in vitro*. В листьях растений-регенерантов содержание элемента в 10,7 раза больше, чем у интактных растений, а в корнях и корневищах превышение составляло в 3,1 раза (рис. 2). Такую тенденцию наблюдали и для *I. sibirica* сорт Стерх. Листья интактных растений содержали 18,5 мг/кг марганца, а растений-регенерантов – 175,8 мг/кг, что в 9,5 раза больше. В корнях и корневищах интактных растений сорта Стерх определяли 15,8 мг/кг Mn, у растений-регенерантов – 108,4 мг/кг, превышение составило 6,8 раз.

По данным Л.Я. Леванидова [14], существуют растения, способные в значительной степени накапливать марганец; такие растения называют манганофилами. Способность концентрировать марганец не обязательно свойственна всем видам данного рода и не связана с систематическим положением растения. Концентраторами марганца являются лютик золотистый, полынь лекарственная, некоторые папоротники, сосна, береза, пасленовые.

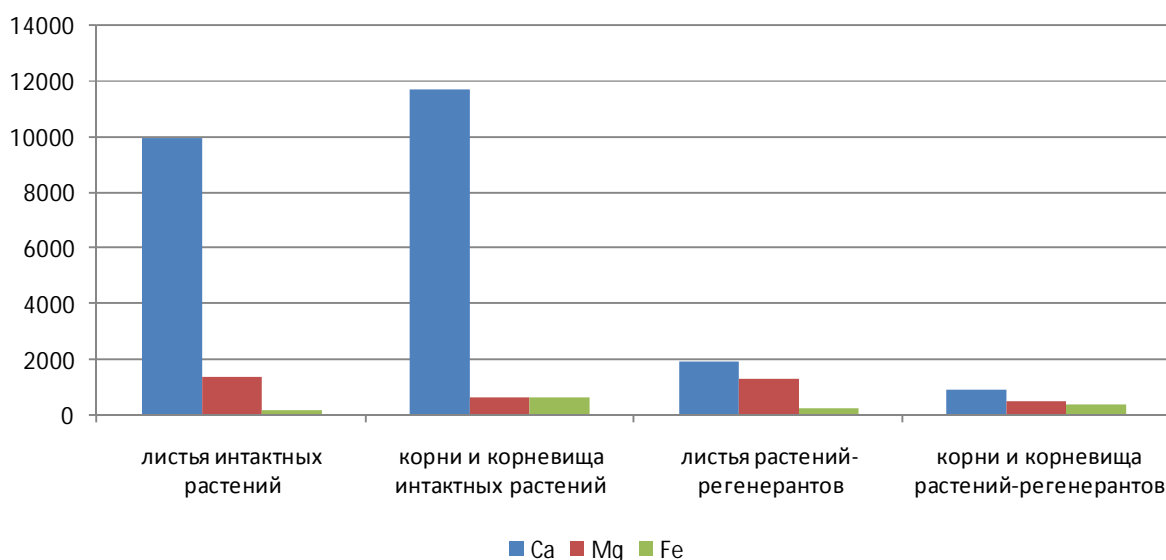


Рис. 1. Содержание макроэлементов в образцах листьев, корней и корневищ *I. sibirica* сорт Cambridge у интактных растений и растений-регенерантов (мг/кг сухого вещества)

Концентрируют марганец также лекарственные растения: вахта трехлистная, багульник болотный, лапчатка прямостоячая, чай китайский, черника обыкновенная, эвкалипт пепельный, прутовидный и шариковый. Эти растения можно применять для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, для поддержания нормальных функций половых желез и опорно-двигательного аппарата, нервной системы [15]. Уровень содержания марганца у некоторых лекарственных растений Северного Алтая колеблется от 5 до 746 мг/кг [16].

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 цинка в сухой массе. В лекарственных растениях Северного Алтая минимальные и максимальные концентрации цинка различаются примерно в 5–6 раз (min 11,0 мг/кг, max 76,0 мг/кг). Максимальные концентрации отмечены в корнях *Bergenia crassifolia*, *Raeonia anomala*, *Inula helenium* [16].

Накопление элемента Zn у растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge незначительно превышало показатели интактных растений, в то время как Sr, Ba и Ti содержалось гораздо меньше (рис. 2).

На рисунке 3 представлены данные элементов для *I. sibirica* сорт Cambridge, содержание которых у интактных растений превышает уровень в растениях-регенерантах.

Благоприятное содержание меди в растениях важно как для здоровья самих растений, так и для их использования в питании человека и животных. В статьях В.Б. Ильина и О.А. Ельчиной с коллегами приводятся сведения о нормальном содержании меди в растениях – 3-40 мг/кг воздушно-сухой массы, а предположительно максимальном – 150 мг/кг [16, 17]. В листьях интактных растений *I. sibirica* содержалось 6,7 мг/кг Cu, в корнях и корневищах – в 2 раза меньше. Содержание меди у растений-регенерантов ниже минимальных значений (рис. 3).

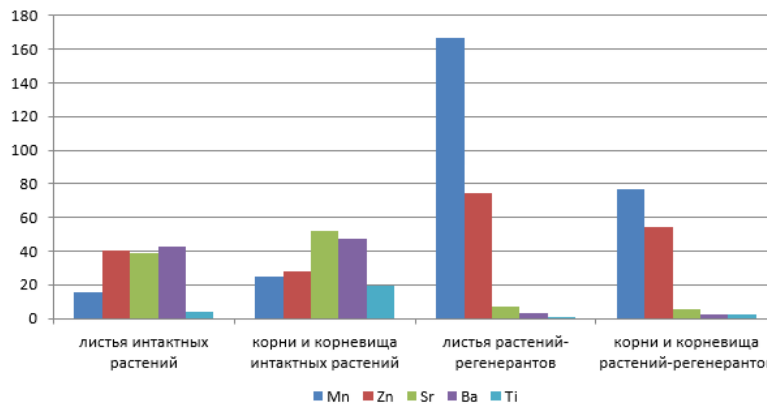


Рис. 2. Содержание микроэлементов в образцах листьев, корней и корневищ *I. sibirica* сорт Cambridge у интактных растений и растений-регенерантов (мг/кг сухого вещества)

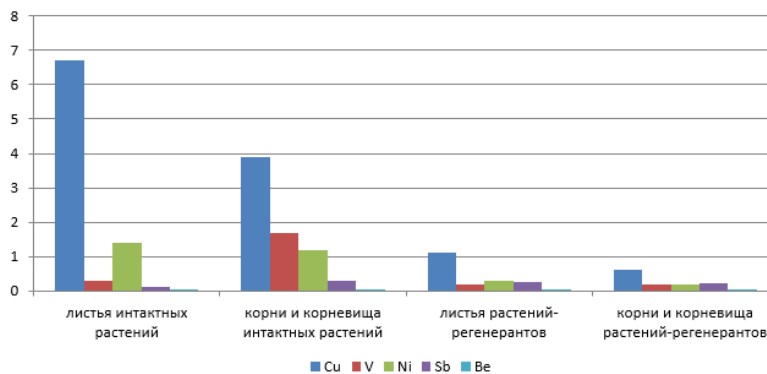


Рис. 3. Превышение содержания микроэлементов в образцах листьев, корней и корневищ *I. sibirica* сорт Cambridge у интактных растений в сравнении с растениями-регенерантами (мг/кг сухого вещества)

На рисунке 4 представлены данные по микроэлементам для *I. sibirica* сорт Cambridge, содержание которых у растений-регенерантов выше, чем в интактных растениях. При этом в целом содержание элементов не превышает допустимых значений.

Молибден участвует в осуществлении процессов оплодотворения и развития зародыша растений, вместе с железом входит в состав фермента нитратредуктазы, восстанавливает нитраты и фиксирует молекулярный азот, участвует в обмене витаминов. Молибден задерживает фтор в организме человека и предупреждает кариес зубов [16]. Содержание молибдена в растениях составляет 0,0005–0,002%. По нашим данным в листьях и корнях с корневищами растений-регенерантов в 3,0 и 4,9 раза больше содержится молибдена, чем у интактных растений (рис. 4).

В исследованных образцах *I. sibirica* сорт Cambridge концентрация Pb, Cd и мышьяка не превышала допустимого уровня для БАДов на растительной основе [18]. Наличие в образцах ртути не обнаружено. Допустимые уровни токсичных элементов непосредственно для лекарственных растений в литературе нами не найдены. Ртуть не обнаружили.

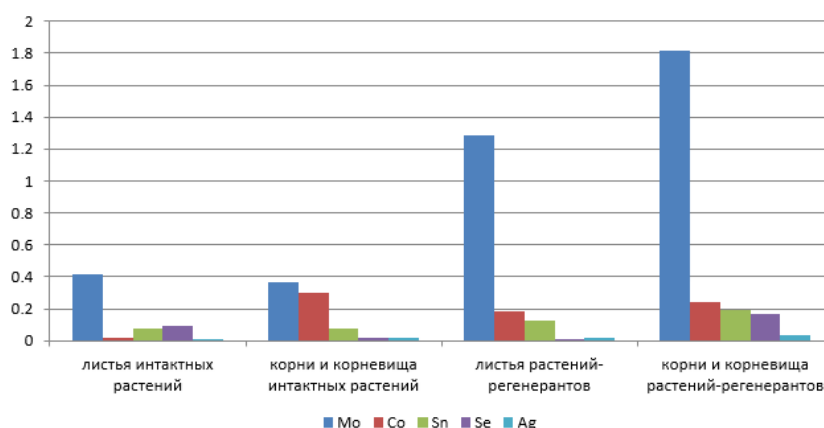


Рис. 4. Превышение содержания микроэлементов в образцах листьев, корней и корневищ *I. sibirica* сорт Cambridge у растений-регенерантов в сравнении с интактными растениями (мг/кг сухого вещества)

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о возможности использования растений-регенерантов и интактных растений *I. sibirica* в качестве источников разнообразных макро- и микроэлементов. При этом следует учитывать специфику накопления исследуемых элементов в процессе культивирования *I. sibirica in vitro*.

Выводы

1. Выявлена специфика накопления некоторых химических элементов у *I. sibirica* в культуре *in vitro*.
2. На основании данных спектрометрического анализа у *I. sibirica* определены 24 химических элемента, составлен ряд предпочтительного накопления: $K > Ca > Mg > Fe > Al > Na > Mn > Zn > Sr > Ba > Ti > Cu > V > Pb > Ni > As > Mo > Co > Sb > Sn > Se > Cd > Ag > Be$.
3. Исследования показали, что качественный состав элементов, обнаруженных у растений-регенерантов *I. sibirica* и интактных растений, идентичен, тогда как количественное содержание существенно отличалось.
4. Установлено, что растения-регенеранты *I. sibirica* сорт Cambridge являются концентратором марганца (листья, корни и корневища).
5. В исследованных образцах *I. sibirica* сорт Cambridge концентрация Pb, Cd и мышьяка не превышала допустимого уровня для БАДов на растительной основе. Содержание ртути не превышало порога чувствительности прибора.

Список литературы

1. Алексеенко В.А. Основные факторы накопления химических элементов организмами // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 8. С. 20–24.

2. Алексеева Н.Б. Виды рода *Iris* во флоре России. Проблемы охраны в природе и интродукции : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 23 с.
3. Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Микушина И.В., Долганова З.В. Фармаколого-биохимическое обоснование практического использования некоторых представителей рода *Iris* L. (Обзор) // Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 25–34.
4. Базарнова Н.Г., Ильичева Т.Н., Тихомирова Л.И., Сеницына А.А. Скрининг химического состава и биологической активности *Iris sibirica* L. сорт Cambridge // Химия растительного сырья. 2016. № 3. С. 49–57.
5. Дорофеев В.Ю., Карначук Р.А., Шилова И.В. Элементный состав клеток каллусной культуры княжика сибирского (*Atragene speciosa* Weinm.) *in vitro* // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 2. С. 12–17.
6. Асланянц Л.К., Маршавина З.В. Об эфирном масле, синтезируемом культурой ткани ириса *Iris sibirica* // Прикладная биохимия и микробиология. 1979. Т. 15. С. 769–774.
7. Асланянц Л.К., Маршавина З.В., Казарян А.Г. Продуктивность культуры клеток *Iris sibirica* L., выращенных на упрощенной питательной среде // Растительные ресурсы. 1988. Т. 24. С. 107–110.
8. Багдасарова З.М., Асланянц Л.К., Узунян Л.В. Биоконверсия терпеноидов культурой клеток ириса (*Iris sibirica*) // Прикладная биохимия и микробиология. 1988. Т. 24. С. 774–778.
9. Tikhomirova L.I. Biotechnological Aspects, of *Iris sibirica* L. *in vitro* propagation // Biotechnology in Russia. 2013. N2. Pp. 74–78.
10. Перельман А.И. Геохимия. М., 1989. 528 с.
11. Афанасьева Л.В. Содержание микроэлементов в ягодах *Vaccinium vitis-idaea* в Южном Прибайкалье // Химия растительного сырья. 2016. № 3. С. 103–108.
12. Физиология растений: Учебник для студентов вузов / под ред. И.П. Ермакова. М., 2005. 640 с.
13. Копылова Л.В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1(3). С. 709–712.
14. Леванидов Л.Я., Давыдов С.Т. Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами танинов. Челябинск, 1961. 187 с.
15. Справочник врача. Минеральные вещества лекарственных растений [Электронный ресурс]. URL: <http://spravr.ru/mineralnye-veshchestva-lekarstvennyh-rasteniy.html>.
16. Ельчианинова О.А., Рождественская Т.А., Черных Е.Ю. Микроэлементы-биофилы и тяжелые металлы в лекарственных растениях Северного Алтая // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее : материалы Международной конференции. 2008. С. 51–55.
17. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
18. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2001. С. 187–188.

Поступило в редакцию 4 октября 2016 г.

После переработки 1 декабря 2016 г.

Tikhomirova L.I.^{1*}, Bazarnova N.G.¹, Khalavin I.A.² ELEMENT COMPOSITION *IRIS SIBIRICA* L. IN CULTURE *IN VITRO*

¹Altai State University, pr. Lenina, 61, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

²Office of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance for the Altai Territory and the Republic of Altai, ul. Proletarskaya, 65, Barnaul, 656049 (Russia)

The development of biotechnological methods for producing medicinal plants, preserving valuable elemental and chemical composition of the group, is one of the most important tasks of the pharmaceutical and food industries.

The purpose of this work – the study of the elemental composition of regenerated plants *I. sibirica* compared with intact plants.

We studied the biomass of leaves and rhizomes and roots of plants regenerated *I. sibirica* variety and grade of Cambridge Sterh multiplied microclonal in VPO "Altai State University" (Barnaul, Russia). The elemental composition was evaluated according to the atomic emission spectrometry (ICP-spectrometer Optima 7300 DV firm Perkin Elmer).

The evaluation of the intensity and specificity of accumulation of chemical elements regenerated plant bodies *I. sibirica* of culture media in tissue culture. On the basis of the data obtained revealed the elements of energetic savings – K, Mg, Fe, Mn, Zn, Mo Cu, as well as a strong element of accumulation – Co. Calcium in the regenerated plant leaves is defined as an element of energetic savings, and in the roots and rhizomes as an element of a strong accumulation. Two varieties of *I. sibirica* Cambridge Sterh and accumulate in the tissue culture of the chemical elements with the same intensity.

On the basis of spectrometric analysis in biomass *I. sibirica* identified 24 chemical elements, made a series of preferential accumulation: K > Ca > Mg > Fe > Al > Na > Mn > Zn > Sr > Ba > Ti > Cu > V > Pb > Ni > As > Mo > Co > Sb > Sn > Se > Cd > Ag > Be. Studies have shown that the qualitative composition of the elements found in plants regenerated *I. sibirica* and intact plants, identical, while the quantitative content differed significantly. Established regenerated plants *I. sibirica* variety Cambridge are the hub of manganese (leaves, roots and rhizomes). In the studied samples *I. sibirica* variety Cambridge, the concentration of heavy metals Pb, Cd and As do not exceed the permissible level for dietary supplements of plant-based.

The possibility of using plants regenerated and intact plants *I. sibirica* as sources of various macro- and microelements. It should also be tailored to specific storage elements investigated during cultivation *I. sibirica in vitro*.

Keywords: *Iris sibirica* L., plants regenerated, and elemental composition of intact plants.

References

1. Alekseenko V.A. *Sorosovskii obrazova-tel'nyi zhurnal*, 2001, vol. 7, no. 8, pp. 20–24. (in Russ.).
2. Alekseeva N.B. *Vidy roda Iris vo flore Rossii. Problemy okhrany v prirode i introduksii: Avtoref. dis. ...kand. biol. nauk.* [Species of the genus *Iris* in the flora of Russia. Problems of protection in nature and introductions: Author's abstract. Dis. Candidate of Biological Sciences]. St. Petersburg, 2005, 23 p. (in Russ.).
3. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Mikushina I.V., Dolganova Z.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2015, no. 3, pp. 25–34. (in Russ.).
4. Bazarnova N.G., Il'icheva T.N., Tikhomirova L.I., Sinitsyna A.A. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2016, no. 3, pp. 49–57. (in Russ.).
5. Dorofeev V.Iu., Karnachuk R.A., Shilova I.V. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2008, no. 2, pp. 12–17. (in Russ.).
6. Aslanians L.K., Marshavina Z.V. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiya*, 1979, vol. 15, pp. 769–774. (in Russ.).
7. Aslanians L.K., Marshavina Z.V., Kazarian A.G. *Rastitel'nye resursy*, 1988, vol. 24, pp. 107–110. (in Russ.).
8. Bagdasarova Z.M., Aslanians L.K., Uzunian L.V. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiya*, 1988, vol. 24, pp. 774–778. (in Russ.).
9. Tikhomirova L.I. *Biotechnology in Russia*, 2013, no. 2, pp. 74–78.
10. Perel'man A.I. *Geokhimiia*. [Geochemistry]. Moscow, 1989, 528 p. (in Russ.).
11. Afanas'eva L.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2016, no. 3, pp. 103–108. (in Russ.).
12. *Fiziologiya rastenii: Uchebnik dlia studentov vuzov*. [Plant Physiology: A Textbook for University Students], ed. Ermakov I.P., Moscow, 2005, 640 p. (in Russ.).
13. Kopylova L.V. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2010, vol. 12, no. 1(3), pp. 709–712. (in Russ.).
14. Levanidov L.Ia., Davydov S.T. *Manganets kak mikroelement v sviazi s biokhimiie i svoistvami tannidov*. [Manganese as a trace element in connection with biochemistry and properties of tannins]. Cheliabinsk, 1961, 187 p. (in Russ.).
15. *Spravochnik vracha. Mineral'nye veshchestva lekarstvennykh rastenii*. [Directory of the doctor. Mineral substances of medicinal plants]. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://spravr.ru/mineralnye-veshchestva-lekarstvennykh-rasteniy.html>. (in Russ.).
16. El'chinina O.A., Rozhdestvenskaia T.A., Chernykh E.Iu. *Bioraznoobrazie, problemy ekologii Gornogo Altaia i sopredel'nykh regionov: nastoiashchee, proshloe, budushchee. Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii*. [Biodiversity, ecological problems of the Mountainous Altai and adjacent regions: the present, the past, the future. Materials of the International Conference]. 2008, pp. 51–55. (in Russ.).
17. Il'in V.B. *Tiazhelye metally v sisteme pochva – rastenie*. [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, 1991, 151 p. (in Russ.).
18. *SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniia bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov*. [SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for food safety and nutritional value]. Moscow, 2001, pp. 187–188. (in Russ.).

Received October 4, 2016

Revised December 1, 2016

* Corresponding author.