

УДК 615.322:582.579.2:581.192

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ *IRIS SIBIRICA* L.*

© Н.Г. Базарнова¹, Л.И. Тихомирова^{1**}, А.А. Сеницына¹, И.В. Афанасенкова²

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

² Восточно-Казахстанский государственный университет
им. С. Аманжолова, ул. Казахстан, 55, Усть-Каменогорск, 070004 (Казахстан)

Виды рода *Iris* в научной литературе признаны богатейшими источниками вторичных метаболитов. Тем не менее в химическом плане *Iris sibirica* L. является малоизученным видом. Цель данного исследования – сравнительное изучение химического состава растительного сырья *Iris sibirica* L. для оптимизации сроков сбора в условиях Алтайского края.

В качестве объекта использовали образцы листьев и корневищ с корнями *I. sibirica* сортов Cambridge и сорт Стерх, заготовленные в окрестностях г. Новоалтайска.

В результате проведенных исследований установлено содержание золы у *I. sibirica* весеннего сбора в 1,3 раза больше, чем осенью. Методом эмиссионной спектрометрии обнаружено наличие 26 элементов. Из них макроэлементов – 4, микроэлементов – 8 и ультрамикроэлементов – 14. Независимо от сорта у органов растений максимально отмечали накопление Al. В сырье весеннего сбора больше накапливается Ba и Zn, а осенью – Sr и Mn. В исследованных образцах *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх концентрация Cu, Pb, Cd, Cr и As не превышала допустимый уровень для БАДов и чая на растительной основе

С целью получения флавоноидов растения *I. sibirica* лучше заготавливать весной, а для кумаринов оптимальным является осенний сбор. Дубильных веществ больше накапливается в корневищах с корнями, а терпеновых гликозидов – в траве. Выход эфирного масла у *I. sibirica* зависит от погодных условий вегетационного периода, сроков заготовки сырья и органа растений и может быть увеличен в 2–3 раза.

Изучение распределения элементного состава и синтезируемых биологически активных веществ в процессе развития *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх в течение вегетационного периода позволило выявить вегетативные фазы с максимальным накоплением, а так же органы растений, аккумулирующие эти биологически активные вещества.

Ключевые слова: *I. sibirica* L., лекарственное растительное сырье, химический состав, флавоноиды, дубильные вещества, кумарины, терпеновые гликозиды, эфирное масло.

Введение

Изучение динамики накопления различных групп биологически активных веществ (БАВ) имеет как практическое, так и теоретическое значение. В теоретическом плане изучение динамики важно для понимания биохимической роли отдельных БАВ в жизни растений [1]. С практической стороны, в целях рационального использования ресурсов лекарственных растений важно установить оптимальные сроки сбора сырья (период максимального накопления БАВ).

Виды рода *Iris* L. (*Iridaceae*) издавна применяются в народной медицине для лечения желудочно-кишечных, кожных заболеваний, воспалительных процессов верхних дыхательных путей [2]. Лечебные свойства обусловлены уникальным набором биологически активных веществ – ксантонов [3], флавоноидов [2], изофлавоноидов [4], кумаринов, терпеноидов [5].

Iris sibirica L. содержит ксантоновый гликозид мангиферин (2-C-β-D-глюкопиранозил-1,3,6,7-тетра-

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

Сеницына Анастасия Александровна – студентка, e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

Афанасенкова Ирина Владимировна – доцент кафедры химии, кандидат педагогических наук, e-mail: L-tichomirova@yandex.ru

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprpm.2017042741s

** Автор, с которым следует вести переписку.

гидрокси-ксантон), обладающий высокой биологической активностью, проявляя противотуберкулезное, противоопухолевое, гепатопротекторное, желчегонное, антибиотическое, гипогликемическое, иммуностимулирующее и мембраностабилизирующее действие [6, 7]. Кроме того, мангиферин проявляет противовирусную активность в отношении ДНК-вирусов, в том числе вирусов герпеса (HSV-1, HSV-2, VZV, EBV, CMV) [8].

В химическом плане сырье *Iris sibirica* мало исследовано. Известно, что подземная часть *I. sibirica* содержит углеводы (сахароза – до 2,3%, фруктаны – до 2,7%, крахмал – до 2,5%). В листьях найдены фенолкарбоновые кислоты (кофейная, синаповая, *n*-кумаровая, феруловая); флавоноиды (кверцетин, мирицетин); антоцианы (дельфинидин, цианидин). Семена содержат глюкоманнаны – до 18%. [9].

Павел Коссак изучил химический состав двух сортов *I. sibirica* Supernatural и Whiskey White. Материалом для исследования служили листья, корни и корневища, цветки. Объекты содержали терпеноиды, фенолы, флавоноиды и хиноны, сердечные гликозиды, а корни Whiskey White – сапонины. В листьях двух сортов обнаружены алкалоиды [10].

Определен количественный состав запасных и биологически активных веществ вегетативных органов *Iris sibirica*, выращенных в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Исследовано содержание сахаров, крахмала, сапонинов, аскорбиновой кислоты, пектинов, протопектинов, катехинов в корневищах и листьях данного вида в течение нескольких вегетационных периодов. Обнаружено шесть общих компонентов: аскорбиновая кислота, сахара, пектины, протопектины, катехины, сапонины. В корневищах отмечено наличие крахмала, а в листьях – флавонолов [11].

Проведен первичный анализ химического состава и биологической активности сырья *I. sibirica* сорт Cambridge весеннего и осеннего сбора. Максимальное значение содержания экстрактивных веществ, извлекаемых гексаном и хлороформом, определяли в листьях весеннего сбора в пределах 4% на а.с.в. Содержание экстрактивных веществ, выделенных 96%-ным этанолом, максимально определяли в листьях весеннего сбора – 7,51%, минимальные значения в корневищах с корнями осеннего сбора – 1,91%. Обнаружены флавоноиды, дубильные вещества, гликозиды, фенолокислоты, кумарины, ксантоны, сапонины, терпены. В листьях обнаружены глюкоза и галактоза, а в корневищах с корнями арабиноза, глюкоза, галактоза. Впервые определена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* сорт Cambridge в отношении вирусов герпеса. Выделены образцы, перспективные для дальнейших исследований в опытах на животных [12].

Сорт *I. sibirica* Cambridge был зарегистрирован в 1964 г. автором Marjorie Brummitt. Цветки бирюзово-синие с бело-желтым рисунком в основании. Происхождение: 'White Swirl' × 'Gatineau'. Сорт *I. sibirica* Стерх зарегистрирован в 2001 году НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, автор З.В. Долганова (рис. Электронное приложение).

Цель данного исследования – сравнительное изучение химического состава растительного сырья *Iris sibirica* L. для оптимизации сроков сбора в условиях Алтайского края.

Экспериментальная часть

Растительный материал. В качестве объекта исследования использовали образцы листьев (трава) и корневищ с корнями *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх.

Сроки сбора лекарственного растительного сырья зависят от образования и накопления в нем действующих веществ и максимальной фитомассы. Каждый вид сырья имеет свои календарные сроки и особенности сбора. Кроме того, существуют общие правила и методы по отдельным морфологическим группам, сложившиеся на основе длительного опыта. Для *I. sibirica* сроки сбора не определены. Для проведения исследований мы использовали сырье, собранное в весенний (май) и осенний (начало сентября) периоды. Заготавливали 6 летние растения в окрестностях г. Новоалтайска, Алтайского края в течение двух лет. Вегетационный период 2015 г. определяли как теплым слабоувлажненным, а 2016 г. был теплым, сильно увлажненным. Сырье сушили до воздушно-сухого состояния, упаковывали в полиэтиленовые мешки и хранили в эксикаторе.

Методика исследования.

1. Исследование элементного состава проводили на атомно-эмиссионном ИСП-спектрометре Optima 7300 DV фирмы Perkin Elmer (США). 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 прекраще-

ния видимого выделения коричневого дыма. Минерализат был прозрачным. При уменьшении объема его доводят дистиллированной водой до нужного значения. Полученный таким образом раствор пробы переносят в сосуд из кварцевого стекла для проведения идентификации и количественного определения элементов (табл. Электронное приложение).

2. Для количественного определения флавоноидов применяли спектрофотометрический метод В.В. Беликова, в котором использована реакция комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия [13]. Содержание кумаринов и гликозидов определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 272 нм и 360 нм соответственно [13]. Количественное определение дубильных веществ проводили путем окисления перманганатом калия в присутствии индигокармина по методу Левентала-Нейбауера в модификации Курсанова, рекомендованного Государственной фармакопеей [14].

3. Эфирное масло *Iris sibirica* L. получали экстракцией летучими растворителями. Процесс экстракции растворителями проводили в несколько последовательных стадий до выхода ценного ароматерапевтического и парфюмерного продукта, называемого абсолютом [15].

Результаты и обсуждения

Воздушно-сухие образцы травы и корневищ с корнями анализировали на содержание золы (табл. 1). Общее содержание золы в траве *I. sibirica* сорт Cambridge, собранной весной составило 11,35%, а осенью – 8,15%. В корневищах с корнями, собранных весной, – 16,20%, а осенью – 13,62%. Весной содержание минеральной составляющей фитомассы Cambridge в 1,3 раза больше. Для травы и корневищ с корнями сорта Стерх осеннего сбора содержание золы составило $7,6 \pm 0,2$ и $12,6 \pm 0,3$ соответственно, что сравнимо с показателями для Cambridge собранного осенью.

Интенсивность усвоения минеральных элементов у растений имеет периодичность и может различаться по фазам роста и развития в несколько раз. С.А. Мининой с коллегами выявлены изменения содержания золы в наземной части *Iris lactea* Pall. в разные годы от 8,2% до 10,25% [16]. В работе О.О. Затыльниковой изучен элементный состав сырья *I. sibirica*, заготовленного в Национальном ботаническом саду им. М.М. Гришка НАН Украины (г. Киев) осенью 2012 года. Исследуемое сырье характеризовалось следующей зольностью: содержание золы для травы составляло около 5%, а для корневищ с корнями несколько выше – почти 12% [17], что не противоречит нашим данным.

Методом эмиссионной спектрометрии в растительном сырье *I. sibirica* установлено наличие 26 элементов. Из них макроэлементов – 4, микроэлементов – 8 и ультрамикроэлементов – 14 (табл. 1).

Растения поглощают фосфаты более интенсивно в весенний период роста, чем в последующие. Недостаток фосфорного питания в ранний период роста растений очень сильно сказывается на дальнейшем их развитии. В связи с этим у *I. sibirica* в траве весеннего сбора содержание P превышало содержание осеннего сбора в два раза (рис. а, б).

В формировании элементного химического состава растений участвуют два ведущих фактора – генетический и экологический. Если геохимическая обстановка соответствует требованиям растений, то в элементном химическом составе, главным образом, отражается влияние генетического фактора. При этом, как отмечает В.Б. Ильин, осуществляется генотипическая программа поглощения химических элементов, выдерживается качественный и количественный регламент насыщения тканей ионами [18, 19].

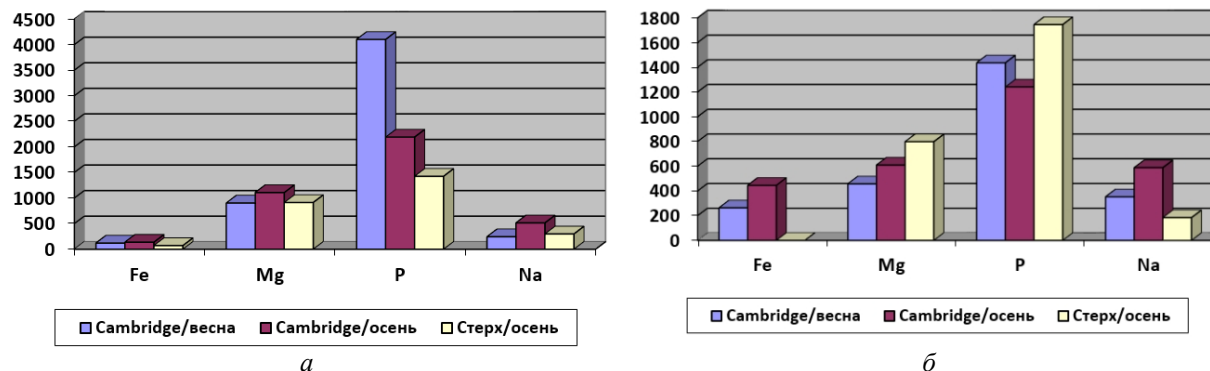
Ряд предпочтительного накопления микроэлементов для наземных и подземных органов *Iris sibirica* представлен в таблице 2. Не зависимо от сорта у органов растений максимально отмечали накопление Al. В сырье весеннего сбора больше накапливается Ba и Zn, а осенью – Sr и Mn. Для двух сортов одного вида не выявлено различий в последовательности расположения элементов. Отличие наблюдали в количественном содержании элементов и в зависимости от времени сбора сырья.

Содержание ксенобиотиков в лекарственных растениях зависит как от биологических особенностей видов, так и от условий их местообитания. Этим обусловлен региональный характер проблемы загрязнения лекарственного сырья ксенобиотиками, в частности тяжелыми металлами. Поэтому большое значение имеют исследования максимально полного химического состава лекарственных растений, в том числе и микроэлементов (Cu, Pb, Cd, Cr, As и Hg), накопление которых, как правило, определяется экологическими факторами окружающей среды.

Таблица 1. Содержание золы в растительной биомассе *I. sibirica*, % на а.с.в.

Время сбора	Cambridge		Стерх		<i>I. sibirica</i> , окрестности г. Киева [17]	
	трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями
весна	11,4±0,1	16,2±0,2	–	–	–	–
осень	8,2±0,1	13,6±0,2	7,6±0,2	12,6±0,3	5,0	12,0

Примечание. – нет данных.



Содержание макроэлементов в растительном сырье *Iris sibirica*, мг/кг: а – трава; б – корневища с корнями

Если для биогенных элементов размах приемлемых концентраций в среде обитания растений очень широк, то для микро- и ультрамикроэлементов, относящихся преимущественно к группе тяжелых металлов, оптимальный или безвредный интервал концентрации узок [20]. В исследованных образцах *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх концентрация Cu, Pb, Cd, Cr и As не превышала допустимый уровень для БАДов и чая на растительной основе [21, 22]. Содержание Hg не превышало порога чувствительности прибора. Допустимые уровни токсичных элементов непосредственно для лекарственных растений в литературе нами не найдены (табл. 3).

Изучение распределения синтезируемых биологически активных веществ в процессе развития растений в течение вегетационного периода позволяет выявить вегетативные фазы с максимальным накоплением, а также органы растений, аккумулирующие эти биологически активные вещества. Научными сотрудниками Центрального сибирского ботанического сада (Новосибирск) Л.Л. Седельниковой и Т.А. Кукушкиной установлено, что содержание биологически активных веществ вегетативных органов *I. sibirica* зависит от индивидуального и сезонного развития вида. Аскорбиновой кислоты в надземных органах больше в 1,5–7 раз, чем подземных; сахаров – в 2–4 раза. Количество сырого сапонина увеличивается к осени в корневищах *I. sibirica*, флавонолов – в листьях. Содержание крахмала в подземных органах изменяется в течение сезонного развития, с максимальным значением (15–32%) в период цветения [11].

Нами изучено количественное содержание некоторых групп веществ в вегетативных органах *I. sibirica* (табл. 4). Виды рода *Iris* в научной литературе признаны богатейшими источниками вторичных метаболитов, преимущественно за счет найденных флавоноидов. За последнее десятилетие были обнаружены и охарактеризованы более 90 флавоноидных компонентов, в том числе 38 новых соединений, у 15 видов ириса [23]. Результаты наших исследований показали максимальное содержание флавоноидов в траве *I. sibirica* не зависимо от срока сбора и генотипа. Содержание дубильных веществ в корневищах с корнями весенней и осенней вегетации превышало содержание в траве. Больше кумаринов у сорта Cambridge определено в корневищах с корнями осенней вегетации, в то время как наименьшее количество кумаринов обнаружено в траве весенней вегетации. Содержание тритерпеновых гликозидов в листьях у сорта Cambridge весенней и осенней вегетации в 2 раза больше, чем в корневищах с корнями. Проведенные исследования показали сортоспецифичность в накоплении биологически активных веществ.

Накопление эфирных масел зависит от климата, почвы, освещенности, фазы развития растений, возраста. В южных районах, на открытых местах обитания, на рыхлой и удобренной почве содержание масел в растениях повышается. Однако при очень высокой температуре ввиду испарения количество их снижается [24].

Растения *I. sibirica* накапливают в своих корнях эфирное масло с сильным ароматом, которое широко используется в парфюмерии и косметике [25]. Выход эфирного масла в исследуемых образцах составил 0,90–1,63%. Содержание абсолюта в корневищах с корнями, заготовленных осенью 2015 и 2016 годах

практически одинаковое. В то время как в листьях в 2015 г. накопление эфирного масла превысило в 1,4 раза содержание в 2016 г. По всей видимости, это связано с погодными условиями. Лето 2016 г. характеризовали как теплым сильноувлажненным, в отличие от 2015 г. – теплого и слабоувлажненного вегетационного периода (табл. 5).

Таблица 2. Ряд предпочтительного накопления микроэлементов для наземных и подземных органов *Iris sibirica*

Cambridge, весенний сбор		Cambridge, осенний сбор		Стерх, осенний сбор	
трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями
Al	Al	Al	Al	Al	Al
Ba	Ba	Sr	Sr	Sr	Sr
Sr	Sr	Ba	Ba	Ba	Ba
Zn	Zn	Mn	Mn	Mn	Mn
Mn	Mn	Zn	Zn	Zn	Zn
Cu	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
Ti	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni

Таблица 3. Содержание токсических элементов в образцах *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх, мг/кг

Элемент	Cambridge, весенний сбор		Cambridge, осенний сбор		Стерх, осенний сбор	Стерх, осенний сбор	ПДК для БАД [21]	ПДК для чая [22]
	трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями	трава	корневища с корнями		
Cu	4,047±0,809	2,799±0,559	1,351±0,270	2,661±0,532	1,398±0,037	3,759±0,113	100,0	
Pb	0,428±0,107	0,377±0,094	1,847±0,462	1,713±0,428	0,426±0,026	0,282±0,029	10,0	6,0
Cd	0,279±0,139	0,059±0,029	0,012±0,006	0,046±0,023	0,031±0,003	0,020±0,001	1,0	1,0
Cr	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,0	
As	0,214±0,107	0,251±0,126	0,146±0,073	1,146±0,573	0,630±0,048	0,428±0,037	3,0	

Примечание. Содержание Hg не превышало порога чувствительности прибора.

Таблица 4. Количественное содержание групп БАВ *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх, заготовленных в Алтайском крае в 2015 году, % на а.с.в.

БАВ	Cambridge				Стерх	
	трава		корневища с корнями		трава	корневища с корнями
	весна	осень	весна	осень	осень	осень
Флавоноиды	5,74±0,06	5,03±0,07	4,89±0,08	4,54±0,06	4,87±0,05	2,32±0,07
Дубильные вещества	2,96±0,29	2,47±0,04	3,52±0,07	3,49±0,05	2,69±0,07	3,62±0,07
Кумарины	0,93±0,07	2,05±0,08	1,64±0,06	3,59±0,08	0,82±0,06	0,40±0,04
Тритерпеновые гликозиды	0,90±0,05	0,88±0,06	0,46±0,04	0,42±0,04	1,79±0,07	3,04±0,06

Таблица 5. Содержание эфирного масла в сырье *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх, заготовленных в Алтайском крае в 2015 и 2016 гг., % на а.с.в.

Время сбора, год	Cambridge				Стерх	
	трава		корневища с корнями		трава	корневища с корнями
	весна	осень	весна	осень	осень	осень
2015	0,49	1,63	0,81	1,04	0,96	1,15
2016	–	0,90	–	1,19	–	–

Примечание. – нет данных.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено превышение содержания золы у *I. sibirica* весной в 1,3 раза в сравнении с осенью. Методом эмиссионной спектроскопии обнаружено наличие 26 элементов. Из них макроэлементов – 4, микроэлементов – 8 и ультрамикроэлементов – 14. Независимо от сорта у органов растений максимально отмечали накопление Al. В сырье весеннего сбора больше накапливается Ba и Zn, а осенью – Sr и Mn. В исследованных образцах *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх концентрация Cu, Pb, Cd, Cr и As не превышала допустимый уровень для БАДов и чая на растительной основе.

С целью получения флавоноидов растения *I. sibirica* лучше заготавливать весной, а для кумаринов оптимальным является осенний сбор. Дубильных веществ больше накапливается в корневищах с корнями, а тритерпеновых гликозидов – в траве. Выход эфирного масла у *I. sibirica* зависит от погодных условий вегетационного периода, сроков заготовки сырья и органа растений и может быть увеличен в 2–3 раза.

Список литературы

1. Ермаков И.П. Физиология растений. М., 2005. 637 с.
2. Растительные ресурсы России и сопредельных государств: цветковые растения, их химический состав, использование: семейства Butomaceae-Typhaceae. СПб, 1994. С. 77–82.
3. Исаев Д.И., Керимов Ю.Б., Ковалев С.В. и др. Ксантоны корневищ *Iris imbricata* Lindl. и *Iris pseudacorus* L. // Фармаком. 2009. №4. С. 24–28.
4. Kukula-Koch W., Sieniawska E., Widelski J., Urjin O. Major secondary metabolites of *Iris* spp. // Phytochemistry reviews. 2013. Vol. 12. N4. Pp. 1–32.
5. Kovalev V.N., Mykhailenko O.A., Vinogradov B.A. Aromatic compounds and terpenoids of *Iris hungarica* // Chemistry of natural compounds. 2014. Vol. 50. Pp. 161–162.
6. Михайлова Т.М., Олейников Д.Н., Танхаева Л.М. Биологическое действие природных ксантоновых соединений (сообщение 1) // Сибирский медицинский журнал. 2005. №7(56). С. 72–79.
7. Ковалёв В.Н., Михайленко О.А., Исаев Д.И., Гурбанов Г.М. Количественное определение мангиферина в корневищах *Iris hungarica* и *Iris sibirica* методом ВЭЖХ // Азербайджанский фармацевтический и фармакотерапевтический журнал. 2016. №1. С. 13–17.
8. Sekar M. Molecules of interest – mangiferin. A review // Annual research & review in biology. 2015. Vol. 5 (4). Pp. 307–320.
9. Тихомирова Л.Ю., Базарнова Н.Г., Микушина И.В. Фармаколого-биохимическое обоснование практического использования некоторых представителей рода *Iris* L. // Химия растительного сырья. 2015. №3. С. 25–34.
10. Pavol Kaššák. Screening of the chemical content of several Limniris group Irises // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2014. №3. Pp. 11–14.
11. Седельникова Л.Л., Кукушкина Т.А. Содержание запасных и биологически активных веществ в вегетативных органах *Iris sibirica* L. (*Iridaceae*) // Ученые записки ЗабГУ. 2016. Т. 11. №1. С. 123–128.
12. Базарнова Н.Г., Ильичёва 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.
13. Музыкина Р.А., Королькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Технология производства и анализ фитопрепаратов. Алматы, 2011. 360 с.
14. Государственная фармакопея СССР. Общие методы анализа. М., 1987. Вып. 1. 335 с.
15. Зюков Д.Г., Андреевич Е.Н., Чипига А.П. Технология и оборудование эфирномасличного производства. М., 1979. 190 с.
16. Минина С.А., Абу Схела Г.Р.И., Астахова Т.В., Пряхина Н.И., Зенкевич И.Г., Косман В.М. Технология получения сухого экстракта из наземной части касатика молочно-белого // Химико-фармацевтический журнал. 1999. №4 (33). С. 40–42.
17. Затильникова О.О. Элементный склад *Iris sibirica* L. // Украинський медичний альманах. 2013. Т. 16. №2. С. 30–31.
18. Ельчинович 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. Горно-Алтайск, 2008. С. 51–55.
19. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
20. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
21. СанПиН 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 1996.
22. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 2001.
23. Hui Wang, Yanmei Cui, Changqi Zhao. Flavonoids of the Genus *Iris* (*Iridaceae*) // Mini-Reviews in Medicinal Chemistry. 2010. Pp. 643–661.
24. Корсакова С.П. Влияние экологических факторов на биологию цветения чабреца // Бюллетень Никитского ботанического сада. 1997. Вып. 78. С. 50–54.
25. 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.

Поступило в редакцию 23 августа 2017 г.

После переработки 12 октября 2017 г.

Bazarnova N.G.¹, Tikhomirova L.I.^{1*}, Sinitsyna A.A.¹, Afanasenkova I.V.² COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF PLANT RAW MATERIAL *IRIS SIBIRICA* L.

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

²East Kazakhstan State University named after S. Amanzholov, ul. Kazakhstan, 55, Ust-Kamenogorsk, 070004 (Kazakhstan)

Species of the genus *Iris* in the scientific literature, recognized as rich sources of secondary metabolites. However, in chemical terms, *Iris sibirica* L. is poorly understood. The purpose of this study is a comparative analysis of the chemical composition of plant material of *Iris sibirica* L. to optimize the timing of collection in the conditions of Altai region.

The object used samples of leaves and rhizomes and roots of *I. sibirica* varieties Cambridge and Sterkh variety, harvested in the vicinity of the city of Novosibirsk.

As a result of these tests the ash content from *I. sibirica* spring collection 1,3 times more than in autumn. The method of emission spectrometry revealed the presence of 26 elements. Of them macro – 4, microelements and ultramicroelements 8 – 14. Regardless of the variety of plant organs as observed the accumulation of Al. In a raw spring collection piling up Ba and Zn, and in the fall of Sr and Mn. In the studied samples *I. sibirica* cultivars Siberian crane Cambridge and the concentration of Cu, Pb, Cd, Cr and As exceeded the permissible level for dietary Supplements and tea on plant-based

With the aim of obtaining flavonoids plant *I. sibirica* better harvest in the spring, and for optimal coumarins is the autumn collection. Tannins more is accumulated in the rhizomes with roots, and triterpenoid glycosides in the grass. The yield of essential oil from *I. sibirica* depends on weather conditions of vegetation period, time of procurement of raw materials and on plants and can be increased by 2–3 times.

The study of element distribution and synthesized biologically active substances in the process of development of *I. sibirica* cultivars Siberian crane and Cambridge during the vegetation period has allowed to identify the vegetative phase with maximum accumulation, and organs of plants, accumulation of these biologically active substances.

Keywords: *I. sibirica* L., medicinal plant raw materials, chemical composition, flavonoids, tannins, coumarins, triterpene glycosides, essential oil.

References

1. Ermakov I.P. *Fiziologiya rastenii*. [Plant Physiology]. Moscow, 2005, 637 p. (in Russ.).
2. *Rastitel'nye resursy Rossii i sopredel'nykh gosudarstv: tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie: semeistva Butomaceae-Typhaceae*. [Vegetable resources of Russia and neighboring countries: flowering plants, their chemical composition, use: families Butomaceae-Typhaceae]. St. Petersburg, 1994, pp. 77–82. (in Russ.).
3. Isaev D.I., Kerimov Iu.B., Kovalev S.V. i dr. *Farmakom*, 2009, no. 4, pp. 24–28. (in Russ.).
4. Kukula-Koch W., Sieniawska E., Widelski J., Urjin O. *Phytochemistry reviews*, 2013, vol. 12, no. 4, pp. 1–32.
5. Kovalev V.N., Mykhailenko O.A., Vinogradov B.A. *Chemistry of natural compounds*, 2014, vol. 50, pp. 161–162.
6. Mikhailova T.M., Oleinikov D.N., Tankhaeva L.M. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*, 2005, no. 7(56), pp. 72–79. (in Russ.).
7. Kovalev V.N., Mykhailenko O.A., Isaev D.I., Gurbanov G.M. *Azerbaidzhanskii farmatsevticheskii i farmakoterapevticheskii zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 13–17. (in Russ.).
8. Sekar M. *Annual research & review in biology*, 2015, vol. 5 (4), pp. 307–320.
9. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Mikushina I.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2015, no. 3, pp. 25–34. (in Russ.).
10. Pavol Kaššák. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2014, no. 3, pp. 11–14.
11. Sedelnikova L.L., Kukushkina T.A. *Uchenye zapiski ZabGU*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. 123–128. (in Russ.).
12. 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.).
13. Muzychkina R.A., Korul'kin D.Iu., Abilov Zh.A. *Tekhnologiya proizvodstva i analiz fitopreparatov*. [Technology of production and analysis of phytopreparations]. Almaty, 2011, 360 p. (in Russ.).
14. *Gosudarstvennaia farmakopeia SSSR. Obshchie metody analiza*. [State Pharmacopoeia of the USSR. General methods of analysis]. Moscow, 1987, vol. 1, 335 p. (in Russ.).
15. Ziukov D.G., Andreevich E.N., Chipiga A.P. *Tekhnologiya i oborudovanie efirnomaslichnogo proizvodstva*. [Technology and equipment of essential oil production]. Moscow, 1979, 190 p. (in Russ.).
16. Minina S.A., Abu Skhela G.R.I., Astakhova T.V., Priakhina N.I., Zenkevich I.G., Kosman V.M. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 1999, no. 4 (33), pp. 40–42. (in Russ.).
17. Zatylnikova O.O. *Ukrai'ns'kyj medychnyj al'manah*, 2013, vol. 16, no. 2, pp. 30–31. (in Ukr.).
18. 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: present, past, future. Materials of the International Conference]. Gorno-Altai, 2008, pp. 51–55. (in Russ.).
19. Il'in V.B. *Tiazhelye metally v sisteme pochva – rastenie*. [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, 1991, 151 p. (in Russ.).
20. Alekseev Iu.V. *Tiazhelye metally v pochvakh i rasteniakh*. [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad, 1987, 142 p. (in Russ.).
21. *SanPiN 2.3.2.560-96. Gigienicheskie trebovaniia k bezopasnosti i pishchevoi tsennosti produktov*. [SanPiN 2.3.2.560-96. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of products]. Moscow, 1996. (in Russ.).

* Corresponding author.

22. *SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniia k bezopasnosti i pishchevoi tsennosti produktov.* [SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of products]. Moscow, 2001. (in Russ.).
23. Hui Wang, Yanmei Cui, Changqi Zhao. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 2010, pp. 643–661.
24. Korsakova S.P. *Biulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1997, no. 78, pp. 50–54. (in Russ.).
25. Aslanians L.K., Marshavina Z.V. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*, 1979, vol. 15, pp. 769–774. (in Russ.).

Received August 23, 2017

Revised October 12, 2017