

ХРОМОСОМНЫЕ ЧИСЛА И ХЕМОСИСТЕМАТИКА CHROMOSOME NUMBERS AND CHEMOSYSTEMATICS

УДК 582.998:581.192.2

Е.В. Быструшкина
Л.И. Алексеева
А.Г. Быструшкин

E.V. Bystrushkina
L.I. Alekseeva
A.G. Bystrushkin

БИОХИМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРЬКУШ ВЫСОКОГОРИЙ УРАЛА

BIOCHEMICAL DIVERSITY OF *SAUSSUREA* FROM HIGH ALTITUDES OF THE URALS

Аннотация. Изучен биохимический состав четырех видов *Saussurea* из различных популяций на территории Урала. Качественный состав флавоноидов в листьях исследованных видов горькуш видоспецифичен, изменчивости в зависимости от года сбора образцов не наблюдается. *Saussurea uralensis* и на Северном, и на Южном Урале отличается как от *S. alpina*, так и от *S. controversa*. Состав фенолкарбоновых кислот и состав флавоноидов в листьях *S. alpina* сходен с североуральскими популяциями *S. uralensis*, *S. controversa* – с южноуральской популяцией *S. uralensis*. Показано, что в семенах исследованных видов *Saussurea* не наблюдается различий в качественном составе флавоноидов. Таким образом, для *S. uralensis* можно выделить две хемотипические расы, имеющие географическую приуроченность – североуральскую, более сходную по биохимическому составу с *S. alpina*, и южноуральскую, более сходную с *S. controversa*, что может быть обусловлено различиями эволюционных механизмов при формировании и географической дифференциации рас *S. uralensis* и свидетельствует в пользу гипотезы об их эволюционной и таксономической самостоятельности.

Ключевые слова: *Saussurea*, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, хемосистематика, эндемизм, природные соединения.

Summary. The biochemical composition of four species of *Saussurea* from different populations in the Urals was investigated. The composition of flavonoids in the leaves of the studied species is specific and does not depend on the season of collecting the specimens. *Saussurea uralensis* in the North and in the South Urals differ from both *S. alpina* and *S. controversa*. Composition of phenol carbonic acids and composition of flavonoids in the leaves of *S. alpina* is similar to the northern Urals populations of *S. uralensis*, *S. controversa* – with a population south Urals *S. uralensis*. It is shown that in the seeds of studied *Saussurea* species there were no differences in qualitative composition of flavonoids. Thus, for *S. uralensis* two hemotypic races can distinguished with geographical confinement – northern, more similar in composition of flavonoids and phenol carbonic acids with *S. alpina*, and the southern, more similar to *S. controversa* that may be due to differences in evolutionary mechanisms in the formation and geographical differentiation of *S. uralensis*. Obtained results favor the hypothesis of evolutionary and taxonomic independence of these races.

Key words: *Saussurea*, flavonoid, phenolic acids, chemotaxonomy, endemism, natural compound.

Эндемическое видообразование играет значительную роль в эволюции рода *Saussurea* (горькуша). В различных горных системах Азии сформировались многочисленные сложные в систематическом отношении комплексы эндемичных видов и рас горькуш, многие из которых являются редкими охраняемыми растениями (Липшиц, 1979; Серых, 1997; Смирнов, 2004,

2007; Pandey et al, 2007). Таксономическое разнообразие горькуш сопровождается значительным разнообразием биохимического состава, что является основой широкого применения биологически активных веществ растений этого рода в официальной, а также народной медицине. Биохимические признаки, в частности, качественный состав флавоноидов и фенолкарбоновых

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, 28; 167610, Сыктывкар, Россия; e-mail: alexeeva@ib.komisc.ru
Institute of Biology, Komi Research Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Kommunisticheskaya str., 28; 167610, Syktyvkar, Russia

кислот, успешно применяются в хемосистематике рода *Saussurea* для изучения дифференциации эндемичных видов и уточнения их таксономического статуса (Жирова и др., 2001; Красноборов и др., 1983; Ханминчун, Красноборов, 1984).

Данный подход актуален и в отношении решения проблем эволюции и эндемического видообразования горькуш уральской флоры. Редкий эндемик горных тундр *Saussurea uralensis* Lipsch. внесен в Красную книгу России, представлен небольшим числом популяций в горных массивах южной части Северного Урала. Ряд исследователей к этому же виду относят и немногочисленные популяции горькуши в высокогорьях Южного Урала, изолированные расстоянием 500–700 км, предполагая их происхождение как реликтового деривата североуральского вида (Горчаковский, 1969; Красная книга ..., 2001; Липшиц, 1979). Однако среди других гипотез происхождения высокогорных горькуш на Южном Урале выдвигались и версии о независимом происхождении южноуральских растений, либо в результате дивергенции от *Saussurea controversa* DC., (Куликов, 2005, с принятием данной расы в статусе подвида), либо как результат межвидовой гибридизации *S. controversa* и *S. alpina* (L.) DC. (Горчаковский, Шурова, 1983). Кроме того выдвигалась гипотеза о независимом, политопном происхождении в условиях изоляции на Северном Урале *S. uralensis*, а на Южном Урале самостоятельного таксона горькуши (Быструш-

кина, Быструшкин, 2009а, б; Князев, 2009).

Нами изучен биохимический состав *Saussurea* из различных популяций на территории Урала, в том числе *S. controversa* и *S. alpina* – монтанные виды с широкими ареалами, перекрывающимися на территории Северного и Среднего Урала, *S. uralensis* – эндемик Северного Урала, и южноуральские высокогорные горькуши, формально отнесенные к *S. uralensis*, но предположительно представляющие самостоятельный вид. Образцы листьев и семян горных видов горькуш собирали в природных местообитаниях на Северном, Среднем и Южном Урале в 2008–2010 гг. (табл. 1), сушили до воздушно-сухого состояния, измельчали, экстракцию проводили 70% метанолом. Высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) флавоноидов осуществляли на оборудовании «Кнауер» с использованием колонки Диасорб-С18, элюента вода – ацетонитрил-тетрагидрофуран (80:20:6) при скорости элюирования 0.7 мл/мин, детектирование проводили при длине волны 336 нм. УФ-спектроскопию флавоноидов осуществляли во время ВЭЖХ на оборудовании «Кнауер». Кислотный гидролиз гликозидов флавоноидов проводили 2Н HCl в соотношении 1:1 V/V при нагревании на кипящей водяной бане в течение 2 ч. Охлажденный экстракт очищали на концентрирующем патроне Диапак С16. ВЭЖХ флавоноидов проводили до и после гидролиза. Вещества идентифицировали, сравнивая tR (время удержи-

Таблица 1

Характеристика места и времени сбора образцов монтанных горькуш Урала

№	Вид <i>Saussurea</i>	Часть растения	Место и время сбора
I	<i>S. alpina</i>	листья	Горные тундры на г. Косьвинский камень, 2008 г.
II	<i>S. alpina</i>	листья	Горные тундры на г. Косьвинский камень, 2010 г.
III	<i>S. uralensis</i> (североуральская)	листья	Горные тундры на г. Косьвинский камень, 2008 г.
IV	<i>S. uralensis</i> (североуральская)	листья	Горные тундры на г. Косьвинский камень, 2010 г.
V	<i>S. uralensis</i> (южноуральская)	листья	Горные тундры на г. Иремель, 2008 г.
VI	<i>S. controversa</i>	листья	Выходы известняка на г. Егоза, 2009 г.
VII	<i>S. controversa</i>	листья	Выходы известняка на р. Реж, 2009 г.
VIII	<i>S. controversa</i>	листья	Выходы известняка на р. Улс, 2010 г.
IX	<i>S. alpina</i>	семена	Щебнистые тундры на г. Косьвинский камень, 2010 г.
X	<i>S. uralensis</i> (североуральская)	семена	Щебнистые тундры на г. Косьвинский камень, 2008 г.
XI	<i>S. uralensis</i> (североуральская)	семена	Щебнистые тундры на г. Косьвинский камень, 2010 г.
XII	<i>S. uralensis</i> (североуральская)	семена	Щебнистые тундры на г. Чистоп, 2009 г.
XIII	<i>S. uralensis</i> (южноуральская)	семена	Травянистые тундры на г. Нургуш, 2009 г.
XIV	<i>S. uralensis</i> (южноуральская)	семена	Травянистые тундры на г. Иремель, 2009 г.
XV	<i>S. uralensis</i> (южноуральская)	семена	Травянистые тундры на г. Зигальга, 2010 г.
XVI	<i>S. controversa</i>	семена	Выходы дунита на Патрушинско-Шиловском увале, 2009 г.

вания) с tR стандартных образцов. Количество рассчитывали методом абсолютной градуировки.

В листьях исследованных видов *Saussurea* присутствуют 12 флавоноидов (табл. 2). Сравнивая времена удерживания со стандартными образцами, соединение 2 можно идентифицировать как кверцетин-3-рутинозид, соединение 7 – кверцетин, соединение 9 – лютеолин. Ранее кверцетин-3-рутинозид был обнаружен в растениях других видов рода *Saussurea*: *S. involucrata* (Fu et al., 2006), *S. controversa* (Syrehina et al., 1993), *S. medusa* (Gao et al., 2006); кверцетин – в *S. involucrata* (Song, Jia, 1990), *S. medusa* (Fan, Yue, 2003), *S. controversa* (Syrehina et al., 1993), *S. salicifolia* (Chunsriimyatav et al., 2009), *S. laniceps* (Zhou et al., 2007), *S. deltoidea* (Xiao et al., 2009); лютеолин – в *S. medusa* (Dawa et al., 2009), *S. involucrata* (Fu et al., 2006).

В листьях исследованных видов *Saussurea* пять флавоноидов отмечены во всех образцах (табл. 2). Для *S. uralensis* как из североуральских, так южноуральской популяций характерно наличие кверцетина и гликозида флавоноида 8, которые отсутствуют во всех других исследованных видах *Saussurea*. Однако в образцах растений из южноуральской популяции *S. uralensis* присутствуют гликозид флавоноида 3 и два агликона флавоноидов 11 и 12, чем южноуральская популяция *S. uralensis* сходна с *S. controversa* и отличается от североуральских популяций *S. uralensis*, где эти соединения отсутствуют. Северо-

уральские популяции *S. uralensis* отличается от южноуральской популяции *S. uralensis* и сходны с *S. alpina* отсутствием трех флавоноидов: гликозида флавоноида 3 и двух агликонов флавоноидов 11 и 12. Необходимо отметить, что качественный состав флавоноидов *S. alpina*, *S. uralensis* и *S. controversa* не изменяется в разные годы сбора.

Изучение семян исследованных видов *Saussurea* показало, что в них не наблюдается различий в качественном составе флавоноидов (табл. 3). Сравнивая времена удерживания со стандартными образцами, соединение 15 можно идентифицировать как апигенин, который ранее был обнаружен в растениях *S. involucrata* (Li et al., 2006), *S. medusa* (Dawa et al., 2009), *S. eopygmaea* (Zhang et al., 2011), *S. laniceps* (Yi et al., 2009).

Ранее для рода *Aconogonon* была обнаружена четкая видовая специфика флавоноловых гликозидов, тогда как агликоновый состав характерен для всего рода и может считаться его признаком (Высочина, 1999). В листьях растений изученных видов из рода *Saussurea* присутствует во всех образцах агликон флавоноида лютеолин, составляющий от 45 до 71% от всего количества флавоноидов. Таким образом, лютеолин, обнаруженный в листьях, и четыре агликона флавоноидов, в том числе апигенин, присутствующие в семенах, по-видимому, являются признаками рода *Saussurea*. Однако данное предположение требует исследований большего количества различных видов рода *Saussurea*.

Таблица 2

Флавоноиды в листьях уральских представителей рода *Saussurea*

N*	tR, мин	Г/ А	Компонент	Содержание компонентов (% от суммы флавоноидов)							
				S. alpina		S. uralensis североуральская		S. uralensis южноуральская		S. controversa	
				I**	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	5,8	Г	Н	1	1	1	1	1	2	2	2
2	7,0	Г	Кверцетин-3-рутинозид	15	11	2	1	10	5	3	19
3	7,7	Г	Н	-	-	-	-	1	1	1	1
4	9,1	Г	Н	8	6	13	14	7	4	2	3
5	11,3	Г	Н	-	-	7	2	2	5	1	1
6	11,7	Г	Н	13	11	18	9	4	4	3	1
7	12,3	А	Кверцетин	-	-	1	1	1	-	-	-
8	14,8	Г	Н	-	-	12	23	16	-	-	-
9	16,0	А	Лютеолин	63	71	45	46	55	58	56	52
10	17,9	А	Н	-	-	1	3	1	4	1	3
11	20,6	А	Н	-	-	-	-	1	14	27	16
12	26,7	А	Н	-	-	-	-	1	3	4	2

* – номер пика; ** – номер пробы; Г – гликозид; А – агликон; «-» – отсутствует; Н – неидентифицированный компонент.

Таблица 3

Флавоноиды в семенах уральских видов рода *Saussurea*

N*	tR, мин	Г/А	Компонент	Содержание компонентов (% от суммы флавоноидов)								
				S. alpina	S. uralensis североуральская				S. uralensis южноуральская			S. controversa
					IX**	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	
12	26,7	А	Н	63	52	80	75	68	27	64	50	
13	27,9	А	Н	19	31	12	9	10	65	14	28	
14	32,6	А	Н	3	2	5	10	16	2	5	3	
15	38,1	А	Апигенин	15	15	3	6	6	6	17	19	

* – номер пика; ** – номер пробы; Г – гликозид; А – агликон; «–» – отсутствует; Н – неидентифицированный компонент.

ВЭЖХ фенолкарбоновых кислот осуществляли на оборудовании «Knauer»: насос Smartline 1000, детектор UV-VIS Smartline 2500, длина волны 250 нм с использованием колонки Диасорб-130-С18, 7 мкм (250 × 4 мм) («БиоХим-Мак», Россия), элюента вода – ацетонитрил – фосфорная кислота (85:15:0.05 по объему) при скорости элюирования 0.7 мл/мин.

В листьях исследованных видов *Saussurea* в составе фенолкарбоновых кислот выявлено 12 (табл. 4), в семенах – шесть соединений (табл. 5). Сравнивая времена удерживания со стандартными образцами, соединение 16 можно идентифицировать как галловая кислота, 18 – кофейная кислота, 28 – коричная кислота. Ранее галловая кислота была обнаружена в *S. laniceps* (Qiu et al., 2010; Yi et al., 2009), кофейная кислота – в

S. controversa (Соколова, 2011), *S. costus* (Pandey et al., 2007), коричная кислота – в *S. medusa* (Yi et al., 2009) и *S. eorygmaea* (Zhang et al., 2011).

В образцах листьев в составе фенолкарбоновых кислот три соединения присутствуют во всех исследованных видах рода *Saussurea* (табл. 4). Для образцов североуральской и южноуральской популяций *S. uralensis* установлено пять характерных фенолкарбоновых кислот. Для *S. alpina* установлено шесть характерных фенолкарбоновых кислот. Этот вид отличается от всех остальных отсутствием фенолкарбоновых кислот 17 и 25, которые характерны для других изученных видов. Необходимо подчеркнуть, что внутривидовой изменчивости качественного состава по соединениям 17 и 25 не наблюдается; возможно, эти соединения маркируют биохими-

Таблица 4

Фенолкарбоновые кислоты в листьях уральских видов рода *Saussurea*

N*	tR, мин	Компонент	Содержание компонентов, % от общего содержания фенолкарбоновых кислот							
			S. alpina		S. uralensis североуральская		S. uralensis южноуральская		S. controversa	
			I**	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
16	8,5	Галловая кислота	31	19	2	-	19	8	6	31
17	9,5	Н	-	-	8	6	6	2	1	15
18	11,6	Кофейная кислота	10	11	16	8	5	10	2	3
19	11,9	Н	-	-	-	28	-	3	-	2
20	13,3	Н	1	3	-	-	4	1	-	-
21	14,4	Н	21	21	37	20	12	7	4	-
22	15,8	Н	-	-	-	13	2	2	-	-
23	17,3	Н	35	43	31	22	47	32	43	28
24	18,8	Н	-	-	2	-	-	10	16	9
25	20,4	Н	-	-	1	2	2	10	4	4
26	23,4	Н	2	3	3	1	2	12	24	8
27	25,7	Н	-	-	-	-	1	3	-	-

* – номер пика; ** – номер пробы; «–» – отсутствует; Н – неидентифицированный компонент.

Таблица 5

Фенолкарбоновые кислоты в семенах уральских видов рода *Saussurea*

N*	tR, мин	Компонент	Содержание компонентов, % от общего содержания фенолкарбоновых кислот							
			S. alpina	S. uralensis североуральская			S. uralensis южноуральская			S. controversa
			IX**	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
18	11,6	Кофейная кислота	-	-	-	-	2	1	1	1
19	11,9	H	-	-	-	-	8	-	2	1
23	17,3	H	33	36	24	29	32	26	23	19
26	23,4	H	8	8	8	16	7	4	2	7
27	25,7	H	-	-	-	-	3	7	5	1
28	51,5	Коричная кислота	59	56	68	51	50	62	65	74

* – номер пика; ** – номер пробы; «-» – отсутствует; H – неидентифицированный компонент.

ческое сходство *S. controversa* и *S. uralensis*. Для *S. controversa* установлено семь характерных фенолкарбоновых кислот. Качественный состав фенолкарбоновых кислот в зависимости от года сбора образца в одной и той же популяции может как оставаться неизменным, что наблюдается для *S. alpina*, так и претерпевать значительные изменения, что отмечено для *S. uralensis*. Для образцов из различных географических популяций *S. controversa* отмечается изменчивость качественного состава фенолкарбоновых кислот.

В семенах всех изученных видов *Saussurea* в составе фенолкарбоновых кислот выявлено три характерных соединения (табл. 5). По составу фенолкарбоновых кислот популяции *S. uralensis* разделились на две географически обособленные группы. *Saussurea alpina* схож с североуральской популяцией *S. uralensis*. Южноуральская популяция *S. uralensis* более схожа по составу с *S. controversa*. Либо такая географическая дифференциация свидетельствует о генетической близости североуральских популяций *S. uralensis* к *S. alpina*, а южноуральских популяций *S. uralensis* к *S. controversa*, либо это можно объяснить экологическими особенностями условий произрастания в высокогорьях Северного Урала. Отмечен один случай изменчивости по наличию соединения 19 в южноуральских популяциях *S. uralensis*.

Таким образом, по биохимическому составу фенольных соединений *S. uralensis* и на Северном, и на Южном Урале отличается как от *S. alpina*, так и от *S. controversa*. Для *S. uralensis* отмечается полиморфизм: состав фенолкарбоновых кислот и флавоноидов в образцах североуральской популяции отличается от образцов из южноуральской популяции. Для *S. uralensis* можно выделить две хемотипические расы, имеющие географическую приуроченность – североуральскую, более сходную по биохимическому составу с *S. alpina*, и южноуральскую, более сходную по биохимическому составу с *S. controversa*, что может быть обусловлено различиями эволюционных механизмов при формировании и географической дифференциации эндемичных рас *S. uralensis*. Уникальность состава флавоноидов и фенолкарбоновых кислот растений из южноуральской и североуральской популяций *S. uralensis* свидетельствует в пользу гипотезы об их эволюционной и таксономической самостоятельности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ МОБ_СТ_2010_II № 10-04-90802, а также при частичной поддержке грантами РФФИ №10-04-00989-а, №10-04-96012-р_урал_а, №07-04-96102-р_урал_а.

ЛИТЕРАТУРА

Быструшкина Е.В., Быструшкин А.Г. Проблемы систематики некоторых уральских эндемиков // Ботанические исследования на Урале. Матер. рег. с междунар. участием науч. конф., посвящ. памяти П.Л. Горчаковского. – Пермь, изд-во ПГУ, 2009. – С. 55–56.

Быструшкина Е.В., Быструшкин А.Г. Феногенетическая изменчивость элементов обёртки монтаных горькуш (*Saussurea* DC.) Южного Урала // VII Зырянские чтения: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. – Курган, Изд-во Курганск. ун-та, 2009. – С. 207–208.

- Высочина Г.И.** Биохимические подходы к познанию биоразнообразия растительного мира // Сибирский экологический журнал, 1999. – № 3. – С. 207–211.
- Горчаковский П.Л.** Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. – Свердловск, 1969. – 286 с.
- Горчаковский П.Л., Щурова Е.А.** Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. – М., 1982. – 207 с.
- Жирова О.С., Красников А.А., Баяндина И.И.** Новый вид *Saussurea* из секции *Amphilaena* в Сибири // Turczaninowia, 2001. – Т. 4, № 4. – С. 5–15.
- Князев М.С.** Дополнения к флоре Северного и Среднего Урала // Ботанические исследования на Урале. Матер. регион. с междунар. участием науч. конф., посвящ. памяти П.Л. Горчаковского. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2009. – С. 174–176.
- Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. – Уфа, 2001. – 208 с.
- Красноборов И.М., Ханминчун В.М., Красников А.А.** О *Saussurea dorogostaiskii* и *S. involucrata* (Asteraceae) в Сибири // Бот. журн, 1983. – Т. 68, № 12. – С. 1668–1671.
- Куликов П.В.** Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). – Екатеринбург, 2005. – 537 с.
- Липищ С.Ю.** Род *Saussurea* DC. – Л., 1979. – 283 с.
- Серых Г.И.** *Saussurea* DC. – Соссюрея, Горькуша // Флора Сибири: Asteraceae (Compositae). – Т. 13. – Новосибирск, 1997. – С. 180–209.
- Смирнов С.В.** Заметки по роду *Saussurea* DC. (Asteraceae) на Алтае // Turczaninowia, 2004. – Т. 7, № 4. – С. 11–17.
- Смирнов С.В.** Конспект рода *Saussurea* DC. (Asteraceae) Алтайской горной страны // Turczaninowia, 2007. – Т. 10, № 3–4. – С. 5–35.
- Соколова С.Н.** Изучение химического состава и биологической активности *Saussurea controversa* // Матер. 70-й Юбилейной итоговой науч. студ. конф. им. Н.И. Пирогова. – Томск, 2011. – С. 233.
- Ханминчун В.М., Красноборов И.М.** Новый вид рода *Saussurea* DC. (Asteraceae) из Алтае-Саянской провинции // Изв. Сиб. Отд. АН СССР. Сер. биол. наук, 1984. – Вып. 2. – С. 14–17.
- Chunsriiyatav G., Hoza I., Valášek P., Skrovanková S., Banzragch D., Tsevegsuren N.** Determination of Phenolic Compounds in *Saussurea salicifolia* (L.) DC. by HPLC // Czech. J. Food Sci., 2009. – Vol. 27. – P. 259–261.
- Dawa Z., Bai Yang., Zhou Y., Gesang S., Ping A., Ding L.** Chemical constituents of the whole plants of *Saussurea medusa* // J. Nat. Med., 2009. – Vol. 63. – P. 327–330.
- Fan C.-Q., Yue J.-M.** Biologically active phenols from *Saussurea medusa* // Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2003. – Vol. 11, № 5. – P. 703–708.
- Fu C.-X., Yan-jun Xu, Zhao D.-X., Ma F.S.** A comparison between hairy root cultures and wild plants of *Saussurea involucrata* in phenylpropanoids production // Plant Cell Rep., 2006. – Vol. 24. – P. 750–754.
- Gao M., Song B.-Z., Liu C.-Z.** Dynamic microwave-assisted extraction of flavonoids from *Saussurea medusa* Maxim. cultured cells // Biochemical Engineering J., 2006. – Vol. 32. – P. 79–83
- Li F.X., Jin Z.P., Zhao D.X., Cheng L.Q., Fu C.X., Ma F.** Overexpression of the *Saussurea medusa* chalcone isomerase gene in *S. involucrata* hairy root cultures enhances their biosynthesis of apigenin // Phytochemistry, 2006. – Vol. 67. – P. 553–560.
- Pandey M.M., Rastogi S., Rawat K.A.S.** *Saussurea costus*: Botanical, chemical and pharmacological review of an ayurvedic medicinal plant // J. Ethnopharm., 2007. – Vol. 110. – P. 379–390
- Qiu J., Xue X., Chen F., Li C., Bolat N., Wang X., Baima Y., Zhao Q., Zhao D., Ma F.** Quality evaluation of snow lotus (*Saussurea*): quantitative chemical analysis and antioxidant activity assessment // Plant Cell Rep., 2010. – Vol. 29. – P. 1325–1337.
- Song Z.Z., Jia Z.J.** Studies on chemical constituents of *Saussurea involucrata* // Chin. Trad. Herb. Drugs, 1990. – Vol. 21. – P. 4–5
- Syrehina A.L., Chernousova A.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A.** The chemical composition of the extractive substances of *Saussurea controversa* // Chem. Natur. Compounds, 1993. – Vol. 29, № 5. – P. 686–687.
- Xiao H.-T., Liu B., Hao X.-Y., Yang X.-S., Sun Q.-Y.** Chemical constituents from *Saussurea deltoidea* // Chem. Natur. Compounds, 2009. – Vol. 45, № 4. – P. 539–541.
- Yi T., Chen H.-B., Zhao Z.-Z., Jiang Z.-H., Cai S.-Q., Wang T.-M.** Comparative analysis of the major constituents in the traditional tibetan medicinal plants *Saussurea laniceps* and *S. medusa* by LC-DAD-MS // Chromatographia, 2009. – Vol. 70, № 5/6. – P. 957–962.
- Zhou Z.-W., Yin S., Wang X.-N., Fan C.-Q., Li H., Yue J.-M.** Two new lignan glycosides from *Saussurea laniceps* // Helvetica Chimica Acta, 2007. – Vol. 90, № 5. – P. 951–956.
- Zhang B.-B., Dai Y., Liao Z.-X.** Chemical constituents of *Saussurea eopygmaea* // Chinese J. Natur. Medicines, 2011. – Vol. 9, № 1. – P. 0033–0037.