

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ХЕМОТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ СЕКЦИИ *ONOBRYCHIUM* РОДА *ASTRAGALUS* (*FABACEAE*)

О.В. Коцупий, Е.П. Храмова, Г.И. Высочина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,

630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: olnevaster@gmail.com, khramova@ngs.ru

Изучен комплекс морфологических, географических и биохимических признаков видов секции *Onobrychium* Bunge рода *Astragalus* L. – *A. adsurgens* Pallas, *A. austrosibiricus* Schischkin, *A. inopinatus* Boriss. и *A. onobrychis* L. Исследованы корреляционные связи признаков – длина прицветников, длина трубки чашечки, длина зубцов чашечки, длина флага, ширина флага и соотношение содержания кверцетина к сумме агликонов – кемпферола, изорамнетина, рамноцитрина. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) у *A. austrosibiricus*, *A. inopinatus* и *A. onobrychis* обнаружено четыре агликона флавонолов – кверцетин, кемпферол, изорамнетин и минорное количество рамноцитрина; у *A. adsurgens* – только два агликона (кверцетин и кемпферол). На существенное отличие *A. adsurgens* от изученных видов секции указывает и соотношение этих агликонов, которое коррелирует с морфологическими признаками (короткими прицветниками и зубцами чашечки). Между диагностическими признаками *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* связь слабая, недостоверная, отличий в соотношении агликонов не обнаружено. *A. onobrychis* имеет четкие морфологические и географические отличия и свойственное только ему соотношение агликонов.

Ключевые слова: морфология, ареал, хемотаксономия, агликоны флавонолов, *Astragalus* L.

COMPARATIVE-MORPHOLOGICAL AND CHEMOTAXONOMIC STUDY OF THE *ASTRAGALUS* SPECIES OF THE SECTION *ONOBRYCHIUM* (*FABACEAE*)

O.V. Kotsupiy, E.P. Khramova, G.I. Vysochina

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,

630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: olnevaster@gmail.com, khramova@ngs.ru

Morphology, areas, composition and content of the flavonoid aglycons have been studied in *A. adsurgens* Pallas, *A. austrosibiricus* Schischkin, *A. inopinatus* Boriss. and *A. onobrychis* L. of the section *Onobrychium* Bunge of the genus *Astragalus* L. Quercetin and kaempferol were found in composition of the aglycons in *A. adsurgens*; quercetin, kaempferol, isorhamnetin and rhamnocitrin – in the other species of the section. The ratio quercetin/kaempferol in *A. adsurgens* correlates with diagnostic characters – short bracts and teeth of the calyx. In *A. austrosibiricus* and *A. inopinatus* correlation between of their diagnostic characters is weak, there are no in the composition of the flavonoid aglycons and quantitative relationship. *A. onobrychis* has an aglycon ratio distinct from other species and clear-cut morphological characters.

Key words: morphology, areas, chemotaxonomy, aglycons of flavonol, *Astragalus* L.

ВВЕДЕНИЕ

Один из крупнейших родов цветковых растений семейства *Fabaceae* Lindl. – род *Astragalus* L. – отличается полиморфизмом и экологической пластичностью, что создает проблемы в таксономии рода.

Секция *Onobrychium* Bunge – древне-средиземноморская, на территории Сибири произрастает шесть видов (Никифорова, 2005). А.В. Положий (1964) рассматривает виды ряда *Sibirici* Boriss. (*A. adsurgens* Pallas, *A. austrosibiricus* Schischkin, *A. inopinatus* Boriss.) как один вид *A. adsurgens* с широким монголо-сибирским ареалом. М.Г. Попов (1957) выделяет последний в качестве вида, а *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* в качестве подвидов. Г.А. Пешкова (1979), С.Н. Выдри-

на (1994) и Г.П. Яковлев с соавторами (Yakovlev et al., 1996) признают рассматриваемые виды самостоятельными.

При выборе биохимических соединений для целей хемотаксономии необходимо знать, на каком систематическом уровне данные вещества могут быть полезны в качестве маркеров. Большую прогностическую ценность представляют продукты вторичного метаболизма – алкалоиды, флавоноиды, терпеноиды и др., содержание и интенсивность биосинтеза которых у разных видов более специфичны по сравнению с продуктами первичного обмена. В хемосистематике цветковых чаще всего используют флавоноиды, кото-

рые легко выделяются и химически стабильны, а их содержание часто коррелирует с определенными морфологическими изменениями (Лесная энциклопедия, 1986). Ранее установлено, что агликоны флавоноидов специфичны на уровне родов и секций, а гликозиды – на уровне видов (Высочина, 1969, 1999, 2004). На примере растений рода *Astragalus* нами показано, что независимо от фаз развития, эколого-географических условий агликоны флавоноидов имеют постоянный для вида состав (Сиднева, 2005).

В листьях *A. adsurgens*, *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* найдены кверцетин, кемпферол и изорамнетин (Кадырова, 1989). По данным других исследователей, в надземной части растений *A. adsurgens* и *A. austrosibiricus* содержатся гликозиды изорамнетина и кемпферола (Комиссаренко, Полякова, 1987). В надземной части *A. inopinatus* обнаружен апигенин (Gromova et al., 2001). Из хемотаксономи-

ческих работ известно исследование Р.Б. Кадыровой (1989): в гидролизатах экстрактов из листьев растений *A. adsurgens* из Тувы, *A. austrosibiricus* с Алтая и из Хакасии, *A. inopinatus* из Якутии и *A. marinus* Boriss. из Приморского края ею было определено соотношение агликонов флавоноидов и получены спектры энзимограмм эстеразы и малатдегидрогиназы. У *A. adsurgens* обнаружено высокое содержание кверцетина, у трех других видов – высокое содержание изорамнетина по сравнению с кверцетином. *A. adsurgens* отличается от *A. austrosibiricus* спектром энзимограмм эстеразы и малатдегидрогиназы, *A. inopinatus* по этому признаку оказался ближе к *A. adsurgens*.

Цель настоящей работы – изучение морфологической, географической и биохимической дифференциации у видов секции *Onobrychium* рода *Astragalus*, произрастающих в Сибири.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на материале, собранном в фазах цветения в 2000–2002, 2005 гг. на территории Забайкальского края, Республики Алтай и Новосибирской области. Использовали также материалы Гербария им. М.Г. Попова Центрального сибирского ботанического сада (г. Новосибирск) (NS).

Состав и содержание агликонов флавоноидов исследованы в 25 образцах 4 видов секции *Onobrychium*: *A. adsurgens*, *A. austrosibiricus*, *A. inopinatus*, *A. onobrychis*. Для корреляционного анализа выбрано шесть признаков – длина прицветников, трубки чашечки, зубцов чашечки, флага, ширина флага и соотношение содержания кверцетина к сумме агликонов – кемпферола, изорамнетина, рамноцитрина.

Состав и содержание агликонов флавоноидов, образующихся после кислотного гидролиза гликозидов, анализировали с помощью метода обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ). Анализ проводили на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из жидкостного хроматографа “Agilent 1100” с УФ-спектрофотометрическим детектором и системы для сбора и обработки хро-

мографических данных (Германия). Условия хроматографирования и методика анализа подробно приведены в работе Е.П. Храмовой, Е.К. Комаревцевой (2008). В качестве метчиков использовали стандартные образцы кверцетина и кемпферола производства фирмы “Fluka”, а также образцы рамноцитрина и изорамнетина, ранее выделенные из *A. membranaceus* и идентифицированные по результатам хроматографического анализа и данным УФ-спектроскопии О.В. Сидневой (Коцупий) (2004). Анализ каждого образца проводили в двукратной повторности. Относительная ошибка выборочной средней составляет 2–3 %.

Использовали также методы хроматографии на бумаге и УФ-спектроскопии (Клышев и др., 1978; Высочина и др., 1987; Mabry et al., 1970).

Корреляционный анализ проведен при помощи стандартной программы STATISTICA (v. 5.5). С использованием шкалы, приведенной в работе Г.Ф. Лакина (1980), были выделены следующие степени корреляционной связи в зависимости от коэффициента корреляции Пирсона: слабая, умеренная, значительная, тесная, очень тесная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По материалам С.Н. Выдриной (1994) и собственным данным определены диагностические признаки морфологической структуры цветка (табл. 1). *A. adsurgens* отличается короткими прицветниками, чашечкой и ее зубцами, имеет красно-фиолетовый, пурпуровый венчик. Виды *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* отличимы по размеру флага венчика (у *A. austrosibiricus* флаг немного длиннее и шире) и по цвету венчика – у *A. austrosibiricus* он фиолетовых тонов, редко белый, у *A. inopinatus* – грязно-белый, с фиолетовым тоном. *A. onobrychis* L. имеет длинный флаг, который в верхней части сужен, в отличие от обратнойцевидной пластинки флага остальных видов секции.

Ареологическая характеристика *A. adsurgens*, *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* дана по данным Г.А. Пешковой (2001) (см. табл. 1), распространение видов описано по данным С.Н. Выдриной (1994).

Восточно-азиатский вид *A. adsurgens* распространен в Монголии, Средней и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Северо-Восточном Китае, на Корейском п-ове, в Японии. В Сибири произрастает в Хакасии и Туве, далее его дизъюнктивный ареал простирается от юго-западного побережья оз. Байкал через долину р. Селенга до юга Забайкальского края включительно.

**Морфологические и географические отличия видов
A. adsurgens, *A. austrosibiricus*, *A. inopinatus* и *A. onobrychis*, по С.Н. Выдриной (1994)**

Признак	<i>A. adsurgens</i>	<i>A. austrosibiricus</i>	<i>A. inopinatus</i>	<i>A. onobrychis</i>
Форма пластинки флага	Обратнойцевидная, в верхней части несуженная			Ромбическая, в верхней части суженная
Форма прицветников, соотношение с размерами чашечки	Короче чашечки, у нижних цветков достигают только ее основания	Ланцетно-линейные, равны трубке чашечки или в 1.5 (2) раза короче		
Длина чашечки, мм	5–6 (7)	7–8		6–9
Длина зубцов чашечки, мм	В 1.5–3.5 раза короче трубки (в 3–5)	½ длины трубки или меньше		4, ½ длины трубки или равны
Цвет венчика	Красно-фиолетовый, пурпуровый	Фиолетовых тонов, редко белый Желтеющий при сушке	Грязно-белый, с фиолетовым тоном	Лилово-пурпурный
Длина, ширина флага венчика, мм	До 15	14–16, 6–7	13–15, 4–5 (6)	(13) 16–28
Ареал	Восточно-азиатский	Южно-сибирский и монгольский	Североазиатский	Евразийский

Вид *A. austrosibiricus* распространен в Казахстане и Северной Монголии, на территории России произрастает в Кемеровской области, Алтайском крае и Республике Алтай, далее на восток – в Хакасии и Туве, поднимаясь до верховья Енисея, менее часто встречается в Иркутской области, в Бурятии – по западному и южному побережью оз. Байкал, в Забайкалье отмечен лишь в окрестностях станции Чара.

Североазиатский *A. inopinatus* на территории России имеет основной ареал в Прибайкалье (Иркутская область, Бурятия) и Забайкалье (север Забайкальского края), в Якутии (кроме Колымы и нижнего течения р. Лены) и на Дальнем Востоке, также распространен в Туве, точно – в Красноярском крае (Тунгусский флористический район). Кроме России встречается в Северной Монголии.

Таким образом, ареалы трех описываемых видов пересекаются на южном и юго-западном побережье оз. Байкал. Кроме того, *A. adsurgens* и *A. austrosibiricus* совместно произрастают в Хакасии и Туве, *A. adsurgens* и *A. inopinatus* – по р. Селенга в Бурятии, *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* – на севере Забайкальского края (окр. с. Чара). Ареал евразийского *A. onobrychis* достаточно обособлен от ареалов этих трех видов. На российской территории вид произрастает на юге Западной Сибири – юге Тюменской, в Курганской, Омской, Новосибирской областях, а также в Алтайском крае и западной части Горного Алтая, где пересекается с ареалом *A. austrosibiricus*.

По данным ВЭЖХ и хроматографии на бумаге, в гидролизатах трех видов секции *Onobrychium* – *A. austrosibiricus*, *A. inopinatus* и *A. onobrychis* – нами обнаружены флавонолы: кверцетин, кемпферол, изорамнетин и рамноцитрин (минорное количество), у *A. adsurgens* – кверцетин и кемпферол. Последний вид также отличает и высокое содержание кверцетина,

что по отношению к содержанию кемпферола составляет 1:0.05–1:0.06 (табл. 2). У *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* преобладают кверцетин или изорамнетин. Соотношение кверцетина к сумме остальных агликонов у этих видов не таксоноспецифично. Так, у двух образцов *A. austrosibiricus* из Горного Алтая с четкими морфологическими признаками соотношение кверцетина к сумме остальных агликонов (кемпферолу, изорамнетину и рамноцитрину) составило 1:2.9 и 1:9.0. У образцов, отнесенных по морфологии и ареалу к *A. inopinatus*, вышеуказанное соотношение составило 1:0.8–1:6.0. Образцы с переходными между *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* морфологическими признаками имеют соотношение 1:0.6 и 1:2.6 (о. Большой Ушканий на Байкале и хр. Удокан соответственно; из перекрывающихся частей ареалов этих видов), 1:4.5 (Новосибирская область, окр. пос. Юрты, из ареала *A. austrosibiricus*). У двух изученных образцов *A. onobrychis* соотношение кверцетина к сумме остальных агликонов составило 1:4.8 и 1:2.0, преобладают кемпферол либо изорамнетин, содержание изорамнетина больше, чем кверцетина (см. табл. 2).

Для выяснения роли биохимических признаков в видовой дифференциации изученных таксонов был проведен корреляционный анализ (табл. 3).

Значимые коэффициенты корреляции свидетельствуют об обратной связи количественного биохимического признака с длиной прицветников и длиной зубцов чашечки ($r = -0.62$ и -0.49 соответственно). Из изученных таксонов такая корреляция указывает на диагностические признаки *A. adsurgens* (короткие прицветники и зубцы чашечки) и четкие отличия от других видов по составу и содержанию агликонов. Из морфологических признаков, коррелирующих между собой, достоверно значима прямая связь длины прицветников с длиной трубки чашечки ($r = 0.57$), что

**Содержание агликонов флавонолов в листьях видов секции *Onobrychium* рода *Astragalus*
(в % от массы абсолютно сухого сырья)**

Вид	Место сбора	Кверцетин	Кемпферол	Рамноцитрин	Изорамнетин
<i>A. adsurgens</i>	Забайкальский край, окр. с. Могзон, березово-лиственничный лес, у дороги	0.44	0.02	Н. о.*	Н. о.
	Забайкальский край, побережье оз. Ножий, степь	0.63	0.03	Н. о.	Н. о.
	Бурятия, оз. Малое Еравное	0.76	0.04	Н. о.	Н. о.
	Иркутская обл., истоки р. Малая Белая, на опушке соснового леса	1.04	0.06	Н. о.	Н. о.
<i>A. austrosibiricus</i>	Республика Алтай, окр. пос. Язула, разнотравный луг на южном склоне	0.07	0.01	0.03	0.16
	Республика Алтай, верховье р. Башкаус, поляна в лиственничном лесу	0.01	0.01	0.01	0.07
<i>A. austrosibiricus?</i>	Иркутская обл., оз. Байкал, юго-восточная часть о. Бол. Ушканий, степная марена	0.44	0.02	0.01	0.25
	Забайкальский край, хр. Удокан, левобережная терраса р. Калар, лиственничный лес	0.07	0.01	0.03	0.14
	Новосибирская область, окр. пос. Юрты, мелко-травно-типчаковая степь	0.06	0.01	0.03	0.23
<i>A. inopinatus</i>	Иркутская обл., долина р. Лены, окр. д. Макарово, остепненная опушка леса	0.37	0.04	0.01	0.29
	Иркутская обл., окр. пос. Введенщина, пойма р. Иркут, на песке	0.09	0.03	0.01	0.17
	Иркутская обл., окр. с. Тугутуй, степь	0.20	0.02	0.01	0.16
	Иркутская обл., правый берег р. Урика, окр. д. Шанхар, на вырубке соснового леса	0.09	0.03	0.01	0.22
	Иркутская обл., окр. пос. Большие Коты, редкий сосновый лес	0.19	0.02	Н. о.	0.13
	Иркутская обл., правый берег р. Витим, юго-западный скалистый склон к реке	0.02	0.01	0.02	0.10
	Иркутская обл., улус Ланхой, юго-восточный склон, залежь	0.12	0.02	0.01	0.12
	Иркутская обл., юго-восточный берег оз. Байкал, песчаная пойма р. Слюдянка	0.15	0.02	0.01	0.20
	Бурятия, Муйская долина, окр. пос. Таксимо, на опушке леса	0.06	0.01	0.01	0.28
	Бурятия, Байкальский хребет, окр. с. Байкальское, мыс Лударь	0.20	0.03	0.01	0.35
	Иркутская обл., долина р. Лены, окр. д. Козлово, кустарник на склоне	0.09	0.03	0.01	0.14
	Иркутская обл., окр. д. Кукукут, опушка леса	0.12	0.02	0.01	0.08
	Бурятия, хр. Баргузинский, р. Ина – приток р. Баргузин, первая степная терраса	0.08	0.03	0.01	0.44
	Иркутская обл., окр. г. Бодайбо, нижняя луговая часть южного склона горы	0.17	0.01	0.01	0.20
	<i>A. onobrychis</i>	Новосибирская обл., окр. с. Решеты, злаково-попынная степь	0.04	0.08	Сл.**
НСО, окр. с. Шилово-Курья, разнотравная степь		0.10	0.08	Сл.	0.12

* Н.о. – вещество не обнаружено.

** Сл. – следы.

Коэффициенты корреляции между морфолого-биохимическими признаками для *A. adsurgens*, *A. austrosibiricus*, *A. inopinatus* и *A. onobrychis*, $n = 25$

Параметры		Длина, мм			Ширина флага, мм	Содержание кверцетина/содержание остальных агликонов, %
		трубки чашечки	зубцов чашечки	флага		
Длина, мм	прицветников	0.57**	0.37	0.17	-0.01	-0.62***
	трубки чашечки	–	0.12	0.11	0.16	-0.14
	зубцов чашечки	–	–	0.42*	0.17	-0.49**
	флага	–	–	–	0.32	-0.10
Ширина флага, мм		–	–	–	–	0.15

* Достоверность на 5%-м уровне значимости.

** Достоверность на 1%-м уровне значимости.

*** Достоверность на 0.1%-м уровне значимости.

подтверждает морфологические диагностические отличия *A. adsurgens* от *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus*. Между длиной и шириной флага венчика (диагностического признака для последних двух видов) связь слабая, недостоверная ($r = 0.32$). Длина флага достоверно умеренно коррелирует с длиной зубцов чашечки, что может указывать на достаточно длинный флаг (от 16 мм) *A. onobrychis*.

Таким образом, данное исследование подтвердило диагностические морфологические признаки для *A. adsurgens* и *A. onobrychis*, выявило биохимические признаки для дифференциации видов – состав и со-

держание агликонов флавоноидов для *A. adsurgens*, соотношение агликонов для *A. onobrychis*. Для изученных образцов *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus* из разных мест их ареала, в том числе из пересекающихся, не обнаружено каких-либо четких отличий в составе и содержании агликонов флавоноидов, также их трудно дифференцировать по морфологическим признакам. Поскольку гликозиды флавоноидов показывают большую видоспецифичность в отличие от агликонов флавоноидов, необходимо дальнейшее исследование состава и содержания гликозидов флавоноидов таксонов этой секции.

ВЫВОДЫ

Изучен комплекс морфологических, ареалогических и биохимических признаков (состав и содержание агликонов флавоноидов) четырех видов секции *Onobrychium* рода *Astragalus*, произрастающих в Сибири.

Вид *A. adsurgens*, близкий к *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus*, имеет достаточно четкие отличия по составу и содержанию агликонов, коррелирующие с морфологическими признаками (короткими прицветниками и зубцами чашечки). У *A. onobrychis*, достаточно легко диагностируемого по морфологичес-

ким признакам, обнаружено отличное от других видов соотношение агликонов. В данном случае биохимические признаки наряду с географическими и морфологическими данными могут стать дополнительным критерием при определении видовой принадлежности.

Для *A. austrosibiricus* и *A. inopinatus*, имеющих недостаточно четкие морфологические диагностические признаки, отличий в составе агликонов флавоноидов и в соотношении индивидуальных компонентов не обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

- Выдрин С.Н.** *Astragalus* L. – Астрагал // Флора Сибири. Новосибирск, 1994. Т. 9. С. 21–73.
- Высочина Г.И.** Флавоноиды сибирских видов рода *Polygonum* L. в связи с систематикой рода: Дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1969. С. 104–105.
- Высочина Г.И.** Биохимические подходы к познанию биоразнообразия растительного мира // Сиб. экол. журн. 1999. № 3. С. 207–211.
- Высочина Г.И.** Фенольные соединения в систематике и филогении семейства Гречишных. Новосибирск, 2004. 204 с.
- Высочина Г.И., Кульпина Т.Г., Березовская Т.П.** Содержание флавоноидов в некоторых видах *Polygonum* L. секции *Persicaria* (Mill.) DC. Флоры Сибири // Раст. ресурсы. 1987. Т. 23, № 2. С. 229–234.
- Кадырова Р.Б.** Флавоноидный состав некоторых сибирских видов *Astragalus* L. // Раст. ресурсы. 1989. Т. 25, № 4. С. 552–557.
- Клышев Л.К., Бандюкова В.А., Алюкина Л.С.** Флавоноиды растений (распространение, физико-химические свойства, методы исследования). Алма-Ата, 1978. 220 с.
- Комиссаренко Н.Ф., Полякова Л.В.** Флавоноиды *Astragalus adsurgens* // Химия природ. соединений. 1987. № 2. С. 302–304.
- Лакин Г.Ф.** Биометрия. М., 1980. 293 с.

- Лесная энциклопедия / Гл. ред. Г.И. Воробьев. М., 1986. Т. 2. 631 с.
- Никифорова О.Д.** Семейство *Fabaceae*, или *Leguminosae* – Бобовые // Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск, 2005. С. 135–156.
- Пешкова Г.А.** Семейство *Fabaceae*, или *Leguminosae* – Бобовые // Флора Центральной Сибири. Новосибирск, 1979. Т. 2. С. 585–639.
- Пешкова Г.А.** Флорогенетический анализ степной флоры гор Южной Сибири. Новосибирск, 2001. 192 с.
- Положий А.В.** Флорогенетический анализ среднесибирских астрагалов // Изв. Том. отд-ния Всесоюз. бот. о-ва. Красноярск, 1964. Т. 5. С. 61–75.
- Попов М.Г.** Флора Средней Сибири. М.; Л., 1957. Т. 1. 555 с.
- Сиднева О.В.** Состав и содержание флавоноидов в надземной части *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge, произрастающего в Восточном Забайкалье // Флора и растительность Даурии: исследования и охрана. Чита, 2004. С. 79–86.
- Сиднева О.В.** Биохимическая специфичность сибирских видов секции *Cenantrum* Koch рода *Astragalus* L. (*Fabaceae*) // *Turczaninowia*. 2005. Т. 8, № 4. С. 73–82.
- Храмова Е.П., Комаревцева Е.К.** Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (*Rosaceae*) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // Раст. ресурсы. 2008. Т. 44, № 3. С. 96–102.
- Gromova A.S., Lutsky V.I., Cannon J.G., Li D., Owen N.L.** Secondary metabolites of *Astragalus danicus* Retz. and *A. inopinatus* Boriss. // *Russian Chem. Bull., International Ed.* 2001. V. 50, N 6. P. 1107–1112.
- Mabry T.J., Markham K.R., Thomas M.B.** The systematic identification of flavonoid. Berlin; Heidelberg; N.Y., 1970. 345 p.
- Yakovlev G.P., Sytin A.K., Roskov Yu.R.** Legumes of Northern Eurasia: A Checklist. Royal Botanic Gardens, Kew, 1996. 724 p.