

ФИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИБИРСКИХ ВИДОВ РОДА *NITRARIA* (*NITRARIACEAE*)

Г.И. Высочина, Е.В. Банаев, Т.А. Кукушкина, Т.М. Шалдаева, М.Б. Ямтыров

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Представлены результаты биохимического исследования двух сибирских видов рода *Nitraria* L. (селитрянки) – *N. schoberi* L. и *N. sibirica* Pall. Установлено, что листья и плоды растений содержат богатый комплекс биологически активных веществ: флавонолов, дубильных веществ, катехинов, антоцианов, пектиновых веществ, сахаров, и обладают антиоксидантной активностью. Почти по всем биохимическим показателям листья и плоды *N. sibirica* превосходят *N. schoberi*. Оба вида представляют интерес для медицинской и пищевой промышленности. Исследования биологически активных веществ *N. schoberi* и *N. sibirica*, произрастающих в Сибири, проведены впервые.

Ключевые слова: *Nitraria schoberi* L., *N. sibirica* Pall., флавонолы, дубильные вещества, катехины, антоцианы, пектиновые вещества, сахара, алкалоиды, антиоксидантная активность, Сибирь.

PHYTOCHEMICAL DESCRIPTION OF THE SIBERIAN SPECIES *NITRARIA* (*NITRARIACEAE*) GENUS

G.I. Vysochina, E.V. Banaev, T.A. Kukushkina, T.M. Schaldaeva, M.B. Yamtirov

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Results of biochemical research of two Siberian species of genus *Nitraria* L. – *N. schoberi* L. and *N. sibirica* Pall. are presented. It is established that leaves and fruits of plants contain a rich complex of biologically active substances: flavonols, tannins, catechins, anthocyanins, pectin substances, sugars and possess antioxidative activity. Almost on all biochemical indices leaves and fruits *N. sibirica* surpass in *N. schoberi*. Both species represent definite interest for medical and food industry. Researches of biologically active substances *N. schoberi* and *N. sibirica* growing in Siberia are spent for the first time.

Key words: *Nitraria schoberi* L., *N. sibirica* Pall., flavonols, tannins, catechins, anthocyanins, pectin substances, sugars, alkaloids, antioxidative activity, Siberia.

ВВЕДЕНИЕ

Растения являются богатым источником разнообразных и уникальных по строению природных веществ, обладающих биологической активностью и, что особенно ценно, низкой токсичностью. Многочисленные исследования показывают, что лекарственные препараты из растений на основе биологически активных веществ имеют широкий спектр действия и представляют большую ценность в терапии многих заболеваний (Кутач и др., 1988; Минаева, 1991; Rice-Evans, Miller, 1996; Bohm et al., 1998; Middleton et al., 2000).

Изучение природной флоры Сибири как источника получения лекарственного сырья имеет исключительное значение для удовлетворения запросов медицинской промышленности. Ценным объектом для поиска новых лечебных средств растительного происхождения являются виды рода *Nitraria* L. – селитрянки (семейство *Nitrariaceae*). Этот род рас-

пространен в степных и пустынных районах Малой, Центральной и Средней Азии, в Юго-Восточной Европе, Северной Африке, Австралии. В мире насчитывается около 10 видов селитрянки, из которых 2 произрастают в Сибири – *N. schoberi* L. и *N. sibirica* Pall.

Селитрянки являются галофитами и представляют собой шарообразные или подушковидные стелющиеся кустарники высотой 0.3–2.0 м. Благодаря этим биологическим особенностям она применяется в ряде стран в защитном лесоразведении для укрепления песчаных наносов, берегов, снижения засоленности почв и обогащения их органическими веществами (Zhao et al., 2002).

Виды селитрянки богаты алкалоидами. Работами сотрудников лаборатории химии алкалоидов Института химии растительных веществ АН УзССР, начатых в 60-х годах прошлого столетия, показано, что

N. schoberi, *N. sibirica* и *N. komarovii* Iljin et Lava являются источником необычных в структурном отношении и перспективных в плане биологической активности алкалоидов (Норматов, Юнусов, 1968; Пахритдинов и др., 1970; Ибрагимов и др., 1975, 1983; Османов и др., 1982), которые обладают гипотензивным, спазмолитическим и седативным действиями (Растительные ресурсы..., 1988). В последнее время из селитрянки выделены и идентифицированы новые соединения этого класса (Tulyaganov, Allaberdiev, 2001, 2002, 2003).

Несмотря на наличие алкалоидов, растения рода *Nitraria* являются пищевыми и используются в качестве корма для мелкого рогатого скота и верблюдов. Плоды съедобны в свежем и сухом виде, пригодны для производства соков, повидла, джемов, пищевых красителей. Издавна употребляются местным населением в пищу, в тибетской медицине используются при инфильтратах в суставах (Бадгаа, 1978; Базарон, Асеева, 1984; Растительные ресурсы..., 1988). Питательная ценность плодов селитрянок обусловлена наличием сахаров, протеинов, аминокислот, витаминов, пектинов, минеральных элементов и пр. Показано, что в плодах селитрянок содержится не менее 5 водорастворимых витаминов (Zhang et al., 2010). Есть сведения, что ценностью обладают и листья селитрянки, например, у *N. tangutorum* Vobr. их питательные характеристики даже выше, чем у плодов. При этом разные виды нитрарии отличаются по способности накапливать питательные вещества, что показано на

растениях *N. tangutorum* и *N. sphaerocarpa* Maxim., произрастающих в одном местообитании (Zhang et al., 2007). Наряду с *N. tangutorum*, ценным источником полезных веществ является и *N. sibirica* (Geng et al., 2008), элементный состав листьев и плодов которой изучали в различных районах Китая (Gao, 2002; Zhou, Wu, 2006; He et al., 2007). У этих видов был исследован состав масел плодов и летучих выделений стеблей для применения в медицине и пищевой промышленности (Zhu et al., 2006; Wang, Kang, 2009).

Использование селитрянок в пищевой промышленности связано также с наличием в плодах насыщенного пигмента, обусловленного содержанием антоцианинов (Lu et al., 2009). В последнее время интенсивно изучаются условия экстракции, физико-химические свойства и стабильность красного пигмента (Zhu et al., 2008; Zulfiya, 2008). Исследуют также другие фенольные соединения, придающие селитрянкам целебные свойства, а именно – флавоноиды (Liu et al., 2002), проантоцианидины (Wu, Wang, 2005). Примечательно, что флавонолы *N. retusa* (Forsk.) Aschers. представлены изорамнетином и шестью его гликозидами (Halim, Saad, 1995).

Несмотря на перечисленные литературные источники, химические компоненты видов *Nitraria* до настоящего времени остаются мало изученными.

Цель настоящего исследования – биохимическая оценка сибирских видов *N. schoberi* и *N. sibirica* по содержанию и составу биологически активных соединений, преимущественно полифенолов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

N. sibirica – селитрянка сибирская – раскидистые или распластано ветвистые кустарники 30–80 см высотой с серовато-белой корой. Молодые веточки отстоят друг от друга по одной стороне старых ветвей на расстоянии 1.5–4.0 см. Листья в пучках по 2–4 до 13 мм длиной и 4 мм шириной. Цветки мелкие, белые, в щитковидных дихазиях на концах годичных веточек. Чашечки до половины надрезанные, доли их яйцевидные. Лепестки 3–4 мм длиной, продолговатые, на верхушке башлычковидно стянутые. Костянки с темно-синим соком, черные, почти шаровидные или широкояйцевидные. Косточки около 5 мм длиной, яйцевидные, притупленные. Произрастает в межгорных котловинах на солонцах, солончаках, в чиевых и волоснецовых степях. Азиатский вид: районы Западной, Средней и Восточной Сибири, Средняя Азия, Китай, Монголия.

N. schoberi L. – селитрянка Шобера – отличается от селитрянки сибирской большей величиной куста, более крупными плодами, листьями и лепестками цветка, формой и размером косточки (до 9 мм длиной), более светлым соком плодов. Вид распространен преимущественно в равнинных степных и пустынных районах Турана и Арало-Каспийской низмен-

ности, достигая на юге, через Закавказье, Сирию и имея на западе два оторванных местонахождения – в Восточном Крыму и Южной Румынии (Бобров, 1965). В Западной Сибири представлен отдельными популяциями восточной части ареала.

Образцы для биохимических исследований отбирали в популяциях Алтайского края, Новосибирской области и Республики Алтай в 2007–2010 гг., преимущественно в период плодоношения (табл. 1).

Для определения содержания веществ (флавонолов, катехинов, антоцианов, дубильных веществ, алкалоидов, пектинов, протопектинов, сахаров), антиоксидантной активности экстрактов и кислотности в листьях и плодах использовали гербарный материал и сырье, высушенное в тени в проветриваемых помещениях.

Количественное определение флавонолов проводили по методике, основанной на методе В.В. Беликова и М.С. Шрайбера (1970), в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Точную навеску воздушно-сухого сырья (около 0.5 г), измельченного и просеянного через сито с отверстиями диаметром 1 мм, помещали в колбу емкостью 100 мл и проводили исчерпывающую

Пункты сбора материала

Популяция	Местонахождение
H1	Алтайский край, Михайловский р-н, окр. пос. Малиновое озеро (N 51°41.388'; E 79°45.325')
H2	Алтайский край, Благовещенский р-н, оз. Кулундинское (N 52°56.447'; E 79°42.915')
HS1	Там же (N 52°52.948'; E 79°43.015')
S1	Алтайский край, окр. г. Рубцовск (N 51°33.289'; E 81°15.066')
S2	Там же (N 51°31.974'; E 81°09.576')
S3	Республика Алтай, Кош-Агачский р-н, окр. пос. Тобелер (N 49°54.505'; E 88°48.914')
S4	Новосибирская обл., Карасукский р-н, вблизи оз. Чаган, оз. Калининское и пос. Первомайский (N 53°27.767'; E 77°41.633')
S5	КНР, пров. Внутренняя Монголия, в 50 км западнее г. Байчен

экстракцию 70%-м этиловым спиртом, контролируя полноту экстракции реакцией с 5%-м раствором NaOH (до исчезновения желтой окраски), измеряли объем профильтрованного объединенного экстракта. Далее в мерную пробирку вносили 0.1 мл экстракта, приливали 0.2 мл 2%-го раствора $AlCl_3$ в 96%-м этиловом спирте и доводили объем до 5 мл этанолом такой же концентрации. В контрольном варианте к 0.1 мл экстракта приливали 1–2 капли 30%-й уксусной кислоты и далее доводили объем до 5 мл. Растворы перемешивали и через 40 мин измеряли оптическую плотность раствора с хлоридом алюминия на спектрофотометре СФ-26 при 415 нм в кювете с толщиной слоя 1 см, используя для сравнения раствор с кислотой.

Суммарное содержание флавоноидов (в % от массы абсолютно сухого сырья) определяли как $X(\%) = Y \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100 / M \cdot V_3 \cdot 10^6$, где Y – содержание флавоноидов в 1 л испытываемого раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по рутину, мкг; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем разведения, мл; V_3 – объем экстракта, взятый для анализа, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г.

Катехины определяли спектрофотометрическим методом. В пробирке отбирали по 0.8 мл 80%-го спиртового экстракта, приливали 4 мл 1%-го раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте, а в контрольные пробирки – 4 мл концентрированной соляной кислоты и доводили объемы до 5 мл. Через 5 мин появлялась розовая окраска в случае присутствия катехинов. Содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину “Sigma” (Кукушкина и др., 2003).

Количество антоцианов определяли спектрофотометрически при длине волны 510 нм, используя спиртовую вытяжку из гомогената плодов, подкисленную 3.5%-й соляной кислотой (Кривенцов, 1982).

Содержание дубильных веществ определяли титриметрическим методом (Государственная фармакопея СССР, 1987). Точную навеску воздушно-сухого сырья (0.5–1.0 г) экстрагировали водой на кипящей водяной бане в течение 45 мин 5–10 мл полученного экстракта оттитровывали 0.1 *n*-раствором перманганата калия в стакане с 400 мл воды в при-

сутствии индигокармина при постоянном перемешивании до золотисто-желтого цвета. Параллельно проводили контрольное титрование без исследуемого экстракта. 1 мл 0.1 *n*-раствора перманганата калия эквивалентен 4.157 мг дубильных веществ в пересчете на танин.

Для анализа растительного материала на наличие алкалоидов использовали капельные качественные реакции. Применяли следующие реактивы: 1%-й раствор кремневольфрамовой кислоты, реактив Вагнера. Экстракцию растительного материала проводили следующим образом: 1 г измельченного сырья помещали в колбу емкостью 100 мл, добавляли 12 мл 1%-го раствора соляной кислоты и нагревали на кипящей бане в течение 5 мин. После охлаждения раствор фильтровали, отстаивали в течение 1 сут и декантировали. Объем полученного экстракта – 5–7 мл. В пробирки отбирали по 0.5 мл и по каплям добавляли вышеназванные реактивы. Оценивали в баллах по количеству осадка (Ермаков и др., 1987).

Пектиновые вещества определяли карбозольным методом, основанным на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уроновых кислот с карбазолом в сернокислой среде. Плотность окрашенных растворов измеряли на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М при длине волны 535 нм в кювете с рабочей длиной 5 мм. Содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (Ермаков и др., 1987).

Для определения сахаров использовали метод А.С. Швецова и Э.Х. Лукьяненко, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли на СФ-26 при длине волны 690 нм. Количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе (Ермаков и др., 1987).

Анализ кислотности основан на титровании аликвоты вытяжки из плодов 0.05 *n* NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина (Кривенцов, 1982).

Антиоксидантную активность экстрактов определяли на приборе Цвет-Яуза 01.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биологически активные вещества селитрянков, произрастающих на территории Сибири, ранее не изучались. Наши исследования надземной части растений *N. schoberi* и *N. sibirica* являются первым этапом фитохимического исследования этих перспективных сибирских видов.

Выше отмечалось, что листья селитрянков обладают высокой питательной ценностью, превышающей по ряду показателей полезные качества плодов (Zhang et al., 2007). Растения *N. schoberi* и *N. sibirica* дают большую надземную массу в тех районах, где выживают немногие виды, поэтому оценка их по биохимическим показателям чрезвычайно важна.

Фенольные соединения представлены в наших исследованиях несколькими группами веществ, а именно флавонолами, дубильными веществами (танинами), катехинами и антоцианами, т. е. вторичными метаболитами, проявляющими биологическую, в том числе антиоксидантную, активность. Содержание флавонолов, наиболее окисленных веществ, достаточно высокое – 1.9–3.9 %, причем у *N. schoberi* этот показатель более выравнен (2.3–2.7 %) по сравнению с *N. sibirica*. Листья последней содержат флавонолов больше – до 3.9 % (популяция S3). Количество дубильных веществ невысокое – от 1.0 до 8.0 %, при этом наблюдается положительная динамика в их накоплении к осени. Содержание катехинов, представляющих восстановленную форму фенольных соединений, находится в пределах 100–146 мг%. И по дубильным веществам, и по катехинам *N. schoberi* и *N. sibirica* несколько отличаются. Антоцианов в листьях нет. Антиоксидантная активность невысокая – 0.39–1.01 мг/г, что объясняется незначительным содержанием катехинов (табл. 2). Оценку количества

алкалоидов проводили по балльной системе. В листьях *N. schoberi* алкалоидов больше (+++), чем у *N. sibirica* (++).

Анализ индивидуальных растений *N. schoberi* из Михайловского района Алтайского края показал, что в одном растении 2.1–2.7 % флавонолов, а в одном растении *N. sibirica* из окрестностей г. Рубцовска – 1.8–2.3 %. При учете среднего показателя в пересчете на одно растение по каждой группе соединений отмечается у обоих видов практически одинаковое содержание флавонолов и увеличение у *N. sibirica* дубильных веществ (почти в 2 раза) и катехинов (в 1.5 раза). Антиоксидантную активность в этих растениях не определяли (табл. 3). Для 10 растений *N. sibirica* из популяции S3 Республики Алтай средний показатель по этим группам веществ мало отличался от предыдущих данных, отмечено 3.2 % флавонолов, 4.5 % дубильных веществ, 123 мг% катехинов. Антиоксидантная активность в среднем составляет 0.61 мг/г. Варьирование содержания веществ в этих экземплярах растений более выражено. Так, в двух растениях из десяти флавонолов мало – 1.7 %, а в одном очень много – 7.6 %. Пределы варьирования содержания дубильных веществ – 3.7–6.2 %, катехинов – 80–170 мг%. ССА находится в интервале 0.21–1.31 мг/г (см. табл. 3).

Плоды *N. schoberi* и *N. sibirica* представляют собой резерв ценных биологически активных веществ. Они

Таблица 3

Фенольные соединения и антиоксидантная активность в листьях отдельных растений *N. schoberi* и *N. sibirica*

Популяция	Номер растения	Флавонолы, %	Дубильные вещества, %	Катехины, мг%	ССА, мг/г
<i>N. schoberi</i>					
Н1, 11.09.2010 г.	1	2.1	5.8	205	–
	2	2.7	3.4	196	–
	3	2.0	4.8	281	–
<i>N. sibirica</i>					
S2, 11.09.2010 г.	1	2.2	12.2	425	–
	2	2.3	7.1	288	–
	3	2.2	7.9	289	–
	4	1.8	6.3	287	–
S3, 09.08.2010 г.	1	2.6	3.7	140	1.01
	2	2.2	4.5	140	0.68
	3	2.9	4.3	150	1.31
	4	2.9	4.6	150	0.94
	5	7.6	4.0	140	0.33
	6	5.2	4.8	170	0.56
	7	2.7	4.7	80	0.21
	8	1.7	4.5	80	0.36
	9	1.7	6.2	80	0.29
	10	2.2	4.1	100	0.43

Таблица 2

Фенольные соединения и антиоксидантная активность листьев *N. schoberi* и *N. sibirica*

Популяция и дата сбора	Флавонолы, %	Дубильные вещества, %	Катехины, мг%	Антоцианы, %	ССА, мг/г
<i>N. schoberi</i>					
Н1, 07.08.2007 г.	2.7	1.0	118	Нет	–
Н2, 10.09.2010 г.	2.3	5.7	130	»	1.01
НС1, 10.09.2010 г.	2.4	6.4	130	»	0.76
<i>N. sibirica</i>					
S1, 25.07.2008 г.	1.9	1.8	146	»	–
НС1, 10.09.2010 г.	3.4	8.0	100	»	0.39
S3, 17.09.2010 г.	3.9	7.7	120	»	0.44
S5.26.06.2008 г. (цветение)	3.7	4.9	120	»	0.78

Примечание. Прочерк – анализ не проводился; “Нет” – вещества отсутствуют; ССА – антиоксидантная активность. Все показатели рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

Биологически активные вещества плодов *N. schoberi* и *N. sibirica*

Вид, популяция, дата сбора	Сахара, %	Флавонолы, %	Кислотность, %	Дубильные вещества, %	Антоцианы, %	Катехины, мг%	Пектины, %	Протопектины, %
<i>N. schoberi</i> , Н1, 04.08.2009 г.	8.9	Нет	1.80	1.86	0.8	73.2	0.23	0.67
<i>N. sibirica</i> , S4, 02.08.2009 г.	13.9	Нет	2.41	1.70	0.6	160.2	0.68	1.18

Примечание. “Нет” – вещества отсутствуют. Все показатели рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

могут быть использованы не только как источник интенсивного красителя, но и в целях обогащения пищевой продукции физиологически важными соединениями, повышающими адаптационные свойства и устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Плоды селитрянки исследованы нами по расширенной программе (табл. 4).

Кислотность плодов небольшая, но сахаров достаточно много, особенно в плодах *N. sibirica* (13.9 %). Флавонолов, желтых пигментов, в плодах нет, они синтезируются в листьях; в плодах содержатся антоцианы (до 0.8 %) (см. табл. 4). Исследование китайскими учеными антоцианинов плодов *N. sibirica* показало, что они представлены пеларгонидин-3-рамноглюкозидом, цианидин-3-рамноглюкозидом и дельфинидин-3-галактозидом (Lu et al., 2009). Относительно антоцианов

N. schoberi никаких сведений нами не обнаружено. В ботаническом описании видов отмечено, что сок плодов *N. sibirica* темно-синего цвета, а *N. schoberi* – красноватого (Пешкова, 1996). Следует предположить, что различный цвет сока этих видов обусловлен разным качественным составом антоцианов, и если это предположение в будущем подтвердится, то можно будет с уверенностью отличать их по этому биохимическому признаку. Вяжущие свойства плодов незначительные – дубильных веществ до 1.86 %. У *N. sibirica* в 2 раза больше катехинов и протопектинов и в 3 раза больше пектинов. Почти по всем биохимическим показателям плоды *N. sibirica* превосходят *N. schoberi*. Сок из плодов *N. sibirica* содержит 0.12 мкг/мл катехинов, 53.0 мг/мл антоцианов и обладает антиоксидантной активностью – до 1.15 мг/л.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растения сибирских видов *Nitraria schoberi* и *N. sibirica* обладают высокой питательной ценностью и представляют определенный интерес для медицины, так как содержат богатый комплекс биологически активных веществ. Содержание флавонолов в листьях достаточно высокое – до 3.9 %. Количество дубильных веществ варьирует в пределах 1.0–8.0 %, катехинов – 100–146 мг%. Антиоксидантная активность находится в интервале 0.39–1.01 мг/г. Листья *N. sibirica* содержат флавонолов больше, чем *N. schoberi*, а алкалоидов – меньше. Анализ индивидуальных растений показал, что у *N. sibirica* больше дубильных веществ (почти в 2 раза) и катехинов (в 1.5 раза). Для 10 растений *N. sibirica* из популяции S3 Республики Алтай отмечено, в среднем, 3.2 % флавонолов, 4.5 % дубиль-

ных веществ, 123 мг% катехинов. Варьирование содержания веществ значительное: флавонолов – 1.7–7.6 %, дубильных веществ – 3.7–6.2 %, катехинов – 80–170 мг%, антиоксидантной активности – 0.21–1.31 мг/г.

Плоды *N. schoberi* и *N. sibirica* могут быть источником пищевого красителя и физиологически важных соединений, повышающих адаптационные свойства человека. Кислотность плодов небольшая. Сахаров – до 13.9 % (*N. sibirica*), антоцианов – до 0.8 %. Вяжущие свойства плодов незначительные – дубильных веществ до 1.86 %. Почти по всем биохимическим показателям плоды *N. sibirica* превосходят *N. schoberi*. В плодах *N. sibirica* в 2 раза больше катехинов и протопектинов и в 3 раза больше пектинов.

ЛИТЕРАТУРА

- Бадгаа Д. Исследование культурных и дикорастущих плодов и ягод Могольской Народной Республики с целью их рационального использования: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1978. 36 с.
- Базарон Э.Г., Асеева Т.А. “Вайдурья-онбо” – трактат индо-тибетской медицины. Новосибирск, 1984. 118 с.
- Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- Бобров Е.Г. О происхождении флоры пустынь Старого света в связи с обзором рода *Nitraria* L. // Бот. журн. 1965. Т. 50, № 8. С. 1053–1067.
- Государственная фармакопея СССР. М., 1987. 11-е изд. Вып. 1. С. 286–287.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.А. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 429 с.
- Ибрагимов А.А., Маех С.Х., Юнусов С.Ю. Строение нитрамина // Химия природ. соед. 1975. № 2. С. 275.
- Ибрагимов А.А., Османов З., Ягудаев М.Р., Юнусов С.Ю. Алкалоиды *Nitraria sibirica* // Химия природ. соед. 1983. № 2. С. 213–216.

- Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 21 с.
- Кугач В.В., Никульшина Н.И., Ищенко В.И. Лекарственные формы флавоноидов // Хим.-фарм. журнал. 1988. Т. 22. С. 1018–1025.
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения. СПб., 2003. С. 64–69.
- Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск, 1991. 430 с.
- Норматов М., Юнусов С.Ю. Исследование алкалоидов *Nitraria schoberi*: структура нитраина // Химия природ. соед. 1968. № 2. С. 139.
- Османов З., Ибрагимов А.А., Юнусов С.Ю. Алкалоиды *Nitraria sibirica* // Химия природ. соед. 1982. № 1. С. 126–127.
- Пахритдинов Б.М., Новгородова Н.Ю., Норматов М., Юнусов С.Ю. Тетраметилтетрагидро-β-карболин из *Nitraria schoberi* // Химия природ. соед. 1970. № 5. С. 641–642.
- Пешкова Г.А. Семейство *Nitrariaceae* – селитрянковые. 1. *Nitraria* L. – селитрянка // Флора Сибири. Новосибирск, 1996. Т. 10. С. 34–35.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Rutaceae–Elaeagnaceae*. Л., 1988. 357 с.
- Bohm H., Boeing H., Hempel J., Raab B., Kroke F.L. Flavonols, flavones and anthocyanins as native antioxidants of food and their possible role in the prevention of chronic diseases // Z. Ernährungs. Wissensch. 1998. V. 37, N 2. P. 147–163.
- Gao H., Li T., Suo Y. Analysis on the mineral elements in *Nitraria sibirica* Pall. and *Nitraria tangutorum* Bobr. in Tsaidam Region // Guangdong Weiliang Yuansu Kexue. 2002. V. 9, N 8. P. 52–54.
- Geng Q., Du Sh., Shang Y., Zhang H., Li C., Zhang Y. Compared analysis of the nourishment composition in the fruits of *Nitraria sibirica* Pall. and *Nitraria tangutorum* Bobr. // Shipin Keji. 2008. V. 3. P. 101–103.
- Halim A.F., Saad H.-E.A. Flavonol glycosides from *Nitraria retusa* // Phytochemistry. 1995. V. 40, N 1. P. 349–351.
- He Y.-l., Zhang L.-p., Liu Y.-h., Wu G., Zhang A.-h. Trace element analysis in *Nitraria sibirica* Pall. produced in Inner Mongolia // Weiliang Yuansu Yu Jiankang Yanjiu. 2007. V. 24, N 2. P. 28–36.
- Liu J., Zhao W., Wang H., Zhu Sh. Ультразвуковая экстракция – ТСХ для идентификации флавоноидов // Huaxi Yaoxue Zazhi. 2002. V. 17, N 2. P. 141–143.
- Lu Ch., Shan Y., Liu H. Study of *Nitraria sibirica* wine // Niangjiu. 2009. V. 36, N 1. P. 83–84.
- Middleton E., Kandaswami C., Theoharis C.T. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer // Pharmacol. Rev. 2000. V. 52. P. 673–751.
- Rice-Evans C.A., Miller N.J. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food // Biochem. Soc. Trans. 1996. V. 24, N 3. P. 790–795.
- Tulyaganov T.S., Allaberdiev F.Kh. Alkaloids of *Nitraria sibirica*. Dihydroshoberine and nitrabirine N-oxide // Chem. of Natural Compounds. 2001. N 37 (6). P. 556–558.
- Tulyaganov T.S., Allaberdiev F.Kh. Alkaloids of *Nitraria sibirica*. Structures of nitraramidine and nitraraidine // Chem. of Natural Compounds. 2002. V. 38, N 6. P. 602–604.
- Tulyaganov T.S., Allaberdiev F.Kh. Alkaloids from plants of the *Nitraria* genus. Structure of sibiridine // Chem. of Natural Compounds. 2003. V. 39, N 3. P. 292–293.
- Wang J., Kang W. Volatiles in stem of *Nitraria tangutorum* and *Nitraria sibirica* // Jingxi Huagong. 2009. V. 26, N 8. P. 773–775.
- Wu P., Wang M. Study on optimum extracting conditions of proanthocyanidins from seeds of *Nitraria sibirica* Pall. by ultrasound // Shipin Yu Fajiao Gongye. 2005. V. 31, N 5. P. 158–160.
- Zhang Y., Li P., Li C., Pan H., Zhao Y., Chen Sh. Nutrient contents in leaf of three species of *Nitraria* plants in Gansu Province // Caoye Kexue. 2007. V. 24, N 7. P. 37–39.
- Zhang F., Zhao Y., Liu Y., Suo Y. Comparative analysis of water-soluble vitamins in fruit powders of *Nitraria*, wolfberry and sea buckthorn grown in Qinghai-Tibetan Plateau // Shipin Kexue. 2010. V. 31, N 2. P. 179–182.
- Zhao K., Fan H., Jiang X., Song J. Improvement of saline soil by planting halophytes // Yingyong Yu Huanjing Shengwu Xuebao. 2002. V. 8, N 1. P. 31–35.
- Zhou L.-b., Wu Q.-x. Principal component analysis of trace elements in *Nitraria* leaf from Qinghai Region // Weiliang Yuansu Yu Jiankang Yanjiu. 2006. V. 23, N 5. P. 25–27.
- Zhu Y., Liu J., Wang H., Zhao W., Xiang Y. Comparison and analysis on fruit oils of *Nitraria* prepared by supercritical CO₂ fluid extraction and impregnation method // Shipin Yu Fajiao Gongye. 2006. V. 32, N 12. P. 84–86.
- Zhu Y., Liu J., Cheng Y., Du H. Stability of red pigment extracted from fruit of *Nitraria sibirica* Pall. // Shipin Kexue. 2008. V. 29, N 3. P. 113–115.
- Zulfiya Y. Study on red pigment extraction technology from fruit of *N. sibirica* Pall. // Shipin Kexue. 2008. V. 29, N 6. P. 181–185.