

УДК 577.13:582.746.11(575)

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ РОДА *NITRARIA* (NITRARIACEAE)

© М.С. Воронкова*, Е.В. Банаев, М.А. Томошевич

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская,
101, г. Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: bmc_87@mail.ru

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) исследованы состав и содержание фенольных соединений в листьях 3 видов *Nitraria* L. (селитрянки) из 12 популяций. Обнаружено 17 соединений фенольной природы, максимальное количество – 12 компонентов выявлено в листьях *N. pamirica* L. Vassil. и в растениях из двух популяций *N. schoberi* L., минимальное – 6 компонентов в листьях растений *N. komarovii* Iljin et Lava. Идентифицированы гиперозид (О-гликозид кверцетина), нарциссин (О-гликозид изорамнетина), кверцетин (флавонол) и лютеолин (флавонол). Изученные растения накапливают значительное количество фенольных соединений. В листьях *N. schoberi* их содержание достигает 2,57%, у растений *N. komarovii* – до 3,96%. Отмечена сезонная динамика ряда веществ, в частности, более низкое содержание нарциссина во время плодоношения растений, по сравнению с фазой цветения. Результаты исследования позволяют сделать предположение о видоспецифичности состава и содержания фенольных соединений *N. schoberi* и *N. komarovii*. В экстрактах листьев растений *N. komarovii* состав компонентов беднее, однако отмечается более высокое содержание суммы фенольных соединений, по сравнению с растениями *N. schoberi*. В тоже время образец *N. pamirica* на основании многомерного анализа состава и содержания фенольных соединений близок к *N. schoberi*.

Ключевые слова: *Nitraria schoberi* L., *Nitraria komarovii* Iljin et Lava, *Nitraria pamirica* L. Vassil., селитрянка, ВЭЖХ, вторичные метаболиты, фенольные соединения.

Работа частично поддержана грантом РФФИ 16-04-00631 А.

Введение

Род *Nitraria* L. (селитрянка, сем. *Nitrariaceae*) содержит около 10 видов галофитных кустарников, обитающих в степных и пустынных районах Малой, Центральной и Средней Азии, Юго-Восточной Европы, Северной Африки, Австралии. Растения рода *Nitraria* играют важную экологическую роль в стабилизации выдуваемого ветром песка, снижения засоленности почв, предотвращения эрозии. В связи с этим активное изучение биологических свойств видов этого рода проводилось в СССР в полупустынных и пустынных районах Средней Азии. Исследователи приводили селитрянку в качестве перспективной мелиоративной (закрепление песков), плодовой и лекарственной породы [1–9].

В обзоре по фитохимии и фармакологии представителей рода *Nitraria* отмечается, что вторичные метаболиты растений рода представлены в основном алкалоидами и флавоноидами, при этом большинство исследований посвящено изучению алкалоидов [10].

Воронкова Мария Сергеевна – научный сотрудник лаборатории дендрологии, e-mail: bmc_87@mail.ru
Банаев Евгений Викторович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дендрологии, директор, e-mail: alnus2005@mail.ru
Томошевич Мария Анатольевна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории дендрологии, e-mail: arysa9@mail.ru

Работами сотрудников лаборатории химии алкалоидов Института химии растительных веществ АН УЗССР выявлено, что *N. schoberi* L., *N. sibirica* Pall. и *N. komarovii* Iljin et Lava являются источником необычных в структурном отношении и перспективных в плане биологической активности алкалоидов, которые обладают гипотензивным, спазмолитическим и седативным действиями [11].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Выявлены антиоксидантные, антигенотоксические, антипролиферативные и проапоптотические свойства соединений, в частности, изорамнетин-3-О-робинобиозида – флавонолового гликозида, содержащегося в экстрактах листьев африканского вида *N. retusa* (Forssk.) Aschers. [12]. Предлагается использование метаболитов селитрянки, обладающих цитостатической активностью, в химиотерапии хронического миелолейкоза [13].

Несмотря на приведенные выше данные, следует отметить, что наиболее активные исследования селитрянки ведутся в странах, где актуальной является проблема засоленных почв и опустынивания – Австралии, Алжире, Египте, Израиле, Кувейте, Китае [14–16], тогда как в России до сегодняшнего времени актуальным остается высказывание о том, что «...значение этого идеально приспособившегося к климату и почвам полупустыни и пустыни кустарника недооценивается ни в озеленении, ни в агролесомелиорации, ни в почвозащитных лесокультурах, а плодородия его совсем не знают» [17].

Нами исследования селитрянки проводятся с 2010 года [18]. К настоящему времени обследовано 50 популяций в различных районах Сибири, Крыма, Казахстана и Таджикистана. Листья и плоды этих видов содержат богатый комплекс биологически активных веществ: флавонолов, дубильных веществ, катехинов, антоцианов, пектиновых веществ, сахаров и обладают антиоксидантной активностью [19]. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии обнаружено 19 компонентов, из которых идентифицированы четыре – кверцетин-3-галактозид (гиперозид), изорамнетин-3-рутинозид (нарциссин), кверцетин (флавонол) и лютеолин (флавонол) [20, 21]. Установлена сезонная динамика содержания веществ, выраженная в увеличении в листьях селитрянки в фазу плодоношения содержания флавонолов, танинов, каротиноидов и снижении количества катехинов. Увеличение количества каротиноидов в листьях в период плодоношения, вероятно, является следствием выполнения этой группой пигментов протекторной роли. Снижение уровня содержания катехинов может объясняться расходом Р-активных соединений на биосинтез запасных веществ [22, 23]. Кроме того, выявлена связь состава фенольных соединений листьев *N. sibirica* с условиями местообитаний вида.

Цель настоящей работы – сравнительное изучение состава и содержания фенольных соединений в листьях *Nitraria schoberi*, *N. komarovii* и *N. pamirica* в периоды цветения и плодоношения.

Экспериментальная часть

Для данного исследования взяты гербарные образцы листьев *N. schoberi* в 9 популяциях Казахстана (Лепсы, Балхаш 4, Алаколь, Актау, Таскарасу, Коктал), Таджикистана (Пяндж 1, Пяндж 2) и России (Крым); *N. komarovii* из 2 популяций Казахстана (Балхаш 5, Балхаш 6); *N. pamirica* (Памир) (табл. 1). Материал собран авторами статьи во время экспедиций 2012–2014 гг. Образцы в популяциях Лепсы, Алаколь, Актау, Балхаш 4, Балхаш 5 и Балхаш 6 собраны во время цветения, в остальных популяциях – в период плодоношения.

Фенольные соединения извлекали трехкратной экстракцией 70% этанолом при нагревании на водяной бане. Для освобождения от примесей 1 мл экстракта разбавляли бидистиллированной водой до 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С 16 (ЗАО «БиоХимМак»). Флавонолгликозиды смывали с патрона небольшим количеством 70% этанола, агликоны – 96% этанолом. Элюаты объединяли, измеряли объем, который обычно составлял 5–8 мл, и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Методика подробно описана в работе Е.П. Храмовой и Е.К. Комаревцевой [24]. Анализ индивидуальных фенольных соединений проводили на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из хроматографа «Agilent 1200» с диодноматричным детектором и системы ChemStation. Разделение проводили на колонке Zorbax SB-C18, размером 4,6×150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, применив градиентный режим элюирования. Для разделения гликозидов в подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0,1%) изменялось от 32 до 33% за 27 мин; от 33 до 46% с 27 до 38 мин; от 46 до 56% с 38 до 50 мин. Скорость потока элюента 1 мл/мин. Температура колонки 26 °С. Объем вводимой пробы 5 мкл. Детектирование осуществляли при $\lambda = 270, 280, 290, 325, 340, 360, 370$ нм. Для приготовления подвижных фаз использовали метиловый спирт (ос.ч.), ортофосфорную кислоту (ос.ч.), бидистиллированную деионизированную воду. Для приготовления стандартных образцов применяли препараты производства фирмы «Fluka» и «Sigma». Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл в этиловом спирте [24]. Количественное определение индивидуальных гликозидов и агликонов в элюатах проводили по методу внешнего стандарта в пересчете на кверцетин [25].

Таблица 1. Место и время сбора образцов растений рода *Nitraria*

Образец	Вид	Название популяции	Место и время сбора
1	<i>N. schoberi</i>	Лепсы	Республика Казахстан, окрестности с. Лепсы, терраса р. Лепсы, 04.06.2012.
2		Балхаш 4	Республика Казахстан, Алматинская область, западнее с. Акбалык, побережье оз. Балхаш, 02.06.2012
3		Алаколь	Республика Казахстан, Алматинская область, побережье оз. Алаколь, 06.06.2012
4		Актау	Республика Казахстан, Мангистауская область, окрестности г. Актау, 15.06.2012
5		Таскарасу	Республика Казахстан, Алматинская область, окрестности с. Таскарасу, 01.08.2013
6		Коктал	Республика Казахстан, Алматинская область, окрестности с. Коктал, 30.07.2013
7		Пяндж 1	Республика Таджикистан, в 60 км южнее г. Хорог, берег р. Пяндж, 12.08.2014
8		Пяндж 2	Республика Таджикистан, в 10 км севернее п. Ишкочим, берег р. Пяндж, 12.08.2014
9		Крым	Россия, Крым, побережье Черного моря, Лисья Бухта, 14.09.2013
10	<i>N. komarovii</i>	Балхаш 5	Республика Казахстан, Алматинская область, западнее с. Акбалык, побережье оз. Балхаш, 02.06.2012
11		Балхаш 6	Республика Казахстан, Алматинская область, западнее с. Арганаты, побережье оз. Балхаш, 03.06.2012
12	<i>N. pamirica</i>	Памир	Республика Таджикистан, Восточный Памир, массив Акташ, терраса р. Джилга, 08.08.2014

Содержание индивидуальных компонентов (C_x) вычисляли по формуле (в %):

$$C_x = \frac{C_{cm} \cdot S_1 \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100}{S_2 \cdot M},$$

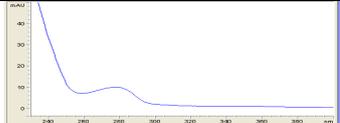
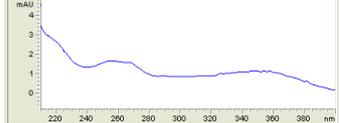
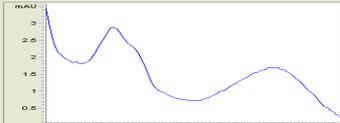
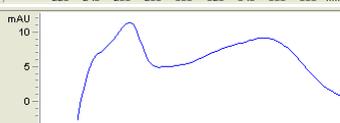
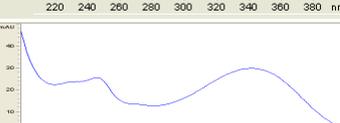
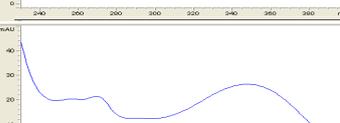
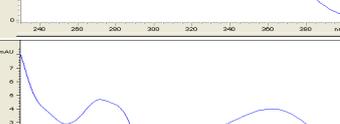
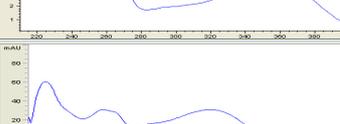
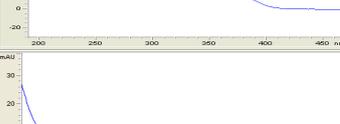
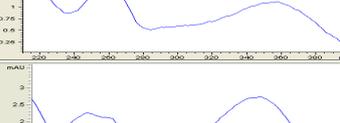
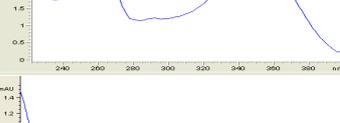
где C_{cm} – концентрация соответствующего раствора флавонола, мг/мл; S_1 – площадь пика флавонола в анализируемой пробе, е.о.п.; S_2 – площадь пика стандарта, V_1 – объем элюата после вымывания флавонолов с концентрирующего патрона, мл; V_2 – общий объем экстракта, мл; M – масса навески, мг [26].

Результаты и их обсуждение

При исследовании состава фенольных соединений в листьях растений рода *Nitraria* из разных популяций методом высокоэффективной жидкостной хроматографии суммарно обнаружено 17 соединений (табл. 2), весь спектр веществ не встречается ни в одной популяции. Сопоставление времен удерживания сигналов веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания сигналов стандартных образцов и спектров позволило идентифицировать гиперозид (кверцетин-3-галактозид) (10), нарциссин (изорнетин-3-рутинозид) (14), кверцетин (15) и лютеолин (17). Для неидентифицированных компонентов характерно поглощение УФ-видимой области спектра, при этом спектр поглощения содержит две полосы, одна из которых находится в низковолновой (250–290 нм) части (полоса II), другая – в более длинноволновой (340–380 нм) (полоса I), что является характерным признаком флавоноидной структуры [27]. Интенсивная полоса поглощения с максимумом при 280 нм и минимумом при 260 свидетельствует о наличии в экстракте катехинов [28]. На основании этих данных все компоненты отнесены к фенольным соединениям. Общее содержание фенольных соединений оценивали по сумме площадей хроматографических пиков на $\lambda=360$ нм, так как для многих наиболее активных флавоноидов максимумы поглощения находятся в длинноволновой области (362 ± 14 нм), что позволяет легко отличить их от других классов веществ [29].

Максимальное количество – 12 компонентов обнаружено в листьях *N. schoberi* (Лепсы, Балхаш 4) и *N. pamirica*, минимальное – 6 компонентов в листьях *N. komarovii* (Балхаш 6) (табл. 3, рис. 1). Гиперозид, компонент 13 и нарциссин встречаются во всех исследованных образцах. К основным компонентам можно отнести соединения 1, 3, 9, а так же свободные кверцетин и лютеолин, они встречаются в листьях образцов из большинства популяций. Исследованные растения накапливают значительное количество фенольных соединений. В листьях *N. schoberi* этих веществ 2,57%, в листьях *N. komarovii* их содержание выше – 3,55% (Балхаш 5) и 3,96% (Балхаш 6). *N. komarovii* (Балхаш 5) отличается также максимальным количеством нарциссина – 1,36%. Наибольшее содержание гиперозида отмечено в листьях *N. schoberi* (Балхаш 4) – 0,34%. Содержание кверцетина колеблется в пределах 0,01–0,04%. Лютеолина больше всего обнаружено в листьях *N. schoberi* из популяции Лепсы.

Таблица 2. Характеристика фенольных соединений, обнаруженных в экстрактах листьев растений рода *Nitraria*

Компонент	Время удерживания, мин	УФ-спектр	Спектральная характеристика, нм
1	2	3	4
1	3,129		280
2	3,838		255, 270 пл., 350
3	5,134		255, 267 пл., 358
4	8,715		266, 350
5	9,342		270, 353
6	11,354		268, 248
7	13,756		255, 270 пл., 358
8	14,624		252, 260 пл., 353
9	15,892		255, 268 пл., 355
10 гиперозид	18,482		255, 268 пл., 355
11	27,809		255, 270 пл., 350
12	30,432		258, 350

Окончание таблицы 2

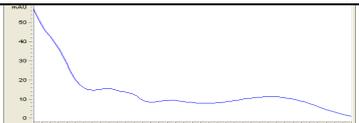
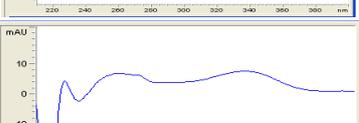
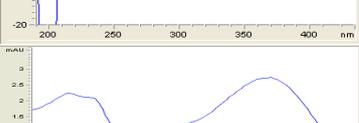
1	2	3	4
13	34,112		255, 268 пл., 350
14 нарциссин	35,919		255, 268 пл., 360
15 кверцетин	40,805		255, 372
16	42,221		250, 270 пл., 350
17 лютеолин	44,531		242, 256, 351

Таблица 3. Содержание фенольных компонентов в весенних и осенних листьях растений рода *Nitraria* (% в пересчете на кверцетин)

Компонент	Время удерживания, мин	<i>N. schoberi</i>										<i>N. komarovii</i>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Лепсы	Алаколь	Актау	Таскарасу	Крым	Коктал	Памир*	Пяндж 1	Пяндж 2	Балхаш 4	Балхаш 5	Балхаш 6
1	3,129	0,04	0,37	–	0,36	0,34	0,26	0,61	0,22	0,23	0,29	0,07	1,35
2	3,838	–	–	–	0,28	–	–	–	–	–	–	0,79	–
3	5,134	0,38	0,34	–	0,27	0,33	0,28	0,55	0,20	0,14	0,28	1,36	0,97
4	8,715	0,03	0,02	0,18	0,03	–	0,09	–	–	–	0,12	–	–
5	9,342	–	–	0,16	–	–	0,07	–	–	–	0,14	–	–
6	11,354	–	–	–	–	–	–	0,03	–	–	–	0,02	–
7	13,756	0,03	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	14,624	0,05	–	0,28	–	0,07	–	0,15	0,06	0,07	0,04	–	–
9	15,892	0,03	0,28	–	0,09	0,08	0,05	0,17	0,06	0,06	0,05	0,02	–
10	18,482	0,10	0,10	0,16	0,08	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,34	0,16	0,20
11	27,809	0,04	0,09	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	30,432	–	0,13	–	0,03	0,04	–	0,14	–	–	0,03	–	–
13	34,112	0,66	0,30	0,23	0,51	0,62	0,29	0,50	0,26	0,24	0,57	0,03	0,05
14	35,919	0,72	0,52	1,03	0,09	0,34	0,18	0,13	0,19	0,10	0,62	1,08	1,36
15	40,805	0,04	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02	–
16	42,221	–	–	0,01	–	–	–	0,02	–	–	–	–	–
17	44,531	0,08	0,07	0,02	0,06	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	–	0,03
Σ		2,20	2,24	2,08	1,82	1,97	1,36	2,46	1,15	1,02	2,57	3,55	3,96

Примечание. «–» – компонент отсутствует; * – *Nitraria pamirica*.

Выявлены некоторые сезонные особенности содержания компонентов в листьях растений *Nitraria*. Отмечено более низкое содержание нарциссина в период плодоношения, по сравнению с цветущими растениями. Компоненты 11 и 7 встречаются только в образцах, собранных в период цветения в популяциях Лепсы и Алаколь.

Кластерный анализ, проведенный по данным ВЭЖХ показал, что по содержанию фенольных соединений растения рода *Nitraria* разделяются на 3 группы (рис. 2).

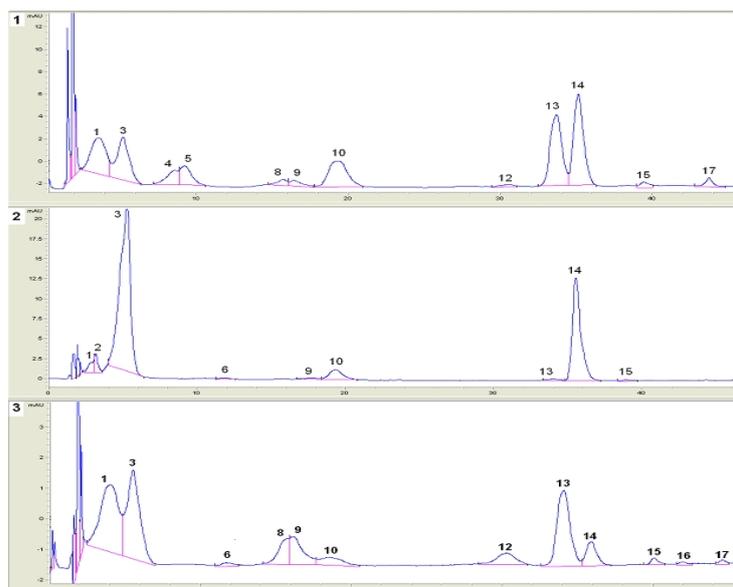


Рис. 1. Хроматограммы экстрактов листьев растений: (1) *N. schoberi* (Балхаш 4), (2) *N. komarovii* (Балхаш 5), (3) *N. pamirica* (Памир). По оси абсцисс – время удерживания, t_R , мин; по оси ординат – оптическая плотность, е.о.п.

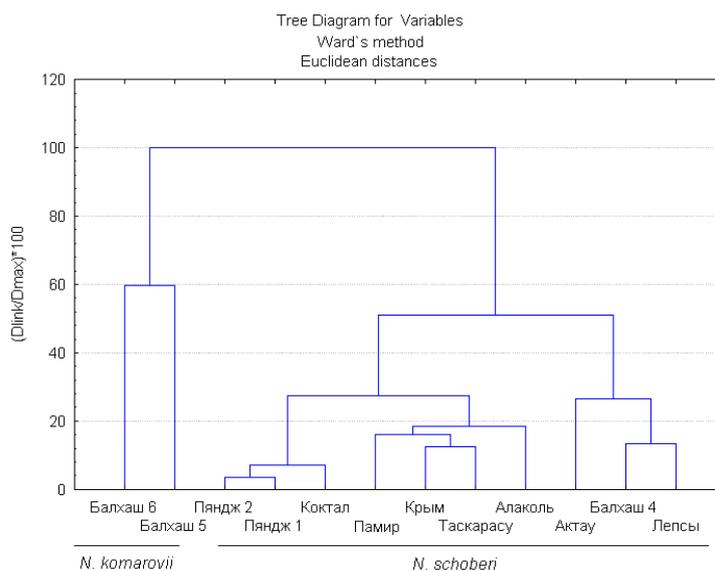


Рис. 2. Дендрограмма сходства популяций растений рода *Nitraria*

В первую группу объединены популяции *N. komarovii* (Балхаш 5, Балхаш 6), во вторую группу – все популяции *N. schoberi* и *N. pamirica*. Большой вклад в распределение вносит соотношение содержания основных компонентов, таких как гиперозид, компонент 13, нарциссин, кверцетин и лютеолин (рис. 3). В экстрактах растений *N. komarovii* преобладает нарциссин, а содержание компонента 13 наименьшее.

Популяции *N. schoberi* подразделяются на 3 подгруппы. В первой подгруппе представлены растения из популяций Пяндж 1, Пяндж 2, Коктал, они характеризуются высоким содержанием компонента 13, в значительном количестве также присутствуют гиперозид и нарциссин. Во второй подгруппе сгруппированы растения *N. pamirica* и *N. schoberi* (Крым, Таскарасу, Алаколь). Наибольший вклад в разделение образцов в данной подгруппе вносит компонент 13. Растения из популяции Алаколь, собранные в фазу цветения, располагаются несколько обособленно, поскольку они отличаются большим содержанием нарциссина, чем более близки к третьей подгруппе. Третью подгруппу образуют растения, собранные только в фазу цветения (Актау, Балхаш 4, Лепсы), они характеризуются значительным содержанием нарциссина и компонента 13.

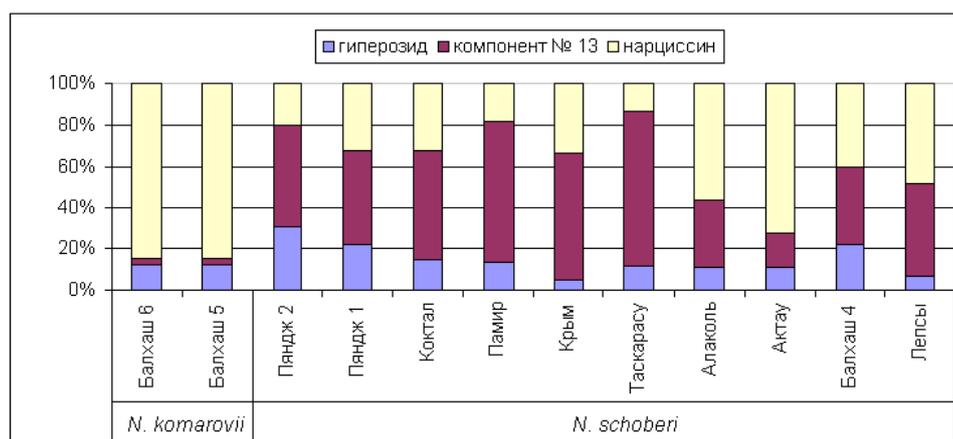


Рис. 3. Отношение содержания основных компонентов фенольного комплекса в листьях растений рода *Nitraria*. По оси абсцисс – образцы растений из разных популяций; по оси ординат – содержание компонентов от их суммы, %

Видовые особенности *N. schoberi* и *N. komarovii* проявляются как в составе фенольных соединений, так и в их содержании. В экстрактах листьев растений *N. komarovii* состав компонентов беднее, но содержание суммы фенольных соединений выше, по сравнению с растениями *N. schoberi*. Наблюдаются различия в содержании индивидуальных компонентов, так количество нарциссина и компонента 2 значительно больше в листьях *N. komarovii*, а компонента 13 – в листьях *N. schoberi*. Ранее нами была отмечена видоспецифичность комплекса фенольных соединений для сибирских видов селитрянки – наибольшие отличия *N. schoberi* и *N. sibirica* проявляются в фазу цветения [19]. Растения *N. pamirica* по комплексу фенольных соединений не показали видовых особенностей и по результатам многомерного анализа близки к *N. schoberi*. В этой связи образцы *Nitraria*, произрастающие в Восточном Памире и описанные Л.И. Васильевой [28] как *N. pamirica*, требуют дополнительных исследований, в том числе с привлечением молекулярно-генетических методов.

Выводы

Виды рода *Nitraria* (*N. schoberi*, *N. pamirica*, *N. komarovii*) представляют интерес в качестве источника фенольных соединений. В листьях растений этих видов селитрянки из различных популяций методом высокоэффективной жидкостной хроматографии обнаружено 17 компонентов. Идентифицированы гиперозид, нарциссин, кверцитин и лютеолин. Отмечено более низкое содержание нарциссина в листьях селитрянки во время плодоношения, по сравнению с цветущими растениями. В листьях *N. komarovii* суммарное содержание фенольных соединений (3,96%) значительно выше, чем в листьях *N. schoberi* (2,57%).

Полученные результаты позволяют сделать предположение о видоспецифичности состава и содержания фенольных соединений *N. schoberi* и *N. komarovii*, доказательство которой требует дальнейших исследований. На основании многомерного анализа вид *N. pamirica* можно отнести к *N. schoberi*.

Список литературы

1. Крупеников И.А. Солеустойчивость селитрянки (*Nitraria schoberi* L.) в природных условиях // Ботанический журнал. 1944. №2-3. С. 62–71.
2. Лява Я.И. Род *Nitraria* L. в Туркменистане // Известия Туркменского филиала АН СССР. 1948. №1. С. 54–57.
3. Жемчужников Е.А. Солеустойчивые древесные и кустарниковые породы для защитного лесоразведения // Лес и степь. 1951. №1. С. 42–47.
4. Григорьев Г.В. Селитрянка – кустарник для защитного лесоразведения в полупустыне // Лесное хозяйство. 1952. №4. С. 32.
5. Бабаев А.Г. Кучевые пески на древнедельтовой равнине Аму-Дарьи // Известия АН Туркменской ССР. 1953. №4. С. 28–36.
6. Кременской А.А. Материалы к биологии селитрянки // Известия АН Туркменской ССР. 1953. №5. С. 86.
7. Румянцев А.С. Развитие корневой системы селитрянки (*Nitraria schoberi*) // Известия АН Туркменской ССР. 1953. №5. С. 87–89.
8. Петров М.П. Хозяйственное значение селитрянок // Известия АН Туркменской ССР. 1964. №2. С. 41–45.

9. 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.
10. Du Q., Xin H., Peng Ch. Pharmacology and phytochemistry of the *Nitraria* genus (Review) // *Molecular Medicine Reports*. 2015. Vol. 11. N1. Pp. 11–20.
11. Ибрагимов А.А., Османов З., Ягудаев М.Р., Юнусов С.Ю. Алкалоиды *Nitraria sibirica* // *Химия природных соединений*. 1983. №2. С. 213–216.
12. Boubaker J., Skandrani I., Bouhleb I., Sghaier M., Neffati A., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. Mutagenic, antimutagenic and antioxidant potency of leaf extracts from *Nitraria retusa* // *Food and Chemical Toxicology*. 2010. Vol. 48. N8-9. Pp. 2283–2290.
13. Boubaker J., Sghaier M., Skandrani I., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. Isorhamnetin 3-*O*-robinobioside from *Nitraria retusa* leaves enhance antioxidant and antigenotoxic activity in human chronic myelogenous leukemia cell line K562 // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2012. Vol. 12. P. 135.
14. Suleiman M.K., Bhat N.R., Abdal M.S., Zaman S., Thomas R.R., Jacob S. Germination studies in *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch // *Middle-East Journal of Scientific Research*. 2008. Vol. 3. N4. Pp. 211–213.
15. Commander L.E., Merritt D.J., Rokich D.P., Dixon K.W. Seed biology of Australian arid zone species: Germination of 18 species used for rehabilitation // *Journal of Arid Environment*. 2009. Vol. 73. N6-7. Pp. 617–625.
16. Zeng Y.J., Wang Y.R., Zhang J., Li Z.B. Germination responses to temperature and dormancy breaking treatments in *Nitraria tangutorum* Bobr. and *Nitraria sibirica* Pall. // *Seed Science and Technology*. 2010. Vol. 38. N3. Pp. 537–550.
17. Григорьев Г.В. Селитрянки – кустарник для защитного лесоразведения в полупустыне // *Лесное хозяйство*. 1952. №4. С. 32.
18. Высочина Г.И., Банаев Е.В., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Ямтыров М.Б. Фитохимическая характеристика сибирских видов рода *Nitraria* L. // *Растительный мир Азиатской России*. 2011. №2. С. 108–113.
19. Банаев Е.В., Ямтыров М.Б. Изменчивость содержания биологически активных веществ в листьях селитрянки шобера (*Nitraria schoberi*) // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2014. №4. С. 40.
20. Банаев Е.В., Воронкова М.С., Высочина Г.И., Томошевич М.А. Популяционная структура и дифференциация сибирских представителей рода *Nitraria* L. (Nitrariaceae) по составу и содержанию фенольных соединений в листьях // *Сибирский экологический журнал*. 2015. №6. С. 890–898.
21. Banaev E.V., Voronkova M.S., Vysochina G.I., Tomoshevich M.A. Population structure and differentiation of the Siberian representatives of the genus *Nitraria* L. (Nitrariaceae) based on the composition and content of phenolic compounds in leaves // *Contem. Probl. Ecol*. 2015. Vol. 8. N6. Pp. 735–742.
22. Банаев Е.В., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А. Изменчивость содержания биологически активных веществ в листьях селитрянки – *Nitraria sibirica* Pall. (Nitrariaceae) // *Сибирский экологический журнал*. 2014. №1. С. 115–122.
23. Banaev E.V., Vysochina G.I., Kukushkina T.A. Variability in the content of biologically active substances in the leaves of *Nitraria sibirica* Pall. (Nitrariaceae) // *Contem. Probl. Ecol*. 2014. Vol. 7. N1. Pp. 90–96.
24. Храмова Е.П., Комаревцева Е.К. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // *Растительные ресурсы*. 2008. Т. 44, вып. 3. С. 96–102.
25. Van Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // *Journal of Chromatography. Sect. A*. 2002. Vol. 967. N1. Pp. 21–35.
26. Юрьев Д.В., Эллер К.И., Арзамасцев А.П. Анализ флавоногликозидов в препаратах и БАД на основе экстракта *Ginkgo biloba* // *Фармация*. 2003. №2. С. 7–9.
27. Храмова Е.П. Состав и содержание флавоноидов *Pentaphylloides fruticosa* в природе и культуре // *Химия растительного сырья*. 2014. №1. С. 185–193.
28. Блажей А., Шугый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М., 1968. 166 с.
29. Храмова Е.П., Высочина Г.И. Изменчивость морфологических параметров и содержания флавоноидов в *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz (Rosaceae) в условиях культуры // *Химия растительного сырья*. 2010. №3. С. 135–141.
30. Васильева Л.И. Новый вид рода *Nitraria* L. с Памира // *Новости систематики высших растений*. 1974. Т. 11. С. 341–344.

Поступило в редакцию 30 марта 2017 г.

После переработки 5 июня 2017 г.

Voronkova M.S.* , Banaev E.V., Tomoshevich M.A. COMPARATIVE STUDY OF PHENOLIC COMPOUNDS COMPOSITION AND CONTENT IN LEAVES OF THE GENUS *NITRARIA* (NITRARIACEAE) PLANTS

Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia),
e-mail: bmc_87@mail.ru

The content and composition of phenolic compounds in leaves of 3 *Nitraria* L. species from 12 populations have been studied with a high-performance liquid chromatography (HPLC). The investigation has detected 17 phenolic compounds, the maximum number of components is 12 indicated in leaves of *N. pamirica* L. Vassil. and *N. schoberi* L. plants in 2 populations, the minimum – 6 components – has been revealed in leaves of *N. komarovii* Iljin et Lava. Hyperoside (O-glycoside of quercetin), narcissin (O-glycoside of isoramnetin), quercetin (flavonol) and luteolin (flavon) have been identified. Studied plants accumulate a significant amount of phenolic compounds. Their content reaches 2,57% in leaves of *N. schoberi* L., 3,96% in *N. komarovii*. It was marked seasonal dynamics of a number of substances, in particular, lower narcissin content during plants fruiting compared to a flowering stage. The study results allow making an assumption of species peculiarities of phenolic compounds composition and content in *N. schoberi* and *N. komarovii*. The components composition is poorer in extracts of *N. komarovii* leaves, however, they shows higher content of total phenolic compounds compared with *N. schoberi* plants. At the same time *N. pamirica* sample is close to *N. schoberi* one based on a multivariate analysis of phenolic compounds composition and content.

Keywords: *Nitraria schoberi* L., *Nitraria komarovii* Iljin et Lava, *Nitraria pamirica* L. Vassil., HPLS, secondary metabolites, phenolic compounds.

References

1. Krupennikov I.A. *Botanicheskii zhurnal*, 1944, no. 2-3, pp. 62–71. (in Russ.).
2. Liava Ia.I. *Izvestiia Turkmenskogo filiala AN SSSR*, 1948, no. 1, pp. 54–57. (in Russ.).
3. Zhemchuzhnikov E.A. *Les i step'*, 1951, no. 1, pp. 42–47. (in Russ.).
4. Grigor'ev G.V. *Lesnoe khoziaistvo*, 1952, no. 4, p. 32. (in Russ.).
5. Banaev A.G. *Izvestiia AN Turkmenskoi SSR*, 1953, no. 4, pp. 28–36. (in Russ.).
6. Kremenskoi A.A. *Izvestiia AN Turkmenskoi SSR*, 1953, no. 5, p. 86. (in Russ.).
7. Rumiantseva A.S. *Izvestiia AN Turkmenskoi SSR*, 1953, no. 5, pp. 87–89. (in Russ.).
8. Petrov M.P. *Izvestiia AN Turkmenskoi SSR*, 1964, no. 2, pp. 41–45. (in Russ.).
9. Badgaa D. *Issledovanie kul'turnykh i dikorastushchikh plodov i iagod Mogol'skoi narodnoi respubliki s tse-l'iu ikh ratsional'nogo ispol'zovaniia: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk*. [Research of cultural and wild fruits and berries of the Mughal people's republic with the purpose of their rational use: the author's abstract. dis. ... doctors of agricultural sciences]. Moscow, 1978, 36 p. (in Russ.).
10. Du Q., Xin H., Peng Ch. *Molecular Medicine Reports*, 2015, vol. 11, no. 1, pp. 11–20.
11. Ibragimov A.A., Osmanov Z., Iagudaev M.R., Iunusov S.Iu. *Khimiia prirodnnykh soedinenii*, 1983, no. 2, pp. 213–216. (in Russ.).
12. Boubaker J., Skandrani I., Bouhlel I., Sghaier M., Neffati A., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, vol. 48, no. 8-9, pp. 2283–2290.
13. Boubaker J., Sghaier M., Skandrani I., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2012, vol. 12, p. 135.
14. Suleiman M.K., Bhat N.R., Abdal M.S., Zaman S., Thomas R.R., Jacob S. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 2008, vol. 3, no. 4, pp. 211–213.
15. Commander L.E., Merritt D.J., Rokich D.P., Dixon K.W. *Journal of Arid Environment*, 2009, vol. 73, no. 6-7, pp. 617–625.
16. Zeng Y.J., Wang Y.R., Zhang J., Li Z.B. *Seed Science and Technology*, 2010, vol. 38, no. 3, pp. 537–550.
17. Grigor'ev G.V. *Lesnoe khoziaistvo*, 1952, no. 4, p. 32. (in Russ.).
18. Vysochina G.I., Banaev E.V., Kukushkina T.A., Shaldaeva T.M., Iamtyrov M.B. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii*, 2011, no. 2, pp. 108–113. (in Russ.).
19. Banaev E.V., Iamtyrov M.B. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, 2014, no. 4, p. 40. (in Russ.).
20. Banaev E.V., Voronkova M.S., Vysochina G.I., Tomoshevich M.A. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2015, no. 6, pp. 890–898. (in Russ.).
21. Banaev E.V., Voronkova M.S., Vysochina G.I., Tomoshevich M.A. *Contem. Probl. Ecol.*, 2015, vol. 8, no. 6, pp. 735–742.
22. Banaev E.V., Vysochina G.I., Kukushkina T.A. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2014, no. 1, pp. 115–122. (in Russ.).
23. Banaev E.V., Vysochina G.I., Kukushkina T.A. Variability in the content of biologically active substances in the leaves of *Nitraria sibirica* Pall. (Nitrariaceae) // *Contem. Probl. Ecol.* 2014. Vol. 7. N1. Pp. 90–96.
24. Khranova E.P., Komarevtseva E.K. *Rastitel'nye resursy*, 2008, vol. 44, no. 3, pp. 96–102. (in Russ.).
25. Van Beek T.A. *Journal of Chromatography. Sect. A*, 2002, vol. 967, no. 1, pp. 21–35.
26. Iur'ev D.V., Eller K.I., Arzamashev A.P. *Farmatsiia*, 2003, no. 2, pp. 7–9. (in Russ.).

* Corresponding author.

27. Khramova E.P. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 1, pp. 185–193. (in Russ.).
28. Blazhei A., Shutyi L. *Fenol'nye soedineniia rastitel'nogo proiskhozhdeniia*. [Phenolic compounds of plant origin]. Moscow, 1968, 166 p. (in Russ.).
29. Khramova E.P., Vysochina G.I. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2010, no. 3, pp. 135–141. (in Russ.).
30. Vasil'eva L.I. *Novosti sistematiki vysshikh rastenii*, 1974, vol. 11, pp. 341–344. (in Russ.).

Received March 30, 2017

Revised June 5, 2017