

УДК 581.15

**ИЗУЧЕНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ
И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ
НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ SATUREJA SUBDENTATA BOISS.,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА**

**¹Вагабова Ф.А., ¹Мусаев А.М., ¹Алибегова А.Н., ¹Раджабов Г.К.,
²Гасанов Р.З., ¹Гусейнова З.А.**

¹ФГБУН «Горный ботанический сад Дагестанского научного центра Российской академии наук»,
Махачкала, e-mail: fazina@mail.ru;

²ФГБУН «Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра
Российской академии наук», Махачкала, e-mail: beeline110@mail.ru

В статье приведены данные суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантов в надземной части дагестанских популяций вида *Satureja subdentata* Boiss., рода *Satureja* L. семейства *Lamiaceae* Lindl. Материал для исследований был собран в период цветения в июле-августе 2011 года в природных популяциях и двух экспериментальных участках ГЭБ (Гунибская экспериментальная база, 1650 м над у. м.) и ЦЭБ (Цудухарская экспериментальная база, 1100 м над у. м.); высушено в тени до воздушно-сухой массы. Вид *Satureja subdentata* Boiss для флоры Дагестана является эндемиком. Дагестанские виды рода *Satureja* до сих пор не изучены с точки зрения химического состава. Наши исследования по изучению химического состава и влияния комплекса факторов высотного градиента на накопление биологически активных веществ в природных и интродуцированных образцах некоторых дагестанских видов *Satureja* являются первыми. В результате исследования установлено, что содержание суммы флавоноидов и антиоксидантов в надземной части *S. subdentata* флоры Дагестана колеблется от 1,9 до 2,9% и от 4,3 до 7,9 мг/г в пересчете на воздушно-сухое сырье соответственно. При этом отмечено небольшое снижение суммарного содержания антиоксидантов в надземной части вида в интродукционных образцах по сравнению с природными. Выявлена положительная корреляция накопления суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантов в траве *S. subdentata* (природные и интродуцированные образцы) с высотой над уровнем моря места сбора и места происхождения сырья. Данные эксперимента свидетельствуют о наличии прямой связи между содержанием флавоноидов и антиоксидантной активностью экстрактов надземной части *S. subdentata*. Полученные результаты имеют научное значение для объяснения механизма адаптации растений к стрессовым условиям среды произрастания. Кроме того, найденные флавоноидсодержащие растения с антиоксидантными свойствами могут быть рекомендованы для использования в медицинской промышленности.

Ключевые слова: *satureja subdentata* L., сумма флавоноидов, антиоксидантная активность, вторичные метаболиты, высота над уровнем моря

**THE STUDY OF SUM CONTENT FLAVONOIDS AND ANTIOXIDANTS
ACTIVITY ABOVE-GRAUND PARTS OF SATUREJA SUBDENTATA BOISS.,
GROUTH IN THE DAGESTAN**

**¹Vagabova F.A., ¹Musaev A.M., ¹Alibegova A.N., ¹Radjabov G.K.,
²Gasanov R.Z., ¹Guseynova Z.A.**

¹*Mountaunbotanicalgarden, Makhachkala, e-mail: fazina@mail.ru;*

²*Pricaspiyskiy Institute of Biological Resources, Makhachkala, e-mail: beeline110@mail.ru*

In the article the data of the total content of flavonoids and antioxidants in the herb of Dagestan populations of endemic species of *Satureja subdentata* Boiss. (*Lamiaceae* Lindl.), which have not been studied. The material for the research was collected in the period of total flowering in July-August 2011 in natural populations and two experimental sites (Gunib, 1650 meters above y. m. and Zhudakhar, 1100 m above y. m.). In Dagestan, the species occurs at altitudes from 600 up to 2350 meters above sea level. Our research on the chemical composition and influence of a complex of factors of high-altitude gradient on the accumulation of biologically active substances in natural and introduced samples of some of the Dagestani *Satureja* species are the first. As a result of research it is established, that the content of the sum content of flavonoids and antioxidants in the of *S. subdentata* flora of Dagestan ranges from 1,9% to 2,9% and from 4,3% to 7,9 mg/g in recalculation to air-dry raw materials, respectively. Revealed a positive correlation accumulation of the total content of flavonoids and antioxidants in the herb *S. subdentata* (natural and introduced samples) with a height above sea level gathering places and places of origin of the raw materials. There is a direct connection between the content of flavonoids and antioxidant activity of extracts of the herb of the *S. subdentata*. The results are of scientific importance to explain the mechanism of adaptation of plants to stress conditions of the environment of growth. Besides, the found plants, rich in flavonoids, with antioxidant properties can be recommended for use in the medical industry.

Keywords: *Satureja subdentata* L., flavonoids, antioxidant activity, secondary metabolites, height above sea level

В настоящее время для лечения различных болезней большое значение приобретают биологически активные вещества растительного происхождения, обладающие меньшим побочным действием, чем синте-

тические препараты и сходные по структуре и действию с естественными компонентами организма человека [1]. Среди различных классов растительных соединений, обуславливающих их лечебный эффект, значи-

тельное место занимают флавоноиды, которые составляют мощную антиоксидантную систему в растениях, способную восстанавливать окисленные формы антиоксидантных соединений [5, 6, 7]. В настоящее время известно более 3000 растительных антиоксидантов. Активность антиоксидантной системы может быть использована также для оценки степени стресса и адаптации растения к неблагоприятным условиям среды. Особенности климатических условий обуславливают специфику обменных процессов, протекающих в растениях, способствуют синтезу и накоплению в них биологически активных веществ (БАВ), определяющих лекарственные свойства конкретного растения. В этой связи интересен вопрос изучения градиента абиотических факторов, влияющих на процесс накопления БАВ в различных растениях [5, 8, 11]. Важной актуальной задачей исследователей остается выявление структуры изменчивости накопления вторичных метаболитов на внутривидовом и межвидовом уровнях дифференциации. Кроме того, проблемы выявления биохимической дифференциации имеют также практическое значение, так как связаны с освоением генетических ресурсов дикорастущей флоры, с поиском источников растительного сырья в природной флоре и среди интродуцентов, богатых фенольными соединениями и обладающих антиоксидантными свойствами [1, 3, 5, 7].

Среди природных биологически активных соединений, обуславливающих терапевтический эффект лекарственных растений, применяемых для лечения различных заболеваний, особое значение имеют растения сем. *Lamiaceae* Lindl., которое состоит из 200 родов и 3500 видов и широко распространено по всему земному шару. Основными действующими компонентами представителей этого семейства являются эфирные масла, алкалоиды, иридоиды, гликозиды, органические кислоты, карбоновые кислоты, флавоноиды, дубильные вещества, фитонциды, сапонины и ряд других БАВ. Одним из родов *Lamiaceae* Lindl является *Satureja* L. Во флоре Дагестана род *Satureja* L. представлен 3 видами [4].

Дагестанские виды рода *Satureja* до сих пор не изучены с точки зрения химического состава. Наши исследования по изучению химического состава и влияния различных факторов среды на накопление биологически активных веществ в природных и интродуцированных образцах некоторых дагестанских видов *Satureja* являются первыми.

Целью настоящей работы явилось изучение изменчивости суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантных свойств надземной части природных и культурных образцов *Satureja subdentata* Boiss. (далее *S. subdentata*) флоры Дагестана в зависимости от высоты над уровнем моря места произрастания сырья и отбор наиболее перспективных флавоноидсодержащих популяций.

Материал и методы исследования

В качестве объекта исследования нами выбран чабер мелкозубчатый (*S. subdentata*), сем. *Lamiaceae* Lindl., являющийся эндемичным видом Дагестана [4]. Он является многолетним полукустарником, занимающим щебнистые и каменистые горные склоны и долины, трещины скал. Ксерофит, петрофит, занимает как щелочные, так и кислые почвы. В Дагестане вид встречается на высотах от 600 до 2350 м над уровнем моря и растет всегда небольшими, хорошо изолированными популяциями с малой плотностью, образуя четкие морфологически различимые экотипы, отличающиеся сроками и продолжительностью фенофаз и размерами годичного побега от 10 до 60 см.

Некоторые виды рода используются как пищевые добавки и лекарственные растения при различных болезнях горла, легких и т.д. Несмотря на это, в литературе нет данных об использовании *S. subdentata* Boiss. как ресурсного вида.

Сырье для фитохимического анализа было собрано в период цветения: август-сентябрь как в природных популяциях на высотах от 600 до 1800 м над уровнем моря, так и с интродукционных участков ГЭБ (Гунибская экспериментальная база; 1650 м над уровнем моря) и ЦЭБ (Цудахарская экспериментальная база, 1100 м над уровнем моря); высушено при комнатной температуре, в тени до воздушно-сухой массы.

Для количественного определения суммы флавоноидов использовалась методика с применением реакции образования комплексных соединений с хлоридом алюминия по ГФ; в качестве стандарта использовали ГСО рутин [2] Математическая обработка результатов и построение графиков проводились с помощью пакета обработки данных Statistica 5.5. Суммарную антиоксидантную активность измеряли по методике А.Я. Яшина амперометрическим методом [10].

Результаты исследования и их обсуждение

По данным анализа суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантов в сырье *S. subdentata* нами были выявлены закономерности изменчивости в связи с происхождением и места сбора сырья вдоль высотного градиента. Результаты исследования представлены таблицей, рисунками.

Содержание суммарных антиоксидантов в надземной части изучаемого вида на высоте с 600 до 1800 м над уровнем моря возрастает от 4,3 до 7,9 мг/г, а содержание флавоноидов в надземной части возрастает от 1,9 до 2,9% в пересчете на воздушно-сухое сырье соответственно. Для обеспечения

устойчивой сырьевой базы изученного вида были предприняты попытки введения его в культуру на экспериментальных участках Гунибской и Цудахарской экспериментальных баз (ГЭБ и ЦЭБ соответственно). Поскольку в литературе имеются данные об изменении метаболических процессов под влиянием факторов внешней среды, вследствие чего при перенесении растений в непривычную среду в процессе интродукции и даже введения в культуру утрачивались ценные метаболиты, нами была изучена изменчивость суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантов в интродукционных образцах изучаемого вида.

При сравнении результатов измерений антиоксидантной активности на материале, собранном в эксперименте по реципрокным пересадкам этого вида на высотах 1100 и 1650 м над уровнем моря с соответствующими природными популяциями, обнаружено небольшое снижение содержания суммарных антиоксидантов в эксперименте. При этом наблюдается отсутствие статистически достоверных различий между пунктами посадки при сохранении межпопуляционного контраста фактически на том же уровне, что и в сборах из природных популяций на первом году эксперимента (таблица).

Описательные статистики содержания суммарных антиоксидантов, мг/г, *Satureja subdentata* Voiss., эксперимент с реципрокными пересадками, 2011 г.

	Происхождение	Пункт	N	Среднее	Ст. ош.	Ст. откл.
Общие			24	5,24	0,233	1,140
{1} Происхождение	1100		12	5,74	0,302	1,045
{1} Происхождение	1750		12	4,74	0,301	1,041
{2} пункт	ЦЭБ		8	4,51	0,215	0,609
{2} пункт	ГЭБ		8	4,58	0,183	0,519
{2} пункт	Прир.		8	6,63	0,200	0,566
1*2	1100	ЦЭБ	4	5,07	0,078	0,157
1*2	1100	ГЭБ	4	5,02	0,149	0,298
3.1*2	1100	Прир.	4	7,12	0,108	0,215
1*2	1750	ЦЭБ	4	3,96	0,073	0,145
1*2	1750	ГЭБ	4	4,13	0,050	0,100
1*2	1750	Прир.	4	6,13	0,108	0,216

Пр и м е ч а н и е. ЦЭБ – Цудахарская экспериментальная база; ГЭБ – Гунибская экспериментальная база; Прир. – природная популяция.

Изучено влияние высотного фактора на накопление суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантной активности в надземной части вида *S. subdentata* (природные образцы и интродуценты). Используя регрессионный анализ, установлено, что с возрастанием высоты над уровнем моря места сбора сырья увеличивается содержание суммы флавоноидов и антиоксидантов (коэффициенты корреляции: $r = 0,61$; $r = 0,67$ соответственно) (рис. 1, 2). Причем эта тенденция выражена одинаково четко, что свидетельствует о высокой корреляции между содержанием флавоноидов и содержанием антиоксидантов. Кроме того, увеличение суммарного содержания флавоноидов, по нашему мнению, связано с их ролью, как мембраностабилизаторов, и является реакцией на повышение содержания ультрафиолетового излучения в солнечной радиации вдоль высотного градиента.

В интродукционных популяциях *S. subdentata* содержание суммарных флавоноидов в надземной части также сохраняет тенденцию к возрастанию с набором высоты над уровнем моря исходной популяции.

Выводы

Суммарное содержание флавоноидов и антиоксидантов колеблется в пределах от 1,9 до 2,9% и от 4,3 до 7,9 мг/г соответственно в пересчете на воздушно-сухое сырье.

Выявлена четкая тенденция к повышению антиоксидантной активности с набором высоты над уровнем моря места сбора *S. subdentata* Voiss (природные популяции) или происхождения интродукционного материала (интродукционные популяции). Это характерно для видов мезофитов, к которому относится *S. subdentata* с оптимумом в высокогорье, в отличие от видов ксерофитов или видов с оптимумом в низких высотах.

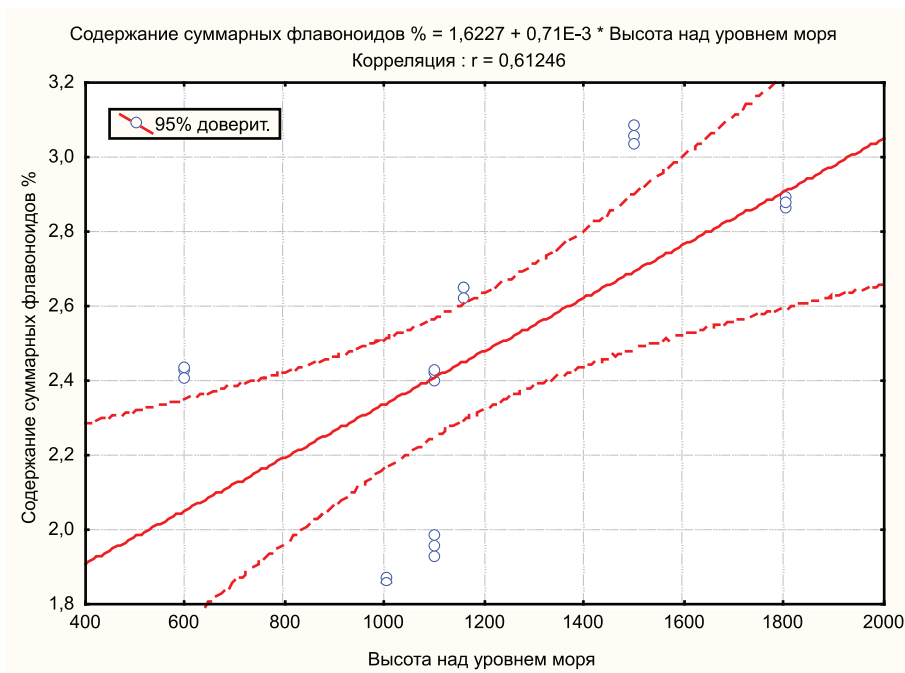


Рис. 1. Зависимость содержания суммарных флавоноидов в природных образцах *S. subdentata* Boiss. от высоты над уровнем моря места сбора сырья ($N = 21, p \leq 0,05$)

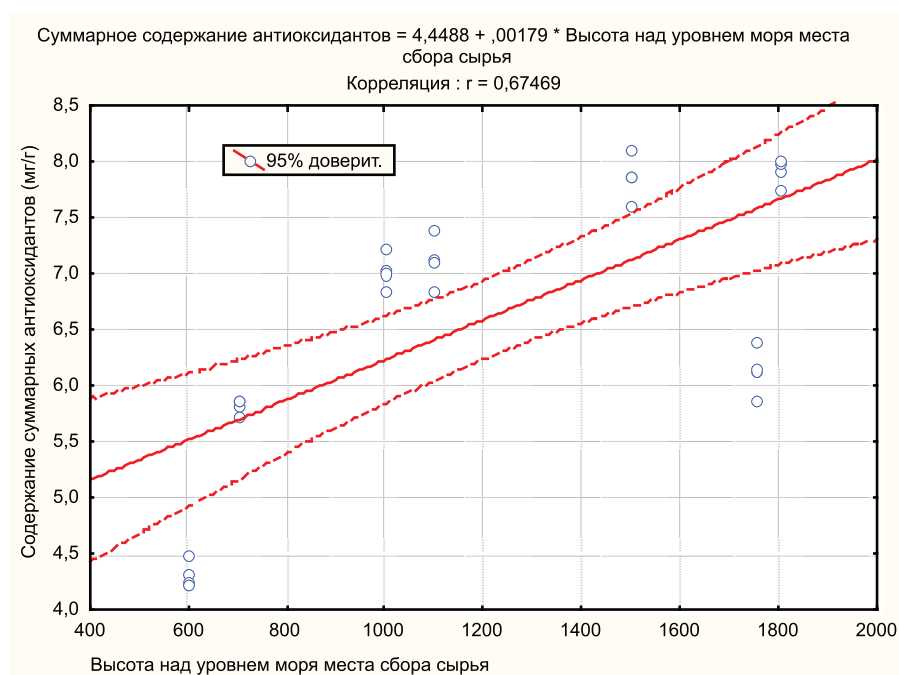


Рис. 2. Зависимость содержания суммарных антиоксидантов в природных образцах *S. subdentata* Boiss. от высоты над уровнем моря места сбора сырья ($N = 21, p \leq 0,05$)

В природных популяциях *S. subdentata* с возрастанием высоты над уровнем моря места сбора сырья, так и в интродукционных образцах с набором высоты над уровнем моря исходной популяции увеличивается содержание суммы флавоноидов.

Выявлена четкая корреляционная зависимость между суммарным содержанием флавоноидов и суммой антиоксидантов в надземной части *S. subdentata*.

Выявлен новый флавоноидсодержащий растительный источник во флоре Да-

гестана, обладающий антиоксидантными свойствами.

Таким образом, результаты проделанной работы свидетельствуют о незначительных изменениях, происходящих в количественном содержании антиоксидантов данного вида в культуре, по сравнению с природными образцами. Полученные результаты дадут возможность выявить закономерности, лежащие в основе механизмов биосинтеза вторичных метаболитов лекарственных растений и решить проблему с внедрением изучаемого вида в культуру.

Список литературы

1. Ботиров Э.Х., Дренин А.А., Макарова А.В. Химическое исследование флавоноидов лекарственных и пищевых растений // Химия растительного сырья. – 2006. – № 1. – С. 45–48.
2. Государственная Фармакопея СССР. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – 11-е изд. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
3. Магомедмирзаев М.М. Пути выявления и использования генетических ресурсов высших растений // Общая генетика. – 1978. – Т. 3. – С. 123–168.
4. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Т. III. – Махачкала: Эпоха, – 2009. – 304 с.
5. Пупыкина А.С. Фитохимическое изучение и антиоксидантные свойства некоторых растений, интродуцированных в республике Башкортостане // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2006. – № 2. – С. 357–360.
6. Стогний В.В., Журавская А.Н., Кершенгольц Б.М. Влияние условий произрастания на активность антиоксидантной системы семян различных видов дикорастущих растений. // Растительные ресурсы. – 2000. – Т.36, Вып. 1. – С. 57–63.
7. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов / С.Р. Хасанова, Т.И. Плеханова, Д.Т. Гашимова, Э.Х. Галиахметова, Е.А. Клыш // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2007. – № 1. – С. 163–166.
8. Влияние высотного фактора на содержание антиоксидантов в листьях некоторых травянистых растений / Ш. Чанишвили, Г. Бадридзе, Л. Рапава, Н. Джанукашвили // Экология. – 2007. – № 5. – С. 395–400.
9. Яковлева Т.П., Фролкова А.А., Филимонова Е.Ю. Влияние метеорологических условий на биохимические процессы в плодах облепихи в период созревания // Вестник алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 11 (75). – С. 28–31.

10. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с аперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал (Журнал Рос.хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т.1, № 2. – С. 130–135.

11. Enikeev A.G., Kopytina T.V., Semenova I.A., Natyaganova A.V., Gamanetz I.V., Volkova O.D. Agrobacterial transformation as complex biotical stressing factor // Journal of stress physiology & biochemistry. – 2008. – Vol. 4, no.1. – P. 11–19.

References

1. Botirov E.KH., Drenin A.A., Makarova A.V. *Khimiya rastitel'nogosirya – Chemistry of plant raw materials*, 2006, no. 1, pp. 43–48.
2. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR obshchie metodi analiza lekarstvennoe rastitel'noesirye*. [State Pharmacopoeia of the USSR. General methods of the analysis. Medicinal vegetative raw materials]. Moskow, Medicina, 1989, 400 p.
3. Magomedmirzaev M.M. *Obschay genetika [General genetic]*, Moskow, 1989, Vol. 3, pp. 123–168.
4. Murtuzaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana [Abstract of flora of Dagestan]*, Makhachkala, Epoch, 2009, Vol. III. 304 p.
5. Pupykina A.C. *Vestnik Voronezhskogogosudarstvennogouniversiteta – Messenger of the Voronezh state university*, 2006, no.2, pp. 357–360.
6. Stogniy V.V., Zhuravskaya A.N., Kershengolts B.M. *Rastitel'nueresursy – Vegetative resources*, 2000, Vol. 36, no. 1, pp. 57–63.
7. Khasanova S.R., Plekhanava T.I., Gashimova D.T., Galiakhmedova E.K., Klysh E.A. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta – Messenger of the Voronezh state university*, 2007, no. 2, pp. 163–166.
8. Chanishvili Sh., Badridze G., Rapava L., Dzhanukashvili N. *Ecologiya – Ecology*, 2007, no. 5, pp. 395–400.
9. Yakovleva T.P., Frolkova A.A., Filimova E.YU. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnouo universiteta – Messenger of the Altay state agrarian university*, 2011, no. 11 (75), pp. 28–31.
10. Yashin A.YA. *Rosiysskiykhimicheskiy zhurnal – Russian chemical magazine (Rus.Khim magazine of islands of D.I.Mendeleev)*, 2008, Vol.1, no. 2, pp. 130–135.
11. Enikeev A.G., Kopytina T.V., Semenova I.A., Natyaganova A.V., Gamanetz I.V., Volkova O.D. *Journal of stress physiology & biochemistry*, 2008, Vol. 4, no.1, pp. 11–19.

Рецензенты:

Эмирбеков Э.З., д.б.н., профессор, руководитель филиала ЮФУ, академик РАЕН, г. Махачкала;

Магомедов А.М., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологии ДГМА, г. Махачкала.

Работа поступила в редакцию 23.01.2013.