

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ, АНТОЦИАНОВ И СУММАРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *TEUCRIUM ORIENTALE* L. ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Вагабова Ф. А., Раджабов Г. К., Мусаев А. М., Исламова Ф. А., Курамагомедов М. К.

ФГБУ «Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН», Махачкала, Россия, e-mail: gorbotsad@mail.ru

Приводятся результаты исследования по изучению изменчивости суммарного содержания флавоноидов, антоцианов и общей антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов (70 % раствор этанола) образцов надземных органов *Teucrium orientale* L., собранных в природных популяциях флоры Дагестана в 2013 году в период цветения. Собранные образцы отличались высоким содержанием суммы флавоноидов, антоцианов и антиоксидантной активности. Впервые нами во флоре Дагестана в ходе поисковых исследований выявлен перспективный по содержанию флавоноидов и антоцианов вид *Teucrium orientale* L. сем. Lamiaceae, который проявляет высокую антиоксидантную активность. Влияние высотного градиента выявило разнонаправленное действие на изменчивость содержания флавоноидов, антоцианов, общей антиоксидантной активности. Полученные результаты имеют научную ценность, так как изучается влияние комплекса факторов высотного градиента на накопление растениями вторичных метаболитов в утилизируемых органах, как способ адаптации к резким климатическим условиям высотного фактора Дагестана. Практическая значимость работы заключается в оценке ресурсного вида флоры Дагестана, содержащего фенольные соединения с высокой биологической активностью, а также при введении вида в культуру.

Ключевые слова: дубровник, флавоноиды, антоцианы, антиоксиданты, высотный градиент, популяции, абиотические факторы среды.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTENTS OF FLAVONOIDS, TOTAL ANTHOCYANINS AND ANTIOXIDANTS IN AERIAL PARTS OF *TEUCRIUM ORIENTALE* L. FROM NATURAL POPULATIONS OF MOUNTAINOUS DAGESTAN

Vagabova F.A., Radjabov G.K., Musaev A.M., Islamova F.I., Kuramagomedov M.K.

Mountain Botanical garden of Dagestan scientific centre of RAS, Makhachkala, Russia, e-mail: gorbotsad@mail.ru

The results of studies on the variability of the total content of flavonoids, anthocyanins and total antioxidant activity of ethanol extracts (70 %) samples of aboveground organs *Teucrium orientale* L., collected in natural populations of flora of Dagestan in 2013 during the flowering period. The samples had high content of total flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity. Us for the first time in the flora of Dagestan in the exploratory study revealed a perspective on the content of flavonoids and anthocyanins species *Teucrium orientale* L. (Lamiaceae), which exhibits high antioxidant activity. The influence of the altitudinal gradient showed different effect on the variability of the content of flavonoids, anthocyanins, total antioxidant activity. The results are of scientific value, since we study the influence of factors of high-altitude gradient on the accumulation of plant secondary metabolites in disposable bodies, as a way adaptatsii severe climatic conditions of high-altitude factor of Dagestan. The practical significance of the work lies in the assessment of the resource species of the flora of Dagestan, containing phenolic compounds with high biological activity, as well as with the introduction of the species into culture.

Keywords: *Teucrium orientale* L., flavonoids, anthocyanins, antioxidants, altitude gradient, population, abiotic factors of the environment.

Флавоноиды – наиболее многочисленный класс природных фенольных соединений, для которых характерно структурное многообразие, высокая и разносторонняя биологическая и фармакологическая активность и малая токсичность [3]. Этот интерес связан с тем обстоятельством, что флавоноиды обуславливают антиоксидантные, ангиопротекторные, гепатопротекторные, желчегонные, диуретические, нейротропные,

противоязвенные, капилляроукрепляющие и другие важнейшие их фармакологические свойства. Широкий спектр действия флавоноидов объясняется их избирательностью по отношению к активным формам кислорода (АФК): при гиперпродукции АФК они проявляют антиоксидантные свойства, а при низком уровне генерации АФК – прооксидантные. Удачное сочетание низкой токсичности с высокой фармакологической активностью делает их чрезвычайно перспективными для профилактики и лечения многих заболеваний. При этом важно отметить, что только за последние 10–15 лет число фармакопейных растений, содержащих флавоноиды, увеличилось с 11 до 30 видов [1,3,7].

Дубровник восточный является наименее изученным видом рода *Teucrium* L. Известно лишь несколько работ, касающихся морфологии, изучения компонентного состава эфирного масла и так далее [8,9,10]. Известно, что различные представители этого рода издавна пользовались успехом в народной официальной медицине. Особенно это касается дубровника белого, дубровника обыкновенного и некоторых других видов. Отсюда наш интерес к изучению дубровника восточного дагестанской флоры. Поскольку флавоноиды и антоцианы, как антиоксиданты прямого действия, характеризуют сырьевую ценность растительного сырья, на сегодня очень актуальными остаются скрининговые исследования для поиска перспективных источников флавоноидов, антоцианов с высокой антиоксидантной активностью выявление изменчивости накопления их в утилизируемых органах растительного сырья вдоль высотного градиента. Исходя из этого, целью наших исследований являлось выявление закономерностей накопления флавоноидов, антоцианов и антиоксидантов в различных органах *Teucrium orientale* L вдоль средовых градиентов.

Материал и методика исследования

Род *Teucrium* L. насчитывает более 300 видов, занимающих достаточно большой ареал по всему земному шару, и представляет собой многолетние травянистые растения или полукустарники высотой 10–40 см. Основным центром видового разнообразия данного рода является Средиземноморье. На территории Юго-Восточной Азии и Северной Америки растения рода *Teucrium* L. считаются занесенными. На территории России и сопредельных государств (в пределах территории бывшего СССР) данный род представлен 26 видами, из них на Кавказе произрастает 13 видов. Согласно последним данным на территории Северного Кавказа произрастает 6 видов рода *Teucrium* L.[5]. На территории Дагестана обнаружено 6 видов [5]. Дубровник восточный – (*Teucrium orientale* L.) – многолетнее травянистое растение высотой 5–30 см. Произрастает на сухих и каменистых склонах Северного Кавказа и Крыма. Интересной особенностью данного растения является способность к расположению почек у поверхности почвы (т.е. является хамефитом)[5]. В

Дагестане встречается во всех горных районах, на каменистых склонах до верхнего горного пояса [4].

Материал для работы (листья, соцветия, стебли дубровника восточного) был собран в 2013 году в фазу цветения с пяти изолированных географических точек (табл.1). Методика подготовки материала для химических анализов осуществлялась согласно ГФ [2].

Суммарное содержание флавоноидов и антоцианов определяли спектрофотометрически на спектрофотометре СФ-16 по стандартной методике с использованием реакции образования комплексных соединений с хлоридом алюминия их хлоридом кобальта, соответственно. Перерасчет данных производился на рутин и на 3-глюкозид цианидина путем подстановки значений оптической плотности исследуемого раствора в калибровочное уравнение [2]. Суммарные антиоксиданты определялись на приборе для экспресс-анализа суммарных антиоксидантов «ЦВЕТ-ЯУЗА-001-ААА», амперометрическим методом, с пересчетом на галловую кислоту [6]. При приготовлении всех растворов использовалась деионизированная вода, получаемая на деионизаторе «Водолей». Статистическую обработку данных определения суммарного содержания флавоноидов, антоцианов, антиоксидантов проводили по общепринятым алгоритмам обработки данных с использованием лицензионной системы обработки данных Statistica 5.5. и пакета программ «MS EXCEL».

Результаты и обсуждение

Результаты (табл.1), полученные в ходе эксперимента, показывают, что: содержание суммы флавоноидов в исследованных образцах сырья колеблется от 0,35 % до 1,05 %; суммы антоцианов – от 0,16 % до 1,05 %; ССА (содержание суммарных антиоксидантов) от 1,96 – до 4,94 мг/г. Межпопуляционное сравнение накопления вторичных метаболитов выявило популяции с максимальным суммарным содержанием флавоноидов (Хунзахское плато, 1710 м над у.м.), антоцианов (Хунзахское плато, 1710 м над у.м.), суммарных антиоксидантов (Ущелье р. Кзыл-Дере, Ахтынский р-н, 1800 м над ур.м.). Стоит отметить, в целом образцы со всех популяций дают хорошие результаты по содержанию вторичных метаболитов в надземных органах. Максимальное содержание флавоноидов обнаружено в листьях растения, чем в соцветиях (исключение: популяции Хунзахское плато, 1710 м над у.м. и Ущелье р. Кзыл-Дере, Ахтынский р-н, 1800 м над ур.м), когда значение антоцианов в соцветиях выше, чем в листьях. Заметим, что максимум содержания суммарных флавоноидов и антиоксидантов в природных популяциях приходится на листья *Teucrium orientale L.*

Таблица 1

Суммарное содержание флавоноидов, антоцианов, антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов (70 %) различных органов образцов *Teucrium orientale* L. из природных популяций Дагестана, сбора 2013 года

№	ВУМ, м	Сод-е суммы ФЛ, %			Сод-е суммы АНТ., %			ССА, мг/г		
		Лист.	соцв.	стебли	лист	соцв.	стебли	лист	соцв.	стебли
1	565	0,91± 0,01	0,81± 0,01	0,31± 0,01	0,31±0,00	0,46±0,00	0,18± 0,00	4,43± 0,00	3,99± 0,00	1,96± 0,00
2	1200	0,96± 0,01	0,85± 0,01	0,45± 0,01	0,34±	0,62±0,0	0,26± 0,00	4,24± 0,00	3,43± 0,00	1,98± 0,00
3	1500	0,98± 0,01	0,65± 0,01	0,35± 0,01	0,26± 0,00	0,39± 0,00	0,20± 0,00	3,00± 0,00	3,65± 0,00	2,06± 0,00
4	1710	1,01± 0,01	1,05± 0,01	0,60± 0,01	0,38± 0,00	1,05± 0,00	0,44± 0,00	3,47± 0,00	2,99± 0,00	3,12± 0,00
5	1800	0,78± 0,01	1,01± 0,01	0,37± 0,01	0,25± 0,00	0,43± 0,00	0,16± 0,00	4,94± 0,00	3,45± 0,00	2,25± 0,00
6	всего	0,93± 0,02	0,87± 0,4	0,41±0,03	0,31± 0,01	0,59± 0,06	0,25± 0,03	4,02± 0,19	3,50± 0,09	2,27± 0,12

Примечание: ВУМ – высота над уровнем моря; Ф. – флавоноиды; АНТ. – антоцианы; ССА – суммарное содержание антиоксидантов; 1-Окр. с. Гергебиль, Гергебильский р-н; 2-Окр. с. Цудахар, Левашинский р-н; 3-Окр. с. Аанада, Гунибский р-н; 4-Хунзахское плато, Хунзахский р-н; 5-Ущелье р. Кзыл-Дере, Ахтынский р-н

Влияние высотного градиента на накопление вторичных метаболитов выявило устойчивую тенденцию к повышению суммы флавоноидов с набором высоты над уровнем моря места сбора сырья (для соцветий и стеблей) и суммы антиоксидантов в стеблях растения (табл. 2, рис.1,2). Иная картина наблюдается с соцветиями, где с ростом высоты над уровнем моря места сбора сырья наблюдается снижение содержания антиоксидантов (рис.3). Как видно из табл. 2, результаты влияния высотного фактора на изменчивость антиоксидантов в листьях и стеблях коррелируют с данными по содержанию флавоноидов в них. Таким образом, зависимость накопления суммарных вторичных метаболитов в органах дубровника восточного носит разнонаправленный характер.

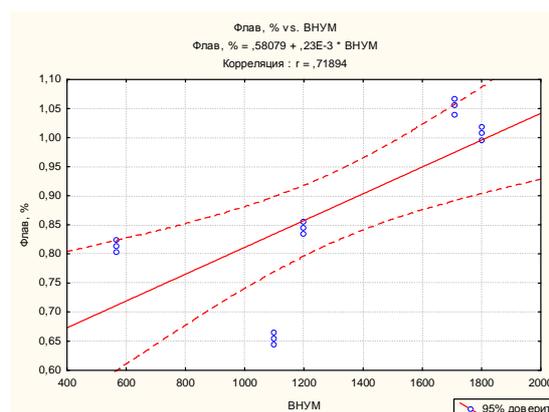


Рис.1. Содержание суммарных флавоноидов Teucrium orientale L. природных популяций, 2013 г. сбора (соцветия)

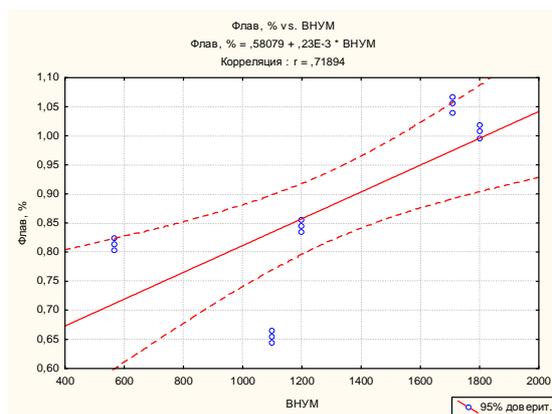


Рис.2. Содержание суммарных флавоноидов *Teucrium orientale L.* природных популяций, 2013 г. сбора (соцветия)

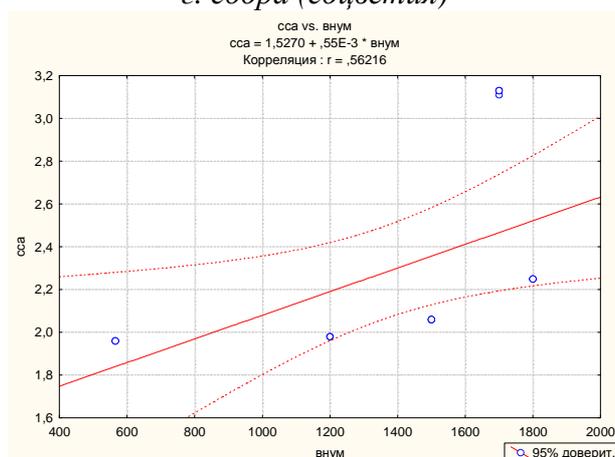


Рис.3. Содержание суммарных антиоксидантов в стеблях *Teucrium orientale L.* (природные популяции, 2013 г. сбора)

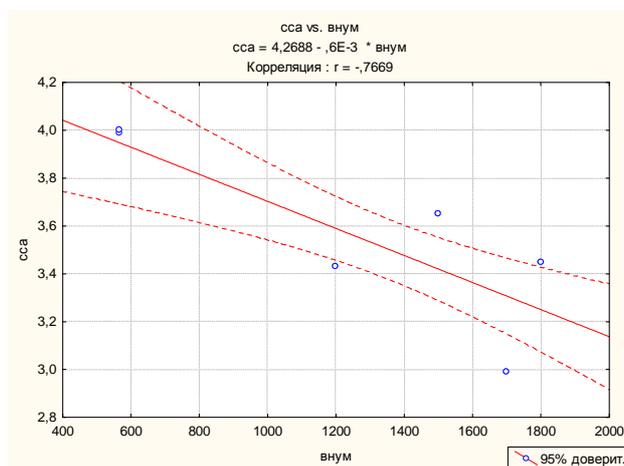


Рис. 4. Содержание суммарных антиоксидантов в соцветиях *Teucrium orientale L.* (природные популяции, 2013 г. сбора)

Таблица 2

Коэффициенты корреляции (r) и детерминации (r²) для природных популяций *Teucrium orientale L.* по влиянию высотного градиента на содержание флавоноидов, антоцианов и суммарных антиоксидантов (**, * – уровни значимости при α = 1 %, 5 %, соответственно)

Группы соединений	Органы растений	r	r ²
флавоноиды	лист	-0,22	-
	соцв.	0,72**	0,52
	стебли	0,63*	0,40
антоцианы	лист	0,07	-
	соцв.	0,45	0,20
	стебли	0,39	-
антиоксиданты	лист	-0,19	-
	соцв.	-0,77**	0,59
	стебли	0,56*	0,31

Выводы

Итак, нами впервые проведен фитохимический анализ на содержание вторичных метаболитов в надземных органах *Teucrium orientale L.*, собранных в природных популяциях флоры Дагестана. В ходе эксперимента получили данные, показывающие высокое содержание суммы флавоноидов, антоцианов, антиоксидантов в листьях и соцветиях дубровника восточного. При этом выявлены образцы с максимальным содержанием биологически активных соединений с высокой антиоксидантной активностью. Показано разнонаправление действия высотного фактора на изменчивость содержания флавоноидов, антоцианов и антиоксидантов в надземных органах сырья.

Полученные данные имеют, несомненно, научный интерес с точки зрения объяснения механизмов изменчивости содержания вторичных метаболитов под влиянием комплекса абиотических факторов среды. Кроме того, результаты очень важны при оценке ресурсного вида флоры Дагестана, содержащего фенольные соединения с высокой антиоксидантной активностью; при введении вида в культуру.

Список литературы

1. Аджихметова С.Л., Андреева О.А., Оганесян Э.Т. Антиоксидантная активность экстрактов из листьев, плодов и стеблей крыжовника отклоненного (*Grossularia Reclinata (L.) Mill.*) // Фундаментальные Исследования. – 2013. – № 10, Ч.6. – С.1297-1301.
2. Государственная Фармакопея, XI. – М, 1998. – Вып.1, 2. – 336 с.
3. Куркин В.А., Куркина А.В., Авдеева Е.В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (Ч. 9). – С. 1897-1901.
4. Муртазалиев Р.А. Конспект Флоры Дагестана: учебн. – Махачкала: Эпоха, 2009. – Т.Iii. – С.201-203.
5. Рудакова Ю.Г. Фармакогностическое изучение дубровника белого (*Teucrium Polium L.*) флоры Северного Кавказа: дис. ... канд. фарм. наук. – Пятигорск, 2015. – С.16-22.

6. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т.1, №2. – С.130-135.
7. Novel insights into the pharmacology of flavonoids / Barbara Romano, Ester Pagano, Vittorino Montanaro, Alfonso L. Fortunato, Natasa Milic, Francesca Borrelli // *Phytotherapy Research*. – 2013, V.27 (11). – P.1588-1596.
8. Neoclerodanes from *Teucrium Orientale* / Bruno, M.; Rosselli, S.; Maggio, A.; Piozzi, F.; Scaglioni, L.; Arnold, N. A.; Simmonds, M. S. // *J. Chem. Pharm. Bull.* – 2004. – V.12(52). – 1497-1500.
9. Chemical diversity of volatiles of *Teucrium Orientale* L. Var. *Orientele*, Var. *Puberulens*, And Var. *Glabrescens* Determined By Simultaneous Gc-Fid And Gc/Ms Techniques /Gulmira _Zeka, Temel _Zeka, Muhittin Dinab, S_Leyman Dogʻuc, And Kemal H. C. Basera)D)//*Chemistry & Biodiversity*. – 2012, Vol. 9. – P.1144-1154.
10. The variation of antioxidant activities and chemical composition of essential oils of *Teucrium Orientale* L. Var. *Orientele* during harvesting stages /Ali Yildirim, Ahmet Cakir, Ahmet Mavi,1 Mehmet Yalcin, Gunter Fauler and Yavuz Taskesenligil // *Flavour Fragr. J.* – 2004; 19. –367–372.

Рецензенты:

Гасанов Г.Н., д.с.-х.н., профессор, зав. лаборатории биогеохимии ФГБУН ПИБР ДНЦ РАН, г. Махачкала;

Исмаилов Э.Ш., д.б.н., профессор кафедры химии ФГБОУ ВО «ДГТУ», г. Махачкала.