

## ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ТАНИНОВ В НАДЗЕМНЫХ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CALLISTEMON* R. BR.

Мирная Е.В.<sup>1</sup>, Белоус О.Г.<sup>1</sup>, Солтани Г.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр  
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru

<sup>2</sup> «Сочинский национальный парк»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: soltany2004@yandex.ru

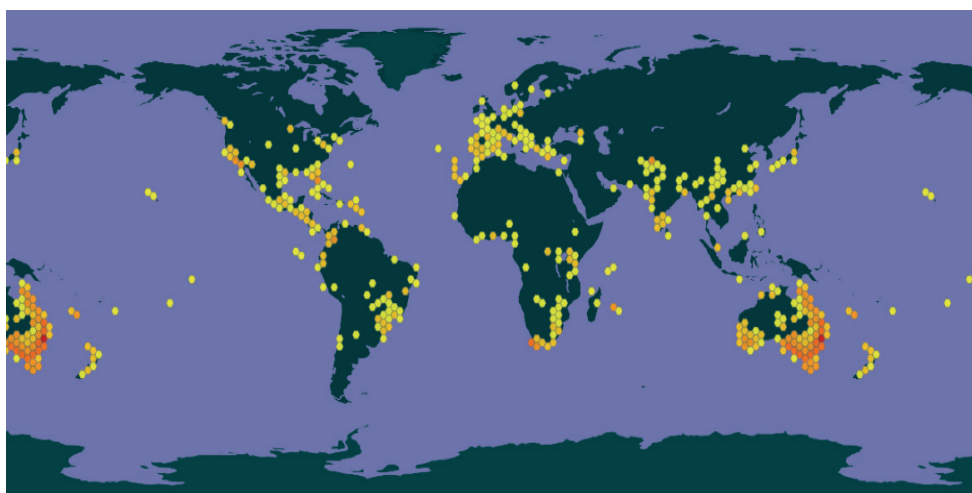
Белоус О.Г. [orcid.org/0000-0001-5613-7215](https://orcid.org/0000-0001-5613-7215)

Каллистемон, или красивотычиночник (*Callistemon*) – род вечнозелёных кустарников, которые благодаря своей декоративности пользуются спросом у озеленителей города. Каллистемоны можно размножать как семенами, так и полуодревесневшими черенками. Однако для сохранения желаемых характеристик конкретного растения необходимо использовать вегетативное размножение. При черенковании каллистемона возникла проблема, связанная с определением срока срезки черенков на укоренение, а также, повышением выхода укоренённых черенков. Для решения данного вопроса необходимо установить видовую специфику и динамику накопления фенольных компонентов в вегетативных надземных органах с последующей оценкой содержания в них фенолов. Нами определено, что содержание суммы всех фенольных компонентов в листьях в 2,6–3,3 раза выше, чем в побегах. При этом проявляются как видовые, так и сортовые особенности. Анализы по накоплению танинов в надземных вегетативных органах представителей рода *Callistemon* R. Br. показал, что у большинства видов содержание танинов в листьях в 1,3–1,7 раза выше, чем в побегах. Однако, у видов *C. pallidus* и *C. coccineus* количество дубильных веществ в побегах выше в 1,3–1,6 раза, соответственно. Отличительной особенностью вида *C. phoeniceus* является максимальное накопление танинов и в листьях, и в побегах. Количество этой фенольной группы в надземных вегетативных органах каллистемона практически не изменяется с мая по август (находясь в пределах от 1 до 8 %, и только в побегах *C. viminalis* доходит до 12 %), что может служить видовым признаком.

**Ключевые слова:** каллистемон, листья, побеги, укоренение, полифенолы, танины.

**Введение.** Каллистемон, или красивотычиночник (*Callistemon*) – род вечнозелёных кустарников или небольших деревьев семейства Миртовые (Myrtaceae). Все виды, за исключением четырёх, являются эндемиками Австралии, остальные встречаются в Новой Каледонии [9,

17]. Род *Callistemon* R. Br. был впервые официально описан в 1814 году Робертом Брауном. По информации базы данных WFO Plant List, род включает около 37 видов [18]. В природе каллистемоны, как правило, являются растениями открытого леса или редколесья в районах с относительно высоким уровнем осадков. Сейчас, благодаря своим декоративным качествам, виды широко культивируются во многих регионах (рис. 1), в том числе на европейском континенте после того, как в 1789 году Джозефом Бэнксом образец *Callistemon citrinus* был интродуцирован в Королевские ботанические сады Кью (Лондон) [3, 5, 19].



**Рис. 1.** Распространение рода *Callistemon* R. Br., данные на 2023 год ([www.gbif.org](http://www.gbif.org))

**Fig. 1.** Distribution of the genus *Callistemon* R. Br., data for 2023 ([www.gbif.org](http://www.gbif.org))

Несмотря на способность кустарника переносить кратковременные 10-градусные морозы, на территории Российской Федерации в грунте возделывается только во влажных субтропиках России.

Каллистемон используется в народной медицине Индии, Ирана и ряда других стран как средство против кашля и бронхита. Известно о противофилококковой, нематоцидной, антитромботической и антиоксидантной активности видов рода *Callistemon*, а также об антимикробных свойствах их эфирных масел [7, 10, 15]

Ранее каллистемоны для озеленения города завозились из Голландии и Италии, но сейчас остро стоит задача импортозамещения в вопросе производства отечественного посадочного материала, в т. ч. и цветочно-декоративных культур, пользующихся коммерческим спросом

[5]. К таким культурам относится и каллистемон. Каллистемоны можно размножать как семенами, так и полуодревесневшими черенками. Однако для сохранения желаемых характеристик конкретного растения необходимо использовать вегетативное размножение. Особенно, если речь идёт о размножении сортов. Черенкование – самый быстрый способ размножения растений, при котором укоренённые побеги за короткий период времени достигают размера взрослого растения. Самый простой и распространённый способ черенкования – укоренение черенков в воде или в грунте. В то же время, размножая черенки каллистемона, мы столкнулись с рядом проблем, главная из которых относится к определению срока срезки черенков на укоренение, а также, малый процент укоренённых черенков. Как правило, на образование каллуса и последующего укоренения могут влиять фенольные компоненты, в частности, танины. Из литературных источников известно, что вегетативные органы каллистемона действительно накапливают большое количество фенольных соединений, в частности, таких как  $\alpha$ -терпинеол и пинокарвеол [1, 13, 14].

В этой связи для определения наиболее эффективного срока черенкования каллистемона нам необходимо было установить видовую специфику и динамику накопления фенольных компонентов в вегетативных надземных органах с последующей оценкой содержания в них фенолов.

**Цель данной статьи** – проанализировать видовую специфику в накоплении фенольных компонентов в вегетативных надземных органах представителей рода *Callistemon*.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являются вегетативные надземные органы 9 видов рода *Callistemon*: *C. linearifolius* (Link) DC, *C. pallidus* (Bonpl.) DC, *C. speciosus* (Sims) Sweet, *C. phoeniceus* Lindl., *C. viminalis* (Sol. ex Gaerth) G. Don., *C. rigidus* R. Br., *C. salignus* (Sm.) Colv. ex Sweet, *C. coccineus* F. Muell. и *C. citrinus* (Curtis) Skeels. Предварительные анализы содержания суммы полифенолов определяли в надземных вегетативных органах *C. citrinus* и *C. viminalis* ‘Little John’ и ‘Hot pink’. Все растения произрастают на территории сочинского парка «Дендрарий». Образцы отбирали в динамике, в утренние часы с 8.00 до 9.00 ежемесячно (третья декада).

Лабораторные анализы выполнены на базе отдела физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН в трёхкратной повторности.

Определение суммарного содержания полифенолов проведено спектрофотометрическим методом [4]. Полифенолы экстрагировали из измельченной пробы 70%-ным раствором этанола при температуре 70 °С. Содержание полифенолов определяли колориметрическим методом с применением реактива Фолина-Чокалтеу, который содержит фосфорно-

вольфрамовую кислоту, восстанавливающуюся при взаимодействии с легко окисляющимися ОН-группами фенола. При этом образуется вольфрамовая синь, обладающая характерной полосой поглощения с максимумом 765 нм, придающая исследуемому раствору синий цвет. Несмотря на то, что реактив Фолина-Чокалтеу по-разному взаимодействует с различными полифенолами, использование галловой кислоты в качестве стандарта позволяет достоверно определить общее содержание полифенолов.

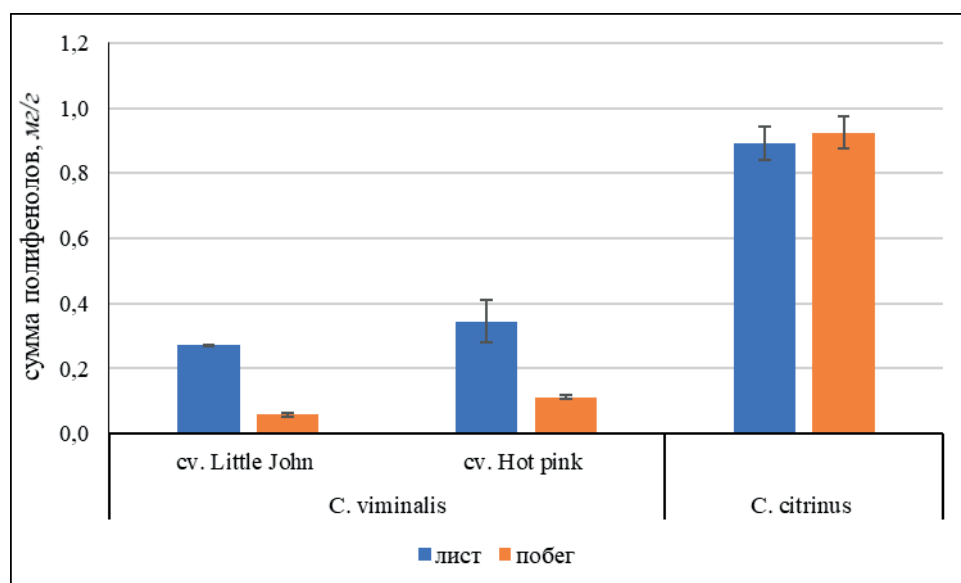
Количество танинов в надземных вегетативных органах (листья, побеги) оценивали по результатам классического титриметрического метода Левенталья в модификациях Курсанова – прямое титрование перманганатом калия с использованием в качестве индикатора индигосульфокислоты (ГОСТ 19885-74. Методы определения содержания танина и кофеина, 1974).

Статистическая обработка проведена методами корреляционного анализа с применением математического пакета программ MS Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Полифенолы (ПФ) представляют собой разнообразные и широко распространённые минорные биологически активные соединения растительного происхождения, образование которых характерно для всех тканей и клеток растений [2, 8, 16].

Предварительное определение суммы полифенолов, проведённое на растениях *C. viminalis* (Каллистемон сплетенный) ‘Little John’, ‘Hot pink’ и *C. citrinus* (К. лимонный), показало, что содержание суммы всех фенольных компонентов в листьях в 2,6–3,3 раза выше, чем в побегах (рис. 2). При этом, проявляются как видовые, так и сортовые особенности. Так, сумма полифенолов в надземных органах *C. citrinus* значительно, в 8,3–16,0 раза больше, чем в сортах вида *C. viminalis*. Сортные различия менее выражены, однако из представленного рисунка видно, что у ‘Little John’ полифенолов в 1,2–1,9 раза больше содержится, чем у сорта ‘Hot pink’ (рис. 2).

В полифенольный комплекс входит группа высокомолекулярных полифенолов – танинов, которые ещё называют дубильными веществами. Известно, что основным местом образования и локализации гидролизующих танинов являются клеточные стенки мезофилла листьев [11] и вакуоли [12], т. е. дубильные вещества образуются в листьях и оттуда проходят в клетки флоэмы проводящих пучков, по которым разносятся по всему растению. По мнению ряда исследователей, они способны и стимулировать, и подавлять ростовые процессы. Механизм действия танинов на рост растений пока не ясен, часто его связывают с воздействием на ауксиновый обмен.



**Рис. 2.** Содержание полифенолов в надземных вегетативных органах представителей рода *Callistemon* R. Br.

**Fig. 2.** The content of polyphenols in the aboveground vegetative organs of *Callistemon* R. Br. genus representatives

Для того, чтобы определить участие танинов в процессе укоренения, мы провели анализы по выявлению содержания этой фенольной группы в надземных вегетативных органах представителей рода *Callistemon* R. Br. Как видно из таблицы 1, у большинства видов каллистемона как и в случае с суммарным содержанием полифенолов, содержание танинов в листьях в 1,3–1,7 раза выше, чем в побегах (табл. 1). Исключение – виды *C. pallidus* и *C. coccineus*, у которых количество дубильных веществ в побегах выше в 1,3–1,6 раза, соответственно. Причём у видов *C. pallidus* содержание танинов существенно ниже в листьях, в то время как в побегах – выше остальных образцов. Отмечено, что у вида *C. coccineus* существенно более низкое количество танинов и в листьях, и в побегах (табл. 1). Отличительной особенностью вида *C. phoeniceus* является то, что он, в отличие от остальных образцов, накапливает максимальное количество танинов и в листьях, и в побегах. Анализ показал, что различия между видами в накоплении танинов существенны при 95%-ном уровне значимости.

Расчёт коэффициента вариации показал, что количество этой фенольной группы в надземных вегетативных органах каллистемона практически не изменяется с мая по август (находясь в пределах от 1 до 8 %, и только в побегах *C. viminalis* доходит до 12 %), что может служить видовым признаком.

**Таблица 1. Содержание танинов в надземных вегетативных органах представителей рода *Callistemon R. Br.***

**Table 1. The content of tannins in the aboveground vegetative organs of *Callistemon R. Br.* genus representatives**

Вид	Лист	V, %	Побеги	V, %
<i>C. linearifolius</i>	10,71 ±0,30	3	7,26 ±0,31	5
<i>C. pallidus</i>	7,95 ±0,32	4	10,02 ±0,31	3
<i>C. speciosus</i>	11,75 ±0,00	0	7,95 ±0,30	4
<i>C. phoeniceus</i>	13,48 ±0,35	3	10,71 ±0,30	3
<i>C. viminalis</i>	9,74 ±0,12	1	6,44 ±0,32	12
<i>C. rigidus</i>	8,64 ±0,32	4	7,26 ±0,32	5
<i>C. salignus</i>	9,33 ±0,33	4	7,95 ±0,35	4
<i>C. coccineus</i>	4,49 ±0,32	8	7,26 ±0,34	5
<i>C. citrinus</i>	9,68 ±0,35	4	5,73 ±0,30	6
НСР05	0,43		0,1	

**Выводы.** Таким образом, нами отмечено, что содержание суммы полифенолов в листьях каллистемона в 2,6–3,3 раза выше, чем в побегах. При этом чётко проявляются как видовые, так и сортовые особенности; однако сортовые различия менее выражены. У большинства видов каллистемона содержание дубильной группы фенолов в листьях в 1,3–1,7 раза выше, чем в побегах и различия между видами в накоплении танинов существенны при 95%-ном уровне значимости. В связи с тем, что вариабельность показателя не велика (от 1 до 8 %, и только в побегах *C. viminalis* доходит до 12 %) накопление танинов может быть видовым признаком, который можно будет использовать при оценке укореняемости вида.

В дальнейшем планируется более полно изучить динамику накопления танинов видами рода *Callistemon R. Br.* в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода и оценить их корреляцию с укореняемостью черенков.

Публикация подготовлена в рамках реализации  
ГЗ ФИЦ СЦ РАН № FGRW-2022-0012,  
рег. № 121120700353-5

#### Список литературы/References

1. Загоскина Н.В., Казанцева В.В., Фесенко А.Н., Широкова А.В. Накопление фенольных соединений на начальных этапах онтогенеза растений с различным уровнем плоидности (на примере *Fagopyrum esculentum*), Известия Российской академии наук. Се-



- рия биологическая. 2018; 2 : 191-199. [Zagoskina N.V., Kazantseva V.V., Fesenko A.N., Shirokova A.V. Accumulation of phenolic compounds at the initial stages of plant ontogenesis with different levels of ploidy (on the example of *Fagopyrum esculentum*), Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is biological. 2018; 2 : 191-199. (In Rus)]. DOI: 10.7868/S000233291802008X.
2. Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения: 56-е Тимирязевское чтение. Москва: Наука, 1996. [Prometov M.N. Phenolic compounds and their role in plant life: 56th Timiryazev reading. Moscow: Nauka, 1996. (In Rus)].
  3. Ригли Дж.У., Фагг М. Австралийские аборигенные растения. Краткое изд. Чатсвуд, NWS, Австралия: New Holland Publishers; 2007. [Wrigley J.W., Fagg M. Australian native plants. Brief ed. Chatswood, NWS, Australia: New Holland Publishers; 2007. (В пер. на рус.)]. ISBN: 0-7322-0021-0.
  4. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: 2004 : 94-95. [Guidelines on methods of quality control and safety of biologically active food additives. M.: 2004 : 94-95. (In Rus)].
  5. Рындин А.В., Келина А.В., Слепченко Н.А., Клемешова К.В. Перспективы импортозамещения в декоративном садоводстве субтропической зоны России, Субтропическое и декоративное садоводство. 2015; 55 : 19-26. [Ryndin A.V., Kelina A.V., Slepchenko N.A., Klemeshova K.V. Prospects of import substitution in decorative gardening of the subtropical zone of Russia, Subtropical and ornamental horticulture. 2015; 55 : 19-26. (In Rus)].
  6. Спенсер Р.Д., Ламли П.Ф. Каллистемон. Флора нового Южного Уэльса. 1991, 168-73. [Spencer R.D., Lumley P.F. Callistemon. Flora of New South Wales. 1991, 168-73. (В пер. на рус.)]. ISBN: 9780868401720.
  7. Abdelmalek E.M., Ramadan M.A., Darwish F.M. et al. Callistemon genus – a review on phytochemistry and biological activities, Med Chem Res. 2021; 30 : 1031-1055. DOI: 10.1007/s00044-021-02703-y.
  8. Cheynier V., Comte G., Davies K.M., Lattanzio V., Martens S. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology, Plant Physiology and Biochemistry. 2021; 72 : 1-20.
  9. Douglas S.M., Wilson P.G. Callistemon purpurascens: a new and threatened species from the Blue Mountains region, New South Wales, Australia, Telopea. 2015; 18 : 265-272. DOI: 10.7751/telopea8562.
  10. Goyal P.K., Jain R., Jain S., Sharma A. A Review on biological and phytochemical investigation of plant genus Callistimon, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2012; 2(3) : 1906-1909.
  11. Grundhöfer P., Niemetz R., Schilling G., Gross G.G. Biosynthesis and subcellular distribution of hydrolyzable tannins, Phytochemistry. 2001; 57: 915-927.
  12. Hassanpour S., Maherisis N., Eshratkhah B. Plants and secondary metabolites Tannins): A Review, International Journal of Forest, Soil and Erosion. 2011; 1: 47-53.
  13. Kumar A., Kaur R., Thind T.Si., Arora R., Kaur P., Arora S. *In vitro* antioxidative potential of extracts from callistemon lanceolatus Sweet. and Eucalyptus lanceolata Labill., Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2015; 4(10) : 316-324.
  14. Larayetan R.A., Okoh O.O., Sadimenko A., Okoh A.I. Terpene constituents of the aerial parts, phenolic content, antibacterial potential, free radical scavenging and antioxidant activity of Callistemon citrinus (Curtis) Skeels (Myrtaceae) from Eastern Cape Province of South Africa, BMC Complementary and Alternative Medicine. 2017; 17: 292. DOI: 10.1186/s12906-017-1804-2.
  15. Oyedeji O.O., Lawal O.A., Shode F.O, Oyedeji A.O. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oils of Callistemon citrinus and Callistemon viminalis from South Africa, Molecules. 2009; 14(6) : 1990-1998.

16. Saltveit M.E. Synthesis and metabolism of phenolic compounds. Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell, 2017, 1488.
17. Udovicic F., Spencer R.D. New combinations in *Callistemon* (Myrtaceae), *Muelleria*. 2012; 30 : 23-25.
18. WFO Plant List, 2023. URL: <http://www.worldfloraonline.org> (ссылка активна на 20.07.2023).
19. Wrigley J., Fagg M. Bottlebrushes, paperbarks and tea trees. Australia: Angus & Robertson; First Edition, 1993, 352. ISBN: 978-0207168673.

**SPECIFICS OF TANNIN CONTENT  
IN THE ABOVEGROUND VEGETATIVE ORGANS  
OF *CALLISTEMON* R. BR. GENUS REPRESENTATIVES**

**Mirnaya Ye.V.<sup>1</sup>, Belous O.G.<sup>1</sup>, Soltani G.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre  
of the Russian Academy of Sciences,  
Sochi, Russia, e-mail: zhuravleva.cvet@mail.ru*

<sup>2</sup> *“Sochi National Park”,  
Sochi, Russia, e-mail: soltany2004@yandex.ru*

*Belous O.G. orcid.org/ 0000-0001-5613-7215*

Callistemon, or scarlet bottlebrush, is a genus of evergreen shrubs, which, due to their decorative nature, are in demand among the city's gardeners. Callistemones can be propagated both by seeds and semi-woody cuttings. However, in order to preserve the desired characteristics of a particular plant, it is necessary to use vegetative reproduction. During callistemon cutting, there was a problem associated with determining the term of cutting the stalks for rooting, as well as a problem with increasing the yield of rooted cuttings. To solve this issue, it is necessary to establish the species specificity and dynamics of phenolic components accumulation in vegetative aboveground organs with a subsequent assessment of phenol content. We have determined that the content of all phenolic components in the leaves is 2.6–3.3 times higher than in the shoots. At the same time, both species and varietal features are manifested. Analyses on tannin accumulation in the aboveground vegetative organs of representatives of the genus *Callistemon* R. Br. showed that in most species the tannin content in leaves is 1.3–1.7 times higher than in shoots. However, in the species *C. pallidus* and *C. coccineus* the amount of tannins in the shoots is 1.3–1.6 times higher, respectively. A distinctive feature of *C. phoeniceus* species is the maximum accumulation of tannins in both leaves and shoots. The amount of this phenolic group in the aboveground vegetative organs of callistemon practically does not change from May to August (being in the redistribution from 1 to 8 %, and only in the shoots of *C. viminalis* it reaches 12 %), which can serve as a species sign.

**Key words:** callistemon, leaves, shoots, rooting, polyphenols, tannins.