

СПб: Мир и семья, 1995. – 992 с.

15. Шульгина В.В. Род Таволга – *Spiraea* L. // Деревья и кустарники СССР / Под ред. С.Я. Соколова. Т. 3. – М. – Л.: Издательство АН СССР, 1954. – С. 286 – 332.

Статья поступила в редакцию 10.04.2019 г.

Smirnova A.N., Punegov V.V., Zainullina K.S. About the content of flavonols in leaves of some species of *Spiraea* in the North (Republic of Komi) // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 134. – P. 61-67.

For the first time the content of flavonols in the leaves of *Spiraea* plants introduced in the Botanical garden and in the leaves of one sample of the wild species *Spiraea media* in the North (Komi Republic) was determined. The total content of flavonols among the species of *Spiraea* varies from 1.8% to 5.7%. The widespread Eurasian species of *Spiraea media* has high flavonols content – from 4.8 to 5.1% in the introduced sample and lower in the local sample – 3.5%. *Spiraea* species can be a raw source of flavonols.

Key words: *Spiraea*; introduction; flavonols; spectrophotometry; Republic of Komi

УДК 581.466:58.087

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-67-72

КОМПЛЕКСЫ СВЯЗАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЗНАКОВ ОРГАНОВ *BETONICA OFFICINALIS* L. КАК МАРКЕРЫ ДЛЯ ПОИСКА РАСТЕНИЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Виталий Владимирович Мориллов¹, Сергей Иосифович Неуймин¹,
Симха Иделевич Кацман²

¹Ботанический сад Уральского отделения РАН
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а
E-mail: sergneu@mail.ru; morilov@eka-net.ru

²ФГАУ ВПО УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
E-mail: simha.katsman@mail.ru

Проанализирована изменчивость комплексов связанных элементов морфологических признаков соцветий и содержание дубильных веществ у растений *Betonica officinalis* L. (буквица лекарственная) на территории Южного и Среднего Урала. Установлено, что на Южном и Среднем Урале изменчивость морфологических и биохимических признаков *Betonica officinalis* L. имеет согласованный зональный характер. Показано, что на основе анализа комплекса связанных элементов признаков соцветий у буквицы лекарственной в природных популяциях можно прогнозировать содержание дубильных веществ.

Ключевые слова: буквица лекарственная; морфологический признак; дубильные вещества; изменчивость; Южный Урал; Средний Урал

Введение

Традиционным и очень популярным направлением ботанических исследований является изучение внутривидовой изменчивости на основе статистического анализа результатов измерений количественных признаков вегетативных и репродуктивных органов растений. Однако достаточно редко при этом исследуется изменчивость сочетаний признаков, в том числе субпризнаков отдельно взятого органа. Следует также отметить, что внутривидовая изменчивость многих видов до сих пор изучена крайне слабо. Среди травянистых растений одним из таких малоизученных видов является буквица лекарственная (*Betonica officinalis* L.) (*Stachys officinalis* (L.) Trevis.).

Буквица лекарственная имеет множество фармакологических свойств, обусловленных наличием в ней дубильных веществ, эфирных масел, витамина С и ряда других групп активных биоорганических соединений. Основными соединениями вторичного происхождения у *Betonica officinalis* L. являются дубильные вещества. Согласно литературным данным их содержание в сухом остатке составляет от 5% до 20 – 30%. Это позволяет рассматривать данный вид как альтернативный источник получения дубильных веществ, в том числе на территории Уральского региона.

Во Франции, Италии, Белоруссии буквица лекарственная входит в национальные фармакопеи, в России рассматривается пока лишь только как перспективный вид для введения в государственную фармакопею, в силу чего в российской части ареала её изменчивость не изучена.

На территории Южного и Среднего Урала вид *Betonica officinalis* L. находится вблизи северо-восточной (Северный Урал – Западная Сибирь) границы ареала, охватывающего почти всю территорию Европы (кроме ее северной части) [2]. В Южной Европе выделено несколько различных подвидов и разновидностей [3, 8, 11, 12]. Однако на территории России в природных местообитаниях отсутствуют какие-либо исследования изменчивости сочетаний («комплексов связанных элементов») [9] морфологических признаков отдельных органов буквицы лекарственной.

Целью настоящей работы является поиск на Южном и Среднем Урале форм растений *Betonica officinalis* L. перспективных для промышленного получения дубильных веществ.

Объекты и методы исследования

Материалом для исследований были растения *Betonica officinalis* L., собранные на территории Южного и Среднего Урала на 20 пробных площадях, 13 из которых находились в таежной природной зоне, а 7 – в лесостепной (рис. 1). На каждой пробной площади выбрано 25-30 особей, всего проанализировано более 500 особей.



Рис. 1 Географическое положение пробных площадей *Betonica officinalis* (Т – территория таежной зоны, Л – территория лесостепной зоны)

Цветки *Betonica officinalis* L. собраны в сложные соцветия, называемые тирсами. Тирсы состоят из нескольких ложных мутовок, каждая из которых представлена двумя дихазиями. Дихазии нами описывались по комплексам связанных элементов (КСЭ) [9] семи признаков, представляющих собой геометрические параметры ортогональной проекции дихазия на плоскость, перпендикулярную лучу зрения наблюдателя (плоскость наблюдения). При этом луч зрения наблюдателя был перпендикулярен как оси соцветия, так и прямой, проходящей через центры дихазиев самой нижней ложной мутовки. Измеряемые признаки дихазиев следующие: a_i – площадь проекции; b_i – периметр проекции; c_i – максимальная длина проекции (длинная ось); d_i – максимальная ширина проекции в направлении, перпендикулярном длинной оси; e_i – средняя длина проекции; f_i – расстояние между центрами проекций дихазиев соседних ложных мутовок; g_i – длина проекции, измеренная вдоль перпендикуляра к оси соцветия, где i – номер дихазия. Измерение морфологических признаков проводилось для каждого растения в отдельности.

Для изучения изменчивости совокупностей признаков дихазиев применены новые подходы к анализу сочетаний признаков: «Результирующий показатель системы сжимающих отображений» (Pn ССО), [4, 9] «числовой Идентификатор» [10].

В естественных условиях и на анализирующем фоне в растениях *Betonica officinalis* L. было определено содержание дубильных веществ перманганатометрическим методом Левентала в модификации Курсанова [1].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования новыми подходами КСЭ выявлены различия по сочетаниям признаков дихазиев соцветий *Betonica officinalis* L. таежной и лесостепной зон произрастания.

По значениям Pn ССО, полученным при формализации совокупностей значений признаков дихазиев соцветий лесостепных и таежных растений *Betonica officinalis* L., построен спектр. Два типичных фрагмента из левой и правой частей спектра изображены на рис. 2.

В левой части спектра, где значения частот Pn ССО соцветий ниже средневыворочного, расположены лесостепные растения, а в правой, где значения частот Pn ССО соцветий выше средневыворочного, преобладают таежные растения. То есть, по значениям результирующего показателя лесостепные и таежные растения отличаются друг от друга. Анализ частот Pn ССО позволил дифференцировать разнообразие буквицы по комплексу признаков и выделить две формы – таежную и лесостепную.

Как видно на рис. 2, таежные и лесостепные растения отличаются позициями частот Pn ССО и диапазоном этих значений. В частности, диапазон значений Pn ССО соцветий лесостепных растений шире и составляет от 400 до 575, а значения Pn ССО соцветий таежных растений находятся в интервале от 420 до 575.

На дендрограмме сходства частот Pn ССО (рис. 3) отчетливо выделяются два кластера с евклидовым расстоянием в 0,040. Одному кластеру принадлежат таежные пробные площади, а другому кластеру – лесостепные. При этом частоты Pn ССО соцветий коррелируют с другими измеренными нами признаками соцветий, а также с признаками других органов растений, что подтверждает значимость величины результирующего показателя для таежной и лесостепной форм *Betonica officinalis* L.

Новые подходы позволили выявить дифференцирующие признаки соцветий. Оказалось, что наибольший вклад в дифференциацию соцветий *Betonica officinalis* L. вносят такие признаки, как a_i (площадь проекции дихазия) и f_i (расстояние между центрами проекций дихазиев соседних ложных мутовок).

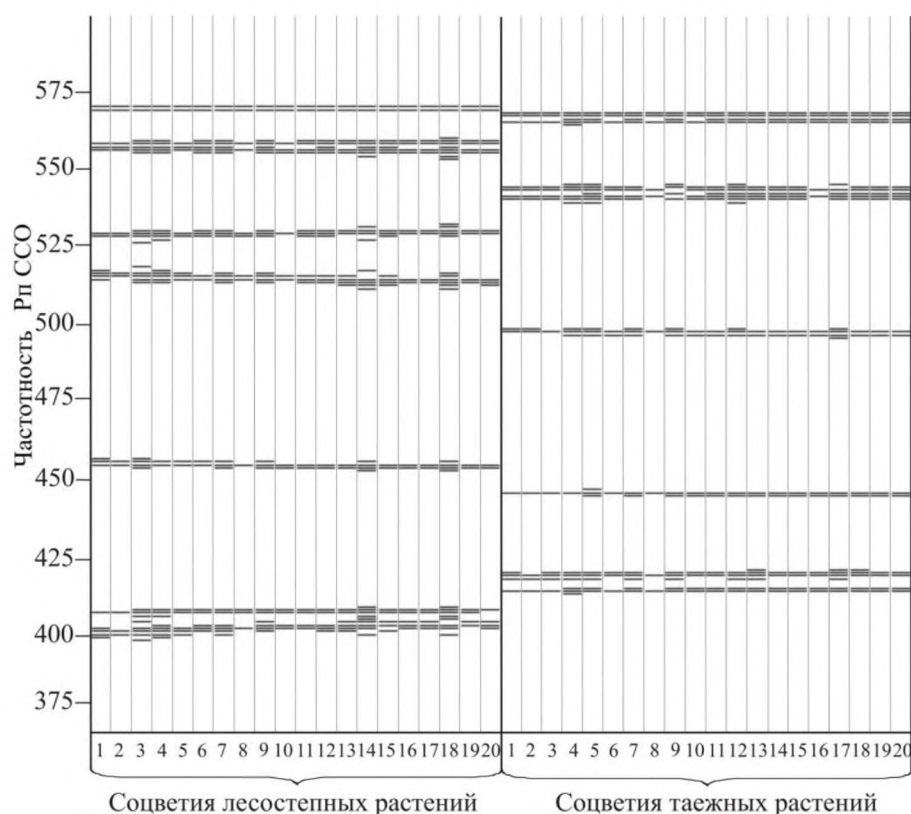


Рис. 2 Диапазон изменчивости комплексов связанных элементов признаков дихазиев соцветий *Betonica officinalis* L., выраженных через P_n CCO

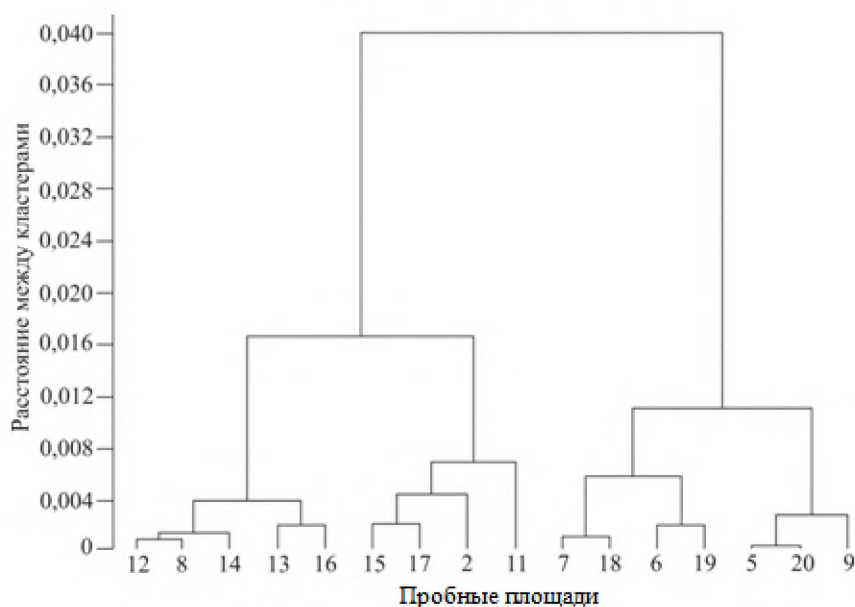


Рис. 3 Дендрограмма сходства комплексов связанных элементов соцветий *Betonica officinalis* L., выраженных через P_n CCO на различных пробных площадях (Евклидово расстояние (ED), метод кластеризации – невзвешенного попарного среднего (UPGMA))

При изучении накопления дубильных веществ в листьях растений *Betonica officinalis* L. в таежной и лесостепной зонах Южного и Среднего Урала также был обнаружен зональный характер изменчивости. В течение одного года таежные растения

накапливают меньше дубильных веществ, чем лесостепные. Например, в 2011 г. среднее значение содержания дубильных веществ в листьях растений таежных пробных площадях составляло $5,28 \pm 0,13$ %, а в листьях растений лесостепных пробных площадях $6,37 \pm 0,28$ % ($N = 225$; $t = 3,92$; $p < 0,05$).

Получается, что для растений каждой из зон произрастания характерны определенное содержание дубильных веществ и сочетание КСЭ признаков соцветий. По сочетанию признаков соцветий, выраженного в виде определенного набора частот Pn ССО можно судить о накоплении дубильных веществ растениями *Betonica officinalis* L., то есть использовать его как маркер для прогноза их содержания. Вероятно, согласованный зональный характер изменчивости морфологических и биохимических признаков *Betonica officinalis* L. на Южном и Среднем Урале имеет адаптивное значение при произрастании вида в экологических условиях таежной и лесостепной зон.

Таким образом, на Южном и Среднем Урале в природных местообитаниях обнаружена связь между комплексами связанных элементов признаков соцветий и содержанием в растениях *Betonica officinalis* L. дубильных веществ. Лесостепная форма *Betonica officinalis* L. характеризуется наибольшим содержанием дубильных веществ и для нее характерно определенное сочетание признаков соцветий, которое может быть выражено в виде специфического набора частот Pn ССО.

Работа выполнена в рамках госзадания АААА-А17-117072810010-4
Ботанического сада УрО РАН

Список литературы

1. Государственная фармакопея СССР: Вып. 1. Общие методы анализа / МЗ СССР. 11-е изд. – М.: Медицина, 1987. – 335 с.
2. Кнорринг О.Э. Буквица – *Betonica* L. // Флора СССР. Т. 21. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 237–242.
3. Мельников Д.Г. Состояние и перспективы изучения семейства яснотковые в Удмуртии // Вестн. Удмуртского уни-та. – 2001. – № 7. – С. 106–124.
4. Неуймин С.И. Система изменчивости эфиопской пшеницы (*Triticum aethiopicum* Jakubz.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. И. Неуймин. – Л., 1991. – 20 с.
5. Неуймин С.И., Кацман С.И. Математическая модель анализа комплекса связанных элементов в биологических системах // Математическая биология и биоинформатика: VI Международная конференция, г. Пущино, 16–21 октября 2016 г.: Доклады / Под ред. В.Д. Лахно. – С. 72–73.
6. Неуймин С.И., Шавнин С.А., Монтиле А.И. Модель сжатия совокупности эпигенетических признаков растений в виде интегрального показателя // Математическая биология и биоинформатика. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 154–159.
7. Широких П.С. Сравнение эффективности оценок экологических условий лесов Южно-Уральского региона при использовании различных экологических шкал // Аграрная Россия. – 2009. – № 5. – С. 72–73.
8. Magalhães M.R. Plano Verde do Concelho de Sintra – 1ª fase. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos de Arquitectura Paisagista, 2005. – 211 p.
9. Neuymin S.I., Katsman S. I. The structural and mathematical analysis of complexes of systems of the connected elements of indicition in biological systems // XV International academic congress «Fundamental and applied studies in the modern world». – 2016. – P. 239–253.
10. Neuymin S.I., Temirbekova S.K., Montile A.A. Variability of elementary frequency characteristics of radical index in the system of contracted reflected in classification of wheat grass types // Proceedings of the XVII International Academic

Congress "History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization" (Japan, Tokyo, 25-27 January 2016). "Tokyo University Press", 2016. – P. 257–270.

11. *Plano de Ordenamento do Parque Natural da Arrábida*, 1ª fase – Estudos de Caracterização. Setúbal, 2000. – 127 p.

12. *Teles R.J.R.* Caracterizacao da flora e vegetacao do vale da rabeira de almoster. Évora, 2005. – 151 p.

Статья поступила в редакцию 27.03.2019 г.

Morilov V.V., Neuimin S.I., Katsman S.I. Complexes of related elements of features of organs of *Betonica officinalis* L. as markers for searching for plants with high content of tannins // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 134. – P. 67-72.

The variability of complexes of related elements of morphological characteristics and the content of tannins in plants of *Betonica officinalis* L. on the territory of the Southern and Middle Urals was analyzed. It has been established that the variability of morphological and biochemical characteristics of *Betonica officinalis* L. has a coordinated zonal character in the Southern and Middle Urals. It is shown that, based on the analysis of complexes of related elements of flower characteristics in *Betonica officinalis* L., the content of tannins can be predicted in natural populations.

Key words: *Betonica officinalis*; morphological characteristic; tannins; variability; Southern Ural; Middle Ural

ЭКОЛОГИЯ

УДК 634.10:679.64

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-72-80

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ

**Николай Иванович Клименко, Ольга Евгеньевна Клименко,
Анатолий Иванович Попов**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: olga.gnbs@mail.ru

Изучено влияние микробных препаратов (МП) на рост и состояние саженцев яблони (*Malus domestica* Borkh.) и режим элементов питания в почве плодового питомника на двух сортах: Голден Делишес и Ренет Симиренко на подвое ЕМ-IX. Установлено, что примененные МП положительно воздействовали на рост, состояние подвоев, приживаемость глазков привоя и степень их зимостойкости. Установлено стимулирующее влияние МП на рост и выход привитых саженцев яблони. В ризосфере саженцев улучшаются условия питания, возрастает содержание подвижных форм элементов питания. Показана индивидуальная реакция сорта на взаимодействие с интродуцированными бактериями.

Ключевые слова: микробные препараты; Азотобактерин; Комплекс микробных препаратов; плодовой питомник; саженцы яблони; свойства почвы

Введение

В агроэкосистеме плодового питомника происходит значительное расходование элементов минерального питания из почвы и интенсивное механическое воздействие. При выкопке посадочного материала из почвы отчуждается до 10 т/га плодородного мелкозема [13]. Для пополнения запаса подвижных форм питательных веществ была