

УДК 581.9(543.64)

СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ В ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

© 2025 Л. А. Федина*, О. Г. Зорикова, С. К. Малышева, М. В. Маслов

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

* e-mail: triton.54@mail.ru

Поступила в редакцию 26.03.2025

После доработки 16.07.2025

Принята к публикации 17.09.2025

Во флоре Уссурийского заповедника им. В. Л. Комарова (Приморский край) выявлены два вида травянистых многолетников с белоцветковыми формами: *Dictamnus dasycarpus* Turcz. (ясенец мохнатоплодный) и *Primula patens* (Turcz.) E. Busch (первоцвет отклоненный). На заповедной территории были проведены многолетние (2005—2024 гг.) мониторинговые флористические наблюдения, которые показали, что ценопопуляция *Corydalis buschii* Nakai (хохлатка Буша) с белоцветковыми формами всех онтогенетических возрастов стабильна и территориально расширяется. Установлено, что растения светлоокрашенной формы *Corydalis buschii* ежегодно цветут и плодоносят, одновременно с растениями типичной для этого вида малиновой окраской цветков. Проведено исследование содержания антоцианов в цветках темно- и светлоокрашенных форм азиатских видов сосудистых растений: *Dictamnus dasycarpus*, *Corydalis buschii*, *Primula patens*, *Weigela praecox* (Lemoine) Bailey (вейгела ранняя). Приводится сравнительный анализ количественного содержания антоцианов в цветках различной интенсивности окраски. Наибольшие различия в количестве пигментов в цветках различной окраски отмечены для *Corydalis buschii*. В фотосинтезирующих органах растений *Corydalis buschii* также установлена существенная разница по данному параметру. У *Weigela praecox* антоцианы различаются не только по количеству, но и по качественному составу.

Ключевые слова: антоцианы, пигменты, белоцветковые формы, сосудистые растения, Приморский край

DOI: 10.7868/S3034572325040091

Актуальным направлением в декоративном садоводстве является получение новых сортов с необычной окраской цветков. Основой для селекции служит цветовая палитра растений природной флоры, которая характеризуется большим разнообразием. В последнее время в природной флоре встречается все больше растений с нетипичной для данного вида окраской лепестков венчика, в том числе и с белоцветковыми формами [1, 2]. Белоцветковые формы широко распространены среди садовых растений семейств: Rosaceae (розовые), Caryophyllaceae (гвоздичные), Campanulaceae (колокольчиковые), Liliaceae (лилейные). Такие растения находят широкое применение в хозяйственных целях, в том числе в благоустройстве населенных пунктов, в создании цветников, альпийских горок, ландшафтных композиций [3—5]. Ранее (1994—2014 гг.) нами выявлено наличие белоцветковых форм у сосудистых растений из флоры Уссурийского заповедника: *Rhaponticum*

uniflorum (L.) DC. — рапунтик одноцветковый (Asteraceae), *Plagiorhegma dubia* Maxim. — косоплодник сомнительный (Berberidaceae), *Asyneuma japonicum* (Miq.) Briq. — свободноцветка японская (Campanulaceae), *Campanula cephalotes* Nakai — колокольчик головковый (Campanulaceae) и др. [6—8].

Обширной группой растительных пигментов, придающих различную окраску лепесткам цветка, являются антоцианы. Эти соединения являются водорастворимыми пигментами, обуславливающими красные, фиолетовые и синие цвета органов растений. Антоцианы относятся к группе флавоноидов и наряду с хлорофиллом и каротиноидами являются основными красящими веществами растений. На количество антоцианов в растениях также могут оказывать влияние температура, минеральное питание, водный режим [9]. Некоторые мутации генов приводят к полному или частично-

му отсутствию антоцианов в растении, вследствие чего появляются формы с разнообразной окраской вегетативных и генеративных органов, отличающиеся по качественному и количественному составу антоцианов [10, 11].

Цель исследования — выявление в природной флоре белоцветковых форм декоративных растений и определение содержания антоцианов в цветках их темно- и светлоокрашенных форм.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для количественного анализа антоцианов растения с цветками различной окраски собраны в Уссурийском заповеднике им. В. Л. Комарова и в дендрарии Горнотажной станции ДВО РАН (с. Горнотажное, Уссурийский городской округ).

Количественное определение суммарного содержания антоцианов проводили прямым спектрофотометрическим методом [12]. Около 0.5 г (точная навеска) цветков переносили в колбу, добавляли 100 мл 1 %-ного раствора HCl в 50 %-ном EtOH [13], выдерживали на водяной бане при $T = 45^\circ\text{C}$ в течение 15 мин. Извлечение фильтровали (фильтр ООО «Мелиор XXI» красная лента, $d = 9$ см) в мерную колбу (250 мл). Фильтр с сырьем переносили в рабочую колбу и повторяли экстрагирование указанным методом. Объем объединенных извлечений после охлаждения доводили до метки 1 %-ным этанольным раствором HCl. Оптическую плотность фильтрата определяли на спектрофотометре СФ-56 (ОКБ «Спектр», Россия) при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали 1 %-ный раствор HCl в 50 %-ном EtOH. Суммарное содержание антоцианов определяли в трех аналитических повторностях и рассчитывали в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид (Baoji Herbest Bio-Tech Co, Ltd., Китай; Purity HPLC $\geq 98\%$) в абсолютно сухом сырье.

Для определения суммарного содержания антоцианов методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) использовали стеклянные камеры цилиндрической формы высотой 20 см и диаметром 15 см, микрошприц Hamilton, пластины марки Sorbfil ПТСХ-П-А; элюент: этилацетат (ХЧ «Лабтех», Россия), уксусная кислота (ЧДА, «ХимКрафт», Россия), вода очищенная (4.6:1:1). Разделение осуществляли восходящим способом. Извлечения антоцианов перед хроматографическим разделением разбавляли этанолом в соотношении 1:10, объем нанесенной пробы

5 мкл. Хроматографическое разделение проводили в течение 90 мин. Затем пластину с отдельными зонами антоцианов вынимали из камеры, сушили на воздухе, рассматривали в проходящем свете, отмечая количество и цвет пятен, рассчитывали коэффициент подвижности R_f каждой зоны, как отношение расстояния от центра пятна к расстоянию, пройденному растворителем. Цветовые координаты извлечений антоцианов определяли с помощью аддитивной цветовой модели кодирования цвета RGB [14]. Статистические результаты анализа представлены в виде средних арифметических значений с указанием среднеквадратичных отклонений σ . Названия растений приведены по сводке «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» [15] с учетом данных IPNI [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе флористических исследований в Уссурийском заповеднике им. В. Л. Комарова и в дендрарии Горно-таежной станции ДВО РАН нами обнаружены белоцветковые формы *Dictamnus dasycarpus* Turcz. (ясенец мохнатоплодный), *Primula patens* (Turcz.) E. Busch (первоцвет отклоненный) и *Weigela praecox* (Lemoine) Bailey (вейгела ранняя). Продолжены наблюдения за ранее найденной в Уссурийском заповеднике популяцией *Corydalis buschii* Nakai (хохлатка Буша), где произрастают растения с различной окраской цветков, в том числе и белоцветковые особи.

Corydalis buschii Nakai — хохлатка Буша (Fumariaceae). В Уссурийском заповеднике вид растет в долинных ильмовниках и ясеневниках, встречается нередко, цветет в апреле–мае. Многолетнее эфемероидное травянистое растение до 25 см высотой, корневище утолщенное, цветки ярко-розовые, соцветие рыхлое, шпорцы короткие [17]. В Российской Федерации произрастает только в Приморском крае [18]. Впервые в 2005 г., а затем и во все последующие годы наблюдений, в популяциях хохлатки Буша нами были обнаружены растения с белыми цветками (рис. 1).

Мониторинговые исследования, проведенные в 2024 г. показали, что площадь ценопопуляции *C. buschii* с белыми цветками значительно увеличилась с 4 до 25 м². В первые годы (2005–2012 гг.) наблюдений в этом месте преобладали особи с обычной окраской цветков. В настоящее время белоцветковые формы *C. buschii* стали фоновыми в этом единственном местонахождении на заповедной территории.



Рис. 1. *Corydalis buschii* с белыми цветками (Уссурийский заповедник, ключ Покорский, 13.05.2024). Фото М. В. Маслова
Fig. 1. *Corydalis buschii* with white flowers (Ussuriysky Nature Reserve, Pokorsky Key, 13.05.2024). Photo by M. V. Maslova

Dictamnus dasycarpus Turcz. — ясенец мохнато-плодный (Rutaceae), многолетнее травянистое растение до 60(80) см высотой, толсто-длиннокорневищный поликарпик, цветочная кисть крупная до 20 см с ярко-розовыми или сиреневыми с пурпурными жилками цветками [17]. Степной (лесостепной) вид. В Уссурийском заповеднике *D. dasycarpus* произрастает: гора Змеиная, северный склон у кордона, водораздел нижнего течения рек Комаровская падь и Комаровка, кедрово-широколиственные леса, дубняки, скалы; встречается редко, цветет в июне. Растения данного вида с белыми цветками впервые обнаружены: гора Змеиная, Уссурийский заповедник, 06.06.2022. В последующие годы белоцветковые особи *D. dasycarpus* отмечены в окрестностях с. Горно-Тажное Уссурийского городского округа.

Primula patens (Turcz.) E. Busch — первоцвет отклоненный (Primulaceae), многолетнее травянистое растение до 40 см высотой, короткокорневищно-кистекорневой поликарпик. Цветочные стрелки тонкие, густо опушенные, цветки красновато-фиолетовые. Один из наиболее декоративных первоцветов на Дальнем Востоке. Произрастает на сырых лугах, среди прибрежных кустов, в поймах рек. Лесной (неморально-лесной) вид. В Уссурийском заповеднике им. В. Л. Комарова малочисленная популяция этого многолетника отмечена на разнотравном лугу в Комаровском лесничестве, в пойме р. Каменки. Единичные экземпляры *P. patens* с белыми цветками зафиксированы в этом местонахождении в июне 2022 г.

Weigela praecox (Lemoine) Bailey — вейгела ранняя (Caprifoliaceae), летне-зеленый кустарник до 2.5 м высотой, цветки красные или розовые и, как исключение, белые [17]. В Российской Федерации естественно произрастает только в Приморском крае, преимущественно в его юго-западной части [18]. Растет одиночно и группами в смешанных или широколиственных лесах, на каменистых склонах, у скал, в долинах и по берегам рек. Охраняется в заповеднике «Кедровая падь». В Уссурийском заповеднике им. В. Л. Комарова не произрастает. *W. praecox* высоко декоративна, благодаря обильному цветению, поэтому широко распространена в культуре. Растения *W. praecox* с цветками белой окраски обнаружены в посадках на экспозиционных участках дендрария Горно-Тажной станции ДВО РАН.

Сравнительный спектрофотометрический анализ содержания антоцианов в цветках различной окраски показал, что их количество в белоцветковых формах исследованных растений значительно ниже, чем в обычно окрашенных (табл. 1).

Таблица 1. Содержание антоцианов в цветках *Dictamnus dasycarpus*, *Weigela praecox* и *Primula patens* ($\bar{x} \pm \sigma$), мг/г
Table 1. Anthocyanin content in flowers of *Dictamnus dasycarpus*, *Weigela praecox* and *Primula patens*, ($\bar{x} \pm \sigma$), mg/g

Вид / Species	Содержание антоцианов, мг/г Anthocyanin content, mg/g	
	Темноокрашенные цветки Dark-colored flowers	Светлоокрашенные цветки Light-colored flowers
Ясенец мохнатоплодный <i>Dictamnus dasycarpus</i>	31.6 ± 0.9	21.6 ± 0.5
Вейгела ранняя <i>Weigela praecox</i>	63.7 ± 0.4	13.3 ± 0.2
Первоцвет отклоненный <i>Primula patens</i>	59.9 ± 0.8	27.0 ± 0.6

Примечание. Приведены среднее значение и стандартное отклонение.
Note. Are given mean value and standard deviation.

Качественный состав для растений одного и того же вида, как правило, одинаков, что определяет однотипную окраску их цветков, при этом интенсивность цвета зависит от количественного содержания антоцианов. Было отмечено, что для извлечений из цветков *Dictamnus dasycarpus*, *Corydalis buschii* и *Primula patens* видовое постоянство цвета сохранялось, различаясь в интенсивности. В вытяжках из цветков *Weigela praecox* наблюдали различия не только в интенсивности окраски, но и изменения цвета: для темноокрашенной формы координаты цвета извлечения в системе RGB определили как 219, 44, 85, для светлой — 240, 129, 183. Наблюдаемое расхождение позволяет предположить качественные различия в составе антоцианов, что вызвало необходимость хроматографического анализа (методом восходящей ТСХ) антоцианов обеих форм *W. praecox*. В результате проведенного разделения антоцианов *W. praecox* было отмечено для темноокрашенной формы наличие 7 цветных зон, для светлоокрашенной — 5. При этом пятна с одинаковым R_f различались величиной и интенсивностью цвета, что свидетельствует о разнице в количестве антоцианов (табл. 2). Учитывая, что цвет антоциановых пигментов определяется их строением, можно предположить, что антоцианы извлечений из цветков *W. praecox* имеют в основе различные структуры антоцианидинов [19].

Таблица 2. Характеристика антоцианов *Weigela praecox* со светло- и темноокрашенными цветками

Table 2. Characteristics of anthocyanins in *Weigela praecox* with light- and dark-colored flowers

Цвет пятна Spot color	R_f	
	Темноокрашенные цветки Dark-colored flowers	Светлоокрашенные цветки Light-colored flowers
Синее / Blue	0.17	
Синее / Blue	0.26	—
Темно- лиловое Dark-purple	0.36	
Лиловое / Purple	0.55	
Лиловое / Purple	0.63	—
Розовое / Pink	0.71	
Лиловое / Purple	0.81	

Примечание: прочерк — отсутствие антоциана с данным R_f .
Note: dash means the absence of anthocyanin with the specific R_f .

Ценопопуляция с разноокрашенными формами *Corydalis buschii* в Уссурийском заповеднике является единственной. Поэтому данный вид исследовали более подробно. Выборку растений этого вида брали из трех точек. Пробы отбирали из куртины 1, где рядом произрастали особи *C. buschii* с малиновой окраской цветков (1А) и белоцветковые формы (1Б); из отдельно растущих малиновоцветковой (2А) и белоцветковой (2Б) куртин. Результаты анализа, показали, что содержание антоцианов в темноокрашенных цветках *C. buschii* превышает аналогичные показатели светлоокрашенных форм более чем в четыре раза (4.86). Исследование фотосинтезирующих частей растения выявило наличие антоцианов в указанных органах, причем концентрация соединений была значительно меньше в сравнении с цветками (табл. 3).

Так для темноокрашенных (А) форм *C. buschii* в случае образца 1 содержание антоцианов в цветках превышает их показатель в фотосинтезирующих органах в 11.72 раза и в 13.8 раза в случае образца 2. Для белоцветковых форм (Б) отмечается не настолько значительное превышение антоцианов в цветках — в 4.8 раза для пробы 1 и 3.9 раза для пробы 2. Рассматривая содержание антоцианов в темных и светлых цветках у растений, произрастающих рядом (1) и отдельно (2), можно отметить, что превышение указанного параметра в темных цветках (1А) превышает аналогичный параметр у особей со светлоокрашенными цветками (1Б) в 4.43 раза и в 4.96 раза в пробах куртин 2А и 2Б. Для хлорофилл-содержащих органов разница содержания антоцианов в темных и светлых цветках составляет 1.8 раза в случае пробы 1 (А → Б) и 1.4 раза для пробы 2 (А → Б).

Качественный состав смеси антоцианов для растений одного и того же вида, как правило, одинаков, что определяет одинаковый цвет извлечений, при этом интенсивность цвета зависит от количества соединений. Для извлечений, полученных из цветков и листьев *C. buschii* при равном разведении, были отмечены изменения цвета антоцианов. Проведенная кодировка цвета в системе RGB (табл. 4) для приведенных проб показала выраженную разницу в цветовых координатах между пробами цветков и фотосинтезирующих органов, как в случае растений темноокрашенных цветков, так и в случае белоцветковых.

При рассмотрении координат цвета, можно отметить, разделение показателей в зависимости от исследуемой части растений, независимо от сте-

Таблица 3. Содержание антоцианов в цветках и фотосинтезирующих органах *Corydalis buschii*, ($\bar{x} \pm \sigma$), мг/г
Table 3. Anthocyanin content in the flowers and photosynthetic organs of *Corydalis buschii*, ($\bar{x} \pm \sigma$), mg/g

Часть/орган растения Part/organ of plant	Содержание антоцианов, мг/г Anthocyanin content, mg/g			
	Темноокрашенная форма dark-colored form		Светлоокрашенная форма light-colored form	
Цветки / Flowers	1А	54.1 \pm 0.7	1Б	12.2 \pm 0.6
Цветки / Flowers	2А	59.4 \pm 0.8	2Б	12.0 \pm 0.2
Фотосинтезирующие органы Photosynthetic organs	1А	4.6 \pm 0.06	1Б	2.6 \pm 0.08
Фотосинтезирующие органы Photosynthetic organs	2А	4.3 \pm 0.1	2Б	3.1 \pm 0.06

Таблица 4. Кодировка цвета антоциановых извлечений *Corydalis buschii* в системе RGB
Table 4. RGB color coding of anthocyanin extracts of *Corydalis buschii*

Часть/орган растения Part/organ of plant	Темноокрашенная форма Dark-colored form		Светлоокрашенная форма Light-colored form	
Цветки / Flowers	1А	216, 47, 170	1Б	214, 48, 76
Цветки / Flowers	2А	219, 50, 169	2Б	216, 48, 73
Фотосинтезирующие органы / Photosynthetic organs	1А	250, 150, 74	1Б	248, 152, 80
Фотосинтезирующие органы / Photosynthetic organs	2А	249, 48, 76	2Б	250, 148, 73

пени окрашивания цветков или совместности произрастания. Для всех проб цветков отмечается *red* 214—219, *green* 47—50, *blue* 169—176. Совокупности антоцианов, выделенные из фотосинтезирующих органов, так же имеют близкие цветовые характеристики: *red* 248—250, *green* 148—152, *blue* 74—80. Выявленная разница позволяет предположить различный качественный состав совокупности антоцианов в цветках и листьях растения, независимо от степени окраса. Для проверки этой гипотезы провели хроматографический анализ цветков и фотосинтезирующей части отдельно растущего образца *C. buschii* (2А) с темноокрашенными цветками.

В результате проведенного разделения смеси антоцианов после высушивания пластинки в видимом свете наблюдали в обоих случаях пятна синевато-лиловых и розовых оттенков. Для цветков было отмечено наличие пяти цветовых зон, соответствующих значениям $R_f = 0.32, 0.43, 0.52, 0.64, 0.75$, для фотосинтезирующих органов — три зоны с $R_f = 0.32, 0.46$ и 0.64 . Зоны с одинаковым $R_f = 0.32, 0.52$ и 0.64 , характерные для треков антоциановых извлечений из цветков и из фотосинтезирующих органов, различались величиной и интенсивностью цвета, что свидетельствует о различных количествах антоцианов (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика треков извлечения антоцианов темноокрашенной формы *Corydalis buschii*
Table 5. Characteristics of anthocyanin extraction tracks of dark-colored *Corydalis buschii*

Цвет пятна Spot color	R_f	
	Цветки Flowers	Фотосинтезирующие органы Photosynthesizing organs
Сине-лиловое Blue-purple	0.32	
Синее / Blue	0.43	—
Лиловое / Purple	—	0.46
Лиловое / Purple	0.52	0.2
Розовое / Pink	0.64	
Лиловое / Purple	0.75	—

Примечание: прочерк — отсутствие антоциана с данным R_f .
Note: dash means the absence of anthocyanin with specific R_f .

Учитывая, что цвет антоциановых пигментов определяется их строением, можно предположить, что антоцианы извлечений имеют в основе различные структуры антоцианидинов. Различные значения R_f указывают, что их молекулы отличаются природой и количеством заместителей. Анализ хроматографических треков показал, что в суммарном содержании антоцианов *C. buschii* в темноокрашенных цветках выявлено 5 антоцианов, в фотосинтезирующих органах — 4 соединения. Из них 3 соединения являются

общими для всего растения, антоцианы с $Rf = 0.43$ и 0.75 отмечены только в цветках, а с $Rf = 0.46$ — в фотосинтезирующих органах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате флористических исследований на территории Уссурийского заповедника им. В.Л. Комарова выявлены два вида декоративных травянистых многолетников с белоцветковыми формами: *Dictamnus dasycarpus* Turcz. и *Primula patens* (Turcz.) E. Busch. Многолетние (2005—2024 гг.) мониторинговые наблюдения в Уссурийском заповеднике за ценопопуляцией *Corydalis buschii* Nakai, в составе которой произрастают белоцветковые особи, показали, что данный локалитет является стабильным и площадь его значительно увеличилась (с 4 до 25 м²). Установлено, что у белоцветковых форм исследованных видов растений присутствуют антоцианы. Состав антоцианов одинаковый у растений *Dictamnus dasycarpus*, *Primula patens* и *Corydalis buschii* со светло- и темноокрашенными цветками, а различия окраски цветков определяются разницей содержания индивидуальных пигментов, а также различиями в суммарном содержании антоцианов.

Содержание антоцианов в растениях с темноокрашенными цветками превышает аналогичные показатели белоцветковых форм, как в цветках, так и в фотосинтезирующих органах. В суммарном содержании антоцианов темноокрашенных растений *Corydalis buschii* в цветках выявлено 5 соединений, в фотосинтезирующих органах 4 соединения, из которых 3 являются общими для растения в целом. Для разноокрашенных цветков *Weigela praecox* установлены качественные изменения содержащейся совокупности пигментов, что может оказывать влияние на цветовые оттенки окрашенных органов. Наблюдения за сосудистыми растениями с белоцветковыми формами в естественной среде обитания будут продолжены.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают большую благодарность А. Ю. Маняхину за ценные замечания при подготовке материалов статьи.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200183-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эбель А. Л., Михайлова С. И. 2016. Эколого-биологические особенности белоцветковой формы *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae). — Растительный мир Азиатской России. 4(24): 30—37. [https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2016-4\(30-37\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2016-4(30-37))
2. Санникова В. Ю. 2020. Генная инженерия как способ получения декоративных растений с измененной окраской цветков. — Биотехнология и селекция растений. 3(1): 40—45. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-1-o1>
3. Калицкая Н. Г., Галиченко А. П., Фокина Е. М. 2021. Изучение генетической коллекции белоцветковых и фиолетовцветковых форм сои по хозяйственно полезным признакам. — Вестник КрасГАУ. 11(176): 17—23. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-17-23>
4. Линник Е. Н. 2022. Неуловимый рододендрон. — Наука из первых рук. 1-2(94): 104—115. <https://elibrary.ru/ydibap>
5. Зубкова Н. В. 2024. Использование перспективного сортимента клематиса в практике зелёного строительства. — Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 5-5(92): 89—93. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-5-5-89-93>
6. Федина Л. А., Маслов М. В. 2016. Белоцветковая форма *Corydalis buschii* (Fumariaceae) в Уссурийском заповеднике (Приморский край). — Бот. журн. 101(10): 1213—1219. <https://doi.org/10.1134/S0006813616100069>
7. Федина Л. А., Маслов М. В., Горовой П. Г. 2016. Новые белоцветковые формы сосудистых растений на Дальнем Востоке России. — Acta Biologica Sibirica. 2(4): 110—117. <https://elibrary.ru/xnqzbb>
8. Федина Л. А., Маслов М. В. 2018. Белоцветковые формы сосудистых растений в Уссурийском заповеднике и его окрестностях. — В сб.: Растения в муссонном климате, антропогенная и климатогенная трансформация флоры и растительности: материалы VIII научной конференции. Благовещенск. С. 233—237. <https://www.elibrary.ru/ylejor>
9. Чеснокова Н. Ю., Приходько Ю. В., Каленик Т. К. 2021. Антоцианы в пищевых технологиях и биотехнологиях. Владивосток. 146 с.
10. Андреева Е. А., Лыхолы А. Н., Зыкин П. А., Войлоков А. В. 2018. Структура гена антоцианидинсинтазы у ржи. — Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 12-2: 261—265. <https://doi.org/10.17513/mjpf.12557>

11. Тамахина А. Я., Шершова И. С. 2020. Анатомо-морфологические признаки растений *Chamaenerion angustifolium* в ценопопуляции, полиморфной по окраске цветков. — Известия Горского государственного аграрного университета. 57(3): 135–141.
<https://www.elibrary.ru/xztfgp>
12. Голубкина Н. А., Кекина Е. Г., Молчанова А. В., Антошкина М. С., Надежкин С. М., Солдатенко А. В. 2021. Антиоксиданты растений и методы их определения. М. 181 с.
<https://www.elibrary.ru/vlnauj>
13. Шамсизаде Л. А., Новрузов Э. Н. 1989. Антоцианы плодов *Rubus caucasicus* Focke. — Раст. ресурсы. 25(4): 557–561.
14. RGB HEX конвертер цветов. 2025.
<http://color2.ru/rgb-hex> (дата обращения: 09.01.2025).
15. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. 1985—1996. Т. 1—8.
16. IPNI: The International Plant Names Index. 2024.
<http://www.ipni.org/> (Accessed 02.12.2024).
17. Воробьев Д. П., Ворошилов В. Н., Горовой П. Г., Шретер А. И. 1966. Определитель растений Приморья и Приамурья. М.; Л. 491 с.
18. Kozhevnikov A. E., Kozhevnikova Z. V., Kwak M., Lee B. Y. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). 2019. Incheon. 1124 p.
<https://www.biosoil.ru/Research/Publication/19116> (дата обращения: 09.01.2025).
19. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. 2020. Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and Neurodegenerative diseases. — Molecules. 25(17): 3809.
<https://doi.org/10.3390/molecules25173809>

The Content of Anthocyanins in Ornamental Plants of the Natural Flora of the Primorye Territory

© 2025 L. A. Fedina*, O. G. Zorikova, S. K. Malysheva, M. V. Maslov

*Federal Scientific Center of the East Asia for Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

* e-mail: triton.54@mail.ru

The white-flowered forms of two herbaceous perennial species *Dictamnus dasycarpus* Turcz. and *Primula patens* (Turcz.) E. Busch have been identified in the flora of the Komarov Ussuri Nature Reserve (Primorsky Territory). In 2005—2024, long-term floristic monitoring was carried out in the protected area. It has shown that the cenopopulation of *Corydalis buschii* Nakai with white-flowered forms of all ontogenetic ages is stable and geographically expanding (from 4 to 25 m²). It has been established that plants of the light-colored form of *Corydalis buschii* bloom and bear fruit annually, simultaneously with plants with crimson-colored flowers typical for this species. Anthocyanins are an extensive group of plant pigments that give different colors to flower petals. These compounds are water-soluble pigments responsible for the red, purple, and blue coloration of plant organs. The content of anthocyanin in inflorescences of dark and light-colored forms of Asian vascular plant species *Dictamnus dasycarpus*, *Corydalis buschii*, *Primula patens*, *Weigela praecox* (Lemoine) Bailey was studied. A certain amount of anthocyanins was detected in the white-flowered forms of the studied species, so these color forms are not anthocyanin-free. The composition of anthocyanins in the light and dark-colored forms of *Dictamnus dasycarpus*, *Primula patens* and *Corydalis buschii* is the same, and the differences in flower color are determined by the quantitative difference in the amount of anthocyanins. There was no correlation between the accumulation of anthocyanins and the proximity of the growth of variously colored forms of *Corydalis buschii*. The anthocyanin content in dark-colored forms exceeds that of white-flowered forms, both in flowers and in photosynthetic organs. The total anthocyanins of dark-colored *Corydalis buschii* plants contain 5 compounds in the flowers, 4 compounds in the photosynthetic organs, of which 3 compounds are common to the plant as a whole. Qualitative changes in the contained set of pigments have been established for variously colored flowers of *Weigela praecox*, which may affect the color shades of the colored organs.

Keywords: anthocyanins, pigments, white-flowered forms, vascular plants, Primorsky Territory

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their deep gratitude to A. Yu. Manyakhin for valuable comments in the preparation of the article.

The work was performed within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 124012200183-8).

REFERENCES

1. Ebel A. L., Mikhailova S. I. 2016. Ecological and biological characteristics of the white-flowered form of invasive species *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae). — Flora of Asian Russia. 4(24): 30–37. [https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2016-4\(30-37\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2016-4(30-37)) (In Russian).
2. Sannikova V. Yu. 2020. Genetic engineering as a way to obtain ornamental plants with a changed flower color. — Plant Biotechnology and Breeding. 3(1): 40–45. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-1-o1> (In Russian).
3. Kalitskaya N. G., Galichenko A. P., Fokina E. M. 2021. Studying the soybean white and purple forms genetic collection by economically useful traits. — Bulletin of KrasGAU. 11(176): 17–23. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-17-23> (In Russian).
4. Linnik E. N. 2022. [The elusive rhododendron]. — Science First Hand. 1-2(94): 104–115. <https://elibrary.ru/ydibap> (In Russian).
5. Zubkova N. V. 2024. The use of a promising assortment of clematis in the practice of green building. — International Journal of Humanities and Natural Sciences. 5-5(92): 89–93. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-5-5-89-93> (In Russian).
6. Fedina L. A., Maslov M. V. 2016. White-flowered form of *Corydalis buschii* (Fumariaceae) from the Ussuriysky Nature Reserve (Primorye Territory). — Botanicheskiy Zhurnal. 101(10): 1213–1219. <https://doi.org/10.1134/S0006813616100069> (In Russian).
7. Fedina L. A., Maslov M. V., Gorovoy P. G. 2016. New albiflorus forms of vascular plants in the Russian Far East. — Acta Biologica Sibirica. 2(4): 110–117. <https://elibrary.ru/xnqzbb> (In Russian).
8. Fedina L. A., Maslov M. V. 2018. [The white-flowered forms of vascular plants in the Ussury Nature Reserve and its environs]. — In: [Plants in the monsoon climate, anthropogenic and climatogenic transformation of flora and vegetation. Proc. of VIII scientific conference]. Blagoveshchensk. P. 233–237. <https://www.elibrary.ru/ylejop> (In Russian).
9. Chesnokova N. Yu., Prikhodko Yu. V., Kalenik T. K. 2021. [Anthocyanins in food technologies and biotechnologies]. Vladivostok. 146 p. (In Russian).
10. Andreeva E. A., Lykholay A. N., Zykin P. A., Voylov A. V. 2018. Structure of the anthocyanidin synthase gene in rye. — International Journal of Applied and Fundamental Research. 12-2: 261–265. <https://doi.org/10.17513/mjpf.12557> (In Russian).
11. Tamakhina A. Ya., Shershova I. S. 2020. Anatomical and morphological features of *Chamaenerion angustifolium* plants in a cenopopulation polymorphic in flower color. — Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 57(3): 135–141. <https://www.elibrary.ru/xztfgp> (In Russian).
12. Golubkina N. A., Kekina E. G., Molchanova A. V., Antoshkina M. S., Reliably S. M., Soldatenko A. V. 2021. [Plant antioxidants and methods of their determination]. Moscow. 181 p. <https://www.elibrary.ru/vlnauj> (In Russian).
13. Shamsizade L. A., Novruzov E. N. 1989. Anthocyanins of *Rubus caucasicus* Focke fruits. — Rastitelnye Resursy. 25(4): 557–561. (In Russian).
14. RGB HEX color converter. 2025. <http://color2.ru/rgb-hex> (Accessed: 09.01.2025).
15. [Vascular plants of the Soviet Far East]. 1985–1996. St. Petersburg (Leningrad). Vols. 1–8. (In Russian).
16. IPNI. International Plant Names Index. 2024. <http://www.ipni.org> (Accessed: 02.12.2024).
17. Vorobyev D. P., Voroshilov V. N., Gorovoy P. G., Schroeter A. I. 1966. [Determinant of plants of the Primorye and Amur Regions]. Moscow; Leningrad. 491 p. (In Russian).
18. Kozhevnikov A. E., Kozhevnikova Z. V., Kwak M., Lee B. Y. 2019. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). Incheon. 1124 p. <https://www.biosoil.ru/Research/Publication/19116> (Accessed: 09.01.2025).
19. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. 2020. Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and Neurodegenerative diseases. — Molecules. 25(17): 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>