

indices of the species diversity of forest ornithocenosis. This study is based on the materials of field bird records conducted in the seasons of 2014–2016 on 28 permanent routes in the forest habitats of the Ishim River area (Russia). A statistically significant effect of the anthropogenic impact on the Shannon diversity index and the significant influence of the plant succession stage on Shannon's species diversity index and the abundance of birds have been established by the method of one-way analysis of variance using the nonparametric Kraskel-Wallis's criterion. It is shown that the maximum value of Shannon's index of variety is characteristic for the ornithocenosis of recreational forests; the one close to the maximum is in forests in which grazing is carried out. In the course of plant succession, there is initially an insignificant increase in the total abundance of birds, then a significant decrease in it, as well as a sharp decrease of Shannon's diversity index. The obtained results show that the anthropogenic load in form of cattle grazing and recreation conditions an increase in forest habitats' heterogeneity and thereby contributes to an increase in bird species diversity.

Keywords: birds; avifauna; forest ornithocenosis; forest ecosystems; habitat; abundance; biological diversity; species diversity; ecological structure; anthropogenic impact; plant succession; south of Western Siberia; diversity index.

УДК 633.2:582.683.2:547.9(470.13)

Статья поступила в редакцию 15.04.2018

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛА ФЛАВОНОЛОВ В НАДЗЕМНОЙ МАССЕ СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ (*BUNIAS ORIENTALIS* L.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА СЕВЕРЕ

© 2018

Михович Жанна Эдуардовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела Ботанический сад
Пуногов Василий Витальевич, кандидат химических наук,
старший научный сотрудник отдела Ботанический сад
Зайнуллина Клавдия Степановна, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник отдела Ботанический сад
Рубан Галина Алексеевна, научный сотрудник отдела Ботанический сад
Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация)

Аннотация. В статье представлены результаты биохимического изучения фитомассы растений свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.), выращенной в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми, по срокам ее заготовки. Определена массовая доля флавонолов в период вегетации растений. Установлено, что в фазах массовой бутонизации и массового цветения в ряду стебли-листья-бутоны (или цветки) массовая доля флавонолов возрастает от 0,25% до 6,06% и от 0,6% до 15,43% соответственно. Показано, что при переходе растений к массовому цветению наблюдается резкое увеличение содержания флавонолов во всех надземных органах растения. Особенно большой рост массовой доли флавонолов был выявлен в цветках свербиги восточной по сравнению с бутонами растений. Безусловный максимум пула флавонолов наблюдается в цветках растения (15,43%). Но с учетом того, что массовая доля цветков на генеративном побеге составляет не более 3%, в технологическом плане перспективным источником флавонолов из надземной массы изучаемого растения являются листья и цветки, собранные в фазу цветения, в Республике Коми в третьей декаде июня – июле.

Ключевые слова: свербига восточная; семейство Brassicaceae; биохимическое изучение; содержание флавонолов; периоды вегетации растений; распределение по органам растений; цветки; бутоны; стебли; листья; побег; Республика Коми; среднетаежная подзона; выращивание; кормовое растение; лекарственное растение; медоносное растение; пищевое растение; долголетие в культуре.

Введение

Bunias orientalis L (свербига восточная) – травянистое многолетнее растение семейства Brassicaceae (крестоцветные). Исследования, проведенные в последние годы в различных природно-климатических условиях, показали, что свербига восточная относится к культурам универсального использования: кормового, пищевого, фармацевтического, медоносного и фитомелиоративного [1, с. 112; 2, с. 52; 3–6]. Из хозяйственно-ценных признаков данного вида можно выделить такие: зимостойкость, раннее весеннее отрастание, быстрый темп роста и длительный период цветения, резистентность к болезням и вредителям, продуктивное долголетие в культуре, достигающее 10 лет, высокая продуктивность семян и фитомассы, ее кормовая ценность и др. В фитомассе растений содержится от 13 до 36% сырого протеина, 1,91–3,47% жира, 8,29–11,98% золы [7, с. 52; 8,

с. 252; 9, с. 7; 10, с. 17]. Общая сумма аминокислот в белке фитомассы растений варьирует от 8 до 20 г/100 г сухого вещества в зависимости от фазы развития растений, присутствуют все незаменимые аминокислоты. [10, с. 18]. Фитомасса содержит микроэлементы (бор, железо, медь, молибден, марганец, титан), флавоноиды, органические кислоты, дубильные вещества, сапонины. В незрелых плодах обнаружено горчичное масло, в семенах – жирное масло 10–31%, в том числе жирные кислоты: линоленовая, линолевая, олеиновая, пальмитиновая, арахидиновая, стеариновая, пальмитолеиновая (52,2; 23,6; 13,0; 4,1; 3,6; 1,74 0,7%) соответственно [2, с. 52; 11; 12; 13, с. 127; 14]. Всесоюзным институтом лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) предлагается использовать свербигу восточную как лекарственное растение, поскольку показано, что под воздействием препаратов на основе растений свербиги увеличива-

ется пролиферативная активность лимфоцитов больших раком тонкого кишечника и молочной железы, повышаются адаптогенные свойства организма на 60–70%. Кроме того, свербигу восточную можно использовать для профилактики цинги, т.к. листья и корни содержат витамин С (58–170 мг % в листьях) [14]. Проведенный ранее биохимический анализ растений свербиги восточной, выращенных в условиях подзоны средней тайги Республики Коми, не выявил наличие эруковой кислоты, что открывает большие перспективы использования ее в качестве пищевого и кормового растения [15]. В этой работе было показано, что фитомасса свербиги восточной богата сахарами, отмечено высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот, что свидетельствует о возможности ее использования при кормлении сельскохозяйственных животных и в питании человека (свежая или ошпаренная зелень). Плоды со зрелыми семенами содержат предельные жирные кислоты в минимальных количествах (в сумме не более 2,32 мг в 100 мг масла), с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот, что определяет ценность масла, получаемого из семян растений [15]. Несмотря на многочисленные исследования растений свербиги восточной, многие вопросы ее биохимии изучены фрагментарно и все еще остаются вне поля зрения исследователей. В связи с этим представляется актуальным дальнейшее биохимическое изучение растений свербиги восточной в условиях подзоны средней тайги Республики Коми, в частности, исследование в фитомассе растений флавоноидов, обладающих выраженными антиоксидантными свойствами, ценными при кормлении теплокровных животных и в питании человека.

Цель работы заключалась в изучении распределения пула флавонолов по органам растения, их варибельности в процессе вегетации растений свербиги восточной, выращенной в условиях северного региона.

Материал и методы исследований

Отбор растительных проб для биохимического анализа проводился в Ботаническом саду ФГБУН Института биологии Коми НЦ УрО РАН в период вегетации в 2017 г. на растениях третьего года жизни. Почва опытного участка – дерново-подзолистая глееватая, среднекультуренная, суглинистая. Агробиохимические показатели почвы: гумус – 4,4%, K₂O – 6,02 мг/100 г; P₂O₅ – 17,03 мг/100 г; Ca²⁺ – 9,84; Mg²⁺ – 2,57; рН_{сол.} – 4,53. Вегетационный сезон 2017 г. характеризовался как умеренно теплый и влажный. Количество выпавших осадков и сумма эффективных температур была в пределах средних многолетних значений. Ранее было показано, что растения свербиги восточной максимального развития достигают на третий-четвертый годы жизни [16]. Сбор растительного сырья проводили в фазы массовой бутонизации (23 июня) и цветения (4 июля). Учитывая тот факт, что вторичные метаболиты в органах растений накапливаются неравномерно, нами были отобраны для анализа образцы как генеративных побегов в целом, так и отдельно – листьев, бутонов, стеблей, цветков – для определения локализации пула флавонолов в данном растительном материале. Фи-

томассу (бутоны, цветки, листья, стебли и генеративный побег) сушили вне прямого доступа света до воздушно-сухого состояния. Количественное определение массовой доли суммы флавонолов в пересчете на рутин осуществляли по методике, приведенной в Государственной Фармакопее Российской Федерации [17, с. 720, 772] в нашей модификации. Методика была адаптирована с целью использования спектрофотометра Shimadzu 1700 UV (Япония) и применения метода ускоренной микроволновой экстракции флавонолов из растительной пробы.

В качестве рабочего стандартного образца (PCO) использовали раствор рутинина концентрации 0,0094 мг/см³ + 2 см³ 2%-го хлорида алюминия в этиловом спирте в мерной колбе объемом 25 см³. Спектрофотометрический анализ выполняли после выдержки растворов в течение 40 мин. на приборе Shimadzu 1700 UV при длине волны 415 нм [18] с применением кварцевых кювет длиной оптического пути 10 мм.

Массовую долю суммы флавонолов в растительных образцах в пересчете на рутин вычисляли по формуле (1):

$$x = (D * V_1 * V_2 * m_0 * 100 * 100) / (D_0 * m * (100 - w) * 1000) \quad (1)$$

где: *D* – оптическая плотность испытуемого раствора; *D*₀ – оптическая плотность PCO рутинина; *m* – масса сырья, г; *m*₀ – масса рутинина в PCO объемом 25 см³; *w* – потеря массы при высушивании сырья, %; *V*₁ – объем суммарного экстракта флавонолов до отбора аликвоты (50 см³); *V*₂ – объем экстракта разбавленного для фотометрии (25 см³).

Результаты исследований и их обсуждение

В условиях подзоны средней тайги Республики Коми растения свербиги восточной отнесены к ранне-среднелетним цветущим длительно вегетирующим растениям. На репродукционные процессы у особей этого вида, относящихся к длиннодневным растениям, оказывает влияние естественный фотопериодический фактор (период светлого времени суток составляет около 20 часов), обусловленный положением района исследований в высоких широтах, который приводит к сокращению периода цветения. Многолетние растения свербиги восточной весной рано отрастают (первая-вторая декады мая). Продолжительность бутонизации составляет 9 дней. Цветение растений, как наиболее чувствительный к температурному фактору период, наступает в самое благоприятное время (июль), поэтому размах варьирования фазы начала цветения составляет 20 дней. Продолжительность цветения агропопуляции варьирует от 15 до 25 дней, длительность цветения одного цветка – от трех до семи дней. Многолетние фенологические наблюдения показали, что сроки наступления и продолжительность фенофаз были достаточно близкими, что свидетельствует о соответствии внешних условий требованиям вида [19].

Метод дифференциальной спектрофотометрии для количественного определения флавонолов в экстрактах растений уже стал одним из наиболее широко применяемых методов для оценки качества лекар-

ственного растительного сырья [20]. В данной работе объектом аналитических исследований являлась свербига восточная до настоящего времени позиционируемая исследователями как преимущественно кормовое растение. Согласно результатам биохимических исследований в фазе массовой бутонизации (табл. 1), в ряду стебли-листья-бутоны массовая доля флавонолов возрастает от 0,25 до 6,06%.

Таблица 1 – Массовая доля флавонолов в органах свербиги восточной при переходе растения от фазы бутонизации к фазе массового цветения

Фаза развития	Органы	Массовая доля, флавонолов, %	Среднее квадратичное отклонение, %
Массовая бутонизация	стебли	0,25	0,03
	листья	1,85	0,07
	бутоны	6,06	0,07
	генеративный побег	1,16	0,03
Массовое цветение	стебли	0,60	0,10
	листья	2,75	0,04
	цветки	15,43	0,17
	генеративный побег	2,23	0,12

При переходе растений к массовому цветению наблюдается резкое увеличение содержания флавонолов во всех надземных органах растения. Особенно большой рост массовой доли флавонолов был выявлен в цветках свербиги по сравнению с бутонами растения. Результаты анализа травяной муки, полученной из генеративного побега, также свидетельствуют о сильном увеличении содержания флавонолов при переходе растения от фазы бутонизации к фазе массового цветения. Доля флавонолов в генеративном побеге при этом возрастает почти в 2 раза. Безусловный максимум пула флавонолов наблюдается в цветках растения (15,43%). Но с учетом того, что массовая доля цветков на генеративном побеге составляет не более 3%, в технологическом плане перспективным источником флавонолов из надземной массы изучаемого растения являются листья и цветки растения, собранные в фазу массового цветения.

Выводы

Таким образом, в результате биохимического анализа фитомассы свербиги восточной, выращенной в условиях подзоны средней тайги Республики Коми, выявлено высокое содержание пула флавонолов. Исходя из положений Государственной Фармакопеи Российской Федерации, многие виды лекарственных растений считаются доброкачественными, если массовая доля флавоноидов в них не ниже 0,5%. Следовательно, можно утверждать, что свербига восточная является качественным сырьевым растительным источником флавонолов для фармацевтической промышленности. Рекомендуемые сроки заготовки лекарственного сырья – фаза цветения растений, наиболее высокое содержание флавонолов распределено в листьях и цветках. Соответствуют высокому стандарту и растения в фазе бутонизации.

Список литературы:

1. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений // Итоги интродукционного питомника БИН АН СССР за 250 лет. Л.: Наука, 1965. 424 с.
2. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Ranales – Thymelaeaceae. Л.: Наука, 1986. 336 с.
3. Михович Ж.Э., Рубан Г.А., Зайнуллина К.С. Перспективы введения в культуру на севере свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.) // Аграрный вестник Урала. 2010. № 4 (70). С. 67–69.
4. Аветисян А.Т. Интродукция новых, малораспространенных кормовых культур в условиях лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 7. С. 72–74.
5. Глазковая Н.В. Возделывание свербиги восточной на корм в умеренно-засушливой степи северного Казахстана // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3. С. 10–13.
6. Рубан Г.А., Михович Ж.Э., Зайнуллина К.С. Агрофитоценозы со свербигой восточной в Республике Коми // Кормопроизводство. 2015. № 1. С. 31–34.
7. Утеуш Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры. К.: Наукова Думка, 1991. 192 с.
8. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений / А.Н. Кшникаткина, В.А. Гущина, В.А. Варламов, В.А. Вихрева, А.А. Галлиулин, С.А. Кшникаткина, О.А. Духанин, Е.Н. Варламова. М.: ВНИИСОК, 2003. 373 с.
9. Докукин Ю.В. Создание высокопродуктивных агрофитоценозов медоносно-кормового использования из козлятника восточного и свербиги восточной: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 19 с.
10. Михович Ж.Э. Биология свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.) при выращивании в подзоне средней тайги Республики Коми: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2013. 22 с.
11. Флора СССР. Т. 8. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. 688 с.
12. Химический состав нетрадиционных кормовых и лекарственных растений. Справочное пособие. М., 1996. 135 с.
13. Загуменникова Т.И. Биологические особенности развития и продуктивность свербиги восточной при интродукции // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. М., 2001. С. 127–128.
14. Рабинович А.И. Лекарственные растения России, обладающие противораковой активностью // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. М., 2001. С. 359–360.
15. Михович Ж.Э., Пунегов В.В., Груздев И.В., Рубан Г.А., Зайнуллина К.С. Биохимическая характеристика свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.) при культивировании на Севере // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2 (3). С. 478–481.
16. Михович Ж.Э., Рубан Г.А., Зайнуллина К.С. Свербига восточная – перспективная культура для

кормопроизводства Республики Коми // Кормопроизводство. 2011. № 9. С. 33–35.

17. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIII, Т. 3. М.: Министерство здравоохранения РФ, 2015. 1294 с.

18. Беликов В.В., Точкова Т.В., Колесник Н.Т. Экспрессный метод анализа флавоноидов в лекарственном растительном сырье // Проблемы стандартизации и контроля качества лекарственных средств: мат-лы докладов всесоюз. конф. Т. 2. М., 1991. С. 15–16.

19. Михович Ж.Э., Зайнуллина К.С., Рубан Г.А. Биология и экология цветения свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.) в культуре на Европейском Северо-Востоке // Известия Коми научного центра

Уральского отделения Российской академии наук. 2016. № 2 (26). С. 36–43.

20. Беликов В.В., Точкова Т.В. Реакция комплексобразования в анализе флавоноидов // Мат-лы II всерос. симпози. по фенольным соединениям. Алма-Ата, 1973. С. 168–172.

Работа проведена на экспериментальной базе УНУ «Научная коллекция живых растений» Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН, рег. номер 507428. Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме «Закономерности процессов репродукции ресурсных растений в культуре на европейском Северо-Востоке» № АААА-А17-117122090004-9.

FLAVONOLS POOL DISTRIBUTION IN THE AERIAL MASS OF THE *BUNIAS ORIENTALIS* L. IN THE NORTH

© 2018

Mikhovich Janna Eduardovna, candidate of biological sciences, researcher of Botanical Garden
Punegov Vasily Vitalievich, candidate of chemical sciences, senior researcher of Botanical Garden
Zaynullina Klavdiya Stepanovna, candidate of biological sciences, senior researcher of Botanical Garden
Ruban Galina Alexeevna, senior researcher of Botanical Garden
Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russian Federation)

Abstract. The paper presents the results of a biochemical study of the aerial overburden mass of the *Bunias orientalis* L., grown under the conditions of the middle taiga subzone of the Republic of Komi according to the terms of its harvesting. The mass fraction of flavonols during the vegetative period of plants has been determined. It has been established that in mass budding and mass flowering phases in the row-leaves-buds (or flowers) the mass fraction of flavonols increases from 0,25% to 6,06% and from 0,6 to 15,43%, respectively. It is shown that when plants migrate to mass flowering, a sharp increase in the content of flavonols in all the above-ground organs of the plant is observed. A particularly large increase in the mass fraction of flavonols has been detected in the flowers of the overbearing of the eastern plants in comparison with the buds. Unconditional maximum of the pool of flavonols is observed in the flowers of the plant (15,43%). But, taking into account the fact that the mass fraction of flowers on the generative shoot is no more than 3%, in the technological plan, a promising source of flavonols from the above-ground mass of the studied plant are the leaves and flowers collected during the flowering phase in the Komi Republic in the third decade of June-July.

Keywords: *Bunias orientalis*; Brassicaceae; biochemical study; content of flavonols; periods of plants vegetation; distribution of plant organs; flowers; buds; stems; leaves; shoot; Komi Republic; middle taiga subzone; cultivation; fodder plants; medicinal plants; honey plants; food plants; longevity in culture.

УДК 581.9

Статья поступила в редакцию 25.01.2018

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ГУРЬЕВ ОВРАГ» (ШИГОНСКИЙ РАЙОН САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

© 2018

Новикова Любовь Александровна, доктор биологических наук, доцент,
 профессор кафедры общей биологии и биохимии
Пензенский государственный университет (г. Пенза, Российская Федерация)

Саксонов Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор,
 временно исполняющий обязанности директора, заведующий лабораторией проблем фиторазнообразия

Васюков Владимир Михайлович, кандидат биологических наук,
 научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия

Горлов Сергей Евгеньевич, аспирант лаборатории проблем фиторазнообразия

Сенатор Степан Александрович, кандидат биологических наук,
 старший научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия

Институт экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация)

Соловьева Вера Валентиновна, доктор биологических наук,
 профессор кафедры биологии, экологии и методики обучения

Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. Памятник природы регионального значения «Гурьев овраг» расположен в 1 км северо-западнее с. Климовка в Шигонском районе Самарской области. Южную и юго-западную часть участка зани-