

УДК 581.151:615.322

А.З. Глухов, Н.А. Виноградова

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЦВЕТКАХ *SAMBUCUS NIGRA* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»

В данной статье приведены результаты изучения содержания флавоноидов, дубильных веществ, каротиноидов, аскорбиновой и свободных органических кислот в цветках *Sambucus nigra* L., собранных на территории Донецкого региона в местах, значительно отличающихся интенсивностью антропогенной нагрузки. Проанализировано влияние условий техногенной среды на содержание различных групп биологически активных веществ в цветках *S. nigra*. Оценена перспективность использования сырья *S. nigra*, собранного на Донбассе, для фармации.

Ключевые слова: *Sambucus nigra* L., биологически активные вещества, техногенное загрязнение

Введение

Бузина (*Sambucus* L.) – род цветковых растений, включающий около двадцати пяти видов кустарников, распространена в юго-западной и южной полосе европейской части России, в Беларуси, на Украине, в горах Кавказа до среднегорного пояса. Встречается в подлесках лиственных лесов, реже смешанных и хвойных, на плодородных землях, на опушках [1]. К растениям природной флоры Донбасса, широко распространенным в пределах данного региона, относится бузина черная (*Sambucus nigra* L.). Она является фармакопейным видом в Российской Федерации [2] и представляет большой интерес как лекарственное, пищевое и декоративное растение.

Как лекарственное растение, *S. nigra* известно еще с древних времен. Настой и отвар из цветков *S. nigra* принимали при ревматизме, подагре, заболеваниях почек и отеках [3]. В настоящее время в народной и официальной медицине цветки *S. nigra* используются для изготовления потогонных, диуретических, жаропонижающих, успокаивающих, противовоспалительных, отхаркивающих лекарственных средств [1, 4, 5]. Экспериментально подтверждена гиполипидемическая активность жидкого экстракта цветков *S. nigra* и пер-

спективность использования данного фитопрепарата с целью нормализации липидного обмена [6].

S. nigra имеет достаточную сырьевую базу на территории Донбасса, однако актуальной проблемой региона является техногенное загрязнение окружающей среды. Динамика содержания биологически активных веществ в цветках *S. nigra* в зависимости от степени загрязнения остается неизученной. Вместе с тем, согласно литературным данным, при воздействии на растение негативных факторов его химический состав может значительно изменяться [7–10]. Поэтому актуальным является изучение химического состава цветков *S. nigra*, собранных в различных по степени техногенной нагрузки экотопах на территории Донбасса.

Цели и задачи исследований

Целью настоящей работы является исследование содержания биологически активных веществ в цветках *Sambucus nigra* L., собранных на Донбассе, для оценки перспективности их использования в фармации.

Задачами исследования являлись: анализ динамики содержания биологически активных веществ в цветках *S. nigra* в зависимости от степени техно-

генного загрязнения среды; выявление биоиндикационной роли метаболитов цветков *S. nigra*; оценка перспективности использования цветков *S. nigra*, собранных на Донбассе, в фармации.

Объекты и методики исследований

Объектами исследования были цветки *S. nigra*, заготовленные в период массового цветения. Сбор сырья проводили на территории Донецкого региона в местах, значительно отличающихся интенсивностью антропогенной нагрузки: в сельской местности вблизи поселка Ларино (экологически чистая территория, выбранная в качестве контроля), в искусственной экосистеме Донецкого ботанического сада, расположенного на окраине г. Донецка (фоновый уровень загрязнения), а также в аллейном насаждении вдоль городской автотрассы с интенсивным движением (высокий уровень загрязнения).

Основные группы биологически активных веществ идентифицировали с помощью фармакопейных качественных реакций, для количественного определения использовались инструментальные фармакопейные методы определения. Для количественного определения дубильных веществ (в пересчете на танин), свободных органических кислот (в пересчете на яблочную кислоту) и аскорбиновой кислоты применяли титриметрические методы [2, 11]. Определение содержания каротиноидов (в пересчете на β -каротин) и флавоноидов (в пересчете на рутин) проводили спектрофотометрическими методами [2, 12]. Определение влажности проводили гравиметрическим методом [2].

Полученные данные обработаны статистически и представлены в виде средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Статистическая значимость различий между содержанием биологически активных веществ в цветках *S. nigra*, произрастающих в условиях умеренной и сильной техногенной нагрузки, с контролем определяли с помощью t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты количественного определения основных групп биологически активных веществ в цветках *S. nigra*, собранных в местах с различной степенью техногенного загрязнения, представлены в таблице.

Таблица. Содержание основных групп биологически активных веществ в цветках *Sambucus nigra* L.

Группа биологически активных веществ	Место сбора сырья		
	авто- трасса	ботани- ческий сад	мест- ность вблизи поселка Ларино
влажность (в %)	7,80 $\pm 0,12$	7,83 $\pm 0,09$	7,93 $\pm 0,09$
флавоноиды (в %, в пересчете на рутин и абсолютно сухое сырье)	2,12 $\pm 0,02^{***}$	2,73 $\pm 0,01^{***}$	1,91 $\pm 0,02$
свободные органические кислоты (в %, в пересчете на яблочную кислоту и абсолютно сухое сырье)	8,76 $\pm 0,04^{***}$	12,37 $\pm 0,29^{***}$	9,97 $\pm 0,08$
аскорбиновая кислота (в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье)	0,22 $\pm 0,01^{***}$	0,44 $\pm 0,02^*$	0,36 $\pm 0,02$
дубильные вещества (в %, в пересчете на танин и абсолютно сухое сырье)	8,27 $\pm 0,02$	8,36 $\pm 0,03$	8,27 $\pm 0,04$
каротиноиды (в мг%, в пересчете на β -каротин и абсолютно сухое сырье)	0,040 $\pm 0,001^{***}$	0,036 $\pm 0,001^{**}$	0,028 $\pm 0,002$

Примечание: достоверность различий с контролем:

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Экспериментально было определено, что влажность цветков *S. nigra*, собранных в условиях разной степени техногенного загрязнения, не превышает 8%, что соответствует требованиям Государственной фармакопеи РФ к данному виду сырья (не более 14%) [2].

В действующей Российской нормативной документации стандартизация цветков *S. nigra* проводится по флавоноидам, в пересчете на рутин [2].

Установлено, что с повышением техногенной нагрузки наблюдается увеличение содержания флавоноидов в цветках *S. nigra* по сравнению с контролем, при этом максимальное количество данных веществ выявлено в сырье, собранном на территории с фоновым уровнем загрязнения. Полученные данные согласуются с литературными, согласно которым активный синтез и накопление флавоноидов являются фактором адаптации растений к неблагоприятным условиям среды [8, 9, 13, 14].

Благодаря наличию значительного количества флавоноидов, цветки *S. nigra* можно использовать для изготовления препаратов, обладающих противовоспалительным, сосудорасширяющим, иммуномодулирующим и противовоспалительным действием.

Также цветки *S. nigra* содержат органические кислоты. Данные метаболиты имеют важное значение в фармации, т.к. активно участвуют в обмене веществ, способствуют повышению аппетита и улучшению пищеварения, проявляют бактерицидные свойства. Установлено, что максимальное содержание этих веществ характерно для цветков *S. nigra* с территории ботанического сада, при дальнейшем повышении уровня загрязнения происходит снижение их количества по сравнению с контролем.

Выявлено отсутствие достоверной разницы между содержанием дубильных веществ в цветках *S. nigra*, произрастающих в условиях различного уровня техногенной нагрузки.

Также в исследуемом сырье было определено содержание аскорбиновой кислоты. Выявлено, что количество витамина С в цветках *S. nigra* с ботанического сада превышает контроль более, чем в 1,2 раза. Известно, что аскорбиновая кислота является активным участником антиоксидантной системы защиты растений [10, 15]. Повышенный синтез аскорбиновой кислоты в условиях загрязнения усиливает эффективность антиоксидантной системы и способствует повышению толерантности растений к загрязняющим веществам, если их концентрация не превышает пределов нормы реакции генотипа. Однако в условиях высокого уровня загрязнения наблюдается истощение адаптационных возможностей данной системы, о чем свидетельствует достоверное снижение количества аскорбиновой кислоты (в 1,6 раза) в цветках *S. nigra* с автотрассы по сравнению с контролем. В научной литературе имеются многочисленные исследования динамики содержания аскорбиновой кислоты в зависимости от загрязнения, однако результаты этих исследований весьма противоречивы [9, 15–18]. Вероятно, это можно объяснить видоспецифичностью динамики содержания этого витамина и различным уровнем техногенного загрязнения в данных исследованиях [19].

Можно обратить внимание на сходную динамику содержания аскорбиновой и свободных органических кислот, выявленную в наших экс-

периментах. В литературе встречаются исследования, свидетельствующие о взаимосвязи обмена данных метаболитов [20].

Наряду с аскорбиновой кислотой, важную роль в антиоксидантной системе защиты растений играют каротиноиды. Благодаря наличию сопряженных двойных связей данные метаболиты способны связывать синглетный кислород и ингибировать образование свободных радикалов [21, 22]. Нами было выявлено, что содержание каротиноидов в цветках *S. nigra* достоверно увеличивается при повышении степени загрязнения, в условиях высокого уровня загрязнения – в 1,4 раза по сравнению с контролем. Это согласуется с литературными данными, согласно которым каротиноиды обеспечивают толерантность растений к различным стрессовым факторам [23].

Выводы

Выявлена зависимость содержания флавоноидов, каротиноидов, аскорбиновой и свободных органических кислот в цветках *S. nigra* от степени техногенного загрязнения среды. Содержание данных веществ в цветках *S. nigra*, собранных в загрязненных районах, увеличено по сравнению с сырьем с контрольной территории. Выявлена перспективность цветков *S. nigra*, произрастающих на Донбассе, для фармации. Следует продолжить исследование для оценки экологической безопасности данного сырья.

1. Вандышев В.В., Павлова М.Е., Сердечная О.И., Мирошникова Е.А., Сурков В.А. Морфолого-анатомическое изучение свежих и высушенных плодов и семян бузины черной (*Sambucus nigra* L.) как возможных источников пищевых и лекарственных веществ // Вестник РУДН, серия: Агротомия и животноводство, 2013, № 3. С. 13–21.
Vandyshchev V.V., Pavlova M.Ye., Serdechnaya O.I., Miroshnikova Ye.A., Surkov V.A. Morfologo-anatomicheskoe izuchenie svezhikh i vysushennykh plodov i semyan buziny chernoy (Sambucus nigra L.) kak vozmozhnykh istochnikov pishchevykh i lekarstvennykh veshchestv [The morphological and anatomical study of fresh and dried fruits and seeds of Sambucus nigra L. as possible sources of food and medicinal substances] // Vestnik RUDN, seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo, 2013, № 3. P. 13–21.

2. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIII: Т 2. М.: ФЭМБ, 2015. 1004 с.
Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii [State Pharmacopoeia of the Russian Federation] XIII, Vol. II. М.: FEMB, 2015. 1004 p.
3. Вернигорова М.Н., Бузук Н.Н. Определение рутина в цветках бузины черной (*Sambucus nigra* L.) хроматоденситометрическим методом // Вестник фармации, 2014, № 4(66). С. 43–49.
Vernigorova M.N., Buzuk N.N. Opredelenie rutina v tsvetkakh buziny chernoy (Sambucus nigra L.) khromatodensitometricheskim metodom [Determination of routine in the flowers of *Sambucus nigra* L. by chromatodensitometric method] // *Vestnik farmatsii*, 2014, № 4(66). P. 43–49.
4. Павлова М.Е., Терехин А.А., Истомина И.И. Морфологическое изучение цветков и соцветий бузины черной (*Sambucus nigra* L.) в условиях Московской области // Вестник РУДН, серия: Агротомия и животноводство, 2014, № 2. С. 28–32.
Pavlova M.E., Terekhin A.A., Istomina I.I. Morfologicheskoe izuchenie tsvetkov i sotsvetiy buziny chernoy (Sambucus nigra L.) v usloviyakh Moskovskoy oblasti [The morphological study of flowers and inflorescences of *Sambucus nigra* L. in the Moscow region] // *Vestnik RUDN, seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*, 2014, № 2. P. 28–32.
5. Groza M., Ciocoiu M., Badescu L., Badulescu O., Badescu M. The effects of the *Sambucus nigra* vegetal extracts on the immune system dysfunction in the diabetes mellitus // *Annals of RSCB*, Vol. XV, Issue I. P. 241–246.
6. Гюльбякова Х.Н. Разработка технологии и исследование жидкого экстракта бузины черной (*Sambucus niger* L.) // Вестник Уральской медицинской академической науки, 2014, № 3. С. 51–52.
Gyulbyakova Kh.N. Razrabotka tekhnologii i issledovanie zhidkogo ekstrakta buziny chernoy (Sambucus nigra L.) [The development of technology and the study of the liquid extract of *Sambucus nigra* L.] // *Vestnik Uralskoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2014, № 3. P. 51–52.
7. Дьякова Н.А., Кукуева Л.Л., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Влияние антропогенной нагрузки на содержание биологически активных соединений в лекарственном растительном сырье города Воронежа и его окрестностей // Известия ВГПУ. Естественные науки. № 1(262). Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2014. С. 266–270.
Dyakova N.A., Kukueva L.L., Gaponov S.P., Slivkin A.I. Vliyanie antropogennoy nagruzki na sodержание biologicheskii aktivnykh soedineniy v lekarstvennom rastitelnom syrie goroda Voronezha i ego okrestnostey [Influence of anthropogenic load on the content of biologically active compounds in medicinal plant raw materials of the city of Voronezh and its environs] // *Izvestiya VGPU. Yestestvennyye nauki*. № 1(262). Izd-vo VGSPU «Peremena», 2014. P. 266–270.
8. Загурская Ю.В., Баяндина И.И., Сиromля Т.И. и др. Качество сырья лекарственных растений при выращивании в антропогенно нарушенных регионах Западной Сибири на примере *Hypericum perforatum* L. и *Leonurus quinquelobatus* Gilib // Химия растительного сырья. 2013. № 4. С. 141–150.
Zagurskaya Yu.V., Bayandina I.I., Siromlya T.I. et al. Kachestvo syriya lekarstvennykh rasteniy pri vyrashchivanii v antropogenno narushennykh regionakh Zapadnoy Sibiri na primere Hypericum perforatum L. i Leonurus quinquelobatus Gilib [Quality of raw medicinal plants during cultivation in anthropogenically disturbed regions of Western Siberia by the example of *Hypericum perforatum* L. and *Leonurus quinquelobatus* Gilib] // *Khimiya rastitelnogo syriya*. 2013. № 4. P. 141–150.
9. Ханина М.А., Гусельников Е.Н., Родин А.П., Лигостаева Ю.В. Загрязнение окружающей среды и биологически активные вещества листьев березы // *Journal of Siberian Medical Sciences*. № 6, 2015. С. 121–132.
Khanina M.A., Guselnikov E.N., Rodin A.P., Ligostaeva Yu.V. Zagryaznenie okruzhayushchey sredy i biologicheskii aktivnyye veshchestva listyev berezy [Pollution of the environment and biologically active substances of birch leaves] // *Journal of Siberian Medical Sciences*. № 6, 2015. P. 121–132.
10. Бухарина И.Л., Поварницкая Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.
Bukharina I.L., Povarnitskaya T.M., Vedernikov K.E. Ekologo-biologicheskiye osobennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede: monografiya. Izhhevsk: FGOU VPO Izhhevskaya GSXA, 2007. 216 s.

- Bukharina I.L.*, Povarnitskaya T.M., Vedernikov K.E. Ekologo-biologicheskie osobennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede: monografiya [Ecological and biological features of woody plants in urbanized environment: monograph]. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2007. 216 p.
11. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIII, том I. М.: ФЭМБ, 2015. 1470 с. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii [State Pharmacopoeia of the Russian Federation] XIII, Vol. I. М.: FEMB, 2015. 1470 p.
12. Государственная фармакопея Республики Беларусь: Т. 2. / УП Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении; под общ. ред. А. А. Шерякова. Минск, 2007. 471 с. Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]: Vol. 2. / UP Tsentra ekspertiz i ispytaniy v zdravookhranenii; Ed. A.A. Sheryakov. Minsk, 2007. 471 p.
13. Корупькин Д.Ю., Абилов Ж.А., Толстикова Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск, 2007. 296 с. Korulkin D.Yu., Abilov Zh.A., Tolstikova G.A. Prirodnye flavonoidy [Natural flavanoids]. Novosibirsk, 2007. 296 p.
14. Pasqualinia V., Roblesb C., Garzinob S., Greffb S., Bousquet-Meloub A., Bonin G. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. needles: a bioindicator of air pollution // Chemosphere. 2003. Vol. 52. P. 239–248.
15. Каракаева Л.С., Докучаева Ю.С., Машкова А.А. О содержании аскорбиновой кислоты и тяжелых металлов в видах рода *Populus* L. различных зон Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. С. 226–229. Karakaeva L.S., Dokuchaeva Yu.S., Mashkova A.A. O sodержanii askorbinovoy kisloty i tyazhelykh metallov v vidakh roda *Populus* L. razlichnykh zon Orenburzhya [On the content of ascorbic acid and heavy metals in species of the genus *Populus* L. from the different zones of the Orenburg region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. P. 226–229.
16. Баландайкин М.Э. Коррелирование содержания аскорбиновой кислоты в ассимиляционном аппарате *Betula pendula* Roth. с действием патологического агента // Химия растительного сырья. N 1. 2014. С. 153–157. Balandaykin M.E. Korrelirovaniye sodержaniya askorbinovoy kisloty v assimilyatsionnom apparate *Betula pendula* Roth. s deystviem patologicheskogo agenta [Correlation of the content of ascorbic acid in the assimilation apparatus of *Betula pendula* Roth. with the action of the pathological agent] // Khimiya rastitelnogo syriya. N 1. 2014. P. 153–157.
17. Зарипова Р.С., Кузьмин П.А. Влияние антропогенного стресса на динамику аскорбиновой кислоты в растениях // Инновационная наука. N 5. 2015. С. 24–27. Zaripova R.S., Kuzmin P.A. Vliyanie antropogennogo stressa na dinamiku askorbinovoy kisloty v rasteniyakh [The influence of anthropogenic stress on the dynamics of ascorbic acid in plants] // Innovatsionnaya nauka. N 5. 2015. P. 24–27.
18. Скочилова Е.А., Закамская Е.С. Изучение биохимических показателей *Betula pendula* Roth. в условиях городской среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.15. N 3(2). 2013. С. 782–784. Skochilova E.A., Zakamskaya E.S. Izuchenie biokhimicheskikh pokazateley *Betula pendula* Roth. v usloviyakh gorodskoy sredy [The study of biochemical parameters of *Betula pendula* Roth. in urban environment] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Vol.15. N 3(2). 2013. P. 782–784.
19. Кригер Н.В., Козлов М.А., Баранов Е.С. Влияние техногенной нагрузки на содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений, произрастающих в разных районах города Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2013. С. 116–119. Kriger N.V., Kozlov M.A., Baranov E.S. Vliyanie tekhnogennoy nagruzki na sodержanie askorbinovoy kisloty v listyakh drevesnykh rasteniy, proizrastayushchikh v raznykh rayonakh goroda Krasnoyarska [The influence of technogenic load on the content of ascorbic acid in the leaves of woody plants growing in different parts of the city of Krasnoyarsk] // Vestnik KrasGAU. 2013. P. 116–119.
20. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: Монография. 1997. 120 с. Chupakhina G.N. Sistema askorbinovoy kisloty rasteniy: Monografiya [System of ascorbic acid in plants]. 1997. 120 p.

21. Половникова М. Г., Воскресенская О. Л. Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды // Физиология растений. 2008. Т. 55(5). С. 777–785.
Polovnikova M.G., Voskresenskaya O. L. Aktivnost komponentov antioksidantnoy zashchity i polifenoloksidazy u gazonnykh rasteniy v ontogeneze v usloviyakh gorodskoy sredy [The activity of the components of antioxidant protection and polyphenol oxidase in lawn plants in ontogeny in urban environments] // *Fiziologiya rasteniy*. 2008. Vol. 55(5). P. 777–785.
22. Яшин Д. А., Зайцев Г. А. Содержание пигментов фотосинтеза в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях уфимского промышленного центра // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17(6). С. 274–277.
Yashin D.A., Zaytsev G.A. Soderzhanie pigmentov fotosinteza v listyakh berezy povisloy (Betula pendula Roth) i duba chereschatogo (Quercus robur L.) v usloviyakh ufimskogo promyshlennogo tsentra [The content of photosynthetic pigments in leaves of birch (*Betula pendula* Roth) and oak quiver (*Quercus robur* L.) in the conditions of the Ufa industrial center] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015. 17(6). P. 274–277.
23. Per T., Khan I., Anjum N., Masood A., Hussain S., Khan N. Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters // *Environmental and Experimental Botany*. 2018. Vol. 145. P. 104–120.

Поступила в редакцию: 21.06.2018

UDC 581.151:615.322

**DYNAMICS OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES
IN FLOWERS OF *SAMBUCUS NIGRA* L. IN DEPENDENCE
ON THE DEGREE OF TECHNOGENIC POLLUTION**

A.Z. Glukhov, N.A. Vinogradova

Public Institution «Donetsk Botanical Garden»

This article presents the results of the study of the content of flavonoids, tannins, carotenoids, ascorbic and free organic acids in flowers of *Sambucus nigra* L. collected in the territory of the Donetsk region in places significantly different in the intensity of anthropogenic load. The influence of the conditions of technogenic environment on the content of various groups of biologically active substances in the flowers of *S. nigra* is analyzed. The prospects of using raw materials of *S. nigra* collected in Donbass for pharmacy are estimated.

Key words: *Sambucus nigra* L., biologically active substances, technogenic pollution