

## Экологическая валентность *Rosa corymbifera* Borkh. к условиям техногенной среды

Н. А. ВИНОГРАДОВА, А. З. ГЛУХОВ

Государственное учреждение “Донецкий ботанический сад”  
ДНР, 283059, Донецк, просп. Ильича, 110  
E-mail: arina0vinogradova@yandex.com

Статья поступила 02.11.2021

После доработки 19.02.2022

Принята к печати 28.02.2022

### АННОТАЦИЯ

Изучено влияние техногенного загрязнения на содержание биологически активных веществ и антиоксидантную активность плодов *Rosa corymbifera* Borkh. В условиях техногенной среды (на примере Донецкого региона) выявлено повышение концентрации антоцианов, дубильных веществ и оксикоричных кислот на фоне снижения уровня флавоноидов, аскорбиновой кислоты и полисахаридов. Наиболее значительно в условиях антропогенного прессинга изменяется содержание флавоноидов. Выявлено существенное (в 2 раза) повышение антиоксидантной активности в условиях техногенной нагрузки. Исследована взаимосвязь содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути) в почве (подвижные формы) и плодах. Оценено соответствие плодов *R. corymbifera*, заготовленных на территории Донецкого региона, требованиям нормативной документации.

**Ключевые слова:** *Rosa corymbifera* Borkh., техногенное загрязнение, тяжелые металлы, биологически активные вещества, антиоксидантная активность.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений биологических исследований является изучение экологической валентности лекарственных растений, т. е. их способности переносить неблагоприятные влияния окружающей среды. В связи с сокращением территорий, не испытывающих антропогенной нагрузки, не всегда возможно заготавливать лекарственное растительное сырье только на экологически чистых территориях. Это обуславливает актуальность исследования возможности использования в лечебных целях растений, произрастающих в урбанизированной среде. Однако заго-

товленное в таких условиях растительное сырье может являться источником поступления в организм человека токсикантов. Кроме того, при произрастании в техногенной среде в растениях может значительно изменяться содержание фармакологически ценных биологически активных веществ (БАВ), которые играют существенную роль в формировании экологической устойчивости растений.

Анализ возможности использования в фармации местных лекарственных растений особенно актуален для Донецкого региона в связи с утратой традиционной сырьевой базы. Это индустриальный регион, который

характеризуется высокой плотностью населения, насыщенностью транспортными коммуникациями и степенью хозяйственного освоения территории. Для городов Донбасса характерно загрязнение воздушного бассейна более чем 20 антропогенными ксенобиотиками, каждый третий анализ атмосферного воздуха не соответствует гигиеническим нормативам [Грищенко и др., 2017; Охотникова, 2017]. Почвы региона представлены в основном черноземами, свыше 95 % почв являются техногенно измененными [Земля тревоги нашей..., 2009; Грищенко и др., 2017; Ластков и др., 2017; Охотникова, 2017]. Для почв населенных пунктов характерна очаговая загрязненность тяжелыми металлами (ТМ) (валовое содержание некоторых из них превышает нормативы в 1,4–14 раз) [Грищенко и др., 2020]. Негативное воздействие антропогенного пресинга на растения усугубляется особенностями континентального климата со значительными колебаниями температуры воздуха и неравномерным распределением осадков в течение года [Земля тревоги нашей..., 2009]. Однако в настоящее время экологическая нагрузка в регионе на растительный мир несколько снизилась (например, за военный период концентрации в воздухе кадмия и свинца уменьшились в 6 раз) [Госман и др., 2020]. В связи с этим существует потенциальная возможность использования лекарственных растений региона в лечебной практике, но для этого необходимо оценить их экологическую безопасность и фармакологическую ценность.

Благодаря высокой декоративности, неприхотливости и засухоустойчивости многочисленные виды рода *Rosa* L. часто используются в озеленении городов [Евтухова, 2016; Соломенцева, 2020]. О высокой фармакологической ценности плодов шиповника свидетельствует включение статьи на них в новую (XIV издания) Государственную фармакопею Российской Федерации [Государственная фармакопея..., 2018]. Содержание фармакологически значимых метаболитов значительно варьируется как в плодах разных видов рода *Rosa* L., так и между особями одного и того же вида в зависимости от условий произрастания [Павлова, 2009; Fascella et al., 2019; Tolekova et al., 2020]. Влияние природно-климатических факторов на содержание БАВ в плодах различных видов шиповника изучено достаточ-

но полно, в отличие от воздействия техногенной среды.

К растениям природной флоры Донецкого региона относится шиповник щитконосный (*Rosa corymbifera* Borkh.). В связи с его распространенностью в пределах Донецкого региона, в том числе и в городской среде, возможен сбор плодов местным населением и употребление их с пищевой или лекарственной целью, что обуславливает актуальность анализа экологической безопасности этого сырья. А тот факт, что этот вид разрешен к применению в официальной медицине [ГОСТ 1994–93..., 1995], ставит вопрос о возможности заготовки плодов растений *R. corymbifera*, произрастающих на территории Донецкого региона, для нужд фармации.

Цель работы: исследование влияния техногенной нагрузки на химический состав, антиоксидантную активность и экологическую безопасность плодов *R. corymbifera*.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись плоды *R. corymbifera*. Их заготавливали на территории Донецкого региона в зонах с различной степенью антропогенного воздействия. За контроль принято урочище “Балка Певчая” как зона региона, максимально отдаленная от антропогенных источников загрязнения. В качестве зоны умеренной техногенной нагрузки выбрана искусственная экосистема Донецкого ботанического сада, расположенного на окраине г. Донецка (анализируемые растения произрастали на значительном расстоянии от автотрассы). Зонай сильной техногенной нагрузки считали аллеиное насаждение вдоль одной из наиболее крупных автотрасс г. Донецка с интенсивным движением. Жизненное состояние растений оценивали по шестибалльной шкале повреждений деревьев и кустарников в зоне воздействия технологических эмиссий [Тарабрин и др., 1986]. Состояние растений, произрастающих в условиях контроля и умеренной техногенной нагрузки, оценено как хорошее, в условиях сильной нагрузки – удовлетворительное. Плоды заготавливали в период полного созревания. Выборка растений составляла 5 особей на каждом исследуемом участке. Пробы для анализов отбирали с помощью выделения средней пробы

методом квартования в соответствии с фармакопейными требованиями [Государственная фармакопея..., 2018]. Эксперименты проводили на высушенном сырье, в трех аналитических повторностях.

Для определения содержания дубильных веществ (в пересчете на танин) и аскорбиновой кислоты использовали фармакопейные титриметрические методы, концентрацию флавоноидов (в пересчете на рутин), антоцианов (в пересчете на цианидина-3-О-глюкозид) и оксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту) оценивали спектрофотометрически, влажность – гравиметрически [Государственная фармакопея..., 2018]. Концентрацию каротиноидов (в пересчете на  $\beta$ -каротин) определяли спектрофотометрически [Государственная фармакопея..., 2008], свободных органических кислот (в пересчете на яблочную кислоту) – титриметрически [ГОСТ 1994–93..., 1995]. Все результаты по содержанию БАВ приведены в пересчете на абсолютно сухое сырье. Для определения преобладающей группы дубильных веществ использовали качественную реакцию с железоаммониевыми квасцами (к 2 мл извлечения добавляли 4 капли квасцов, образование черно-синего окрашивания свидетельствует о присутствии гидролизуемых дубильных веществ, черно-зеленого – конденсируемых) [Ковалев и др., 2003]. Антиоксидантную активность оценивали с помощью модельной реакции аутоокисления адреналина *in vitro* в щелочной среде [Хасанова и др., 2007].

Образцы почв отбирали в момент сбора растительного материала из корнеобитаемого слоя на глубине 0–10 см. На каждом исследуемом участке брали точечные пробы методом конверта (четыре точки в углах и одна в центре), затем путем смешивания составляли объединенную пробу (массой не менее 1 кг) [Методические указания..., 1992]. Экстракцию подвижных форм металлов проводили ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Содержание ТМ определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [Государственная фармакопея..., 2018].

Для оценки степени загрязнения почв ТМ целесообразно использовать сравнение с их фоновым содержанием в конкретном регионе. В частности, это необходимо при анализе уровня подвижных форм кадмия и ртути,

для которых в настоящее время отсутствует общепринятая предельно допустимая концентрация (ПДК). Поскольку данные по фоновому содержанию подвижных форм исследуемых ТМ в почвах Донецкого региона в доступной литературе отсутствуют, сравнивали с зоной условного контроля. Были рассчитаны коэффициенты техногенной концентрации, равные отношению содержания токсиканта в исследуемой почве к его фоновому содержанию [Методические указания..., 1999]. Полученные данные обрабатывали статистически и представляли в виде средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Статистическую значимость различий между содержанием БАВ в плодах растений *R. corymbifera*, произрастающих в условиях умеренной и сильной техногенной нагрузки, с контролем определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты определения содержания различных групп БАВ в плодах растений *R. corymbifera*, произрастающих на территории Донецкого региона в условиях техногенной нагрузки различной интенсивности, представлены в табл. 1.

В условиях техногенной среды выявлено уменьшение по сравнению с контролем концентрации флавоноидов, аскорбиновой кислоты и полисахаридов. Наиболее существенно в условиях загрязнения изменяется содержание флавоноидов (в условиях сильной техногенной нагрузки их концентрация снижается в 7 раз по сравнению с контролем). При этом уровень таких фенольных метаболитов, как антоцианы, дубильные вещества и оксикоричные кислоты, напротив, повышается. Между содержанием свободных органических кислот в плодах *R. corymbifera*, заготовленных в условиях разного уровня техногенной нагрузки, отсутствует достоверная разница, наблюдается тенденция к повышению их концентрации с усилением загрязнения.

Помимо определения содержания отдельных групп БАВ в плодах *R. corymbifera* проведена оценка суммарной антиоксидантной активности этого растительного материала, которую выражали в процентах ингибирования аутоокисления адреналина (табл. 2). Согласно методике можно говорить о наличии

Влияние техногенной нагрузки на содержание биологически активных веществ в плодах *Rosa corymbifera* Borkh. (в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье)

Группа биологически активных веществ	Интенсивность техногенной нагрузки в зоне заготовки сырья		
	сильная	умеренная	контроль
Флавоноиды (в пересчете на рутин)	0,03 ± 0,006***	0,12 ± 0,02*	0,21 ± 0,02
Аскорбиновая кислота	0,37 ± 0,01***	0,39 ± 0,01***	0,49 ± 0,01
Дубильные вещества (в пересчете на танин)	3,58 ± 0,15**	2,30 ± 0,19	2,75 ± 0,14
Каротиноиды (в мг%, в пересчете на β-каротин)	0,022 ± 0,001***	0,065 ± 0,004***	0,035 ± 0,001
Свободные органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту)	12,85 ± 0,45	12,74 ± 0,39	11,79 ± 0,54
Оксикоричные кислоты (в пересчете на хлорогеновую кислоту)	0,69 ± 0,05**	0,65 ± 0,06**	0,43 ± 0,02
Антоцианы (в пересчете на цианидина-3-О-глюкозид)	0,20 ± 0,01**	0,17 ± 0,01*	0,13 ± 0,01
Водорастворимые полисахариды	22,00 ± 0,9**	23,28 ± 1,23*	27,09 ± 1,03

П р и м е ч а н и е. Достоверность различий с контролем: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Антиоксидантная активность плодов *Rosa corymbifera* Borkh.

Зона заготовки сырья	Антиоксидантная активность, %		
	3 мин	5 мин	7 мин
Контроль	40,95 ± 1,23	35,89 ± 1,96	31,25 ± 1,33
Умеренная техногенная нагрузка	68,11 ± 2,12***	65,94 ± 1,20***	60,02 ± 1,89***
Сильная техногенная нагрузка	74,12 ± 2,11***	72,7 ± 2,03***	68,21 ± 1,04***

П р и м е ч а н и е. Достоверность различий с контролем: \*\*\* –  $p < 0,001$ .

антиоксидантной активности у исследуемого сырья, если данный показатель превышает 10 % [Хасанова и др., 2007].

Установлено, что все исследуемые извлечения из плодов *R. corymbifera* обладают антиоксидантной активностью, которая повышается в условиях техногенной среды. С течением времени в модельной реакции наблюдается постепенное снижение способности ингибировать свободнорадикальное окисление, что связано с исчерпанием антиоксидантов.

Согласно действующей нормативной документации Российской Федерации при оценке экологической безопасности лекарственного растительного сырья в нем нормируется содержание таких ТМ, как свинец, кадмий и ртуть [Государственная фармакопея..., 2018]. Эти поллютанты отличаются высокой распространенностью в условиях городской среды. В табл. 3 представлены результаты ис-

следования содержания подвижных (наиболее доступных растениям) форм металлов в почвах анализируемых зон Донецкого региона и в плодах *R. corymbifera*.

В условиях урбанизированной среды Донецкого региона уровень ТМ в почве повышается по сравнению с экологически чистой территорией. Рассчитанные нами коэффициенты техногенной концентрации металлов составляли: по свинцу – 3 (умеренная техногенная нагрузка) и 16 (сильная техногенная нагрузка), по кадмию – 2 и 3 соответственно, что свидетельствует о загрязнении почв городской среды. Во всех анализируемых плодах *R. corymbifera* содержание свинца остается минимальным, несмотря на рост его уровня в почве с усилением антропогенного прессинга. Наибольшая концентрация кадмия и ртути выявлена в плодах, заготовленных в условиях умеренного загрязнения.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах исследуемых зон Донецкого региона и плодах *Rosa corymbifera* Borkh.

Интенсивность техногенной нагрузки	Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг		
	Pb	Cd	Hg
Почва			
Контроль	0,1 ± 0,001	0,3 ± 0,002	Менее 0,01
Умеренная	0,3 ± 0,002	0,6 ± 0,002	Менее 0,01
Сильная	1,6 ± 0,006	0,9 ± 0,003	Менее 0,01
Предельно допустимое содержание [Гигиенические нормативы..., 2006]	6,0	–	–
Плоды <i>Rosa corymbifera</i> Borkh.			
Контроль	Менее 0,05	Менее 0,001	0,02 ± 0,001
Умеренная	Менее 0,05	0,014 ± 0,001	0,07 ± 0,003
Сильная	Менее 0,05	Менее 0,001	0,05 ± 0,002
Предельно допустимое содержание [Государственная фармакопея..., 2018]	6,0	1,0	0,1

П р и м е ч а н и е. «–» означает отсутствие общепринятого предельно допустимого содержания

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Выявленное в плодах *R. corymbifera* снижение в условиях урбанизированной среды содержания таких метаболитов, как флавоноиды, аскорбиновая кислота и водорастворимые полисахариды, может свидетельствовать об угнетении их биосинтеза, также необходимо учитывать участие флавоноидов и аскорбиновой кислоты в нейтрализации свободных радикалов и расщепление флавоноидов на хелатирование ТМ [Петухов и др., 2019].

В литературе встречаются противоречивые данные об изменении содержания аскорбиновой кислоты и различных групп фенольных соединений под действием поллютантов. Имеются данные как о повышении их содержания в условиях загрязнения, так и о снижении [Pasqualinia et al., 2003; Чупахина и др., 2014; Бухарина и др., 2015; Виноградова, Глухов, 2021]. Вероятно, помимо условий произрастания, преобладающих ингредиентов эмиссий и их концентраций это зависит от вида растения, в том числе от вклада той или иной группы веществ в антиоксидантную систему исследуемого организма наряду с другими низкомолекулярными антиоксидантами. Выявленное нами повышение в условиях урбанизированной среды концентрации антоцианов,

дубильных веществ и оксикоричных кислот свидетельствует об участии данных метаболитов в адаптации исследуемых растений к техногенной нагрузке и может быть связано с антиоксидантными свойствами этих метаболитов. Индукцию синтеза именно этих групп фенольных соединений в качестве адаптивной реакции растений на загрязнение можно считать характерной особенностью растений *R. corymbifera*. Вероятно, это в некоторой мере компенсирует недостаток других эндогенных антиоксидантов.

С помощью качественной реакции с железозамонийными квасцами (наблюдали образование черно-зеленого окрашивания) доказано преобладание в плодах *R. corymbifera* конденсированных дубильных веществ. Эта группа фенольных метаболитов представляет собой полимеры лейкоантоцианов или катехинов или сополимеры этих флавоноидов. Как видно из табл. 1, уровень флавоноидов в исследуемом сырье снижается, а дубильных веществ – повышается. Наблюдаемая картина согласуется с литературными данными, свидетельствующими о влиянии ТМ на экспрессию генов, принимающих участие в биосинтезе различных групп фенольных соединений [Bernia et al., 2019; Nihal et al., 2019].

Интересная динамика отмечена для содержания каротиноидов в плодах *R. corymbifera* при усилении антропогенной нагрузки. В условиях умеренной степени загрязнения наблюдается увеличение концентрации данных метаболитов, что, возможно, является ответной реакцией *R. corymbifera* на увеличение содержания свободных радикалов. При дальнейшем возрастании техногенной нагрузки уровень каротиноидов снижается. Такая немонотонная зависимость является горметической (стимулирующий эффект низких доз токсиканта) и, вероятно, вносит свой вклад в биологическую пластичность растений исследуемого вида [Ерофеева, 2016].

Согласно действующей в Российской Федерации нормативной документации в лечебных целях разрешено использование плодов шиповника, в которых содержится не менее 0,2 % аскорбиновой кислоты и не менее 2,6 % свободных органических кислот [ГОСТ 1994–93..., 1995; Государственная фармакопея..., 2018]. Все анализируемые плоды *R. corymbifera* соответствуют этим требованиям. В Европейской фармакопее к содержанию аскорбиновой кислоты в плодах шиповника предъявляют более строгие требования (не менее 0,3 %) [European pharmacopoeia..., 2019]. Плоды *R. corymbifera*, заготовленные на Донбассе, удовлетворяют и этому условию (содержание аскорбиновой кислоты 0,37 % – 0,49 %).

Универсальной неспецифической реакцией живых организмов на воздействие неблагоприятных факторов является индукция свободнорадикального окисления, что может привести к окислению липидов, углеводов, нуклеиновых кислот. Устойчивость растений к техногенной нагрузке во многом зависит от функционирования многокомпонентной антиоксидантной системы, важной составляющей которой являются низкомолекулярные антиоксиданты. Растения, у которых наблюдается снижение содержания неферментативных антиоксидантов, являются гиперчувствительными к стрессовому воздействию [Ali et al., 2019]. Выявленное значительное (в 2 раза) повышение антиоксидантной активности в условиях техногенной среды свидетельствует о способности *R. corymbifera* противостоять развитию окислительного стресса. Это может быть частично связано с выявленным нами

повышением в плодах *R. corymbifera* в условиях городской среды уровня таких фенольных метаболитов, как дубильные вещества, антоцианы и оксикоричные кислоты. Это согласуется с литературными данными о том, что антиоксидантная активность плодов различных видов шиповника определяется содержанием фенольных соединений [Oprica et al., 2016; Fascella et al., 2019]. Полученные результаты, распространенность растений *R. corymbifera* и широкая применяемость плодов шиповника с лечебной и пищевой целью обуславливают их ценность как источника антиоксидантов.

Выявленное минимальное содержание свинца в плодах растений *R. corymbifera* даже при произрастании вдоль автотрассы может быть связано с увеличением в условиях загрязнения концентрации оксикоричных кислот. Эти метаболиты способствуют снижению аккумуляции свинца [Прудников, 2016]. Наибольшая концентрация кадмия выявлена в плодах растений, произрастающих в условиях умеренной степени загрязнения. В условиях сильной техногенной нагрузки его содержание в плодах снижается, что, вероятно, обусловлено активацией физиологических барьеров, препятствующих поступлению чрезмерного количества поллютанта в репродуктивные органы. Аналогичная картина наблюдается для концентрации ртути в плодах, при этом содержание этого металла во всех исследованных образцах почвы было минимальным, что свидетельствует о его азротехногенном поступлении в растения.

Надо отметить, что до 2015 г. в России отсутствовали общепринятые нормы содержания ТМ в лекарственном растительном сырье, различные авторы в качестве ориентировочных критериев экологической чистоты растительного материала использовали допустимые уровни, принятые для чая, овощей, фруктов и биологически активных добавок на растительной основе (некоторые из них представлены в табл. 4).

В настоящее время согласно действующей российской фармакопейной статье в лекарственном растительном сырье содержание свинца не должно превышать 6,0 мг/кг, кадмия – 1,0 мг/кг, ртути – 0,1 мг/кг [Государственная фармакопея..., 2018]. Содержание ТМ во всех исследуемых плодах *R. corymbi-*

## Допустимые уровни содержания тяжелых металлов

Пищевые продукты и сырье	Содержание, мг/кг		
	Pb	Cd	Hg
Лекарственное растительное сырье и лекарственные растительные препараты [Государственная фармакопея..., 2018]	6,0	1,0	0,1
Лекарственное растительное сырье [Pharmacopoeia..., 2005]	5,0	0,3	0,2
Употребляемые человеком лекарственные травы [World Health Organization..., 2005]	10,0	0,3	–
Растительные лекарственные средства и жирные масла, растения для гомеопатических препаратов [European pharmacopoeia..., 2019]	5,0	1,0	0,1
Фрукты, кроме ягод и ягодных кустарников [Державні гігієнічні правила..., 2013]	0,1	0,03	0,02
Ягоды и ягодные кустарники [Державні гігієнічні правила..., 2013]	0,2	0,03	0,02
Овощи, картофель, бахчевые, фрукты, ягоды и продукты из них [Технический регламент..., 2011]	0,5	0,03	0,02
Напитки на настоях и эссенциях [СанПин 2.3.2.1078–01..., 2001]	0,3	0,03	0,005
Чай [СанПин 2.3.2.1078–01..., 2001]	6,0	1,0	0,1
Биологически активные добавки на основе чистых субстанций (витамины, минеральные вещества, органические кислоты и др.) или их концентратов (экстракты растений и др.) [СанПин 2.3.2.1078–01..., 2001]	5,0	1,0	1,0
Биологически активные добавки жидкие на растительной основе (эликсиры, бальзамы, настойки и др.) [СанПин 2.3.2.1078–01..., 2001]	0,5	0,03	0,01

*fera* соответствует этим требованиям. Это согласуется с тем, что наименьшая концентрация токсикантов обычно отмечается в плодах и семенах [Савинцева, 2015]. При этом концентрация ртути в плодах в зоне с умеренной техногенной нагрузкой составляет 0,07 мг/кг и приближается к ПДК. Обращает на себя внимание тот факт, что допустимые уровни ТМ в различных нормативных документах (см. табл. 4) значительно различаются, в некоторых случаях – на порядок. В частности, в плодах *R. corymbifera*, заготовленных на Донбассе, содержание ртути превышает допустимый уровень, указанный для фруктов, ягод, овощей и продуктов из них в Техническом регламенте Таможенного союза “О безопасности пищевой продукции” [Технический регламент..., 2011].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техногенное загрязнение среды вызывает разнонаправленные реакции БАВ в плодах *R. corymbifera* (уменьшение концентрации флавоноидов, аскорбиновой кислоты и водорастворимых полисахаридов и повышение со-

держания антоцианов, дубильных веществ и оксикоричных кислот).

Плоды *R. corymbifera*, заготовленные на территории Донецкого региона, соответствуют требованиям нормативной документации по содержанию аскорбиновой кислоты и свободных органических кислот. Выявлена высокая антиоксидантная активность плодов *R. corymbifera*, увеличивающаяся в условиях индустриальной среды.

Содержание подвижных форм свинца и кадмия в почвах урбанизированной территории превышает фоновые значения, что свидетельствует о возрастании техногенной нагрузки. Уровень ртути в плодах *R. corymbifera* в несколько раз выше, чем в почве, и увеличивается в условиях техногенного загрязнения, что свидетельствует о ее аэротехногенном поступлении. Наибольшее содержание кадмия и ртути отмечено в плодах растений *R. corymbifera*, произрастающих в условиях умеренной степени загрязнения, уровень свинца во всех анализируемых растительных пробах минимальный. При этом содержание металлов во всех исследуемых образцах плодов *R. corymbifera* находится в пределах

допустимых значений для лекарственного растительного сырья, что обуславливает возможность их использования в фармации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бухарина И. Л., Кузьмина А. М., Кузьмин П. А. Особенности содержания танинов в листьях древесных растений в техногенной среде // Химия раст. сырья. 2015. № 4. С. 71–76. doi: 10.14258/jcrpm.201504711
- Виноградова Н. А., Глухов А. З. Эколого-фитохимические особенности *Crataegus fallacina* Klokov в условиях техногенного загрязнения // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, № 1. С. 115–124. doi: 10.15372/SEJ20210110 [Vinogradova N. A., Glukhov A. Z. Ecological and phytochemical features of *Crataegus fallacina* Klokov under conditions of technogenic pollution // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, N 1. P. 90–97. doi: 10.1134/S1995425521010091]
- Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. (Утв. Гл. гос. сан. врачом Российской Федерации 23.01.2006 г.). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
- Госман Д. А., Романченко М. П., Сабадаш О. В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха города Донецка тяжелыми металлами на заболеваемость населения // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк, 2020. С. 180–182.
- ГОСТ 1994–93. Плоды шиповника. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1995. 16 с.
- Государственная фармакопея Республики Беларусь. Т. 2 / УП “Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении”; под общ. ред. А. А. Шерякова. Молодечно: Победа, 2008. 472 с.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018. 1449 с.
- Грищенко С. В., Грищенко И. И., Костенко В. С., Зорькина А. В., Минаков Г. Р., Евтушенко О. В., Якимова К. А. Комплексная эколого-гигиеническая оценка современного состояния окружающей среды // Вестн. гигиены и эпидемиологии. 2017. Т. 21, № 2. С. 84–85.
- Грищенко С. В., Грищенко И. И., Федосеева И. С., Правделов С. С., Костенко В. С., Якимова К. А., Мороховец С. А., Минаков Д. Г., Евтушенко Е. И. Современные особенности химического состава почв населенных мест Донецкой Народной Республики // Вестн. гигиены и эпидемиологии. 2020. Т. 24, № 4. С. 405–412.
- Державні гігієнічні правила і норми “Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах”. 2013. [Электронный ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13> (дата обращения: 10.09.2021).
- Евтухова М. В. Изучение эколого-биологической изменчивости представителей рода *Rosa* L. для селекции в условиях юго-запада ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Рамонь, 2016. 27 с.
- Ерофеева Е. А. Гормезис и парадоксальные эффекты у растений в условиях автотранспортного загрязнения и при действии поллютантов в эксперименте: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Нижний Новгород, 2016. 45 с.
- Земля тревоги нашей. По материалам докладов о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2007–2008 годах / под ред. С. Третьякова, Г. Аверина. Донецк, 2009. 124 с.
- Ковалев В. Н., Попова Н. В., Кисличенко В. С. Практикум по фармакогнозии / под общ. ред. В. Н. Ковалева. Харьков: Изд-во НФаУ; Золотые страницы, 2003. 512 с.
- Ластков Д. О., Бессмертный А. Н., Госман Д. А., Талёб Аль Каравани Я. Б. Влияние уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами на заболеваемость населения Донецка // Университ. клиника. 2017. Приложение. С. 82.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (утв. Министра сельского хозяйства РФ 10.03.1992). М., 1992. 62 с.
- Методические указания 2.1.7.730–99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (утв. Минздравом РФ 07.02.1999). М., 1999. 26 с.
- Охотникова М. В. Гигиеническая оценка экологической среды городов индустриализированного региона и ее роли в формировании здоровья населения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Донецк, 2017. 23 с.
- Павлова Е. П. Влияние эколого-фитоценологических факторов на накопление биологически активных веществ в плодах *Rosa acicularis* Lindley и *Rosa davurica* Pallas (Западное Забайкалье): дис. ... канд. биол. наук. Улан Удэ, 2009. 108 с.
- Петухов А. С., Хритохин Н. А., Петухова Г. А., Кремлева Т. А. Фенольная система защиты растений в условиях загрязнения среды г. Тюмени тяжелыми металлами // Уч. зап. Казан. ун-та. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 161, кн. 1. С. 93–107. doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.93-107.
- Прудников П. С. Протекторный эффект гидроксикоричных кислот в условиях интоксикации растений *Fragaria ananassa* Duch свинцом // Вестн. ОрелГАУ. 2016. Т. 2 (59). С. 96–102. doi: 10.15217/48484
- Савинцева Л. С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2015. 169 с.
- СанПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Утвержден 06.11.2001. 223 с.
- Соломенцева А. С. Зимостойкость и засухоустойчивость видов шиповника в условиях Нижнего Поволжья // Сиб. лесн. журн. 2020. № 2. С. 55–62. doi: 10.15372/SJFS20200206.
- Тарабрин В. П., Кондратюк Е. Н., Башкатов В. Г. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнений. Киев: Наук. думка, 1986. 215 с.
- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 “О безопасности пищевой продукции”. Утвержден 09.12.2011 (с изменениями на 8 августа 2019 года). 263 с.
- Хасанова С. Р., Плеханова Т. И., Гашимова Д. Т., Галиахметова Э. Х., Клыш Е. А. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2007. № 1. С. 163–166.
- Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрыпник Л. Н., Чупахина Н. Ю., Полтавская Р. Л., Федурев П. В. Влияние условий Балтийского региона на накопление в растениях водорастворимых антиоксидантов // Изв. АН. Сер. хим. 2014. № 9. С. 1946–1954.

- Ali M. A., Fahad S., Haider I., Ahmed N., Ahmad S., Husain S., Arshad M. Oxidative stress and antioxidant defense in plants exposed to metal / metalloids toxicity // *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms*. 2019. Vol. 1, First Edition. P. 353–370.
- Bernia R., Luyckx M., Xu X., Legayd S., Sergeant K., Hausmand J., Luttsc S., Cai G., Guerriero G. Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism // *Environ. and Experim. Bot.* 2019. 161. P. 98–106. doi: 10.1016/j.envexpbot.2018.10.017
- European pharmacopoeia: 10th ed. Vol. 1. Strasbourg, France, 2019. 4370 p.
- Fascella G., Mammano M. M., D'Angiolillo F. Leaf methanolic extracts from four Sicilian rose species: bioactive compounds content and antioxidant activity // *Acta Horticulturae*. 2019. Vol. 1232. P. 81–88. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1232.13
- Nihal A., Mithun P. R., Praveen N. Effect of heavy metals (Hg, As and La) on biochemical constituents of *Spinacia oleracea* // *J. Pharmac. and Phytochem.* 2019. Vol. 8 (3). P. 669–674.
- Oprica L., Bucsa C., Zamfirache M. M. Evaluation of some phytochemical constituents and the antioxidant activity in six rosehips species collected from different altitude of Suceava District // *Genetica si Biologie Moleculara*. 2016. XVII. P. 1–9
- 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. N 52. P. 239–248. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00268-6
- Pharmacopoeia of the people's republic of China. Vol. 1. Peoples medical publishing house, 2005. 975 p.
- Tolekova S., Sharmanov T., Sinyavskiy Y., Berzhanova R., Mammadov R. Antioxidant, pharmacological, medical properties and chemical content of *Rosa L.* Extracts // *Int. J. Second. Metab.* 2020. Vol. 7, N 3. P. 200–212. doi: 10.21448/ijsm.726140
- World Health Organization (WHO). Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials. Geneva, Switzerland, 2005. 171 p.

## Ecological valence of *Rosa corymbifera* Borkh. to the conditions of the technogenic environment

N. A. VINOGRADOVA, A. Z. GLUKHOV

*State Institution "Donetsk Botanical Garden"*  
283059, Donetsk, Ilyich av., 110  
E-mail: Arina0@meta.ua

The article presents an analysis of the influence of technogenic pollution on the content of biologically active substances and the antioxidant activity of the fruits of *Rosa corymbifera* Borkh. In the technogenic environment (on the example of the Donetsk region) were revealed an increase in the concentration of anthocyanins, tannins and oxcinnamic acids and a decrease in the level of flavonoids, ascorbic acid and polysaccharides. In the conditions of anthropogenic pressure, the content of flavonoids changes most significantly. A significant (2 times) increase in antioxidant activity under conditions of technogenic load was revealed. The interrelation of the content of heavy metals (lead, cadmium, mercury) in the soil (mobile forms) and fruits was evaluated. The conformity of the fruits of plants *R. corymbifera*, growing in the Donetsk region, to the requirements of the regulatory documents was evaluated.

**Key words:** *Rosa corymbifera* Borkh.; technogenic pollution; heavy metals; biologically active substances; antioxidant activity.