

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4-147-153>
УДК 615.322; 574.24



Оригинальная статья / Research article

Особенности накопления восстанавливающих сахаров цветками липы сердцевидной (*Tilia cordata* Miller, 1768) в Воронежской области

Н. А. Дьякова*, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов, Е. А. Бобина, Л. А. Шишорина

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (ВГУ), 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

*Контактное лицо: Дьякова Нина Алексеевна. E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

ORCID: Н. А. Дьякова – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>; А. И. Сливкин – <https://orcid.org/0000-0001-6934-0837>; С. П. Гапонов – <https://orcid.org/0000-0001-8430-5693>; Е. А. Бобина – <https://orcid.org/0000-0002-4836-2401>; Л. А. Шишорина – <https://orcid.org/0000-0002-1297-5126>.

Статья поступила: 11.05.2020

Статья принята в печать: 19.10.2021

Статья опубликована: 25.11.2021

Резюме

Введение. Цветки липы сердцевидной применяются преимущественно в виде водных извлечений, а фармакологический эффект обусловлен водорастворимыми соединениями, основу которых составляют полисахариды. Изучение особенностей накопления данной группы соединений является актуальным.

Цель. Изучение особенностей накопления суммы восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, заготовленных в агро- и урбоценозах Воронежской области.

Материалы и методы. В Воронежском регионе была выбрана 51 точка заготовки цветков липы сердцевидной. Объектом исследования стали цветки липы сердцевидной – широко распространенных на территории России – вида листопадных деревьев. Для изучения содержания суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу – основной группы биологически активных веществ в цветках липы сердцевидной – использовали методику ФС.2.5.0024.15 «Липы цветки». Для подробного изучения влияния основных поллютантов (тяжелых металлов и мышьяка) на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной анализировали коэффициенты корреляции.

Результаты и обсуждение. Все проанализированное лекарственное растительное сырье признано доброкачественным по содержанию восстанавливающих сахаров. Образцы, собранные на контрольных (заповедных) территориях, содержат восстанавливающие сахара в количестве от 13,31 до 16,89 %, что в 6–8 раз больше нижнего числового показателя, установленного нормативной документацией. В лекарственном растительном сырье, собранном в агроценозах региона, концентрация восстанавливающих сахаров варьирует от 6,12 до 16,68 %, что в 3–8 раз больше приведенного в фармакопейной статье числового показателя. Для цветков липы сердцевидной, заготовленных в урбоценозах региона, показано более низкое содержание восстанавливающих сахаров, чем для образцов заповедных зон (2,35–13,49 %). Рассчитанные значения коэффициентов корреляции показали заметное отрицательное влияние кадмия, хрома, кобальта, меди, цинка, а также умеренное отрицательное влияние свинца и ртути на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной.

Заключение. Наиболее низкое содержание восстанавливающих сахаров выявлено в образцах, заготовленных на улицах крупных городов области, вдоль автомобильных трасс и железной дороги. Это позволяет сделать вывод об отрицательном влиянии антропогенной нагрузки на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной. Вероятно, прочные комплексы сахаридов с тяжелыми металлами затрудняют реакцию с комплексообразователем, используемым в методике количественного определения восстанавливающих сахаров. Это выражается некоторым ложным снижением показателей содержания биологически активных веществ.

Ключевые слова: Воронежская область, липа сердцевидная, восстанавливающие сахара, глюкоза, агроценозы, урбоценозы

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А. И. Сливкин, Н. А. Дьякова, С. П. Гапонов придумали и разработали эксперимент. Н. А. Дьякова, Е. А. Бобина, Л. А. Шишорина провели фармакогностическое исследование и расчеты. Все авторы участвовали в обсуждении результатов и написании статьи.

Для цитирования: Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Бобина Е. А., Шишорина Л. А. Особенности накопления восстанавливающих сахаров цветками липы сердцевидной (*Tilia cordata* Miller, 1768) в Воронежской области. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2021;10(4):147–153. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4-147-153>

Accumulation of Reducing Sugars by Small-leaved Linden Flowers (*Tilia cordata* Miller, 1768) in the Voronezh Region of Russia

Nina A. Dyakova*, Alexey I. Slivkin, Sergey P. Gaponov, Elizaveta A. Bobina, Lilia A. Shishorina

Voronezh State University, 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394006, Russia

*Corresponding author: Nina A. Dyakova. E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

ORCID: Nina A. Dyakova – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>; Alexey I. Slivkin – <https://orcid.org/0000-0001-6934-0837>; Sergey P. Gaponov – <https://orcid.org/0000-0001-8430-5693>; Elizaveta A. Bobina – <https://orcid.org/0000-0002-4836-2401>; Lilia A. Shishorina – <https://orcid.org/0000-0002-1297-5126>.

Received: 11.05.2020

Revised: 19.10.2021

Published: 25.11.2021

© Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Бобина Е. А., Шишорина Л. А., 2021

© Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Bobina E. A., Shishorina L. A., 2021

Abstract

Introduction. Small-leaved linden flowers are mainly used for aquatic extracts, and their pharmacological benefit is based on water-soluble polysaccharides.

Aim. The aim of this study was to investigate the rate of accumulating all reducing sugars in small-leaved linden flowers, collected in agro- and urbo-cenoses of the Voronezh region.

Materials and methods. 51 sites were selected for collecting flowers from the small-leaved linden, which is a widespread deciduous tree species in Russia. In order to determine the total level of reducing sugars in the samples, we measured glucose levels using the method described in Pharmacopoeia article "Linden Flower". Correlation coefficients were analyzed to examine in detail the effect of the major pollutants (heavy metals and arsenic) on the accumulation of reducing sugars in small-leaved linden flowers.

Results and discussion. All analyzed samples of medicinal plant raw materials were benign in terms of their reducing sugar levels. Samples collected in control (protected) areas contained reducing sugar levels 13.31 to 16.89 %, which is 6–8 times more than the lower numerical value established by the Pharmacopoeia article. In the agrocenoses of the region, the concentration of reducing sugars varied from 6.12 to 16.68 %, which is 3–8 times more than the value given in the Pharmacopoeia article. In the urbocenoses of the region, a lower level of reducing sugars was found compared to samples from protected areas (2.35–13.49 %). Correlation coefficients showed a noticeable negative impact of cadmium, chromium, cobalt, copper, zinc, as well as a moderate negative effect of lead and mercury on the accumulation of reducing sugars in the small-leaved linden flowers.

Conclusion. The lowest concentrations of reducing sugars were detected in samples harvested along the streets of large cities in the region, and along highways, roads and railways. This suggests that anthropogenic factors might negatively impact the accumulation of reducing sugars in small-leaved linden flowers in these areas. At the same time, it is possible that saccharide complexes might have reacted with heavy metals instead of the complexing agent when levels of reducing sugars in the samples were quantitatively determined. This would have the effect of underrepresenting reducing sugar levels in the raw materials.

Keywords: Voronezh region, small-leaved linden, reducing sugars, glucose, agrocenoses, urbocenoses

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Alexey I. Slivkin, Nina A. Dyakova, Sergey P. Gaponov invented and developed the experiment. Nina A. Dyakova, Elizaveta A. Bobina, Lilia A. Shishorina conducted pharmacognostic research and calculations. All authors participated in the discussion of the results and writing of the article.

For citation: Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Bobina E. A., Shishorina L. A. Accumulation of reducing sugars by small-leaved linden flowers (*Tilia cordata* Miller, 1768) in the Voronezh region of Russia. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv = Drug development & registration*. 2021;10(4):147–153. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4-147-153>

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к препаратам на основе растительного сырья возрастает с каждым годом. Это объясняется высокой терапевтической эффективностью таких лекарственных средств, а также, что наиболее важно, безвредностью и отсутствием побочных эффектов. При этом значительная доля заготовок лекарственных растений осуществляется в Центральной полосе России, отличающейся высокой плотностью населения, активной хозяйственной деятельностью, развитой сетью транспортных магистралей, большим количеством промышленных производств, интенсивными технологиями ведения сельского хозяйства [1–3]. В данных условиях нарастает угроза заготовки растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, а потому актуальным становится выявление влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [4, 5].

Одним из видов, сырье от которого собирается от дикорастущих особей, является липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) – широко распространенное на территории России листопадное дерево, цветки которого издавна используются в медицине в качестве противовоспалительного, потогонного, успокаиваю-

щего, жаропонижающего, мочегонного средства [6–9]. Широкое фармацевтическое и медицинское применение обусловлено богатым химическим составом цветков липы сердцевидной, основу которого составляют полисахариды, сапонины, дубильные вещества, эфирные масла, витамины, макро- и микроэлементы [10–13].

Известно, что в стрессовых для растения условиях обитания активизируется синтез веществ антиоксидантной активности – низкомолекулярных пептидов, органических кислот, флавоноидных соединений. При этом анализ литературных данных о влиянии стрессовой антропогенной нагрузки на биосинтез в растениях веществ полисахаридной природы показал отсутствие данных [14–17].

Цель работы – изучение особенностей накопления суммы восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, заготовленных в агро- и урбоценозах Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор территорий для заготовки цветков липы сердцевидной объясняется особенностями антропогенного воздействия (рисунок 1, таблица 1) заповед-

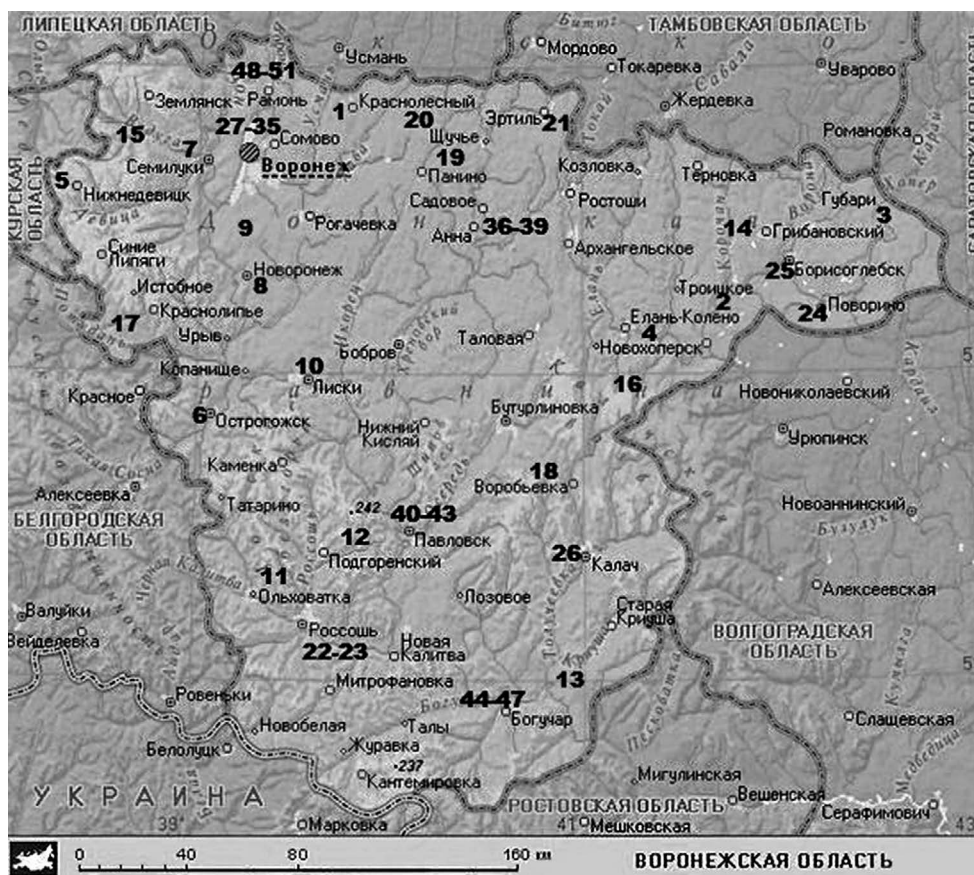


Рисунок 1. Карта заготовки цветков липы сердцевидной (расшифровка в таблице 1)

Figure 1. Core Linden Flower Blank Map (Deciphered in Table 1)

ной зоны (контроль): Воронежский биосферный заповедник (1); Хоперский заповедник (Новохоперский район); (2); Хоперский заповедник (Борисоглебский район) (3); территория разработки медно-никелевых месторождений (4); зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС [Нижедевицкий (5), Острогожский (6), Семилукский (7) районы]; Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); зоны с активной сельскохозяйственной деятельностью [Лискинский (10), Ольховатский (11), Подгоренский (12), Петропавловский (13), Грибановский (14), Хохольский (15), Новохоперский (16), Репьевский (17), Воробьевский (18), Панинский (19), Эртильский (20), Верхнехавский (21), Россошанский (22) районы]; химические предприятия: АО «Минудобрения» (23), ООО «БорМаш» (24); города с развитой легкой промышленностью [Борисоглебск (25), Калач (26)]; теплоэлектростанция (ТЭЦ) (27); предприятие по выпуску синтетического каучука ООО «СИБУР» (28); Воронежское водохранилище (29); аэропорт (30); улица Воронежа (31); территории вдоль дорог разной степени загруженности и на удалении от них – трасса М4 «Дон» (32–35, 40–43), трасса А144 (36–39), нескоростная автомобильная дорога (44–47) и железная дорога (48–51).

Изучение содержания в образцах суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу – основной группы биологически активных веществ в цветках липы сердцевидной – вели по методике ФС.2.5.0024.15 «Липы цветки» на спектрофотометре СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия) [18]. Взвешивание проводили на аналитических весах А&D GH-202 (AND, Япония). Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Все проанализированное растительное сырье соответствует требованиям фармакопейной статьи по определяемому показателю [18].

Цветки липы сердцевидной, заготовленные в контрольных районах, содержат восстанавливающие сахара в количестве от 13,31 до 16,89 %, что в 6–8 раз больше нижнего числового показателя, установленного нормативной документацией.

В лекарственном растительном сырье, собранном в агроценозах региона, концентрация восстанавливающих сахаров варьирует от 6,12 до 16,68 %, что в 3–8 раз больше приведенного в фармакопейной статье числового показателя. Эти данные для большинства образцов сопоставимы с результатами, полученными для контрольных районов заготовки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определяемые показатели содержания суммы восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной

Table 1. Content of reducing sugars in heart-shaped linden flowers

№ п/п	Территория сбора Collection area	Содержание суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу, % Amount of reducing sugars in terms of glucose, %
1	Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	16,89 ± 0,05
2	Хоперский заповедник (Новохоперский район) Khopersky Reserve (Novokhopersky district)	13,31 ± 0,07
3	Хоперский заповедник (Борисоглебский район) Khopersky Reserve (Borisoglebsky district)	16,70 ± 0,05
4	с. Елань-Колено the village of Elan-Koleno	14,46 ± 0,05
5	Нижнедевицкий р-н Nizhnedevitsky district	13,43 ± 0,06
6	Острогожский р-н Ostrogozhsky district	8,70 ± 0,02
7	Семилукский р-н Semiluksky district	5,90 ± 0,06
8	г. Нововоронеж Novovoronezh city	9,25 ± 0,02
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) High-voltage power lines (Novovoronezhsky urban district)	8,53 ± 0,06
10	Сельскохозяйственные поля Лискинского р-на Agricultural fields of the Liskinsky district	15,56 ± 0,04
11	Сельскохозяйственные поля Ольховатского р-на Agricultural fields of the Olkhovatsky district	9,93 ± 0,04
12	Сельскохозяйственные поля Подгоренского р-на Agricultural fields of the Podgorensky district	16,68 ± 0,05
13	Сельскохозяйственные поля Петропавловского р-на Agricultural fields of the Peterpaul district	16,46 ± 0,02
14	Сельскохозяйственные поля Грибановского р-на Agricultural fields of the Gribanovsky district	8,17 ± 0,04

№ п/п	Территория сбора Collection area	Содержание суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу, % Amount of reducing sugars in terms of glucose, %
15	Сельскохозяйственные поля Хохольского р-на Agricultural fields of the Khokholsky district	6,12 ± 0,04
16	Сельскохозяйственные поля Новохоперского р-на Agricultural fields of the Novokhopersky district	11,18 ± 0,06
17	Сельскохозяйственные поля Репьевского р-на Agricultural fields of the Repievsky district	15,02 ± 0,04
18	Сельскохозяйственные поля Воробьевского р-на Agricultural fields of the Vorobyevsky district	14,34 ± 0,06
19	Сельскохозяйственные поля Панинского р-на Agricultural fields of the Paninsky district	15,67 ± 0,04
20	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	9,22 ± 0,04
21	Сельскохозяйственные поля Эртильского р-на Agricultural fields of the Ertily district	8,99 ± 0,05
22	Сельскохозяйственные поля Россошанского р-на Agricultural fields of the Rossoshansky district	10,18 ± 0,06
23	500 м от АО «Минудобрения» 500 m from JSC "Minudobrenia"	5,55 ± 0,07
24	500 м от ООО «БорМаш» 500 m from LLC "BorMash"	8,37 ± 0,05
25	г. Борисоглебск Borisoglebsk city	2,46 ± 0,03
26	г. Калач Kalach city	2,99 ± 0,02
27	500 м от ТЭЦ «ВоГРЭС» (г. Воронеж) 500 m from TPP "VoGRES" (Voronezh)	7,44 ± 0,04
28	500 м от ООО «СИБУР» (г. Воронеж) 500 m from LLC "SIBUR" (Voronezh)	10,14 ± 0,07
29	Побережье Воронежского водохранилища Coast of Voronezh reservoir	6,59 ± 0,03
30	Вблизи Воронежского аэропорта Near Voronezh Airport	12,38 ± 0,05
31	Улица г. Воронежа Voronezh city Street	2,90 ± 0,05
32	Автомобильная трасса М4 в Рамонском р-не (0 м) Highway M4 in Ramonsky district (0 m)	2,35 ± 0,04

№ п/п	Территория сбора Collection area	Содержание суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу, % Amount of reducing sugars in terms of glucose, %
33	Автомобильная трасса М4 в Рамонском р-не (100 м) Highway M4 in Ramonsky district (100 m)	4,94 ± 0,05
34	Автомобильная трасса М4 в Рамонском р-не (200 м) Highway M4 in Ramonsky district (200 m)	13,49 ± 0,06
35	Автомобильная трасса М4 в Рамонском р-не (300 м) Highway M4 in Ramonsky district (300 m)	12,59 ± 0,03
36	Автомобильная трасса А144 (0 м) Highway A144 (0 m)	2,46 ± 0,03
37	Автомобильная трасса А144 (100 м) Highway A144 (100 m)	3,77 ± 0,07
38	Автомобильная трасса А144 (200 м) Highway A144 200 m)	6,90 ± 0,03
39	Автомобильная трасса А144 (300 м) Highway A144 (300 m)	8,57 ± 0,07
40	Автомобильная трасса М4 в Павловском р-не (0 м) Highway M4 in Pavlovsky district (0 m)	2,83 ± 0,07
41	Автомобильная трасса М4 в Павловском р-не (100 м) Highway M4 in Pavlovsky district (100 m)	3,82 ± 0,05
42	Автомобильная трасса М4 в Павловском р-не (200 м) Highway M4 in Pavlovsky district (200 m)	6,51 ± 0,05
43	Автомобильная трасса М4 в Павловском р-не (300 м) Highway M4 in Pavlovsky district (300 m)	11,43 ± 0,06
44	Нескоростная автомобильная дорога (0 м) Non-high-speed road (0 m)	5,76 ± 0,06
45	Нескоростная автомобильная дорога (100 м) Non-high-speed road (100 m)	7,97 ± 0,05
46	Нескоростная автомобильная дорога (200 м) Non-high-speed road (200 m)	10,65 ± 0,07
47	Нескоростная автомобильная дорога (300 м) Non-high-speed road (300 m)	10,84 ± 0,01
48	Железная дорога (0 м) Railway (0 m)	3,59 ± 0,05
49	Железная дорога (100 м) Railway (100 m)	6,41 ± 0,06
50	Железная дорога (200 м) Railway (200 m)	8,68 ± 0,06
51	Железная дорога (300 м) Railway (300 m)	7,38 ± 0,05
Числовой показатель по ФС [18] Numerical indicator for pharmacopoeia article		Не менее 2 Not less than 2

Для цветков липы сердцевидной, заготовленных в урбоценозах региона, показано более низкое содержание восстанавливающих сахаров, чем для образцов заповедных зон (от 2,35 до 13,49 %). В образцах, заготовленных на улицах г. Борисоглебска, г. Калача, г. Воронежа, вдоль трасс М4 и А144, выявлено снижение содержания суммы восстанавливающих сахаров (менее 3 %). Также низкие результаты содержания восстанавливающих сахаров получены для цветков липы сердцевидной, собранных на расстоянии 100 м от автомобильных трасс, вдоль железной дороги, – для данных образцов показатель варьировал от 3 до 4 %, что позволило сделать вывод об отрицательном влиянии антропогенной нагрузки на накопление в цветках липы сердцевидной восстанавливающих сахаров. При этом сырье со сниженным содержанием восстанавливающих сахаров также отличается сравнительно высоким содержанием тяжелых металлов и мышьяка [19]. Данные элементы способны связываться с ОН-группами конденсированных сахаров. Возможно, что прочные комплексы сахаридов с тяжелыми металлами затрудняют образование комплексов с комплексообразователем, используемым в методике количественного определения восстанавливающих сахаров, что может исказить полученные результаты об уровне биологически активных веществ в сырье в сторону некоторого ложного снижения.

Для подробного изучения влияния концентрации тяжелых металлов и мышьяка на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной анализировали коэффициенты корреляции (таблица 2) [19, 20].

Рассчитанные значения коэффициентов корреляции показали заметное отрицательное влияние кадмия, хрома, кобальта, меди, цинка, а также умеренное отрицательное влияние свинца и ртути на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализирован 51 образец цветков липы сердцевидной, собранный в различных урбо- и агроценозах Воронежской области. В образцах определено содержание суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу. Все проанализированное лекарственное растительное сырье признано доброкачественным по исследуемому показателю. Образцы, собранные на контрольных (заповедных) территориях, содержат восстанавливающие сахара в количестве от 13,31 до 16,89 %, что в 6–8 раз больше нижнего числового показателя, установленного нормативной документацией. В лекарственном растительном сырье, собранном в агроценозах региона, концентрация восстанавливающих сахаров варьирует от 6,12 до 16,68 %, что в 3–8 раз больше приведенного в фармакопейной статье числового показателя. Для цветков липы сердцевидной, заготовленных в урбоценозах региона, в целом показано более низкое содержание восстанавли-

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между содержанием суперэкооксидантов и восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной

Table 2. Correlation coefficients between superoxidants and reducing sugars in heart linden flowers

Элемент Element	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Коэффициент корреляции Correlation coefficient	-0,31	-0,31	-0,52	-0,26	-0,24	-0,67	-0,70	-0,69	-0,67

ливающих сахаров, чем для образцов заповедных зон (от 2,35 до 13,49 %). Наиболее низкие результаты получены для образцов, заготовленных на улицах крупных городов области, вдоль автомобильных трасс и железной дороги, что указывает на отрицательное влияние антропогенной нагрузки на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной. Представляется вероятным, что прочные комплексы сахаридов с тяжелыми металлами затрудняют образование комплексов с комплексообразователем, используемым в методике количественного определения восстанавливающих сахаров, что отражается на уровне определяемых биологически активных веществ в сырье, искажая полученные результаты в сторону их ложного снижения. Рассчитанные значения коэффициентов корреляции показали заметное отрицательное влияние кадмия, хрома, кобальта, меди, цинка, а также умеренное отрицательное влияние свинца и ртути на накопление восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанова Н. А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья: на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L. в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж; 2013. Доступно по: <https://www.disscat.com/content/ekologicheskaya-otsenka-sostoyaniya-lekarstvennogo-rastitelnogo-syr'ya/read>. Ссылка активна на 09.07.2021.
2. Баяндина И. И., Загурская Ю. В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;8:107–111.
3. Дьякова Н. А. Оценка радионуклидного загрязнения растительных ресурсов Воронежской области на примере цветков липы сердцевидной. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2020;134:87–93. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-87-93.
4. Кавеленова Л. М., Здетовский А. Г., Огневенко А. Я. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары). *Химия растительного сырья*. 2001;3:85–90.
5. Бухарина И. Л., Кузьмина А. М., Кузьмин П. А. Особенности содержания танинов в листьях древесных растений в техногенной среде. *Химия растительного сырья*. 2015;4:71–76.
6. Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1179 с.
7. Гузев К. С. Ассортименты лекарственных средств и технологических приемов, которые применяли первые врачи. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017;4(21):304–309.
8. Веселова Д. В., Степанова Э. Ф. Использование в современной медицине цветков липы сердцевидной. *Фармация и фармакология*. 2016;4(1):4–9. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-1(14)-4-9.
9. Темирбулатова А. М., Степанова Э. Ф., Веселова Д. В., Лежнева Л. П. Исследования по расширению спектра использования экстрактов родиолы розовой, липы сердцевидной и астрагала эспарцетного в медицинской практике. *Научные результаты биомедицинских исследований*. 2019;5(1):84–93. DOI: 10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-6.
10. Алексашина С. А., Макарова Н. В. Сравнительное изучение антиоксидантной активности, фенольных соединений и флаво-

ноидов цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), донника лекарственного (*Melilotus officinalis* L.), листьев смородины (*Ribes nigrum* L.). *Химия растительного сырья*. 2019;3:153–159. DOI: 10.14258/jcrpm.2019034623.

11. Попов Д. М., Зарубина Н. В. Сравнительное качественное и количественное определение углеводов в цветках и листьях липы сердцевидной. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2013;2(3):50–53.
12. Платонов В. В., Хадарцев А. А., Сухих Г. Т., Яркова Т. А., Волочаева М. В., Дунаева И. В. Хромато-масс-спектрометрия органического вещества липы – цветки (липа сердцевидная-мелколистная – *Tilia cordata* Millе – семейство липовых). *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2019;3:104–124. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16409. Доступно по: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-3/3-1.pdf>. Ссылка активна на 09.07.2021.
13. Лупинская С. М., Орехова С. В., Васильева О. Г. Изучение биологически активных веществ липы, крапивы и душицы и сыровоточных экстрактов на их основе. *Химия растительного сырья*. 2010;3:143–145.
14. Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996;20(7):933–956. DOI: 10.1016/0891-5849(95)02227-9.
15. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002;5(3):218–223. DOI: 10.1016/S1369-5266(02)00256-X.
16. Loreto F., Schnitzler J.-P. Abiotic stresses and induced BVOCs. *Trends in Plant Science*. 2010;15(3):154–166. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.12.006.
17. Ferdinando M. D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. In: *Abiotic Stress Responses in Plants*. New York: Springer Science; 2012. 159–179 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-0634-1.
18. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. М.: Министерство здравоохранения РФ; 2018. 1883 с.
19. Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбо-эко-системах Воронежской области. *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2020;5:70–79. DOI: 10.17076/eco1150.
20. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Контроль радиационной безопасности и качества лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2019;8(1):73–77. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-1-73-77.

REFERENCES

1. Velikanova N. A. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lekarstvennogo rastitelnogo syr'ya: na primere Polygonum aviculare L. i Plantago major L. v urbousloviyakh goroda Voronezha i ego okrestnostey* [Ecological assessment of the state of medicinal plant raw materials (using the example of *Polygonum aviculare* L. and *Plantago major* L.) in urban conditions of the city of Voronezh and its environs] [dissertation]. Voronezh; 2013. Available at: <https://www.disscat.com/content/ekologicheskaya-otsenka-sostoyaniya-lekarstvennogo-rastitelnogo-syr'ya/read>. Accessed: 09.07.2021. (In Russ.)
2. Bayandina I. I., Zagurskaya Y. V. The relationship of secondary metabolism and chemical elements in medicinal plants. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal = Siberian Medical Journal*. 2014;8:107–111. (In Russ.)
3. Dyakova N. A. Assessment of radionuclide contamination of plant resources of the Voronezh region by example of leaves of winter linden tree. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo*

- sada = *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2020;134:87–93. (In Russ.) DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-87-93.
4. Kavelenova L. M., Zdetovetskiy A. G., Ognevenko A. Ya. *K specifikе sodержaniya zol'nyh veshchestv v list'yah drevesnyh rasteniy v gorodskoy srede v usloviyah lesostepi (na primere Samary)* [On the specificity of ash content in the leaves of woody plants in an urban environment under forest-steppe conditions (for example, Samara)]. *Khimija rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2001;3:85–90. (In Russ.)
 5. Bukharina I. L., Kuz'mina A. M., Kuz'min P. A. Features of the content of tannins in leaves of wood plants in the technogenic environment. *Khimija rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2015;4:71–76. (In Russ.)
 6. Kurkin V. A. *Farmakognosiya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1179 p. (In Russ.)
 7. Guzev K. S. Assortments of drugs and technological receives, which the first doctors applied. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv = Drug development & registration*. 2017;4(21):304–309. (In Russ.)
 8. Veselova D. V., Stepanova E. F. The use of *Tilia cordata* flowers in contemporary medicine. *Farmatsiya i farmakologiya = Pharmacy & Pharmacology*. 2016;4(1):4–9. (In Russ.) DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-1(14)-4-9.
 9. Temirbulatova A. M., Stepanova E. F., Veselova D. V., Lezhneva L. P. Research on the expansion of the use of extracts of *Rhodiola rosea*, *Linden cordate* and *Astragalus asper* percentage in clinical practice. *Nauchnye rezultaty biomeditsinskikh issledovaniy = Research Results in Biomedicine*. 2019;5(1):84–93. (In Russ.) DOI: 10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-6.
 10. Aleksashina S. A., Makarova N. V. Comparative study of antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoids of linden-shaped flowers of the heart (*Tilia cordata* Mill.), medicinal sage (*Salvia officinalis* L.), medicinal sweet clover (*Melilotus officinalis* L.), currant leaves (*Ribes nigrum* L.). *Khimija rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2019;3:153–159. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2019034623.
 11. Popov D. M., Zarubina N. V. Comparative quantitative and qualitative analysis of carbohydrates in blossoms and leaves of *Tilia cordata*. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv = Drug development & registration*. 2013;2(3):50–53. (In Russ.)
 12. Platonov V. V., Khadartsev A. A., Sukhikh G. T., Yarkova T. A., Volochaeva M. V., Dunaeva I. V. Chromato mass spectrometry of organic matter lips – flowers (small-leaved heart-shaped linden – *Tilia cordata* Mile – family of lime trees). *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. Elektronnoe izdanie. = Journal of new medical technologies. EEdition*. 2019;3:104–124. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16409. Available at: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-3/3-1.pdf>. Accessed: 09.07.2021. (In Russ.)
 13. Lupinskaya S. M., Orekhova S. V., Vasil'eva O. G. *Izuchenie biologicheskii aktivnykh veshchestv lipy, krapivy i dushicy i syvorotochnykh ekstraktov na ih osnove* [Study of biologically active substances of linden, nettle and oregano and serum extracts based on them]. *Khimija rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2010;3:143–145. (In Russ.)
 14. Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996;20(7):933–956. DOI: 10.1016/0891-5849(95)02227-9.
 15. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002;5(3):218–223. DOI: 10.1016/S1369-5266(02)00256-X.
 16. Loreto F., Schnitzler J.-P. Abiotic stresses and induced BVOCs. *Trends in Plant Science*. 2010;15(3):154–166. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.12.006.
 17. Ferdinando M. D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. In: *Abiotic Stress Responses in Plants*. New York: Springer Science; 2012. 159–179 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-0634-1.
 18. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. Edition XIV. V. 4. Moscow: Ministerstvo zdravookhraneniya RF; 2018. 1883 p. (In Russ.)
 19. Dyakova N. A. Accumulation of heavy metals and arsenic in flowers of the small leaved lime growing in agricultural and urban ecosystems of the Voronezh region. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2020;5:70–79. (In Russ.) DOI: 10.17076/eco1150.
 20. Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Control of radioactive safety and quality of medicinal vegetable raw materials of the greater burdock (*Arctium lappa* L.) roots in Voronezh region. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv = Drug development & registration*. 2019;8(1):73–77. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-1-73-77.