

НАКОПЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛИСТЬЯМИ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ, СОБРАННЫМИ В РАЗЛИЧНЫХ УРБО- И АГРОБИОЦЕНОЗАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Воронежский государственный университет (г. Воронеж)

Accumulation of biologically active substances by leaves of *urtica dioica* in various urban and agrobiocenoses of voronezh region

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

Voronezh State University (Voronezh, Russia)

РЕЗЮМЕ

Важным и малоисследованным аспектом влияния хозяйственной деятельности человека на лекарственные растения является то, что в ответ на увеличение антропогенной нагрузки индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов, в частности оксикоричных кислот, которые играют важную роль в адаптации растений к изменяющимся условиям. Целью исследования являлось изучение накопления оксикоричных кислот в листьях крапивы, собранных в различных с точки зрения антропогенного воздействия агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области. В рамках исследования в 51 образце листьев крапивы двудомной определено содержание суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту. Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации к данному показателю. Содержание суммы оксикоричных кислот в образцах листьев крапивы двудомной, собранных в агробиогеоценозах в среднем не отличается от содержания данной группы биологически активных веществ в образцах, собранных в биоценозах заповедных зон. Содержание исследуемой группы биологически активных веществ в образцах, собранных в некоторых урбобиогеоценозах Воронежской области, в среднем выше в 1,5–2 раза чем в образцах естественных биоценозов заповедных зон. Это объясняется тем, что фермент фенилаланинаммиаклиаза имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность, что усиливает синтез оксикоричных кислот, играющих роль мембраностабилизаторов, препятствующих проникновению ксенобиотиков. Также было отмечено, что в результате комплексного токсического воздействия на растительный организм, которое наблюдается, к примеру, вблизи крупных дорог, промышленных предприятий, возможно снижение биосинтеза оксикоричных кислот в листьях крапивы двудомной.

Ключевые слова: Воронежская область, крапива двудомная, оксикоричные кислоты, хлорогеновая кислота.

RESUME

An important and little-studied aspect of the effect of human economic activity on medicinal plants is that in response to increased anthropogenic load, additional synthesis of secondary metabolites, particularly oxycoric acids, is induced, which play an important role in the adaptation of plants to changing conditions. The purpose of the study was to study the accumulation of oxycoric acids in the leaves of nettle collected in different agro- and urbobiogeocenoses of the Voronezh region from the point of view of anthropogenic impact. As part of the study, 51 samples of nettle leaves determined the content of the sum of oxycoric acids in terms of chlorogenic acid. All samples meet the regulatory requirements of this indicator. On average, the content of the sum of oxycoric acids in samples of nettle leaves collected in agrobiogeocenoses does not differ from the content of this group of biologically active substances in samples collected in biocenoses of protected areas. The content of the analysed group of biologically active substances of samples collected in some urbobiogeocenoses of the Voronezh region is on average 1.5–2 times higher than in samples of natural biocenoses of protected areas. This is due to the fact that the enzyme phenylalanine myacliase has a pronounced stress inducibility, which enhances the synthesis of oxycoric acids, which play the role of membrane stabilizers, preventing the penetration of xenobiotics. It was also noted that as a result of the complex toxic effect on the plant organism, which is observed, for example, near large roads, industrial enterprises, it is possible to reduce biosynthesis of oxycoric acids in the leaves of nettle.

Keywords: Voronezh region, nettle, hydroxycoric acids, chlorogenic acid.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в медицинской и фармацевтической практике нашей страны применяется более 6 тысяч лекарственных препаратов на основе лекарственного растительного сырья. Значительный интерес к таким лекарственным средствам объясняется тем, что фитопрепараты обладают хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью. Большая доля заготовок фитосырья расположена в европейской части Российской Федерации, отличающейся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, развитием транспортных магистралей [1, 2]. В связи с этим увеличивается угроза сбора растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [3].

Синантропным видом, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей, является крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся травянистое растение, широко используемое в медицине и фармации, с выраженным кровоостанавливающим, поливитаминным действием. Широкое применение обусловлено богатым химическим составом листьев крапивы двудомной, основу которого составляют каротиноиды, витамины группы В, К, С, хлорофилл, дубильные вещества, флавоноиды, большое количество органических и фенолкарбоновых кислот [4].

Важным и малоисследованным аспектом влияния хозяйственной деятельности человека на лекарственные растения является то, каким образом влияет увеличение антропогенной нагрузки на синтез биологически активных веществ. Известно, что лигандами для хелатирования токсичных веществ являются органические кислоты, аминокислоты, пептиды, при этом некоторые вторичные метаболиты, например, фенольные соединения, могут являться хелаторами и принимать участие в детоксикации поллютантов в растительном организме. Важнейшую роль среди низкомолекулярных фенольных соединений составляют флавоноиды, повышение их содержания является одной из неспецифических реакций на стрессовое воздействие окружающей среды [5–8]. При этом малоисследованным остается влияние антропогенного воздействия на накопление в растениях оксикоричных кислот,

которые также относятся к фенилпропаноидным соединениям, представителям вторичных метаболитов растений.

Цель исследования: изучение накопления суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту в листьях крапивы двудомной, собранных в различных, с точки зрения антропогенного воздействия, агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор территорий для отбора образцов растительного сырья обусловлен особенностями антропогенного воздействия (рис. 1, табл. 1): химические промышленные предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис. 1: 27); атомная электростанция (АЭС) в г. Нововоронеж (рис. 1: 8); международный аэропорт им. Петра I (рис. 1: 30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис. 1: 9); Воронежское водохранилище (рис. 1: 29); малые города (г. Борисоглебск (рис. 1: 25), г. Калач (рис. 1: 26)); зона значительного месторождения никелевых руд (рис. 1: 4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5–7); районы активного ведения сельского хозяйства (рис. 1: 10–22); фон (для сравнения) – заповедные территории (рис. 1: 1, 2, 3). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (рис. 1: 32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (рис. 1: 33) – трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (рис. 1:

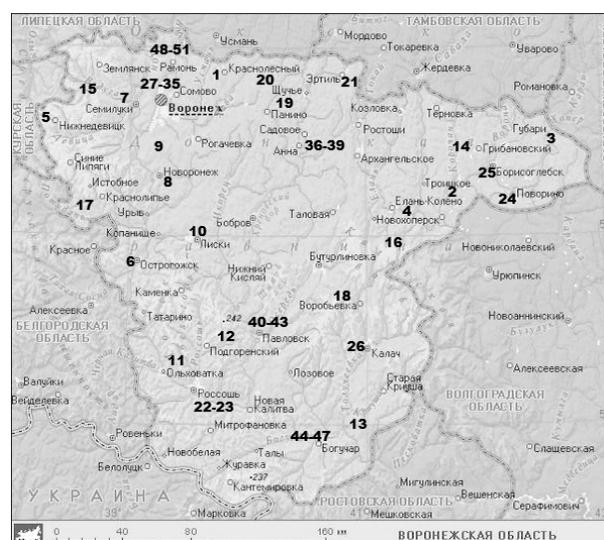


Рис. 1. Карта отбора образцов лекарственного растительного сырья (расшифровка обозначений в табл. 1)

Таблица 1

**Содержание биологически активных веществ в образцах листьев крапивы двудомной
(*Urtica dioica* L.)**

№ п/п	Район сбора	Содержание суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту, %
1	Воронежский природный биосферный заповедник	3,25 ± 0,12
2	Хоперский государственный природный заповедник	3,62 ± 0,13
3	с. Макашевка (Борисоглебский район)	3,19 ± 0,19
4	с. Елань-Колено	2,71 ± 0,15
5	с. Нижнедевицк	4,66 ± 0,10
6	г. Острогожск	2,52 ± 0,09
7	г. Семилуки	4,66 ± 0,16
8	г. Нововоронеж	4,39 ± 0,14
9	ВЛЭ	3,32 ± 0,19
10	Лискинский район	3,50 ± 0,16
11	Ольховатский район	2,86 ± 0,12
12	Подгоренский район	2,64 ± 0,15
13	Петропавловский район	3,05 ± 0,09
14	Грибановский район	3,25 ± 0,13
15	Хохольский район	2,87 ± 0,16
16	Новохоперский район	2,51 ± 0,15
17	Репьевский район	2,63 ± 0,15
18	Воробьевский район	3,21 ± 0,13
19	Панинский район	3,07 ± 0,12
20	Верхнехавский район	3,04 ± 0,11
21	Эртильский район	3,03 ± 0,11
22	Россошанский район	3,51 ± 0,15
23	Вблизи ОАО «Минудобрения»	2,41 ± 0,13
24	Вблизи ООО «Бормаш»	2,23 ± 0,12
25	г. Борисоглебск	2,13 ± 0,18
26	г. Калач	2,05 ± 0,17
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»	2,64 ± 0,18
28	Вблизи ООО «Сибур»	1,67 ± 0,09
29	Вдоль Воронежского вдхр.	1,76 ± 0,17
30	Аэропорт им. Петра I	3,04 ± 0,18
31	Улица г. Воронеж (ул. Димитрова)	2,67 ± 0,16
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский район)	2,22 ± 0,16
33	100 м от трассы М4 (Рамонский район)	2,24 ± 0,12
34	200 м от трассы М4 (Рамонский район)	2,62 ± 0,17
35	300 м от трассы М4 (Рамонский район)	3,32 ± 0,12
36	Вдоль трассы А144 (Аннинский район)	2,83 ± 0,13
37	100 м от трассы А144 (Аннинский район)	2,93 ± 0,12
38	200 м от трассы А144 (Аннинский район)	4,79 ± 0,11
39	300 м от трассы А144 (Аннинский район)	5,88 ± 0,18
40	Вдоль трассы М4 (Павловский район)	1,49 ± 0,17
41	100 м от трассы М4 (Павловский район)	1,82 ± 0,18
42	200 м от трассы М4 (Павловский район)	2,49 ± 0,19
43	300 м от трассы М4 (Павловский район)	2,46 ± 0,10
44	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский район)	2,22 ± 0,13
45	100 м от нескоростной дороги (Богучарский район)	2,73 ± 0,14
46	200 м от нескоростной дороги (Богучарский район)	3,05 ± 0,14
47	300 м нескоростной дороги (Богучарский район)	3,92 ± 0,16
48	Вдоль железной дороги (Рамонский район)	2,13 ± 0,18
49	100 м от железной дороги (Рамонский район)	2,77 ± 0,19
50	200 м от железной дороги (Рамонский район)	4,42 ± 0,10
51	300 м от железной дороги (Рамонский район)	6,03 ± 0,09
	Числовой показатель по ФС [9]	Не менее 0,3

34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (рис. 1: 35) и железная дорога (рис. 1: 36).

Определение содержания суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту в отобранных образцах листьев крапивы двудомной вели по стандартной фармакопейной методике [9] на спектрофотометре СФ-2000. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали в «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определяемые показатели содержания биологически активных веществ в листьях крапивы двудомной приведены в табл. 1.

Результаты исследований показали, что все образцы листьев крапивы двудомной соответствуют требованиям ФС по содержанию суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту. Образцы, собранные на контрольных территориях, содержат данную группу биологически активных веществ более чем в 10 раз превышающих нижнее допустимое числовое значение [9].

В агроценозах Воронежской области содержание суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту в листьях крапивы двудомной варьирует в диапазоне от 2,51 % до 3,51 % (в Борисоглебском, Россошанском, Новохоперском, Панинском, Ольховатском, Воробьевском, Подгоренском, Петропавловском, Грибановском, Лискинском, Хохольском, Репьевском, Верхнехавском районах). Среднее содержание суммы оксикоричных кислот в образцах, собранных вблизи сельскохозяйственных угодий, составляет 3,05 %, что примерно в 10 раз превышает установленный нормативной документацией числовой показатель и коррелирует с данными, полученными для образцов контрольных заповедных зон. В этих местах осуществляется активное растениеводство, для которого характерно внесение в почву большого количества удобрения в почву, что является активирующим фактором для фермента фенилаланинаммиаклиаза, который является ключевым ферментом в фенилпропаноидном пути биосинтеза предшественника оксикоричных кислот – транскоричной кислоты [5, 6, 10].

В урбобиоценозах Воронежской области содержание суммы оксикоричных кислот в

пересчете на хлорогеновую кислоту в листьях крапивы двудомной варьирует в диапазоне от 1,49 % (для образца, собранного вдоль трассы М4 в Павловском районе) до 6,03 % (для образца, собранного на удалении 300 м от железной дороги). Для образцов, собранных на удалении 200–300 м от трассы А144, от железной дороги, заметна значительная индукция синтеза оксикоричных кислот, содержание которых превышает в 1,5–2 раза концентрацию данных биологически активных веществ в образцах, собранных в контрольных заповедных зонах и агробиоценозах. Выявленная индукция синтеза данной группы полифенолов, вероятно, связана с их мембраностабилизирующим действием в условиях окислительного стресса. Оксикоричные кислоты связываются с нефенольными полимерами клеточных стенок, способствуют их упрочнению и таким образом препятствуют проникновению ксенобиотиков. Таким образом, данный факт можно считать механизмом естественной защиты от загрязнения окружающей среды, направленным на сохранение растительным организмом внутриклеточных компонентов, восприимчивых к окислительно-восстановительным воздействиям [5, 6, 11].

При этом заметно снижение содержания суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту в 1,2–2 раза в образцах листьев крапивы двудомной, собранных в условиях значительной антропогенной нагрузки (вблизи ООО «Сибур», вдоль Воронежского водохранилища, на улице г. Воронеж, вдоль и на удалении 200 м от трассы М4 в Рамонском районе, вдоль и на удалении 100 м от трассы А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 300 м от трассы М4 в Павловском районе, вдоль и на удалении 100 м от нескоростной дороги в Богучарском районе, вдоль и на удалении 100 м от железной дороги в Рамонском районе) по сравнению с образцами из контрольных заповедных зон и агробиоценозов. Объяснить это можно тем, что синтез вторичных метаболитов активизируется в ответ на стимулирующие факторы, в частности на высокие концентрации токсичных химических элементов, при этом каждый фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организмы, как недостаточное, так и избыточное действие фактора может отрицательно сказаться на жизнедеятельности особи. Действие суммы факторов, таких как повышенная запыленность, наличие в воз-

духе большого количества выхлопных газов, а также высокая концентрация токсических веществ в почве, отражается на физиологических особенностях растений и влияет на силу токсического действия поллютантов. В данном случае избыточное влияние выбросов промышленных предприятий, транспорта, вероятно, подавляет антиоксидантную систему растения и тормозит выработку полифенолов [5, 6]. Также возможным объяснением снижения содержания суммы оксикоричных кислот в образцах, собранных вблизи автострэд, является тот факт, что данная группа соединений благодаря наличию большого количества ОН-заместителей в химической структуре является хелаторами ионов металлов, что и определяет их антиоксидантные свойства. Вероятно, образующиеся комплексы мешают при спектрофотометрическом определении суммы оксикоричных кислот [9], а потому мы получаем сниженный показатель поглощения анализируемого извлечения из листьев крапивы двудомной.

ВЫВОДЫ

Проанализировано свыше 50 образцов листьев крапивы двудомной, собранных в различных агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области, в которых определено содержание суммы оксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту. Все отобранное лекарственное растительное сырье по результатам проведенных нами исследований признано доброкачественным по данному показателю. Содержание суммы оксикоричных кислот в образцах листьев крапивы двудомной, собранных в агробиогеоценозах, в среднем не отличается от содержания данной группы биологически активных веществ в образцах, собранных в биоценозах заповедных зон. Содержание исследуемой группы биологически активных веществ образцах, собранных в некоторых урбобиогеоценозах Воронежской области, в среднем выше в 1,5–2 раза чем в образцах естественных биоценозов заповедных зон. Это объясняется тем, что фермент фенилаланинаммиаклиаза имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность, что усиливает синтез оксикоричных кислот, играющих роль мембраностабилизаторов, препятствующих проникновению ксенобиотиков. Также было отмечено, что в результате комплексного токсического воздействия на растительный организм, которое наблюдается, к примеру, вблизи

крупных дорог, промышленных предприятий, возможно снижение биосинтеза оксикоричных кислот в листьях крапивы двудомной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанова, Н.А. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа / Н.А. Великанова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин. – LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 12–17 с.
2. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and principal groups of biologically active substances in medicinal plant raw materials using knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as examples / N.A. Dyakova, A.I. Slivkin, S.P. Gaponov [et al.] // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015. Т. 49. № 6. 384–387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6
3. 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 / Н.А. Великанова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. – 21 с.
4. Куркин, В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. – Самара: Офорт, 2004. – 465–469 с.
5. Баяндина И.И. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях / И.И. Баяндина, Ю.В. Загурская // *Сибирский медицинский журнал*. – 2014. – №8. – С.107–111.
6. Абдрахимова, Й.Р. Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты (Часть 3. Фенольные соединения): Учебно-методическое пособие / Й.Р. Абдрахимова, А.И. Валиева. – Казань: Казанский университет, 2012. – 40 с.
7. Loreto, F. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds / F. Loreto, J.-P. Schnitzler // *Trends in Plant Science*. – 2010. – Vol.15. – P.154–166.
8. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses // *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability* / M.D. Ferdinando, C. Brunetti, A. Fini, M. Tattini; Ed. P. Ahmad, M.N.V. Prasad. – NY: Springer New York, 2012. – P.159–179.
9. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. – М.: ФЭМБ, 2018. – 6351–6359 с.
10. Rice-Evans, C.A. Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids / C.A. Rice-Evans, N.J. Miller, G. Papanga // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1996. – Vol. 20. – P.933–956.
11. Winkel-Shirley, B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress / B. Winkel-Shirley // *Current Opinion in Plant Biology*. – 2002. – Vol. 5. – P.218–223.

Адрес автора

К.Б.Н. Дьякова Н.А., доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии

Ninotchka_V89@mail.ru