

УДК 615.322+574.24

14.04.02 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2020.4.24

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ТРАВой ГОРЦА ПТИЧЬЕГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ УРБО- И АГРОБИОЦЕНОЗАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ
© Дьякова Н.А.*Воронежский государственный университет, Россия, 394006, Воронеж, Университетская площадь, 1**Резюме*

Цель. Изучить особенности накопления флавоноидов в траве горца птичьего, собранной в агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

Методика. В рамках проведения исследования в 51 образце травы горца птичьего определено содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин.

Результаты. Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации данному показателю.

Заключение. Выявлено, что в траве горца птичьего, собранной на контрольных (заповедных) территориях, содержание флавоноидов в среднем в 3-3,2 раза больше нижнего числового значения, приведенного в фармакопейной статье. В сырье, произрастающем в агробиогеоценозах, содержание флавоноидов в 1,9-3,3 раза превышает установленный нормативной документацией числовой показатель. Сырье горца птичьего, произрастающее в ряде урбобиогеоценозах Воронежской области, также отличается значительным содержанием флавоноидов в пересчете на авикулярин, в 3,3-4,2 раза превышающим минимальное допустимое содержание, а также превышает содержание флавоноидов в образцах контрольных заповедных зон. Объяснить данный факт можно тем, что ключевой фермент синтеза флавоноидов – фенилаланинаммиаклиаза имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность. Также выявлено, что антропогенное воздействие, характеризующееся значительным выбросом в окружающую среду разных токсических веществ, не всегда сопровождается индукцией синтеза флавоноидов в растительном организме, а в ряде случаев вызывает подавление их синтеза.

Ключевые слова: Воронежская область, горец птичий, флавоноиды, авикулярин

STUDY OF THE PECULIARITIES OF FLAVONOID ACCUMULATION WITH AVIAN MOUNTAIN GRASS GROWING IN VARIOUS URBO- AND AGROBIOCENOSES OF THE VORONEZH REGION
Dyakova N.A.*Voronezh State University, Russia, 394006, Voronezh, University Square, 1**Abstract*

Objective. The purpose of the study is to analyze the accumulation of flavonoids in avian mountain grass collected in different agricultural and urbobiogeocenoses of the Voronezh region from the point of view of anthropogenic impact.

Methods. As part of the study, in 51 samples of avian grass the content of flavonoids was determined in terms of avicularin.

Results. All samples meet the regulatory requirements of this indicator.

Conclusion. It has been revealed that in the grass of avian mountain collected on control (protected) areas, the content of flavonoids on average is by 3-3.2 times higher than the lower numerical value given in the pharmacopoeia article. In raw materials growing in agrobiogeocenoses, the content of flavonoids is by 1.9-3.3 times higher than the numerical indicator established by the normative documentation. Avian mountain raw material growing in a number of urbobiogeocenoses of the Voronezh region also has a significant content of flavonoids in terms of avicularin, by 3.3-4.2 times higher than the minimum permissible content, as well as it exceeds the content of flavonoids in samples of control protected areas. This can be explained by the fact that the key enzyme of flavonoid synthesis - phenylalanine myacliase - has pronounced stress inducibility. It was also found that anthropogenic effects characterized by significant release of various toxic substances into the environment are not always accompanied by

induction of flavonoid synthesis in a plant organism, but in some cases cause suppression of their synthesis.

Keywords: Voronezh region, Avian mountain grass, flavonoids, aviculary

Введение

На сегодняшний день в медицинской практике Российской Федерации используется более 6500 лекарственных средств, получаемых из лекарственного растительного сырья. Значительный интерес к таким лекарственным препаратам 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 [2, 5]. В связи с этим увеличивается угроза сбора растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [2].

Синантропным видом, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей является горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся, травянистое, издревле используемое в медицине растение с выраженным мочегонным, противовоспалительным, противомикробным, вяжущим эффектом. Широкое применение обусловлено богатым химическим составом травы горца птичьего, основу которого составляют флавоноиды (авикулярин, кверцетин), органические кислоты, дубильные вещества, кремниевая кислота, витамины, макро- и микроэлементы [4].

Малоисследованным аспектом антропогенного воздействия на растительный организм является тот факт, что в ответ на загрязнение окружающей среды индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов, которые выполняют функцию адаптогенов растения к изменяющимся условиям. К таким соединениям относятся аминокислоты, органические кислоты, различные фенольные соединения. Некоторые вторичные метаболиты могут выступать хелаторами и активно участвовать в детоксикации поллютантов в растительном организме. Главную роль среди таких вторичных метаболитов играют флавоноиды, повышение их содержания является неспецифической реакцией на негативное воздействие окружающей среды [1, 6, 7].

Цель работы – изучение особенностей накопления флавоноидов в траве горца птичьего, собранной в различных агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

Методика

Выбор территорий для отбора образцов растительного сырья обусловлен особенностями антропогенного воздействия (рис., таб.): химические промышленные предприятия (рис.: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис.: 27); атомная электростанция (АЭС) (рис.: 8); международный аэропорт им. Петра I (рис.1: 30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (рис.: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис.: 9); Воронежское водохранилище (рис.: 29); районные центры (г. Борисоглебск (рис.: 25), г. Калач (рис.: 26)); зона месторождения никелевых руд (рис.: 4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (рис.: 5-7); сельскохозяйственные угодья с активным применением химизации (рис.: 10-22); фон (для сравнения) – заповедные территории (рис.: 1,2,3)). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (рис.: 32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (рис.: 33) – трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (рис.: 34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога (рис.: 35) и железная дорога (рис.: 36).

Изучение содержания суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего вели по стандартной фармакопейной методике [3] на спектрофотометре СФ-2000. Каждое определение проводили троекратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel».

Результаты исследования и их обсуждение

Определяемые показатели содержания биологически активных веществ в траве горца птичьего приведены в таблице.

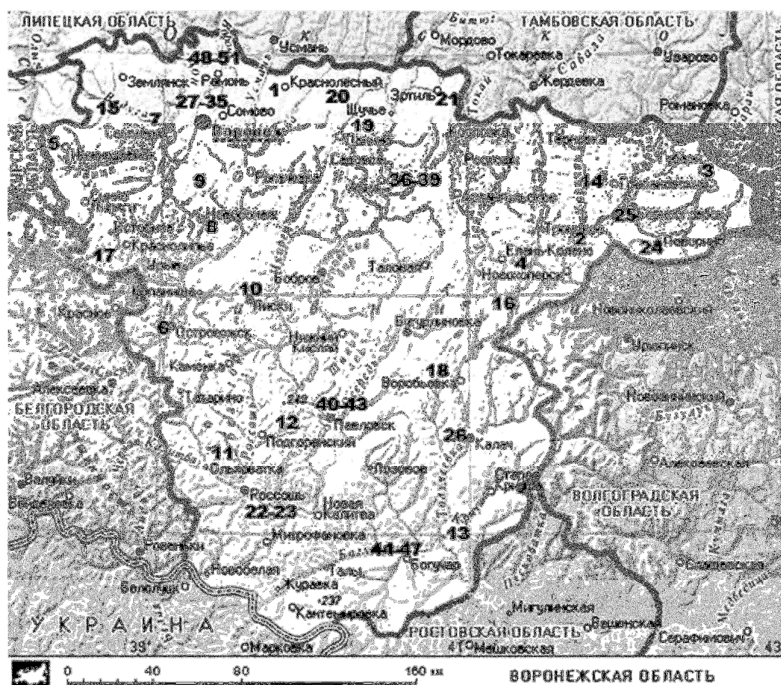


Рис. Карта отбора образцов сырья (расшифровка в таблице)

Все анализируемое сырье травы горца птичьего является соответствующим требованиям нормативной документации по содержанию флавоноидов в пересчете на авикулярин [3].

Образцы, собранные на контрольных (заповедных) территориях, содержат данную группу биологически активных веществ в среднем в 3-3,2 раза больше нижнего числового значения, приведенного в фармакопейной статье.

В агроценозах Воронежской области содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в анализируемом сырье варьирует в диапазоне от 0,95% до 1,68% (в Петропавловском, Грибановском, Ольховатском, Подгоренском, Лискинском, Репьевском, Верхнехавском, Россошанском, Воробьевском, Новохоперском, Панинском, Хохольском районах), что в 1,9-3,3 раза превышает установленный нормативной документацией числовой показатель. При этом полученные данные по агробиоценозам Воронежской области сопоставимы с данными полученными по заповедным территориям региона.

Для образцов травы горца птичьего, собранных в условиях урбобиоценозов Воронежской области характерны сильно варьирующие результаты. Так, в образцах, произрастающих вблизи ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, ООО «Бормаш» в Поворинском районе, на улицах городов Борисоглебск, Калач, вблизи аэропорта наблюдаются очень высокие концентрации флавоноидов в пересчете на авикулярин (от 1,66% до 2,07%), что в 3,3-4,2 раза превышает установленный фармакопейной статьей числовой показатель, а также превышает содержание флавоноидов в образцах контрольных заповедных зон. Данный факт можно объяснить биохимическим приспособлением растения к значительным окислительным стрессам, в ответ на которые происходит индукция синтеза полифенольных веществ, главными представителями которых являются флавоноиды. Кроме осуществления функции экранирования от повреждения избыточной солнечной радиацией, флавоноиды играют роль антиоксидантов в растениях в условиях стресса, за счет подавления генерации и уменьшения концентрации активных форм кислорода. Это характерно в основном для флавоновых и флавоноловых соединений, в частности, для авикулярина, являющегося ключевым флавоноидом в траве горца птичьего. На биохимическом уровне объяснить полученные результаты можно тем, что ключевой фермент синтеза флавоноидов - фенилаланинаммиакиаза – имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность [1, 8, 9]. Поэтому синтез фенольных соединений всегда усиливается в условиях стрессового для растительного организма антропогенного воздействия и загрязнения среды обитания вида токсичными веществами.

Таблица. Содержание биологически активных веществ в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.)

№ п/п	Территория сбора	Содержание суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин, %
1.	Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В. М. Пескова	1,61±0,03
2.	Хоперский природный биосферный заповедник (Новохоперский район)	1,52±0,02
3.	Хоперский природный биосферный заповедник (Грибановский район)	1,48±0,03
4.	с. Елань-Колено	1,63±0,02
5.	Нижнедевицкий р-н	1,45±0,04
6.	Острогожский р-н	1,05±0,02
7.	Семилукский р-н	1,57±0,01
8.	г. Нововоронеж	1,02±0,02
9.	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	0,64±0,01
10.	Сельскохозяйственные поля Лискинского р-на	1,03±0,01
11.	Сельскохозяйственные поля Ольховатского р-на	1,26±0,02
12.	Сельскохозяйственные поля Подгоренского р-на	1,05±0,04
13.	Сельскохозяйственные поля Петропавловского р-на	1,34±0,02
14.	Сельскохозяйственные поля Грибановского р-на	1,02±0,01
15.	Сельскохозяйственные поля Хохольского р-на	0,95±0,02
16.	Сельскохозяйственные поля Новохоперского р-на	1,41±0,04
17.	Сельскохозяйственные поля Репьевского р-на	1,28±0,02
18.	Сельскохозяйственные поля Воробьевского р-на	1,38±0,02
19.	Сельскохозяйственные поля Панинского р-на	1,04±0,01
20.	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на	0,98±0,03
21.	Сельскохозяйственные поля Эртильского р-на	1,68±0,03
22.	Сельскохозяйственные поля Россошанского р-на	1,65±0,02
23.	500 м от ОАО «Минудобрения»	2,01±0,02
24.	500 м от ООО «Бормаш»	1,90±0,04
25.	город Борисоглебск	1,66±0,02
26.	город Калач	2,07±0,01
27.	500 м от ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	0,97±0,02
28.	500 м от ООО «Сибур» (г. Воронеж)	0,95±0,01
29.	Побережье Воронежского вдрх.	1,23±0,01
30.	Вблизи Воронежского аэропорта им. Петра I	1,92±0,01
31.	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская)	1,04±0,02
32.	Вдоль трассы М4 (в Рамонском р-не)	0,70±0,01
33.	100 м от М4 (в Рамонском р-не)	0,67±0,01
34.	200 м от М4 (в Рамонском р-не)	0,82±0,02
35.	300 м от М4 (в Рамонском р-не)	1,19±0,01
36.	Вдоль трассы А144 (в Аннинском р-не)	0,65±0,02
37.	100 м от А144 (в Аннинском р-не)	0,93±0,04
38.	200 м от А144 (в Аннинском р-не)	1,10±0,03
39.	300 м от А144 (в Аннинском р-не)	1,23±0,02
40.	Вдоль трассы М4 (в Павловском р-не)	0,72±0,01

Продолжение таблицы

41.	100 м от М4 (в Павловском р-не)	0,85±0,02
42.	200 м от М4 (в Павловском р-не)	0,93±0,01
43.	300 м от М4 (в Павловском р-не)	0,89±0,02
44.	Вдоль нескоростной дороги	0,94±0,03
45.	100 м от нескоростной дороги	1,13±0,04
46.	200 м от нескоростной дороги	1,20±0,01
47.	300 м нескоростной дороги	1,31±0,02
48.	Вдоль железной дороги	0,84±0,03
49.	100 м от железной дороги	0,93±0,03
50.	200 м от железной дороги	1,02±0,02
51.	300 м от железной дороги	1,01±0,02
Числовой показатель по ФС [3]		Не менее 0,5

Однако можно выделить образцы, также собранные в условиях значительного антропогенного воздействия, отличающиеся значительно меньшим содержанием флавоноидных соединений, например, на улице города Воронеж, вблизи промышленного предприятия ООО «Сибур», вдоль и на некотором удалении трассы М4 в Рамонском и Павловском районах, вдоль трассы А144 в Аннинском районе, вдоль железной дороги, где содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин отмечается на уровне 1% и менее. Объяснить такое снижение содержания суммы флавоноидов в данных образцах можно проявлением экологического закона взаимодействия факторов, согласно которому оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору среды могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы [2, 8, 9]. То есть, при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов (высокой загазованности, запыленности территорий) возможно также угнетение антиоксидантной системы растений. В этом случае, по-видимому, вместо стимуляции, происходит подавление ферментной системы биосинтеза флаванолов.

Заключение

Проанализирован 51 образец травы горца птичьего, произрастающей в различных агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области, в которых определено содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин. Все отобранное лекарственное растительное сырье признано доброкачественным по данному показателю. Выявлено, что в траве горца птичьего, собранной на контрольных (заповедных) территориях, содержание флавоноидов в среднем в 3-3,2 раза больше нижнего числового значения, приведенного в фармакопейной статье. В сырье, произрастающем в агробиогеоценозах, содержание флавоноидов в 1,9-3,3 раза превышает установленный нормативной документацией числовой показатель. Сырье горца птичьего, произрастающее в ряде урбобиогеоценозах Воронежской области, также отличается значительным содержанием флавоноидов в пересчете на авикулярин, в 3,3-4,2 раза превышающим минимальное допустимое содержание, а также превышает содержание флавоноидов в образцах контрольных заповедных зон. Объяснить данный факт можно тем, что ключевой фермент синтеза флавоноидов – фенилаланинаммиаклиаза – имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность. Поэтому синтез антиоксидантных веществ, среди которых флавоноиды играют важнейшую роль, всегда усиливается в условиях токсического стресса. Проведенные исследования позволили выявить, что антропогенное воздействие, характеризующееся значительным выбросом в окружающую среду разных токсических веществ, не всегда сопровождается индукцией синтеза флавоноидов в растительном организме. Так, вблизи некоторых производственных предприятий и вдоль автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения, нами были отобраны образцы со сниженным относительно других образцов сырья содержанием флавоноидов в пересчете на авикулярин. Это позволяет предположить, что при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов возможно также угнетение антиоксидантной системы растений.

Литература (references)

1. Баяндина И.И., Загуская Ю.В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях // Сибирский медицинский журнал. – 2014. – № 8. – С. 107-111. [Bayandina I.I., Zagurskaya Yu.V. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. Siberian medical magazine. – 2014. – N8. – P. 107-111. (in Russian)]
2. 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. [Velikanova N.A. *Ekologicheskaya ocenka sostoyaniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya (na primere Polygonum aviculare L. i Plantago major L.) v urbousloviyah goroda Voronezha i ego okrestnostej*. Ecological assessment of the state of medicinal plant raw materials (on the example of *Polygonum aviculare* L. and *Plantago major* L.) in the urban conditions of the city of Voronezh and its surroundings. Voronezh, 2013. – 21 p. (in Russian)]
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. – М.: ФЭМБ, 2018. – 1883 с. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, Tom 4*. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB, 2018. – 1883 p. (in Russian)]
4. Куркин В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. — Самара: Офорт, 2004. – 1179. [Kurkin V.A. *Farmakognosiya*. Pharmakognosiya. Samara: Ofort, 2004. – 1179 p. (in Russian)]
5. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A., Samylina I.A. 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 // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2015. – V. 49, N6. – P. 384-387.
6. Ferdinando M.D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Flavonoids as Antioxidants in Plants under Abiotic Stresses // *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability* / Ed. P. Ahmad, M.N.V. Prasad. – NY: Springer New York, 2012. – P. 159-179.
7. Loreto F., Schnitzler J.-P. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds // *Trends in Plant Science*. – 2010; 15. – P. 154-166.
8. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Papanga G. Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1996. V. 20. – P. 933-956.
9. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress // *Current Opinion in Plant Biology*. – 2002. – N5. – P. 218-223.

Информация об авторах

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.