

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ЦВЕТКАМИ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ЗАГОТОВЛЕННЫМИ В РАЗЛИЧНЫХ УРБО- И АГРОБИОЦЕНОЗАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Воронежский государственный университет (г. Воронеж)

Study of peculiarities of flavonoids accumulation in common tansy flowers harvested in various urban and agrobiocenoses of Voronezh region

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

Voronezh State University (Voronezh, Russia)

DOI: 10.54296/18186173_2021_3_33

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, прежде всего флавоноидов, которые играют важную роль в адаптации растений к изменяющимся условиям. Целью исследования являлось изучение накопления флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в цветках пижмы обыкновенной, собранных в различных с точки зрения антропогенного воздействия агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области. В рамках проведения исследования в 51 образце цветков пижмы обыкновенной определено содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лутеолин. Выявлено, что в цветках пижмы обыкновенной, заготовленных в агробиогеоценозах и ряде урбобиоценозов, содержание флавоноидов в целом выше, чем в образцах, собранных в естественных биоценозах 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. При этом вблизи некоторых производственных предприятий и вдоль автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения нами были отобраны образцы со сниженным относителем других образцов сырья содержанием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лутеолин. Это позволяет предположить, что при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов возможно также угнетение антиоксидантной системы растений.

Ключевые слова: Воронежская область, пижма обыкновенная, флавоноиды.

RESUME

An important and little-researched aspect of the effect of human economic activity on medicinal plants is that in response to an increase in anthropogenic load, additional synthesis of secondary metabolites, especially flavonoids, is induced, which play an important role in adapting plants to changing conditions. The purpose of the study was to study the accumulation of flavonoids and phenol carboxylic acids in the flowers of common tansy, collected in various agricultural and urbobiogeocenoses of the Voronezh region from the point of view of anthropogenic impact. As part of the study, the content of the sum of flavonoids and phenol carboxylic acids in terms of luteolin was determined in 51 samples of common tansy flowers. It was revealed that in the flowers of common tansy harvested in agrobiogeocenoses and in a number of urbobiocenoses, the content of flavonoids is generally higher than in samples collected in natural biocenoses of protected areas. This fact can be explained by the biochemical adaptation of the plant to significant oxidative stresses, in response to which the synthesis of polyphenol substances, the main representatives of which are flavonoids, is induced. At the same time, near some production plants and along highways with high traffic intensity, we selected samples with a content of flavonoids and phenol carboxylic acids in terms of luteolin reduced relative to other samples of raw materials. This suggests that with the excessive toxic influence of pollutants, it is also possible to suppress the antioxidant system of plants.

Keywords: Voronezh region, common tansy, flavonoids.

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 пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся, травянистое, издревле используемое в медицине растение с выраженным желчегонным и противовоспалительным эффектом. Широкое применение обусловлено богатым химическим составом цветков пижмы обыкновенной, основу которого составляют флавоноиды, органические кислоты, эфирные масла, горькие гликозиды, алкалоиды, макро- и микроэлементы [4].

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, которые играют важную роль в адаптации растений к изменяющимся условиям. 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, 6, 7].

Цель исследования – изучение накопления флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в цветках пижмы обыкновенной, заготовленных в различных с точки зрения антропогенного воздействия агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований в рамках Воронежской области были выбраны точки отбора образцов лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на него (рис., табл.): химические предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) «ВОГРЭС», Нововоронежская атомная электростанция (АЭС), аэропорт, улица города (улица Ленинградская), высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ), Воронежское водохранилище, города с развитой легкой промышленностью (Калач, Борисоглебск), вдоль сельскохозяйственных полей, характеризующихся внесением большого количества удобрений (Лискинский, Ольховатский, Подгоренский, Петропавловский, Грибановский, Хохольский, Новохоперский, Репьевский, Воробьевский, Панинский, Верхнехавский, Россошанский районы), зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Нижедевицкий, Острогожский, Семилукский районы), и в качестве сравнения – заповедная зона (Воронежский биосферный заповедник, Хоперский государственный природный заповедник). Кроме того, большое внимание уделено нами вопросу сбора лекарственного растительного сырья вблизи автомобильных и железных дорог. Современные справочники и пособия по лекарственным растениям не единогласны: где-то запрещающей зоной указано 100 м от дороги, где-то 200 м, а где-то и 300 м от дороги. Про железнодорожный транспорт указаний и вовсе нет. Поэтому мы решили проанализировать данную проблему с целью выяснения должной запрещающей зоны сбора лекарственных растений вблизи магистралей. Для этого исследования Воронежская область тоже подошла как нельзя лучше: в ней представлены разные природные зоны – лесная зона (Рамонский район), лесостепь (Аннинский район), степь (Павловский район), – и имеются крупные транспортные развязки трассы М4

«Дон», А144 «Курск-Саратов», а также рассмотрены нескоростная автомобильная дорога (Богучарский район) и железная дорога (Рамонский район).

Сбор и сушку цветков пижмы обыкновенной проводили по всем правилам заготовки лекарственного растительного сырья, в период начала цветения растения (в конце июня-июле), срезая корзинки и части сложных щитковидных соцветий. Определение содержания суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в отобранных образцах цветков пижмы обыкновенной вели по стандартной фармакопейной методике [8] на спектрофотометре СФ-2000. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel» при доверительной вероятности 95 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты спектрофотометрического определения содержания суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин приведены в табл.

Содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в изучаемых образцах цветков пижмы обыкновенной варьировало от 1,23 % до 8,27 %. Пять образцов анализируемого сырья не соответствуют нормативной документации по данному числовому показателю – цветки пижмы обыкновенной, заготовленные вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 в Павловском районе, вдоль трассы М4 в Рамонском районе, вдоль трассы А144 [8].

Содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в образцах, заготовленных в заповедных зонах, варьировало от 3,03 % до 3,72 %.

Цветки пижмы обыкновенной, собранные в агробиоценозах, накапливали сумму флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин на уровне 3,11–6,25 %, что в целом больше, чем в образцах заповедных зон. Известно, что ключевую роль в биосинтезе полифенольных соединений играет фермент фенилаланинаммиаклиаза. Увеличение накопления флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в цветках пижмы обыкновенной можно объяснить двумя причинами повышения ак-

тивности ферментных систем, в частности, фенилаланинаммиаклиазы. Во-первых, внесение в почву синтетических веществ, активизирует антиоксидантные функции растительного организма, повышая выработку полифенолов за счет активации данного фермента [5, 6, 7]. Во-вторых, лютеолин является флавоном, главная функция которых – защита от ультрафиолетовых лучей [9, 10]. В агроценозах с преимущественно травянистой растительностью пижма обыкновенная более подвержена воздействию солнечной радиации, чем в естественных биоценозах заповедных территорий, представленных преимущественно смешанным лесом.

Цветки пижмы обыкновенной, произрастающей в условиях урбоценозов, накапливали сумму флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в более широком диапазоне – от 1,23 % до 8,27 %. При этом условно можно выделить образы сырья, в производящих растениях которых отмечается индукция синтеза определяемых полифенолов и подавление биосинтетических процессов [7, 9]. Наиболее высокие значения (более 5 %, что вдвое превышает нижнее значение допустимого числового показателя) определения данной группы биологически активных веществ отмечены для образцов, заготовленных на улицах городов Острогожск, Семилуки, Калач, Борисоглебск, Воронеж, а также вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, ООО «Бормаш»



Рис. Карта отбора образцов сырья (расшифровка в табл.)

Содержание биологически активных веществ в образцах цветков пижмы обыкновенной

№ п/п	Территория сбора	Содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин, %
1.	Воронежский государственный природный биосферный заповедник	3,55±0,04
2.	Хоперский заповедник	3,03±0,05
3.	Борисоглебский район	3,72±0,03
4.	с. Елань-Колено	3,22±0,05
5.	Нижнедевицкий р-н	4,04±0,06
6.	Острогожский р-н	6,16±0,04
7.	Семилукский р-н	7,18±0,03
8.	г. Нововоронеж	4,78±0,03
9.	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	4,01±0,02
10.	Вдоль сельскохозяйственных полей Лискинский р-н	6,25±0,05
11.	Вдоль сельскохозяйственных полей Ольховатский р-н	3,87±0,02
12.	Вдоль сельскохозяйственных полей Подгоренский р-н	3,54±0,04
13.	Вдоль сельскохозяйственных полей Петропавловский р-н	3,77±0,05
14.	Вдоль сельскохозяйственных полей Грибановский р-н	4,52±0,03
15.	Вдоль сельскохозяйственных полей Хохольский р-н	3,96±0,04
16.	Вдоль сельскохозяйственных полей Новохоперский р-н	3,99±0,03
17.	Вдоль сельскохозяйственных полей Репьевский р-н	3,37±0,04
18.	Вдоль сельскохозяйственных полей Воробьевский р-н	4,70±0,05
19.	Вдоль сельскохозяйственных полей Панинский р-н	3,11±0,03
20.	Вдоль сельскохозяйственных полей Верхнехавский р-н	4,20±0,03
21.	Вдоль сельскохозяйственных полей Эртильский р-н	3,87±0,05
22.	Вдоль сельскохозяйственных полей Россошанский р-н	3,36±0,04
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь)	7,04±0,03
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	6,20±0,05
25.	г. Борисоглебск	6,89±0,02
26.	г. Калач	7,08±0,05
27.	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	4,17±0,02
28.	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	7,05±0,05
29.	Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	3,08±0,04
30.	Вблизи аэропорта им. Петра I	3,97±0,04
31.	Улица г. Воронеж (ул. Димитрова)	8,27±0,03
32.	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	1,65±0,02
33.	100 м от М4 (Рамонский р-н)	4,94±0,05
34.	200 м от М4 (Рамонский р-н)	3,84±0,03
35.	300 м от М4 (Рамонский р-н)	3,06±0,02
36.	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	1,23±0,06
37.	100 м от А144 (Аннинский р-н)	2,65±0,05
38.	200 м от А144 (Аннинский р-н)	3,98±0,04
39.	300 м от А144 (Аннинский р-н)	3,56±0,05
40.	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	1,79±0,03
41.	100 м от М4 (Павловский р-н)	2,37±0,04
42.	200 м от М4 (Павловский р-н)	2,98±0,05
43.	300 м от М4 (Павловский р-н)	4,01±0,04
44.	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н)	5,53±0,05
45.	100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	4,06±0,04
46.	200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	3,67±0,05
47.	300 м нескоростной дороги (Богучарский р-н)	3,42±0,03
48.	Вдоль железной дороги	6,06±0,05
49.	100 м от железной дороги	3,78±0,06
50.	200 м от железной дороги	3,28±0,03
51.	300 м от железной дороги	3,25±0,04
Числовой показатель по ФС [8]		Не менее 2,5

в Поворинском районе, вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» и вдоль железнодорожного полотна Юго-Восточной железной дороги в Рамонском районе. Вероятно, в таких условиях произрастания растения в результате стрессового воздействия факторов окружающей среды (избыточная солнечная радиация, выбросы предприятий промышленности и транспорта, уплотнение почвы и загрязненный различны-

ми поллютантами грунт и т.д.) активизируется фенилаланинаммиаклиаза и другие ферменты, участвующие в биосинтезе полифенольных соединений [5, 6].

Наиболее низкие результаты определения содержания суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в цветках пижмы обыкновенной получены для лекарственного растительного сырья, заго-

товленного вдоль автомобильных трасс М4 в Рамонском районе и А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 100 м от автомобильной трассы М4 в Павловском районе. Объяснить полученные результаты представляется возможным тем, что чрезмерное антропогенное воздействие на среду произрастания пижмы обыкновенной вблизи транспортных магистралей (уплотнение и загрязнение верхних слоев почв различными поллютантами, повышенные загазованность, запыленность), которое выходит за пределы выносливости вида, вызывает угнетение ферментных систем в растении, проявляющееся снижением в нем суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировано свыше 50 образцов цветков пижмы обыкновенной, заготовленных в различных агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области, в которых определено содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин. 46 из 51 образца признаны доброкачественными по данному числовому показателю. Выявлено, что в цветках пижмы обыкновенной, собранных в агробиогеоценозах, содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот выше, чем в образцах из заповедных зон. Сырье пижмы обыкновенной, произрастающее в ряде урбобиогеоценозов Воронежской области, также отличается значительным содержанием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот, превышающим содержание данной группы биологически активных веществ 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 и фенолкарбоновых кислот в растительном организме. Так, вблизи автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения нами были отобраны образцы со сниженным относительно других образцов сырья содержанием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин. Это

позволяет предположить, что при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов возможно также угнетение антиоксидантной системы растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова, Н.А. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2018; 1: 124–131.
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; 49(6): 384–387.
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.
4. Куркин, В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. — Самара: Офорт, 2004: 406–410.
5. Баяндина, И.И. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях / И.И. Баяндина, Ю.В. Загурская // Сибирский медицинский журнал. – 2014; 8: 107–111.
6. Loreto, F. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds / F. Loreto, J.-P. Schnitzler // Trends in Plant Science. – 2010; 15: 154–166.
7. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses / M.D. Ferdinando, C. Brunetti, A. Fini, M. Tattini // Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability / Ed. P. Ahmad, M.N.V. Prasad. – NY: Springer New York, 2012: 159–179.
8. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. — М.: ФЭМБ, 2018: 6328–6335.
9. 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; 20: 933–956.
10. Winkel-Shirley, B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress / B. Winkel-Shirley // Current Opinion in Plant Biology. – 2002; 5: 218–223.

Адрес автора

К.б.н. Дьякова Н.А., доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии
Ninochka_V89@mail.ru