

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛИСТЬЯМИ ПОДРОЖНИКА БОЛЬШОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ УРБО- И АГРОБИОЦЕНОЗАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Дьякова

к.б.н., доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии,
Воронежский государственный университет (г. Воронеж)
E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Актуальность. В ответ на увеличение антропогенной нагрузки с разной интенсивностью индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов. Данный аспект влияния хозяйственной деятельности человека на лекарственные растения является важным и малоисследованным.

Цель исследования. Выявление особенностей накопления полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, листьями подорожника большого, собранными в агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

Материал и методы. Исследован 51 образец листьев подорожника большого, в которых определено содержание полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом. Все образцы соответствовали требованиям фармакопейной статьи по содержанию определяемых групп биологически активных веществ.

Результаты. Наименьшее содержание полисахаридов отмечено для образцов, собранных под высоковольтными линиями электропередач, вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», вдоль и на удалении 100 м от трассы А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 200 м от автомобильной трассы М4 в Рамонском районе. Снижение в содержании данной группы биологически активных веществ можно связать с подавлением биосинтетических процессов в растении в результате значительного антропогенного воздействия. При этом в ряде урбобиоценозов были заготовлены листья подорожника большого с высоким содержанием полисахаридов (более 20%) – в г. Острогожск, с. Елань-Колено, на удалении более 100 м от нескоростной автомобильной дороги, на удалении 300 м от железной дороги, где, вероятно, хозяйственная деятельность человека оказывает меньшее влияние на место обитания производящего растения. В ряде урбанизированных районов были отобраны листья подорожника большого с содержанием экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, превышающим их концентрацию в образцах заповедных зон, что можно связать с индукцией синтеза в стрессовых для растения условиях загрязнения среды обитания в результате антропогенного воздействия биологически активных соединений, извлекаемых 70%-ным спиртом. В данном случае речь идет, вероятно, о стимуляции биосинтеза полифенольных соединений (флавоноидов и др.), являющихся ключевыми вторичными метаболитами, обладающими мембраностабилизирующим действием в условиях окислительного стресса.

Ключевые слова: Воронежская область, подорожник большой, полисахариды, экстрактивные вещества.

Для цитирования: Дьякова Н.А. Особенности накопления биологически активных веществ листьями подорожника большого, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021;24(1):16–21. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-01-03>

Лекарственные препараты на основе лекарственного растительного сырья, насчитывающие на сегодняшний день более 6,5 наименований, пользуются высоким спросом в силу относительной безвредности и хорошего терапевтического эффекта. Большая доля заготовок растительного сырья расположена в европейской части России, для которой характерны значительная плотность населения, высокая активность хозяйственной деятельности, развитие транспортных магистралей, в связи с чем увеличивается угроза заготовки растений в экологически загрязненных районах, и воз-

растает актуальность выявления влияния антропогенного воздействия на содержание биологически активных веществ в растении [1–3].

Синантропным видом, сырье которого собирается преимущественно от дикорастущих особей, является подорожник большой (*Plantago major* L.) – многолетнее, произрастающее повсеместно травянистое, издревле используемое в медицине растение с выраженным отхаркивающим, гастропротекторным, антимикробным, спазмолитическим и противовоспалительным эффектами. Широкое медицинское и фармацевтическое применение рас-

тения обусловлено богатым химическим составом листьев подорожника большого, основу которого составляют полисахариды, в том числе слизи (до 11%), каротиноиды, иридоидные гликозиды (аукубин, каталпол), холин, витамины К, U, флавоноиды, простые сахара (маннит, сорбит), лимонная, аскорбиновая и олеаноловая кислоты, микро- и макроэлементы [4].

Малоисследованным последствием антропогенного воздействия на окружающую среду является то, что в ответ на увеличение активности хозяйственной деятельности человека активизируется дополнительный синтез вторичных метаболитов в растительных организмах. Имеющиеся в литературных источниках данные преимущественно показывают индукцию синтеза в растительном организме пептидов, аминокислот, органических кислот, флавоноидов как лигандов для хелатирования токсичных веществ. При этом данные о влиянии антропогенного загрязнения окружающей среды на биосинтез полисахаридов в литературе практически отсутствуют [5–7].

Цель исследования – выявление особенностей накопления полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, в листьях подорожника большого, собранных в агро- и урбобиогеоценозах Воронежской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

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, 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 (Нижнедевицкий, Острогжский, Семилукский районы) и в качестве сравнения – заповедная зона (Воронежский биосферный заповедник, Хоперский государственный природный заповедник).

Кроме того, большое внимание уделено вопросу сбора лекарственного растительного сырья вблизи автомобильных и железнодорожных дорог. В современных справочниках и пособиях по лекарственным растениям информация различна: 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 было принято решение проанализировать данную проблему с целью выяснения должной запрещающей зоны сбора лекарственных растений вблизи магистралей. Для этого исследования Воронежская область подошла как нельзя лучше: в ней представлены разные природные зоны – лесная (Рамонский район), лесостепь (Аннинский район), степь (Павловский район), имеются крупные транспортные развязки – трассы М4 «Дон», А144 «Курск – Саратов»; также рассмотрены нескоростная автомобильная дорога (Богучарский район) и железная дорога (Рамонский район).

Сбор и сушку листьев подорожника большого проводили по всем правилам заготовки лекарственного растительного сырья, в период начала цветения растения (в конце июня – июле 2015 г.), срезая листья ножницами. Определение содержания полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, в отобранных образцах листьев подорожника большого вели по стандартным фармакопейным методикам [8]. Каждое определение выполняли трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel» при доверительной вероятности 95%.

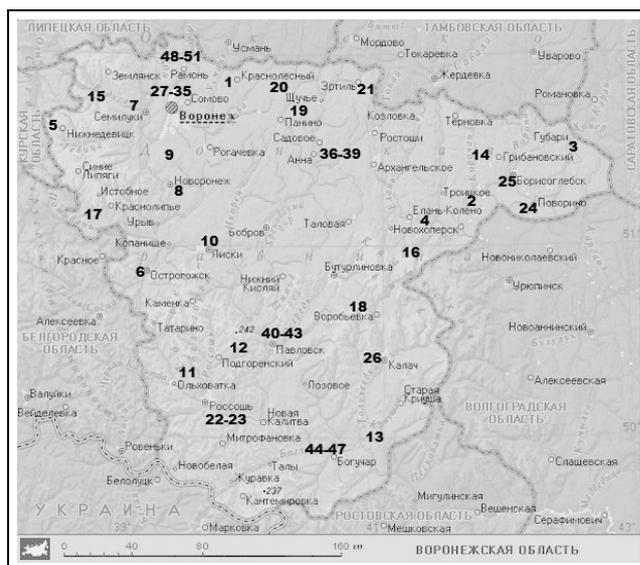


Рисунок. Карта отбора образцов сырья (расшифровка в таблице)

Таблица. Содержание биологически активных веществ в образцах листьев подорожника большого (*Plantago major L.*)

| № п/п | Территория сбора | Содержание, % | |
|-------|---|---------------|---|
| | | Полисахариды | Экстрактивные вещества, извлекаемые 70%-ным спиртом |
| 1 | Воронежский государственный природный биосферный заповедник | 24,11±0,43 | 40,32±0,27 |
| 2 | Хоперский государственный природный заповедник | 23,53±0,54 | 47,29±0,32 |
| 3 | с. Макашевка, Борисоглебский район | 21,50±0,38 | 36,57±0,41 |
| 4 | с. Елань-Колено | 20,43±0,45 | 35,09±0,57 |
| 5 | Нижнедевицкий район | 18,45±0,22 | 41,64±0,31 |
| 6 | Острогожский район | 20,12±0,32 | 38,01±0,19 |
| 7 | Семилукский район | 17,95±0,55 | 44,08±0,46 |
| 8 | г. Нововоронеж | 19,33±0,42 | 34,17±0,33 |
| 9 | Высоковольтные линии электропередач (Нововоронежский городской округ) | 14,30±0,34 | 24,39±0,38 |
| 10 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Лискинский район | 20,19±0,48 | 33,09±0,27 |
| 11 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Ольховатский район | 19,00±0,54 | 44,47±0,18 |
| 12 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Подгоренский район | 20,36±0,58 | 32,09±0,29 |
| 13 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Петропавловский район | 17,55±0,33 | 41,89±0,27 |
| 14 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Грибановский район | 23,96±0,51 | 37,59±0,42 |
| 15 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Хохольский район | 17,03±0,24 | 45,87±0,31 |
| 16 | Вдоль сельскохозяйственных полей Новохоперский район | 18,34±0,35 | 35,22±0,40 |
| 17 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Репьевский район | 17,26±0,53 | 41,87±0,24 |
| 18 | Вдоль сельскохозяйственных полей Воробьевский район | 21,05±0,40 | 43,60±0,51 |
| 19 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Панинский район | 16,87±0,45 | 30,85±0,38 |
| 20 | Вдоль сельскохозяйственных полей Верхнехавский район | 22,86±0,37 | 48,13±0,41 |
| 21 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Эртильский район | 20,27±0,23 | 37,94±0,57 |
| 22 | Вдоль сельскохозяйственных полей, Россошанский район | 16,77±0,46 | 39,75±0,49 |
| 23 | Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район) | 13,94±0,43 | 46,39±0,35 |
| 24 | Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район) | 15,71±0,36 | 52,04±0,24 |
| 25 | г. Борисоглебск | 18,42±0,46 | 47,53±0,40 |
| 26 | г. Калач | 19,51±0,53 | 42,90±0,35 |
| 27 | Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) | 19,10±0,69 | 53,05±0,42 |
| 28 | Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) | 18,78±0,32 | 46,70±0,36 |
| 29 | Вдоль водохранилища (г. Воронеж) | 23,26±0,36 | 50,42±0,25 |
| 30 | Вблизи аэропорта им. Петра I | 18,47±0,52 | 38,55±0,19 |
| 31 | Улица г. Воронеж (ул. Димитрова) | 17,64±0,48 | 46,17±0,34 |
| 32 | Вдоль трассы М4 (Рамонский район) | 12,65±0,32 | 27,09±0,46 |
| 33 | 100 м от М4 (Рамонский район) | 13,32±0,40 | 34,87±0,50 |
| 34 | 200 м от М4 (Рамонский район) | 13,54±0,58 | 45,75±0,47 |
| 35 | 300 м от М4 (Рамонский район) | 16,70±0,55 | 51,07±0,31 |
| 36 | Вдоль трассы А144 (Аннинский район) | 13,18±0,48 | 25,90±0,24 |
| 37 | 100 м от А144 (Аннинский район) | 13,69±0,27 | 29,47±0,45 |
| 38 | 200 м от А144 (Аннинский район) | 14,89±0,55 | 35,96±0,51 |
| 39 | 300 м от А144 (Аннинский район) | 17,04±0,63 | 42,78±0,23 |
| 40 | Вдоль трассы М4 (Павловский район) | 15,33±0,25 | 32,75±0,31 |
| 41 | 100 м от М4 (Павловский район) | 15,15±0,53 | 39,58±0,42 |
| 42 | 200 м от М4 (Павловский район) | 15,63±0,25 | 37,65±0,26 |
| 43 | 300 м от М4 (Павловский район) | 16,05±0,43 | 42,08±0,42 |
| 44 | Вдоль нескоростной дороги (Богучарский район) | 17,43±0,37 | 35,87±0,31 |
| 45 | 100 м от нескоростной дороги (Богучарский район) | 21,67±0,44 | 45,91±0,18 |
| 46 | 200 м от нескоростной дороги (Богучарский район) | 23,55±0,30 | 39,54±0,51 |
| 47 | 300 м нескоростной дороги (Богучарский район) | 22,66±0,31 | 41,85±0,43 |
| 48 | Вдоль железной дороги | 15,54±0,52 | 39,65±0,26 |
| 49 | 100 м от железной дороги | 16,46±0,41 | 38,59±0,33 |
| 50 | 200 м от железной дороги | 17,68±0,24 | 42,85±0,38 |
| 51 | 300 м от железной дороги | 20,74±0,37 | 42,09±0,43 |
| | Числовой показатель по ФС [8] | Не менее 12 | Не менее 20 |

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание биологически активных веществ в образцах листьев подорожника большого приведены в таблице.

Все образцы листьев подорожника большого соответствуют требованиям фармакопейной статьи по содержанию полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом. Содержание определяемых биологически активных веществ значительно варьирует в зависимости от мест заготовки сырья. Самое высокое накопление полисахаридов (21,50–24,11%) выявлено в образцах, заготовленных на контрольных территориях. В листьях подорожника большого, собранных в условиях агробиоценозов, содержание полисахаридов варьировало от 16,77 до 23,96%. В сырье урбанизированных территорий концентрация полисахаридов характеризовалась числовыми значениями более широкого диапазона – от 12,65 до 23,55%. Наименьшее содержание полисахаридов отмечено для образцов, собранных под высоковольтными линиями электропередач, вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», вдоль и на удалении 100 м от трассы А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 200 м от автомобильной трассы М4 в Рамонском районе. Снижение в содержании данной группы биологически активных веществ можно связать с подавлением биосинтетических процессов в растении в результате значительного антропогенного воздействия. При этом в ряде урбоценозов были заготовлены листья подорожника большого с высоким содержанием полисахаридов (более 20%) – в г. Острогжск, с. Елань-Колено, на удалении более 100 м от нескоростной автомобильной дороги, на удалении 300 м от железной дороги, где, вероятно, хозяйственная деятельность человека оказывает меньшее влияние на место обитания производящего растения.

Концентрация экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, в листьях подорожника большого, заготовленных на контрольных территориях, лишенных антропогенного воздействия, составляет от 36,57 до 47,29%. Для агробиоценозов региона характерно накопление экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, в изучаемом лекарственном растительном сырье от 30,85 до 48,13%. На урбанизированных территориях были заготовлены несколько образцов, отличающихся более низким накоплением экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, – под высоковольтными линиями электропередач, вдоль

автомобильной трассы М4 в Рамонском районе, вдоль и на удалении 100 м от трассы А144 в Аннинском районе. При этом в ряде урбанизированных районов были отобраны листья подорожника большого с содержанием экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, превышающим их концентрацию в образцах заповедных зон (например, вблизи промышленного предприятия ООО «Бормаш» в Поворинском районе, вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», в г. Борисоглебск, вдоль низовья Воронежского водохранилища). Связать такие высокие результаты определений можно с индукцией синтеза в стрессовых для растения условиях загрязнения среды обитания в результате антропогенного воздействия биологически активных соединений, извлекаемых 70%-ным спиртом. В данном случае речь идет, вероятно, о стимуляции биосинтеза полифенольных соединений (флавоноидов и др.), которые являются ключевыми вторичными метаболитами, обладающими мембраностабилизирующим действием в условиях окислительного стресса [9,10].

ВЫВОДЫ

Проанализировано свыше 50 образцов листьев подорожника большого, собранных в различных агро- и урбобиоценозах Воронежской области, в которых определено содержание полисахаридов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом. Все отобранное лекарственное растительное сырье признано доброкачественным по определяемым числовым показателям.

Наименьшее содержание полисахаридов отмечено для образцов, собранных под высоковольтными линиями электропередач, вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», вдоль и на удалении 100 м от трассы А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 200 м от автомобильной трассы М4 в Рамонском районе. Снижение в содержании данной группы биологически активных веществ можно связать с подавлением биосинтетических процессов в растении в результате значительного антропогенного воздействия. При этом в ряде урбоценозов были заготовлены листья подорожника большого с высоким содержанием полисахаридов (более 20%) – в г. Острогжск, с. Елань-Колено, на удалении более 100 м от нескоростной автомобильной дороги, на удалении 300 м от железной дороги, где, вероятно, хозяйственная деятельность человека оказывает меньшее влияние на место обитания производящего растения.

В ряде урбанизированных районов были отобраны листья подорожника большого с содержанием экстрактивных веществ, извлекаемых 70%-ным спиртом, превышающим их концентрацию в образцах заповедных зон, что можно связать с индукцией синтеза в стрессовых для растения условиях загрязнения среды обитания в результате антропогенного воздействия биологически активных соединений, извлекаемых 70%-ным спиртом. В данном случае речь идет, вероятно, о стимуляции биосинтеза полифенольных соединений (флавоноидов и др.), являющихся ключевыми вторичными метаболитами, обладающими мембраностабилизирующим действием в условиях окислительного стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье. Вестник ВГУ. Сер. Химия, Биология. Фармация. 2018; 1:124–131.
2. 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 viculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as examples. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015; 49(6): 384–387.
3. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Шишорина Л.А., Бобина Е.А., Великанова Л.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой полыни горькой, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020; 7: 15–21.
4. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт, 2004: 406–410.
5. Баяндина И.И., Загурская Ю.В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. Сибирский медицинский журнал. 2014; 8: 107–111.
6. Loreto F., Schnitzler J.-P. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds. *Trends in Plant Science*. 2010; 15: 154–166.
7. 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: 159–179.
8. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 4. М.: ФЭМБ, 2018: 6343–6350.
9. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Papanga G. Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996; 20: 933–956.
10. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002; 5: 218–223.

Поступила 29 октября 2020 г.

FEATURES OF ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES BY LEAVES OF THE LARGE PLANTAIN GROWING IN VARIOUS URBAN AND AGROBIOCENOSES OF VORONEZH REGION

© N.A. Dyakova, 2021

N.A. Dyakova

Ph.D. (Biol.), Associate Professor,
Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Engineering,
Voronezh State University (Voronezh)

Relevance. 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 is induced with different intensities.

The purpose of the study was to study the accumulation of biologically active substances in the leaves of the large plantain, collected in various agricultural and urbobiogeocenoses of the Voronezh region from the point of view of anthropogenic impact.

Material and methods. In the framework of the study, 51 samples of plantain leaves of a large scale determined the content of polysaccharides and extractive substances extracted by 70% alcohol.

Results. All samples meet the existing requirements of regulatory documentation on the content of determined groups of biologically active substances. The lowest content of polysaccharides was noted for samples collected under high-voltage power lines, near the industrial enterprises of Minudobrenia OJSC, along and at a distance of 100 m from the A144 route in the Anninsky district, along and at a distance of 200 m from the M4 highway in the Ramonsky district. The decrease in the content of this group of biologically active substances can be associated with the suppression of biosynthetic processes in the plant as a result of significant anthropogenic effects. At the same time, leaves of a large plantain with a high polysaccharide content (more than 20%) were harvested in a number of urboce-
noses - in Ostrogozhsk, Elan-Koleno, at a distance of more than 100 m from a non-fast highway, at a distance of 300 m from the rail-

way, where, probably, human economic activity has less impact on the habitat of the producing plant. In a number of urbanized areas, large plantain leaves were selected with a content of extractive substances extracted by 70% alcohol exceeding their concentration in samples of protected areas, which can be associated with induction of synthesis in conditions of habitat contamination stressful for the plant as a result of anthropogenic effects of biologically active compounds extracted by 70% alcohol. In this case, we are probably talking about stimulating the biosynthesis of polyphenol compounds (flavonoids, etc.), which are key secondary metabolites that have membrane-stabilizing effects under conditions of oxidative stress.

Key words: Voronezh region, large plantain, polysaccharides, extractive substances.

For citation: Dyakova N.A. Features of accumulation of biologically active substances by leaves of the large plantain growing in various urban and agrobiocenoses of Voronezh region. Enhance functional activity of antigen-presenting cells. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2021;24(1):16–21. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-01-03>

REFERENCES

1. D'jakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Ocenka jeffektivnosti i bezopasnosti lekarstvennogo syr'ja podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Central'nom Chernozem'e. Vestnik VGU. Ser. Himija, Biologija. Farmacija. 2018; 1:124–131.
2. 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 viculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as examples. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2015; 49(6): 384–387.
3. D'jakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Shishorina L.A., Bobina E.A., Velikanova L.A. Izuchenie osobennostej nakoplenija flavonoidov travoj polyni gor'koj, proizrastajushhej v razlichnyh urbo- i agrobiocenozah Voronezhskoj oblasti. Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii. 2020; 7: 15–21.
4. Kurkin V.A. Farmakognozija. Samara: Ofort, 2004: 406–410.
5. Bajandina I.I., Zagurskaja Ju.V. Vzaimosvjaz' vtorichnogo metabolizma i himicheskikh jelementov v lekarstvennyh rastenijah. Sibirskij medicinskij zhurnal. 2014; 8: 107–111.
6. Loreto F., Schnitzler J.-P. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds. Trends in Plant Science. 2010; 15: 154–166.
7. 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: 159–179.
8. Gosudarstvennaja farmakopeja Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV. Tom 4. M.: FJeMB, 2018: 6343–6350.
9. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Papanga G. Structure– antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine. 1996; 20: 933–956.
10. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress. Current Opinion in Plant Biology. 2002; 5: 218–223.



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
**«Всероссийский научно-исследовательский институт
лекарственных и ароматических растений»**

приглашает к сотрудничеству
фармпроизводителей и сельхозпредприятия
для совместного продвижения наших научных разработок.
Мы предлагаем лекарственные фитопрепараты к производству
и агротехнологии лекарственных и ароматических культур
для выращивания в различных регионах России

Тел. контакта: 8(495)388-55-09; 8(495)388-61-09; 8(495)712-10-45

Факс: 8(495)712-09-18

e-mail: vilarnii.ru

www.vilarnii.ru