

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ТРАВОЙ ГОРЦА ПТИЧЬЕГО, СОБРАННОГО В РАЗНЫХ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РАЙОНАХ ГОРОДА ВОРОНЕЖА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Н. А. Великанова, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 04.12.2012 г.

Аннотация. Изучены особенности накопления флавоноидов в траве горца птичьего, собранного в различных с экологической точки зрения территориях города Воронежа и его окрестностей.

Ключевые слова. *Горец птичий*, флавоноиды

Annotation. Features of accumulation of the flavonoids in the grass of *Polygonum aviculare*, collected in various environmental terms territories of Voronezh city and its surroundings.

Key words. *Polygonum aviculare*, flavonoid

ВВЕДЕНИЕ

Растения являются неисчерпаемым источником сырья для получения лекарственных средств. Безопасность использования получаемых из лекарственного растительного сырья лекарственных средств напрямую связана с экологическим состоянием мест произрастания используемой флоры. В связи с этим изучение влияния антропогенного загрязнения на состав данных лекарственных растений, в частности, в городе Воронеже и его окрестностях и выявление наиболее экологически неблагоприятных районов указанной территории, является актуальной задачей фармации.

Цель настоящего исследования - изучение содержания биологически активных веществ в растениях, собранных в разных с экологической точки зрения районах города Воронежа и его окрестностей. Были выбраны 10 мест сбора образцов почв и лекарственного растительного сырья, разнообразных в экологическом плане: химическое предприятие

ОАО «Воронежсинтезкаучук», теплоэлектро-центральный ВогрЭС, Нововоронежская атомная электростанция, железнодорожные пути сообщения, аэропорт «Чертовицкое», трасса М4, улица города, линии электропередач, водохранилище города и в качестве сравнения – заповедная зона (Воронежский биосферный заповедник). Растительный объект исследования - горец птичий (*Polygonum aviculare*). Это наиболее характерный представитель как естественных растительных сообществ, так и урбанofлоры, обладающий рядом ценных свойств, и пользующийся высоким спросом у населения в качестве мочегонного, противовоспалительного, капилляроукрепляющего, антиоксидантного, кровоостанавливающего средства. Наиболее значительной группой соединений в траве горца птичьего являются флавоноиды (до 9,4%). В цветущем растении обнаружено около 30 гликозидов флавоноидной природы, агликонами которых являются рамнетин, кемпферол, кверцетин и мирицетин. Важнейшим флавоноидом в траве горца птичьего считается авикулярин, именно на него производится пересчет при количественном

определении флавоноидов в сырье спорыша, согласно действующей нормативной документации [1].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Определение количественного содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин проводили методом спектрофотометрии на спектрофотометре HitachiU-1900 при длине волны 410 ± 2 нм по стандартной фармакопейной методике [1]. В таблице 1 приведены средние значения трех количественных определений (доверительная вероятность (P) 0,95, коэффициент Стьюдента (t) 4,303).

Таблица 1

Результаты количественного определения содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в Воронежском регионе

Место сбора травы горца птичьего	Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин, %
Заповедная зона	$1,81 \pm 0,08$
Вдоль железной дороги	$0,84 \pm 0,05$
Улица города (улица Димитрова)	$0,92 \pm 0,09$
Вдоль автомобильной трассы М4	$0,54 \pm 0,02$
Вблизи ТЭС «Вогресс»	$0,86 \pm 0,04$
Аэропорт "Чертовицкое"	$0,77 \pm 0,06$
Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	$0,66 \pm 0,06$
Вблизи Нововоронежской АЭС	$1,00 \pm 0,03$
Вдоль водохранилища	$1,19 \pm 0,05$
Вдоль высоковольтных линий электропередач	$0,64 \pm 0,03$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нормативная документация установила требование к количественному содержанию флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего не менее 0,5 % [1]. Полученные нами результаты показывают, что в отобранных образцах количество флавоноидов колеблется в диапазоне от 0,54% до 1,81%. Таким образом, по анализируемому показателю, все образцы травы горца птичьего могут быть признаны удовлетворительными.

Максимальное количество флавоноидов накопилось в траве горца птичьего, собранного в заповедной зоне (более, чем в три раза превышает установленный нормативной

документацией показатель), высокие концентрации флавоноидов отмечены в сырье, произрастающем вблизи водохранилища и вблизи Нововоронежской АЭС (в два раза превышают нормативный показатель). Низкие концентрации флавоноидов в пересчете на авикулярин, однако, удовлетворяющие требованиям ГФ XI, определены в спорыше, собранном вблизи автомобильной трассы, вдоль высоковольтных линий электропередач, вблизи ООО «Гипрокаучук», вблизи аэропорта. Автотрасса, химическое предприятие и аэропорт – территории, подвергающиеся интенсивному антропогенному воздействию, и снижение биосинтеза действующих веществ, вероятно, результат воздействия на растение загрязнителей. Интересным является снижение продукции флавоноидов в горце птичьем, произрастающем вдоль высоковольтных линий электропередач. Возможная причина – подавление активности биосинтетических процессов в растении под влиянием электромагнитного поля [2].

Ввиду того, что для горца птичьего, собранного в экологически чистых районах и даже в зонах, подвергшихся антропогенному воздействию, показатель количественного содержания действующих веществ значительно превышает установленный нормативной документацией, целесообразно изменить числовой показатель «суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин не менее 0,5%» на «суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин и абсолютно сухое сырье не менее 1,0%». Это позволит повысить эффективность и безопасность на стадии контроля качества поступившего лекарственного растительного сырья и избежать реализации населению сырья, собранного в экологически неблагоприятных районах.

Образование и накопление в лекарственных растениях биологически активных веществ является динамическим процессом, зависящим от многочисленных факторов окружающей среды, в том числе антропогенных. Причина резкого различия в содержании флавоноидов в траве горца птичьего, собранной в заповедной зоне и на территориях, ис-

пытывающих антропогенную нагрузку, кроется в негативном воздействии хозяйственной деятельности человека. Сильнейшими ингибиторами фотосинтеза, благодаря которому происходит образование различных органических соединений, в том числе и биологически активных, являются тяжелые металлы [3,4]. Последить зависимость биосинтеза флавоноидов от загрязнения лекарственных растений тяжелыми металлами можно с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Результаты расчета коэффициента корреляции приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что связь между содержанием тяжелых металлов и флавоноидов в траве горца птичьего для всех определяемых элементов отрицательная. Это говорит о том, что все тяжелые металлы ингибируют биосинтез флавоноидов: чем выше концентрация элементов-металлов в траве горца птичьего, тем меньше в ней образуется флавоноидов.

Особенно тесная корреляционная зависимость наблюдается для флавоноидов в траве горца птичьего с такими металлами, как медь, кадмий и цинк: чем выше концентрация указанных элементов в растении, тем меньше в них обнаружено авикулярин. Объясняется это токсическим действием металлов на биологический синтез действующих веществ в лекарственном растении. В высоких концентрациях медь может оказывать токсическое действие, которое вдвое выше, чем у цинка. При избытке меди в окружающей среде появляется хлороз [5]. Избыток цинка также проявляется хлорозом и ослаблением роста [6]. Кадмий ингибирует ферменты, замещая цинк, например, в ДНК-полимеразе, играющей важную роль в репликации и репарации ДНК [7,8].

Динамика накопления флавоноидов в различные фазы вегетации в траве горца птичьего разных мест произрастания представляет интерес для более глубокого понимания ан-

тропогенного воздействия на растения на трех территориях города Воронежа и его окрестностей, различных с экологической точки зрения: заповедная зона, улица города, автомобильная трасса М4. Были проведены сборы травы спорыша в 2012 году в различные фазы вегетации при среднем интервале отбора образцов один месяц. Также считали прирост содержания флавоноидов в последующий период по сравнению с предыдущим для изучения интенсивности биосинтетических процессов в горце птичьим, произрастающем в разных экологических условиях. Расчет вели по формуле 1:

$$X = \frac{(C_2 - C_1)}{C_1} \cdot 100 \quad (1)$$

X – величина прироста содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в последующий период по сравнению с предыдущим, %;

C_1 – содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в предыдущий период;

C_2 – содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в последующий период.

Результаты определений количественного содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин и рассчитанные значения прироста содержания флавоноидов в последующий период по сравнению с предыдущим приведены в таблице 3.

Динамика накопления флавоноидов в траве горца птичьего, произрастающего в заповедной зоне и на территориях, испытывающих антропогенную нагрузку, отличается (таблица 3). Для сырья, собранного в заповедной зоне, отмечено постепенное увеличение содержания флавоноидов от периода бутонизации до цветения, максимальное содержание действующих веществ наблюдается в период цветения (что полностью соответствует рекомендациям заготовки травы горца птичьего), после чего происходило уменьше-

Таблица 2

Расчет коэффициентов ранговой корреляции (коэффициентов Спирмена) содержания тяжелых металлов и флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего

Металл	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Коэффициент Спирмена для травы горца птичьего	-0,44	-0,34	-0,53	-0,64	-0,42	-0,19	-0,59	-0,31	-0,20

Таблица 3

Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин (%) и прирост содержания флавоноидов (%) в различные фазы вегетации в траве горца птичьего

Место сбора травы горца птичьего	Фаза сбора	Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин, %	Прирост содержания флавоноидов, %
Заповедная зона	бутонизация	1,30±0,05	
	начало цветения	1,63±0,03	0,25
	цветение	1,83±0,04	0,12
	плодоношение	1,67±0,05	-0,09
	Среднее	1,61	0,10
Улица города	бутонизация	0,89±0,03	
	начало цветения	1,10±0,02	0,23
	цветение	0,91±0,06	-0,17
	плодоношение	0,84±0,07	-0,08
	Среднее	0,93	0,00
Автомобильная трасса М4	бутонизация	0,64±0,03	
	начало цветения	0,69±0,02	0,08
	цветение	0,52±0,02	-0,25
	плодоношение	0,47±0,03	-0,10
	Среднее	0,58	-0,09

ние концентрации флавоноидов. Для сырья, отобранного с территорий, испытывающих антропогенную нагрузку, максимальное количество биологически активных веществ отмечено в траве в период начала цветения, после чего выявлено снижение концентрации авикулярина. Объяснить это можно двумя причинами. Во-первых, в процессе вегетации происходит постепенное накопление тяжелых металлов, тормозящих биосинтетические процессы в растительном организме, а накопленные к тому моменту органические вещества используются растением на обеспечение собственных физиологических потребностей. Во-вторых, для травы горца птичьего, испытывающего антропогенную нагрузку, раньше, чем для сырья заповедной зоны, наблюдаются процессы увядания, также стимулируемые поллютантами среды.

Наиболее интенсивное снижение темпов прироста содержания флавоноидов в изучаемых образцах наблюдается для сырья, собранного вдоль автомобильной трассы, о чем свидетельствуют отрицательные значения

среднего прироста концентрации. Кроме того, к фазе плодоношения ряд показателей этой травы перестает удовлетворять требованиям нормативной документации по численному содержанию действующих веществ.

Нами также прослежены динамика изменений содержания флавоноидов в траве горца птичьего, произрастающего на разных с экологической точки зрения территориях, в разные годы вегетации растения в период цветения. Для анализа были выбраны три территории: заповедная зона, улица города, автомобильная трасса, - по причинам, указанным выше, и проанализировано изменение содержания действующих веществ в траве спорыша в 2011-2012 годах. Рассчитывали годовые изменения содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего по формуле:

$$X = \frac{(C_2 - C_1)}{C_1} \cdot 100,$$

где X – годовые изменения содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего, %; C_1 – содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в 2011 году; C_2 – содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в 2012 году.

Сводные данные о динамике годовых изменений содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего приведены в таблице 4.

Таблица 4

Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин (%) в различные годы в траве горца птичьего и годовые его изменения

Место сбора травы горца птичьего	Год	Содержание флавоноидов, %	Годовые изменения, %
Заповедная зона	2011	1,81±0,08	1,19
	2012	1,83±0,04	
Улица города	2011	0,92±0,09	-0,38
	2012	0,91±0,06	
Автомобильная трасса М4	2011	0,56±0,02	-6,88
	2012	0,52±0,02	

Анализ данных таблицы 4 показывает, что различия содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в период цветения в 2011 и в 2012 годах отлича-

ются незначительно для сырья, собранного в заповедной зоне и на улице города (различия менее 2%). Для образцов, отобранных вдоль автомобильной трассы М4, годовые изменения содержания действующих веществ в траве спорыша к рекомендуемому периоду заготовки (стадии цветения) составили более 6%, что является значительным снижением концентрации флавоноидов. Полученные данные предположительно можно объяснить при сравнении их с расчетами годовых изменений содержания тяжелых металлов, которые также показывали весомые приросты концентраций в лекарственном растительном сырье токсичных элементов в этом районе заготовки травы горца птичьего. Это указывает на значительную зависимость горца птичьего от антропогенной нагрузки на место произрастания и недостаточную приспособленность к хозяйственной деятельности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная Фармакопея СССР : Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / МЗ СССР. - 11-е изд. — М.: Медицина, 1989. — 398 с.
2. Богатина, Н. И. Влияние электрических полей на растения / Богатина Н. И., Шейкина Н. В. // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: Серия «Биология, химия». — 2011. — № 1. — С. 10-17.
3. Лотош, В. Е. Экология природопользования / В.Е. Лотош. — Екатеринбург: Полиграфист, 2001. — 540 с.
4. Пахарькова, Н. В. Оценка состояния древесных растений в условиях промышленного загрязнения воздуха / Н. В. Пахарькова, Г. А. Сорокина, Ю.С. Григорьев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экологии и развития городов». Красноярск, 2001. — Т. 1. — С. 116-120.
5. Попова, Е. И. *Plantago major* L. и *Plantago media* L.— тест объекты воздушного и почвенного бассейна г. Тобольска и его окрестностей / Е. И. Попова // Менделеевские чтения – 2007: Материалы XXXVIII региональной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. — Тобольск, 2007. — С. 163-165.
6. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 170 с.
7. Кефели, В. И. Природные ингибиторы роста / В. И. Кефели // Физиология растений. — 1997. — Т. 44. — с. 471-475.
8. Полякова, В. А. Изменение основных морфометрических и некоторых биохимических показателей высшего наземного растения подорожника большого (*Plantago major*) в зависимости от степени загрязнения почв города Самары тяжелыми металлами / В. А. Полякова, О. Н. Макурина // В мире научных открытий. — 2010. — №5. — с. 53-57.

Великанова Нина Алексеевна — ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета, Воронежский государственный университет; e-mail: ninochka_v89@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович — зав. кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии ВГУ, доктор фармацевтических наук, профессор; e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Гапонов Сергей Петрович — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и паразитологии Воронежского государственного университета; e-mail: gaponov2003@mail.ru

Velikanova Nina A. — Assistant Professor of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology, Voronezh State University; e-mail: ninochka_v89@mail.ru

Slivkin Alexsey Y. — Full Professor, PhD, DSci, head of the Department of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology, Voronezh State University; e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Gaponov Sergey P. — Full Professor, PhD, DSci, head of the Department of Zoology and Parasitology of Voronezh State University; e-mail: gaponov2003@mail.ru