

УДК 581.54:582.675.1

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В БИОМАССЕ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ *PAEONIA ANOMALA* L.

© Г.А. Губаненко^{1*}, Е.В. Морозова¹, Л.П. Рубчевская²

¹Сибирский федеральный университет, торгово-экономический институт,
ул. Лиды Прушинской, 2, Красноярск, 660075 (Россия),
e-mail: gubanenko@list.ru

²Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82,
Красноярск, 660049 (Россия)

Исследовано влияние природно-климатических факторов на содержание флавоноидов в надземной и подземной частях *Paeonía anomala* L. Установлено, что максимальное количество флавоноидов пиона уклоняющегося синтезируется в листьях в фазе цветения и в семенах в период созревания. Наилучшими районами для промышленной заготовки *Paeonía anomala* L. являются территории с умеренным климатом и суглинистыми почвами.

Ключевые слова: флавоноиды, природно-климатические факторы, биомасса пиона уклоняющегося *Paeonía anomala* L.

Введение

Пионы принадлежат к семейству *Paeonía*. В зависимости от морфологических и биологических особенностей их принято делить на виды с травянистыми и одревесневающими многолетними стеблями. На территории России произрастает 15 видов дикорастущих пионов в основном на Кавказе, Дальнем Востоке и Сибири [1]. Травянистые пионы являются наиболее распространенными, их количество составляет более 4,5 тысяч сортов [2].

В лекарственных целях в официальной медицине используется только пион уклоняющийся *Paeonía anomala* L. [3]. Лечебными свойствами обладают корни и корневища, листья и стебли, цветы и семена. По данным Фармакопейной статьи в корнях и корневищах пиона уклоняющегося, собранных в период цветения, содержатся следующие соединения: иридоиды от 0,07 до 1,6%, эфирное масло 1,2%; дубильные вещества 9%; органические кислоты до 2,1%: салициловая(0,3%); бензойная; флавоноиды до 1,39%; смолы до 1,6%; витамин С до 0,06%; алкалоиды 0,05%; пионифлорин 1,68–2,64%; сапонины; крахмал до 78%; сахара до 10%; гликоиридоиды 2,56–3,05%; кумарины; фенолгликозид салицин; стеринны; сесквитерпеновые лактоны; цинеол, бензоилпеонифлорин; альбифлорин; оксипионифлорин [4].

Губаненко Галина Александровна – заместитель директора торгово-экономического института, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, кандидат технических наук,
e-mail: gubanenko@list.ru

Морозова Елена Владимировна – преподаватель филиала Сибирского федерального университета в Минусинске, кандидат технических наук,
e-mail: morozova-le@mail.ru

Рубчевская Людмила Петровна – профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии, доктор химических наук

Синтез и накопление в лекарственных растениях биологически активных веществ является динамическим процессом, изменяющимся в онтогенезе растения, а также зависящим от многочисленных факторов окружающей среды [5–7].

Исследование динамики накопления флавоноидов имеет как практическое, так и теоретическое значение. С теоретической точки зрения эти исследования важны для выяснения биохимической роли флавоноидов в жизни растения [8]. Одной из физиологи-

* Автор, с которым следует вести переписку.

ческих особенностей растения является неравномерность распределения флавоноидов по органам и тканям растения с преимущественной локализацией в определенных органах. В целях рационального использования растительных ресурсов необходимо изучить влияние природно-климатических факторов на накопление биологически активных веществ в биомассе и определить морфологические части растения, содержащие максимальное количество биологически активных веществ. Актуальность данного исследования обусловлена в большей степени длительным периодом воспроизводства пиона уклоняющегося и активным его применением в промышленных масштабах. Для восстановления зарослей повторные заготовки на эксплуатируемых участках проводят не ранее чем через пять лет. По мнению Н.А. Некратовой, периодичность заготовки подземных органов пиона на одних и тех же участках может быть не более одного раза в двадцать лет [9]. При эксплуатации только надземной массы пиона повторный сбор сырья может проводиться через три года [10].

Цель исследования – изучить влияние природно-климатических факторов на содержание флавоноидов в биомассе пиона уклоняющегося *Paeonia anomala*.

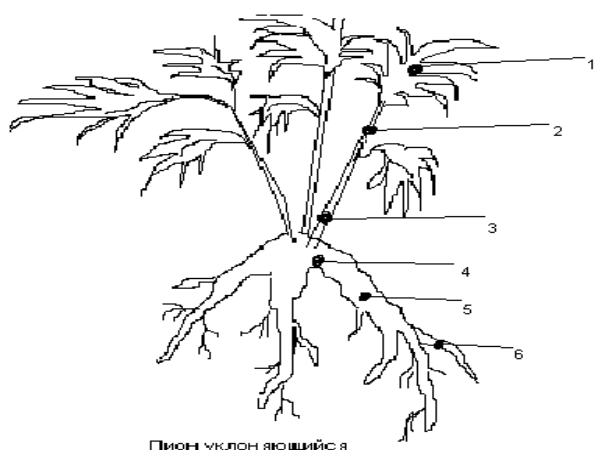
Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования выбраны надземные и подземные органы (биомасса) пиона уклоняющегося: трава (листья, стебли) *Paeonia anomala* L., корневища и корни *Paeonia anomala* L. Отбор растений осуществляли в течение двух лет с трех экспериментальных площадок площадью не менее 100 м² с разными природно-климатическими условиями. Места точек отбора объектов исследования даны по их местонахождению – по географическим пунктам: Хакасия, Богградский район, березняк, вид почвы – черноземье; Еловка, пригород Красноярска, смешанный лес, вид почвы – суглинки; Красноярский край, Богучанский район, п. Чунояр, смешанный лес, вид почвы – суглинки. Заготавливали не менее девяти образцов во второй декаде каждого месяца с мая по октябрь на территории Хакасии в Богградском районе и в пригороде Красноярска (станция Еловка); с июня по сентябрь – на территории Богучанского района, п. Чунояр. По расположению Богучанский район находится севернее Хакасии и Красноярска, поэтому период вегетации *Paeonia anomala* L. в нем начинается и заканчивается раньше, соответственно, в мае и октябре заготовка сырья не производилась. В связи с тем, что надземная часть пиона уклоняющегося достигает 90–110 см в высоту, а подземная часть развивается до 60–90 см в длину, растение делили на части (рис. 1), сушили, измельчали согласно требованиям фармакопейной статьи ФС 42-531-98 [4].

Для определения химического состава образцов брали среднюю навеску материала, размер частиц усредненного исследуемого материала был в пределах от 3 до 5 мм. Количество флавоноидов определяли по методике [11].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ SPSS 11.5. для оценки изменений использовали параметрические и непараметрические тесты (Манн-Уитни, LSD, Уилконса, Крускал-Уоллиса). Различия считались достоверными при 95% уровне значимости ($p < 0,05$).

В результате анализа химического состава пиона в течение двух вегетационных периодов выявлена зависимость содержания флавоноидов в ходе вегетации в вегетативных органах: 1 – листья; 2 – средняя часть стебля; 3 – стебель у основания корневища; 4 – корневище; 5 – корень (многолетние толстые отростки от корневища); 6 – придаточные и всасывающие корни (рис.).



Пион уклоняющийся

Расположение точек отбора материала для исследований. 1 – листья; 2 – средняя часть стебля; 3 – стебель у основания корневища; 4 – корневище; 5 – корень (многолетние толстые отростки от корневища); 6 – придаточные и всасывающие корни пиона

Обсуждение результатов

Для выяснения закономерностей накопления флавоноидов в течение вегетационного периода развития растения анализировали содержание их суммы в надземных и подземных органах по фазам вегетации (табл. 1).

Анализ флавоноидов в органах пиона уклоняющегося в течение вегетационного периода по-

казал, что они встречаются во всех частях растения, но распределены неравномерно. В надземных органах их содержание от 0,19 до 1,58% в зависимости от фазы вегетации, что практически выше в 2 раза, чем в корневищах (от 0,14 до 0,74%). По количественному содержанию флавоноидов из биомассы растения предпочтительнее использовать надземную часть.

Полученные результаты свидетельствуют, что в надземной части *Paeonia anomala* L. в процессе вегетации происходит постоянное изменение содержания флавоноидов. Наибольшее количество наблюдается в период цветения и созревания от 1,42 до 1,58% в зависимости от места произрастания, а затем снижение содержания их до минимального значения в среднем 0,2% в период окончания плодоношения и увядания растения. В подземных органах максимальное содержание флавоноидов характерно для периода созревания семян от 0,49 до 0,74% в зависимости от места заготовки, с постепенным уменьшением их количества почти в 2 раза, а затем рост количественного содержания на 10–19% в период конца плодоношения в сентябре. Данную закономерность можно объяснить накоплением биологически активных веществ, для вхождения растения в период покоя.

Таким образом, в качестве лекарственного сырья целесообразно использовать надземные побеги *Paeonia anomala* L., накапливающие максимальное количество флавоноидов. Лучшими сроками для сбора надземной части пиона уклоняющегося является период цветения и созревания растения с середины июня до конца июля.

Бесспорность влияния условий произрастания на образование флавоноидов доказана многими исследованиями [10]. Воздействие природно-климатических факторов отражается на количественном и качественном составе флавоноидов в зависимости от места произрастания растения. Синтез и накопление флавоноидов играют защитную роль и является фактором приспособления растений к неблагоприятным условиям среды [10].

Изучено количественное содержание флавоноидов в разных частях растений из трех мест произрастания (табл. 2).

Максимальное количество флавоноидов накапливается в растениях, собранных в Богградском районе в фазе цветения в стеблях – 1,59%; в пригороде Красноярска – в фазе созревания семян в листьях – 1,59%; в Богучанском районе – в фазе цветения 1,60% и созревания семян в листьях – 1,69%. В корневой системе амплитуда колебаний количества флавоноидов шире, чем в надземных органах растения. В Богградском районе наблюдается два периода максимального содержания этих веществ (точки отбора 4 и 5) – в фазе цветения 0,55 и 0,50% и в конце плодоношения 0,64 и 0,69% в сентябре. В пригороде Красноярска происходит снижение количества флавоноидов с 0,33 до 0,22% в июне и стабилизируется на одном уровне 0,25% до августа, а затем незначительный рост в сентябре 0,30% и снижение до 0,12% в октябре. В Богучанском районе максимум отмечается в фазе созревания семян – 0,80% в корневище, с уменьшением больше чем в 2 раза по мере приближения осени.

Таблица 1. Динамика накопления флавоноидов в надземной и подземной частях пиона уклоняющегося в период вегетации, %, от а.с.с.

Фазы вегетации	Надземная часть			Подземная часть		
	Районы заготовки					
	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр
Бутонизация (май)	0,89±0,13	1,02±0,11	отсутствуют	0,34±0,08	0,26±0,06	отсутствуют
Цветение (июнь)	1,42±0,16	0,77±0,08	1,37±0,06	0,44±0,16	0,18±0,02	0,53±0,07
Созрев семян (июль)	0,54±0,02	1,12±0,09	1,58±0,22	0,49±0,03	0,58±0,21	0,74±0,07
Плодоношение (август)	0,74±0,31	0,62±0,18	0,71±0,14	0,38±0,11	0,22±0,05	0,26±0,06
Конец плодоношения (сентябрь)	0,29±0,04	0,19±0,01	отсутствуют	0,55±0,21	0,24±0,09	0,31±0,11
Увядание (октябрь)	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	0,32±0,05	0,14±0,04	отсутствуют

Таблица 2. Содержания флавоноидов в биомассе пиона уклоняющегося в период вегетации, %, от а.с.с.

Часть растения	Фазы вегетации																	
	Бутонизация (май)			Цветение (июнь)			Созревание семян (июль)			Плодоношение (август)			Конец плодоношения (сентябрь)			Увядание (октябрь)		
	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр	Боград	Еловка	Чунояр
Листья (1)	1,45± 0,13	1,21± 0,03	–	1,09± 0,18	1,01± 0,03	1,60± 0,25	0,79± 0,14	1,59± 0,16	1,69± 0,22	0,98± 0,02	0,91± 0,16	0,93± 0,16	0,40± 0,04	0,18± 0,01	–	–	–	–
Средняя часть стебля (2)	0,43± 0,01	1,18± 0,11	–	0,32± 0,02	0,30± 0,08	1,28± 0,25	0,18± 0,03	0,73± 0,31	1,49± 0,48	0,54± 0,13	0,40± 0,18	0,32± 0,004	0,19± 0,04	0,09± 0,04	–	–	–	–
Стебель у ос- нования кор- невища (3)	0,28± 0,07	0,94± 0,14	–	1,59± 0,25	0,58± 0,13	1,11± 0,12	0,33± 0,08	0,04± 0,02	1,40± 0,26	0,43± 0,04	0,30± 0,12	0,52± 0,14	0,09± 0,04	0,09± 0,03	–	–	–	–
Корневище (4)	0,43± 0,13	0,33± 0,02	–	0,55± 0,16	0,22± 0,02	0,66± 0,07	0,24± 0,03	0,25± 0,06	0,80± 0,07	0,36± 0,07	0,25± 0,07	0,32± 0,09	0,64± 0,21	0,30± 0,09	0,39± 0,11	0,40± 0,05	0,12± 0,04	–
Корень (5)	0,38± 0,08	0,25± 0,02	–	0,50± 0,06	0,12± 0,02	0,24± 0,01	0,10± 0,01	0,73± 0,21	0,49± 0,14	0,47± 0,11	0,28± 0,05	0,22± 0,06	0,69± 0,23	0,29± 0,03	0,27± 0,06	0,26± 0,01	0,17± 0,03	–
Придаточные и всасываю- щие корни	0,26± 0,01	0,23± 0,06	–	0,29± 0,01	0,17± 0,05	0,18± 0,01	0,12± 0,01	0,07± 0,02	0,51± 0,06	0,35± 0,07	0,14± 0,05	0,10± 0,01	0,10± 0,03	0,14± 0,03	0,13± 0,02	0,35± 0,06	0,08± 0,04	–

При изучении влияния природно-климатических факторов на содержание флавоноидов пиона уклоняющегося установлено, что максимальное накопление флавоноидов в июле 1,59–1,69% отмечено в надземной части пиона, произрастающего на открытых участках смешанного леса в условиях хорошего освещения в пригороде Красноярска (Еловка), в Богучанском районе (Чунояр), минимальное – 0,79% – у растений, произрастающих в условиях глубокого затенения в березняке Богградского района.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что содержание флавоноидов пиона уклоняющегося является динамическим процессом и изменяется в зависимости от природно-климатических факторов. Наилучшими районами для промышленной заготовки пиона могут служить территории с умеренным климатом и суглинистыми почвами. Поскольку максимальное количество флавоноидов пион синтезирует листьями в фазах цветения и созревания семян, следовательно, заготовку сырья рекомендуется производить именно в этот период.

Список литературы:

1. Верещагина И.В. Культура пиона в Западной Сибири : метод. рекомендации. Новосибирск, 1982. 90 с.
2. Вовченко Ю.А., Орехов М.С. Энциклопедия цветоводства. СПб., 2000. 480 с.
3. Государственная Фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. М., 1989. 400 с.
4. ФС 42-531-98 Корневища и корни пиона уклоняющегося *Rhizomata et radices Paeoniae anomalae*. Взамен ФС 42-531-72; введ. 09.12.1998. М., 2000. 16 с.
5. Биохимия фенольных соединений / ред. Дж. Харборн. М., 1968. 451 с.
6. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М., 1974. 123 с.
7. Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978. 252 с.
8. Запрометов М.Н. Биосинтез фенольных соединений и его регуляция // Успехи современной биологии. 1971. Т. 72, вып. 2. С. 219–252.
9. Некратова Н.А., Некратов Н.Ф. Некоторые итоги изучения природных ресурсов лекарственных растений на юге Красноярского края и проблемы их рационального использования // Биоразнообразие и редкие виды растений Средней Сибири : тез. докл. регион. конф. Красноярск, 1993. С. 76–78.
10. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск, 1991. 431 с.
11. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н. Основы научных исследований. Ч. 3: Исследование химического состава растительного сырья. Красноярск, 2004. 360 с.

Поступило в редакцию 25 апреля 2013 г.

После переработки 4 февраля 2014 г.

Gubanenko G.A.^{1*}, Morozova E.V.¹, Rubchevskaya L.P.² THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE CONTENT OF FLAVONOIDS IN THE PAEONIA ANOMALA L. BIOMASS

¹Siberian Federal University, Lidy Prushinskoi, 2, Krasnoyarsk, 660075, (Russia), e-mail: gubanenko@list.ru

²Siberian State Technological University, Mira st., 82, Krasnoyarsk, 660049, (Russia)

This article explores the influence of climatic factors on the content of flavonoids. It is studying the seasonal dynamics of the accumulation of flavonoids in the aerial and underground parts of the *Paeonia anomala* L. It is established that the maximum amount of flavonoids *Paeonia anomala* L. synthesize by the leaves in phases of flowering and seed maturation, so the workpiece material is recommended to collect during this period. The best areas for commercial harvesting of the *Paeonia anomala* L. are the areas with a temperate climate and loamy soils.

Keywords: flavonoids, climatic factors, the *Paeonia anomala* L. biomass.

References

1. Vereshchagina I.V. *Kul'tura piona v Zapadnoi Sibiri : metod. rekomendatsii*. [Peony culture in Western Siberia: the guidelines.]. Novosibirsk, 1982, 90 p. (in Russ.).
2. Vovchenko Iu.A., Orekhov M.S. *Entsiklopediia tsvetovodstva*. [Encyclopedia floriculture.]. St. Petersburg, 2000, 480 p. (in Russ.).
3. *Gosudarstvennaia Farmakopeia SSSR: Vyp. 2. Obshchie metody analiza*. [State Pharmacopoeia of the USSR: Vol. 2. Common methods of analysis.]. Moscow, 1989, 400 p. (in Russ.).
4. FS 42-531-98. *Kornevishcha i korni piona ukloniushchegosia Rhizomata et radices Paeoniae anomalae*. 09.12.1998. [Pharmacopoeias article 42-531-98. Rhizomes and roots peony Rhizomata et radices Paeoniae anomalae.]. Moscow, 2000, 16 p. (in Russ.).
5. *Biokhimiia fenol'nykh soedinenii*. [Biochemistry of phenolic compounds.]. Ed. J. Harborne. Moscow, 1968. 451 p. (in Russ.).
6. Zaprometov M.N. *Osnovy biokhimii fenol'nykh soedinenii*. [Fundamentals of Biochemistry of phenolic compounds.]. Moscow, 1974. 123 p. (in Russ.).
7. Minaeva V.G. *Flavonoidy v ontogeneze rastenii i ikh prakticheskoe ispol'zovanie*. [Flavonoids in the ontogeny of plants and their practical use.]. Novosibirsk, 1978, 252 p. (in Russ.).
8. Zaprometov M.N. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 1971, vol. 72, no. 2, pp. 219–252. (in Russ.).
9. Nekratova N.A., Nekratov N.F. *Bioraznoobrazie i redkie vidy rastenii Srednei Sibiri : tez. dokl. region. konf.* [Biodiversity and rare species of plants in Central Siberia: regional conference abstracts.]. Krasnoyarsk, 1993, pp. 76–78. (in Russ.).
10. Minaeva V.G. *Lekarstvennye rasteniia Sibiri*. [Medicinal Plants of Siberia]. Novosibirsk, 1991, 431 p. (in Russ.).
11. Ushanova V.M., Lebedeva O.I., Deviatlovskaya A.N. *Osnovy nauchnykh issledovani. Ch. 3. Issledovanie khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ia*. [Basic scientific research. Vol. 3. Study the chemical composition of plant materials.]. Krasnoyarsk, 2004, 360 p. (in Russ.).

Received April 25, 2013

Revised February 4, 2014

* Corresponding author.