

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ГЛАВНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД им. Н. В. ЦИЦИНА

**БЮЛЛЕТЕНЬ**  
**ГЛАВНОГО**  
**БОТАНИЧЕСКОГО**  
**САДА**

Выпуск

**176**



МОСКВА «НАУКА» 1998

УДК 58(06)  
ББК 28.5  
Б 98

Ответственный редактор  
член-корреспондент РАН *Л.Н. Андреев*

Редакционная коллегия  
*Б.Н. Головкин, Ю.Н. Горбунов* (зам. отв. редактора), *Э.Е. Кузьмин, Л.С. Плотникова,*  
*Ю.М. Плотникова, В.Ф. Семихов, А.К. Скворцов, Н.В. Трулевич, В.Г. Шатко* (отв. секретарь)

Рецензенты:  
доктор биологических наук *А.К. Скворцов*  
кандидат биологических наук *Л.В. Рункова*

**Бюллетень** Главного ботанического сада. Вып. 176. – М.: Наука, 1998. –  
176 с.: ил.  
ISBN 5-02-004336-2

Подводятся итоги интродукции древесных и травянистых растений в ботанических садах Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Якутска и Днепропетровска. Помещены таксономический обзор сем. Rubiaceae флоры Нижнего Поволжья, конспект флоры Енишар (Крым), данные по анатомии и морфологии кольквиции, коптиса, представителей сем. Celastraceae и родов *Astragalus*, *Oxytropis*. Изучены особенности накопления фенольных соединений растениями бадана, аминокислотный состав семян злаков трибы Triticeae, болезни и вредители отдельных видов растений открытого и закрытого грунта.

Выпуск рассчитан на интродукторов, флористов и систематиков, специалистов по анатомии, морфологии, защите растений и озеленению.

Темплан 98-II-№ 245

Editor-in-Chief  
Correspondent Member RAS *L.N. Andreev*

Editorial Board:  
*B.N. Golovkin, Y.N. Gorbunov* (Deputy Editor-in-Chief), *Z.E. Kuzmin, L.S. Plotnikova,*  
*Y.M. Plotnikova, V.F. Semikhov, A.K. Skvortsov, N.V. Trulevich, V.G. Shatko* (Secretary-in-Chief)

Reviewers:  
Dr. Bio. Sci. *A.K. Skvortsov*  
Cand. Bio. Sci. *L.V. Runkova*

**Bulletin of the Main Botanical Garden.** Iss. 176. – М.: Nauka, 1998. – 176 p.: il.  
ISBN 5-02-004336-2

The results of introduction of woody and herbaceous plants in botanic gardens in Moscow, St. Petersburg, Novosibirsk, Yakutsk and Dnepropetrovsk are reported. The taxonomic survey of the Rubiaceae family in the flora of the Lower Volga Region, the synopsis of the Enishar Mountains flora (the Crimea), the data on anatomy and morphology of *Kolkwitzia*, *Coptis*, plant species in the Celastraceae family and in the genera *Astragalus* and *Oxytropis* are presented. The features of phenol compound accumulation in plants of *Bergenia*, the aminoacid composition of seeds in the tribe Triticeae, the diseases and the pests of some plant species cultivated in greenhouses and in open ground were studied.

This issue is intended for plant introducers, florists and taxonomists, specialists in anatomy, morphology, plant protection, horticulturists and landscape designers.

ISBN 5-02-004336-2

© Коллектив авторов, 1998  
© Издательство "Наука", художественное оформление, 1998  
© Российская академия наук, 1998

## ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО НАКОПЛЕНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ БАДАНА ТОЛСТОЛИСТОГО ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В БЕЛАРУСИ

*Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова, Л.В. Кухарева,  
В.А. Игнатенко, Т.И. Василевская*

В результате многолетних исследований Центрального ботанического сада НАН Беларуси были изучены биологические особенности развития в местных условиях нового интродуцированного лекарственного растения – бадана толстолистого (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch]. Известно, что наиболее ценным в фармакопейном отношении является его корневище, содержащее 15–20% дубильных веществ, относящихся преимущественно к пирогалловой группе, свободных полифенолов [1], углеводов, фенолкарбоновых кислот и их производных [2]. Надземные части содержат дубильные вещества (1,7–13,8%), биофлавоноиды и другие активные соединения [3–5]. Ареал бадана охватывает Западную и Восточную Сибирь, Алтай, Среднюю Азию [6]. Привлеченный в качестве объекта интродукции в Беларусь он показал высокую способность к адаптации в местных условиях и размножению. Вместе с тем известно, что условия внешней среды, активно воздействуя на обмен веществ растений, могут существенно изменить (затормозить или усилить) синтез и накопление в них тех или иных генетически обусловленных химических соединений [7]. В связи с этим представляет интерес изучение закономерностей сезонного накопления биологически активных соединений фенольной природы в отдельных органах бадана толстолистого в зависимости от погодных условий в почвенно-климатических условиях Беларуси.

Исследования проводили на протяжении двух вегетационных сезонов 1995 и 1996 гг. Первый был несколько теплее, чем второй, но характеризовался большой сухостью. Наиболее контрастными межсезонные различия оказались в период наиболее активного метаболизма растений – с мая по август включительно. Наиболее "засушливыми" в 1995 г. оказались май и июнь, в 1996 г. – июнь и особенно август. Выраженных межсезонных различий для осенних месяцев установлено не было (табл. 1).

Определение содержания отдельных фенольных соединений проводили во всех частях растений по общепринятым методам получения аналитической информации [8] в трехкратной повторности, с последующей статистической обработкой полученных результатов [9]. При этом ошибка среднего не превышала 1,5%.

Известно, что растения бадана толстолистого обладают повышенной способностью к биосинтезу флавоноидов. Согласно требованиям Государственной фармакопеи СССР [10], их содержание в надземных и подземных органах растения должно быть не менее 15%. Наши исследования показали, что на протяжении всего вегетационного периода в оба года наблюдений лекарственное сырье бадана в условиях Беларуси отвечает этим требованиям.

Наиболее высокие суммарные содержания полифенолов установлено в корнях бадана, при варьировании его уровня в период вегетации 1995 г. от 18,6 до 22,8%. Несколько уступали им в накоплении полифенолов листья и генеративные органы (13,1–19,9% и 17,7%), и наименьшим их содержанием характеризовались листовые черешки (7,0–10,4%) (табл. 2). Для сравнения покажем, что в условиях Кузнецкого Алатау содержание данных соединений в корневищах бадана изменяется от 12,0 до 36,8%, в листьях – от 12,0 до 42,5% [3]. Уровень полифенолов в нашем случае оказался ниже, что, очевидно, связано с изменением экологических условий при интродукции.

Таблица 1

*Характеристика погодных условий вегетационного сезона в годы исследований  
(по данным Гидрометцентра Беларуси)*

Месяц	Средняя <i>t</i> воздуха, °С		Сумма осадков, мм	
	1995 г.	1996 г.	1995 г.	1996 г.
Май	12,4	15,1	21	90
Июнь	19,0	16,0	91	27
Июль	18,4	16,3	34	147
Август	17,8	18,2	53	3
Сентябрь	12,2	9,4	64	85
Октябрь	7,8	8,0	30	36

В характере сезонной динамики содержания биофлавоноидов в корнях и черешках листьев бадана отмечались сходные тенденции, заключающиеся в резком снижении содержания этих веществ в начале июня, после отцветания растений, и последующем непрерывном его увеличении до конца сезона, что обусловило наличие двух максимумов – в середине мая и сентябре. Тем не менее уже в августе были достигнуты близкие к максимальным показатели накопления полифенолов, сохранившиеся и в октябре.

Несколько иной характер имела динамика биофлавоноидов в листьях бадана. Первый максимум проявился в начале июня, второй – в августе–сентябре, минимумы же отмечались в мае и октябре. Наряду с этим установлен выраженный спад в накоплении полифенолов в течение июня и июля, сменившийся активизацией их биосинтеза в августе.

Изменение погодных условий в 1996 г., характеризовавшихся более низкими, чем в 1995 г., температурами воздуха в первой половине сезона, обилием осадков в июле и крайней засушливостью в августе (см. табл. 1), заметно ингибировало биосинтез полифенолов в листьях, поддерживая их уровень до сентября в пределах 13,3–13,5%. Лишь в начале октября отмечалось его повышение до 17,6%, однако в дальнейшем произошло его снижение до 14,5–15,6%. Заметно слабее в этом сезоне протекало накопление биофлавоноидов в генеративных органах. Их уровень в соцветиях составлял лишь 8,6–13,4%.

В листовых черешках и корневищах бадана наблюдался активный биосинтез полифенолов. Так, диапазон варьирования их содержания в черешках составил 7,8–22,0%, корневищах – 24,3–62,1%. При этом сохранились основные закономерности их динамики в этих органах, что и в 1995 г., с максимумами в мае и осенние месяцы.

Влияние метеорологических условий на накопление фенольных соединений в растениях подтверждено также работами других исследователей [11–13].

Основная часть флавоноидного комплекса бадана толстолистного представлена флавонолами и катехинами. На долю же антоциановых пигментов в нем приходились лишь десятые доли процента. Особенностью данного вида, как показали наши исследования, являются выраженные различия в степени участия катехинов и флавонолов в структуре этого комплекса у разных органов растений. Так, в 1995 г. листья и генеративные части характеризовались резким доминированием флавонолов (от 3,73 до 4,53) над катехинами (от 2,7 до 2,90). Противоположная этой картине наблюдалась в листовых черешках и корневищах бадана, которым было свойственно ярко выраженное доминирование катехинов (от 0,37 до 0,57) над флавонолами (от 0,41 до 0,57) (см. табл. 2).

Погодные условия 1996 г. повлияли не только на количественные показатели накопления полифенолов в растениях бадана, но и на структуру их флавоноидного комплекса. В меньшей степени это коснулось листьев, в которых несколько усилилась

Таблица 2

Содержание фенольных соединений в отдельных органах бадаки толстолистного  
на разных этапах онтогенеза

Дата отбора проб	Фаза развития	Часть растений	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы	Флавонолы / катехины	Сумма флавоноидов	Хлорогеновые кислоты	Дубильные вещества, %
<b>1995 г.</b>									
16.05	Массовое цветение	Лист	18,67	2769	10360,5	3,74	13148,2	2625,0	25,29
		Черешок	30,18	6357	2358,5	0,37	8745,7	1250,0	15,59
5.06	Созревание семян	Корень	44,08	14586	7655,0	0,52	22285,1	1560,0	16,97
		Лист	23,83	3666	16172,5	4,41	19862,3	1587,5	30,66
		Черешок	24,62	4680	2358,5	0,50	7063,1	830,0	14,97
		Корень	34,15	12558	5970,4	0,48	18562,6	1515,0	11,85
29.06	Вегетация	Лист	12,31	3159	14319,4	4,53	17490,7	1812,5	28,16
		Черешок	17,87	5304	3005,4	0,57	8327,3	855,0	20,27
25.07	Вегетация	Корень	37,33	14586	5997,3	0,41	20620,6	1285,0	14,76
		Лист	11,91	3861	13308,6	3,45	17181,5	1587,5	28,68
		Черешок	22,24	5265	2513,5	0,48	7800,7	860,0	16,42
		Цветокос	13,50	2496	6738,5	2,70	9248,0	1725,0	8,42
22.08	Вегетация	Соцветие	29,39	4524	13140,2	2,90	17693,6	2062,5	не опр.
		Корень	37,33	14586	6334,2	0,43	20957,5	1325,0	18,29
12.09	Вегетация	Лист	13,90	3705	15161,7	4,09	18880,6	1675,0	34,81
		Черешок	20,25	6357	3524,3	0,55	9901,6	935,0	20,79
		Корень	26,21	14508	7614,6	0,52	22148,8	1360,0	17,67
		Лист	16,28	3978	14824,8	3,73	18819,1	1837,5	30,97
10.10	Конец вегетации	Черешок	28,59	7371	2965,0	0,40	10364,6	1040,0	21,30
		Корень	28,59	14508	8288,4	0,57	22825,0	1570,0	16,42
		Лист	19,46	3159	11792,4	3,73	14970,9	2162,5	26,50
		Черешок	28,59	7410	2762,8	0,37	10201,4	1480,0	19,23
		Корень	40,51	14742	7318,1	0,50	22100,6	1775,0	16,00

Таблица 2 (окончание)

Дата отбора проб	Фаза развития	Часть растений	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы	Флавонолы / катехины	Сумма флавоноидов	Хлорогеновые кислоты	Дубильные вещества, %
<b>1996 г.</b>									
29.05	Конец массового цветения	Лист	18,67	2652	10663,8	4,02	13334,5	1400,0	23,86
		Черешок	16,08	3276	5323,4	1,62	8615,5	950,0	11,93
		Соцветие	12,71	1443	7159,7	4,96	8615,4	1043,8	15,25
		Корень	35,74	14586	111320,8	0,78	25942,5	2450,0	23,00
19.06	Созревание семян	Лист	17,47	2418	11034,4	4,56	13469,9	1125,0	24,04
		Черешок	15,89	2535	5289,8	2,09	7840,7	687,5	11,16
		Соцветие	11,12	1950	8979,1	4,60	10940,2	912,5	16,07
		Корень	43,69	15132	9097,0	0,60	24272,7	2150,0	16,35
24.07	Вегетация	Лист	19,46	3081	10444,7	3,39	13545,2	1762,5	26,47
		Черешок	22,84	4836	7715,6	1,60	12574,4	1237,5	14,69
		Корень	62,75	17082	9770,9	0,57	26915,7	2300,0	17,81
		Лист	21,84	4758	12786,4	2,63	17566,2	1487,5	26,05
2.09	2-е цветение	Черешок	42,10	7098	9113,9	1,28	16254,0	887,5	19,20
		Цветочнос	18,27	2847	5963,6	2,09	8828,9	1000,0	9,68
		Соцветие	16,28	2847	10579,5	3,72	13442,8	1312,5	17,81
		Корень	60,76	49920	12095,7	0,24	62076,5	2300,0	18,78
26.09	Вегетация	Лист	18,27	3900	10562,7	2,71	14481,0	1437,5	26,12
		Черешок	36,14	14130	7884,1	0,56	22050,2	912,5	19,20
		Корень	58,78	18486	8052,6	0,44	26597,4	1625,0	18,99
		Лист	19,46	3510	12028,3	3,43	15557,8	987,5	26,82
28.10	Конец вегетации	Черешок	46,86	8385	7698,8	0,92	16130,7	900,0	19,89
		Корень	38,92	17082	10310,0	0,60	27430,9	2150,0	20,03

роль катехинов. Противоположная этой тенденция была установлена во всех остальных органах растений. Так, в корневищах диапазон изменений соотношения флавонолов и катехинов составил уже 0,24–0,78, в генеративных органах – 3,72–4,96. Но наиболее ярко усиление роли флавонолов в структуре флавоноидного комплекса проявилось в листовых черешках, в которых почти на всем протяжении вегетационного периода, за исключением конца сентября и октября, наблюдалось доминирование флавонолов над катехинами. Это дает основание для заключения о том, что изменение погодных условий в 1996 г. оказало ингибирующее действие на биосинтез флавонолов в листьях, одновременно усилив их накопление во всех остальных органах растений.

Растения бадана толстолистного достаточно богаты хлорогеновыми кислотами. Наиболее высоким их содержанием в первый год наблюдений характеризовались листья (1587,5–2625,0 мг%) (см. табл. 2). Несколько уступали им корни (1285,0–1775 мг%) и генеративные органы (2062,5 мг%). Листовые черешки отличались наименьшим содержанием этих соединений (830,0–1480,0 мг%). В сезонной динамике хлорогеновых кислот отмечена тенденция к активизации их накопления во всех органах растений к концу сезона.

Изменение погодных условий в 1996 г. заметно ингибировало биосинтез хлорогеновых кислот в надземных органах бадана при выраженной его активации в подземных. В отличие от предыдущего сезона наибольшее их содержание отмечено в корнях (до 1625,0–2400 мг%), а в листьях и их черешках до 997,5–1762,5 и 687,5–1237,5 мг% соответственно. Заметно снизилось содержание хлорогеновых кислот и в генеративных органах (912,5–1312,5 мг%) (см. табл. 2).

В результате снижения темпов их накопления к концу сезона в сентябре был зафиксирован минимальный уровень в корнях, в октябре – в надземных органах. Вместе с тем в октябре наблюдалось существенное повышение содержания этих соединений в корневищах бадана.

К основным действующим веществам бадана относятся также таниды, или дубильные вещества. По данным отдельных исследователей [14–16], их содержание в корневищах бадана составляет 5–30%.

По нашим оценкам, наиболее богаты танидами ассимилирующие органы бадана. Так, их содержание в них в 1995 г. варьировало в течение сезона от 25,3 до 34,8 мг%, достигая максимума в последней декаде августа (см. табл. 2).

Изменение погодных условий в 1996 г. оказало некоторое ингибирующее воздействие на биосинтез танидов в листьях, тогда как в корневищах, напротив, он несколько активизировался.

Таким образом, изучение особенностей накопления фенольных соединений в растениях бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития при интродукции в условиях Беларуси показало, что их накопление протекает в пределах генетически детерминированных параметров, без выраженных отклонений от нормы. Это обуславливает соответствие качества лекарственного сырья требованиям Государственной фармакопеи.

Повышенная способность к биосинтезу фенольных соединений в надземных частях бадана указывает на перспективность использования их, наряду с корневищами, в медицинских целях.

Установлена зависимость накопления и сезонной динамики биофлавоноидов, хлорогеновых кислот и дубильных веществ от погодных условий вегетационного периода, но независимо от этого максимум своего содержания в надземных органах они проявляют преимущественно в первой половине сезона – в мае–июне, в подземных – в осенние месяцы. Этих сроков следует придерживаться при заготовке лекарственного сырья бадана толстолистного.

1. Гаммерман А.Ф., Гром И.И. Дикорастущие лекарственные растения СССР. М.: Медицина, 1976. 288 с.
2. Karrer W. Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe. Basel; Stuttgart, 1958. 1207 S.
3. Сахарова Н.А., Новаикова Л.Б. Динамика содержания действующих веществ в сырье бадана толстолистного на Кузнецком Алатау // Бюл. Сиб. ботан. сада. 1980. Вып. 12. С. 47–56.
4. Friedrich H. Untersuchungen über den Gerbstoff von *Bergenia* – Arten und seine Beziehungen zum Arbutin // Pharmazie. 1954. Jg. 9, N. 2. S. 240–251.
5. Hegnauer R. Chemotaxonomie der Pflanzen: Bd. 1–6. Basel; Stuttgart, 1969. Bd. 5. 506 S.
6. Растительные ресурсы СССР. Л.: Наука, 1987. 326 с.
7. Шарпов Н.И. Химизм растений и климат. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 300 с.
8. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агрпромиздат, 1987. 430 с.
9. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.
10. Государственная фармакопея СССР. 10-е изд. М.: Медицина, 1968. 1079 с.
11. Ткабладзе Ц.П. Связь между накоплением дубильных веществ и некоторыми экологическими и биологическими особенностями растений // Вопр. фармакогнозии. 1961. Т. 1. С. 285–296.
12. Иванова С.Д. Дубильные вещества, сапонины, антраценпроизводные и флавоноиды. М., 1967. 230 с.
13. Азовцев Т.Р. Синтез фенольных веществ в кровохлебе аптечной в связи с ее экологией // Биологически активные соединения растений сибирской флоры. Новосибирск: Наука, 1974. С. 33–45.
14. Мильберг Г.К., Якимов П.А. Биохимия бадана // Биохимия культ. растений. 1938. Т. 5. С. 229–247.
15. Соколов П.Д. Танидоносные растения Центральных Саян // Раст. сырье. Сер. 5. 1961. Вып. 9. С. 277.
16. Яковлев М.С. К вопросу накопления дубильных веществ в бадане в разное время года // Журн. Рус. ботан. об-ва. 1931. Т. 16, № 2/3. С. 21–24.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси,  
Минск

Поступила в редакцию 24.07.97

#### SUMMARY

*Sidorovitch E.A., Rupasova Zh.A., Kukhareva L.V., Ignatenko V.A., Vasilevskaya T.I.*  
**The seasonal features of phenol compound accumulation in plants of *Bergenia crassifolia* (L.) Fritch introduced in Byelorussia**

The parameters of accumulation and basic tendencies in seasonal dynamics of several phenol compounds in some organs of *Bergenia* were ascertained for the first time under soil and climatic conditions in Byelorussia. The weather conditions during vegetative period were shown to effect on accumulation and seasonal dynamics of these phenol compounds. The optimal dates of herb laying-in were defined.