

УДК 582.57: 581.543(476):581.19

Н. А. ГРИБОК, О. И. СВИТКОВСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ
СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *COLCHICUM* L. В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск

(Поступила в редакцию 01.07.2004)

Введение. В естественных условиях представители рода *Colchicum* произрастают в Средиземноморье, на Кавказе, в Западной Европе, южных районах европейской части бывшего СССР, в Средней и Центральной Азии [1]. Русское название — безвременники — отражает особенности жизненного цикла этих растений. Это клубнелуковичные многолетники, многие из которых цветут в конце лета — начале осени. Формирование плода и созревание семян у таких видов происходит на будущий год.

Безвременники — ценные декоративные растения, которые издавна использовались как лекарственные. Сведения о них встречаются в письменных источниках Древнего Египта, Индии, Греции [2, 3]. В Византийской Империи *Colchicum autumnale* L. применялся для лечения подагры [4]. Один из видов *Colchicum* входил в первую Британскую фармакопею и до нашего времени сохранился как официальное медицинское средство. В настоящее время препараты из безвременников входят в фармакопеи почти всех стран мира, а также в Международную фармакопею, издающуюся ООН [3].

Ранее при изучении биохимических особенностей безвременников внимание уделялось в основном колхицину [5, 6] и его производным. Фенольные соединения этих растений изучены недостаточно. Но, учитывая широкий спектр использования безвременников в официальной и народной медицине и особенно наличие у них бактериостатических и фунгицидных свойств, представляет интерес изучение сложного фенольного комплекса этих растений. Целью настоящей работы было установить сезонную динамику содержания антоциановых пигментов, катехинов, дубильных веществ, флавонов и фенолкарбоновых кислот, а также оксидазной активности.

Объекты и методы исследования. Объект исследований — видообразцы безвременника великолепного и безвременника осеннего (*Colchicum speciosum* Stev. и *C. autumnale* L.) из коллекции мелколуковичных растений ЦБС НАН Беларуси. Отбор растений для исследований проводился в следующих фенофазах: начало отрастания, начало плодоношения, отмирание надземных органов, бутонизация и цветение. Определение содержания антоциановых пигментов, катехинов, дубильных веществ, флавонов гликозидов и фенолкарбоновых кислот, а также активности полифенолоксидазы и пероксидазы проводилось по общепринятым методикам [7—12] в 4-кратной биологической повторности. Полученные результаты были обработаны статистически в пакете программ Statistica-6.0, причем показатель точности оценки не превышал 5% [13].

Результаты и их обсуждение. Было выявлено, что в течение всего сезона вегетации для данных видов характерно невысокое содержание антоциановых пигментов (в расчете на цианидин). В начале отрастания (табл. 1, 2) отмечалось более высокое содержание антоцианов в надземных органах (12,72 и 10,79 мг% для *C. speciosum* и *C. autumnale* соответственно) по сравнению с клубнелуковицами (2,98 и 4,90 мг% для *C. speciosum* и *C. autumnale* соответственно). Затем содержание антоциановых пигментов в листьях снижалось, а в клубнелуковицах возрастало. Содержание антоцианов в стебле сопоставимо с таковым в клубнелуковицах в данной фенофазе. Возможно, это свидетельствует об оттоке антоцианов из листьев и передвижении данных соединений по стеблю в подземные органы. После отмирания надземных органов содержание антоциановых соединений в клубнелуковицах безвременников

Т а б л и ц а 1. Содержание фенольных соединений в отдельных органах *Colchicum speciosum* Stev. на разных этапах сезонного развития (2003)

Фенофаза	Часть растения	Фенолкарбоновые кислоты	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавоны	Дубильные вещества, %
Начало отрастания	Клубнелуковица	309,0±14,10	2,78±0,08	871,0±7,51	38,0±1,68	1,73±0,04
	Лист	579,4±4,46	12,72±0,46	637,0±7,51	372,2±7,68	4,23±0,04
Начало плодоношения	Клубнелуковица	169,9±6,65	5,17±0,08	377,0±7,51	65,4±1,91	0,71±0,01
	Лист	501,6±	6,89±0,15	396,5±3,75	1505,4±7,35	3,05±0,08
	Стебель	266,5±7,40	4,38±0,23	481,0±7,51	49,6±0,90	1,66±0,08
Отмирание надземных органов	Плод	486,7±21,16	4,38±0,08	578,5±3,75	183,9±5,05	1,77±0,06
	Клубнелуковица	63,9±1,46	Следы	182,0±7,51	38,4±0,97	0,68±0,03
	Лист	375,9±2,97	Следы	65,0±7,51	573,5±10,54	5,51±0,06
Бутонизация	Клубнелуковица	550,0±5,64	2,78±0,08	240,5±3,75	88,7±2,70	1,49±0,06
	Бутон	634,5±5,05	5,69±0,08	385,7±5,00	2296,6±5,32	2,98±0,04
Цветение	Клубнелуковица	245,2±1,91	2,78±0,08	234,0±7,51	129,2±2,01	0,90±0,04
	Цветок	902,2±10,09	10,99±0,23	372,7±12,51	2886,8±43,48	3,74±0,12

Т а б л и ц а 2. Содержание фенольных соединений в отдельных органах *Colchicum autumnale* L. на разных этапах сезонного развития (2003)

Фенофаза	Часть растения	Фенолкарбоновые кислоты	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавоны	Дубильные вещества, %
Начало отрастания	Клубнелуковица	197,0±2,23	4,90±0,08	1027,0±7,51	72,4±1,66	1,46±0,04
	Лист	417,1±9,86	10,79±0,12	897,0±7,51	1977,4±46,71	4,23±0,04
Начало плодоношение	Клубнелуковица	329,6±8,41	7,55±0,23	676,0±15,01	142,5±4,65	2,81±0,06
	Лист	525,3±13,29	2,78±0,07	331,5±11,26	1409,0±34,52	2,84±0,04
	Стебель	397,8±15,93	6,31±0,17	372,7±12,51	274,8±10,32	3,02±0,06
Отмирание надземных органов	Плод	1054,4±22,19	Следы	201,5±3,75	296,1±9,22	2,70±0,12
	Клубнелуковица	97,9±3,64	2,45±0,04	182,0±7,51	32,3±0,50	0,99±0,03
	Лист	381,1±5,95	0,57±0,02	117,0±7,51	541,1±7,46	2,91±0,08
Бутонизация	Клубнелуковица	558,8±3,51	1,09±0,06	240,5±3,75	48,3±0,90	1,94±0,08
	Бутон	816,8±3,52	10,99±0,23	591,5±3,75	3045,5±14,15	6,14±0,06
Цветение	Клубнелуковица	247,7±1,30	1,81±0,08	201,5±7,51	868,1±3,46	1,46±0,04
	Цветок	851,3±5,28	16,02±0,08	578,5±7,51	3335,1±29,05	4,68±0,06

только около 2 мг% (возможно, это связано с образованием таких полимерных соединений, как дубильные вещества).

По мере формирования генеративных органов суммарное содержание антоцианов и лейкоантоцианов в надземной сфере (см. табл. 1, 2) быстро возрастало (5,69 и 10,99 мг% в бутонах, а через неделю — 10,99 и 16,02 мг% в цветках *C. speciosum* и *C. autumnale* соответственно). В клубнелуковицах в этот период содержание антоциановых пигментов оставалось постоянным (у *C. speciosum*) или незначительно увеличивалось (у *C. autumnale*).

Наиболее высокое содержание (в расчете на суммарный препарат катехинов чая) катехинов в клубнелуковицах и надземных органах данных видов отмечено весной (см. табл. 1, 2). В конце апреля — начале мая, когда еще возможны заморозки, содержание катехинов в клубнелуковицах и молодых листьях безвременников было наибольшим за сезон (от 637,0 до 1027,0 мг%), причем в клубнелуковицах достоверно выше. Далее оно резко снижалось как в клубнелуковицах, так и в листьях. При этом в стебле содержание катехинов было несколько выше, чем в листьях, где происходит их синтез, что, по-видимому, обусловлено транспортом этих соединений и указывает на отток катехинов в формирующиеся в это время плоды. По мере формирования генеративных органов происходит снижение содержания катехинов как в надземных органах, так и в клубнелуковицах.

Содержание дубильных веществ (ДВ) в клубнелуковицах было невысоким и в течение вегетационного сезона менялось незначительно (см. табл. 1, 2). Содержание ДВ в надземных органах безвременников было значительно выше. Их содержание в фазе вегетации в молодых листьях безвременника великолепного и безвременника осеннего составляло 4,64 и 4,23% соответственно, затем оно несколько снижалось. А по мере старения листьев содержание ДВ в них опять возрастало. В усыхающих листьях оно составляло 5,51 и 2,91% у безвременника великолепного и безвременника осеннего соответственно. В генеративных органах изучаемых видов содержание ДВ было довольно высоким. В бутонах и цветках безвре-

менника великолепного оно составляло 3,05 и 3,74%, а у безвременника осеннего — 6,14 и 4,57% соответственно.

Содержание флавонов в расчете на апигенин на протяжении всего вегетационного сезона в надземных органах *C. speciosum* и *C. autumnale* (см. табл. 1, 2) значительно выше, чем в клубнелуковицах. Наибольшее содержание флавонов гликозидов как в клубнелуковицах, так и в надземных органах безвременника великолепного и безвременника осеннего было отмечено в фазе цветения.

Содержание фенолкарбоновых кислот (в расчете на хлорогеновую кислоту) у обоих видов на протяжении всего сезона (см. табл. 1, 2) было выше в надземной сфере, причем в фазах бутонизации и цветения в надземных органах наблюдалось наибольшее содержание этих соединений. Содержание фенолкарбоновых кислот в клубнелуковицах изучаемых растений было наибольшим в фазе бутонизации.

Наибольшее содержание биологически активных соединений фенольной природы отмечено для надземных органов изучаемых видов в фазе цветения и бутонизации, для клубнелуковиц — в фазе вегетации. При сходстве тенденций в сезонной динамике веществ вторичного синтеза у представителей рода *Colchicum* существуют видовые особенности метаболизма. Так, для *C. autumnale* характерно довольно высокое содержание флавонов в клубнелуковицах в фазе цветения. В плодах этого вида значительно выше содержание фенолкарбоновых кислот, но заметно ниже содержание флавоноидов по сравнению со вторым видом.

Биологическая активность фенолов в растениях связана как с синтезом, так и с окислением этих соединений, в которое вовлечены пероксидаза (ПО) и главным образом полифенолоксидаза (ПФО) [14, 15]. В связи с чем представляет интерес изучение активностей ПФО и ПО в отдельных органах на разных фазах сезонного развития.

Для *C. speciosum* (табл. 3) в фазе вегетации была характерна невысокая, а для *C. autumnale*, напротив, значительная активность ПФО как в клубнелуковицах, так и в листьях. В дальнейшем таких резких видовых различий не наблюдалось. У обоих видов активность ПФО в листьях и клубнелуковицах при формировании плодов падала (табл. 3), а после отмирания надземных органов повышалась в клубнелуковицах. Активизация обменных процессов в фазах бутонизации и цветения отразилась в повышении активности ПФО как в надземных органах, так и в клубнелуковицах *C. speciosum* и *C. autumnale*.

Т а б л и ц а 3. Оксидазная активность в отдельных органах *Colchicum speciosum* Stev. (1) и *Colchicum autumnale* L. (2) на разных этапах сезонного развития (2003), усл. ед/ (г*с)

Фенофаза	Часть растения	Активность ПФО		Активность ПО	
		1	2	1	2
Начало отрастания	Клубнелуковица	0,38±0,01	3,64±0,07	0,77±0,01	1,04±0,01
	Лист	1,64±0,03	3,79±0,17	4,24±0,02	3,30±0,04
Начало плодоношения	Клубнелуковица	0,61±0,01	0,79±0,04	0,82±0,01	1,01±0,05
	Лист	0,79±0,04	0,68±0,02	2,87±0,02	4,39±0,09
	Стебель	0,33±0,01	0,51±0,01	1,84±0,02	2,34±0,07
Отмирание надземных органов	Клубнелуковица	1,89±0,09	1,57±0,08	2,34±0,07	1,61±0,01
	Лист	—	—	—	—
Бутонизация	Клубнелуковица	0,75±0,03	1,16±0,06	2,13±0,02	0,37±0,02
	Бутон	2,17±0,03	2,58±0,12	2,45±0,07	10,19±0,23
Цветение	Клубнелуковица	1,08±0,03	1,39±0,06	0,63±0,02	0,65±0,01
	Цветок	1,51±0,05	1,98±0,04	2,01±0,03	7,02±0,09

Активность ПО у данных видов (см. табл. 3) достигала высоких значений в листьях в начале отрастания и в клубнелуковицах после отмирания надземных органов. Однако активность ПО в надземных органах *C. autumnale* в фазе цветения была значительно выше (7,02 усл. ед. · г⁻¹ · с⁻¹), а в фазе бутонизации она достигла (10,19 усл. ед. · г⁻¹ · с⁻¹) максимального значения за вегетационный сезон 2003 г.

Заключение. При сходстве тенденций в сезонной динамике веществ вторичного синтеза и оксидазной активности у представителей рода *Colchicum* существуют видовые особенности вторичного метаболизма.

Литература

1. Соколов В. С. Алкалоидоносные растения СССР. М.; Л., 1952. С. 170.
2. Лекарственные растения: Справочное пособие / Под ред. Н. И. Гринкевича. М., 1991. С. 62.
3. Гринкевич Н. И., Сорокина А. А. Легенды и быль о лекарственных растениях. М., 1988. С. 39.
4. Lascaratos J. // Ann. Rheum. Dis. 1995. Vol. 54, N 12. P. 951—957.
5. Malichova V., Potěšilova H., Preninger V. and Šantavý F. // Planta medica. 1979. Vol. 36, N 2. P. 119—127.
6. Gašič O., Potěšilova H. und Šantavý F. // Planta medica. 1976. Vol. 30, N 1. P. 75—81.
7. Вигоров Л. И. // Определение полифенолов: Тр. 3-го Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968. С. 480—491.
8. Курсанов А. Л. // Биохимия. 1941. Т. 6, вып. 2. С. 128—139.
9. Государственная фармакопея СССР. Вып. 1. Общие методы анализа. М., 1987. С. 286—287.
10. Сарапуу Л., Мийдла Х. // Уч. зап. Тарт. гос. ун-та. 1971. Вып. 256. С. 111—113.
11. Мжаванадзе В. В., Таргамадзе И. Л., Драник Л. И. // Сообщ. АН Груз ССР. 1971. Т. 63, вып. 1. С. 205—210.
12. Методы биохимического исследования растений. 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А. И. Ермакова. Л., 1987. С. 42—44.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М., 1990. С. 105.
14. Thieryarong P., Hunt M. D. and Stellens J. C. // Phytochemistry. 1997. Vol. 40. P. 673—676.
15. Vaughn K. C. and Duke S. O. // Plant physiology. 1981. Vol. 53, N 25. P. 421—428.

GRIBOK N. A., SVITKOVSKAYA O. I.

THE FEATURES OF SEASONAL DYNAMICS OF PHENOLIC COMPOUNDS CONTENT OF COLCHICUM L. GENUS REPRESENTATIVES IN THE CONDITIONS OF BELARUS

Summary

The seasonal dynamics of contents anthocyan pigments, catechins, tannins, flavonoid glycosides, phenolcarboxylic acids and polyphenoloxidase and peroxidase activities in the structural components of *Colchicum speciosum* Stev. and *C. autumnale* L. phytomasse were established. The aerial organs contained the greatest amounts of the phenolic compounds in the flowering and budding phases and the bulbotubers in the beginning vegetation. It was detected the similarity of the basic tendencies in the seasonal dynamics of the secondary metabolites of *Colchicum* genus representatives. But it was found some species specific features of the phenolic metabolism.