

УДК 582.998.3:577.19

Т.И. Фомина
Т.А. Кукушкина

T.I. Fomina
T.A. Kukushkina

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *CAMPANULA* L.

CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN UNDER-GROUND PARTS OF SOME *CAMPANULA* SPECIES

Определено содержание катехинов, флавонолов, танинов, сапонинов, пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты, каротиноидов в листьях и цветках пяти видов рода *Campanula* L., интродуцированных в лесостепную зону Западной Сибири. Количественное содержание основных групп биологически активных веществ исследовано в динамике – в фазы весеннего отрастания и цветения растений. Установлено, что надземные части исследованных видов могут служить источником фенольных соединений, сапонинов, пектиновых веществ, а молодые листья благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты и каротиноидов имеют пищевую ценность. Для показателей содержания биологически активных веществ отмечена высокая индивидуальная и межвидовая изменчивость.

Интродукция полезных растений подразумевает комплексный подход к их изучению с последующей оценкой адаптационных возможностей и перспективности культуры. Представители рода *Campanula* L. – издавна культивируемые декоративные растения, хорошие медоносы и перганоссы, некоторые виды имеют кормовое и пищевое значение или используются в народной и традиционной медицине разных стран (Крупина, 1954; Халипова, 2005; Bailey, 1949). Фитохимические исследования выявили присутствие в надземной части колокольчиков фенольных соединений, алкалоидов, сапонинов, терпеноидов, кумаринов (Растительные..., 1991; Plouvier, 1970). Однако имеющиеся сведения фрагментарны, отсутствуют данные по количественному содержанию биологически активных веществ в различных органах растений, что послужило основанием для выполнения настоящего исследования. Его целью была сравнительная характеристика содержания катехинов, флавонолов, танинов, сапонинов, пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты, каротиноидов в листьях и цветках интродуцированных видов рода *Campanula*.

Работа выполнена в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск). Объектами исследования были 5 видов колокольчика *Campanula* L.: к. чесночницелистный (*C. alliariifolia* Willd.), к. широколистный (*C. latifolia* L.), к. рапунцелевидный (*C. rapunculoides* L.), к. сарматский (*C. sarmatica* Ker-Gawl.), к. крапиволистный (*C. trachelium* L.). Это травянистые многолетние длительновегетирующие поликарпики, перспективные для ландшафтного дизайна в Западной Сибири (Фомина, 2012). Розеточные побеги, молодые листья и однолетние утолщенные корни этих видов пригодны в пищу. В народной медицине отвар из надземной части *C. trachelium* применяли при воспалениях горла, свежие листья *C. rapunculoides* и *C. trachelium* – как ранозаживляющее средство (Растительные..., 1991). Современными исследованиями показана антиоксидантная активность эфирных масел *C. latifolia* (Шарапаева и др., 2008).

Для определения содержания групп биологически активных веществ использовали свежесобранное сырье – молодые, вполне развитые листья, собранные в фазу весеннего отрастания (май – начало июня), листья и цветки – в фазу массового цветения растений (июнь – июль). Количество катехинов определяли спектрофотометрическим методом. Плотность раствора измеряли при длине волны 504 нм. Содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину «Sigma» (Кукушкина и др., 2003). Количество флавонолов определяли по методу, основанному на реакции комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия (Беликов, Шрайбер, 1970). Плотность раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 415 нм. Концентрацию флавонолов определяли по калибровочному графику, построенному по рутину. Содержание танинов (гидролизующихся дубильных веществ) определяли спектрофотометрическим методом с использованием 2%-ного водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность полученной окраски измеряли при длине волны 420 нм. Расчет дубильных веществ производили по ГСО танина (Федосеева, 2000).

Содержание сапонинов определяли весовым методом. Навеску воздушно-сухого сырья экстрагиро-

вали хлороформом в аппарате Сокслета до полного обесцвечивания для удаления липидов и смол. Образцы высушивали и экстрагировали на водяной бане при 70 °С последовательно 50, 60, 96%-ным этанолом. Объединенный экстракт упаривали до отсутствия запаха спирта и прибавляли семикратный объем ацетона. Образовавшийся осадок через 18 ч отфильтровывали, высушивали при 70 °С, взвешивали и вычисляли содержание «сырого сапонина» (Киселева и др., 1991). Для определения содержания пектиновых веществ применяли карбазольный метод (Методы..., 1987), основанный на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уроновых кислот с карбазолом в сернокислой среде. Плотность растворов измеряли на ФЭК-56М при длине волны 535 нм в кювете с рабочей длиной 5 мм. Количество пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактурановой кислоте.

Определение аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом, основанным на ее редуцирующих свойствах (реакция Тильманса) (Методы..., 1987). Суммарное количество каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом (Кривенцов, 1982). Плотность раствора определяли при длине волны 450 нм. Содержание каротиноидов (Кр) вычисляли по формуле: $Kp = D \cdot V \cdot K / L \cdot H$, где D – оптическая плотность вытяжки; V – объем экстракта, мл; H – навеска, г; K – коэффициент перерасчета на β-каротин, равный 0,4; L – рабочая длина кюветы. Все показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья. За результат принимали среднее из трех параллельных определений по каждому показателю.

В надземной части исследованных видов *Campanula* фенольные соединения представлены катехинами, флавонолами, танинами. Фенольным соединениям отводят активную роль в метаболизме растений как одному из факторов экологической пластичности и адаптивной изменчивости вида, обеспечивающим его устойчивость в конкретных условиях обитания. Установлено важное значение этой группы метаболитов для профилактики и лечения различных заболеваний благодаря Р-витаминной, антиоксидантной и противовоспалительной активности. Содержание катехинов в надземной части колокольчиков незначительное – от 0,06 % в цветках до 0,21 % в молодых листьях, слабо варьирует на видовом уровне и по годам (см. табл. 1).

Количество флавонолов наиболее высокое в фазу весеннего отрастания, достигая 5,7 % у *C. latifolia*. В период цветения содержание флавонолов в листьях значительно снижается, в цветках же оно составляет не более 1,7 %. Однако у *C. alliariifolia* наибольшее количество флавонолов определено именно в цветках. Ранее у исследованных видов обнаружен ряд флавоноловых гликозидов – кемпферол, кверцетин, рутин, в том числе характерный для секции *Campanula* изорамнетин (Джумырко, 1973; Теслов, 2000). Содержание танинов в листьях колокольчиков высокое, особенно в фазу весеннего отрастания – на уровне 8,3–21,7 % с максимальными показателями у *C. latifolia* и *C. trachelium*. В цветках присутствие танинов невелико. Изменчивость содержания этих соединений по годам значительная. Прохладная и влажная погода вегетационного периода 2013 г. способствовала их повышенному синтезу. Ранее отмечалось наличие дубильных веществ в листьях *C. trachelium* (Растительные..., 1991).

Сапонины обладают высокой физиологической активностью: в растениях регулируют ростовые процессы, служат фактором фитопатогенной защиты, в медицине эффективны в качестве отхаркивающих, противовоспалительных, гипохолестеринемических средств. Содержание сапонинов у колокольчиков варьирует в широком диапазоне значений в зависимости от вида и погодных условий. Экстремально влажная и прохладная погода мая 2013 г. способствовала повышенному синтезу сапонинов у всех исследованных видов, тогда как в умеренных по условиям тепла и влаги условиях мая 2011 г. содержание сапонинов в листьях было сравнительно невысоким. Вероятно, с погодными факторами связана динамика содержания сапонинов – показатели могут как возрастать, так и снижаться в фазу цветения. Максимальное количество сапонинов определено в молодых листьях *C. alliariifolia* – 30,9 % и в листьях цветущих растений *C. trachelium* – 22,9 %. В цветках колокольчиков содержание сапонинов сопоставимо с листьями и может быть весьма высоким – до 27,7 %. Ранее сапонины обнаружены в надземной части *C. alliariifolia*, *C. latifolia* и *C. trachelium* (Растительные..., 1991).

Пектиновые вещества (пектины и протопектины) в растениях играют роль основных структурно-функциональных компонентов, для человека служат компонентом функционального питания как источник пищевых волокон, оказывают на организм гастропротективное и антиканцерогенное действие, снижают уровень холестерина и сахара в крови. У исследованных видов содержание пектиновых веществ в листьях составляет 4,3–10,4 %, в цветках оно сопоставимо с листьями, но шире варьирует – от 3,1 до 15,6 %. Наибольшая индивидуальная изменчивость показателя отмечена у *C. latifolia*. Известно, что недостаток влаги в период роста растений вызывает снижение содержания пектиновых полисахаридов, поэтому более высокие их значения у колокольчиков в 2013 г., вероятно, связаны с условиями избыточного увлажнения.

Таблица 1

Содержание биологически активных веществ (%) в надземных органах видов *Campanula* L.

Вид	Катехины	Флавонолы	Танины	Сапонины	Пектиновые вещества	Аскорбиновая кислота*	Каротиноиды*
Листья в фазу весеннего отрастания							
<i>C. alliariifolia</i>	<u>0,11</u> 0,13	<u>2,0</u> 2,0	<u>9,3</u> 14,1	<u>14,7</u> 30,9	<u>7,0</u> 8,9	<u>132,5</u> 108,1	<u>140,5</u> 100,9
<i>C. latifolia</i>	<u>0,10</u> 0,16	<u>5,7</u> 4,6	<u>15,7</u> 21,7	<u>6,8</u> 12,8	<u>6,3</u> 10,4	<u>233,5</u> 229,6	<u>176,7</u> 138,2
<i>C. rapunculoides</i>	<u>0,08</u> 0,21	<u>3,0</u> 1,9	<u>10,0</u> 16,0	<u>4,7</u> 24,0	<u>7,2</u> 7,6	<u>258,3</u> 238,8	<u>296,7</u> 192,7
<i>C. sarmatica</i>	<u>0,10</u> 0,13	<u>3,3</u> 2,9	<u>8,3</u> 13,0	<u>3,1</u> 11,5	<u>5,8</u> 8,0	<u>178,0</u> 141,0	<u>186,4</u> 114,7
<i>C. trachelium</i>	<u>0,11</u> 0,10	<u>3,4</u> 3,3	<u>20,6</u> 16,3	<u>7,4</u> 13,3	<u>7,8</u> 9,3	<u>151,6</u> 187,4	<u>140,5</u> 136,2
Листья в фазу цветения							
<i>C. alliariifolia</i>	<u>0,10</u> 0,16	<u>0,8</u> 1,4	<u>8,1</u> 14,7	<u>12,9</u> 8,5	<u>4,6</u> 9,6	<u>112,5</u> 60,0	<u>197,6</u> 88,8
<i>C. latifolia</i>	<u>0,13</u> 0,20	<u>2,3</u> 2,0	<u>14,1</u> 18,9	<u>12,1</u> 6,4	<u>4,7</u> 10,4	<u>194,2</u> 168,0	<u>731,7</u> 110,5
<i>C. rapunculoides</i>	<u>0,17</u> 0,14	<u>1,8</u> 3,0	<u>9,5</u> 17,1	<u>5,8</u> 13,4	<u>7,0</u> 8,8	<u>125,7</u> 198,8	<u>344,4</u> 88,4
<i>C. sarmatica</i>	<u>0,10</u> 0,13	<u>1,4</u> 1,4	<u>9,1</u> 9,8	<u>4,7</u> 7,8	<u>4,3</u> 9,4	<u>126,8</u> 81,3	<u>154,1</u> 36,4
<i>C. trachelium</i>	<u>0,07</u> 0,07	<u>1,0</u> 3,4	<u>11,0</u> 17,7	<u>8,7</u> 22,9	<u>5,9</u> 8,1	<u>149,7</u> 107,2	<u>143,9</u> 32,5
Цветки							
<i>C. alliariifolia</i>	<u>0,15</u> 0,14	<u>3,1</u> 3,2	<u>4,6</u> 3,7	<u>19,0</u> 6,5	<u>11,0</u> 11,9	<u>58,7</u> 38,3	0,7
<i>C. latifolia</i>	<u>0,07</u> 0,13	<u>0,6</u> 0,3	<u>4,5</u> 3,8	<u>27,7</u> 6,8	<u>3,1</u> 11,4	<u>114,0</u> 86,2	14,5
<i>C. rapunculoides</i>	<u>0,11</u> 0,11	<u>0,9</u> 1,1	<u>3,9</u> 6,5	<u>5,5</u> 14,1	<u>6,0</u> 10,2	<u>36,9</u> 99,0	16,4
<i>C. sarmatica</i>	<u>0,08</u> 0,10	<u>1,5</u> 1,7	<u>5,7</u> 5,7	<u>18,2</u> 10,8	<u>6,0</u> 11,2	<u>52,1</u> 58,8	4,4
<i>C. trachelium</i>	<u>0,15</u> 0,06	<u>1,7</u> 1,2	<u>3,3</u> 6,3	<u>12,0</u> 25,2	<u>15,6</u> 8,6	<u>59,6</u> 53,0	9,8

Примеч.: * – содержание приведено в мг%; над чертой – значение 2011 г., под чертой – значение 2013 г.

Витаминный комплекс видов *Campanula* представлен аскорбиновой кислотой и каротиноидами. Считается, что антиоксидантные свойства природных фенольных соединений проявляются при взаимодействии с аскорбиновой кислотой, в то же время присутствие этих соединений способствует сохранению витамина С в продуктах питания и накоплению его в организме человека. Колокольчики относятся к растениям с высоким содержанием аскорбиновой кислоты в надземной части (Муравьева, Баньковский, 1947; Панкова, 1949). Из исследованных видов наибольшей С-витаминной активностью отличаются *C. latifolia* и *C. rapunculoides* – до 230–260 мг%. Особенно богаты аскорбиновой кислотой молодые листья. В листьях цветущих растений ее содержание остается высоким, а в цветках составляет 36,9–114,0 мг%.

Известно, что каротиноиды обладают высокой антиоксидантной и антиканцерогенной активностью и при этом не вызывают гипервитаминоза. Суммарное количество каротиноидов у исследованных видов значительно варьирует на видовом уровне и по годам, составляя в фазу отрастания от 100,9 до 296,7 мг% с

максимальным значением у *C. rapunculoides*. В фазу цветения содержание этих веществ может значительно превысить весенний уровень (2011 г.) или, наоборот, резко снизиться (2013 г.). Известно, что синтезу витаминов благоприятствует теплая и солнечная погода. Поэтому наблюдаемые у колокольчиков погодичные колебания количества аскорбиновой кислоты и каротиноидов обусловлены, прежде всего, влиянием внешних факторов.

Таким образом, исследованные виды рода *Campanula* характеризуются относительно высоким содержанием в надземных органах флавонолов, танинов, сапонинов и могут рассматриваться как источник получения этих групп биологически активных веществ. Благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты, каротиноидов, пектиновых веществ колокольчики имеют кормовое значение, а молодые листья представляют пищевую ценность в весенний период. Установлено, что в надземной части колокольчиков мало катехинов. Все показатели, кроме количества катехинов, значительно варьируют на видовом уровне и по годам исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Беликов В.В., Шрайбер М.С.** Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация, 1970. – № 1. – С. 66–72.
- Джумырко С.Ф.** Флавоноиды растений рода *Campanula* // Химия природных соединений, 1973. – № 2. – С. 273–274.
- Киселева А.В., Волхонская Т.А., Киселев В.Е.** Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 136 с.
- Кривенцов В.И.** Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 21 с.
- Крупина М.Г.** Колокольчики. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 78 с.
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А.** Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы VII Междунар. съезда «Фитофарм–2003». – СПб.–Пушкин, 2003. – С. 64–69.
- Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
- Муравьева В.И., Баньковский А.И.** Исследование растений, применяемых в народной медицине, на содержание аскорбиновой кислоты // Тр. ВНИИ лекарственных растений, 1947. – Вып. IX. – С. 39–118.
- Панкова И.А.** Травянистые С-витаминносы // Тр. БИН им. В.Л. Комарова, 1949. – Сер. V, вып. 2. – С. 292–478.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Hippuridaceae–Lobeliaceae. – СПб.: Наука, 1991. – С. 115–120.
- Теслов Л.С.** Сравнительное изучение флавоноидного состава видов рода *Campanula* L. ряда *Rapunculoides* Chardze из секции *Campanula* // Раст. ресурсы, 2000. – Т. 36, вып. 1. – С. 3–17.
- Федосеева Л.М.** Расчет эффективности процесса экстракции бурых листьев бадана толстолистного // Химия растительного сырья, 2000. – № 1. – С. 117–119.
- Фомина Т.И.** Биологические особенности декоративных растений природной флоры в Западной Сибири. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. – 179 с.
- Халипова Г.И.** Колокольчики. – М.: Астрель: АСТ, 2005. – 144 с.
- Шарапаева М.С., Спиридонова М.С., Лесовская М.И.** Сравнительная характеристика антиоксидантных свойств эфирных масел *Campanula latifolia* L. и *Achillea millefolium* L. // Успехи современного естествознания, 2008. – № 2. – С. 105–106.
- Bailey L.H.** Manual of cultivated plants. – N.-Y.: The Macmillan company, 1949. – 1116 p.
- Plouvier V.** Recherche des heterosides coumariniques (fraxoside et isofraxoside) et flavoniques chez quelques Campanulacees et Caprifoliacees // C. R. Acad. Sc., 1970. – Т. 270, ser. D, № 11. – P. 1526–1528.

SUMMARY

The content of catechins, flavonols, tannins, saponins, pectins, ascorbic acid, carotenoids in the leaves and flowers of 5 *Campanula* species, introduced in forest-steppe of Western Siberia was determined. The amount of main groups of biologically active substances was studied in dynamics – during spring regrowth and flowering. We found that under-ground parts of investigated species could be a source of phenolic compounds, saponins, pectins, and young leaves due to high content of ascorbic acid and carotenoids had nutritional value. Indicators for the content of biologically active substances showed high individual and interspecific variability.