

К.Э. Вогулкин, Н.В. Вогулкина, Л.Н. Шандрикова, А.П. Яковлев

Динамика фенольных соединений морозки приземистой (*Rubus Chamaemorus* L.) в онтогенезе

Морошка приземистая – многолетнее травянистое растение с ползучим, длинным, ветвистым корневищем, семейства розоцветные. Является гипоарктическим видом, южная граница ареала которого проходит через северные районы Беларуси. Ценное пищевое и лекарственное растение [1].

Морошка занесена в Красную книгу Республики Беларусь с 1981 года как исчезающий и нуждающийся в охране вид. В настоящее время выделено порядка 12 мест обитания растения на территории страны. Несмотря на значительный интерес в последнее время к данному виду как редкому и нуждающемуся в охране, так и потенциальному источнику биологически активных веществ, сведений о биохимическом составе ягод и вегетативной массы растений морошки недостаточно.

В этой связи целью исследований являлось изучение биохимического состава различных органов морошки приземистой в онтогенезе.

Из биологически активных веществ наибольший интерес при изучении биохимического состава морошки приземистой представляет группа полифенольных соединений – дубильных и красящих веществ (антоцианы, лейкоантоцианы, катехины, флавоны), отличающихся Р-активным действием. Кроме того, биохимический подход к изучению внутривидового полиморфизма – важный критерий для отбора популяций, обладающих высокими хозяйственно полезными свойствами.

Известно, что фенольные соединения, которым принадлежит важная роль в формировании фармакологических свойств, являются одним из наиболее распространенных и многочисленных классов природных соединений. Они способны ускорять или тормозить рост растений, оказывать влияние на репродуктивные процессы, способствовать ризогенезу, подавлять развитие патогенов, регулировать процессы окислительного фосфорилирования и т.д. [2].

Снижение образования фенольных соединений может быть результатом снижения активности ферментов биосинтеза фенольных соединений, таких, как фенилаланин-аммиаклиаза, или вследствие уменьшения доступного субстрата. Уровень накопления фенольных соединений может быть повышен вследствие замедления темпов первичного метаболизма. Дефицит азота, фосфора, калия и серы приводит к более высокому накоплению фенольных соединений. Дополнительное введение этих компонентов стимулирует рост растения и подавляет процессы образования фенольных соединений [3–4].

Необходимо отметить участие фенольных соединений в стресс-реакциях и обеспечении устойчивости растений к экстремальным условиям среды. Они проявляют защитные функции в растениях, подвергнутых воздействию неблагоприятных факторов (УФ-облучение, патогены, водный и химический стресс), являются эндогенными регуляторами физиологических процессов негормональной природы [5–6].

В этой связи особый интерес представляет исследование процессов накопления фенольных соединений в растениях морозники в онтогенезе.

Для изучения биохимического состава растений морозники приземистой был заложен стационар в Краснопольском лесничестве Россонского района Витебской области. Стационар характеризуется pH 4,5–4,9, уровень грунтовых вод находится ниже поверхности кочек на 32 см, межкочечных понижений – на 12 и мочажин на 7 см, торф в кочках – верховой сфагновый со степенью разложения 5%, характеризующийся зольностью 1,4–1,7%, низким содержанием фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) (0,6–0,7 и 2,5–7,5 мг/100 г почвы). Площадь стационара составляет 600 м².

В течение вегетационного периода проводили отбор проб для проведения биохимического анализа по общепринятым методам [7]. Пробы отбирали на следующих стадиях: начало вегетации (длится от периода появления первых надземных побегов до периода цветения), плодоношение, окончание вегетации. Для определения динамики фенольных соединений каждой стадии отбирали ягоды и вегетативные органы (листья и корневища).

Исследования показали, что у морозники приземистой Р-активные вещества представлены антоцианами, лейкоантоцианами, катехинами, флавонолами и фенолкарбоновыми кислотами.

Полученные данные свидетельствуют о зависимости накопления биофлавоноидов, органических кислот, аскорбиновой кислоты от стадии вегетации (табл. 1).

Таблица 1

Динамика содержания биофлавоноидов, свободных органических кислот и аскорбиновой кислоты в вегетативной части и плодах растений морозники приземистой за период вегетации

| Анализируемая часть растения | Биофлавоноиды, мг% | | | | | | | | Свободные органические к-ты, % | Аскорбиновая кислота, мг% |
|------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | антоцианы | лейкоантоцианы | сумма антоциановых пигментов | катехины | флавоны | катехины; флавонолы | сумма биофлавоноидов | фенолкарбоновые кислоты | | |
| <i>начало вегетации</i> | | | | | | | | | | |
| Листья | следы | 32,0±1,0 | 32,0±1,0 | 1347,7±58,3 | 13308,6±32,4 | 9,9±0,4 | 14688,3±90,5 | 904,2±8,7 | 0,6 | 115,9 |
| Корневище | 0,9±0,1 | 30,0±0,7 | 30,9±0,7 | 5193,5±172,3 | 4700,1±35,1 | 0,9±0,01 | 9924,5±159,9 | 960,4±11,0 | 0,4 | 65,3 |
| <i>плодоношение</i> | | | | | | | | | | |
| Листья | 1,5±0,3 | 19,8±0,6 | 21,4±0,6 | 1542,7±31,2 | 13739,1±67,5 | 7,9±0,1 | 15543,0±95,2 | 777,8±5,0 | 0,7 | 119,5 |
| Корневище | 1,1±0,2 | 43,7±0,9 | 44,7±0,6 | 7046,0±46,9 | 3588,3±25,7 | 0,6±0,01 | 9517,5±62,4 | 441,7±8,3 | 0,5 | 71,3 |
| Плоды | следы | 1,4±0,1 | 1,4±0,1 | 420,3±26,4 | 554,1±26,2 | 1,3±0,01 | 975,8±52,2 | 320,8±8,7 | 0,9 | 143,8 |
| <i>окончание вегетации</i> | | | | | | | | | | |
| Листья | 1,8±0,1 | 20,4±0,3 | 22,2±0,4 | 940,3±41,3 | 6734,8±14,6 | 7,2±0,3 | 7697,4±56,0 | 641,7±8,7 | 0,7 | 111,1 |
| Корневище | 0,3±0,1 | 31,0±0,8 | 31,3±0,7 | 4723,3±75,6 | 2762,8±22,3 | 0,6±0,01 | 7517,4±74,5 | 658,3±35,6 | 0,7 | 83,4 |

В начале вегетационного периода в листьях морозники найдены только следы антоцианов. К периоду плодоношения количество антоцианов увеличивается как в листьях, так и в корневищах, а за период времени от плодоношения до окончания вегетации происходит отток антоцианов из корневищ в листья. Основную долю в сумме антоциановых пигментов составляют лейкоантоцианы, количество которых в десятки раз больше, чем собственно антоцианов, что указывает на их огромное значение в процессах жизнедеятельности морозники.

Более активное накопление лейкоантоцианов происходит в корневищах от начала вегетации до фазы плодоношения. Напротив, в листьях в данный период отмечено значительное уменьшение их содержания – от 30,0 до 19,8 мг%. К периоду окончания вегетации в листьях происходит незначительное накопление на 0,6 мг%, а в корневищах количество лейкоантоцианов напротив значительно уменьшается и приближается к значениям, наблюдаемым в начале вегетации.

Наибольшее содержание флавонолов отмечено в листьях, хлоропласты которых являются основными центрами синтеза полифенолов [2], а также в корневищах, что подтверждает мнение о существенной роли этих веществ в репродуктивных процессах растений [8]. В плодах морошки уровень флавонолов в 1,5–2,5 раза ниже.

В фазу массового цветения, характеризующуюся наиболее высокими темпами накопления биомассы, наблюдается временное снижение содержания флавонолов, что объясняется конкуренцией между белковым и фенольным синтезами за общий предшественник – аминокислоту фенилаланин, приводящих к ослаблению биосинтеза биофлавоноидов в периоды активизации продукционного процесса [9].

Наиболее высоким суммарным содержанием флавонов характеризовались ассимилирующие органы (6,8–13,7% – в листьях, в корневище – 3,4–4,3%). В плодах оно не превышало 1,0–1,5%.

Установлено, что примерно 70–80% суммы биофлавоноидов в надземной массе растений приходилось на долю более окисленных соединений – флавонов. Остальные 20–30% суммы составляли преимущественно катехины и лишь очень малая часть (десятые доли %) приходилась на антоциановые пигменты.

Различия в содержании органических кислот как в плодах, так и в листьях и корневищах менее существенны, а их содержание не превышало 1%.

Высокий уровень накопления аскорбиновой кислоты в ассимилирующих органах и плодах позволяет отнести морошку приземистую к высоковитаминным видам растений. Ее максимальное содержание отмечается в период плодоношения, после чего наблюдается снижение. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты в корневищах накапливается в конце вегетационного периода (83,4 мг%).

Для оценки возможности использования морошки приземистой в медицине, пищевой продукции сравнивали полученные показатели биохимического состава морошки приземистой с плодами клюквы крупноплодной, заготовки которой ведутся в местах произрастания морошки в Витебской области.

Таблица 2

Содержание биофлавоноидов, свободных органических кислот и аскорбиновой кислоты в плодах клюквы четырехлепестной

| Анализируемая часть растения | Биофлавоноиды, мг% | | | | | | | | Свободные органические к-ты, % | Аскорбиновая кислота, мг% |
|------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|----------|---------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | антоцианы | лейкоантоцианы | сумма антоциановых пигментов | катехины | флавоны | катехины, флавонолы | сумма биофлавоноидов | фенолкарбонные кислоты | | |
| Плоды | 3,7 | 82,1 | 85,8 | 2028,0 | 1044,5 | 1,94 | 3158,3 | 393,8 | 20,57 | 115,24 |

Установлено (табл. 2), что клюква крупноплодная значительно превосходит морошку приземистую по содержанию антоциановых пигментов и других биофлавоноидов. Однако содержание аскорбиновой кислоты в плодах морошки выше, чем в плодах клюквы крупноплодной, что указывает на высокую перспективность ее использования.

Работа выполнена в рамках договора с БРФФИ № Б05-270 от 1 апреля 2005 года по теме «Эколого-биологические особенности и биохимическая характеристика растений *Rubus chamaemorus* L. в Белорусском Поозерье».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баранова, И.И.** Биологически активные вещества некоторых дикорастущих ягод южной Карелии / И.И. Баранова, Л.М. Смирнова, Г.Ф. Ершова // Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. – Петрозаводск: КФА и СССР, 1982. – С. 129–134.
2. **Запрометов, М.Н.** Фенольные соединения / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
3. **Majak W., Quinton D.A., Broershma R.** // J. Range Managemen. – 1980. – 33. – P. 197–199.
4. **Gershenzon, J.** Plant secondary metabolite production under stress / J. Gershenzon // Phytochemical adaptation to stress. N. Y.–L.: Plenum Press. – 1984. – P. 273–321.
5. **Кефели, В.И.** Природные ингибиторы роста и фитогормоны / В.И. Кефели. – М., 1974.
6. **Волынец, А.П.** Взаимодействие эндогенных регуляторов роста и гербицидов / А.П. Волынец. – Минск, 1980. – 144 с.
7. **Ермаков А.И.** Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 430 с.
8. **Минаева, В.Г.** Лекарственные растения Сибири / В.Г. Минаева. – Новосибирск, 1991. – 432 с.
9. **Карabanов, И.А.** Флавоноиды в мире растений / И.А. Карabanов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.

S U M M A R Y

*The article presents the data on the accumulating process of the bioflavonoids of the organic acids and ascorbic acid in leaves, roots and berries of *Rubus chamaemorus* in the ontogenesis.*

Поступила в редакцию 23.06.2008