

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 морозки недостаточно.

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

Из биологически активных веществ наибольший интерес при изучении биохимического состава морозки 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 морошки в онтогенезе.

Для изучения биохимического состава растений морошки приземистой был заложен стационар в Краснопольском лесничестве Россонского района Витебской области. Стационар характеризуется рН 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 морошки 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 морошки 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 морошки 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 морошки.

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 морозники 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 флавононов 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 – флавононов. 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 морознику 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 морозники приземистой в медицине, пищевой продукции сравнивали полученные показатели биохимического состава морозники приземистой с плодами клюквы крупноплодной, заготовки которой ведутся в местах произрастания морозники 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	фенолкарбоновые 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 морознику приземистую по содержанию антоциановых пигментов и других биофлавоноидов. Однако содержание аскорбиновой кислоты в плодах морозники 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