

## Суточная Динамика Накопления Флавоноидов В Листьях И Цветках *Crataegus caucasica* С.Коч.

Т.Ю.Аббасова, Э.Н. Новрузов\*

Институт ботаники НАНА, Бадамдарское шоссе, 40, Баку AZ1004, Азербайджан;

\*E-mail: eldar\_novruzov@yahoo.co.uk

Исследована суточная динамика накопления свободных и гликозидированных флавоноидов в цветках *Crataegus caucasica* С.Коч. Установлено, что содержание флавоноидов в листьях и цветках подвержено значительному изменению в течение суток. Как в листьях, так и в цветках изменение содержания флавоноидов сопровождается двумя максимумами в 12 и 18 ч., минимумом в 24 ч. Суточные изменения флавоноидов, в основном, обуславливаются колебаниями содержания производных кверцетина. Выявлены своеобразные метаболические пути биосинтеза свободных и гликозидированных флавоноидов. Содержание флавоноидов в листьях и цветках зависит от органа, фазы развития и метеорологических условий вегетационного периода.

**Ключевые слова:** *Crataegus*, листья, соцветия, флавоноиды, фаза развития, динамика

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все большее внимание уделяется выяснению роли флавоноидов в метаболизме растений. Особый интерес в данном аспекте представляет изучение суточных изменений этих соединений. Изучение суточных изменений флавоноидов имеет как теоретическое (для выявления метаболизма), так и практическое (установление наилучшего времени сбора растительного материала) значение. В литературе имеется довольно много сведений об изменчивости флавоноидов в процессе роста и развития растений (Валуцкая, 1969; Воынец, 1973; Кривенчук и Фурса, 1969; Запрометов, 1993; Staude and Reznik, 1973; Lott, 1960). Встречаются сведения о суточных колебаниях флавоноидов в зависимости от возраста и состояния растений (Вардя и Сарапуу, 1967; Джемухадзе, 1961), погодных условий (Валуцкая и Минаева, 1973). Имеющиеся данные недостаточны, поскольку они разнохарактерны, противоречивы, а иногда противоречивы. Основное противоречие, на наш взгляд, заключается в том, что большая часть результатов характеризуется накоплением суммы флавоноидов или одного из компонентов. Много работ по исследованию суточного изменения флавоноидов (Запрометов и Колопкова, 1965; Варья и Сарапуу, 1967; Cooh and Samman, 1996). Следует отметить, что по этому вопросу также нет единого мнения. Особенно неоднозначны мнения о суточных колебаниях флавоноидов травянистых и древесных растений. Установлено, что в травянистых растениях максимальное накопление флавоноидов, в основном, происходит в дневное

время, а минимальное - в ночное (Халлоп и Маргна, 1970; Pahllich, 1969), тогда как у древесных - увеличение содержания флавоноидов происходит ночью, а уменьшение в течение дня (Вардя и Сарапуу, 1967; Вараксина, 1974; Staude and Reznik, 1973; Hertog et al., 1995; Vinson et al., 2001).

Учитывая противоречивость данных о динамике накопления флавоноидов во время роста и развития растений в течение суток, а также лекарственное значение боярышника кавказского (*Crataegus caucasica* С.Коч.), содержащего в своем составе флавоноиды с Р витаминной активностью, обуславливающие его антиоксидантное, антиаритмическое, антисклеротическое и другие свойства, мы поставили перед собой цель исследовать суточную динамику накопления флавоноидов в различные фазы развития данного вида растения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование суточной динамики флавоноидов боярышника кавказского проводили на десятилетних, вполне сформировавшихся растениях, произрастающих на юго-восточной части горы, в окрестности селения Ашыгли (1046м над ур.м.) Гей-Гельского района, среди кустарников из шиповника, акации, крушины, кизильника, а также деревьев граба, дуба, клена.

Отбор проб проводили через каждые 3 часа в фазах бутонизации и цветения (в периоды начала и массового цветения). В фазе бутонизации пробы брали в солнечные дни со средней суточной температурой воздуха 23,9° и почвы -

28,3°. В фазе цветения во время взятия проб придерживались тех же среднесуточных температурных показателей. В фазе массового цветения пробы брали 2-го и 5-го июня. 2-го июня день был солнечный, средняя температура воздуха 22,4°, почвы 28,9°. 5-го июня день был облачный, во второй половине дня с осадками 9 см, средняя суточная температура воздуха 18,9°, почвы 18,4°. Взятые по 1,0 г пробы (бутоны, цветки, листья) фиксировали холодным спиртом. Количественное содержание флавоноидов определяли методом бумажной хроматографии по методике, предложенной Г.М.Высочинной и др. (1987). Использовали восходящее хроматографирование на бумаге (Fitrakt FN-16) в системе растворителей уксусная кислота-муравьиная кислота-вода (10:2:3) и н-бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:2). Хроматограммы проявляли 10%-ным спиртовым раствором хлористого алюминия. Пятна флавоноидов, отмеченные в УФ свете, элюировали спиртом, оптическую плотность измеряли на спектрофотометре Spесord 1500. Калибровочные кривые составляли по рутину, глюколютеолину, так как производные кверцетина и лютеолина составляли основную часть суммы флавоноидов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении компонентного состава флавоноидов цветков боярышника установили наличие кверцетина, лютеолина, рутина, гиперозида и глюколютеолина. Результаты показывают, что определенный качественный состав флавонолов в листьях и репродуктивных органах в течение суток в трех исследуемых фазах остается постоянным, в то время количественное содержание флавонолов подвержено изменениям.

При сравнении накопления флавонолов в листьях и цветках (Рис. 1, А и Б) видно, что большое накопление обнаруживается во всех фазах. В цветках общее содержание флавонолов намного выше, чем в листьях. Рассматривая изменение содержания суммы флавонолов в течение суток, можно заметить довольно значительные колебания во всех трех фазах. В листьях общее количество флавонолов больше в фазе бутонизации. В следующих фазах происходили значительные изменения. Наблюдались два максимума – в 12 и 15 ч. и три минимума – в 6 или 9, 15 и 21 ч. При этом большей амплитудой колебаний характеризовались гликозиды кверцетина, по сравнению с лютеолин-7-гликозидом.

Интересно то, что в листьях сумма производных кверцетина, рутина была больше, чем количество производных лютеолина (глюколю-

теолина). Дневная динамика их накопления, в основном, совпадала с динамикой общей суммы, за исключением вариантов 18 и 21 ч. в фазе цветения. Суточное изменение производных кверцетина совпадает с общей суммой флавоноидов.

Репродуктивные органы бутоны и цветки, в отличие от листьев, обнаруживали максимальное содержание флавонолов и более резкие колебания в течение суток. Кроме того, в бутонах было в 1,5-2,5 раза больше флавонолов, чем в цветках. Общий характер дневных изменений содержания флавонолов в бутонах и цветках был идентичным: повышение их содержания до максимума в 12 ч, снижение в 15 ч, второй максимум в 18 ч, снова уменьшение в 24 ч. Исключение составляли утренние часы, когда с 6 до 9 ч. в бутонах наблюдалось снижение количества флавонолов, а в цветках – их непрерывное возрастание. Суточные изменения производных лютеолина отличаются от производных кверцетина. Содержание производных лютеолина, начиная с 6 ч., постепенно повышалось и к 12 ч. достигало максимума, затем постепенно уменьшалось и к 24 ч. доходило до минимума. Кроме того в цветках наблюдались более резкие дневные колебания количества флавонолов, чем в бутонах, о чем свидетельствует сопоставление наибольшего и наименьшего количества этих веществ: отношение максимума к минимуму в цветках равно 2,0, бутонах – 1,6.

По содержанию и динамике гликозидированных флавонолов репродуктивные органы не отличаются от листьев. В репродуктивных органах также количественно преобладает рутин, составляющий в бутонах 61,7%, в цветках 51,5% от общего содержания флавонолов. Гиперозид составлял меньшую долю общего содержания флавонолов и мало изменялся в течение суток. Высокое содержание рутина в бутонах и цветках, и резкие количественные изменения в течение суток подтверждают высказанное ранее предположение об его участии в репродуктивных процессах цветка (Новрузов, 2010).

Интересно было проследить суточные изменения агликонов флавоноидов. Во всех фазах в листьях (Рис. 2А) и цветках (Рис. 2Б) содержание обоих агликонов (кверцетин и лютеолин) было очень низким по сравнению с гликозидированными флавоноидами. В листьях суточные колебания агликонов резко выражены в начале цветения, а в репродуктивных органах – в фазе массового цветения. Содержание основного компонента – кверцетина в листьях в фазе бутонизации с 6 ч. постепенно возрастает и в 15 ч. достигает максимума (1,6 мг/г), затем понижается и в 24 ч. доходит до минимума (0,7 мг/г).

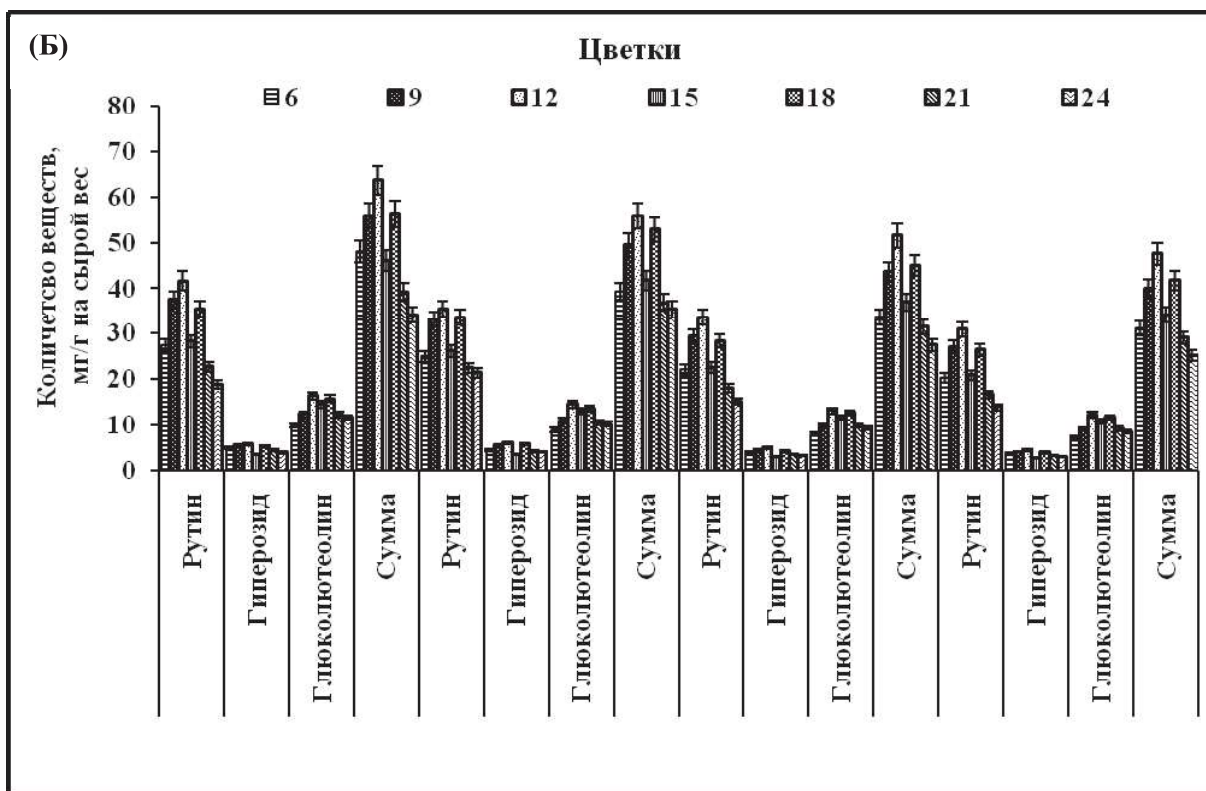
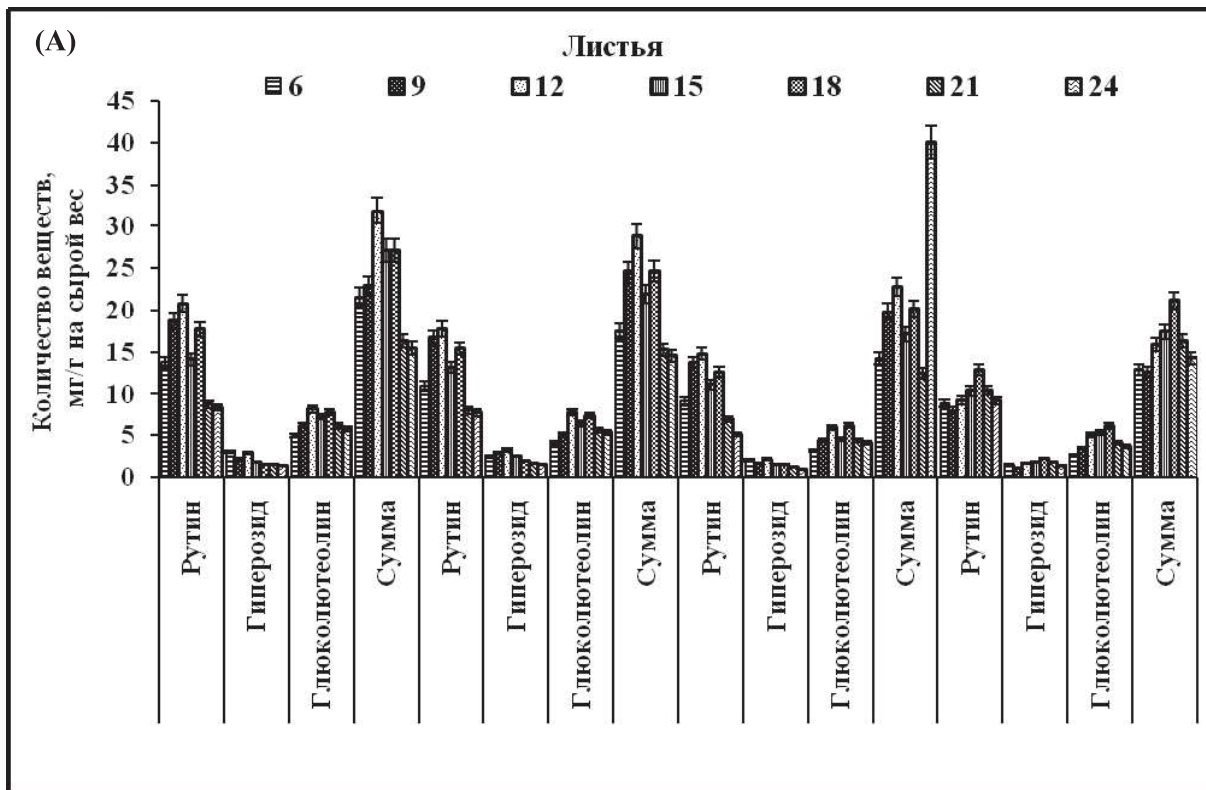


Рис. 1. Суточная динамика накопления флавонолов в листьях (А) и цветках (Б) боярышника кавказского.

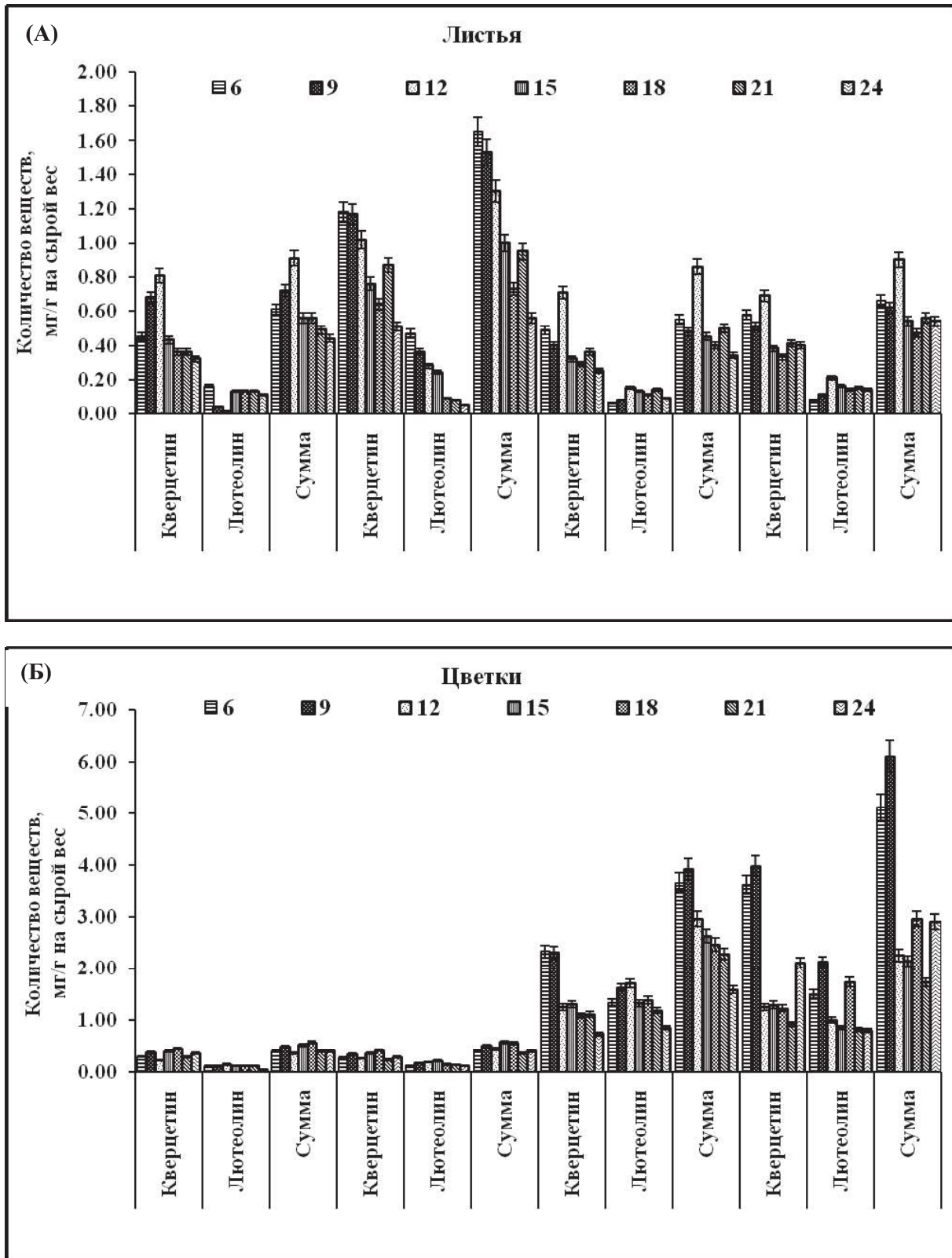


Рис. 2. Суточная динамика накопления агликонов флавоноидов в листьях (А) и цветках (Б) боярышника кавказского.

Суточное изменение лютеолина отличается от динамики кверцетина. В листьях в фазе бутонизации и начале цветения содержание лютеолина в 6 ч. было намного выше, чем в 9 ч. С 9 ч. его количество постепенно повышалось и в 15 ч. достигало максимума, затем постепенно уменьшалось и в 24 ч. доходило до минимума. В фазе массового цветения с 6 ч. оно постепенно повышалось и к 12 ч. достигало максимума. Так же наблюдается снижение количества флавоноидов. Динамика изменения лютеолина в репродуктивных органах отличается от динамики изменения лютеолина в листьях. Во всех фазах содержание лютеолина с 6 ч. вечера плавно повышалось и в 12 ч. достигало максимума, затем начинало снижаться и в 24 ч. доходило до минимума.

В литературе имеются данные о том, что метеорологические условия влияют на содержание флавонолов. Н. V. Lott (1960) обнаружил, что в листьях табака накопление флавоноидов зависит от суточных колебаний температуры воздуха. Исходя из того, что суточные колебания содержания флавоноидов связаны с метеорологическими условиями, мы проводили некоторые опыты по выяснению этой зависимости. Для выяснения влияния метеорологических условий (температура воздуха, почвы, относительная влажность воздуха) на накопление флавоноидов боярышника кавказского мы сравнивали пробы растений, взятые в фазе массового цветения в 2 срока 2-го и 5-го июня, причем 5-го июня было облачно, во второй половине дня осадки в сумме 10,3 мм, средняя суточная температура воздуха +18,9°, почвы +18,4°C, а 2-го июня было ясно, без осадков, средняя суточная температура воздуха +22,4°, почвы +28,9°.

При исследовании накопления флавонолов в листьях видно, что количество их 2-го июня было в 2,3 раза выше, чем 5-го июня, а также наблюдали более резкие количественные изменения в течение суток: максимумы были выше минимума 2-го июня в 2,5 раза, а 5-го июня – в 1,6 раза (рис. 1 и 2, А). Характер дневных изменений также был различным: максимум 2-го июня был в 12 ч., минимум – в 21 ч., а 5-го июня максимум – в 18 ч., минимум – в 9 ч. Динамика накопления этих гликозидов – производных кверцетина, в основном, совпадала с динамикой содержания суммы флавонолов. Содержание агликонов – кверцетина и лютеолина в оба срока было низким (Рис. 2, А, Б).

Сравнение накопления общего количества флавонолов в цветках, взятых 2-го и 5-го июня, показало, что репродуктивные органы, в отличие от листьев, содержали больше флавонолов и претерпевали значительные колебания в течение

сутки 5-го июня, по сравнению со 2-ым июня (рис. 2). При определении содержания отдельных флавоноловых компонентов в цветках выявили, что преобладает рутин, динамика его накопления совпадает с динамикой накопления общего содержания флавонолов. Гиперин составлял меньшую часть всего количества флавонолов и его содержание мало отличалось от суточных колебаний 2-го и 5-го июня. Резких отличий в содержании агликонов в течение суток также не отмечали, за исключением большего содержания кверцетина в 6 ч. и 24 ч. 2-го июня, по сравнению с 5-ым июня.

Таким образом, в различных метеорологических условиях в дни сбора проб 2-го и 5-го июня наблюдается заметно отличающаяся суточная динамика накопления флавонолов боярышника кавказского. Эти отличия в листьях выражались меньшим количеством и большой амплитудой суточных колебаний флавонолов 5-го июня (в день с осадками) и более низкой температурой и большим количеством 2-го июня, когда был ясный и теплый день. Репродуктивные же органы в разных метеорологических условиях, в основном, реагировали изменением времени максимального и минимального содержания. Можно полагать, что разная реакция вегетативных и репродуктивных органов на изменение условий среды обуславливалось их неодинаковой физиологической функцией и разными значениями приспособительных изменений растительного организма.

Сопоставляя динамику накопления флавонолов в листьях и цветках боярышника и колебаний температуры воздуха, почвы и относительной влажности воздуха в течение суток (рис. 1 и 2, А, Б) можно заметить, что, в основном, максимальное накопление флавонолов, особенно рутина, совпадает с более высокой температурой воздуха. Это указывает на определенную роль метеорологических факторов на биосинтез флавонолов боярышника кавказского, в частности рутина – основного компонента репродуктивных органов растений.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ содержания флавоноидов в листьях и соцветиях показал, что оно зависит от органа, фазы развития растений и метеорологических условий. Содержание флавоноидов в фазе бутонизации в цветках в 2 раза выше, чем в листьях. Как в листьях, так и в соцветиях, наибольшее количество флавоноидов накапливается в фазе бутонизации. Неблагоприятные погодные условия, пониженная

- температура воздуха, почвы и повышенная относительная влажность воздуха отрицательно влияют на содержание флавоноидов.
- Установлено, что содержание флавонолов в листьях и цветках подвержено значительному изменению в течение суток. Как в листьях, так и соцветиях изменение содержания флавоноидов сопровождается двумя максимумами в 12 ч. и 18 ч., и минимумом - в 24 ч.
  - Суточные изменения флавоноидного состава в листьях и цветках боярышника, в основном, обуславливаются колебаниями содержания производных кверцетина, что дает основание считать их главными веществами, ответственными за приспособительные изменения флавоноидного состава в связи с суточными ритмами
  - Несовпадение содержания гликозидированных флавоноидов и их агликонов в течение суток указывает на своеобразие метаболических путей свободных и гликозидированных флавоноидов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Валуцкая А.Г.** (1969) Закономерности накопления флавонолов у некоторых видов рода *Viburnum* L. Юго-Восточного Алтая. *Автореф. дис. ... канд. биол. наук*, Томск, 24 с.
- Валуцкая А.Г., Минаева В.Г.** (1973) К изучению динамики накопления флавонолов в течение дня. В кн.: *Перспективные полезные растения флоры Сибири*. Новосибирск: 195-204.
- Вараксина Т.Н.** (1974) О характере метаболизма флавоноидов листовенницы сибирской в течение суток. В кн.: *Проблемы филогении и биохимии древесных растений*. Красноярск: 15-16.
- Вардья Т., Сарапуу Л.** (1967) Суточная динамика содержания флоридизина и флавонолов в побегах у яблони. *Физиол. Раст.*, **14(№3)**: 551-554.
- Волынец А.П.** (1973) Фенольные соединения льна – долгунца. В кн.: *Биологически активные вещества в жизни растений и животных*. Минск: 33-39.
- Высочина Г.И., Кульпина Т.П. Березовская Т.П.** (1987) Содержание флавоноидов в некоторых видах *Polygonum* L. Секции *Persicaria* (Mill.) DC. флоры Сибири. *Растит. ресурсы*, вып. **2**: 229-234
- Джемухадзе К.М., Бузин Г.А, Нестюк М.Н.** (1962) Суточная динамика катехинов и флавонолов чайного растения. *Биохимия чайного производства*, №9: 15-19
- Запрометов М.Н.** (1993) Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: 272 с.
- Запрометов М.Н., Колопкова С.В.** (1965) Суточная динамика катехинов и их ациклических предшественников. *Физиол. Раст.*, **12(№4)**: 646-652.
- Кривенчук П.Е., Фурса Н.С.** (1969) К биохимической характеристике суренки дуговидной. В. кн.: *Тезисы докл. 2-го. ВВС (секу. 18)*. Ташкент: 109-110.
- Новрузов Э.Н.** (2010) Пигменты репродуктивных органов растений и их значение. Баку: Элм, 308 с.
- Халлоп Л., Маргна У.** (1970) Влияние света на образование глюкофлавонов в проростках гречихи. *Изв. АНЭССР. Биол.*, **19 (№2)**: 167-171.
- Cooh N., Samman S.** (1996) Flavonoides: Chemistry, metabolism, cardiac protective effects and dietary sources. *J. Nutr. Biochem.*, **7**: 68-76.
- Hertog M., Kromhout D., Aravanis C. et al.** (1995) Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch. Intern. Med.*, **155**: 381-386
- Lott H.V.** (1960) Über den einfluss der kurzwelligenstrahlung auf die biosynthese der pflanzlichen polyphenole. *Planta*, **55 (No 5)**: 480-495.
- Pahlich E.** (1969) Bildung and beeinflusbarkeit von flavonoiden und cholorogensauren in Keimlingen von *Silbummarianum*. *Flora*, **158**: 443.
- Staude M., Reznik H.** (1973) Das flavonoid muster der Winterknospen und blötter von *Corylus avelana* L. *Z. Pflanzenphysiol.*, **Bd. 68 (H 4)**: 446-456.
- Vinson J., Sux L., Libik L., Rose P.** (2001) Phenolic antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. *J. Agr. And Food. Chem.*, **49 (11)** : 5315-5321.

***Crataegus caucasica* C.Koch. Növünün Yarpaqlarında və Çiçəklərində  
Flavonoidlərin Toplanma Dinamikası**

**T.Y. Abbasova, E.N. Novruzov**

*AMEA Botanika İnstitutu*

Qafqaz yemişanı (*Crataegus caucasica* C.Koch.) növünün yarpaq və çiçəklərində sərbəst və qlikozidləşmiş flavonoidlərin gün (sutka) ərzində dəyişmə dinamikası öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bitkinin yarpaq və çiçəklərində flavonoidlərin miqdarı gün ərzində əhəmiyyətli dərəcədə dəyişikliyə uğrayır. Ən çox flavonoid yarpaqlarda qönçələmə, çiçəklərdə isə çiçəkləmənin başlanğıcında toplanır. Gün ərzində istər çiçəklərdə, istərsə də yarpaqlarda flavonoidlərin toplanmasında iki maksimum – günün saat 12 və 18 radələrində, minimum isə 24-də qeyd olunur. Gün ərzində flavonoidlərin miqdarının dəyişməsi əsasən kvercetin törəmələrinin miqdarının dəyişməsi hesabına baş verir. Sərbəst və qlikozidləşmiş flavonoidlərin miqdarının gün ərzində dəyişməsinin müxtəlif olması, onların hər birinin özünəməxsus metabolic biosintez yolunun olmasını göstərir. Flavonoidlərin miqdarı bitkinin orqanından, inkişaf fazasından və vegetasiya dövrünün meteoroloji şəraitindən asılıdır.

**Açar sözlər:** *Crataegus, yarpaqlar, hamaşçiçək, flavonoidlər, inkişaf fazası, dinamika*

**The Diurnal Accumulation Dynamics Of Flavonoids In *Crataegus caucasica* C.Koch.  
Leaves and Flowers**

**T.Y. Abbasova, E.N. Novruzov**

*Institute of Botany, ANAS*

The diurnal accumulation dynamics of free and glycosylated flavonoids in leaves and flowers of the *Crataegus caucasica* C.Koch. has been investigated. It was established that the content of flavonoids in leaves and flowers changed significantly during a day. In leaves as well as in flowers changes of the contents of flavonoids were accompanied by two maximums at 12 and 18, and by minimum at 24 o'clock. Diurnal changes of contents of the flavonoids were mainly conditioned by fluctuations of the contents of quercetin derivatives. The distinctive metabolic ways of the biosynthesis of free and glycosylated flavonoids were revealed. The content of flavonoids in leaves and flowers depends on a plant organ, a phase of development and weather conditions of the vegetative period.

**Key words:** *Crataegus, leaves, buds, flavonoids, development phase, dynamics*