



Г.П. Кудрявцев, О.В. Мусатова

Флавоноиды листьев березы бородавчатой и дуба черешчатого разного физиологического состояния

Растения, в отличие от других организмов, способны синтезировать разнообразные органические соединения, которые называют как «вещества вторичного происхождения», или «вещества специализированного обмена». К такого рода соединениям относят фенольные вещества, терпеноиды, алкалоиды, полиацетилениды и др. [1, 2].

По современным представлениям растительные фенолы, и в том числе флавоноиды, наряду с другими «веществами вторичного происхождения», являются химической основой в коэволюции взаимодействия растений с насекомыми-фитофагами и другими растительноядными животными [3,4]. Установлено, что флавоноиды некоторых растений для их насекомых-фитофагов могут выступать в качестве пищевых аттрактантов и репеллентов (детеррентов), при этом в каждом конкретном случае взаимодействия этих партнеров (растение-фитофаг) определяется флавоноидным составом растения [3].

Флавоноиды повсеместно распространены в растениях и отличаются огромным разнообразием индивидуальных представителей. К началу 1991 г. их было выделено из растений и идентифицировано около 5000 [1]. Такое разнообразие флавоноидных структур уже давно используется в хемосистематике растений в качестве маркера в пределах семейства [4,5].

Аккумуляция флавоноидов интегрирована с протекающими в растениях физиологическими процессами и, в первую очередь, тесно связана с интенсивностью и направленностью белкового обмена. Нарушение сбалансированности биосинтеза белка под влиянием эндогенных и экзогенных факторов стрессового характера (температура, свет, травматические повреждения и др.) приводят к количественным изменениям продукции флавоноидов [6].

В связи с этим весьма важными представляются исследования состава веществ флавоноидной природы в растениях разного физиологического состояния. Исследований подобного рода фактически нет, хотя они во многом могут способствовать более глубокому пониманию взаимоотношений насекомых-фитофагов с кормовыми растениями.

В период с 1997 по 2000 годы нами проводилось изучение содержания флавоноидов в свежих и ослабленных искусственно [7] или в природе (деревья, поврежденные гусеницами чешуекрылых) листьях дуба черешчатого (*Quercus robur L.*) и березы бородавчатой (*Betula pendula Roth*), используемых для выкармливания гусениц китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi G - M.*) и совки-лишайницы (*Daseochaeta alpium Os*).

Для анализа использовали листья свежих и срезанных веток растений, которые выдерживались в течение 24, 48 и 72 часов с последующей фикса-

цией в жидком азоте и высушиванием в вакуумном термостате. Опыты проводили в 3–4-х кратной повторности.

Обнаружение и количественный учет флавоноидов проводили хромато-спектрофотометрическим методом [8], используя бумагу F № 13 и в качестве растворителей н - БУВ (4:1:5), 10% и 15% уксусную кислоту. Измерение оптической плотности элюатов и пятен флавоноидов из хроматограммы проводили на СФ-26. Данные обрабатывались дробным методом вариационной статистики.

Исследование листьев дуба и березы разного физиологического состояния свидетельствует о сравнительной устойчивости качественного состава флавоноидного комплекса и весьма большой количественной лабильности составляющих его компонентов.

Анализ накопления флавоноидов в листьях березы показал, что общее содержание этих соединений выше у физиологически здоровых растений по сравнению с выдержанными листьями (физиологически ослабленными в течение 3 суток) (табл. 1). У физиологически ослабленных листьев березы наиболее существенно уменьшается количество кемпферол-3-рамнозида, тетраметил-3,3', 4', 7-кверцетина на фоне других флавоноидов. Наименее чувствительным к снижению у физиологически ослабленных листьев березы оказался монооксиметил-6-монометил-4'-кемпферол по сравнению с изорамнетином и изорамнетин-3-гликозидом.

Таблица 1

Динамика количественного состава флавоноидов в листьях березы бородавчатой разного физиологического состояния

Флавоноиды	Количество флавоноидов (мкг/г) в листьях			
	Свежие листья	Выдержанные листья		
		24 ч.	48 ч.	72 ч.
	М ± м	М ± м	М ± м	М ± м
Изорамнетин -3-гликозид	84,12±1,57	70,02±0,06	36,81±0,32	11,02±0,09
Изорамнетин	106,00±0,73	93,08±0,53	71,00±1,15	69,20±0,08
Кемпферол-3-гликозид	46,00±0,12	28,24±0,12	19,60±0,06	10,12±0,03
Кемпферол-3-рамнозид	31,15±1,11	21,05±0,14	9,92±1,34	следы
Монооксиметил-6-монометил-4'-кемпферол	96,18±0,18	84,12±0,07	72,41±0,12	69,18±0,05
Тетраметил- 3,3', 4', 7-кверцетин	76,15±0,14	23,92±1,11	6,12±0,04	следы
Всего	489,70	366,45	228,29	>150,52

В листьях дуба удалось идентифицировать такие флавоноиды как кверцетин-3-гликозид, кемпферол-3-гликозид и изорамнетин-3-гликозид, а также обнаружены другие флавоноиды, идентификация которых еще не завершена.

Тенденция изменения количественного состава указанных флавоноидов в листьях дуба при физиологическом ослаблении растений оказалась сходной с таковой в листьях березы (табл. 2).

Согласно полученным данным, содержание этих флавоноидов в свежих листьях дуба значительно превосходит их количество в физиологически ослабленных, особенно выдерживаемых более 48 часов.

Таблица 2

Динамика количественного состава флавоноидов в листьях дуба черешчатого разного физиологического состояния

Флавоноиды	Количество флавоноидов (мкг/г) в листьях дуба			
	Свежие листья M ± m	Выдержанные листья		
		24 ч. M ± m	48 ч. M ± m	72 ч. M ± m
Кверцетин-3-глюкозид	71,35 ± 2,67	64,74 ± 1,18	20,00 ± 0,13	следы
Кемпферол-3-глюкозид	83,30 ± 0,62	76,69 ± 0,69	62,81 ± 0,15	58,77 ± 0,28
Изорамнетин-3-глюкозид	18,34 ± 0,06	17,52 ± 0,06	11,06 ± 0,12	6,63 ± 0,06
Всего	172,99	158,95	93,87	> 65,40

Следовательно, искусственное ослабление листьев дуба и березы приводит к значительному снижению содержания основных флавоноидов, при этом наблюдается прямая зависимость между степенью физиологической ослабленности листа и общим содержанием флавоноидов в нем.

Данные по сравнительному содержанию глюкозидов кемпферола, кверцетина и изорамнетина в листьях растений, ослабленных искусственно и поврежденных в природе гусеницами совки-лишайницы свидетельствуют о том, что количественный состав флавоноидов в поврежденных листьях дуба сравним с таковым у листьев, выдерживаемых в интервале от 1 до 2 суток (рис.).

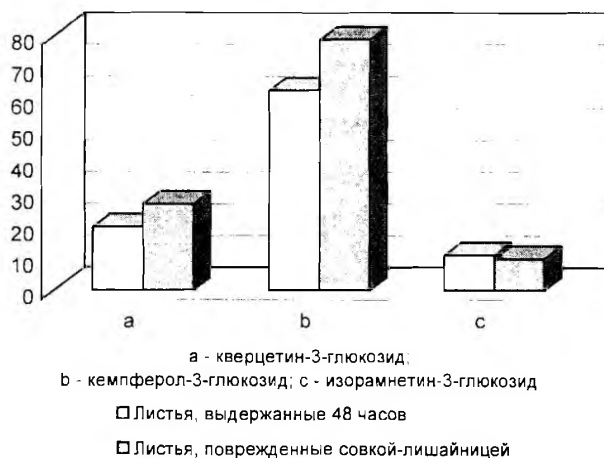


Рис. Содержание флавоноидов в листьях физиологически ослабленного дуба (мкг/г)

Следует отметить, что анализ количественного и качественного флавоноидного состава листьев, не тронутых гусеницами, показывает, что он мало отличается от поврежденных листьев на этом же растении. Это, по-видимому, указывает на то, что физиологическое ослабление затрагивает не отдельные органы, а все растение в целом.

Таким образом, независимо от способа физиологического ослабления растений дуба черешчатого и березы бородавчатой качественный флавоноидный состав листьев не претерпевает заметных изменений. Физиологическое ослабление кормовых растений отражается на содержании флавоноидов, сопровождаясь снижением их количества в листьях. Однако, изменение количества индивидуальных веществ происходит по-разному у березы и дуба. В листьях дуба наблюдаются наиболее заметные колебания количества кверцетин-3-глюкозида и изорамнетин-3-глюкозида, у березы – кемпферол-3-глюкозида и тетраметил-3,3',4',7-кверцетина, в то время как содержание кемпферол-3-глюкозида меняется незначительно у обоих видов.

Полученные данные позволяют считать эти вещества перспективными в качестве индикаторных при определении физиологического состояния растений, что важно для изучения проблемы взаимоотношения фитофагов с растениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Запрометов А.М.** Фенольные соединения // М.: Наука, 1993. - 272 с.
2. **Пасешниченко В.А.** Биосинтез и биологическая активность растительных терпеноидов и стероидов // М.: ВИНТИ, 1987. - 196 с.
3. **Харборн Дж.** Введение в экологическую биохимию // М.: Мир, 1985. - 311 с.
4. **M. Verhow, S. Vaughn.** Higher Plant Flavonoids: Biosynthesis and Chemical Ecology // Principles and Practices of Plant Ecology, 1999, v. 8097. P. 423-437.
5. **Seigler D.S.** Secondary metabolites and plant systematics // In Secondary Plant Products, Stumpf P.K., Conn E.E., Academic Press, New York, 1981. - 139 p.
6. **Маргна У.В.** Взаимосвязь биосинтеза флавоноидов с первичным метаболизмом растений // М.: ВИНТИ, 1990. - 176 с.
7. **Радкевич В.А., Роменко Т.М., Денисова С.И., Соболев З.Н.** Способ приготовления корма для дубового шелкопряда. Авт. свид. СССР, кл. А.01.К 67/04, № 1015874. Бюлл. откр. и изобр., 1983 г.
8. **Волынец А.П., Маштаков С.М.** Определение фенольных соединений в растительном материале // В сб.: «Методы определения фитонцидов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов». М.: Наука, 1973. С. 39-49.

S U M M A R Y

*In paper is featured the flavonoid contents of fresh and physiologically attenuated leaves of an oak *Quercus robur* L. and birch *Betula pendula* Roth. Are detected 7 flavonoids, derivatives of quercetin, isoramnetin and kaempferol.*

Поступила в редакцию 4.05.2000