

## **ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ СОЕДИНЕНИЙ КУМАРИНОВОГО РЯДА**

Разработка теоретических основ сохранения и повышения продуктивности лесных экосистем связана с выявлением закономерностей внутривидовой изменчивости растений по физиологическим, морфологическим и биохимическим признакам и свойствам. Изменчивость древесных растений по биохимическим признакам изучена недостаточно, что в значительной степени объясняется трудностью получения репрезентативного материала (Мамаев, 1973).

Целью работы явилось определение уровня и направленности эндогенной и индивидуальной изменчивости березы бородавчатой по содержанию суммы кумаринов.

Интерес к соединениям кумаринового ряда объясняется их разнообразной физиологической ролью и возможностью применения в качестве лекарственных средств. Среди кумаринов растительно-го происхождения найдены и применяются соединения, обладающие антикоагулирующим (Кузнецова, 1967; Гринкевич, Сафронович, 1968), противоопухолевым (Холстед, 1981), спазмолитическим (Барнаулов и др., 1978; Веселовская и др., 1980), антимикробным (Щербаковский, Нилов, 1973; Вичканова и др., 1970), фотосенсибилизирующим (Кузнецова, 1967; Гринкевич, Сафронович, 1968), Р-активным действием (Муравьев, 1978) на организм человека.

Полученные зависимости могут иметь значение при проведении селекционной работы, направленной на выявление и отбор хеморас популяций, способных накапливать повышенное количество биологически активных веществ.

Нами применялся комплексный метод оценки внутривидовой изменчивости растений (Мамаев, 1973), основанный на поэтапном изучении форм изменчивости.

Кумарины определялись количественным бумажно-хроматографическим методом с фотометрической индикацией, основанном на способности кумаринов образовывать окрашенные соединения с диазотированным п-нитроанилином. Содержание кумаринов определяли в расчете на воздушно-сухой вес растительного материала.

Изучение проводили на модельных деревьях березы бородавчатой, произрастающих в одинаковых условиях на территории Уральского учебно-опытного лесхоза. Возраст деревьев 15 лет, высота 3—3,5 м, диаметр 8—12 см.

Изменчивость оценивали по абсолютным значениям изучаемых признаков и величине коэффициента вариации с учетом шкалы уровней изменчивости по С. А. Мамаеву: низкий ( $C=8-12\%$ ), средний ( $13-20\%$ ), повышенный ( $21-30\%$ ), высокий ( $31-40\%$ ) и очень высокий ( $>40\%$ ).

На первом этапе исследований была изучена эндогенная изменчивость, т. е. изменение содержания кумаринов в листьях в пределах кроны отдельных деревьев. Образцы отбирали с пяти модельных деревьев в фазу молодого, сформировавшегося листа и листа перед опадом с различных ярусов кроны северной и южной экспозиции ( $n=15$ ).

Известно, что эндогенную изменчивость необходимо рассматривать как явление хронологически ограниченное (Мамаев, 1973). Ранее нами было установлено, что уровень эндогенной изменчивости по содержанию некоторых биологически активных веществ в хвое сосны является величиной непостоянной, обусловленной фазой развития растений. Поэтому исследование эндогенной изменчивости содержания кумаринов березы бородавчатой проводили в течение вегетационного сезона. Результаты исследований приведены в табл. 1. Как видно, для каждой особи характерен свой уровень эндогенной изменчивости, который варьирует в течение вегетационного периода в основном от среднего до высокого.

Характер изменения коэффициента вариации показывает отсутствие определенной направленности в уровне эндогенной изменчивости содержания кумаринов для отдельных деревьев. Так, 3 и 5-е деревья характеризуются наибольшим значением коэффициента вариации в период сформировавшегося листа, в то время как для 1, 2 и 4-го деревьев на данном этапе вегетации эта величина наименьшая.

Средние для пяти деревьев коэффициенты вариации показывают высокий уровень изменчивости содержания кумаринов в начале периода вегетации ( $C=36\%$ ) и повышенный — в основной период вегетации и при его завершении ( $C=23-26\%$ ).

Нами рассмотрено накопление кумаринов в листьях исследованных деревьев в зависимости от уровня кроны (табл. 2). Статистически значимые различия наблюдаются в некоторых случаях между верхним и средним (2-е дерево в фазу молодого листа, 1, 2 и 3-е деревья в фазу сформировавшегося листа), верхним и нижним (1-е дерево в фазу молодого листа, 4-е — в фазу сформировавшегося листа) ярусами. Однако определенной направленности в накоплении соединений кумаринового ряда в зависимости от уровня кроны не установлено.

Таблица 1

Показатели уровня эндогенной изменчивости березы бородавчатой по содержанию кумаринов в листьях ( $P=0,95$ )

Статистики	№ модельного дерева	Фаза развития дерева (n=15)		
		Молодой лист	Сформировавшийся лист	Лист перед опадом
$M \pm m$ , мг/%	1	6,1±1,22	6,3±0,33	4,5±0,56
	2	2,8±0,70	4,6±0,45	3,8±0,46
	3	2,4±0,36	6,2±0,96	5,6±0,50
	4	2,5±0,50	3,7±0,20	5,0±0,47
	5	4,2±0,39	4,5±0,23	5,9±0,77
Лимиты, мг/%	1	3,1—8,3	5,6—7,1	3,1—6,0
	2	1,4—4,7	3,5—6,1	3,1—5,1
	3	1,6—3,4	3,9—8,9	4,6—6,2
	4	1,6—3,8	3,2—4,3	3,2—5,7
	5	3,6—5,3	2,9—6,9	3,8—8,2
C, %	1	40	12	25
	2	50	20	24
	3	33	35	15
	4	40	12	21
	5	19	48	29
Среднее значение C, %	—	36	26	23

Проведенные исследования показали в некоторых случаях статистически значимые различия содержания кумаринов в листьях южной и северной экспозиции (табл. 3), но определенной тенденции в преимущественном накоплении кумаринов в зависимости от какой-либо экспозиции не выявлено. Ранее нами было показано отсутствие такой закономерности в накоплении гликозидов флавонолов в хвое сосны обыкновенной.

Таблица 2

Содержание кумаринов в листьях березы бородавчатой разных ярусов кроны ( $P=0,95$ )

Фаза развития дерева	№ модельного дерева	Ярус кроны ( $M \pm m$ ), мг/%		
		Верхний (n=3)	Средний (n=6)	Нижний (n=6)
Молодой лист	1	7,9±0,26	5,7±1,18	4,7±0,27
	2	1,4±0,04	3,8±0,45	—
	3	2,6±0,23	2,2±0,28	2,6±0,36
	4	3,8±0,15	—	2,0±0,35
	5	5,3±0,20	3,7±0,08	—
Сформировавшийся лист	1	5,6±0,25	6,6±0,26	6,3±0,32
	2	4,6±0,17	4,0±0,06	4,9±0,82
	3	8,9±0,07	6,0±0,93	5,2±0,11
	4	3,5±0,04	3,3±0,09	4,1±0,10
	5	3,6±0,10	4,9±0,89	—

Для исследования индивидуальной изменчивости содержания кумаринов в листьях березы было выбрано 14 модельных деревьев, произрастающих на том же участке, что и модели, использованные при рассмотрении эндогенной изменчивости. Уровень индивидуальной изменчивости оценивался по количеству соединений в средней пробе, взятой для каждой особи популяции из пяти точек кроны: верхний ярус, южная и северная экспозиция среднего и нижнего яруса.

Ранее нами было установлено, что индивидуальная изменчивость сосны обыкновенной и березы пушистой по содержанию некоторых биологически активных веществ, как и эндогенная изменчивость, является величиной непостоянной и хронологически ограниченной, характеризуется в различные периоды вегетации неодинаковыми уровнями.

Таблица 3

Содержание кумаринов в листьях березы бородавчатой в зависимости от экспозиции в кроне ( $P=0,95$ )

Фаза развития дерева	№ модельного дерева	Экспозиция ( $M \pm m$ ), мг / %	
		Южная (n=6)	Северная (n=6)
Молодой лист	1	$6,8 \pm 0,73$	$3,6 \pm 0,27^*$
	2	$2,5 \pm 0,16$	—
	3	$1,7 \pm 0,08$	$3,1 \pm 0,15^+$
	4	—	$1,8 \pm 0,22$
Сформировавшийся лист	1	$5,8 \pm 0,15$	$7,0 \pm 0,08^*$
	2	$3,8 \pm 0,12$	$5,2 \pm 0,52^+$
	3	$6,6 \pm 0,66$	$4,6 \pm 0,31^+$
	4	$3,7 \pm 0,24$	$3,7 \pm 0,25$

\* Различия между южной и северной экспозицией статистически достоверны.

Изучение амплитуды индивидуальной изменчивости березы бородавчатой по содержанию кумаринов (табл. 4) показало, что изменчивость популяции характеризуется очень высоким (молодой и сформировавшийся лист) и высоким (лист перед опадом) уровнями. В период сформировавшегося листа 29% особей исследуемой популяции березы бородавчатой обладают способностью накапливать повышенное количество кумаринов, что может служить первичным материалом для селекции при создании целевых насаждений.

В связи с возможностью использования при комплексной переработке древесной зелени в качестве сырья для получения препаратов с повышенным содержанием биологически активных веществ важное значение приобретает исследование вопросов, связанных с изменением содержания этих веществ в вегетационном сезоне.

Таблица 4

**Индивидуальная изменчивость березы бородавчатой  
по содержанию кумаринов на разных фазах развития  
(n=14)**

Фаза развития дерева	Статистики		
	M±m, мг/%	Лимиты, мг/%	C, %
Молодой лист	7,4±1,01	2,6—15,1	53
Сформировавшийся лист	8,0±1,08	3,6—16,1	51
Лист перед опадом	7,8±0,79	3,8—13,7	38

Ранее нами была изучена динамика накопления аскорбиновой кислоты, катехинов, флавонолов, эфирного масла в хвое сосны в течение года. Было показано, что сезонная изменчивость по содержанию катехинов и эфирного масла характеризуется повышенным, флавонолов и аскорбиновой кислоты — низким уровнями.

Изучение изменения содержания кумаринов в листьях березы бородавчатой в течение вегетационного сезона выявило незначительную вариабельность этого признака (лимиты за вегетационный сезон — 7,4—8 мг/%, C=4—10%), что позволяет равнозначно характеризовать популяцию березы бородавчатой в любой период вегетации.

Таким образом, в результате изучения внутривидовой изменчивости березы бородавчатой по содержанию кумаринов установлено, что эндогенная изменчивость характеризуется очень высоким или высоким (период молодого листа) и повышенным или высоким (период сформировавшегося листа и листа перед опадом) уровнями варьирования изучаемого признака. Выявлен очень высокий уровень индивидуальной изменчивости содержания кумаринов. Показано, что сезонная изменчивость березы по содержанию кумаринов имеет низкий уровень.

Полученные данные позволяют вести отбор хеморас популяций березы для создания целевых высокопродуктивных насаждений, направленно депонирующих биологически активные вещества и удовлетворяющих потребности пищевой и медицинской промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Барнаулов О. Д., Букреева Г. В., Кокарева А. И. Первичная оценка спазмолитических свойств некоторых природных соединений и галеновых препаратов // Растительные ресурсы. 1978. № 4. С. 573—579.
- Веселовская Н. В., Скляр Ю. Е., Пименов М. Г. Кумарины *Rhloiodicarpus tureszani* // Химия природных соединений. 1980. № 6. С. 828—829.

Вичканова С. А., Рубинчик М. И., Адгина В. В. и др. Перспективы поисков антимикробных и противовирусных препаратов среди кумаринов//2-й симпозиум по изучению природных кумаринов: Тез. докл. Л., 1970. С. 808.

Гринкевич Н. И., Сафронович Л. Н. Химический анализ лекарственных растений. М.: Высш. шк., 1968. 176 с.

Кузнецова Г. А. Природные кумарины и фурукумарины. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1967. 247 с.

Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 283 с.

Муравьев Д. А. Фармакогнозия. М.: Медицина, 1978. 656 с.

Холстед Б. В. Применение амигдалина для лечения рака//Растительные ресурсы. 1981. № 2. С. 317—319.

Щербаковский Л. Р., Нилов Г. И. Природные кумарины как противомикробные вещества//Растительные ресурсы. 1973. № 2. С. 231—235.