

Внутривидовая изменчивость *Betula pendula* Roth по содержанию тритерпенов в листьях

А. К. МАХНЕВ, Е. С. ДЕГТЯРЕВ, С. В. МИГАЛИНА

Ботанический сад УрО РАН
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а
E-mail: afmah@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

Впервые изучено изменение содержания тритерпеновых спиртов даммаранового ряда в листьях *Betula pendula* Roth вдоль зонально-климатической трансекты от северного до южного пределов распространения данного вида в Зауралье. Показано, что популяции из северных и южных районов различаются по количеству тритерпенов. Обнаружена связь содержания тритерпеновых спиртов в листьях *Betula pendula* с климатическими параметрами. При этом амплитуда внутрипопуляционной изменчивости содержания тритерпенов существенно ниже, чем межпопуляционной, что свидетельствует о перспективности популяционной селекции по данному биохимическому показателю.

Ключевые слова: белые березы, *Betula pendula* Roth, тритерпеновые спирты даммаранового ряда, биохемо- и хемосистематика, внутри- и межпопуляционная изменчивость, широтный ряд популяций, группа популяций (мегапопуляция).

Закономерности внутривидовой изменчивости анатомо-морфологических и физиолого-биохимических признаков видов *Betula* L. изучались, как правило, в рамках двух ее основных типов – индивидуальной (внутрипопуляционной) и групповой (межпопуляционной), представленной экологической и географической формами. В совокупности эти два типа изменчивости дают полное представление о биологическом разнообразии на внутривидовом уровне [1, 2]. Однако в методологическом и методическом отношениях принципиально важное значение имеет также изучение сезонной изменчивости упомянутых групп признаков. Среди биохимических признаков особый интерес представляют тритерпеновые спирты даммаранового ряда, содержание которых в листьях и частично в молодых ветвях и сережках определено у многих видов *Betula* с целью обна-

ружения в них бетулафолиентриола и бетулафолиентетраола. Одновременно тритерпеновые спирты использовались как тесты при хемосистематическом исследовании видов *Betula* [3]. При этом индивидуальная изменчивость, имеющая большое значение с точки зрения генетики, селекции и биоразнообразия, оставалась вне поля зрения исследователей, а сезонная изменчивость в основном изучена на примере тритерпеновых спиртов лупеолового ряда, содержащихся во внешней коре *Betula* разных секций [4, 5].

Цель настоящей работы – сравнительное изучение внутри- и межпопуляционной изменчивости *Betula pendula* Roth по содержанию в листьях тритерпенов даммаранового ряда. Решали следующие задачи: дать краткую эколого-лесоводственную характеристику объектов исследований и сравнительную оценку уровней внутри- и межпопуляционной изменчивости содержания тритерпеновых

спиртов даммаранового ряда в листьях *B. pendula* вдоль широтного градиента, от северного до южного пределов в Зауралье.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Как известно, тритерпены, в частности даммаранового ряда, впервые выделены в 50-е гг. XX в. [6] из даммаровой смолы, содержащейся в деревьях семейства Dipterocarpaceae. Затем немецкие химики F. G. Fisher и N. Seiler [7] выделили тритерпеноиды из листьев *B. pendula*, показав, что тритерпеновые спирты содержатся в эпидерме листьев в виде сложных эфиров. Среди идентифицированных ими спиртов были бетулафолиентриол и бетулафолиентетраол, имеющие родство с агликонами гликозидов женьшеня (панаксо- или глизенозидами), обуславливающими его специфическую биологическую активность [8–10]. С другой стороны, существует гипотеза, что тритерпеновые гликозиды влияют на метаболизм и функциональное состояние организма [11]. Если учитывать активность (гербицидную, антимикробную, противовоспалительную) растительных тритерпеноидов по отношению к другим биологическим объектам, то очевидно, что роль данных соединений состоит в защите растения-носителя от различных неблагоприятных экологических факторов [12, 13]. В связи с этим в 70–80-е гг. выполнены глубокие исследования по изучению содержания тритерпеноидов в листьях и внешней коре многочисленных видов *Betula*, произрастающих в Европе, Сибири и на Дальнем Востоке [14–18]. Данные исследования стали основой для орга-

низации производства по синтезу биологически активных натуральных веществ. В этот же период предпринимались активные попытки использования в хемосистематике биохимических методов, в том числе показателя тритерпеновых спиртов [3] и флавоноидных гликозидов [19].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Образцы листьев для определения внутрипопуляционной и в сравнительном плане межпопуляционной изменчивости содержания тритерпеновых спиртов собирали в широтном географическом ряду популяций *B. pendula*, простирающемся от северного предела средней тайги до степи в пяти природно-климатических зонах Зауралья (табл. 1) на пробных площадях, эколого-лесоводственная характеристика которых приведена в табл. 2. Из нее следует, что исследования проводили в преобладающих для отдельных лесорастительных районов формациях и типах леса, отличающихся средней или сравнительно высокой продуктивностью. Состояние древостоев, судя по величине баллов состояния, лучше в зонах оптимального роста (южный предел среднетаежной и южно-таежная подзоны). На каждой пробной площади листья *B. pendula* для анализа собирали отдельно с 15–20 деревьев равномерно из средней и нижней частей кроны. Собранные листья высушивали до воздушно-сухого состояния в условиях, исключающих воздействие прямого солнечного освещения. В соответствии с данными по сезонной изменчивости содержания тритерпеноидов [7, 20] образцы листьев

Т а б л и ц а 1

Ботанико-климатогеографическая характеристика районов исследования

Географическое положение и координаты района исследования, с. ш., в. д.	Ботанико-географическая зона	<i>P</i> , мм	<i>T</i> , °С	<i>K</i>
Северный Урал, 62°27', 66°06'	Средняя тайга	515	-2,8	1,6
Средний Урал, 59°32', 69°59'	То же	490	0,2	1,1
То же, 57°09', 60°30'	Южная тайга	530	0,9	0,9
Южный Урал, 54°06', 61°35'	Лесостепь	425	1,5	0,6
То же, 52°25', 60°21'	Степь	300	2,3	0,5

П р и м е ч а н и е. *P* – среднемноголетнее количество осадков, *T* – среднемноголетняя температура воздуха, *K* – коэффициент увлажнения.

Т а б л и ц а 2
Краткая эколого-лесоводственная характеристика пробных площадей вдоль широтного градиента в Зауралье

Район, вид березы	Тип леса	Состав древостоя	Характеристика березы					Относительная полнота
			Возраст, лет	Бонитет	Д _{1,3} , см	Н, м	Состояние, баллы	
Октябрьский	Ельник зеленомошно-ягодниковый	4Е4К2Бед.Ос,Л	40	III,5	26,9 ± 1,3	16,1 ± 0,8	1,8 ± 0,2	0,6
<i>B. pendula</i>			40	III,5	23,7 ± 0,4	14,7 ± 0,7	1,6 ± 0,1	
<i>B. pubescens</i>								
Демьянский	Ельник папоротниково-ягодниковый	5Б5Ос	20	III	8,6 ± 1,5	6,8 ± 0,7	1,2 ± 0,1	0,4–0,9
<i>B. pendula</i>		едЕ	20	III	7,7 ± 1,9	6,3 ± 1,0	1,2 ± 0,1	
<i>B. pubescens</i>								
Екатеринбургский	Сосняк ягодиково-разнотравный	4С4Б	45	II	10–30	15–24	1,2	0,7
<i>B. pendula</i>		2Ос	45	II	8–28	12–23	1,3	
<i>B. pubescens</i>								
Троицкий	Березняк разнотравный	8Б2С	50	III	27,9 ± 1,7	19,1 ± 0,7	1,9 ± 0,2	0,5–0,6
<i>B. pendula</i>								
Брединский	Березняк вишарниковый	10Б	50	III,5	19,1 ± 1,1	11,9 ± 0,5	2,3 ± 0,1	0,7
<i>B. pendula</i>								

берез в 2004 г. собирали в период их возможного максимального содержания, т. е. в первой декаде июня.

Выделение тритерпеновых спиртов осуществлялось по методике Фишера и Зейлера [7, 20]. Образцы воздушно-сухих листьев экстрагировали диэтиловым эфиром. После упаривания эфирного экстракта темно-зеленый остаток растворяли в горячем этаноле. При охлаждении этанольного раствора отделяли маслообразный остаток, который отфильтровывали и промывали небольшим количеством этанола. К этанольному раствору добавляли КОН и нагревали с обратным холодильником в течение 2 ч. После этого отгоняли 2/3 объема этанола. Остаток охлаждали, разбавляли водой и экстрагировали диэтиловым эфиром. Объединенные эфирные экстракты промывали водой до нейтральной реакции, высушивали над Na₂SO₄ и упаривали досуха. Смесь разделяли методом тонкослойной хроматографии. При этом тритерпеноиды, присутствующие в экстракте, выделяли после многократного хроматофирования на силикагеле “L” (80/160 мкм), элюируя системами с возрастающей концентрацией более полярного растворителя: гексан-аcetона, хлороформ-этанола, бензол-этанола. Выделенные вещества идентифицировали по отсутствию депрессии температуры плавления смешанной пробы с известными образцами, а также при сравнении данных ИК- и ПМР-спектров веществ с литературными данными. Контроль за разделением экстрактов вели методом тонкослойной хроматографии, используя пластинки “Silufol” и системы растворителей бензол-этанол (10 : 1), гексан-ацетон (1 : 1). Для обнаружения тритерпеновых соединений на хроматограммах использовали насыщенный раствор треххлористой сурьмы в хлороформе [3, 21–23].

Для характеристики климатических условий районов исследования использовали интегральный климатический параметр – коэффициент увлажнения *K* [24, 25] (см. табл. 1). Показано, что северные районы, имеющие коэффициент увлажнения более 1, относятся к территориям с избыточным увлажнением, а южные, для которых *K* < 1, – с недостаточным [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее определено, что внутривидовая изменчивость анатомо-морфологических и физиологических признаков древесных растений, выражаемая коэффициентом вариации CV (%), довольно стабильна и лишь на пределах распространения (северном, южном и верхнем) может повышаться или понижаться [27, 28]. Анализ изменения содержания основных тритерпеновых спиртов в листьях *B. pendula* вдоль широтного градиента также показал, что аналогично анатомо-морфологическим признакам внутривидовая изменчивость общего содержания тритерпеноидов довольно стабильна и находится в пределах низкого уровня ($CV = 9,9-14,4$ %), хотя по абсолютному значению она все же несколько ниже на северном и южном пределах (табл. 3). Заметное повышение уровня

внутрипопуляционной изменчивости наблюдается на границах зон, в частности в южной части средней тайги (пос. Демьянка) и на южной границе лесостепи (г. Троицк). При этом следует отметить, что на северном пределе *B. pendula* в отличие от *B. pubescens* имеет очень узкую экологическую нишу (вдоль хорошо дренированных надпойменных террас), расположенную преимущественно в Зауралье [27]. На южном пределе у *B. pendula* более широкая экологическая ниша по сравнению с *B. pubescens*, причем в аридных условиях ниши этих симпатрических на значительной части ареала видов не перекрываются.

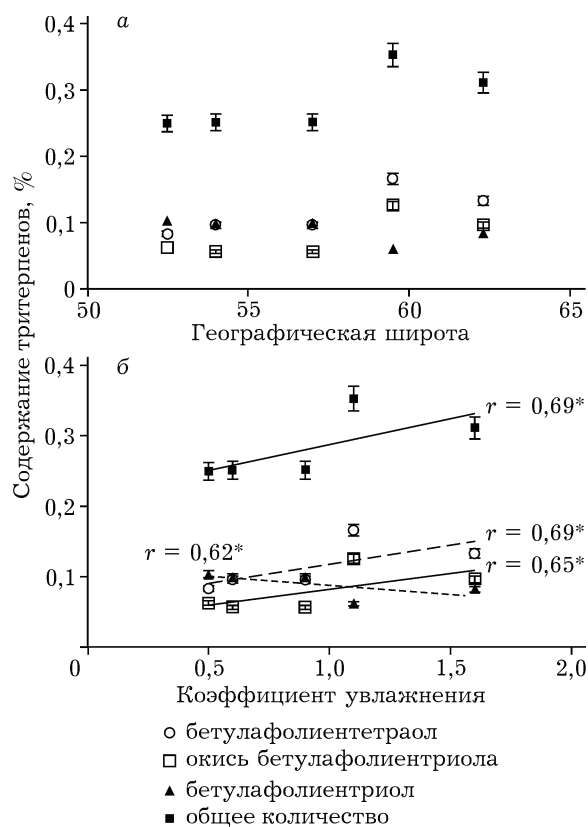
Анализ изменения климатических параметров вдоль зональной трансекты общей протяженностью 1600 км показал, что в направлении с севера на юг увеличивается среднегодовая температура, в то время как ко-

Т а б л и ц а 3

Показатели содержания тритерпеноидов в листьях *B. pendula* и их изменчивость в широтном географическом ряду популяций Зауралья, доля от массы воздушно-сухих листьев, %

Географический район	Показатель	Тритерпеновые спирты даммаранового ряда			Общее количество	β -ситостерин
		Бетулафоли-ентетраол	Бетулафоли-ентриол	Окись бетулафолиентриола		
Октябрьское, северный предел средней тайги	$M \pm m$	0,133 \pm 0,004	0,082 \pm 0,007	0,096 \pm 0,007	0,311	0,044 \pm 0,006
	σ	0,016	0,025	0,026	0,031	0,022
	$CV, \%$	12,4	30,9	27,1	9,9	50,2
	Max - Min	0,158-0,107	0,122-0,045	0,138-0,060	0,418-0,112	0,073-0,018
Демьянка, южный предел средней тайги	$M \pm m$	0,166 \pm 0,008	0,061 \pm 0,004	0,125 \pm 0,007	0,352	0,023 \pm 0,001
	σ	0,030	0,014	0,028		0,004
	$CV, \%$	18,3	23,2	22,6	13,9	19,5
	Max - Min	0,209-0,119	0,083-0,036	0,185-0,096		0,030-0,016
Екатеринбург, южная тайга	$M \pm m$	0,123 \pm 0,002	0,172 \pm 0,006	0,051 \pm 0,005	0,346	0,192 \pm 0,011
	σ	0,011	0,029	0,022		0,054
	$CV, \%$	8,8	16,7	43,4	10,9	28,0
	Max - Min	0,143-0,102	0,216-0,133	0,096-0,020		0,269-0,101
Троицк, лесостепь - северный предел степи	$M \pm m$	0,098 \pm 0,004	0,099 \pm 0,007	0,056 \pm 0,003	0,253	0,043 \pm 0,003
	σ	0,015	0,027	0,013		0,011
	$CV, \%$	15,9	27,1	23,7	14,4	27,0
	Max - Min	0,116-0,071	0,128-0,043	0,078-0,040		0,057-0,022
Бреды, степь	$M \pm m$	0,083 \pm 0,007	0,104 \pm 0,004	0,063 \pm 0,002	0,250	0,051 \pm 0,001
	s	0,028	0,015	0,007		0,003
	$CV, \%$	31,2	14,1	11,4	10,6	6,3
	Max - Min	0,129-0,049	0,124-0,081	0,071-0,051		0,056-0,044

Примечание. $M \pm m$ - среднее значение и ошибка среднего значения, σ - стандартное отклонение, $CV, \%$ - коэффициент вариации, Max - Min - максимальное и минимальное значения содержания тритерпеновых кислот.



Изменение содержания тритерпеновых спиртов в листьях *B. pendula*: а – вдоль широтной трансекты; б – в связи с климатом

личество осадков максимально в ее средней части – в южной тайге (см. табл. 1).

Также обнаружено, что количество тритерпеноидов в листьях *B. pendula* вдоль широтной трансекты тесно связано с изменениями климата. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что северные попу-

ляции отличаются более высоким общим содержанием тритерпенов, а также бетулафолиентетраола и окиси бетулафолиентриола по сравнению с южными (см. рисунок, а). Кроме того, выявлена тесная положительная связь содержания бетулафолиентетраола, окиси бетулафолиентриола и общего количества тритерпенов в листьях с коэффициентом увлажнения (см. рисунок, б). При этом содержание бетулафолиентриола отрицательно коррелировало с коэффициентом увлажнения.

Наиболее важным в практическом отношении результатом оценки структуры внутривидовой изменчивости тритерпеноидов в широтном ряду популяций *B. pendula* в Зауралье является то, что амплитуда содержания отдельных компонентов спиртов в большинстве случаев выше, чем амплитуда содержания их общего количества (см. табл. 3). С другой стороны, оценка структуры внутривидовой изменчивости тритерпеновых спиртов даммаранового ряда, а также β -ситостерина на основе однофакторного дисперсионного анализа показала, что вклад географической изменчивости в общую дисперсию существенно выше, чем индивидуальной (табл. 4). Это свидетельствует о перспективности селекционной работы прежде всего на популяционном уровне (популяционная селекция) [29], хотя она может иметь определенное значение и на внутривидовом уровне, поскольку в благоприятных для произрастания *B. pendula* зонах, например в лесостепи (г. Троицк), уровень индивидуальной изменчивости содержания тритерпенов в листьях несколько выше.

Т а б л и ц а 4

Структура внутривидовой изменчивости содержания тритерпеновых кислот даммаранового ряда по результатам однофакторного дисперсионного анализа

Компоненты дисперсии	Доля дисперсии, %				
	Тритерпеновые кислоты даммаранового ряда				β -ситостерин
	Бетулафоли-енттетраол	Бетулафоли-ентриол	Окись бетула-фолиентриола	Общее количество	
Географическая изменчивость	69,7***	78,9***	68,6***	63,6***	86,4***
Индивидуальная изменчивость (остаточная дисперсия)	30,3	21,1	31,4	36,4	13,6

П р и м е ч а н и е. *** – $p < 0,001$.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа (фактор – широтная принадлежность) содержания тритерпеновых кислот даммаранового ряда в листьях березы *B. pendula*

Показатель	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i> _{факт}	<i>p</i>
Бетулафолиентетраол	4	0,016	38,393	0,00
Бетулафолиентриол	4	0,034	61,726	0,00
Окись бетулафолиентриола	4	0,016	36,641	0,00
Общее количество тритерпеновых кислот даммаранового ряда	4	0,040	29,508	0,00
β-ситостерин	4	0,094	104,075	0,00

П р и м е ч а н и е. *df* – число степеней свободы, *MS* – средний квадрат, *F*_{факт} – коэффициент Фишера фактический (расчетный), *p* – уровень значимости.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа также говорят о том, что общее содержание тритерпеноидов в листьях популяций из южных районов (Троицкого и Брединского) существенно ниже по сравнению с популяциями из высоких широт с более жесткими природно-климатическими для *B. pendula* условиями (табл. 5).

Таким образом, изменение количества тритерпенов вдоль климатической трансекты, вероятно, связано с тем, что тритерпеноиды в листьях *B. pendula* выполняют определенную приспособительную – защитную функцию.

С точки зрения углубления представления о популяционной структуре лесообразующих видов и ее связи с природно-климатическими условиями важным аспектом является соответствие полученных показателей межпопуляционной (географической) изменчивости содержания в листьях *B. pendula* тритерпеновых спиртов даммаранового ряда результатам выполненных ранее в Уральском регионе комплексных биосистематических и популяционно-экологических исследований белых берез [27]. Так, согласно идентифицированной ранее схеме популяционной структуры на уровне групп популяций на северном пределе в Зауралье в районе пос. Октябрьский у *B. pendula* выделена сосьвинская средне-таежная группа, которая также, в частности на уровне отдельных генотипов, достоверно выделяется по максимальному значению общего содержания трех тритерпеновых соединений (см. табл. 3, 5). В южном направлении в районах пос. Демьянка и г. Екатеринбург самым высоким уровнем содержания тритерпенов в листьях выделяется тавдин-

ско-туринская южно-таежная группа популяций. Наконец, на южном пределе распространения *B. pendula* в районах г. Троицка и пос. Бреды по анатомо-морфологическим и пониженным биохимическим показателям выделяется туринско-восточно-уральская группа популяций. Следует отметить, что по отдельным тритерпеновым спиртам дифференциация на группы популяций представляется менее адекватной и доказуемой, чем по их общему содержанию.

Полученные нами результаты по изменчивости содержания тритерпеноидов в листьях *B. pendula* свидетельствуют о том, что уровень содержания тритерпеноидов в листьях, как и размер листа [30], имеет определенный приспособительный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые на популяционном уровне определено содержание трех наиболее представительных у вида *Betula pendula* тритерпеновых спиртов даммаранового ряда (бетулафолиентетраола, бетулафолиентриола, окиси бетулафолиентриола). Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Несмотря на довольно широкий спектр индивидуальных соединений, идентифицированных в листьях *B. pendula* и близких ей таксонов, основная доля их общего количества (70,5 %) приходится на три тритерпеновых спирта даммаранового ряда (бетулафолиентетраол, бетулафолиентриол и окись бетулафолиентриола), что дает возможность использовать данные соединения в качестве биохимических популяционных маркеров при

выполнении популяционно-экологических исследований.

2. Изменение количества тритерпеновых спиртов вдоль зональной трансекты и наличие тесных связей с параметрами климата позволяют предположить, что тритерпеноиды в листьях *B. pendula* выполняют определенную приспособительную, а именно защитную функцию.

3. Относительная стабильность внутривидовой изменчивости *B. pendula* по содержанию тритерпеновых спиртов и наличие по данному показателю широкой амплитуды, хотя и уступающей уровню географической изменчивости, свидетельствуют о перспективности генетико-селекционных работ, прежде всего на уровне популяционной селекции с одновременным развитием индивидуальной селекции с целью получения ценного лекарственного сырья.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-96118p_урал_a и финансовой поддержке Президиума РАН по программе "Биоразнообразие" № 09-П-4-1039.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тахтаджян А. Л. Биосистематика: прошлое, настоящее и будущее // Ботан. журн. 1970. Т. 56, № 3. С. 331–345.
2. Мамаев С. А., Махнев А. К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. 1996. № 3. С. 3–10.
3. Баранов В. И., Малиновская Г. В., Похило Н. Д., Маханьков В. В., Уварова Н. И., Горовой П. Г. Хемосистематическое исследование видов *Betula L.* советского Дальнего Востока // Раст. ресурсы. 1983. Т. 19, вып. 2. С. 159–166.
4. Похило Н. Д., Махнев А. К., Деменкова Л. И., Уварова Н. И. Состав тритерпеновой фракции экстрактов внешней коры *Betula pendula* и *B. pubescens* // Химия древесины. 1990. № 6. С. 74–77.
5. Уварова Н. И., Малиновская Г. В., Одиноква Л. Э., Похило Н. Д. Изопреноиды из внешней коры *Betula mandshurica*, *Betula costata* и *Betula davurica* // Экстрактивные вещества древесных растений: тез. докл. Всесоюз. конф. Новосибирск, 1986. С. 57–58.
6. Mills L., Werner A. The chemistry of Dammar resin // J. Chem. Soc. 1955. N 9. P. 3132–3140.
7. Fischer F., Seiler N. Die Triterpenalkohol der Birkenblätter // Lieb. Ann. Chem. 1959. Bd. 625. S. 185–205.
8. Атопкина Л. Н., Денисенко В. А., Новиков В. Л., Уварова Н. И. Гликозирование тритерпенов даммаранового ряда. β-D-глюкопиранозиды бетулафолиентриола и его производных // Химия природ. соединений. 1986. № 3. С. 301–312.
9. Похило Н. Д., Уварова Н. И. Изопреноиды различных видов рода *Betula* // Там же. 1988. № 3. С. 325–341.
10. Tanaka O., Nagai M., Shibata S. Chemical studies on the oriental plant drugs. XVI. The stereochemistry of protopanaxdiol, a genuine sapogenine of ginseng // Chem. Pharm. Bull. 1966. Vol. 14, N 10. P. 1150–1156.
11. Анисимов М. М., Чирва В. Я. О биологической роли тритерпеновых гликозидов // Успехи совр. биологии. 1980. Т. 90, вып. 3. С. 351–364.
12. Пасешниченко В. А. Итоги науки и техники // ВИНТИ. Сер. Биологическая химия. М., 1987. Т. 25. С. 6.
13. Шишков А. Н., Антан И. С., Слепян Л. И., Минина С. А. Влияние низкотемпературного стресса на штаммы *Panax ginseng* С. А. Mey // Растит. ресурсы. 1995. Т. 31, вып. 2. С. 1–9.
14. Rimpler H., Kuhn H., Leuckert Ch. Triterpene von *B. pendula* Roth und *B. pubescens* Ehrh. // Arch. Pharmazie. 1966. Bd. 299, N 5. S. 422–428.
15. Уварова Н. И., Малиновская Г. В., Елькин Ю. Н., Исаков В. В., Дзизенко А. К., Еляков Г. В. Тритерпеноиды из листьев *Betula costata* // Химия природ. соединений. 1976. № 6. С. 757–762.
16. Малиновская Г. В., Новиков В. Л., Денисенко В. А., Уварова Н. И. Новый тритерпен из листьев *B. mandshurica* // Там же. 1980. № 3. С. 346–351.
17. Похило Н. Д., Малиновская Г. В., Маханьков В. В., Уварова Н. И. Тритерпеноиды и флавоноиды листьев *Betula fruticosa* и *Betula platyphylla* // Там же. 1981. № 6. С. 804.
18. Махнев А. К., Похило Н. Д., Маханьков В. В., Уварова Н. И. Исследование популяционной структуры березы повислой в высокогорьях Алтая с помощью тритерпеноидных маркеров // Экология. 1988. № 6. С. 15–19.
19. Pavlovska L. Biochemical and systematic study of the genus *Betula L.* // Acta Soc. Bot. Poloniae. 1983. Vol. 52, N 3–4. P. 301–314.
20. Fischer F., Seiler N. Die Triterpenalkohol der Birkenblätter – Justus Liebig's // Ann. Chem. 1961. Bd. 644. S. 146–161.
21. Похило Н. Д., Денисенко В. А., Уварова Н. И. Новые тритерпеноиды из листьев *Betula pendula* и *Betula ermanii* // Химия природ. соединений. 1991. № 1. С. 145–146.
22. Махнев А. К., Похило Н. Д., Маханьков В. В., Дегтярев Е. С. О биохемо- и хемосистематике берез серии *Verrucosae* с помощью тритерпеноидных маркеров // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: мат-лы III Междунар. науч. конф. СПб., 2003. С. 96–98.
23. Полоник С. Г., Похило Н. Д., Баранов В. И., Уварова Н. И. Количественное определение тритерпеноидов даммаранового ряда денситометрией тонкослойных хроматограмм // Химия природ. соединений. 1977. № 3. С. 349–353.
24. The Encyclopedia of Climatology. The Encyclopedia of Earth Sciences / Eds. J. E. Oliver, R. W. Fairbridge, N.Y.: Van Nostrand Reinold, 1987. Vol. XI. 963 p.
25. Географический атлас / под ред. Л. Н. Колосова. М.: Главное управление геодезии и картографии при СМ СССР, 1981. 238 с.

26. Исаченко А. Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем // Изв. РАН. Сер. географ. 1990. № 5. С. 5–17.
27. Махнев А. К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секций *Albae* и *Nanae*. М., 1987. 128 с.
28. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М., 1973. 283 с.
29. Махнев А. К., Мамаев С. А. Итоги и перспективы популяционной селекции берез на Урале // Разработка основ систем селекции древесных пород. Ч. 1.: тез. докл. совещ. Рига, 1981. С. 15–18.
30. Мигалина С. В., Иванова Л. А., Махнев А. К. Размеры листа березы как индикатор ее продуктивности вдали от климатического оптимума // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 6. С. 948–953.

Intraspecific Variation of *Betula pendula* Roth With Respect to Triterpene Content in Leaves

А. К. МАХНЕВ, Е. С. ДЕГТЯРЕВ, С. В. МИГАЛИНА

*Botanic Garden UrB RAS
620144, Ekaterinburg, 8 Marta str., 202a
E-mail: afrmah@rambler.ru*

Changes in the content of triterpene alcohols of dammaran series in the leaves of *Betula pendula* Roth along the zonal-climatic trasect from the northern to the southern limit of the range of this species in the Trans-Ural region was studied for the first time. It was shown that the populations from the northern and southern regions differ in the amount of triterpenes. A connection between the content of triterpene alcohols in the leaves of *Betula pendula* with climatic parameters was revealed. In this situation, the amplitude of intra-population variability of triterpene content is essentially lower than that of inter-population variability, which is the evidence of the promising character of population selection on the basis of this biochemical index.

Key words: silver birch, *Betula pendula* Roth, triterpene spirits of dammaran row, biochemi- and chemitaxonomy, intra- and interpopulation variability, latitudinal row of populations, group of populations (megapopulation).