

УДК 634.737:581.19:631.82(476)

Ж. А. РУПАСОВА, И. К. ВОЛОДЬКО, Л. В. ГОНЧАРОВА

**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА  
НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ  
РОДОДЕНДРОНА (*RHODODENDRON*) В БЕЛАРУСИ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

(Поступила в редакцию 27.03.2014)

**Введение.** В связи с интродукцией в Беларусь малоизученных декоративных кустарников рода *Rhododendron* L. сем. Ericaceae, являющихся потенциальными источниками лекарственного сырья [1, 7, 10, 13, 15], особое научное и практическое значение обретает исследование биохимического состава их надземных частей. Важнейшим аспектом интродукционных исследований с представителями данного рода является комплексная оценка биохимического состава их вегетативных и генеративных органов в многолетнем цикле наблюдений, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений, свойственный Белорусскому региону, может заметно повлиять на темпы накопления органических соединений и тем самым оказать корригирующее действие на фармакопейную ценность их лекарственного сырья. Изучение же данного вопроса позволит выявить таксоны рододендронов, наиболее перспективные для возделывания не только по содержанию в надземных органах полезных веществ, но и по степени устойчивости их биохимического состава к комплексному воздействию метеорологических факторов в районе интродукции.

Целью данной работы является установление степени зависимости от гидротермического режима сезона количественных характеристик биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов вечнозеленых и листопадных видов рододендронов на основе сравнения уровней их изменчивости в двухлетнем цикле наблюдений.

**Объекты и методы исследования.** Исследования были выполнены в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2011–2012 гг. (первый – жаркий и избыточно увлажненный, второй – жаркий и засушливый), на базе коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В качестве объектов были привлечены 1 полувечнозеленый вид – *Rh. dauricum* L., 2 листопадных вида – *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и *Rh. luteum* (L.) Sweet, второй из которых был представлен тремя формами – Минской (из коллекции ЦБС НАН Беларуси), Ветчиновской и Марковской (отобранными близ соответствующих их названиям населенных пунктов в Гомельской обл.), а также 4 вечнозеленых вида – *Rh. catawbiense* Michx., *Rh. brachycarpum* D. Don, *Rh. smirnowii* Trautv. и *Rh. fortunei* Lindl.

Исследование биохимического состава надземных органов рододендронов осуществляли научные сотрудники лаборатории химии растений ЦБС НАН Беларуси к. б. н. Т. И. Василевская, Н. П. Варавина и Н. Б. Криницкая с помощью общепринятых методов получения аналитической информации [2–4, 6, 8, 9, 12, 14]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической и аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследований были установлены заметно различающиеся в годы наблюдений количественные характеристики биохимического состава надземных органов исследуемых таксонов рододендронов, что свидетельствовало об их выраженной зависимости от абиотических факторов. Для примера покажем, что если содержание биофлаво-

ноидов – наиболее ценных в физиологическом плане соединений – в сухой массе листьев и цветков растений в условиях сезона 2011 г. варьировалось в таксономическом ряду в диапазонах 15,6–40,2 % и 6,6–17,5 % соответственно, то в 2012 г. уже в иных пределах – 16,9–38,0 % и 4,6–21,9 %. Столь же выразительными оказались межсезонные различия аналогичных диапазонов и для содержания других полезных веществ: ряда органических кислот, растворимых сахаров, пектиновых и дубильных веществ, терпеноидов и макроэлементов.

Т а б л и ц а 1. Показатели вариабельности в двухлетнем цикле наблюдений количественных характеристик биохимического состава сырьевых частей вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron L.* (V,%)

Показатель	Листья текущего прироста		Генеративные органы				V <sub>ср</sub>	Позиция показателя в ряду усиления зависимости от абиотических факторов
	фаза активного вегетативного роста		фаза цветения		фаза плодоношения			
	вечнозеленые виды	листопадные виды	вечнозеленые виды	листопадные виды	вечнозеленые виды	листопадные виды		
Сухие вещества	15,9	4,6	5,3	14,3	5,9	3,0	8,2	2
Свободные органические кислоты	22,7	10,6	15,5	18,2	7,2	27,0	16,9	11
Аскорбиновая кислота	34,1	32,5	7,7	19,0	15,6	23,4	22,0	15
Растворимые сахара	7,0	14,3	17,1	46,0	34,0	14,4	22,1	16
Сахарокислотный индекс	29,4	18,4	8,6	37,3	33,8	36,8	27,4	21
Гидропектин	8,9	13,7	10,0	21,2	21,0	26,0	16,8	9
Протопектин	6,6	6,3	13,8	17,6	7,1	7,8	9,9	5
Сумма пектиновых веществ	5,6	7,0	12,8	18,2	4,9	5,8	9,0	4
Протопектин/гидропектин	12,6	9,6	16,3	13,0	20,7	29,4	16,9	10
Собственно антоцианы	0	84,1	54,6	14,5	0	0	25,5	19
Лейкоантоцианы	15,5	23,3	17,8	22,5	14,9	13,3	17,9	13
Сумма антоциановых пигментов	15,5	21,4	16,4	24,3	14,9	13,3	17,6	12
Катехины	22,7	38,2	51,8	22,4	19,2	8,2	27,1	20
Флавонолы	20,1	4,6	28,2	45,2	17,2	19,4	22,4	17
Флавонолы/катехины	33,1	37,1	45,8	32,6	13,4	25,0	31,2	22
Сумма биофлавоноидов	12,5	22,7	17,9	18,7	16,4	6,8	15,8	8
Фенолкарбоновые кислоты	38,6	8,8	9,0	22,3	24,0	35,8	23,1	18
Дубильные вещества	22,8	3,4	12,3	31,8	4,0	1,7	12,7	7
Жирные масла	11,7	5,4	11,8	5,5	32,4	50,5	19,6	14
Эфирные масла	123,4	109,7	39,4	85,0	Не опр.	Не опр.	89,4	23
Азот	5,2	7,8	15,3	25,6	6,0	4,8	10,8	6
Фосфор	6,1	3,4	4,2	4,9	7,4	5,8	5,3	1
Калий	5,9	7,5	5,9	10,0	7,4	14,2	8,5	3
V <sub>ср</sub>	20,7	21,5	19,0	24,8	14,9	16,9	–	–

Для установления степени зависимости параметров их накопления от погодных условий вегетационного периода были определены усредненные в двухлетнем цикле наблюдений в таксономических рядах вечнозеленых и листопадных видов коэффициенты вариации (V,%) данных характеристик в основных сырьевых частях растений (табл. 1), сравнительный анализ которых давал возможность установить, какие из них более, а какие менее устойчивы к внешним воздействиям, равно как и определить интегральную степень устойчивости к ним в этом плане каждого структурного компонента надземной фитомассы. Ведь, по общепринятому мнению, степень варьирования того или иного признака косвенно указывает на уровень его зависимости от исследуемых факторов (в нашем случае – метеорологических), т. е. чем выше коэффициент вариации, тем сильнее эта зависимость и наоборот. В данных исследованиях мы использовали шкалу Г. Н. Зайцева [5], позволяющую распределить объекты на 5 групп: с очень низким уровнем изменчивости (<7 %), низким (8–12 %), средним (13–20 %), повышенным (21–40 %) и очень высоким (41 %).

Оказалось, что большинству анализируемых показателей были присущи очень низкий, средний и повышенный уровни изменчивости (соответственно 28,7; 26,7 и 26,7 % показателей)

и лишь для 10,7 % – средний, а для 7,3 % – очень высокий (табл. 2). При этом максимальная доля признаков с очень низким уровнем данной изменчивости отмечена в листьях и плодах растений, с низким – в цветках вечнозеленых видов, со средним – в генеративных органах на стадии цветения, а у вечнозеленых видов также и на стадии плодоношения, с повышенным – в цветках листопадных видов, с очень высоким – в цветках обеих групп рододендронов.

Вместе с тем исследуемым объектам были присущи индивидуальные особенности изменчивости в многолетнем ряду, указывающие на разную степень их зависимости от гидротермического режима сезона. К примеру, в период активного вегетативного роста в ассимилирующих органах листопадных видов был установлен меньший, чем у вечнозеленых, уровень данной зависимости для содержания фосфора, сухих и дубильных веществ, титруемых кислот, флавонолов и фенолкарбоновых кислот, жирных и эфирных масел, но более высокий для содержания азота и калия, растворимых сахаров и гидропектина, антоциановых пигментов и катехинов, при отсутствии подобных различий для параметров накопления аскорбиновой кислоты и протопектина.

Т а б л и ц а 2. Относительная доля показателей биохимического состава надземных органов вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron L.* с разным уровнем изменчивости в двухлетнем цикле наблюдений, %

Уровень изменчивости	Листья текущего прироста		Генеративные органы				Среднее значение
	фаза активного вегетативного роста		фаза цветения		фаза плодоношения		
	вечнозеленые виды	листопадные виды	вечнозеленые виды	листопадные виды	вечнозеленые виды	листопадные виды	
Очень низкий (<7 %)	30	39	17	9	41	36	28,7
Низкий (8–12 %)	17	13	26	4	0	4	10,7
Средний (13–0%)	18	13	35	35	36	23	26,7
Повышенный (21–40 %)	31	26	9	39	23	32	26,7
Очень высокий (>41 %)	4	9	13	13	0	5	7,3

Сравнительный анализ уровня варибельности исследуемых признаков в генеративных органах в период цветения также выявил заметные различия между листопадными и вечнозелеными видами в значениях данного показателя при выраженном сходстве с ассимилирующими органами в их ориентации только для некоторых из них. В частности, цветки листопадных видов, как и их новообразованные листья, характеризовались более высокой, чем у вечнозеленых видов, зависимостью от гидротермического режима сезона содержания азота и калия, растворимых сахаров, гидропектина и лейкоантоцианов, но при этом меньшим уровнем данной зависимости для содержания жирных масел. Вместе с тем, в отличие от ассимилирующих органов, цветки листопадных видов обладали более значительной, чем у вечнозеленых, зависимостью от абиотических факторов содержания сухих и дубильных веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, протопектина, эфирных масел, флавонолов и фенолкарбоновых кислот, при меньшем уровне данной зависимости для содержания собственно антоцианов и катехинов и отсутствии заметных различий в ней между сравниваемыми группами видов для содержания фосфора и общего количества биофлавоноидов. В процессе сезонного развития генеративных органов листопадных и вечнозеленых рододендронов для большинства компонентов биохимического состава установлены идентичные по знаку изменения степени их зависимости от гидротермического режима сезона, состоявшие в ее увеличении для содержания фосфора и калия, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, гидропектина и жирных масел, на фоне ее ослабления для содержания протопектина, всех без исключения фракций биофлавоноидов, азота и дубильных веществ. При этом разновекторная направленность данных изменений у сравниваемых групп рододендронов отмечена лишь в единичных случаях – для содержания сухих веществ, титруемых кислот и растворимых сахаров.

Вместе с тем в плодах рододендронов, как и в цветках, были выявлены заметные различия между листопадными и вечнозелеными видами в степени зависимости их биохимического состава от гидротермического режима сезона. Так, у первых из них был показан более высокий, чем у вторых, уровень данной зависимости для содержания калия, свободных органических,

аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, пектиновых веществ, флавонолов и жирных масел, но более низкий для содержания азота и фосфора, сухих и дубильных веществ, растворимых сахаров, лейкоантоцианов, катехинов и биофлавоноидов в целом.

Для выявления последовательности 22 анализируемых признаков в порядке нарастания степени их зависимости от гидротермического режима вегетационного периода были определены средние для 6 структурных компонентов надземной фитомассы значения коэффициентов вариации и обозначены позиции каждого из них в соответствии с увеличением полученного интегрального показателя (см. табл. 1). Наименее выраженные межсезонные различия у рододендронов установлены для содержания в их надземных органах сухих, дубильных и пектиновых веществ, макроэлементов, лейкоантоцианов, с преимущественно низким и очень низким уровнями изменчивости в двухлетнем цикле наблюдений, тогда как наиболее существенные межсезонные различия выявлены для параметров накопления в них аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, катехинов, флавонолов и эфирных масел с повышенным и очень высоким уровнями изменчивости.

Выявленные различия в уровне зависимости характеристик биохимического состава надземных органов рододендронов от комплексного влияния абиотических факторов в значительной степени совпадают с полученными нами в аналогичных более ранних исследованиях с плодами представителей рода *Vaccinium* [11], что свидетельствует об общности характера показанных закономерностей для сем. Ericaceae.

С целью выявления сырьевых частей рододендронов с наибольшим и наименьшим интегральными уровнями изменчивости их биохимического состава в двухлетнем цикле наблюдений для исследуемого набора показателей в данных частях надземной фитомассы были определены средние значения коэффициентов вариации (см. табл. 1). Установлено, что в рамках принятой градации при диапазоне изменений 14,9–24,8 % они в основном соответствовали верхней границе среднего либо нижней границе повышенного уровня изменчивости. При этом их значения

Т а б л и ц а 3. Усредненные для сырьевых частей вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron L.* значения коэффициентов вариации (V,%) количественных характеристик биохимического состава в двухлетнем цикле наблюдений

Показатель	<i>Rh. dauricum</i>	<i>Rh. catawbiense</i>	<i>Rh. smirnowii</i>	<i>Rh. brachycarpum</i>	<i>Rh. fortunei</i>	<i>Rh. japonicum</i>	<i>Rh. luteum</i> , Минск	<i>Rh. luteum</i> , Ветч.	<i>Rh. luteum</i> , Марк.
Сухие вещества	10,2	12,1	5,3	10,7	6,9	9,8	6,6	7,8	8,4
Свободные органические кислоты	18,6	16,0	22,6	10,6	8,0	12,0	25,8	12,8	15,1
Аскорбиновая кислота	24,9	24,3	15,0	13,5	18,1	28,1	29,6	23,9	16,0
Растворимые сахара	26,3	24,1	20,2	11,7	14,4	24,8	21,5	29,8	35,8
Сахарокислотный индекс	38,0	25,6	34,4	7,9	13,8	20,4	35,8	29,2	34,6
Гидропектин	11,1	9,3	15,5	11,8	19,0	23,3	26,7	9,4	11,5
Протопектин	5,5	9,4	17,4	9,1	4,5	12,4	10,7	12,2	8,4
Сумма пектиновых веществ	5,3	7,6	13,5	7,1	5,2	11,0	12,2	12,0	9,2
Протопектин/гидропектин	10,3	15,4	23,4	15,4	18,1	23,5	13,7	10,7	8,0
Собственно антоцианы	4,3	7,0	13,7	47,1	18,8	19,3	25,2	39,8	47,1
Лейкоантоцианы	30,8	7,9	15,1	15,1	11,5	17,8	19,6	19,8	29,0
Сумма антоциановых пигментов	28,8	8,3	12,5	14,8	13,6	20,2	19,0	17,3	28,6
Катехины	57,4	30,3	10,9	39,6	17,8	23,0	29,8	22,8	27,1
Флавонолы	44,0	15,4	22,6	15,6	11,7	34,7	27,4	7,3	18,6
Флавонолы/катехины	34,6	40,7	13,4	35,3	30,0	54,4	22,0	19,4	30,4
Сумма биофлавоноидов	35,2	7,9	10,0	16,1	8,8	13,4	17,4	17,8	25,6
Фенолкарбоновые кислоты	37,8	22,0	24,3	21,6	13,8	18,5	17,3	25,6	18,6
Дубильные вещества	9,3	12,7	13,7	10,1	19,5	6,8	5,6	26,2	27,2
Жирные масла	28,5	15,9	19,5	6,5	22,7	21,3	23,7	4,0	0,8
Азот	11,2	12,3	7,7	6,7	6,3	11,7	13,5	16,0	17,7
Фосфор	3,5	7,2	5,0	5,2	8,6	3,6	3,3	3,0	9,0
Калий	6,5	5,8	12,2	2,4	5,2	10,7	13,0	4,0	9,8
V <sub>ср</sub>	21,9	15,3	15,8	15,2	13,5	19,1	19,1	16,8	19,8

в ассимилирующих органах вечнозеленых и листопадных видов оказались близки между собой. Показано, что наибольшей стабильностью в двухлетнем цикле наблюдений характеризовался биохимический состав плодов рододендронов, особенно у вечнозеленых видов, тогда как наименее стабильным он был у цветков листопадных видов.

В наших исследованиях особый научный и практический интерес представляло выявление таксонов рододендрона с наиболее высокой и соответственно наиболее низкой изменчивостью биохимического состава их надземной сферы в двухлетнем цикле наблюдений, дающее представление об интегральной его устойчивости к воздействию абиотических факторов. С этой целью были определены усредненные для листьев, цветков и плодов исследуемых объектов значения коэффициентов вариации 22 анализируемых признаков (табл. 3). На их основании для каждого таксона рододендрона были рассчитаны средневзвешенные значения данных коэффициентов, варьировавшиеся в сравнительно узком диапазоне 16,8–21,9 %, что свидетельствовало об отсутствии у интродуцентов существенных различий в степени зависимости биохимического состава надземной сферы в целом от гидротермического режима сезона. Вместе с тем нетрудно убедиться, что у листопадных видов данная зависимость в целом оказалась более выраженной, нежели у вечнозеленых. При этом наибольшей стабильностью в двухлетнем цикле наблюдений характеризовался биохимический состав надземной сферы *Rh. fortunei*, тогда как наименьшей – *Rh. dauricum*.

**Заключение.** В результате сравнительного исследования уровня изменчивости в двухлетнем цикле наблюдений количественных характеристик биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов вечнозеленых и листопадных видов рододендрона, в том числе полувечнозеленого *Rh. dauricum*, 4 листопадных – *Rh. japonicum* и трех форм *Rh. luteum*, а также 4 вечнозеленых видов – *Rh. catawbiense*, *Rh. brachycarpum*, *Rh. smirnowii* и *Rh. fortunei*, было установлено, что большинству из них были присущи очень низкий, средний и повышенный уровни изменчивости (соответственно 28,7, 26,7 и 26,7% показателей) и лишь для 10,7 % – низкий, а для 7,3 % – очень высокий. При этом максимальная доля показателей с очень низким уровнем данной изменчивости отмечена в листьях и плодах растений, с низким – в цветках вечнозеленых видов, со средним – в генеративных органах на стадии цветения, а у вечнозеленых видов также и на стадии плодоношения, с повышенным – в цветках листопадных видов, с очень высоким – в цветках обеих групп рододендронов.

Показано, что наименее выраженные межсезонные различия в надземных органах рододендронов установлены для содержания сухих, дубильных и пектиновых веществ, макроэлементов и лейкоантоцианов, тогда как наиболее существенные – для параметров накопления в них аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, катехинов, флавонолов и эфирных масел.

Установлено, что у листопадных видов зависимость биохимического состава надземной сферы в целом от гидротермического режима сезона имеет более выраженный, чем у вечнозеленых, характер при наименьшем уровне данной зависимости у *Rh. fortunei* и наибольшей у *Rh. dauricum*. Наиболее устойчивым к нему оказался биохимический состав плодов рододендронов, особенно у вечнозеленых видов, тогда как наименее стабильным он был у цветков листопадных видов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б08–057).

## Литература

1. Александрова М. С. Рододендроны природной флоры СССР. М., 1975.
2. ГОСТ 24027.2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. М., 1999. С. 119–126.
3. ГОСТ 8756.2-82. Методы определения сухих веществ. М., 1982.
4. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987.
5. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1973.
6. Запруднов М. Н. Биохимия катехинов. М., 1964.

7. Кондратович Р. Я. Рододендроны в Латвийской ССР. Биологические особенности культуры. Рига, 1981.
8. Мжаванадзе В. В., Таргамдзе И. Л., Драник Л. И. // Сообщ. АН Грузинской ССР. 1971. Т. 63, вып. 1. С. 205–210.
9. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., 1985. С. 110–112.
10. Потрясай К. А., Маркарян А. А., Даргаева Т. Д., Сокольская Т. А. // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2009. № 6. С. 9–13.
11. Рупасова Ж. А. Формирование биохимического состава плодов видов сем. Ericaceae при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, Т. И. Василевская, А. П. Яковлев, Н. Б. Павловский. Мн., 2011.
12. Скорикова Ю. Г., Шафтан Э. А. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах: Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968. С. 451–461.
13. Bo-Nan Zhang, Yun-Long Hou, Bao-Jv Liu et al. // Iranian journal of pharmaceutical research. 2010. Vol. 9. Is. 3. P. 303–311.
14. Swain T., Hillis W. // J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10. Is. 1. P. 63–68.
15. Swiderskia A., Murasb P., Koloczeka H. // Scientia Horticulturae. 2004. Vol. 100. Is. 1–4. P. 139–151.

*Zh. A. RUPASOVA, I. K. VOLODKO, L. V. GONCHAROVA*

**THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS OF THE VEGETATION PERIOD  
ON THE OF VARIABILITY OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION  
OF ABOVE-GROUND ORGANS RHODODENDRON (*RHODODENDRON*) IN BELARUS**

**Summary**

Interspecies differences in the levels of variability biennial cycle of observations 22 characteristics of the biochemical composition of assimilating and generative organs 9 evergreen and deciduous species of rhododendron in the case of Belarus, which revealed the signs and taxa with the greatest resistance to weather factors were revealed.