

## МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *Comarum palustre* L. НА СЕВЕРЕ

© 2010 С.П. Маслова, Г.Н. Табаленкова, Т.В. Бабак

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Поступила в редакцию 05.05.2010

Проведено сравнительное изучение морфофизиологических и биохимических характеристик растений *Comarum palustre* в условиях средней и крайне-северной тайги. Выявлено значительное уменьшение размеров, снижение биомассы растений, формирование компактных клонов и усиление геофильности корневищ при продвижении на Север. Растения северных сообществ характеризовались уменьшением доли небелковой фракции азота в корневищах и снижением соотношения K/Na в надземных побегах, что может свидетельствовать о пониженной метаболической активности растений.

Ключевые слова: *Comarum palustre*, морфология, физиология, элементный состав, средняя тайга, крайне-северная тайга

Способность растений к вегетативному размножению является одним из важных адаптивных приспособлений к суровым условиям Севера. Во флоре средней тайги европейского северо-востока из 736 видов сосудистых растений насчитывается 331 вид, формирующих корневища и столоны [7]. Многие виды используются человеком в практической деятельности как источник продуктов питания, корма для животных, сырья для получения лекарственных препаратов и биологически активных веществ. Одним из таких видов является сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) – прибрежно-водное растение из Сем. Rosaceae. Это лекарственный вид, препараты из которого активно используется в народной медицине как противовоспалительное, кровоостанавливающее, иммуностимулирующее, антиревматоидное, противоопухолевое средство [10]. Во всех частях растений обнаружены органические кислоты, дубильные вещества, фенолы, флавоноиды, витамин С, каротиноиды, катехины, эфирные масла, полисахариды, минеральные вещества [3, 4, 12, 14]. Сабельник болотный – летне-зеленый вегетативно-подвижный стелящийся кустарник (стланик) с эпигеогенными корневищами [1]. Возобновление популяций этого растения происходит вегетативным способом, посредством корневищ, так как семенное размножение затруднено [2]. В Республике Коми вид обитает в сырых лесах, болотах, водоемах таежной и тундровой зоны, принадлежит к

бореальной голарктической группе [6]. Сведения о структурных и физиологических свойствах растений сабельника болотного на Севере единичны. В условиях Крайнего Севера наблюдали изменение ритма развития сабельника, в результате которого боковые побеги (побеги ветвления) зимуют в фазе почки и развиваются весной в последующий за цветением год [11]. Изучение эколого-физиологических особенностей сабельника в условиях северной Карелии выявило значительное накопление растворимых углеводов, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным факторам [13].

**Целью нашей работы** было изучить морфофизиологические особенности, элементный и аминокислотный состав биомассы растений сабельника болотного в связи с адаптацией растений к условиям севера.

**Материал и методы.** Районы исследования – с. Серегово (бассейн р. Вымь, 62°19' с.ш.) и Приполярный Урал (бассейн р. ожим, 65°19' с.ш.). С. Серегово расположено в подзоне средней тайги, где вегетационный период составляет в среднем 100 дней [15]. Средняя температура самого теплого месяца июля около +17°C, самого холодного месяца января - -16°C. Бассейн верхнего течения р. Кожим расположен в подзоне крайне-северной тайги и характеризуется суровым климатом. Вегетационный период здесь длится примерно 60 дней, а средняя температура самого теплого месяца июля около +10°C. В период активной вегетации возможны значительные суточные перепады температуры. Основной тип растительности представлен горными лесами, которые распространены до высоты 500 м над ур. моря [8]. Выше они сменяются ерниковыми и мохово-лишайниковыми тундрами.

Маслова Светлана Петровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: maslova@ib.komisc.ru

Табаленкова Галина Николаевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Бабак Татьяна Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: babak@ib.komisc.ru

В природных ценопопуляциях средней и крайне-северной тайги изучали морфологическую структуру растений сабельника болотного (число надземных побегов и корневищ, длину корневищ, число и длину метамеров корневищ). В период бутонизации – начала цветения (конец июня – первая декада июля) отбирали 20-30 растений из одной-двух ценопопуляций, отмывали, высушивали и взвешивали сухую массу надземной части и корневищ. В сухой измельченной биомассе определяли содержание общего азота и углерода, аминокислот, зольных элементов. Концентрацию общего азота и углерода в образцах измеряли с помощью элементного CHNS-O анализатора EA-1110 (Италия). Качественный состав и количественное содержание белковых аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе (AAA T-339) после гидролиза навески в 6 н HCl при 105°C в течение 24 ч. Элементный состав определяли после минерализации проб по ПУ 01-05 [9] методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. В таблицах представлены средние арифметические величины и их стандартные ошибки.

#### Результаты и их обсуждение.

**Фитоценологические и морфофизиологические характеристики.** В условиях средней тайги общее проективное покрытие травянистого яруса в ценопопуляции низинного хвощево-вахтово-сфагнового болота составляло 70-80%. Доминировали гигрофильные виды: *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex aquatilis*, *Carex caespitosa*, *Carex appropinquata*. Проективное покрытие *C. palustre* в данном сообществе составило 10-15%. Сфагновые мхи составляли 10-15%, зеленые и гипновые около 5% проективного покрытия. Для Приполярного Урала наиболее характерными местообитаниями *C. palustre* являются ивняки, прирусловые луговины, где он встречается совместно с гигрофитами (*Carex caespitosa*) и мезофитами (*Aconitum septentrionale*, *Polemonium acutiflorum*, *Geranium sylvaticum* и др.). В состав северных сообществ входит кустарниковый ярус, представленный ивами и карликовой березой. Общее проективное покрытие травяно-кустарникового яруса в ценопопуляциях *C. palustre* на севере достигало 95%. Проективное покрытие *C. palustre* составило около 20%. Моховой покров представлен сфагновыми, зелеными и гипновыми мхами с проективным покрытием от 5 до 50%. В целом отличительной чертой более северной популяции является увеличение доли кустарников и мохового покрова, что позволяет выжить растениям в суровых погодных условиях Приполярного Урала.

Изучение морфологических параметров растений *C. palustre*, произрастающих в условиях средней тайги показало, что число надземных побегов и корневищ было одинаковым и

составляло в среднем 3 шт./особь (табл. 1). Длина основного корневища варьировала от 90 до 260 см, а число метамеров – от 20 до 75 шт./корневище. Растения *C. palustre* накапливали в среднем 15 г сухой массы, 80% которой составляли корневища. Сравнительный морфологический анализ показал, что растения, обитающие в условиях крайне-северной тайги, формировали в 2 раза больше надземных побегов, но характеризовались меньшими размерами, формировали компактные клоны. Так, число корневищ снижалось почти в 3 раза, их длина – в 4 раза, а число метамеров – в 6 раз по сравнению с растениями из более южной популяции. Сухая биомасса растений была в 2 раза меньше, но соотношение надземные побеги/корневища не зависело от географических условий произрастания и составляло в среднем 0,2-0,3. В целом растения *C. palustre*, произрастающие в среднетаежной зоне, отличались большими размерами, активным ветвлением корневищ с большей длиной и количеством метамеров. Результаты исследований свидетельствуют о том, что рост корневищ растений среднетаежной зоны происходит за счет активного деления и формирования новых узлов, что обусловлено более благоприятными условиями обитания. Формирование корневищ растений Приполярного Урала, произрастающих в условиях низких температур, короткого периода вегетации, связано в большей степени с растяжением междоузлий. Доля корневищ в биомассе растений не зависела от условий произрастания, хотя длина корневищ северных растений была значительно меньше, что обуславливает компактность их клона.

Эпигеогенные корневища *C. palustre* в среднетаежной зоне находятся, как правило, на поверхности субстрата либо в воде или в подстилке на малой глубине, что соответствует описанию его жизненной формы – вегетивно-подвижный стланник с эпигеогенными побегами. На Приполярном Урале корневища *C. palustre* углубляются в подстилку, сформированную сфагновыми мхами, что соответствует гипогенным побегам. Гипогенность корневищ свидетельствует об адаптации растений к суровым условиям зимы и является одним из защитных механизмов. Вегетативное размножение *C. palustre* происходит в результате морфологической дезинтеграции системы парциальных побегов [1]. Результаты наших исследований свидетельствуют о более высокой вариабельности большинства морфофизиологических показателей растений северных популяций по сравнению с более южными (табл. 1). Этот факт может свидетельствовать о высокой степени морфологической дезинтеграции, которая приводит к обособлению особей, интенсивному вегетативному размножению более северных растений.

**Таблица 1.** Морфофизиологические параметры *Comarum palustre* в зависимости от географических условий (n=20-30)

Параметр	Средняя тайга		Крайне-северная тайга	
	X	CV	X	CV
число надземных побегов, шт/особь	2,7 ± 0,4	74,7	6,0 ± 0,9**	77,8
число корневищ, шт/особь	2,8 ± 0,5	75,2	0,9 ± 0,4**	237,0
число метамеров корневища, шт	50,6 ± 3,9	35,0	8,0 ± 0,8***	55,4
длина корневища, см	162,4 ± 12,8	35,2	42,0 ± 19,2***	46,5
длина метамеров, см	3,3 ± 0,1	15,7	4,2 ± 0,2***	27,1
сухая масса надземной части, г/особь	2,7 ± 0,3	46,3	1,8 ± 0,3*	71,9
сухая масса корневищ, г/особь	12,0 ± 1,6	55,9	5,7 ± 0,8**	64,6

Примечание: X – средняя величина, CV – коэффициент вариации. Разница достоверна при \*\*\*P ≤ 0,001; \*\*P ≤ 0,05; \*P ≤ 0,01.

**Элементный и аминокислотный состав биомассы.** Химический состав растений является результатом метаболических процессов и отражает специфику приспособления растений к условиям среды. Изучение содержания азота и углерода и их соотношение имеет важное значение для общей характеристики метаболизма и зависит от вида, возраста растений, внешних факторов. Результаты исследований показали, что концентрация азота в листьях и корневищах растений *C. palustre* разных географических зон, была практически одинаковой и составляла в среднем 3% и 1,5% соответственно (табл. 2). Соотношение C/N в листьях исследуемых растений не зависимо от условий обитания было невысоким и составляло в среднем 15, что в 2 раза меньше, чем в корневищах. Высокий азотный статус листьев, как основного фотосинтезирующего органа *C. palustris*, отражает их функциональную и метаболическую активность. Большая часть общего азота листьев и корневищ *C. palustris* представлена азотом аминокислот белковой фракции (табл. 2). Доля азота белковых аминокислот в корневищах растений средне-таежной зоны была ниже, чем в листьях.

Листья и корневища растений крайне-северной тайги практически не отличались по этому показателю, который составлял в среднем 70%. Более высокая доля небелковой фракции азота в корневищах растений из средней тайги может свидетельствовать о повышенной метаболической активности корневищ, биомасса которых в 2 раза больше по сравнению с растениями более северной популяции (табл. 1).

По сумме белковых аминокислот листья растений разных популяций существенно превосходили корневища. На моноаминомонокарбоновые и дикарбоновые аминокислоты приходится 65-55% от суммарного содержания аминокислот в составе белка надземных побегов и корневищ *C. palustris* соответственно. Доля основных аминокислот в надземных органах и корневищах составляла 12% и 22% соответственно. Около 10% приходилось на ароматические аминокислоты, примерно столько же на алифатические оксиаминокислоты. Доля иминокислоты пролина составляла в среднем 5%. Серосодержащие аминокислоты – цистеин и метионин обнаруживаются в небольших количествах, их доля в составе белка не превышала 1%.

**Таблица 2.** Содержание общего азота (N<sub>общ</sub>), углерода (C) и белковых аминокислот (AK) в органах растений *Comarum palustre* в разных географических условиях, мг/г сухой массы

Часть растения	N <sub>общ</sub>	C	C/N	Сумма АК	N <sub>ак</sub> , % от N <sub>общ</sub>
средняя тайга					
надземные побеги	28,3 ± 1,1	434 ± 7	15,3	16,0	74,2
корневища	16,0 ± 1,4	467 ± 7	29,0	7,0	65,4
крайне-северная тайга					
надземные побеги	30,6 ± 2,1	442 ± 16	14,4	16,8	71,0
корневища	14,9 ± 1,6	471 ± 17	31,6	7,0	69,5

Поглощение и транспорт минеральных элементов отражают генотипические особенности и условия произрастания растений.

Исследования показали, что растения *C. palustre* характеризовались высокой зольностью: содержанием золы в надземных органах и корневищах

растений разных географических зон составляло в среднем 17%. В надземной массе и корневищах растений из разных популяций преобладают из макроэлементов – К, Са, из микроэлементов – Мп, Мо (табл. 3). Аналогичные результаты были получены для растений *C. palustre*, произрастающих в условиях Карелии [14], Алтая [5]. Однако надземные органы и корневища в условиях Карелии и Алтая накапливали железо и натрий вместо молибдена. Отличительной особенностью *C. palustre* является высокое содержание калия, играющего большую роль в передвижении питательных веществ по растению. Возможно, это связано с

особенностями жизненной стратегии растений, формирующих длинные корневища, которые отрастают в течение всего вегетационного периода и образуют большое количество надземных побегов. Следует отметить более высокое соотношение К/Na в надземных органах растений среднетаежной зоны (105) по сравнению с крайне-северной тайгой (70). Это может говорить о более интенсивных ферментативных процессах в клетках растений южной популяции и, как следствие, активном росте растений, о чем свидетельствует более высокое накопление биомассы надземных органов и корневищ (табл. 1).

**Таблица 3.** Элементный состав сухой биомассы *Comarum palustre* в разных географических условиях

Элемент	Средняя тайга		Крайне-северная тайга	
	надземная часть	корневища	надземная часть	корневища
макроэлементы, мг/г				
К	21,0 ± 8,0	4,6 ± 1,8	17,0 ± 7,0	4,5 ± 1,8
Р	3,7 ± 1,1	1,8 ± 0,5	3,7 ± 1,1	1,7 ± 0,5
Са	5,4 ± 1,6	4,7 ± 1,4	6,3 ± 1,9	4,2 ± 1,3
Mg	3,7 ± 1,1	1,6 ± 0,5	2,9 ± 0,9	1,6 ± 0,5
микроэлементы, мг/кг				
Na	200 ± 80	190 ± 80	240 ± 90	190 ± 80
Zn	180 ± 40	500 ± 100	180 ± 40	500 ± 100
Fe	170 ± 50	100 ± 29	190 ± 50	180 ± 50
Mn	880 ± 260	610 ± 180	960 ± 290	670 ± 200
Mo	880 ± 260	610 ± 10	960 ± 290	670 ± 200
Co	0,13 ± 0,05	0,28 ± 0,11	0,29 ± 0,12	0,44 ± 0,18

**Выводы:** сравнительное изучение структуры сообществ с *C. palustre* в разных географических условиях показало, что отличительной чертой более северной ценопопуляции является увеличение доли кустарников и мохового покрова, что способствует выживанию растений в неблагоприятных условиях крайне-северной тайги Приполярного Урала. Существенные изменения морфобиологических параметров растений *C. palustre* при продвижении на Север связаны с уменьшением числа корневищ и их длины, вследствие чего клоны становятся более компактными. Повышение степени морфобиологической дезинтеграции свидетельствует о более интенсивном вегетативном размножении растений северных популяций. Важной морфобиологической адаптацией растений *C. palustre* к условиям крайне-северной тайги является возрастание геофильности эпигеогенных корневищ. По сравнению с морфобиологической структурой, химический состав биомассы *C. palustre* изменялся в меньшей степени в зависимости от географических условий. Уменьшение доли небелковой фракции азота в корневищах и

снижение соотношения К/Na в надземных побегах растений из крайне-северной тайги может свидетельствовать о пониженной метаболической активности, что подтверждается снижением биомассы надземных побегов и корневищ при продвижении на север.

*Работа проведена в рамках проекта «Состояние ресурсов полезных растений европейского северо-востока России: мониторинг и разработка биотехнологических подходов по рациональному использованию и воспроизводству» Программы Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вишницкая, О.Н. Побегообразование и структура соцветий *Comarum palustre* (Rosaceae) / О.Н. Вишницкая, Н.П. Савиных // Раст. ресурсы. – 2008. – Т.44, вып.1. – С. 3-12.
2. Вишницкая, О.Н. Биоморфология некоторых славянообразующих гигрогеллофитов: Автореф. дис. ... к. б. н., – Сыктывкар, 2009. – 19 с.
3. Дикорастущие полезные растения России. – СПб., 2001. – 662 с.

4. Жукова, О.Л. Изучение фенольного состава подземных органов сабельника болотного / О.Л. Жукова, А.А. Абрамова, Т.Д. Даргаева, А.А. Маркарян // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.2. Химия. – 2006. – Т.47, №5. – С. 342-345.
5. Малюк, Е.В. Фармакогностическое изучение травы сабельника болотного // Автореф. дис. ... к. фарм. н. – Пятигорск, 2007. – 23 с.
6. Мартыненко, В.А. Сосудистые растения Республики Коми / В.А. Мартыненко, Б.И. Груздев. – Сыктывкар, 2008. – 136 с.
7. Мартыненко, В.А. Флора Северо-Востока европейской части СССР как ботанико-географическая система / В.А. Мартыненко, Г.В. Железнова, М.В. Гецен и др. – Сыктывкар, 1987. – 20 с. (Научные доклады / Коми науч. центр УрО Рос. АН; Вып.166).
8. Мартыненко, В.А. Конспект флоры национального парка «Югд-Ва» (Республика Коми) / В.А. Мартыненко, С.В. Дегтева. – Екатеринбург, 2003. – 108 с.
9. Методические указания по проведению разрушения органических веществ в природных, питьевых, сточных водах и пищевых продуктах на микроволновой системе « Минотавр-2». – 2005. – 20 с.
10. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование и свойства. Сем. Hydrangeaceae-Haloragaceae. – Л., 1987. – 326 с.
11. Серебряков, И.Г. К биологии сезонного развития болотных растений Подмосковья в связи с условиями их жизни и происхождения / И.Г. Серебряков, Т.М. Галицкая // Уч. записки Моск. гор. пед. ин-та им. Потемкина. – 1951. – Т.19, вып.1. – С. 19-47.
12. Скляревская, Н.В. Состав и структура полисахаридных комплексов *Comarum palustre* (Rosaceae) / Н.В. Скляревская, Л.Ф. Стрелкова, А.Б. Зеленцова // Раст. ресурсы. – 2008. – Т.44, вып.3. – С. 83-89.
13. Потаевич, Е.В. Эколого-физиологические особенности болотных растений / Е.В. Потаевич, О.Л. Кузнецов // Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. – Петрозаводск, 1982. – С. 163-187.
14. Холопцева, Н.П. Минеральный состав различных органов *Comarum palustre* L. / Н.П. Холопцева, В.Ф. Юдина, Л.Ф. Королева, Э.С. Васильева // Раст. ресурсы. – 1990. – Т.26, вып.2. – С. 228-234.
15. Юдин, Ю.П. Растительность // Производительные силы Коми АССР. Т.III. Часть I. Растительный мир/ Под ред. Н.Е.Кабанова. – М., 1954. – С. 16-42.

## MORPHOPHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF *Comarum palustre* L. IN THE NORTH

© 2010 S.P. Maslova, G.N. Tabalenkova, T.V. Babak

Institute of biology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Comparative studying of morphophysiological and biochemical characteristics of plants *Comarum palustre* in conditions of middle and extremely-northern taiga is lead. Significant reduction of the sizes, decrease in cell material of plants, formation of compact klons and magnification of rhizomes geophylity is revealed at promotion to the North. Plants of northern communities were characterized by reduction of share of not-albuminous fraction of nitrogen in rhizomes and decrease in ratio K/Na in elevated runaways that can testify to the lowered metabolic activity of plants.

Key words: *Comarum palustre*, morphology, physiology, element compound, middle taiga, extremely-northern taiga

Svetlana Maslova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow.

E-mail: maslova@ib.komisc.ru

Galina Tabalenkova, Doctor of Biology, Leading Research Fellow.

E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Tatyana Babak, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail:

babak@ib.komisc.ru