

ИВАН ТАРАСОВИЧ КИЩЕНКО

доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
ivanki@karelia.ru

МАРИНА НИКОЛАЕВНА ПОТАПОВА

агроном Ботанического сада эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
potap@sampo.ru

СЕЗОННЫЙ РОСТ ПОБЕГОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BETULA* (*BETULACEAE*) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ*

Исследования проводились в подзоне средней тайги (Южная Карелия). Объектами исследований служили представители 6 видов и 1 формы рода *Betula*. Установлено, что особенности роста побегов и листьев обусловлены биологическими свойствами вида.

Ключевые слова: виды березы, рост, побеги, интродукция

Усиливающееся загрязнение окружающей среды требует увеличения объема озеленительных работ. Многие виды лиственных древесных растений, в том числе и рода *Betula* (из других географических районов) устойчивы к загазованности и задымлению воздуха. По данным К. К. Калущкого и Н. А. Болотова [1], хорошо подобранные к новым экологическим условиям виды древесных растений при введении в культуру часто значительно перегоняют по продуктивности местные виды. В связи с этим предполагается их интродукция и ее оценка. Один из важнейших показателей интродукции – степень соответствия ритма роста и развития растения динамике экологических факторов [3]. Именно сезонный ритм роста является интегральным показателем, характеризующим адаптацию растений к условиям среды и соответствие последних биологии вида [4], [9].

В отечественной литературе выяснению особенностей сезонного роста вегетативных органов лиственных древесных растений уделено сравнительно мало внимания [2], [5], [11]. Цель нашей работы – изучение в этом аспекте интродуцентов рода *Betula* в таежной зоне России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2001–2002 годах в Ботаническом саду Петрозаводского университета, расположенном на берегу Онежского озера (подзона средней тайги). Объектами исследований служили 6 видов и 1 форма рода *Betula*: береза пушистая *B. pubescens* Ehrh., береза повислая *B. pendula* Roth, карельская береза *B. pendula* Roht. var. *carelica* (Merckl.) Hamet-Ahti, береза желтая *B. lutea* Michx., береза маньчжурская *B. mandshurica* Rgl., береза плосколистная *B. platyphylla* Sukacz., береза вязолистная *B. ulmifolia* Siebold et Zucc. (табл. 1).

С целью изучения роста ауксисблестов с помощью линейки измеряли длину стеблей второго порядка ветвления с южной части кроны на вы-

соте 1–1,5 м с момента набухания почек до заложения зимующих почек (через каждые 2–3 дня). Объем выборки для каждого вида за каждый срок наблюдения составлял 25 побегов.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Виды и формы растений	Место происхождения саженцев, город	Возраст, лет
<i>Betula pubescens</i>	Петрозаводск	51
<i>B. pendula</i>	Петрозаводск	42
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i>	Петрозаводск	18
<i>B. lutea</i>	Архангельск	18
<i>B. mandshurica</i>	Санкт-Петербург	44
<i>B. platyphylla</i>	Санкт-Петербург	44
<i>B. ulmifolia</i>	Санкт-Петербург	44

Примечание. Латинские названия даны по [8].

Формирование листьев на ауксисблестах изучали с момента распускания вегетативных почек до полного прекращения их роста через каждые 2–3 дня. Наблюдения проводили путем обвода контуров листовых пластинок карандашом на белой бумаге, затем с помощью планиметра определяли их площадь. Объем выборки для каждого вида за каждый срок наблюдения составлял 25 листьев. Величину суточного прироста определяли как разницу в длине или площади изучаемых органов между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода [6], [7].

Климатические данные были получены от Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометобсерватория), расположенной в 3 км юго-западнее Ботанического сада. Все выборки проверены на закон нормального распределения. Коэффициенты корреляции и различия между средними величинами оценены на достоверность. Из полученных элементарных статистик, в частности, следует, что показатель точности опыта довольно высок (4–6 %), а коэффициент вариации невелик (14–18 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования позволили установить, что сроки начала роста побегов изучаемых видов *Betula* могут варьировать по годам в пределах одной-двух недель и приходятся на середину-конец мая. При этом различия между видами не превышают одной недели (табл. 2). Изменчивость подобного рода отмечал и Н. В. Шкутко [10].

Формирование побегов в длину у изучаемых растений заканчивается в середине июля. Сроки прекращения этого процесса у разных видов различаются не более чем на 3 суток. При этом различия по годам не превышают недели. Таким образом, у всех изучаемых видов *Betula* наблюдается весьма слабая вариабельность сроков наступления фенофаз, характеризующих рост побегов. По мнению Н. В. Шкутко [10], степень адаптации интродуцентов к новым климатическим условиям тем выше, чем менее изменчивы сроки начала и окончания их фенофаз.

Различия в сроках начала и окончания роста побегов тех или иных видов растений соответственно отражаются на продолжительности формирования этих органов. В зависимости от вида растения и года наблюдений она варьирует от 43 до 70 суток (табл. 3). Время кульминации прироста побегов *Betula* весьма существенно изменяется по годам. Раньше всех эта фаза наступает у *B. pendula* var. *carelica* и *B. lutea* (20.06–07.07), позднее всех – у *B. platyphylla* и *B. ulmifolia* (24.06–11.07). Таким образом, различия между видами по этому показателю не превышают одной недели. Величина максимального суточного прироста побегов у изучаемых видов *Betula* значительно различается, наибольшая (3,5 мм/сут.) обнаружена у *B. platyphylla* и *B. pubescens*. У остальных изучаемых видов этот показатель меньше в 2–4 раза. Подчеркнем, что погодичная изменчивость величины максимального прироста у побегов может достигать 50–700 % (табл. 3).

Таблица 2

Температурный режим воздуха в период роста побегов разных видов *Betula*

Виды и формы растений	Год наблюдения	Начало роста			Кульминация прироста			Окончание роста		
		Дата	Среднесут. температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С	Дата	Среднесут. температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С	Дата	Среднесут. температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С
<i>Betula pubescens</i>	2001	7.07	+5,7	190	25.06–03.07	+16,7	873	16.07	+23,8	1103
	2002	28.05	+7,5	239	28.05–01.06	+15,1	301	10.07	+21,1	928
<i>B. pendula</i>	2001	14.05	+6,5	233	29.06–07.07	+19,9	951	19.07	+23,6	1194
	2002	26.05	+5,8	225	28.05–01.06	+15,1	301	10.07	+21,1	928
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i>	2001	14.05	+6,5	233	29.06–03.07	+20,2	789	19.07	+23,6	1194
	2002	26.05	+5,8	225	20–24.06	+13,4	756	18.07	+16,6	1081
<i>B. lutea</i>	2001	14.05	+6,5	233	29.06–07.07	+19,9	951	19.07	+23,6	1194
	2002	26.05	+5,8	225	20–24.06	+13,4	756	18.07	+16,6	1081
<i>B. mandshurica</i>	2001	14.05	+6,5	233	25–29.06	+13,7	720	16.07	+23,8	1103
	2002	26.05	+5,8	225	24–28.06	+14,9	711	18.07	+16,6	1081
<i>B. platyphylla</i>	2001	14.05	+6,5	233	07–11.07	+18,6	933	19.07	+23,6	1194
	2002	26.05	+5,8	225	16–20.06	+19,6	600	18.07	+16,6	1081
<i>B. ulmifolia</i>	2001	14.05	+6,5	233	07–11.07	+18,6	933	19.07	+23,6	1194
	2002	26.05	+5,8	225	24–28.06	+14,9	711	14.07	+18,5	1015

Обнаруженная изменчивость в продолжительности и интенсивности роста побегов обуславливает и соответствующее различие в величине их годового прироста. При этом погодичная вариабельность длины побегов у всех изучаемых видов *Betula* достигает 30–150 %. В 2001 году самые длинные побеги (457 мм) сформировались у *B. ulmifolia* (табл. 3). На следующий год самые короткие побеги были характерны для этого вида и для *B. pendula* (123–108 мм). Вероятно, сочетание погодных условий конкретного года специфически сказывается на интенсивности деятельности апикальных меристем того или иного вида.

Анализ результатов свидетельствует о том, что величина годового прироста побегов обусловлена соответствующими различиями в интенсивности роста, а не в его продолжительности. Так, длина стебля в 2001 году у *B. platyphylla* оказалась в 2 раза больше, чем у *B. pendula*, а продолжительность роста у них была одинаковой.

Физиологические реакции растений, в том числе и ростовые, определяются состоянием среды и диапазоном толерантности вида к экологическим факторам (закон Шелфорда). Следовательно, установив значение факторов среды в ключевые периоды роста, а также форму и силу

связи между динамикой прироста и изменчивостью этих факторов, можно судить о степени их соответствия требованиям организма. Результаты исследований показали, что рост побегов у изучаемых видов *Betula* может начаться при повышении среднесуточной температуры воздуха до $+5,8...+7,5^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Кроме того, начало этой фенофазы зависит и от температуры воздуха предшествующего периода. К этому времени сумма положительных температур достигает $190...233^{\circ}\text{C}$. Во время прекращения роста побегов среднесуточная температура воздуха и сумма положительных температур варьируют в довольно широких пределах: $+16,6...+23,8$ и $928...1194^{\circ}\text{C}$ соответственно. Данные свидетельствуют о том, что сроки прекращения этой фенофазы у видов *Betula* обусловлены генотипом вида.

Требовательность растения к температуре воздуха в период максимального прироста побегов у различных видов *Betula* почти не различается. Кульминация прироста побегов может наступить уже при повышении среднесуточной температуры воздуха до $+13^{\circ}\text{C}$. Сумма положительных температур в этот период варьирует в широких пределах ($301-951^{\circ}\text{C}$), что указывает на отсутствие заметного влияния данного параметра на интенсивность прироста побегов. Сроки начала роста листьев (фенофаза «обособление листьев на побегах») изучаемых видов *Betula* могут варьировать в пределах 4–8 суток (табл. 4). Наступление этой фенофазы за годы исследований наблюдалось со 2 по 16 мая. Погодичная изменчивость в сроках начала роста листьев достигает 14 суток.

Формирование листьев прекращается 28.06–16.07, причем у *B. pubescens* и *B. pendula* на несколько суток раньше, чем у других видов. Различия в продолжительности формирования листьев у видов *Betula* достигают 6–20 суток.

В зависимости от года исследования величина данного показателя может различаться на 3–28 суток, составляя от 43 до 75 суток (табл. 5).

Таблица 3

Основные характеристики линейного прироста побегов у представителей видов *Betula*

Виды и формы растений	Год наблюдения	Максимальный суточный прирост, мм/сут.	Годичный прирост, мм	Продолжительность роста, сут.
<i>Betula pubescens</i>	2001	$0,45 \pm 0,02$	262 ± 13	70
	2002	$3,50 \pm 0,15$	202 ± 9	43
<i>B. pendula</i>	2001	$0,57 \pm 0,02$	256 ± 12	66
	2002	$1,25 \pm 0,06$	108 ± 4	45
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i>	2001	$0,44 \pm 0,02$	221 ± 11	66
	2002	$2,75 \pm 0,12$	215 ± 8	53
<i>B. lutea</i>	2001	$0,72 \pm 0,03$	321 ± 15	66
	2002	$2,75 \pm 0,02$	146 ± 7	53
<i>B. mandshurica</i>	2001	$2,25 \pm 0,14$	218 ± 9	63
	2002	$0,77 \pm 0,03$	445 ± 19	53
<i>B. platyphylla</i>	2001	$0,77 \pm 0,03$	445 ± 21	66
	2002	$3,50 \pm 0,17$	288 ± 14	53
<i>B. ulmifolia</i>	2001	$1,22 \pm 0,05$	457 ± 23	66
	2002	$1,50 \pm 0,07$	123 ± 6	49

Установлено, что сроки интенсивного прироста листьев испытывают сильную погодичную изменчивость и слабо связаны с видовыми особенностями. Эта фенофаза у изучаемых видов *Betula* может наступать в любое время июня.

Величина максимального прироста листьев у разных видов *Betula* существенно различается. Его наибольшее значение (в 2002 году $100 \text{ мм}^2/\text{сут.}$) обнаружено у *B. pendula*, за годы исследований различалась в 1,5–2 раза (табл. 5).

Таблица 4

Температурный режим воздуха в период роста листьев разных видов *Betula*

Виды и формы растений	Год наблюдения	Начало роста			Кульминация прироста			Окончание роста		
		Дата	Среднесут. температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Сумма положит. температур, $^{\circ}\text{C}$	Дата	Среднесут. температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Сумма положит. температур, $^{\circ}\text{C}$	Дата	Среднесут. температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Сумма положит. температур, $^{\circ}\text{C}$
<i>Betula pubescens</i>	2001	02.05	10,7	182	12–16.06	12,4	598	16.07	23,0	1126
	2002	16.05	16,5	179	25.06–03.07	19,0	952	10.07	21,1	928
<i>B. pendula</i>	2001	02.05	10,7	182	12–16.06	12,4	598	16.07	23,0	1126
	2002	16.05	16,5	179	28.05–01.06	20,2	301	02.07	15,0	771
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i>	2001	02.05	10,7	182	16–20.06	14,8	655	16.07	23,0	1126
	2002	16.05	16,5	179	28.05–01.06	20,2	301	14.07	18,5	1015
<i>B. lutea</i>	2001	08.05	10,2	115	12–16.06	12,4	598	16.07	23,0	1126
	2002	08.05	13,0	94	28.05–01.06	20,2	301	14.07	18,5	1015
<i>B. mandshurica</i>	2001	02.05	10,7	182	12–16.06	12,4	598	16.07	23,0	1126
	2002	16.05	16,5	179	25.06–03.07	19,0	952	28.07	14,9	711
<i>B. platyphylla</i>	2001	08.05	10,2	115	16–20.06	14,8	655	16.07	23,0	1126
	2002	08.05	13,0	94	28.05–01.06	20,2	301	10.07	21,1	928
<i>B. ulmifolia</i>	2001	08.05	10,2	115	16–20.06	14,8	655	16.07	23,0	1126
	2002	12.05	11,7	130	28.05–01.06	20,2	301	14.07	18,5	1015

Таблица 5
Основные характеристики прироста
листьев у разных видов *Betula*

Виды и формы растений	Год наблюдения	Максимальный суточный прирост, мм ² /сут.	Годичный прирост, мм ²	Продолжительность роста, сут.
<i>Betula pubescens</i>	2001	63 ± 3,2	378 ± 18	75
	2002	73 ± 3,7	494 ± 23	55
<i>B. pendula</i>	2001	45 ± 2,2	370 ± 16	75
	2002	100 ± 3,2	403 ± 18	47
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i>	2001	52 ± 2,7	362 ± 17	75
	2002	57 ± 2,9	408 ± 19	59
<i>B. lutea</i>	2001	63 ± 3,1	381 ± 15	69
	2002	90 ± 4,6	457 ± 21	67
<i>B. mandshurica</i>	2001	40 ± 2,0	294 ± 15	75
	2002	83 ± 4,2	269 ± 13	43
<i>B. platyphylla</i>	2001	42 ± 2,2	365 ± 16	69
	2002	93 ± 5,2	494 ± 24	63
<i>B. ulmifolia</i>	2001	56 ± 2,8	358 ± 14	69
	2002	66 ± 3,4	438 ± 21	63

Определенная изменчивость в интенсивности роста листьев разных видов *Betula* обуславливает и соответствующие различия в величине их годичного прироста, который составляет от 350 до 500 мм². Из данных табл. 5 следует, что наименьшая площадь листа (около 300 мм²) формируется у *B. mandshurica*, а у остальных изучаемых видов она достигает в среднем 400 мм². Различия в величине данного показателя обуславливаются интенсивностью, а не продолжительностью роста листьев. Так, площадь листа у *B. platyphylla* в 1,5 раза больше, чем у *B. mandshurica*, а продолжительность роста примерно одинакова (65 и 60 суток).

По данным 2-летних наблюдений, рост листьев у изучаемых видов *Betula* начинается

при среднесуточной температуре воздуха +10...+16,5 °С и сумме положительных температур 100...180 °С (табл. 4). Требовательность растений к температуре воздуха в период максимального прироста листьев варьирует в широких пределах. За исследуемые годы кульминация отмечалась при среднесуточной температуре воздуха +12...+20 °С и сумме положительных температур 300...950 °С. Вероятно, сроки наступления этой фазы определяются не только температурным режимом воздуха, но и другими факторами среды.

Формирование листьев прекращается в первой половине июля, когда среднесуточная температура воздуха достигает максимальных за вегетацию величин (+15...+23 °С), а сумма положительных температур – 700...1100 °С.

Все изученные виды *Betula* обнаруживают сходные ритмы роста вегетативных органов с таковыми у аборигенных видов, что свидетельствует об их успешной адаптации к новым условиям обитания.

ВЫВОДЫ

1. Рост листьев у изученных видов *Betula* начинается в середине мая, а побегов – в конце мая. Различия в сроках начала этой фазы у изученных видов могут достигать целой недели.

2. Сроки прекращения роста побегов и листьев у разных видов *Betula* отличаются не более чем на 3–5 суток и отмечаются в первой половине июля.

3. Размеры сформированных побегов и листьев у изученных видов *Betula* изменяются по годам в значительных пределах (в 1,5–3 раза).

4. Сроки начала и кульминации прироста побегов и листьев видов *Betula* определяются комплексом факторов среды, в связи с чем они могут испытывать погодичную изменчивость в пределах одной недели.

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития (ПСР) ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Калущий К. К., Болотов Н. А. Биоэкологические особенности лесной интродукции // Лесная интродукция. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1983. С. 4–14.
- Колесниченко А. Н. Сезонные ритмы развития древесных интродуцентов // Охрана, изучение и обогащение растительного мира. Киев: Изд-во Киевского гос. ун-та, 1985. С. 21–32.
- Лапин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. ГБС АН СССР. 1967. Вып. 65. С. 12–18.
- Логинов В. Б. К методике построения частных теорий интродукции // Теории и методы интродукции растений и зеленого строительства: Материалы. респ. конф. Киев: Изд-во Киевского гос. ун-та, 1980. С. 58–60.
- Мисник Г. Е. Сроки и характер цветения деревьев и кустарников. Киев: Наука, 1976. 215 с.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
- Самцов А. С. Динамика роста листьев дуба черешчатого // Ботаника, исследования. 1966. Вып. 8. С. 52–61.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Шестопалова В. В. Итоги интродукции сосновых (*Pinaceae* Lindl.) на Среднерусской возвышенности и перспективы их использования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1982. 22 с.
- Шкутко Н. В. Хвойные Белоруссии. М.: Наука, 1991. 263 с.
- Шутилов В. А. Интродукция видов рода клен в Камышинском дендрарии // Бюллетень ВНИИ агролесомелиорации. Волгоград, 1990. С. 32–44.