

SOIL TEMPERATURE EFFECTS ON CO₂ GAS EXCHANGE IN KARELIAN BIRCH PLANTS

Kholoptseva E.S., Drozdov S.N., Sazonova T.A., Khilkov N.I.

Institute of Biology Karelian Research Centre of the RAS, Petrozavodsk, Pushkinskaya St., 11, ph. (8142) 76-27-12,
E-mail: holoitseva@krc.karelia.ru

Abstract. In the controlled environmental conditions with a method multifactors planned experiment was studied the effect of soil temperature on net photosynthesis of intact plants biennial Karelian birch, depending on the light and temperature conditions of the environment. It was shown that the potential maximum apparent photosynthesis of birch plants attains at soil temperature +20°C, light intensity 36 klux and air temperature +22°C. Reducing soil temperature leads to an increase in their requirements for the level of illumination and temperature. Increasing soil temperature in combination with low air temperature significantly reduces the potential maximum net photosynthesis of Karelian birch plants.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ НА СО₂-ГАЗООБМЕН САЖЕНЦЕВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Холопцева Е.С., Дроздов С.Н., Сазонова Т.А., Хилков Н.И.

Учреждение Российской академии наук Институт биологии Кар.НЦ РАН,
г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, тел. (8142) 76-27-12, E-mail: holoitseva@krc.karelia.ru

Представители рода Береза (*Betula L.*) занимают обширный ареал в умеренных и арктических зонах Европы и Северной Америки. Многие ее виды являются лесообразующими породами и имеют важное хозяйственное значение [2, 5]. В России береза растет практически на всей территории, что объясняется ее неприхотливостью к условиям произрастания. Она морозо- и засухоустойчива, нетребовательна к плодородию и влажности почвы [2, 12]. Древесина березы плотная, тяжелая, применяется в мебельной промышленности, для изготовления фанеры, лыж, паркета и ряда других вещей. Кора березы – важный источник получения дегтя и дубильных веществ. Широко используется березовый сок, а почки применяются в медицине. У берез имеется много форм, выделенных преимущественно по габитусу ствола, цвету и строению коры, рисунку древесины. В Карелии произрастает два вида древовидных берез – повислая (*Betula pendula* Roth) и пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.)

Очень ценной является форма березы повислой с узорчатой древесиной. Целенаправленное ее изучение началось в первой половине 20 века. Но, несмотря на значительное внимание к ней как в России, так и за рубежом [1, 3, 8, 9], многие вопросы, особенно связанные с экологией ее развития на ранних этапах, изучены недостаточно, но в то же время имеют большое значение при выращивании посадочного материала. Практически не изучено влияние температуры почвы на саженцы березы [14]. В то же время возрастание роли экологических показателей в решении конкретных практических вопросов требует перевода их из качественного описания в количественное. Последнее стало возможным в результате развития фитотроники и вычислительной техники, разработки методики проведения многофакторных планируемых экспериментов на базе системной идеологии и моделирования [6]. При этом, учитывая большое влияние фактора времени, в связи с ростом и развитием растений, для оценки его реакции на действие внешней среды в активном эксперименте наиболее удобным интегральным показателем является первичный процесс продуктивности – СО₂-газообмен, быстро реагирующий на изменения условий среды и доступный для регистрации без контакта с растением, дистанционно и непрерывно [10, 11].

Задачей данного исследования было проведение многофакторного планируемого эксперимента по определению влияния температуры почвы на нетто-фотосинтез саженцев карельской березы в зависимости от свето-температурных условий внешней среды.

Поставленная задача является особенно актуальной, учитывая важность ускоренного получения качественного посадочного материала саженцев карельской березы.

Исследования проводили на территории Агробиологической станции Института биологии КарНЦ РАН. Объектами изучения являлись двухлетние саженцы карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica*). В качестве посевного материала использовали сертифицированные семена б. карельской от контролируемого опыления фирмы Forelia OY (Finland). В первый год исследования семена

проращивали на фильтровальной бумаге в чашках Петри, пикировали в стаканчики с песком и затем подросшие сеянцы помещали в почву в условиях теплицы. На второй год растения высаживали в открытый грунт. По завершении второго года развития саженцы выкапывали из грунта и помещали в пластиковые сосуды, по 1 штуке в каждый, сохраняя в целостности корневую систему, и переносили под светоустановку с люминесцентными лампами, где выдерживали в течение недели для адаптации растений к факторостатным условиям выращивания (температура воздуха 18–20°C ночь/день, освещенность 15 клк, длина светового периода 16 часов).

Таблица 1. План постановки эксперимента по изучению зависимости нетто-фотосинтеза растений карельской березы от переменных факторов среды

№	1 день	2 день	3 день	Тв, °С	Е, клк
	Тп ₁	Тп ₂	Тп ₃		
1	15	20	25	12	0
2	15	20	25	12	15
3	15	20	25	12	25
4	15	20	25	20	0
5	15	20	25	20	15
6	15	20	25	20	25
7	15	20	25	20	40
8	15	20	25	28	25
9	15	20	25	28	40
10	15	20	25	28	0

Примечание: Тп₁, Тп₂, Тп₃ – температура почвы в опытах (°С), Тв – температура воздуха по плану эксперимента, Е – интенсивность освещенности по плану эксперимента.

Далее сосуды с растениями в количестве 3-х штук помещали в установку для исследования СО₂-обмена с регулируемыми условиями среды, позволяющую обеспечивать пределы освещенности – 0–40 клк, температуры воздуха – от +5 до +40°C и почвы от +15 до +30°C [6], где проводили двухфакторный эксперимент [4, 7].

При определении концентрации СО₂ использовали оптико-акустический инфракрасный газоанализатор Infracalor-IV (Германия, фирма Junkalor), включенный по дифференциальной схеме. После 40 минутной экспозиции на каждой ступени плана газообмен растения определяли по разности концентраций СО₂ на входе и выходе ассимиляционной камеры установки и скорости поступления наружного воздуха и пересчитывали на единицу сухой массы целых растений. Далее рассчитывали ассимиляцию углекислоты растениями на каждой ступени плана. Обработка полученных данных методом множественного регрессионного анализа позволила получить ряд уравнений, отражающих зависимость интенсивности нетто-фотосинтеза растений березы от действия факторов среды – света и температуры воздуха при трех уровнях температуры почвы.

$$P_n = b_0 + b_1E + b_2T + b_3ET + b_4E^2 + b_5T^2,$$

где: P – интенсивность видимого фотосинтеза, мг СО₂/г ч; Е – освещенность, клк;

T – температура воздуха, °С; b₀–b₅ – коэффициенты, вычисленные по экспериментальным данным.

Достоверность коэффициентов уравнения проверяли по критерию Фишера, уравнения – по коэффициенту множественной детерминации R².

При анализе уравнений связи определяли максимальные значения интенсивности видимого фотосинтеза растений, области оптимума (90 %) и значения света и температуры их обеспечивающие.

Как показал анализ полученных уравнений (табл. 2), наибольший потенциальный максимум нетто-фотосинтеза интактных растений двухлетних саженцев карельской березы при естественном содержании в воздухе углекислого газа достигается при температуре почвы +20°C и определенной температуре воздуха и освещенности – 23°C и 36 клк. При более высокой температуре почвы (+25°C) потенциальный максимум нетто-фотосинтеза значительно снижается при практически тех же показателях температуры воздуха и освещенности, что, вероятно, объясняется значительным возрастанием интенсивности дыхания при повышении температуры почвы, в основном за счет корневой системы [13]. При более низкой температуре почвы (+15°C) потенциальный максимум видимого фотосинтеза так же снижается

и достигается при повышенных требованиях к свету и температуре воздуха, но при этом растения имеют значительно более широкие диапазоны оптимальных температур воздуха и освещенности.

Таблица 2. Потенциальный максимум и оптимум нетто-фотосинтеза сеянцев карельской березы и светотемпературные условия среды, обеспечивающие их достижение при трех уровнях температуры почвы

Температура почвы (Тп)	Интенсивность нетто-фотосинтеза (Pn)		Условия максимума		Условия оптимума	
	max	opt	Е	Т	Е	Т
°С	мг CO ₂ /г ч	мг CO ₂ /г ч	клк	°С	клк	°С
15	4,6	4,3	59,0	31,0	38–78	19,0–44,0
20	7,0	6,4	36,0	23,0	28–43	18,5–28,0
25	4,54	4,3	40,0	23,0	30–47	18,0–28,5

Примечание: Е – интенсивность освещенности, Т – температура воздуха

Графический анализ полученных результатов наглядно показывает зависимость видимого фотосинтеза растений карельской березы от всех исследованных факторов внешней среды. Так, при понижении температуры воздуха до 10°С и высокой освещенности нежелательна повышенная температура почвы, как и при достаточно высокой температуре воздуха (30°С) и низкой освещенности (рис.) на всех уровнях температуры почвы. Такие неблагоприятные сочетания факторов вызывают значительное снижение нетто-фотосинтеза, возможно, ниже уровня компенсации. Судя по углу наклона кривых, с повышением температуры воздуха и почвы наблюдается увеличение зависимости нетто-фотосинтеза саженцев от светового обеспечения. Наибольший максимум их фотосинтетической активности наблюдается при повышенных интенсивностях света (40 клк) и достаточно высоких температурах воздуха (+30°) и почвы (+20°С) (линия 5 на графике).

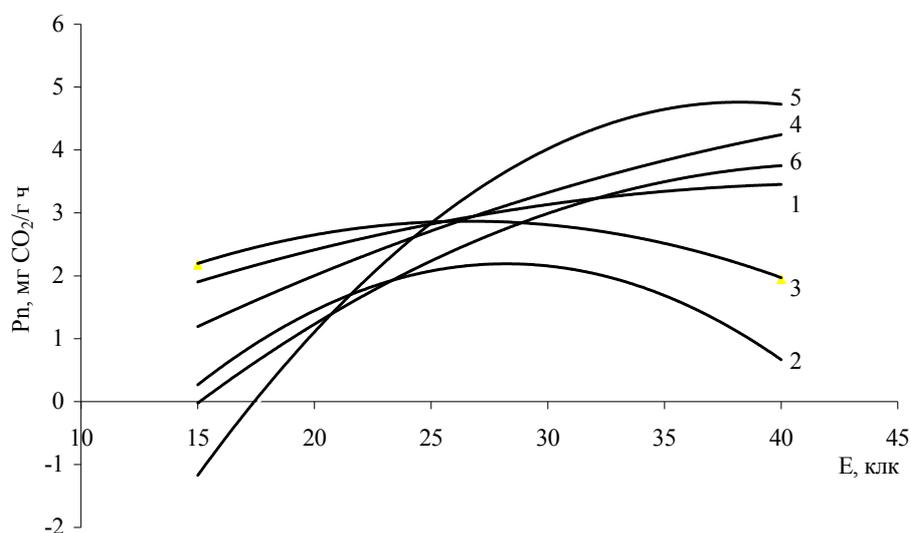


Рисунок. Влияние интенсивности света (Е) на видимый фотосинтез (Pn) двухлетних саженцев карельской березы в зависимости от температуры почвы и воздуха:

1,2,3 – при температуре воздуха +10°С и почвы +15, 20 и 25°С, соответственно, 4,5,6 – при температуре воздуха +30°С и почвы +15, 20 и 25°С, соответственно.

Таким образом, проведенные исследования показали значительное влияние температуры почвы на CO₂-газообмен саженцев карельской березы на фоне взаимодействия с ведущими факторами внешней среды. В связи с этим, представляется целесообразным, особенно в северных условиях ее выращивания, оборудовать рассадные теплицы с возможным подогревом почвы в холодный период вегетации путем закладки по всей площади теплицы на глубине 30 см параллельно через 25–30 см оцинкованной стальной проволоки диаметром 3–4 мм. Концы проволоки соединяются с клеммами трансформатора с регулируемым напряжением порядка 10–15 вольт и контролем температуры почвенными термометрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болондинский В.К.* Исследование зависимости фотосинтеза от солнечной радиации, температуры и влажности воздуха у растений карельской березы и березы повислой // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск. 2010. С. 3–9.
2. *Ветчинникова Л.В.* Береза. Вопросы изменчивости. М.: Наука, 2004. 199 с.
3. *Ветчинникова Л.В.* Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula L.* М.: Наука, 2005. 268 с.
4. *Голикова Г.И., Панченко Л.А., Фридман М.З.* Каталог планов второго порядка. М.: Изд. МГУ, 1974. Вып. 47, Ч. 1. 387 с.
5. *Ермаков В.И.* Морфо-физиологические адаптации основных видов березы на Севере. Петрозаводск, 1975. С. 64–88.
6. *Курец В.К., Попов Э.Г.* Статистическое моделирование системы растение–среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.
7. *Лисенков А.Н.* Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. М.: Медицина, 1979. 344 с.
8. *Новицкая Л.Л.* Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. Петрозаводск., 2008. 143 с.
9. *Соколов Н.О.* Карельская береза. Петрозаводск: Госиздат, 1950. 115 с.
10. *Суворова Г.Г.* Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск: изд. «Гео», 2009. 195 с.
11. *Тооминг Х.Г.* Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометиздат, 1977. 199 с.
12. *Тренин В.В.* Ценные формы деревьев. Петрозаводск: Карелия, 1999. 88 с.
13. *Цельникер Ю.Л.* Дыхание корней и их роль в углеродном балансе древесных // Лесоведение. 2005. № 6. С. 11–18.
14. *Aphalo Pedro J., Lahti M., Lehto T., Repo T., Rummukainen A., Mannerkoski H., Finer L.* Responses of silver birch saplings to low soil temperature // *Silva Fennica*. 2006. Vol. 40. № 3. P. 429–442.

**ANATOMY BARK OF SOME SHRUBS AND DWARF SHRUBS GROWING IN THE
CONDITIONS OF HYDROTHERMAL ACTIVITY VOLCANOES OF KUNASHIR ISLAND
(SOUTHERN KURIL ISLANDS)**

Kopanina A.V., Yeromin V.M.

The establishment of the Russian Academy of Sciences Institute of Marine Geology and Geophysics, Far-Eastern Branch of RAS 693022, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki St., 1 B, tel. (4242) 793-099, E-mail: avk@imgg.ru

Abstract. Anatomical structural of bark in four species of Ericaceae Juss. (*Menziesia pentandra* Maxim., *Vaccinium hirtum* Thunb., *Gaultheria miqueliana* Takeda *Vaccinium praestans* Lamb.) growing in the conditions of hydrothermal activity Mendeleev volcano in Kunashir Island is described in details. Comparative-anatomic analysis of the bark tissues of studied species allowed determining the specific of quantitative and qualitative changes of the bark structure of different age. Pattern of the cell wall thickness in cortical sclereids, number of the calcium oxalate crystals in the cortical parenchyma cells, lifespan of primary tissues, time of phellogen initiation, rhytidome structure, type of the secondary phloem dilatation, type of sclereids of the secondary phloem are distinguished as the characters of certain characteristic at the researched species from hot springs.

**СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ НЕКОТОРЫХ КУСТАРНИКОВ
И КУСТАРНИЧКОВ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
ВУЛКАНОВ ОСТРОВА КУНАШИР (ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)**

Копанина А.В., Еремин В.М.

Учреждение Российской академии наук Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б, тел. (4242) 793-099, E-mail: avk@imgg.ru

Влияние вулканических газов и особых почвенно-геохимических условий гидротермальных и сольфатарных выходов на растительный организм как научная проблема представлена в литературе немногочисленными публикациями, главным образом, о реакции ассимиляционного аппарата, а также структурных изменениях тканей листа [12, 4, 1, 7].