

Б.Г. Агеев, Т.П. Астафурова, Н.А. Воробьева, Ю.Н. Пономарев, В.А. Сапожникова

ИЗМЕРЕНИЯ ВЫДЕЛЕНИЙ CO₂ ЛИСТОВЫМ АППАРАТОМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ГИПОБАРИИ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Приводятся видоспецифические различия в интенсивности выделения CO₂ древесными растениями (кедр, лиственница, осина, береза), определенные методом оптико-акустической спектроскопии. Показана специфика CO₂ обмена древесных пород при разрежении воздуха, соответствующем высоте 3000 м над уровнем моря.

Факт активизации дыхания и соответствующего усиления выделения CO₂ растительными организмами в экстремальных условиях существования общеизвестен [1]. Аналогичные изменения отмечены исследователями и в условиях пониженного давления – гипобарии [2, 3]. Учитывая, что пониженное давление воздуха является естественным условием произрастания высокогорных лесов, можно предположить значительные изменения, с одной стороны, в физиологии этих деревьев, с другой – в количестве атмосферного CO₂ над лесными массивами высокогорья. Знания о последнем весьма важны для выявления роли и вклада этих лесов в «парниковый эффект». Кроме того, активность и кинетика выделения CO₂, как интегральные характеристики газообмена растений, могут быть использованы для изучения состояния древесных организмов и их физиологии в условиях высокогорья, а также механизма их устойчивости. Имеющиеся в литературе данные о влиянии высотных факторов на отдельные реакции фотосинтеза, дыхания и рост растений касаются, в основном, травянистых растений [4–7]. Особенности обмена веществ древесных растений изучены в гораздо меньшей степени. В последнее время для изучения фотосинтеза, регистрации выделения этилена и дыхательного газообмена у травянистых все чаще используется метод лазерной оптико-акустической спектроскопии [8–10]. В частности, с помощью этого метода авторам удалось показать видоспецифичность интенсивности выделения CO₂ в условиях разреженной атмосферы и ее зависимость от интенсивности и продолжительности воздействия гипобарии у травянистых растений [2, 3]. Это позволяет предположить возможность применения метода и в исследованиях древесных растений. Настоящая работа является продолжением предыдущих [2, 3] с целью определения:

- видоспецифических различий в интенсивности выделения CO₂ древесными растениями;
- специфики CO₂ обмена древесных растений при умеренной гипобарии как модели условий соответствующих высотно-экологических поясов.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись четырехлетние саженцы кедра сибирского (*Pinus sibirica Dur Tour*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), а также взрослые деревья березы (*Betula verucosa L.*) и осины (*Populus tremula L.*).

Активность выделения CO₂ в процессе дыхания листового аппарата названных древесных пород определяли методом оптико-акустической спектроскопии в условиях нормального атмосферного давления (контроль) и умеренной гипобарии (опыт).

Гипобарию создавали в экспериментальной камере объемом 1 л путем откачивания воздуха. Общее барометрическое давление в опыте составляло 68 кПа, парциальное давление O₂ – 14,5 кПа и CO₂ – 0,022 кПа, что эквивалентно атмосферным условиям на высоте 3000 м над уровнем моря. Одновременно контрольные растения находились в аналогичной камере при нормальном атмосферном давлении воздуха – 101 кПа, парциальном давлении O₂ – 21,2 кПа и CO₂ – 0,032 кПа. Температуру +22°C поддерживали постоянной в контроле и опыте. В ходе

эксперимента для снижения активности фотосинтеза растения помещали в темноту. Время экспозиции в опыте варьировалось от 3 до 170 ч.

Интенсивность дыхания хвои и листьев оценивали по кинетике выделения CO_2 в замкнутом объеме экспериментальных камер по методике, описанной ранее [10]. Измеренные значения концентраций CO_2 пересчитывались на 1 г сырой массы растительного материала.

Результаты измерений

На рис. 1, 2 приводятся графики изменения величины B в зависимости от времени, где B – отношение концентрации CO_2 в экспозиционных камерах к концентрации CO_2 в атмосферном воздухе при давлении 101 кПа, нормированное на единицу массы. Измерения интенсивности и кинетики выделения CO_2 листовым аппаратом исследуемых древесных пород при нормальном атмосферном давлении 101 кПа показывают их видоспецифичность. В течение первых суток наиболее интенсивное выделение CO_2 отмечено у лиственных растений: осины и березы. В дальнейшем у лиственных видов наблюдались незначительное снижение и стабилизация выделения CO_2 , в то время как у хвойных (кедр, лиственница) в течение всего периода измерений происходит процесс постепенного нарастания выделения CO_2 . Эта видоспецифичность, вероятно, является результатом различий ксеро- и мезоморфности листового аппарата, а также анатомо-морфологических и физиолого-биологических особенностей отдельных видов древесных организмов в целом.

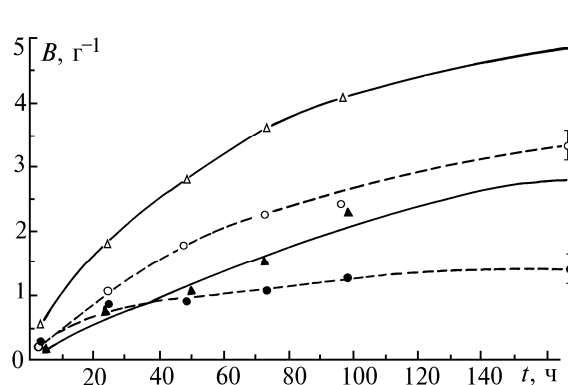


Рис. 1. Сравнение функциональных зависимостей $B = f(t)$ для лиственницы и кедра при нормальных условиях ($P = 101$ кПа) и условиях гипобарии ($P = 68$ кПа). Лиственница: Δ – гипобария, \blacktriangle – нормальные условия. Кедр: \circ – гипобария, \bullet – нормальные условия

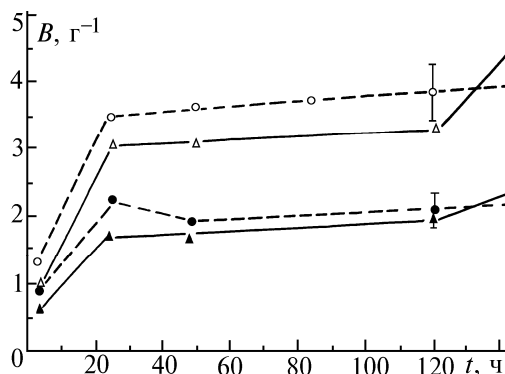


Рис. 2. Зависимости $B = f(t)$ для березы и осины. Береза: Δ – гипобария, \blacktriangle – нормальные условия. Осина: \circ – гипобария, \bullet – нормальные условия

В условиях гипобарии ($P = 68$ кПа) усиливается выделение CO_2 ассимилирующей поверхностью листового аппарата всех древесных пород. Относительная величина выделения CO_2 у лиственницы выше, чем у кедра, начиная с первых часов эксперимента. У осины интенсивность CO_2 газообмена в условиях гипобарии несколько выше, чем у березы, но ниже соответствующей величины у лиственницы, особенно при больших временах экспозиции. Обра-

щает на себя внимание и различие кинетики выделения CO_2 в ходе эксперимента. У лиственных пород наблюдается первоначальная активизация выделения CO_2 в условиях гипобарии с последующим выходом на плато. У хвойных выделение CO_2 при разрежении воздуха происходит постепенно, плавно переходя в стадию насыщения.

У древесных растений усиление выделения CO_2 наряду со снижением транспирации и фотосинтеза, а также других физиолого-биохимических показателей в условиях действия экстремальных факторов расценивается как проявление защитных реакций, обеспечивающих меньшую чувствительность к их действию [11]. Поэтому на основании полученных нами данных можно предположить, что кедр, по сравнению с лиственницей, менее чувствителен к условиям разрежения атмосферы. Видимо, именно это свойство кедра сибирского обеспечивает более широкое его распространение в условиях высокогорья и возможность произрастания на высотной границе леса.

Более активная кинетика выделения CO_2 в процессе дыхания березы и осины при малых временах экспозиции может быть следствием специфичности метаболизма этих видов в условиях гипобарии. Вероятно, различие в ответных реакциях лиственных и хвойных деревьев на одинаковые условия гипобарии является отражением факта многообразия характера и направленности адаптивных механизмов растений и свидетельством эффективности использования метода оптико-акустической спектроскопии в изучении особенностей физиологических циклов древесных растений.

1. Семихатова О.А. // Физиология растений. 1995. Т. 42. N 2. С. 312–319.
2. Astafurova T.P., Ponomarev Yu.N., Ageev B.G., Sapozhnikova V.A., Zaitseva T.A., Zotikova A.P. // *Biologia plantarum*. 1996. V. 38. N 2. P. 215–221.
3. Ageev B.G., Astafurova T.P., Ponomarev Yu.N., Sapozhnikova V.A., Zaitseva T.A., Zotikova A.P. // *J. Plant Physiol*. 1996. V. 148. P. 237–242.
4. Todarina N.P. // *Acta Physiol. Planta*. 1988. V. 10. N 3. P. 199–226.
5. Menghin A., Poccaschi N., Romano B., Venanzi G., Bezzi A., Aiello N. // *Ann. Fac. Agr. Univ. studi perugia*. 1990. V. 44. Parte I. P. 253–259.
6. Ёўїєїâ Á.Ё. // *Ўєїєїâє*. 1993. N 3. N. 16–22.
7. Hiroyasu Y., Osama S. // *J. Fac. Sci. / Shinsha Univ*. 1988. V. 22. N 2. P. 75–82.
8. Hurren E.J.M., Beinen F.G.C., Reuss J., Voeselek L.A.C.L., Blom C.W.P.M. // *Appl. Phys*. 1990. B. 50. P. 137–144.
9. Soukropoe-Kossi C.N.N., Leblank R.M. // *J. Mol. Struct*. 1990. V. 217. P. 69–84.
10. Агеев Б.Г., Астафурова Т.П., Пономарев Ю.Н., Сапожникова В.А., Косицын К.Л. // *Оптика атмосферы и океана*. 1994. Т. 7. N 7. С. 986–990.
11. Рязанцева Л.А., Полякова Т.А., Морева Т.И., Федченко А.И. // *Всес. сов. по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям среды. Тезисы докл. Петрозаводск, 1981. С. 113–114.*

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск
Институт экологии природных комплексов СО РАН, Томск
НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете, Томск

Поступила в редакцию
16 сентября 1996 г.

Ageev B.G., Astafurova T.P., Ponomarev Yu.N., Vorob'eva N.A., Sapozhnikova V.A. **Measurement of CO_2 Flux from the Tree Leaves and Needles at Reduced Air Pressure by the Photoacoustic Method.**

Using the photoacoustic method, the CO_2 flux from the tree leaves and needles was measured for some trees: cedar, larch and birch. A study of the effect of reduced pressure ($H = 3000$ m above the sea level) on CO_2 tree emission was carried out.