

Амосов Г. А. Некоторые закономерности развития лесных пожаров // Возникновение лесных пожаров.—М.: Наука, 1964.—С. 167—183. [3]. Вонский С. М. Интенсивность огня лесных низовых пожаров и ее практическое значение.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1957.—53 с. [4]. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—160 с. [5]. Коровин Г. Н. Методика расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров // Сб. науч.-исслед. работ по лесн. хоз-ву.—М.: Гослесбумиздат, 1969.—Вып. 12.—С. 244—262. [6]. Курбатский Н. П., Иванова Г. А. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения.—Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1987.—113 с. [7]. Софронов М. А. Лесные пожары в горах Южной Сибири.—М.: Наука, 1967.—147 с.

Поступила 11 марта 1990 г.

УДК 581.132

РЕАКЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В АТМОСФЕРЕ

А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Усиление парникового эффекта — не отдаленное будущее, а реальность настоящего времени. Потепление климата наблюдается уже сейчас. По прогнозам физиков моря и атмосферы, к 2000 г. средняя температура повысится на 0,9...1,3, а к 2025 г.— на 1,8...2,5 °С. Это вызовет таяние вечных льдов и снегов, исчезновение вечной мерзлоты и повышение уровня мирового океана к концу следующего столетия на 65 см. Прогнозируется резкое уменьшение осадков в тропическом поясе Земли и увеличение в северном полушарии, в том числе во всей зоне boreальных лесов. Все это в сочетании с другими факторами приведет к сильнейшему экологическому кризису на нашей планете. Поэтому весьма важно оценить возможную роль лесных экосистем в предотвращении скорого и резкого усиления парникового эффекта.

Известно, что из всех парниковых газов наибольший вклад в повышение температуры на планете вносит углекислота (около 45 %), затем метан (23 %), фреоны (19 %) и закись азота (3 %). Впервые увеличение содержания CO₂ в атмосфере было отмечено в конце XVIII столетия в связи с чрезмерной рубкой леса, резко снизившей утилизацию углекислоты на фотосинтез, в дальнейшем оно возросло в результате сжигания ископаемого топлива. По прогнозам к 2000 г. содержание углекислоты достигнет 0,038...0,040, а к 2025 г.— 0,053...0,070 %. Эти прогнозы в значительной мере оправдываются уже в наши дни.

Из физиологии растений известно, что оптимальное для фотосинтеза содержание CO₂ почти на порядок выше существующего. Повышение концентрации этого газа вдвое приводит к увеличению интенсивности фотосинтеза в 2 с лишним раза. В связи с этим находят широкое применение углекислотные подкормки в закрытом грунте, в том числе при выращивании посадочного материала древесных растений.

Вместе с тем в природе создается парадоксальная ситуация: содержание CO₂ в атмосфере неуклонно повышается, а растения, в том числе древесные, эту дополнительную промышленную углекислоту не утилизируют и, по-существу, голодают. Объяснений данному феномену может быть несколько.

Во-первых, зависимость фотосинтеза растений от содержания углекислоты изучали в теплицах, лабораториях, фитотронах на фоне, как правило, оптимального сочетания других необходимых для жизни рас-

тений факторов: света, тепла, воды, минеральных элементов и т. д. В естественных условиях даже при оптимальной температуре останутся и, очевидно, расширятся территории суши с недостатком воды и минеральных элементов, затоплением и засолением. Кроме того, на значительных пространствах Земли усилится губительное действие на леса различных промышленных токсикантов, кислотных осадков [2]. Вред от них еще более усилится с повышением температуры в связи с парниковым эффектом. На этом мозаичном фоне внешних факторов влияние углекислоты на фотосинтез и продуктивность лесных экосистем будет наименьшим. С определенной долей уверенности можно сказать, что леса не окажут сколько-нибудь сильного влияния на снижение содержания CO_2 в атмосфере и не смогут существенно ослабить парниковый эффект или задержать его резкий подъем.

Во-вторых, нельзя не учитывать фактор времени. Для получения углекислотных кривых фотосинтеза его интенсивность изучают при различном содержании углекислоты в атмосфере обычно в течение 30...20, а при использовании радиометрического метода даже 10 мин. В природных условиях древесные растения находятся в среде с повышенным содержанием углекислоты десятки и сотни лет. В конце 70-х гг. в опытах на растениях огурца было показано [4], что по мере увеличения времени пребывания растений в условиях с повышенным содержанием CO_2 ее положительное влияние на интенсивность фотосинтеза резко снижается и переходит в отрицательное. При содержании углекислоты 1200 р.р.м. фотосинтез был выше контроля только в первые 10 дн., при 2400 р.р.м.— в течение 5 дн., после чего опускался значительно ниже контрольного. Позже такая зависимость была обнаружена у многих других сельскохозяйственных растений. При этом у ряда культур после 7...13 нед пребывания в атмосфере с повышенным содержанием CO_2 снижалась не только интенсивность фотосинтеза, но и сухая масса растений.

Появляется подобная информация и для древесных растений. Л. Джеймс с соавторами [6] показали, что у семян сосны желтой проявились признаки угнетения уже через год, а у некоторых даже через полгода пребывания в атмосфере с удвоенной концентрацией CO_2 : была обнаружена пятнистость хвои, которая быстро старела и опадала. Было выявлено довольно резкое снижение содержания в хвое хлорофиллов «а» и «б», каротиноидов. Пребывание семян кедра атласского и сосны черной калаборийской в течение года при таком же уровне углекислоты не приводило к повышению интенсивности фотосинтеза, но вызывало увеличение прироста в высоту и по диаметру на 20 и 10 % соответственно [7]. При увеличении вдвое содержания CO_2 в воздухе у саженцев тополя евроамериканского уже через 2 нед снизилась интенсивность фотосинтеза в 2 раза, но несколько увеличился размер листовой пластинки [5].

С точки зрения физиологии растений это можно объяснить следующим образом. При повышении содержания углекислоты вокруг растений происходит «затоваривание» ею клеток мезофилла, в том числе хлоропластов, замедляется регенерация рибулозодифосфата — основного акцептора углекислоты у C_3 -растений, снижается активность карбоксилазы рибулозодифосфата, уменьшается размер зияния устьиц и т. д. Некоторое усиление ростовых процессов может быть связано с косвенным влиянием повышенных концентраций CO_2 , проявлением «кислого» роста.

На фотосинтез может использоваться внутренняя углекислота, которая в стволе и ветвях составляет до 18 [3] и даже 26 % [8]. Кроме того, листья древесных растений могут использовать и почвенную углекислоту, поступающую вместе с ксилемным соком. Наши исследова-

ния показали, что доля почвенной CO_2 в продуцировании органического вещества в сосняках-черничниках влажных может достигать 8...10, в ельниках-черничниках влажных — 18...26 % [1]. Следовательно, в природе растения не испытывают, по-видимому, такого большого голода в отношении углекислоты, как представлялось ранее. Очевидно также, что повышенное содержание CO_2 в атмосфере будет усиливать «дефицит» других внешних факторов, необходимых для жизни древесных растений. Так, мангры, произрастающие по побережьям тропических морей и океанов, относятся к C_4 типу фотосинтеза и практически почти совершенно не реагируют на углекислотные подкормки в связи с наличием внутреннего депо CO_2 в органических кислотах и аминокислотах.

Изложенное пока не позволяет сделать вывод о том, что лесные экосистемы способны ослабить парниковый эффект или сделать его усиление более постепенным. Нужны длительные опыты по влиянию повышенного содержания углекислоты в атмосфере на фотосинтез и рост древесных растений и лесных экосистем непосредственно в природной обстановке, по совместному воздействию этого фактора среды с температурным, солевым, кислородным и водным стрессами, промышленными загрязнениями и т. д. Кроме национальных, необходимы и международные программы для изучения этого важного в глобальном масштабе феномена, в частности по линии ИЮФРО. Полученный экспериментальный материал послужит надежной основой долгосрочных прогнозов и моделей изменения климата и поведения лесных экосистем различных регионов мира в условиях парникового эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веретенников А. В. Темновая фиксация углекислоты древесными растениями и ее возможная роль в лесах с временным избытком влаги в почве // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск, 1975.— Вып. 3.— С. 31—36. [2]. Мелехов И. С. Кислотные осадки // Лесн. журн.— 1989.— № 6.— С. 125—127.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Яценко-Хмелевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.— 338 с. [4]. Аоку М., Ябуки К. Studies on the carbon dioxide enrichment for plant growth. VII. Changes in dry matter production and photosynthetic rate of cucumber during carbon dioxide enrichment // Agr. Meteorol.— 1977.— N 18.— P. 475—485. [5]. Gandilliere J.-P., Mousseau M. Short term effect of CO_2 enrichment of young poplar (*Populus euramericana*) // Acta Oecol. Plant.— 1989.— Vol. 10, N 1.— P. 95—105. [6]. James L. et al. Chlorophyll and carotenoid concentrations in two varieties of *Pinus ponderosa* seedlings subjected to long-term elevated carbon dioxide // Tree physiology.— 1988.— N 4.— P. 187—193. [7]. Kaushal P., Guehl J. M., Aussenac G. Differential growth response to atmospheric carbon dioxide enrichment in seedlings of *Cedrus atlantica* and *Pinus nigra* ssp. *Laricio* var. *Corsicana* // Can. J. Forestres.— 1989.— Vol. 19, N 11.— P. 1351—1358. [8]. Mac Dougal D. T., Working E. B. The pneumatic systems of plants, especially trees // Wash.: Carnegie Inst., 1933.— Publ. 441.— 87 p.

Поступила 5 ноября 1990 г.

УДК 631.879.25 : 630*232.322.41

О ВЛИЯНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ШЛАМА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Н. М. МАТВЕЕВ, Н. В. ПРОХОРОВА, Л. М. КАВЕЛЕНОВА,
В. Г. ТЕРЕНТЬЕВ

Самарский государственный университет

Минеральный шлам металлообрабатывающего производства является сильно обводненной тонкодисперсной смесью гидроокисей алюми-