

Фотосинтетическая способность древесных растений как индикатор суммарного загрязнения атмосферного воздуха городской среды

О. А. НЕВЕРОВА, О. Л. ЦАНДЕКОВА

*Институт экологии человека СО РАН
650065, Кемерово, просп. Ленинградский, 10
E-mail: biomonitring@bk.ru*

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка по уровню восстановленных ассимилятов фотосинтетической способности древесных растений в условиях городской среды. Выявлено, что в течение вегетации у рябины сибирской и липы мелколистной наблюдалось замедление синтеза углеводов, которое отрицательно коррелирует с суммарной техногенной нагрузкой на атмосферу различных районов города. Сделан вывод о возможности использования данного показателя фотосинтетической способности для индикации суммарного загрязнения атмосферного воздуха и липы мелколистной в качестве индикаторного вида.

Ключевые слова: интенсивность фотосинтеза, восстановленные ассимиляты, липа мелколистная, рябина сибирская, атмосферное загрязнение, вегетация.

Количество органического вещества у растений зависит от работы фотосинтетического аппарата. Техногенное загрязнение окружающей среды лимитирует продукционный процесс, что приводит к нарушению метаболизма растений, торможению их роста и развития, снижению продуктивности и продолжительности вегетации, ухудшению декоративности. Изменение функциональной активности фотосинтетического аппарата является одной из ответных реакций растений на влияние атмосферного загрязнения окружающей среды. Многие исследователи отмечают снижение интенсивности фотосинтеза в результате действия различных промышленных выбросов [1–4], т. е. изменение интенсивности фотосинтеза может служить диагностическим признаком состояния древесных растений и в качестве индикатора состояния городской среды.

Город Кемерово характеризуется высокой степенью загрязнения атмосферного воздуха в результате высокой концентрации предприятий химической, энергетической, металлургической промышленности и машиностроения. Существенная роль в загрязнении атмосферы города принадлежит автотранспорту (около 50 % от всех выбросов). По комплексному показателю суммарного среднегодового загрязнения атмосферы (КП) районы города можно распределить в следующем порядке: Кировский (КП = 9) > Рудничный (КП = 7) > Заводский (КП = 6) > Центральный (КП = 5) > Ленинский (КП = 3–4). КП рассчитывался на основе данных инвентаризации выбросов и климатического распределения метеопараметров. При расчете учитывались 33 загрязняющих вещества, расчетные среднегодовые концентрации которых больше 0,1 ПДК (диоксид и оксид азота, аммиак, соляная и серная кислоты, сажа, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод,

Неверова Ольга Александровна
Цандекова Оксана Леонидовна

оксид углерода, ксилол, стирол, толуол, 3,4-бенз(а)пирен, нафталин, амиловый, бутиловый и метиловый спирт, фенол, уксусная кислота, циклогексанол, динил, диметилформальдегид, формальдегид, ацетон, циклогексанон, диметил-, монометил- и циклогексил-амин, нитробензол, бензин, бутилацетат). Данный показатель не является нормативным гигиеническим критерием, поскольку далеко не все учтенные вещества обладают эффектом однонаправленного действия. Он носит смысл “суммарной техногенной нагрузки”, создаваемой промышленностью посредством атмосферного переноса загрязнения на ту или иную территорию города [5], и удобен в математических расчетах влияния комплекса техногенных факторов на состояние растений городской среды.

Цель наших исследований – оценка фотосинтетической способности древесных растений в условиях г. Кемерово и выявление возможности использования данного показателя для индикации степени суммарного загрязнения атмосферного воздуха.

Для достижения поставленной цели в задачу исследований входило:

- изучить фотосинтетическую способность исследуемых древесных пород по уровню восстановленных ассимилятов в условиях городской среды;
- выявить видовую специфику в ответных реакциях фотосинтетической способности древесных растений на атмосферное загрязнение;
- определить степень взаимосвязи количества восстановленных ассимилятов в листьях исследуемых древесных пород от уровня суммарного загрязнения атмосферного воздуха.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили древесные породы – липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) и рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl.), широко представленные в зеленых насаждениях г. Кемерово. Исследования проводили в летние периоды 2003–2005 гг. В качестве опытных служили деревья, произрастающие вдоль магистралей Ленинского, Центрального, Заводского, Рудничного и Киров-

ского районов города. Исследовали деревья, растущие в ленточных посадках по солнечной стороне улиц с интенсивным движением автотранспорта. В качестве контрольных использовали отдельно растущие деревья внутриквартальных посадок и скверов пос. Кедровка, расположенного в 20 км от городской черты.

Средний возраст опытных и контрольных деревьев 30–50 лет, что по биологической классификации возрастов древесных пород С. В. Белова [6] соответствует зрелости – репродуктивному периоду онтогенеза. Согласно данной классификации, репродуктивный период для мягколиственных пород составляет 25...40 – 40...50 лет.

Для экспериментальных исследований выбирали опытные и контрольные деревья с визуально схожим удовлетворительным жизненным состоянием. В утренние часы из нижней трети кроны дерева с южной стороны срезали ветки с листьями и в колбах доставляли в лабораторию. Исследовали листья без видимых признаков повреждений. Оценку функциональной активности фотосинтетического аппарата проводили по уровню восстановленных ассимилятов после 4-часовой экспозиции точной навески листьев на свету [7]. Повторность опытов трехкратная. Уровень восстановленных ассимилятов определяли у опытных и контрольных растений 3 раза за вегетацию – в середине июня, июля и августа.

Математическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью статистического пакета Statistika 5,5 для IBM-совместимых компьютеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментов показали, что в вегетационные периоды 2003–2005 гг. максимальная фотосинтетическая активность как у опытных, так и у контрольных деревьев липы мелколистной и рябины сибирской наблюдалась в июле. Это, очевидно, связано с максимальным ростом и развитием листового аппарата в этот период. К концу вегетации – в августе отмечалось снижение фотосинтетической способности у всех исследуемых древесных видов, что связано со старением листьев и замедлением процесса синтеза углеводов.

Сравнительная характеристика способности к синтезу углеводов листьев исследуемых деревьев в контрольной зоне показала, что в большей степени ею обладала рябина сибирская. Так, количество синтезируемых углеводов в листьях у рябины выше, чем у липы, на 10,2; 16,9 и 26,3 % соответственно в июне, июле и августе. Как показали данные, максимальное превосходство фотосинтетической способности у рябины над липой отмечалось в августе (на 26,3 %), тогда как синтез углеводов у исследуемых пород в этот период вегетации минимален.

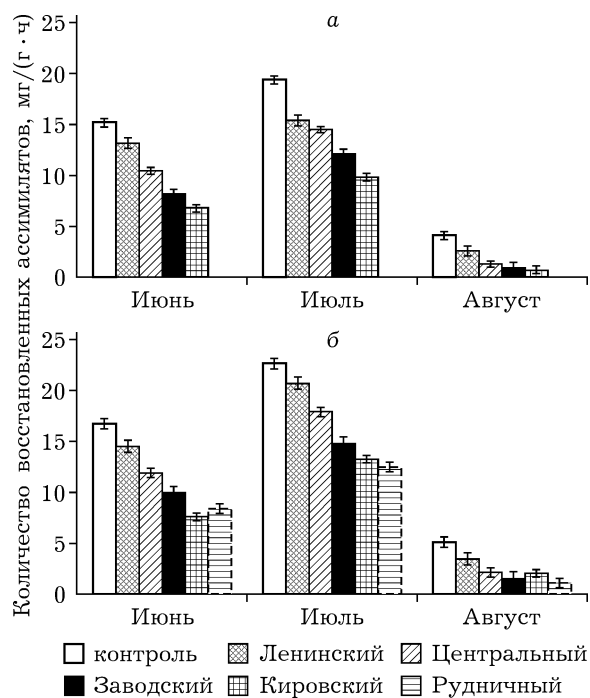
В условиях городской среды у опытных деревьев наблюдалось замедление синтеза углеводов по сравнению с контрольными растениями во все периоды наблюдений. Средние экспериментальные данные 2003–2005 гг. показали, что в городе как у рябины, так и у липы максимальное снижение синтеза углеводов в листьях отмечалось в июне и августе.

Сравнительная характеристика синтеза углеводов в листьях исследуемых древесных пород показала, что максимальное снижение данного показателя в городской среде по сравнению с контролем отмечено у липы мелколистной: в июне – на 13,2–55, а в августе – на 37,5–85 % от Ленинского к Кировскому району соответственно (см. рисунок, а).

В июле синтез углеводов в листьях опытных деревьев липы в городе ниже контрольных значений на 28–49,4 % (данные фотосинтетической способности липы по Заводскому району отсутствуют в связи с тем, что данная порода в примагистральных посадках не произрастает).

У рябины сибирской в городской среде синтез углеводов снижался в июне на 10,2–54,7, в августе – на 32,7–80, а в июле – на 8,6 – 45 % от Ленинского к Кировскому району соответственно (см. рисунок, б).

Таким образом, анализ полученных результатов позволил выявить видовую специфику в реакциях фотосинтетического аппарата на атмосферное загрязнение. В частности, выявлено, что липа мелколистная более чувствительна к комплексному загрязнению атмосферного воздуха, что выражалось в более значительном снижении синтеза углеводов в условиях города по сравнению с рябиной сибирской.



Интенсивность фотосинтеза в листьях липы мелколистной (а) и рябины сибирской (б) различных районов г. Кемерово (средние данные за 2003–2005 гг.)

Отмечена также зависимость показателя функциональной активности фотосинтетического аппарата опытных деревьев от уровня суммарной техногенной нагрузки различных районов города. Так, в большинстве случаев синтез углеводов у опытных деревьев максимально снижался в наиболее загрязненных районах города – Рудничном (КП = 7) и Кировском (КП = 9), в меньшей степени – в Центральном (КП = 5) и Заводском (КП = 6), а минимально – в наиболее благополучном Ленинском (КП = 3–4).

Данные математического анализа показали достоверную отрицательную корреляционную связь между количеством восстановленных ассимилятов у исследуемых видов древесных пород и уровнем суммарного загрязнения атмосферного воздуха разных районов города ($r = -0,50...-0,54$, $r = -0,54...-0,63$, при $p > 0,05$ у липы и рябины соответственно), что подтверждает возможность использования данного показателя фотосинтетической способности деревьев для оценки степени суммарной техногенной нагрузки атмосферы города.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что в условиях городской среды у липы мелколистной и рябины сибирской наблюдалось замедление синтеза углеводов в течение вегетации.

2. Фотосинтетический аппарат липы мелколистной обладал большей чувствительностью к комплексному загрязнению атмосферного воздуха, чем рябины сибирской, что выражалось в более значительном снижении у нее синтеза углеводов в условиях городской среды. В связи с чем липу мелколистную можно рекомендовать в качестве индикатора атмосферного загрязнения.

3. Наличие достоверной отрицательной корреляционной связи между количеством восстановленных ассимилятов у исследуемых древесных пород и уровнем суммарного загрязнения атмосферного воздуха различных районов города подтверждает возможность использования данного показателя фотосин-

тетической способности деревьев для оценки степени суммарного техногенного загрязнения атмосферы городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: Экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2003. 222 с.
2. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. 278 с.
3. Николаевский В. С. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. М., 1989. 65 с.
4. Сергейчик С. А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. Минск: Наука и техника, 1984. 168 с.
5. Быков А. А., Неверова О. А. Моделирование загрязнения атмосферы и экологическое зонирование территории г. Кемерово // Инженерная экология. 2002. № 6. С. 25–32.
6. Белов С. В., Лесоводство. М.: Лесная пром-сть, 1983. С. 8–20.
7. Быков О. Д. Бескамерный способ изучения фотосинтеза. Методические указания. Л.: ВИР, 1974. 17 с.

Photosynthetic Capacity of Wood Plants as an Indicator of Total Pollution of the Atmosphere of Urban Environment

O. A. NEVEROVA, O. L. TSANDEKOVA

*Institute of Human Ecology SB RAS
650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10
E-mail: biomonitpring@bk.ru*

The photosynthetic capacity of wood plants under urban conditions was evaluated on the basis of the level of reduced assimilates. Noticeable deceleration of the synthesis of carbohydrates was observed in *Sorbus sibirica* and *Tilia cordata* during vegetation, which correlated negatively with the overall technogenic load on the atmosphere in different districts of the city. It was concluded that this index of photosynthetic capacity may be used as an indicator of overall pollution of urban air, and *Tilia cordata* may be accepted as the indicator species.

Key words: photosynthesis intensity, reduced assimilates, *Tilia cordata*, *Sorbus sibirica*, atmospheric pollution, vegetation.