

УДК 543.813 + 541.144

Изучение возможностей некоторых декоративных растений как фитофильтров для очистки газовой среды помещений от формальдегида и других карбонильных соединений

Н. В. ЦЫБУЛЯ¹, Н. А. РЫЧКОВА², Г. Г. ДУЛЬЦЕВА³, Г. И. СКУБНЕВСКАЯ³¹Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск 630090 (Россия)²Новосибирская государственная медицинская академия, Красный проспект, 52, Новосибирск 630091 (Россия)³Институт химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН, ул. Институтская, 3, Новосибирск 630090 (Россия)
E-mail: dultseva@ns.kinetics.nsc.ru

(Поступила 20.11.2000)

Аннотация

Исследовано изменение концентрации карбонильных соединений в воздухе детских учреждений Новосибирска при озеленении некоторыми видами декоративных растений, обладающих выраженной поглощательной способностью по отношению к органическим веществам. Исследования проводились в помещениях как с внутренними источниками карбонильных соединений (конструкционные материалы, обои, краски), так и с внешними (расположение на пересечении напряженных автомагистралей). Показано, что в обоих случаях в присутствии растений наблюдаются достоверно меньшие концентрации карбонильных соединений, чем в контрольном помещении без озеленения.

ВВЕДЕНИЕ

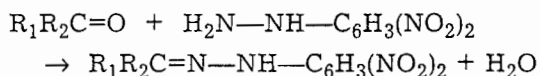
Проблему загрязнения воздуха помещений карбонильными соединениями можно считать не менее актуальной, чем проблему загрязнения воздуха городов, поскольку в помещении человек проводит около 80 % времени. По международным стандартам, индикаторами качества воздуха в жилых помещениях выбраны два химических соединения – бенз(а)пирен и формальдегид [1]. Первое из этих соединений является сильнейшим канцерогеном. Проявляет канцерогенные свойства и формальдегид, он относится также и к мутагенам. Опасность формальдегида как генотоксического вещества не только в том, что он индуцирует соматические мутации, опасные для жизни организма, но и в том, что мутации накапливаются, передаются потомству и проявляются в последующих поколениях. В

соответствии с рекомендациями ВОЗ, опасный уровень воздействия формальдегида на человека составляет 100 ppb (130 мкг/м³) в течение часа. Измерения показывают, что содержание формальдегида в помещениях часто превышает установленные нормы. Источниками формальдегида и других небезвредных карбонильных соединений (ацетальдегида, акролеина и др.) в воздухе помещений являются новые материалы, используемые в строительстве и для внутренней отделки помещений: панели и плиты, изготовленные из прессованной древесины или пластмасс с применением мочевиноформальдегидных или фенолоформальдегидных смол. Карбонилы выделяются также лаками, красками, декоративными покрытиями, тканями, мебелью. Рекомендации по снижению уровня загрязнения воздуха помещений карбонильными соединениями обычно вклю-

чают уменьшение мощности источников (что не всегда достижимо) и увеличение эффективности вентиляции (что не всегда приводит к улучшению, особенно в условиях сильного антропогенного загрязнения наружного воздуха). Определенные надежды связываются с новым биологическим методом оздоровления воздушной среды помещений — экологическим фитодизайном. Этот метод заключается в использовании способности некоторых декоративных растений в силу своих эколого-биологических особенностей поглощать и нейтрализовать чужеродные вещества (ксенобиотики) из воздуха.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для измерения концентрации карбонильных соединений в воздухе помещений использовали метод, широко применяющийся в химии атмосферы: определение карбониллов в виде их гидразонов [2]. Исследуемый воздух прокачивали со скоростью 1.5 л/мин через сорбционные трубки с молотым кварцем, на который был нанесен раствор 2,4-динитрофенилгидразина в воде, подкисленной до pH 2 серной кислотой. При взаимодействии с карбонилами воздуха происходит образование гидразонов:



Образующиеся гидразоны идентифицировали при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии на микроколоночном хроматографе Милихром-1 с детектированием по УФ-поглощению на длине волны 354 нм. Использовались стандартные колонки КАХ-2 с обращенно-фазовым сорбентом Лихросорб C₁₈. Элюент — смесь ацетонитрила с водой 3:1. Количественное определение выполняли при помощи градуировочных графиков, построенных с использованием специально синтезированных гидразонов формальдегида, ацетальдегида, акролеина и бензальдегида. Предел чувствительности данной методики составлял 0.6 нг формальдегида в образце, введенном в хроматограф. Диапазон опреде-

ляемых концентраций карбонильных соединений — от 0.1 до 180 мкг/м³.

При исследовании воздуха внутри помещений обнаружено, что, как и в наружном воздухе, самым распространенным карбониллом является формальдегид. Содержание ацетальдегида составляет в среднем не более 5 % от уровня формальдегида, акролеина — 1 % и менее, бензальдегида — менее 0.5 %. Поэтому в дальнейшем главное внимание обращали на уровень формальдегида как приоритетного загрязнителя.

Измерения выполнялись в помещениях детских учреждений Новосибирска. Для озеленения помещений использовались декоративные растения — эпифиты, а также растения, для которых характерно вегетативное размножение с помощью “деток”, и быстрорастущие крупномерные, поглощательные способности которых по отношению к органическим загрязнителям воздуха изучались ранее [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В детском саду № 352, где проводились исследования, был капитальный ремонт с использованием линолеума, виниловых обоев, масляной краски и т.п. Хотя с момента завершения ремонта прошло около 3 месяцев, содержание формальдегида в воздухе оставалось высоким (40–45 мкг/м³). Присутствовали в воздухе также ацетальдегид (2 мкг/м³) и акролеин (1 мкг/м³). Содержание карбониллов измеряли в двух идентичных игровых помещениях. Далее в одном из них были установлены растения, относящиеся к группе фиточистот и обладающие выраженной поглощающей способностью в отношении органических газообразных ксенобиотиков: фикус Бенджамина (возраст 5 лет), хлорофитум хохлатый (1 год) — 5 шт., питкарния Андре (4 года), виды рода бегония (3 мес.) — 3 шт., монстера привлекательная (3 года). Повторные измерения выполняли спустя 36 ч после установки растений в опытном помещении (в одном из углов комнаты). Произошло снижение концентрации формальдегида вблизи

растений до 28 мкг/м^3 , при этом в центре помещения концентрация составляла 39 мкг/м^3 . Уровни ацетальдегида и акролеина снизились практически до предела обнаружения. Через неделю содержание формальдегида вблизи растений снизилось до 17 мкг/м^3 (что составляет 30 % от первоначального уровня), в центре комнаты – до 27 мкг/м^3 . На рис. 1 представлено изменение содержания формальдегида в воздухе помещения в зависимости от расстояния до растений. В контрольном помещении содержание формальдегида в течение недели сохранялось на исходном уровне – 41.5 мкг/м^3 .

Для оценки масштабов такого стока формальдегида был проведен кинетический расчет с учетом интенсивности воздухообмена и в предположении, что формальдегид расходуется в некоторой гипотетической газофазной бимолекулярной реакции. Эту реакцию считали протекающей в объеме, занимаемом растениями, при этом концентрацию второго компонента принимали близкой к концентрации кислорода в атмосфере. Такой расчет дал значение эффективной константы скорости гипотетической реакции $\sim 3 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3/\text{с}$. Как видим, для поддержания наблюдаемой разности концентраций формальдегида достаточно даже такой медленной реакции.

Детский сад № 37 находится в экологически неблагоприятной зоне на пересечении напряженных автомагистралей в центре города, вблизи располагаются промышленные предприятия. Причиной повышенного содержания формальдегида в воздухе помещений $\text{СН}_2\text{СО}$, мкг/м^3 .

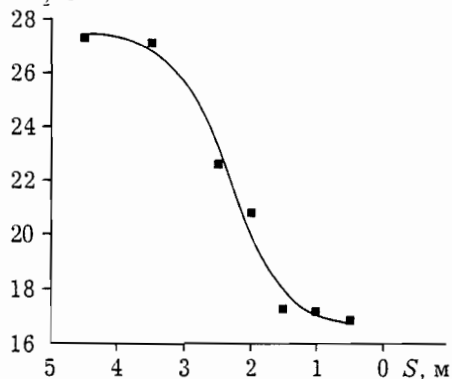


Рис. 1. Снижение концентрации формальдегида в воздухе комнаты через 36 ч после установки растений.

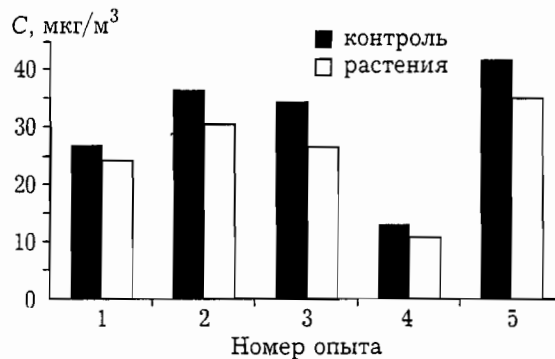


Рис. 2. Концентрация формальдегида в воздухе помещения, находящегося в экологически неблагоприятной зоне (пересечение автомагистралей).

являлось его постоянное поступление извне. Измерения проводили в течение месяца на улице и в двух помещениях – в опытном, где были установлены растения из группы фитофильтров, и в контрольном. В опытном помещении находились 26 растений: хлорофитум хохлатый (в возрасте 1 год) – 10 шт., бильбергия пониклая (3 года) – 5 шт., бриофиллум Дегремона (1 год) – 5 шт., виды рода бегоний (1 год) – 5 шт., фикус Бенджамина (3 года) – 1 шт., мирт обыкновенный (2 года) – 1 шт., шефлера восьмилисточковая (2 года) – 1 шт., виноград антарктический (2 года) – 1 шт. Объем помещения составлял 370 м^3 . Концентрация формальдегида по дням была различной, так как зависела от метеоусловий (влажности, температуры, направления ветра), однако в опытном помещении она систематически была на 15–20 % ниже, чем в контрольном (рис. 2). Пусть это снижение невелико, но в настоящее время нет других способов очистки газовой среды при постоянном поступлении ксенобиотиков извне. Возможно, что со временем, когда растения вырастут, эффект будет значительнее.

Таким образом, способность исследованных растений поглощать газообразные углеводороды представляет практический интерес для построения надежных систем жизнеобеспечения с использованием фитофильтров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучена возможность использования некоторых декоративных растений, обладающих

выраженной способностью поглощать ксенобиотики из воздуха, в качестве фитофильтров для оздоровления воздуха внутри помещений. Показано, что при использовании таких фитофильтров достигается устойчивое снижение концентрации самого распространенного и опасного из карбонильных соединений — формальдегида — в среднем на 20–30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Н. J. Wiel, E. Lebet, W. K. Lingen, Man and His Ecosystem: Proc. 8th World Clean Air Congress, Amsterdam, 1989, Vol. 1, pp. 193–198.
- 2 G. I. Skubnevskaya, G. G. Dultseva, *J. Ecol. Chem.*, 3, 2 (1994) 133.
- 3 В. Б. Богатырь, Всесоюз. совещ. "Интродукция тропических и субтропических растений закрытого грунта" (Кишинев, 1989 г.): Тез. докл., Кишинев, 1989, с. 29–30.