

다섯가지 관엽식물의 광합성에 의한 실내 이산화탄소 제거능력 비교

박신애¹ · 김민지¹ · 류명화¹ · 오명민² · 손기철^{1*}

¹건국대학교 환경과학과, ²충북대학교 원예과학과

Comparison of Indoor CO₂ Removal Capability of Five Foliage Plants by Photosynthesis

Sin-Ae Park¹, Min-Gi Kim¹, Mung-Hwa Yoo¹, Myung-Min Oh², and Ki-Cheol Son^{1*}

¹Department of Environmental Science, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea

²Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract. This study was conducted to determine the effects of foliage plants on reducing indoor carbon dioxide (CO₂). Five foliage plants such as *Hedera helix* L., *Ficus benjamina* L., *Pachira aquatica*, *Chamaedorea elegans*, and *Ficus elastica* were selected and cultivated in two different growth medium (peatmoss and hydroball). Each plant was placed in an airtight chamber and then treated with the combinations of two different CO₂ concentrations (500 or 1,000 ppm) and two different light intensities (50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). The change of CO₂ concentration (ppm) in the airtight chamber during day and night was measured and then converted into the photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). As the results, each foliage plant reduced CO₂ level in the airtight chamber for one hour by photosynthesis. *Pachira aquatica* and *Ficus elastica* absorbed CO₂ more effectively compared to the other plants. The plants exposed to higher CO₂ concentration (1,000 ppm) and higher light intensity (200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) showed more effective CO₂ elimination rate and photosynthetic rate. The plants that have wide leaves and big leaf areas such as *Pachira aquatica*, *Hedera helix* L., and *Ficus elastica* showed higher photosynthetic rate than the other plants that have smaller leaves. Released CO₂ concentration by respiration of the plants during the night was very low compared to the absorbed CO₂ concentration by photosynthesis during the day. There was no significant difference between peatmoss and hydroball medium on reducing CO₂ concentration and increasing photosynthetic rate. In conclusion, this study suggested that foliage plants can effectively eliminate indoor CO₂. Optimum environmental control in relation to photosynthesis and usage of right indoor foliage plants having lots of leaves and showing active photosynthesis even under low light intensity like indoor light condition would be required to increase the elimination capacity of indoor CO₂.

Additional key words: hydroball medium, indoor plant, light intensity, photosynthetic rate

서 언

도시의 산업화와 에너지 사용량이 증가함에 따라 광화학 산화물, 질소 산화물, 탄화 수소류, 유해한 화학 물질 및 분진 등과 같은 도시형 대기 오염 물질의 발생이 증가되고 있다(Johnston 등 2002; WHO, 2000). 대기오염 물질은 각종 형태로 배출되어 실내에 유입될 수 있으며, 에너지 절약 및 효율을 높이기 위한 건물의 밀폐화로 인하여 실내 오염 물질은 계속 증가되고 있다(Sawada와 Oyabu, 2008). 이런 상

황에서 현대 도시인들은 직장과 집과 같은 실내에서 하루 24시간 중 85-90%를 보내기 때문에 실내 공기 환경은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다(Guieysse 등, 2008; Shiotsu와 Yoshizawa, 1998). 실내 공기의 청정도 유지는 인간 건강에 중요한 요소(Robinson과 Nelson, 1995; Zhang과 Smith, 2003)일 뿐만 아니라, 작업능률 향상에 기폭제가 되기도 한다(Dorgan 등, 1998).

이산화탄소는 자연적으로나 인위적으로 배출량이 매우 높은 물질로서 지구 온난화 현상을 일으키는 주요 요소중에

*Corresponding author: kcson@konkuk.ac.kr

※ Received 19 May 2010; Accepted 28 June 2010. 본 연구는 환경부의 환경기술개발사업 과제임.

하나이다(Cox 등, 2000). 이산화탄소는 미생물의 분해 작용이나 인간의 물질 대사 과정 및 실내에서 사용되는 석유, 가스 스토브 등 개방형 연소기구를 작동시킬 때 발생된다(Moriske 등, 1996; Wanner, 1993). 일반적으로 실내 이산화탄소 농도범위는 700ppm-2,000ppm이지만, 우리나라 건축법과 환경 보전법에서 정하는 실내 공기 중의 이산화탄소 기준량은 한 시간 평균 1,000ppm 이하이며(Ministry of Environment, 1997), 미국냉난방공조기술자학회(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE))에서 제시한 기준 역시 1,000ppm이다(ASHRAE, 1989). 연소기구가 작동하는 동안은 실내 이산화탄소의 농도가 3,000ppm을 초과할 수 있으며(Arashidani 등, 1996), 5,000ppm 이상의 고농도 이산화탄소에 노출될 경우 호흡장애, 두통 및 어지러움 등에 영향을 줄 수 있다고 보고된 바 있다(Schwarzberg, 1993). 공기정화 장치는 실내의 이산화탄소를 적정 농도로 유지시킬 수 있지만 비용 부담 측면이나 장기 운영에 의해 기계자체의 오염을 확인할 수 없다는 점이 단점으로 지적되고 있다.

실내 공기 정화를 위한 생물학적 방법으로써 식물을 실내에 도입하는 연구들이 시도되어 왔는데(Han, 2001; Hong, 2000; Park과 Lee, 1997; Son 등, 2000; Woleverton 등, 1989), 실내에서 재배되는 식물은 생육을 위한 광합성 대사 작용을 위해 실내의 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출함으로써 밀폐된 실내 공간 내의 공기를 자연적으로 정화한다. 식물 이용은 경제적이고 자연친화적이며 공학적 방법에 의한 부작용을 개선할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Sawada와 Oyabu, 2008). 하지만 실제 실내 공기 정화를 위해 식물을 사용하기 위한 기초 자료가 여전히 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 실내에서 많이 이용되는 관엽식물 5종을 선정하여 이산화탄소가 주입된 밀폐된 동화상에서 식물의 광합성에 영향을 줄 수 있는 조건인 배지, 광도, 및 초기 이산화탄소 농도에 따른 각 식물의 이산화탄소 교환율을 측정하고, 기초 광합성률과 비교함으로써, 이 관엽식물들의 실내 이산화탄소 제거능을 규명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

식물재료 및 재배환경

실험에 사용된 식물들은 호텔, 사무실 및 가정과 같은 실내 환경에서 많이 이용되는 관엽식물 중 일반적으로 기호도와 이용도가 높은 헤데라(*Hedera helix* L.), 벤자민 고무나무(*Ficus benjamina* L.), 파키라(*Pachira aquatica*), 테이블야자(*Chamaedorea elegans*), 인도 고무나무(*Ficus elastica*)

를 사용하였다(Kang 등, 1990; Park과 Shim, 1989). 모든 식물들은 경기도에 위치한 재배농가에서 구입한 후, 직경 18cm 화분에 피트모스 배지(Sunshine Mixed No.1, SunGro Inc., USA) 또는 하이드로볼 배지(Luwasa hydroculture, Switzerland)를 사용하여 각각 옮겨 심었다. 공시재료는 자연광을 약 40% 차광한 건국대학교 유리온실($200 \pm 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 광도, $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 온도, $40 \pm 10\%$ 습도)에서 6개월 동안 순화되었다. 피트모스에 이식된 식물에 5일마다 두상관수를 실시하였고, 하이드로볼에 이식된 식물에는 매일 관수하여 배지에 항상 충분한 수분을 유지시켰다. 모든 식물에 4주마다 액비 Technigro(N:P:K = 24:7:5, SunGro Inc., USA) 200ppm을 시비하였다.

실내 이산화탄소 측정을 위한 동화상 제작

본 실험을 위해 제작된 동화상은 5T 두께의 스테인레스와 유리를 사용하여 0.6m(가로) × 0.6m(세로) × 0.9m(높이)의 크기로, 총 체적은 324L로 만들어졌다. 모서리나 연결부위는 실리콘으로 마감하여 가스 누출을 방지하였고, 팬을 동화상의 위와 아래 두 곳에 설치하여 내부 공기가 잘 혼합되도록 하였다. 완전 밀폐된 동화상은 온습도를 제어할 수 있는 식물 생육상(두리과학, DF-95G-1485)에 넣어 챔버 내 환경을 조절하였다. 동화상 장치내 습도조절을 위해 2m stainless tubing(관: 직경 4mm)를 챔버내 바닥 부분에 설치하여, 8-10°C 물을 자동온도 조절장치에 의해 순환시켰다. 생육상의 광원은 형광등과 메탈할라이드 등을 사용하였다.

배지 종류와 광도에 따른 주야간의 이산화탄소 교환 능력 측정

공시된 관엽식물을 한 개체씩 밀폐 동화상에 넣고 측정하였으며, 초기 이산화탄소의 농도를 건축법과 환경 보전법에 명시된 실내 공기 중의 이산화탄소 기준량 1,000ppm(Ministry of Environment, 1997)과 그것의 절반인 500ppm으로 설정하였다. 생장상의 광도는 50과 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 두 수준으로 설정하였으며, 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도는 50-60%로 유지하였다. 동화상 안에 설치된 실내종합환경측정기(Portable IAQ monitor, BABUC A, LSI, Italy)에 의해서 관엽식물이 들어있는 밀폐 동화상 안의 이산화탄소 변화량을 각각 명기(12시간)와 암기(12시간) 시작 후 3-4시간째에 측정되었다. 처리별 3개체씩 반복 측정하였다.

식물의 지상부와 식물체를 제외한 지하부의 이산화탄소 교환량을 비교하기 위해서, 식물의 지하부를 폴리에틸렌 필름으로 밀봉한 상태와 밀봉하지 않은 상태를 반복 측정하였다. 이산화탄소 변화량은 식물을 밀폐 동화상에 넣은 직후부터 1시간 동안 오전에 측정되었다. 모든 식물들은 동화상

에 넣어 측정하기 전에 2주 정도 실험 환경과 동일한 조건의 동화상에 두고 순화시켰다. 밀폐 동화상에서 측정된 이산화탄소 변화량을 광합성 속도로 산출하였다(Kim 등, 2003).

결과 및 고찰

이산화탄소 농도의 변화

주간에 밀폐 동화상 안의 이산화탄소의 농도는 모든 5가지 관엽식물에 의해서 시간이 경과됨에 따라 감소되었다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5). 이는 주간에 빛에 의한 식물의 광합성 작용에 의한 현상으로 해석될 수 있다. 하지만 관엽식물의 종류에 따라서 이산화탄소 농도의 감소율은 달랐다. 파키라는 시간당 최대 37.3%까지 이산화탄소를 흡수하여 5가지 관엽식물 중 가장 높은 이산화탄소 제거율을 보였다(Fig. 3). 인도 고무나무도 30%를 웃도는 높은 이산화탄소 제거율(31.7%)을 기록하였다. 이 두 관엽식물들은 엽면적이 넓고, 엽수가 많아 식물 개체당 높은 광합성 효율을 보인 것으로 판단된다. 테이블야자, 벤자민 고무나무, 헤데라는 각각 최대 21.8%, 17.3%, 14.3%까지의 이산화탄소 제거 능력을 보였다.

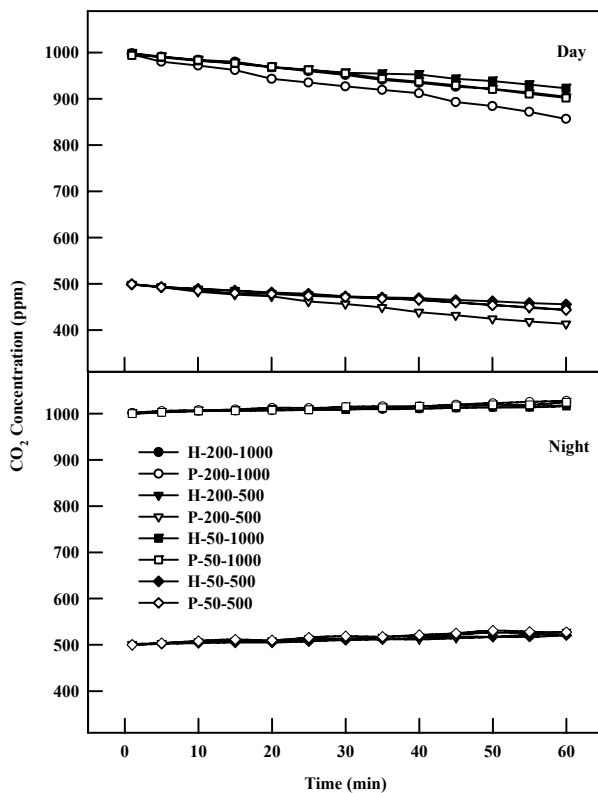


Fig. 1. Changes of CO₂ concentration during day and night by *Hedera helix* L. in an airtight chamber treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball (H) or peatmoss (P).

이산화탄소 제거율은 초기 이산화탄소의 농도에 의해서도 변화되었다. 사용한 모든 관엽식물에서 1,000ppm의 초기 이산화탄소 농도처리가 500ppm 처리에 비해 높은 이산화탄소 제거 효율을 보였다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5). 즉 식물별 8가지 처리중 가장 높은 효율을 보인 처리가 광이나 배지와 같은 다른 요인에 관계없이 모두 1,000ppm처리였다. Park 등(2010)의 연구에서, 본 실험에 사용한 3가지 관엽식물(헤데라, 벤자민고무나무, 파키라)을 포함한 8가지 관엽식물의 이산화탄소 농도에 따른 광합성 속도를 조사한 결과, 측정된 모든 관엽식물의 이산화탄소 포화점이 500ppm 이상이었으므로, 1,000ppm일때 광합성 속도의 현저한 차이가 설명될 수 있다.

주간에 광 강도에 의한 이산화탄소 제거율 역시 위의 초기 이산화탄소 처리와 같이 처리별 차이가 확인되었다. 밀폐된 동화상에 식물을 넣은지 1시간째 되었을 때 헤데라를 제외한 모든 관엽식물에서 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 조건이 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 조건에 비해 현저히 낮은 이산화탄소의 농도를 기록하였다(Fig. 2, 3, 4, 5). 특히 벤자민고무나무, 파키라, 인도고무나무는 두 가지 수준의 초기 이산화탄소 조건 모두에서 광 강도에 의한 뚜렷한 차이를 보였다. 이

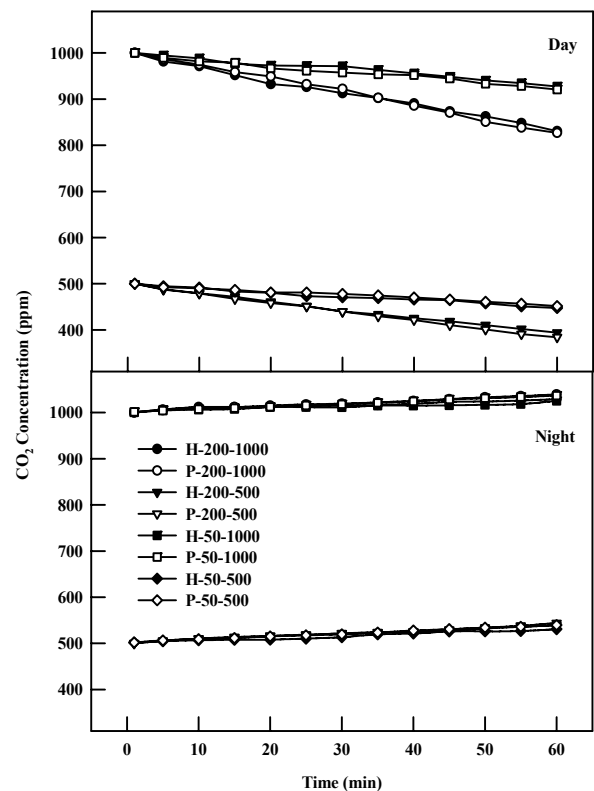


Fig. 2. Changes of CO₂ concentration during day and night by *Ficus benjamina* L. in an airtight chamber treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball (H) or peatmoss (P).

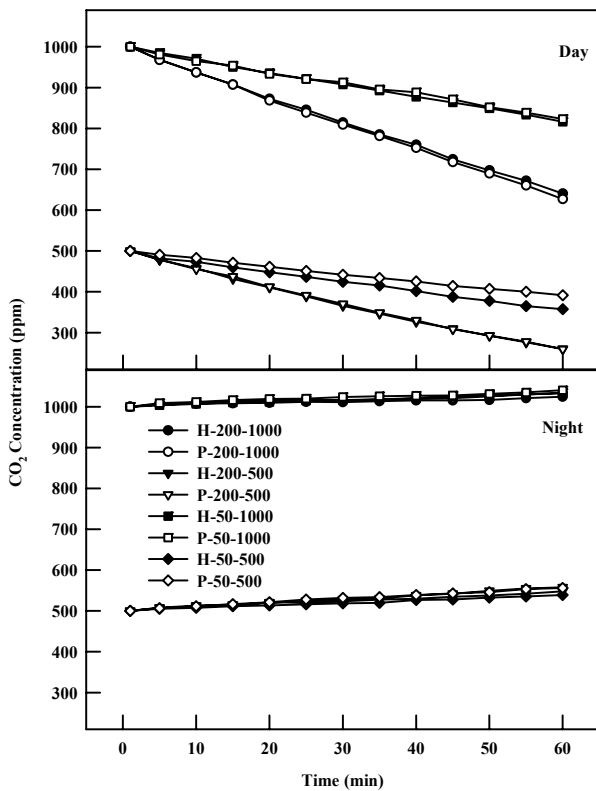


Fig. 3. Changes of CO₂ concentration during day and night by *Pachira aquatica* in an airtight chamber treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball (H) or peatmoss (P).

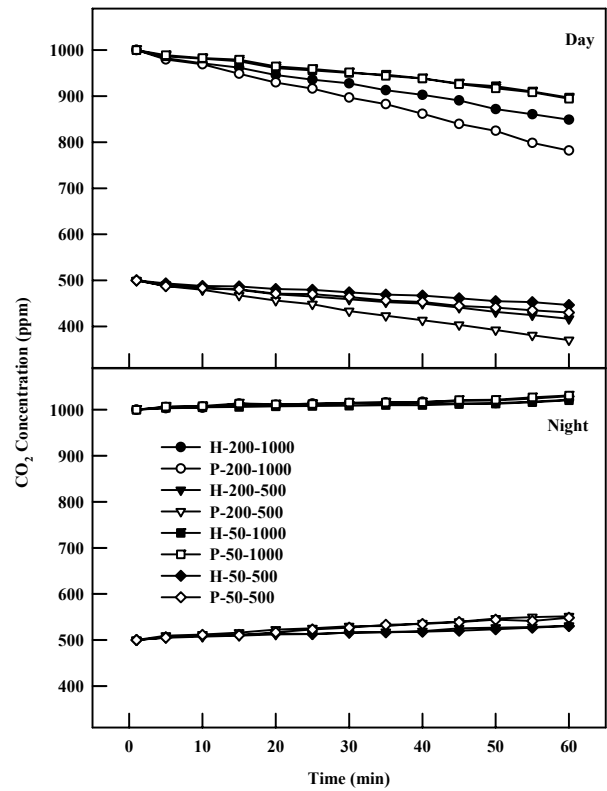


Fig. 4. Changes of CO₂ concentration during day and night by *Chamaedorea elegans* in an airtight chamber treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball (H) or peatmoss (P).

결과 또한 관엽식물들의 광 보상점이 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이상이라는 측면에서 $50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 조건보다 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 조건에서 더욱 활발한 광합성이 예상된다는 이전의 연구와 일치하는 결과이다(Park 등, 2010).

배지 처리에 의한 이산화탄소의 제거능 또한 차이가 있었다. 모든 관엽식물에서 피트모스를 이용한 배지가 하이드로볼을 이용한 배지에 비해 다소 높은 이산화탄소 제거능을 보였다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5). 하지만 대부분 관엽식물에서 그 효과가 초기 이산화탄소 처리나 광 강도 처리에 의한 효과에 비해서 미미했다. 본 실험에서 배지에 의한 이산화탄소 제거 효과는 적었지만, 토양을 이용해 실내 식물을 재배하는 경우가 토양을 사용하지 않고 재배한 경우에 비해 광합성을 통한 실내 공기 정화능력이 향상되었고(Sawada와 Oyabu, 2008), 실내식물을 이용한 또 다른 공기정화 실험에서는 배지를 포함한 지하부가 포름알데히드와 같은 유해한 휘발성 공기 오염원을 제거하는데 지상부보다 훨씬 뛰어났다는 결과가 보고되었다(Kim 등, 2008). 이러한 측면에서 배지는 실내 식물을 이용한 실내 공기 정화에 매우 중요한 요소임에 틀림없다.

야간에는 밀폐 동화상 안의 이산화탄소량이 모든 실내식

물들에서 약간 증가하였다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5). 그러나, 시간당 약 2-6%의 이산화탄소의 증가율만을 보여 주간에 흡수된 이산화탄소량에 비해 야간에 식물의 호흡에 의해서 방출되는 이산화탄소량은 매우 적은 것으로 나타났다. 초기 이산화탄소 농도, 광 강도, 배지에 의한 처리 또한 이산화탄소 농도의 변화에 큰 영향을 주지 않았다.

광합성 속도의 변화

각 처리별 1시간 동안의 이산화탄소의 변화량을 이용하여 주간의 5가지 관엽식물의 지상부(식물체)와 지하부(토양)의 광합성 속도를 산출하였다(Table 1). 식물별 광합성 속도는 다양하였으며, 실내 식물 중 파키라, 헤데라, 인도 고무나무가 비교적 높은 광합성 속도를 보였다. 각 식물에 따른 지상부의 광합성 속도는 초기 이산화탄소의 농도와 광 강도에 의해 통계적으로 유의적인 차이를 나타냈지만, 배지에 의한 효과는 찾아볼 수 없었다. 사용된 배지와는 관계없이 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 강도에 1,000ppm 초기 이산화탄소 조건에서 유의적으로 가장 높은 광합성 속도를 보였다. 그 다음은 두 처리 조합, 즉 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 강도에 500ppm 초기 이산화탄소 처리 조합과 $50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의

광 강도에 1,000ppm 초기 이산화탄소 처리 조합이 광합성 속도 증가에 미치는 영향은 헤데라, 파키라, 테이블 야자에

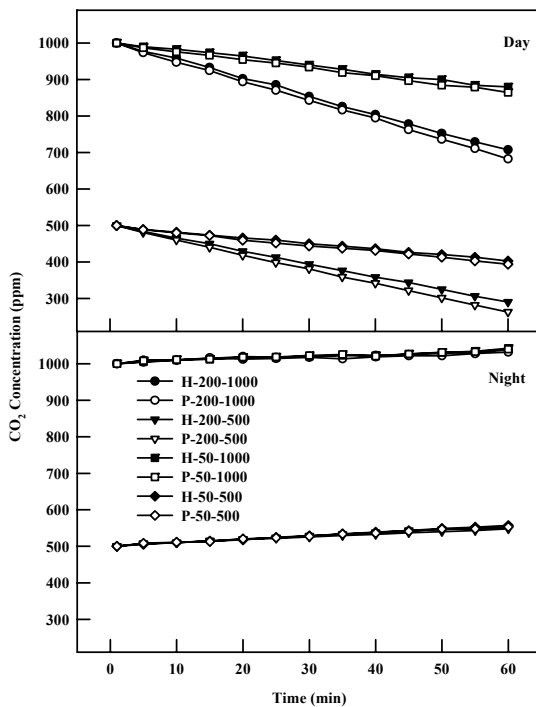


Fig. 5. Changes of CO₂ concentration during day and night by *Ficus elastica* in an airtight chamber treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball (H) or peatmoss (P).

서 거의 비슷했으나, 벤자민과 인도 고무나무에서는 광 강도가 초기 이산화탄소의 농도보다 더 비중있게 작용하여 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 강도에 500ppm 초기 이산화탄소 조건이 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광 강도에 1,000ppm 초기 이산화탄소 조건에 비해 유의적으로 높은 광합성 속도를 기록했다. 마지막 낮은 광 강도(50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 낮은 초기 이산화탄소의 농도(500ppm) 조합에서 가장 낮은 광합성 속도를 확인할 수 있었다.

지하부의 단위 시간과 단위 면적당 이산화탄소의 발생량은 어떠한 처리 요소에 의해서도 통계적으로 유의적 차이를 보이지 않았다(Table 1). 지하부에 의한 이산화탄소의 흡수량은 지상부에 비해 매우 작았으며, 시아노박테리아(cyanobacteria)와 같은 일부 토양 미생물의 광합성 작용에 의한 것으로 생각된다(Prasanna 등, 2009). 하지만 일반적으로 토양 미생물과 식물의 뿌리는 산소를 사용하여 호흡을 하면서 이산화탄소를 배출하며, 토양 유기물의 분해 과정에서 발생하는 이산화탄소 또한 농도 변화에 영향을 미치는 요인으로 작용하기 때문에 지하부의 이산화탄소의 배출과 흡수를 정량화하기는 쉽지 않다(Kuzyakov, 2006; Sierra와 Renault, 1995). 결국 지상부 즉 식물체에 의한 광합성이 이산화탄소 제거의 주요 원동력임을 확인할 수 있었으며, 지상부의 앞에서 광합성의 일환으로 공기중의 이산화탄소가 기공을 통해 흡수될 때 공기 중의 오염물질들 또한 동시에 흡수되기

Table 1. CO₂ uptake rate of plant (photosynthetic rate) and soil part of five foliage plants treated with the combinations of 500 or 1000 ppm CO₂ and 50 or 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity. The plant was grown in an 18 cm pot (diameter) containing hydroball or peatmoss.

Medium	Light intensity ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Initial CO ₂ (ppm)	CO ₂ uptake rate rate ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)									
			Hedera helix L.		Ficus benjamina		Pachira aquatica		Chamaedorea elegans		Ficus elastica	
			Plant	Soil	Plant	Soil	Plant	Soil	Plant	Soil	Plant	Soil
Peatmoss	50	500	0.6 cz	0.3	0.4 e	0.2	1.2 bc	0.3	0.5 d	0.0	0.6 d	0.1
		1000	1.3 b	0.2	0.6 d	0.2	1.7 bc	0.2	1.0 bc	0.0	0.8 d	0.2
	200	500	1.2 b	0.3	1.1 bc	0.0	2.0 b	0.3	0.7 bcd	0.1	1.6 bc	0.0
		1000	2.3 a	0.2	1.4 a	0.4	3.1 a	0.4	1.2 ab	0.3	2.0 a	0.2
Hydroball	50	500	0.9 bc	0.2	0.4 e	0.1	0.9 c	0.1	0.6 cd	0.0	0.5 d	0.1
		1000	1.2 b	0.3	0.6 de	0.2	1.4 bc	0.3	0.8 bcd	0.1	0.7 d	0.2
	200	500	1.2 b	0.5	0.9 c	0.2	2.0 b	0.2	0.9 bcd	0.3	1.4 c	0.0
		1000	2.3 a	0.5	1.3 ab	0.4	3.1 a	0.3	1.6 a	0.4	1.9 ab	0.0
Medium			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CO ₂			***	NS	***	NS	***	NS	***	NS	***	NS
Light intensity			***	NS	***	NS	***	NS	**	NS	***	NS
Medium × CO ₂			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Medium × Light intensity			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CO ₂ × Light intensity			**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

²Mean separation within column by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

때문에 이산화탄소가 다른 오염물질 정화 측면에서도 지상부의 광합성 능력은 매우 중요하다고 할 수 있다(Darrall, 1989; Park과 Lee, 1997).

결론적으로, 본 실험에서 사용한 5종의 관엽식물 중에서 파키라와 인도 고무나무가 효율적인 이산화탄소 제거능을 보였고 또한 비교적 높은 광합성 속도를 보였다. 이산화탄소와 광 강도는 이산화탄소 제거 효율과 광합성 속도에 직접적인 영향을 주었다. 높은 초기 이산화탄소의 농도(1,000ppm)와 강한 광 강도($200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)는 식물의 광합성 속도를 증가시켰으며, 그로 인해서 더 많이 밀폐 동화상 내의 이산화탄소를 소비할 수 있었다. 따라서 관엽식물을 포함한 실내 식물을 이용한 실내 공기 정화식물이 광합성을 잘 할 수 있는 환경을 조성해 주는 것이 중요하다고 판단되었다. 또한 잎이 크거나 많은 식물과 파키라나 인도 고무나무처럼 실내와 같은 저광 조건에서도 광합성을 비교적 활발하게 하는 식물이 실내 이산화탄소 제거용으로 적합하였다. 이산화탄소 흡수량이나 광합성률에 대해서 배지 간에 큰 차이가 나지 않았지만, 배지의 사용은 실내의 오염된 공기를 정화하는데 중요한 역할을 하는 없어서는 안 될 필수 요소이다.

초 록

본 연구는 실내 관엽식물들의 실내 이산화탄소 제거능을 규명하기 위해서 수행되었다. 본 실험에서는 5종의 관엽식물인 헤데라(*Hedera helix* L.), 벤자민 고무나무(*Ficus benjamina* L.), 파키라(*Pachira aquatica*), 테이블 야자(*Chamaedorea elegans*), 인도 고무나무(*Ficus elastica*)를 사용하였다. 피트모스 배지와 하이드로볼 배지에 이식된 식물을 각각 밀폐 동화상에 넣고, 이산화탄소 500ppm 또는 1,000ppm을 주입하고, 광도는 50과 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 두 수준으로 하여, 주간과 야간의 이산화탄소 변화량을 1시간 동안 측정하였다. 또한, 측정된 이산화탄소의 변화량을 광합성 속도($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)로 산출하였다. 주간에 모든 품종의 식물들이 밀폐 동화상 안의 이산화탄소를 흡수하였다. 파키라(*Pachira aquatica*)와 인도 고무나무(*Ficus elastica*)가 이산화탄소 제거에 효과적이었다. 초기 주입된 이산화탄소 농도가 500ppm일 때보다 1000ppm일 때, 광도가 $50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 일 때보다 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 일 때 이산화탄소 흡수량이 크며, 광합성률이 높은 것으로 나타났다. 식물별로 광합성률을 비교해 보면, 파키라(*Pachira aquatica*), 헤데라(*Hedera helix* L.), 인도 고무나무(*Ficus elastica*)와 같이 엽면적이 넓은 식물들이 상대적으로 엽면적이 작은 테이블 야자(*Chamaedorea elegans*)와 벤자민 고무나무(*Ficus benjamina*

L.)와 같은 식물들보다 높은 광합성률을 나타내었다. 또한 모든 품종에서 주간에 흡수된 이산화탄소량에 비해 야간에 식물의 호흡에 의해서 방출되는 이산화탄소량은 매우 적은 것으로 나타났다. 한편, 배지 종류에 따라 이산화탄소 흡수량과 광합성률에서 차이는 크게 나타나지 않았다. 결론적으로, 이 실험을 통해서 관엽식물을 이용하여 실내 오염물질인 이산화탄소를 제거할 수 있으며, 주간에 식물이 광합성 잘 할 수 있는 환경을 조성해 주거나, 부피가 크고 실내와 같은 저광 조건에서 활발한 광합성이 가능한 식물을 선택함으로써 이산화탄소 제거를 극대화시킬 수 있을 것이다.

추가 주요어 : 하이드로볼 배지, 실내식물, 광도, 광합성률

인용문헌

- ASHRAE. 1989. Standards for ventilation required for acceptable indoor air quality. ASHRAE 62-1989R. Atlanta.
- Arashidani, K., M., Yoshikawa, T., Kwamoto, K. Matsuno, F. Kayama, and Y. Koda. 1996. Indoor pollution from heating. Ind. Health. 34:205-215.
- Cox, P.M., R.A. Betts, C.D. Jones, S.A. Spall, and I.J. Totterdell. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. Nature 408:184-187.
- Darrall, N.M. 1989. The effect of air pollutants on physiological processes in plants. Plant Cell Environ. 12:1-30.
- Dorgan, C.B., C.E. Dorgan, M.S. Kanarek, and A.J. Willman. 1998. Health and productivity benefits of improved indoor air quality. ASHRAE Transactions 104 (Pt. 1):658-666.
- Guieysse, B., C. Hort, V. Platel, R. Munoz, M. Ondarts, and S. Revah. 2008. Biological treatment of indoor air for VOC removal: Potential and challenges. Biotechnol. Adv. 26:398-410.
- Johnston, P.K., G. Hadwen, J. McCarthy, and J.R. Girman. 2002. A screening-level ranking of toxic chemicals at levels typically found in indoor air. US-EPA 930-936.
- Kang, H., B.H. Kwack, and W.K. Sim. 1990. Assessing studies on the recent use and change of indoor landscaping plants at apartment houses in Seoul. J. Kor. Inst. Landscape Architecture 18:1-8.
- Kim, K.J., M.J. Kil, J.S. Song, E.H. Yoo, K.C. Son, and S.J. Kays. 2008. Efficiency of volatile formaldehyde removal by indoor plants: Contribution of aerial plant parts versus the root zone. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133:521-526.
- Kim, Y.H., J.H. Bae, J.I. Son, Y.B. Lee, H.K. Jang, H.J. Jeon, and B.Y. Jung. 2003. Bio Environmental Control. Hwang-Moon, Seoul.
- Kuzyakov, Y. 2006. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. Soil Biol. Biochem. 38:425-448.
- Han, S.W. 2001. Removal efficiency of indoor air pollutant gases using oriental orchids. PhD Diss., Seoul Woman's Univ., Seoul, Korea.
- Hong, J. 2000. Benzene and formaldehyde removal by indoor foliage plants. PhD Diss., Korea Univ., Seoul, Korea.

- Ministry of Environment. 1997. Environment white paper. Ministry of Environment.
- Moriske, H.J., M. Drews, G. Ebert, G. Menk, C. Scheller, M. Schöndube, and L. Konieczny. 1996. Indoor air pollution by different heating systems: Coal burning, open fireplace and central heating. *Toxicology Letters* 88:349-354.
- Park, S.A., M.G. Kim, M.H. Yoo, M.M. Oh, and K.C. Son. 2010. Plant physiological responses in relation to temperature, light intensity, and CO₂ concentration for the selection of efficient foliage plants on indoor air purification. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* Submitted.
- Park, S.H. and Y.B. Lee. 1997. Indoor CO₂ and NO₂ fixation in light-acclimatized foliage plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:551-555.
- Park, S.H. and K.K. Shim. 1989. A Study on the utilization status of the interior landscape plants in large buildings in Seoul. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 17:43-54.
- Prasanna, P., P. Jaiswal, S. Nayak, A. Sood, and B.D. Kaushik. 2009. Cyanobacterial diversity in the rhizosphere of rice and its ecological significance. *Indian J. Microbiol.* 49:89-97.
- Robinson, J. and W.C. Nelson. 1995. National human activity pattern survey data base. U.S. EPA. Research Triangle Park, NC.
- Sawada, A. and T. Oyabu. 2008. Purification characteristics of pothos for airborne chemicals in growing conditions and its evaluation. *Atmospheric Environ.* 42:594-602.
- Schwarzberg, M.N. 1993. Carbon dioxide level as migraine threshold factor: Hypothesis and possible solutions. *Medical Hypotheses* 41:35-36.
- Shiotsu, M. and I.K. Yoshizawa. 1998. Survey on human activity patterns according to time and place: Basic research on the exposure dose to indoor air pollutants Part 1. *Transactions of AIJ.* 511:45-52.
- Sierra, J. and P. Renault. 1995. Oxygen consumption by soil microorganisms as affected by oxygen and carbon dioxide levels. *Appl. Soil Ecol.* 2:175-184.
- Son, K.C., S.H. Lee, S.G. Seo, and J.E. Song. 2000. Effects of foliage plants and potting soil on the absorption and adsorption of indoor air pollutants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:305-310.
- Wanner, H.U. 1993. Sources of pollutants in indoor air. *IARC Scientific Publications* 109:19-30.
- World Health Organisation; 2000, Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen.
- Woleverton, B.C., A. Johnson, and K. Bounds. 1989. Interior landscape plant for indoor air pollution abatement. p. 1-2. NASA Report.
- Zhang, J.J. and K.R. Smith. 2003. Indoor air pollution: A global problem. *British Medical Bul.* 68:209-225.