

팔손이와 산호수에 의한 휘발성유기화합물 저감효과에 관한 연구

A Study on the Reduction of Volatile Organic Compounds by *Fatsia japonica* and *Ardisia pusilla*

송정은*

Song, Jeong Eun

Abstract

This study conducted the experiment of reduction of Volatile Organic Compounds(VOCs) and Formaldehyde concentration by Native plants, *Fatsia japonica* and *Ardisia pusilla*. The two plants are advantageous in that they are highly available as they grow wild, and being easy to get. *Fatsia japonica* is a plant of its wide and large leaf diverged 7 or 8 parts, which is thought to have a high effect of air purification. *Ardisia pusilla* has a smaller leaf than *Fatsia japonica*, which is characterized by more leaves and beautiful. Field measurements were performed using *Fatsia japonica* and *Ardisia pusilla* which were verified as air-purifying plants in Korea. The effect of reducing the concentration of VOCs and Formaldehyde by plant studied in a full scale mock-up model. The dimensions of the two models were equal. The concentration of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene, Formaldehyde were monitored, since they were known as most toxic materials. The concentration of VOCs was monitored three hours after the plants were placed and three days after the plants were placed. Field measurements were performed in models where the plants were placed and were not. As a result, they had all an effect of reducing pollution. In all cases of experiment of planting and growing volume, the more planting volume, the more excellent the effect. Toluene was more effective in *Fatsia japonica* and *Ardisia pusilla* planted, Formaldehyde was more effective in *Fatsia japonica* planted respectively. In planting and growing and placing experiment, the placement at sunny spot was more effective than that at scattered growing. When *Fatsia japonica* was placed at sunny spot, the reduction effect of Formaldehyde was the most excellent, and when *Ardisia pusilla* was placed at sunny spot, the reduction effect of Toluene was the most effective.

키워드 : 팔손이, 산호수, 폼알데하이드, 휘발성유기화합물, 실내공기질

Keywords : *Fatsia japonica*, *Ardisia pusilla*, Formaldehyde, Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality

1. 서론

건강과 환경에 대한 관심이 높아지면서, 관상용으로만 이 아닌 환경적인 효과를 얻기 위해 실내에 식물을 이용하는 일이 많아지고 있다. 식물은 실내의 온·습도 조절, 먼지나 악취제거, 소음차단, 이산화탄소나 휘발성유기화합물과 같은 오염물질을 저감시키는 효과 등이 있는데, 다양한 종류의 식물이 ‘공기정화식물’로 알려져 관심을 받고 있으며, 이를 이용하여 깨끗한 공기를 만들고 주거환경을 향상시키고자하는 움직임이 나타나고 있다. 실내식물 중 공기정화효과를 적극적으로 기대하기 위해서는 우선 잎이 많은 식물을 선택하는 것이 좋으며, 가능하면 크기가 크고 자라기 쉬운 식물을 선택한다. 실내는 빛이 약하기 때문에 광선이 약하거나, 이산화탄소 농도가 높은

곳에서도 광합성능이 뛰어나고 증산작용이 높은 식물이 유리하다. 이러한 기준에 해당하는 공기정화식물로는 파키라, 벤자민고무나무, 인도고무나무, 홍콩야자, 팔손이, 아글라오네마 등 다양한 종류가 있다. 식물에 의한 자연정화 시스템의 이용은 에너지 절약 차원에서 뿐만 아니라 실내 공간에서 생활하고 있는 거주자의 쾌적성을 증대시키기 위하여 필요하다.

식물에 의한 공기정화 능력은 이전의 실험을 통하여 입증했으며, 외국식물인 아글라오네마, 파키라, 벤자민고무나무를 설치했을 경우에 휘발성유기화합물의 농도저감효과를 확인하였다(송정은 외, 2007). 그 외에도 식물의 정화능에 대한 연구(이진희, 2004), 식물의 실내환경 조절 효과에 대한 연구(최윤정 외, 2005) 등 식물의 공기정화에 대한 연구가 진행되었다. 공기정화식물 중 킹벤자민과 팔손이의 폼알데하이드 흡수 능력을 비교한 연구(김광진, 2003)에서는 두 나무의 세 가지 부분인 식물전체, 뿌리부

* 교신저자, 한양대학교 건축환경공학과 공학박사
(jesong@hanyang.ac.kr)

분(나뭇잎이 있는 상층부를 잘라냄), 상층부(지하부분을 밀봉함)를 불활성재질의 용기(1.0m³)에 넣고, 동일한 양의 폼알데하이드를 주입한 다음 흡수율을 비교하였다. 그 결과, 두 식물 모두 식물전체는 4시간 이내에 폼알데하이드를 80% 이상 흡수하였으며, 반감기(농도가 50%로 감소하는 시간)를 측정해본 결과는 팔손이는 96분, 킹벤자민은 123분으로 팔손이나마의 공기정화능력이 더 뛰어난 것으로 나타났다. 뿌리부분에서는 토양과 뿌리에 서식하는 미생물에 의해 폼알데하이드가 분해되며, 상층부에서는 광합성을 통하여 잎의 기공에서 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 NASA의 연구에서는 밀폐된 실험실에서 식물을 이용하여 폼알데하이드를 제거하는 효과를 파악하였는데, 실내에서 생육할 수 있는 식물을 넣고 폼알데하이드 등의 오염물질을 발생시켜 잎의 흡수율을 실험한 결과, 하루에 잎 면적 100cm²당 350~1200 μ g을 흡수한다고 밝혔다(NASA, 1984). NASA에서는 식물의 정화능력을 입증하기 위하여 50여 가지의 실내식물을 대상으로 실험을 실시하였으며(NASA, 1990), 최근에도 우주공간에서 식물의 공기정화 효과에 관한 연구를 계속 진행하고 있다(NASA, 2004).

이와 같이 국내·외 기존의 연구에서 식물을 이용한 휘발성유기화합물질 제거실험은 대부분 폼알데하이드 등의 단일 오염물질에 대한 농도저감 효과에 관한 것으로, 식물을 소형챔버에 설치하여 단일식물의 개선능력만을 제시하였으며, 실제 주거공간에 대한 적용은 그 예가 많지 않으며, 실험법 또한 규격화되지 않았다.

우리나라에서는 2003년 4월 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법이 개정되고, 2004년 5월부터 아파트 등 신축 공동주택에 대한 입주 전 실내공기질 관리가 의무화되었다. 실내공기질 공정시험법에 의한 측정은 단위세대의 거실 및 주침실의 각 실내중앙부위에서 바닥으로부터 1.2~1.5m의 높이에서 측정하는데, 오염물질의 샘플링은 대상 단위세대의 창, 문, 내장가구의 문 등을 모두 개방하고, 1시간 이상 사전 환기를 실시한다. 환기 후, 외부에 면한 창과 문 등 모든 개구부를 닫고, 5시간 이상 밀폐 한 후, 정해진 유량으로 약 30분 이상 공기를 오염물질별 포집 방법에 따라 포집한다. 샘플링 시간은 휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 농도의 하루 중 변동이 최대로 예상되는 오후 2시에서 4시 사이에 하는 것을 원칙으로 한다.

본 연구에서는 기존연구의 문제점을 보완하여 실내공기질 공정시험방법에 의거하여 실험을 실시하였으며, 2~4시에 같은 시간대에 측정을 하였고, 측정높이와 사전환기, 5시간 밀폐 등 모든 조건을 맞추어 실험을 실시하였다. 또한 외국식물인 킹벤자민과 자생식물인 팔손이의 폼알데하이드 농도저감을 비교한 실험의 결과(김광진, 2003)에서 팔손이의 효과가 더 우수한 점을 참고하여, 국내에서 자생하고 주위에서 쉽게 구할 수 있는 자생식물 팔손이와 산호수를 대상으로 실내에서 발생하는 휘발성유기화합물 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌과 폼알데하이드의 저감효과와 농도변화 특성에 대하여 파악하고자 한다.

2. 실험 방법

대상 식물인 팔손이(*Fatsia japonica*)는 두릅나무 과에 속하는 상록관목으로서, 경상남도 남해도와 거제도 등에서 자생하고 있는데, 잎이 보통 여덟 갈래로 갈라지기 때문에 팔손이나마라고 부른다. 산호수(*Ardisia pusilla*)는 자금우 과의 상록소 관목으로, 제주도의 해발 300m이하 저지대의 상록수림에서 자라며, 잎은 돌려나며 타원형이고 가장자리에 톱니가 드문드문 있는 모양이다. 두 종류 모두 바람이 잘 통하고 직사광선이 적은 곳이 적합한데, 실내의 그늘진 창가나 베란다에서 키우기 적당하다. 본 실험에서는 대상 식물인 팔손이와 산호수를 거실 공간에서 베란다에 가까운 곳에 배치하여 실험을 실시하였다.

자생식물에 의한 휘발성유기화합물의 저감효과를 파악하기 위해 실험실을 제작하여 실내환경 요소를 측정하였다. 실험실은 가로 3.5m, 세로 3.5m, 높이 2.4m 규격으로, 실제 사용되는 7층 건물의 옥상에 정남향으로 위치하였다. 실험실은 그림 1과 같이 2개의 실험실로 구성되어 있으며, 1실에는 식물을 설치하고, 2실은 비교실험을 위하여 식물을 설치하지 않고 실험하였다. 실험실은 별도의 내부 건축자재마감은 없었으며, 휘발성유기화합물을 인위적으로 발생시켜 그 저감 농도를 파악하였다. 실험 시, 측정인원은 출입문을 모두 밀폐한 후에 밖에 나간 후 측정을 시작하였다. 각 식물의 효과를 세부적으로 파악하기 위하여 식물이 있는 실험실 공간의 식재의 양(5%, 10%)과 식재배치(양지배치, 산재배치)를 변경하면서 실험하였다. 본 연구에서는 우리나라의 자생식물을 대상으로 휘발성유기화합물의 저감효과에 대한 실험을 실시하였으며, 각종 방법에 의한 VOCs 저감효과의 기본 자료를 제시하고자 한다.

식재량의 변화에 따른 실험에서는 대상식물을 실험실 공간부피의 10%와 5%로 식재한 후에 비교 실험하였다. 식물마다 약간 크기의 차이는 있었으나, 대부분 2년생을 사용하였다. 식재배치 실험에서는 창가 쪽에 식물을 집중하여 배치한 양지배치와 식물을 세 부분으로 나누어 분산한 산재배치의 방법으로 하여 VOCs 개별물질의 농도를 측정하였다. 각 실험 공간에서 VOCs 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌과 폼알데하이드의 농도변화량을 측정하였으며, 실내에서 발생하는 VOCs는 식물이 설치된 후의 농도와 식물이 설치된 지 3일이 지난 후의 농도를 비교하여 저감량을 파악하였다. 식물이 설치된 실험실에서는 한 종류의 식물이 설치된 조건하에서, 3일간 연속적으로 측정되었다. 측정이 완료된 후, 실의 모든 개구부를 완전 개방하여 24시간 동안 환기를 실시하였다. 환기 후 다음 식물을 설치하고 3일 연속측정을 하였다. 팔손이와 산호수 모두 동일한 방법으로 측정이 이루어졌으며, 미식재 실험실인 2실에서도 휘발성유기화합물의 농도변화 파악을 위하여 동일한 방법으로 측정이 진행되었다. VOCs의 개별물질들은 Charcoal Tube를 사용하여 60분 동안 24 ℓ 의 실내공기를 포집하고 2ml의 Carbon disulfide용액으로 추출작업을 실시하였다. 추출된 VOCs

물질은 GC-FID(Gas Chromatography-FID)로 분석을 실시하였다. 폼알데하이드는 DNPH-Cartridge를 사용하여 30분간 12ℓ의 공기를 포집하고, 아세토나이트릴(Acetonitrile)용액에 5ml로 추출한 후에, HPLC(High Performance Liquid Chromatography)로 분석을 실시하여 폼알데하이드의 농도를 파악하였다.

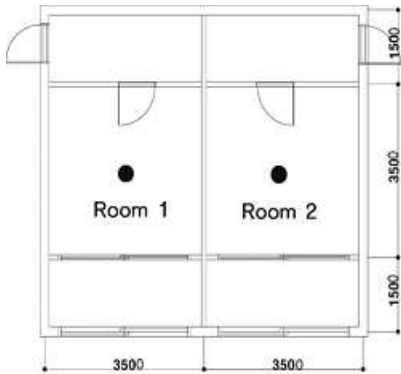


그림 1. 실험실 평면도



그림 2. 대상식물(팔손이, 산호수)

표 1. 실험실 개요 및 측정기기

구분	Room 1	Room 2
용도	식재 공간	미식재 공간
크기	3500(W)×3500(D)×2450(H)mm	
온·습도	18.0~23.0℃ / 40.0~60.0%	
식물 종류	팔손이, 산호수	
식물의 양	팔손이	실험실 체적의 5%: 13 pot 실험실 체적의 10%: 26 pot
	산호수	실험실 체적의 5%: 13 pot 실험실 체적의 10%: 30 pot
Volatile Organic Compounds	GC-FID (Gas Chromatography-FID) Sampler: Charcoal tube Desorption Method: Solvent desorption Carbon disulfide, 2ml	
Form aldehyde	HPLC (High Performance Liquid Chromatography) Sampler: DNPH cartridge Desorption Method: Solvent desorption Acetonitrile, 5ml	

3. 실험 결과

3.1 식재량에 의한 휘발성유기화합물의 농도저감효과

실험실 공간의 10%와 5%로 팔손이를 식재한 경우에 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌, 폼알데하이드의 농도변화를 파악하였다. 식재실과 미식재실의 농도변화를 비교해보면 식물을 설치한 식재실에서 각 VOCs 개별물질별로 저감량의 차이는 있었지만, 모두 농도가 저감된

것을 알 수 있었으며, 미식재실의 경우에는 농도가 점점 높아지거나 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 팔손이와 산호수를 실험실 공간의 5%와 10%로 각각 설치한 경우에는 그림 7의 톨루엔의 농도변화에서 보면, 5% 식재시에 팔손이는 12.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 산호수는 5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 저감되어 팔손이의 농도저감 효과가 더 크게 나타났다. 10% 식재시에는 팔손이 15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 산호수 15.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 저감량으로 두 식물 모두 유사한 저감량을 나타내었다.

폼알데하이드의 농도변화를 보면, 팔손이를 10% 설치한 식재실의 경우, 24시간 경과한 후 농도는 463.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 48시간 후 367.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 72시간이 지난 최종농도는 251.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 폼알데하이드의 저감량은 212.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 총 45.8%이상 저감되었다. 같은 조건에서 미식재실의 농도는 24시간 경과 후 483.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 48시간 후 495.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 72시간 경과 후 507.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 오히려 5%정도 농도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 대조군인 미식재실의 폼알데하이드의 농도가 시간이 지날수록 더 높아지는 경향으로 볼 때 식물을 설치한 이후에도 실내의 폼알데하이드 농도는 높아지며, 이는 식물에 의한 농도저감량에도 영향이 있을 것으로 생각된다. 산호수를 식재한 경우에는 폼알데하이드의 총 저감량이 149.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 팔손이의 효과가 더 우수한 것을 알 수 있었다. 이와 같이, 팔손이와 산호수를 식재한 경우 개별 VOCs 마다 그 효과는 다르게 나타났으나, 두 식물 모두 식재량이 많은 경우의 저감 효과가 우수했으며, 많게는 3배 이상 나타나는 것을 알 수 있었다. 그 밖의 VOCs 개별물질 중 자일렌의 저감량은 10.4~11.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 스티렌은 7.8~9.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 톨루엔과 폼알데하이드와 비교하면, 초기농도가 낮았으며 저감량도 미미하게 나타났다. 실제 주거에도 폼알데하이드의 농도가 다른 개별물질보다 비교적 높게 나타나는데, 팔손이나 산호수를 식재하면 폼알데하이드 저감에 큰 효과를 나타낼 것이다. 또한 식물의 공기정화 기능에서 잎의 크기가 큰 식물의 효과가 더 크게 나타나는데, 팔손이는 보통 식물들 보다는 잎이 넓고 큰 편이고, 산호수는 잎이 많은 종류이기 때문에 좋은 효과를 나타낸 것으로 예상된다.

식재량이 10%인 경우에 팔손이와 산호수의 VOCs 저감량 효과를 보면, VOCs 개별물질 중 벤젠, 에틸벤젠, 자일렌의 농도는 거의 비슷하게 저감되었으나, 그 양은 미미하였다. 톨루엔의 경우에는 산호수의 저감량이 조금 컸으며, 스티렌과 폼알데하이드의 경우에 팔손이의 저감량이 조금 더 크게 나타난 것을 알 수 있었다. 폼알데하이드의 초기 농도차가 다른 점을 감안하였을 때 총 저감량은 팔손이를 설치했을 경우에 크게 나타났으나, 저감량을 비율로 나타냈을 때 팔손이와 산호수 모두 50% 이상 저감되었다. 폼알데하이드와 톨루엔의 경우, 팔손이와 산호수를 설치한 경우 모두 농도저감 효과가 크게 나타났다. 본 실험은 소형챔버 실험이 아닌 일반 공동주택을 축소화한 실험실이기 때문에 VOCs 개별물질의 농도를 정확히 맞춰 발생시키지 못하였으므로, 본 실험에서는 농도저감량과 함께, 농도저감 비율(%) 효과도 함께 비교·평가하고자 한다.

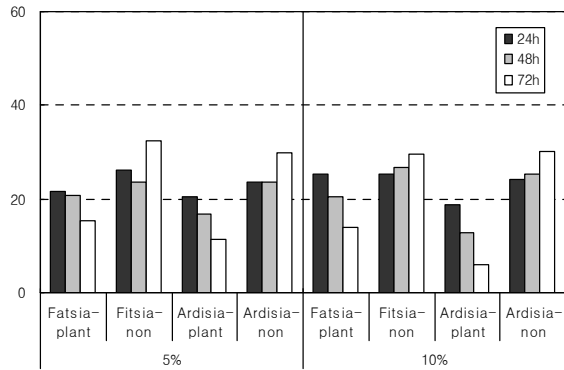


그림 3. 식재량(5%, 10%)에 따른 벤젠의 농도변화

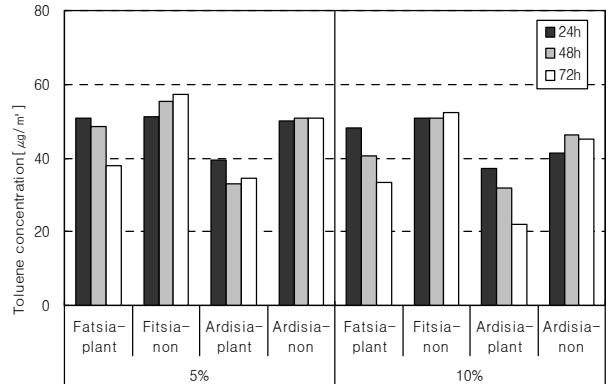


그림 7. 식재량(5%, 10%)에 따른 톨루엔의 농도변화

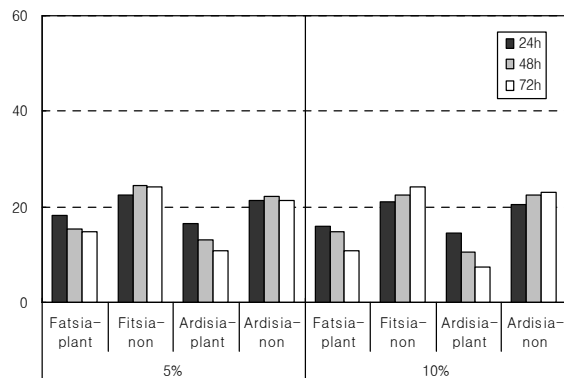


그림 4. 식재량(5%, 10%)에 따른 에틸벤젠의 농도변화

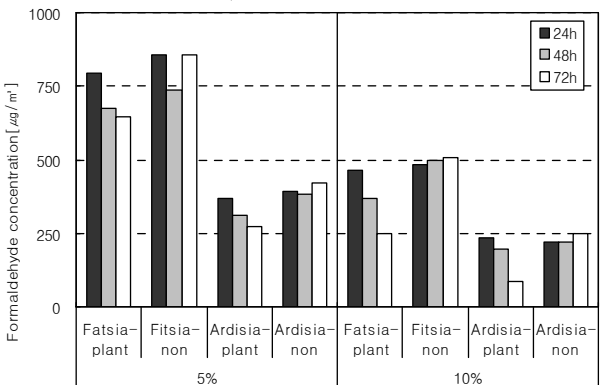


그림 8. 식재량(5%, 10%)에 따른 폼알데하이드의 농도변화

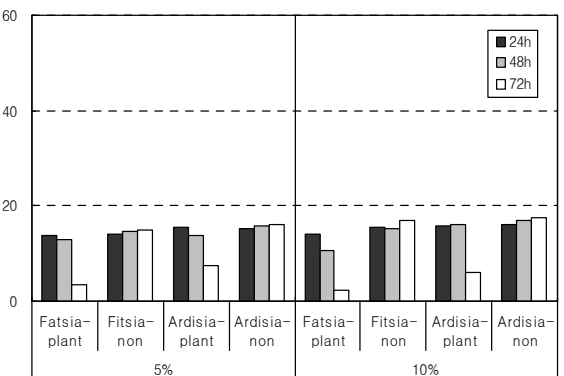


그림 5. 식재량(5%, 10%)에 따른 자일렌의 농도변화

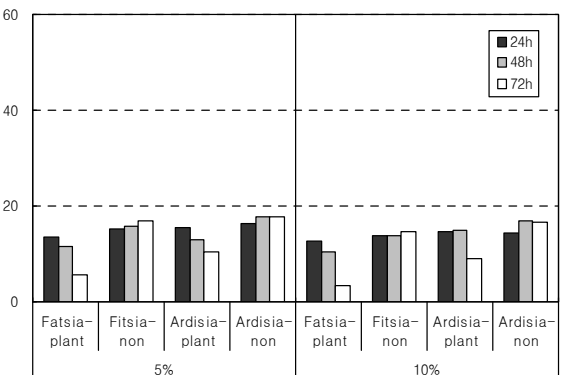


그림 6. 식재량(5%, 10%)에 따른 스티렌의 농도변화

3.2 식재배치에 의한 휘발성유기화합물의 농도저감효과

식재배치에 의한 효과를 파악하기 위해 팔손이와 산호수를 설치한 후 휘발성유기화합물 농도변화를 파악하였다. 두 종류의 식물을 각각 설치했을 경우에, 창가 쪽에 배치한 양지배치와 실험실의 세 부분으로 분산하여 배치한 산재배치로 나누어 측정하였으며, 비교를 위해 미식재 공간에서도 측정이 이루어졌다.

팔손이를 양지에 배치한 경우, 벤젠은 초기농도 $21.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 48시간 경과 후에 $20.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 약간 저감되었으며, 3일째 되는 72시간 후에는 $15.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 3일 동안 총 $6.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 저감된 것으로 나타났다. 산재배치의 경우, 벤젠의 초기농도는 $19.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 3일 경과 후에 $14.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 $4.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 저감되어 양지배치보다는 약간 낮은 농도였으나, 3일 동안 벤젠의 농도가 점차 저감되는 것을 확인하였다. 이와 같이, 팔손이를 양지에 배치한 결과 초기농도의 28.8%가 저감되었으며, 산재배치의 결과는 6.2%가 저감되어 거의 5배 이상의 차이가 난 것을 알 수 있었다. 그 외의 VOCs 개별 물질별로 모두 양지에 배치한 것이 산재배치보다 비교적 효과가 우수하게 나타났으며, 이는 식물의 VOCs 저감능력에 있어서 일사가 중요한 역할을 한다는 것이 입증되며, 식물의 광합성 과정에서 VOCs 물질들이 흡수된다는 것을 알 수 있었다. 식물별로는 팔손이를 양지배치한 경우에, 자일렌의 초기농도는 $13.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $3.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 74.8%가 저감되었으며, 스티렌은 $13.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $5.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 58.2%가 저감되었다. 자일렌과 스티렌의 초기농도가 낮기 때문에 그 효과가 매우 크다고 할 수는 없겠으나, 전체비율로 보면 반 이상 저감되는 모습을 보였다. 팔

손이 식재시 톨루엔과 폼알데하이드의 농도저감이 가장 컸으며, 모두 양지배치의 경우가 효과가 우수했으며 톨루엔은 25.4%, 폼알데하이드는 19.0%의 저감율을 나타냈다. 산호수의 경우에는 벤젠과 자일렌의 경우에는 50%이상의 저감율을 나타내었으며, 초기농도가 높았던 톨루엔과 폼알데하이드의 농도변화에서는 톨루엔은 38%, 폼알데하이드는 26%가 저감되어 산호수를 설치한 경우에도 큰 저감효과를 나타내었다. VOCs 개별물질 중에서 가장 큰 농도저감량을 나타낸 것은 폼알데하이드와 톨루엔으로, 그림 13의 톨루엔의 농도변화를 보면 팔손이를 설치한 후 24시간이 지난 후 50.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서, 48시간 후 48.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 72시간 경과 후 37.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감되었으며, 저감비율로는 25.3%로 3일 동안 지속적으로 저감되는 것을 볼 수 있었다. 팔손이 식재시 폼알데하이드 농도변화는 초기에 795.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 48시간 후 675.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 72시간 후 644.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감되었으며, 총 18.9% 저감되었으며, 미식재실의 경우에는 24시간 후 857.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 72시간 후 858.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 농도가 조금 높아진 것을 알 수 있었다. 산호수의 경우에도 폼알데하이드의 농도저감 효과가 크게 나타났으며, 식재실에서는 25% 저감된 반면, 미식재실에서는 농도저감 효과가 없었다. 벤젠, 에틸벤젠은 산호수의 효과가 더 컸으며, 자일렌과 스티렌의 저감량은 팔손이를 식재했을 경우에 저감효과가 나타났으나, 총 저감량은 미미하였다. 식재배치 변화에 따른 팔손이와 산호수의 VOCs 농도저감 효과는 톨루엔과 폼알데하이드에서 두드러지게 나타났으며, 톨루엔의 경우에는 산호수가, 폼알데하이드의 경우에는 산호수와 팔손이 모두 효과가 크게 나타났다.

3.3 식물에 의한 휘발성유기화합물의 저감량과 저감비율

식물에 의한 저감효과를 파악하기 위하여 식물을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우의 VOCs 농도변화를 비교하였다. 식재실의 경우, 식물을 설치한 후 24시간 후의 초기농도와 72시간 후 최종농도의 차이(식재 72h-식재 24h)를 식재시의 VOCs의 저감량으로 파악하였으나, 같은 조건에서 대조실의 VOCs 농도가 높아지는 경향을 보였기 때문에 이를 참고하여 식재시 72h농도와 미식재실 24h농도의 차이(미식재 24h-식재 72h)를 확인하였고, 미식재실 72h농도와 식재실 72h농도의 차이(미식재 72h-식재 72h)를 비교해 보았다. 그 결과, 기존 저감량과 유사하거나 조금 더 큰 저감량을 나타냈다. 식재량 실험에서는 미식재실의 농도증가량을 감안했을 때, 팔손이 식재시 톨루엔의 농도저감량(미식재 24h-식재 72h)은 17.69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기존 저감량인 15.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 조금 크게 나타났다. 산호수 식재시에는 19.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감량 차이가 4.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 나타났다. 폼알데하이드의 경우에도 팔손이 식재시 20.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 더 크게 나타났으며, 실험하는 동안 각 실험실에서 폼알데하이드의 농도가 높아짐을 감안할 때 저감량이 더 크다는 것을 알 수 있었다. 식재실 72h농도와 미식재실 72h농도의 차이(미식재 72h-식재 72h)와 기존 저감량은 더 큰 차이를 보였다. 팔손이 식재시 톨루엔의 농도변화는 기존 저감량이 15.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때, 19.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 4.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 더 높게 나

타났으며, 폼알데하이드의 경우에는 기존 저감량 212.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 256.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 저감량을 나타냈다. VOCs 농도저감효과에서, 초기농도와 저감된 농도의 차이를 파악할 때 식재실과 미식재실의 농도변화가 정확한 패턴으로 이루어지지 않는 않지만, 이를 참고하여 VOCs 저감량이 더 크게 나타날 수도 있다는 점을 고려해야 하겠다. 식재배치 실험에도 비슷한 결과를 나타냈으며, 미식재실의 VOCs 농도증가를 고려한 결과 대부분 더 큰 저감량을 나타냈다.

식물에 의한 VOCs 저감효과를 저감비율로 평가한 결과, 5%보다 10% 식재시에 모든 VOCs 개별물질에서 효과가 더 우수하게 나타났다. 폼알데하이드의 경우, 두 식물 모두 초기농도의 45.8~64.1%가 저감되는 효과를 나타냈다. 자일렌과 스티렌은 초기 농도가 낮아 최종 저감된 농도와 비교했을 때 70%이상의 저감율을 나타내었으나 농도저감량은 미미하였다. 톨루엔의 경우에는 30~40%의 저감비율이 나타났으며, 저감량이 크게 나타난 것에 비해서는 낮은 비율이지만 효과가 있는 것으로 나타났다.

VOCs 개별물질 별로 파악한 결과, 저감비율에서는 농도가 낮게 나타난 벤젠, 에틸벤젠 등이 효과가 우수하였으나, 총 저감량이 크게 나타난 톨루엔, 폼알데하이드의 저감비율은 예상보다 낮은 것으로 나타났다. 하지만 전체적인 농도저감량과 비교해 볼 때, 톨루엔과 폼알데하이드의 효과가 비교적 크게 나타난 것을 알 수 있었다. 식재배치에 따른 각 VOCs 별 농도저감비율에서는 양지배치한 경우의 효과가 컸으며, 대부분 산호수의 효과가 크게 나타났으나, 톨루엔과 폼알데하이드의 경우에는 팔손이의 효과도 우수하게 나타났다.

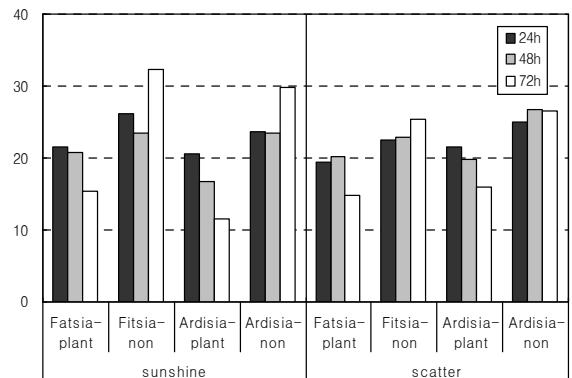


그림 9. 식재배치(양지,산재)에 따른 벤젠의 농도변화

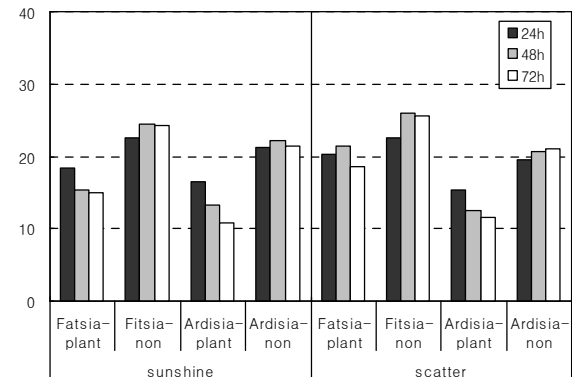


그림 10. 식재배치(양지,산재)에 따른 에틸벤젠의 농도변화

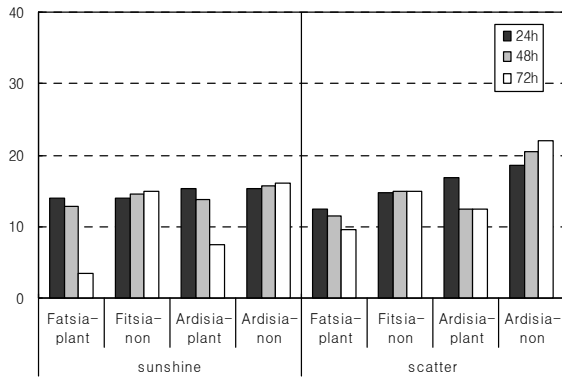


그림 11. 식재배치(양지,산재)에 따른 자일렌의 농도변화

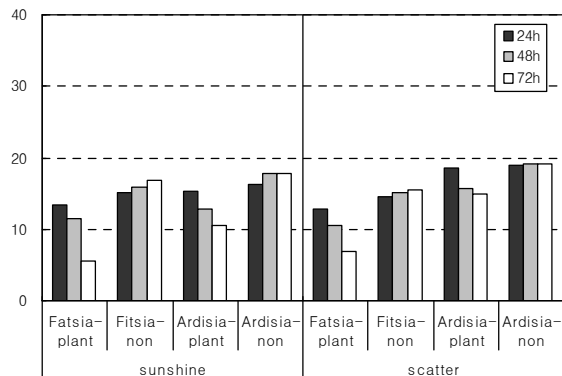


그림 12. 식재배치(양지,산재)에 따른 스티렌의 농도변화

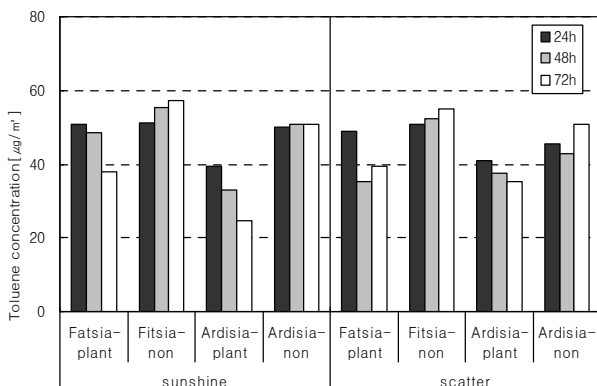


그림 13. 식재배치(양지,산재)에 따른 톨루엔의 농도변화

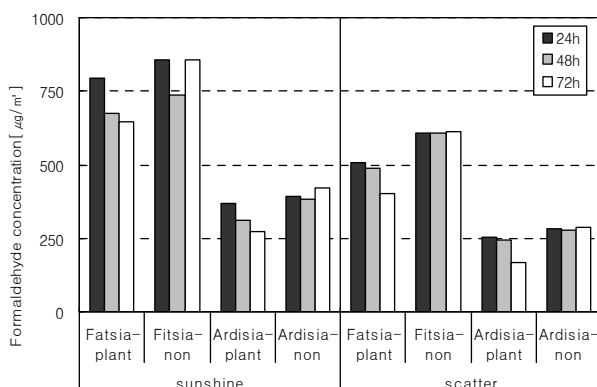


그림 14. 식재배치(양지,산재)에 따른 폼알데하이드의 농도변화

4. 결 론

본 연구는 자생식물인 팔손이와 산호수를 대상으로 식재량과 배치변화에 따른 VOCs 저감효과에 대하여 알아 보았다.

식재량 실험에서는 모든 경우에 식재량이 많을수록 효과가 우수하였으며, 팔손이와 산호수 식재시 VOCs 개별 물질 중 톨루엔과 폼알데하이드 저감량이 가장 크게 나타났다. 폼알데하이드의 저감량은 팔손이와 산호수 모두 크게 나타났으며, 톨루엔은 산호수의 효과가 조금 더 우수하였다.

식재배치 실험에서는 일사조건이 좋은 양지 배치가 산재배치보다 효과가 우수하였으며, 산호수 식재시 톨루엔의 저감효과가 크게 나타났으며, 폼알데하이드의 경우에는 두 식물 모두 효과가 우수하였다.

VOCs 농도저감 효과를 저감비율로 확인 했을 경우에, 초기농도가 낮은 자일렌, 스티렌 등의 농도저감율이 70% 이상 크게 나타났으나, 초기농도가 낮아 총 저감량은 미미하였다. 초기농도가 높은 폼알데하이드의 경우, 50~60%의 저감율을 보였고, 저감량이 가장 크게 나타났다.

참고문헌

1. J.E. Song, Y.S. Kim, J.Y Sohn(2007). The Impact of Plant on the Reduction of Volatile Organic Compounds in Small Space, Japan Society of Physiological Anthropology, Vol.26 No.6.
2. 최윤정, 김정민(2005). 아파트 실내정원의 겨울철 실내환경 조절효과, 대한건축학회 논문집(계획계).
3. 이진희(2004). 식물의 정화능에 관한 연구, 한국 식물인간환경학회지
4. 김광진(2003). 식물의 환경정화 기능, 농촌진흥청.
5. 김광진(2003). 식물의 실내도입이 실내 환경개선에 미치는 영향, 농촌진흥청.
6. B.C.Wolverton(1989).Interior landscape plants for indoor air pollution abatement.
7. B.C.Wolverton(1994). A Question of Quality, Interior Landscape, pp.38~45.
8. NASA(2004). The Importance of Plants in Space.
9. NASA(2004).ResearchEnhancesBenefitsOfPlantExperiments.
10. S.M.Owen, P.Harley, A.Guenther, C.N.Hewitt(2002). Light dependency of VOC emissions from selected Mediterranean plant species, ATMOSPHERIC ENVIRONMENT.
11. F.Haghighat, C.-S.Lee, W.S.Ghaly.(2002). Measurement of diffusion coefficients of VOCs for building materials : review and development of a calculation procedure, Indoor Air. Vol.12, pp 81~91.

투고(접수)일자: 2012년 2월 26일
 수정일자: (1차) 2012년 7월 24일
 (2차) 2012년 8월 13일
 게재확정일자: 2012년 8월 16일