

실내녹화 부피비율이 실공간의 미세분진농도, 온도 및 상대습도에 미치는 영향*

주 진 희

건국대학교 산림과학과

Change in the Concentration of Fine Particles, Temperature, and Relative Humidity as Affected by Different Volume Ratios of Interior Greening in Real Indoor Space*

Ju, Jin-Hee

Adjunct Prof., Department of Forest Science, Konkuk University.

ABSTRACT

The study objective was to compare the interior greening volume ratios for the change in concentration of fine particle, temperature and relative humidity, and to identify the level of interior landscape volume ratio as a suitable condition to achieve the desired indoor properties. Plants were moved into a room (88m³) randomly. After moving, the volume ratio of the interior greening level was set at 0%, 1%, 2% and 3%. The concentration of fine particles was measured with a mini-volume portable air sampler (Air Metrics, USA). The temperature and relative humidity were recorded with a digital sensor (Kiwi-LTH, USA) during the experiment under different volume ratios with three replications.

1. The results of the change in concentration of the fine particles revealed a trend towards an increased volume ratio of interior greening with decreasing concentration of fine particles, compared to non-plants (0%). The concentration of fine particles at volume ratios of 0%, 1%, 2% and 3% was 55ug/m³, 233ug/m³, 40ug/m³ and 30ug/m³, respectively.

2. The change in temperature, at volume ratios of 0%, 1%, 2% and 3% was 21.2°C, 17.4°C, 16.7°C

* 본 논문은 2008년도 환경부의 재원으로 한국환경진흥기술원의 지원을 받아 수행된 차세대 핵심기술개발 연구임(과제 번호 : 2008-05002-0054-0).

Corresponding author : Ju, Jin-Hee, Adjunct Prof., Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea,
Tel : +82-43-840-3536, E-mail : jjhkcc@kku.ac.kr

Received : 5 August, 2009. **Accepted** : 19 April, 2010.

and 18.9°C, respectively, in near interior greening, and 22.1°C, 18.7°C, 18.4°C and 20.5°C respectively, at a distance of 3m from the interior greening. These study results suggested that temperature was affected by volume ratio and distance from the interior greening.

3. The relative humidity, at volume ratios of 0%, 1%, 2% and 3% was 34.2%, 32.5%, 36.7%, and 46.9%, respectively, in near interior greening, and 31.2%, 26.9%, 31.4% and 38.3%, respectively, at a distance of 3m from the interior greening. With increasing volume ratio of interior landscape, there were positive and significant results between the distance difference and the relative humidity more than temperature.

Key Words : *Indoor environment, Warmth environment, Indoor plants, Interior landscape.*

I. 서 론

실내녹화를 이용한 실내환경 개선은 에너지 소비량과 폐기물 감소, 저비용의 설치비, 실내 온열환경의 개선(Asaumi at al., 1991), 그리고 치유적 측면에서 볼 때 보다 환경친화적인 방법이라는 점에서 관심이 집중되고 있다(Cunningham et al., 1996).

실내는 가스상태의 오염물질 뿐만 아니라 공기중에 떠다니는 입자성 오염물질도 함께 존재하는데, 입자의 크기에 따라 10 μ m 이하의 먼지는 PM₁₀ 또는 호흡성 분진이라 하고, 2.5 μ m 이하인 입자는 PM_{2.5} 또는 미세먼지라고 분류한다(Son at al., 2004). 이러한 미세분진은 호흡기에 축적 되면 건강에 치명적인 악영향을 끼친다. 식물을 이용한 미세분진 제거효과에 관한 기존 연구들을 살펴보면, 실내 밀폐 챔버에서 관엽식물 5종의 분진제거율을 비교한 결과 식물이 10%보다는 20%의 부피를 차지하는 경우에 미세분진이 약 3 배 정도의 급격한 감소를 보였다. 또한 식물 종별 주·야간 분진 제거율에 있어 야간보다는 주간에 감소율이 높았으며, 특히 주간에는 광합성률이 좋은 관엽식물에서, 야간에는 엽면적이 큰 관엽식물에서 감소율이 높았던 결과물(김여정 등, 2003)에서, 실내녹화를 통한 실내 미세분진 제거효과를 강조하고 있다.

한편, 우리나라는 사계절이 뚜렷한 대륙성 기후로 여름에는 상대습도가 80%까지 올라가 대부

분의 사람이 불쾌감을 느끼게 되고 겨울에는 50% 이하로 내려가 상대적으로 건조해진다. 최근 냉방기사용이 늘어나면서 여름철 또한 낮은 습도에 노출되어 할 수 있다. 무엇보다도 현대인의 하루 24시간 중 80% 이상을 실내활동을 하고 있어(김윤신, 2005), 낮은 습도로 인한 부작용이 예상된다. 건조한 환경에서는 각질층의 수분을 감소시켜 미세한 주름이 증가할 수 있어, 피부의 장벽 기능의 저하로 미세입자의 피부 침투가 많아져 접촉피부염이나 아토피피부염 같은 알레르기성 질환의 유병률을 높일 뿐만 아니라 건조한 환경이 직접 피부의 비만세포와 히스타민의 분비를 증가시켜 기존의 피부질환을 악화시키게 된다(서성준, 2006). 낮은 상대습도에 대한 개선방안으로 녹지에 대한 효용성이 검토되고 있다(윤용한, 2002). 실내로의 식물도입은 가슴기나 공기청정기와 같은 공학적 제품으로 인한 부작용을 개선할 뿐 아니라 오히려 장식적·정서적 효과를 부가적으로 얻을 수 있다는 장점이 있다(손기철·김미경, 1998). 건조하기 쉬운 실내공기의 습도상승의 효과는 식물체의 증산작용과 관련성이 높으나(방광자·주진회 1998), 환경요인과 식물체의 반응관계는 매우 복잡해서 창문의 위치에 따라서도 그 영향이 달라질 수 있고, 온도, 습도 및 광도뿐만 아니라 심지어 소리도 식물체의 증산작용에 관여한다고 하였다(Kimura et al., 1991).

이와 같이 실내에 배치된 식물은 실내환경의

조건에 의해 영향을 받기도 하지만, 생리작용을 통해 실내 미기후를 조절하기도 하며, 대부분의 연구는 환경에 의한 식물 생육반응에 주로 집중되었다(방광자·주진희, 2002; Reddy et al., 1995). 또한, 실내식물에 의한 환경조절효과에 관한 연구는 환경조절이 인위적으로 조절되는 성장상(chamber)이나 실험구에서 주로 수행했기 때문에 현장성과 재현성이 부족하다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구는 실제 사람이 거주하는 실공간을 대상으로 다양한 수종을 이용한 실내녹화 부피비율에 따른 미세먼진농도, 온도 및 상대습도에 미치는 영향을 살펴봄으로써, 실내녹화의 적극적인 도입을 유도하고자 수행하였다.

II. 연구의 범위와 방법

본 실험은 난방기 사용으로 인해 사계절 중 실내가 가장 건조한 동절기인 2008년 12월 1일부터 12월 30일까지 상명대학교 상록관 연구실에서 수행하였다. 실공간 전체면적은 88m³로, 식물이 투입하지 않은 대조구인 0%를 기준으로, 1%, 2%, 3% 각각의 부피비율에 맞게 실내식물을 차

레로 투입하였고, 이에 해당되는 식물명과 규격, 수량은 표 1과 같다. 본 연구에서 수종이 동일하지 않은 이유는 실제로 실내녹화를 조성할 경우, 다양한 수종을 도입한다는 것과, 실제공간에 재현성을 고려한다는 점 때문이다. 이들 식물 각각에 대한 부피는 수고, 수폭의 직경을 기준으로 각 수종에 대한 부피를 계상하여 이를 합산하여, 전체면적에 대한 실내녹화 부피비율에 따라 배치하였다.

미세분진의 농도는 PM₁₀을 기준으로 포집하였고, 포집기는 유량이 약 5L/min인 Mini-Volume Portable Air(Air Metrics, USA)를 이용하여 24시간 동안 연속 채취하였다. Filter는 Pallflex membrane filter를 이용하여 항온, 항습 상태인 데시케이터 내에서 24시간 이상 보관하여 항량이 되게 한 후 포집하였고, 시료 채취 전과 채취 후 모두 동일한 조건에서 실시하였다. PM₁₀의 질량농도를 측정하기 위하여 여과지를 항온(20℃), 항습(50%) 조건하에서 건조장치(automatic dry/up desiccator, SIBATA DUV-12)에 최소 2일간 건조하고, 감도가 0.01mg인 전자저울(Saritorious microbalance, Germany)로 먼지시료 채취 전·후의 중량차로서 표 2를 기준으로 질량농도 분석을 실시하였다.

표 1. 실내녹화 부피비율에 따른 투입 식물명, 규격, 수량.

실내녹화 부피비율	식물명	규격	수량	단위
1%	아레카야자(<i>Chyrsalidocarpus lutescens</i>)	H0.7*W0.5	10	Pot
	파초일엽(<i>Asplenium antiquum</i>)	H0.3*W0.3	20	Pot
2%	아레카야자(<i>Chyrsalidocarpus lutescens</i>)	H0.7*W0.5	10	Pot
	파초일엽(<i>Asplenium antiquum</i>)	H0.3*W0.3	40	Pot
	스파티필름(<i>Spathiphyllum cannifolium</i>)	H0.5*W0.3	5	Pot
	백량금(<i>Ardisia crenata</i>)	H0.5*W0.3	2	Pot
3%	아레카야자(<i>Chyrsalidocarpus lutescens</i>)	H0.7*W0.5	10	Pot
	파초일엽(<i>Asplenium antiquum</i>)	H0.3*W0.3	50	Pot
	스파티필름(<i>Spathiphyllum cannifolium</i>)	H0.5*W0.3	5	Pot
	백량금(<i>Ardisia crenata</i>)	H0.5*W0.3	2	Pot
	산호수(<i>Ardisia pusilla</i>)	H0.3*W0.5	5	Pot
	싱고늄(<i>Syngonium podophyllum</i>)	H0.2*W0.2	50	Pot
관음죽(<i>Rhapis flabelliformis</i>)	H1.0*W0.7	1	Pot	

표 2. 미세분진 질량농도 계산식.

$Q_{act} = (mvol * Q_{ind} + bvol) * \sqrt{P_{std}/P_{act} * T_{act}/T_{std}5}$
* mvol = 0.9958
* Q_{ind} = Rotameter Indicated Flow Rate, liters/min
* bvol = -0.2796
* P_{std} = Standard Atmospheric Pressure(760 mmHg)
* T_{std} = Standard Temperature(298°K)
* P_{act} = Actual Ambient Pressure, mmHg
* T_{act} = Actual Flow Rate, liters/min

실내녹화 부피비율에 따른 실내온도 및 상대 습도는 디지털온습도계(Kiwi- LTH, USA)로, 실내녹화와 실내녹화에서 3m 이격된 지점에 각각 설치하여 24시간을 3반복으로 측정하였다. 각 실험구간의 유의성은 SPSS window 11.0 통계처리 프로그램을 이용해 Duncan의 다중범위검정(Multiple range test)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

실공간에서 실내녹화 부피비율에 따른 미세분진농도 변화를 살펴본 결과, 부피비율이 높아질수록 미세분진농도는 대체적으로 감소하는 경향을 보였다(그림 1). 각각의 부피비율에 따른 농도 변화를 살펴보면, 실내녹화 부피비율 0%, 1%, 2%, 3%이 각각 $55\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 실내녹화가 전혀 없는 0%의 실공간보다 실내녹화 부피비율 1%, 2%와 3%에서는 미세분진이 각각 27%, 27%, 45%의 감소율을 나타내었다.

실내식물이 미세먼지를 제거하는 능력을 조사한 기존의 연구를 살펴보면(Lohr and Pearson-Mims, 1996), 실내식물을 실공간 면적의 2~5% 부피비율을 배치했을 때 바닥에 떨어진 총 먼지량이 식물이 없었을 때보다 약 20%정도 감소된 것으로 나타났다. 또한, 관엽식물 5종에 대한 실내분진 제거능에 대한 연구에서는(김여정 등, 2003), 식물이 없는 경우에 비해 식물이 있는 경

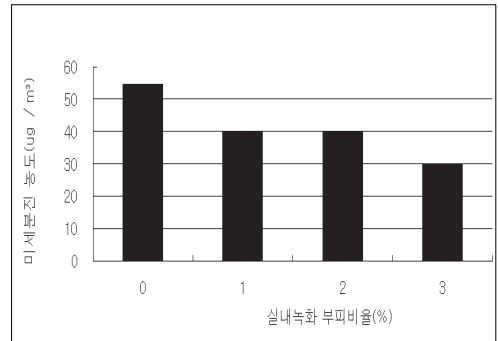


그림 1. 실공간 실내녹화 부피비율에 따른 미세분진농도 변화.

우가 분진감소율이 높았고, 제어된 밀폐 챔버에서는 식물이 10%보다는 20%의 부피를 차지하는 경우에 약 3배 정도의 급격한 분진감소를 보이고 있어, 실공간에 이와 같은 실내녹화 부피비율을 적용한다면, 미세먼지 제거효과가 매우 클 것으로 판단된다.

실공간에서 실내녹화 부피비율에 따른 온도변화를 살펴보면, 부피비율이 높아짐에 따라 온도가 감소하다가 다시 증가하는 경향을 나타내었고, 실내녹화에서 측정한 온도가 3m 떨어진 곳에서 측정한 온도보다 낮은 것으로 나타나 실내녹화에 의해 온도가 다소 떨어지는 것으로 조사되었다. 각각의 부피비율과 접근거리에 따른 실내온도변화를 살펴보면(그림 2), 실내녹화 부피비율 0%, 1%, 2%, 3%는 각각 21.2°C , 17.4°C , 16.7°C , 18.9°C 로 측정되었다. 실내녹화에서 3m 떨어진 곳의 온도변화는 각각 22.1°C , 18.7°C , 18.4°C ,

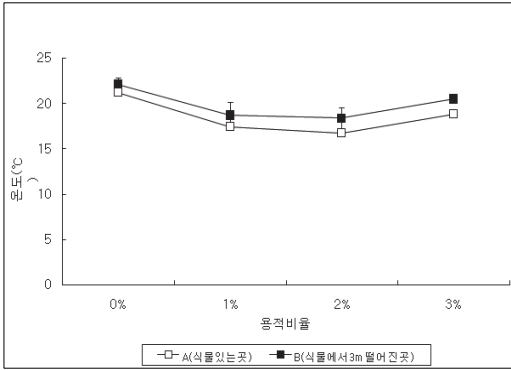


그림 2. 실내녹화 부피비율에 따른 실내온도 변화.

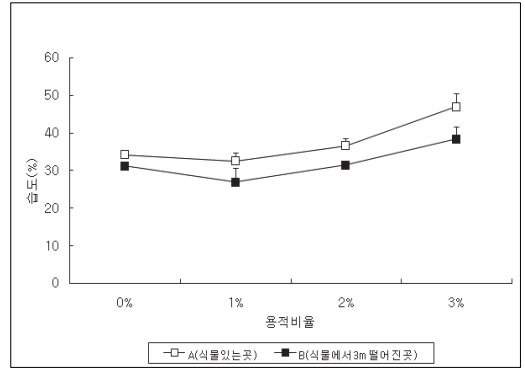


그림 3. 실내녹화 부피비율에 따른 실내습도 변화.

20.5℃ 로 식물의 접근거리 차이에 따른 온도차이는 각각 0.1℃, 1.3℃, 1.7℃, 1.7℃로, 실내녹화의 부피비율과 접근거리에 따라 실내온도 변화폭은 큰 것으로 분석되었다. 온도는 실내녹화가 비녹화보다 다소 낮은 것으로 분석되었으며, 녹화에서 3m 이상 거리가 멀어지게 되면, 실내온도는 녹화에 큰 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 28℃에서는 식물을 배치하지 않은 경우보다 실내온도를 1.2℃를 낮췄으며, 24℃에서는 약 0.5℃ 높임으로써 *Ardisia*속 식물이 적정온도를 유지하는데 효과가 뛰어난 것으로 나타났다는 결과(이종석 등, 2007)와 같이 실내녹화는 실내온도에 대해 고온 시 온도를 낮추고 저온 시 온도를 높이는 효과가 있음을 시사하고 있다.

실공간에서 실내녹화 부피비율에 따른 실내 상대습도 변화를 살펴보면, 부피비율이 높아짐에 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 실내녹화에서 측정된 실내 상대습도가 3m 떨어진 곳에서 측정된 상대습도보다 높게 나타나 접근거리에 따라 차이를 보였다. 각각의 부피비율에 따른 실내 상대습도 변화를 살펴보면(그림 3), 실내녹화 부피비율 0%, 1%, 2%, 3%이 각각 34.2%, 32.5%, 36.7%, 46.9%로 나타난데 비해, 3m 떨어진 곳의 실내 상대습도는 각각 31.2%, 26.9%, 31.4%, 38.3%로 측정되었다. 따라서 식물의 거리차에 따른 실내 상대습도 변화는 각각 3%,

5.6%, 5.3%, 8.6%로 부피비율이 높을수록, 접근거리가 가까울수록 실내상대습도 변화폭이 뚜렷한 것으로 나타나, 실내녹화가 온도보다는 실내상대습도 개선에 좀 더 뚜렷한 효과가 있었다.

실내식물은 뿌리로 흡수한 물의 약 1%정도만 자신의 생명을 유지하기 위하여 사용하고, 나머지는 기공을 통하여 대기로 순수한 물을 배출시킴으로 실내습도를 증가시킨다. 비록 식물에 의해 방출된 수분양이 가습기에 의한 보습처럼 정확하게 조절되지 않는다 하더라도 증산물의 자연적 변화는 자기조절(self-control)적이다. 즉 상대습도가 높을 때 증산력은 감소되며, 낮은 상대습도에서는 반대로 증가되는 경향을 가지고 있어(손기철 등, 2006), 실내의 항습성을 유지하는데 있어 녹화는 매우 유용한 방법임을 제시하고 있다.

실제로 실내볼륨의 약 8~10%정도의 식물만 두면, 겨울철에는 습도를 15%까지 높일 수 있으며, 여름철에는 실내 온도를 약 2-3℃정도 떨어뜨릴 수 있다고 하였고(Ishino at al., 1994), 평균적으로 실내공간의 2.4%에 해당하는 부피의 식물체로 3~5%의 습도조절이 가능한 것으로 알려져 있다. 또한, 이러한 효과는 계절에 상관없이 동일하고, 배치방법에 따라서 여름철에는 일렬배치와 점배치간에 차이가 없었으나, 겨울철에는 일렬배치가 점배치에 비해 습도 상승효과가 큰 것으로 조사되었다(손기철 등, 1998).

따라서, 실공간에서의 실내녹화의 도입은 실내 미세분진을 감소시킬 뿐 아니라 미기후라고 할 수 있는 온도 및 습도를 조절할 수 있어, 쾌적한 실내환경 개선을 위한 기법으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

IV. 결 론

본 연구는 실내에서 실내녹화의 부피비율에 따라 미세분진농도, 온도, 상대습도의 변화를 살펴봄으로써, 실내환경개선 요소로서 적극적인 실내녹화도입을 모색하고자 한다.

1. 실공간에서 실내녹화 부피비율에 따른 미세분진농도 변화를 살펴본 결과, 실내녹화 부피비율이 0%, 1%, 2%, 3%로 높아질수록 $55\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 순으로 나타나 점차 감소하는 경향을 나타냈다.

2. 온도변화에 있어 실내녹화 부피비율 0%, 1%, 2%, 3%는 21.2°C , 17.4°C , 16.7°C , 18.9°C 순으로 각각 측정되었다. 실내녹화에서 3m 떨어진 곳의 온도변화는 각각 22.1°C , 18.7°C , 18.4°C , 20.5°C 로 실내녹화의 부피비율과 접근거리에 따라 미세한 차이를 나타냈다.

3. 실내 상대습도 변화는 실내녹화 부피비율이 0%, 1%, 2%, 3%에 있어 각각 34.2%, 32.5%, 36.7%, 46.9%로 나타난데 비해, 실내녹화에서 3m 떨어진 실내 상대습도 변화가 각각 31.2%, 26.9%, 31.4%, 38.3% 로 측정되었다. 이에 실내녹화 부피비율이 높을수록, 접근거리가 가까울수록 실내 상대습도가 증가하는 경향이 뚜렷하였다.

인 용 문 헌

김윤신. 2005. 생활환경속의 실내공기질 관리. 한국공학교육학회지 12(4) : 61-65.
김여정 · 이은숙 · 류명화 · 손기철. 2003. 관엽식물이 실내분진 제거에 미치는 영향. 한국원

예과학기술지 21(2) : 100.
방광자 · 주진희. 2002. 실내 습도조건이 가능한 고사리와 석위의 생육에 미치는 영향. 한국복원녹화기술학회지 5(2) : 34-38.
서성준. 2006. 습도와 피부건강. 대한피부과학회 추계학술발표대회지 58(2) : 101.
손기철 · 김미경. 1998. 실내 광, 온도, 절대습도 및 이산화탄소의 변화가 파키라(*Pachira aquatica*)의 증산 및 광합성량에 미치는 영향과 통계적 모델링. 한국원예학회지 39(5) : 605-609.
손기철 · 김미경 · 박소홍 · 장명갑. 1998. 관엽식물 파키라가 실내 온·습도 변화에 미치는 영향. 한국원예과학기술지 16(3) : 377-380.
손기철 · 송종은 · 유명화. 2006. 인간 건강 증진 측면에서 화훼의 기능성 연구. 한국원예과학기술지 24 : 77-95.
이종석 · 한승원 · 이나영. 2007. 자생 죽절초가 실내 온열환경 개선에 미치는 영향. 한국원예과학기술지 25 : 128.
이종석 · 한승원 · 이나영. 2007. 자생 *Ardisia*속 식물이 실내 온열환경 개선에 미치는 영향. 한국원예과학기술지 25 : 128.
윤용한. 2002. 녹지가 14시 상대습도에 미치는 실증적 연구. 한국산림휴양학회지 6(2) : 1-6.
Asaumi, H., H. Nishina, T. Fukuyama and Y. Hashimoto. 1991. Simulative estimation for the environment inside room from the green amenity aspect. J.of Shita, 3 : 31-38.
Cunningham, S. D., T. A. Adnderson, A. P. Schwab and F. Hsu. 1996. Phytoremediation of soils contaminated with organic compounds. Adv. Agron. 56 : 55-114.
Kimura, K., H. Ishino, J. Tanimoto and S. Kato. 1991. Experimental study on the effects of evaporation from foliage on the indoor moisture environment. Part 1. Experimental

- method and results of orthogonal experiment. Summaries of technical papers of annual meeting architectural institute of Japan, 787-788.
- Lohr, V. I., and C. H. Pearson-Mims. 1996. Particulate matter accumulation on horizontal surfaces in interiors : influence of foliage plants. *Atmospheric Environment*, 30 : 2565-2568.
- Reddy, V. R., K. R. Reddy and H. F. Hodges. 1995. Carbondioxide enrichment and temperature effects on cotton canopy photosynthesis, transpiration and water-use efficiency. *Field Crops Research*, 4 : 13-23.
- Son, K. C., J. E. Song, S. Y. Kim and S. J. Um, Kwak. 2004. Effects of visual recognition of green plants on the changes of EEG in patients with schizophrenia. *Acta Horticulture*, 639 : 193-199.