

Assessment of Indoor Air Quality and the Eye Symptom of Occupants in Newly-built Office Building after Planting Indoor Plants

Hyojin Kim^{1,2} and Ho-Hyun Kim^{3,*}

¹Division of Health Science, Department of Visual Optics, Baekseok University, Cheonan 31065, Korea

²Graduate School of Health and Welfare, Baekseok University, Seoul 06695, Korea

³Dept. of Integrated Environmental Systems, Pyeongtaek University, Pyeongtaek 17869, Korea

(Received November 16, 2015; Revised February 1, 2016; Accepted August 23, 2016)

Purpose: The aim of this study was to evaluate relationship between worker's ophthalmoxerosis symptom and IAQ (Indoor Air Quality) variation after planting indoor plants at newly-built office building. **Methods:** We selected a new office building located in Sejong-si and occupants who work in the Office for study. The indoor air pollutant was investigated according to applying indoor plants. The indoor air quality of the new building was evaluated by measuring volatile organic compounds (VOCs), aldehydes, temperature and humidity. The level of dry eye symptoms was classified into normal, mild, moderate and severe by using the Ocular Surface Disease Index (OSDI). **Results:** There was VOCs' reduction effect according to placing indoor plants because the concentration of VOCs in newly-built government office (Sejong-si) was highly decreased when the indoor plants was placed at the office. The occupants' SBS (Sick Building Syndrome) symptoms score was gradually decreased in accordance with applying indoor plants. However, SBS symptoms score was increased when the office was not applied indoor plants. There was not statistical significance in workers' dry eye questionnaire results. **Conclusions:** There was reduction effect of indoor air pollutant in applied indoor plants office. Also, in case of questionnaire results of ophthalmoxerosis and SBS (Sick Building Syndrome) symptoms score were showed positive effect. This study is needed longer-term study because of complements of difference of individual sensitivity and there are some limitations due to field survey research.

Key words: Office building, Eye symptom, Indoor plants, IAQ

서 론

실내에서 방출되는 유해물질들은 매우 다양하며, 최근에는 인체 발암성과 위해성이 있는 포름알데하이드(HCHO)를 포함한 휘발성유기화합물류(volatile organic compounds, VOCs)에 대한 감시와 제어의 중요성도 인식되고 있다. 이러한 알데하이드류(aldehydes)를 포함한 VOCs는 실내 주요 오염물질이며, 새건물로 인해 유발되는 질환(building-related illness) 또는 새집증후군(sick building syndrome)의 한 원인으로 알려져 있다.^[1] 실내공기오염은 대기오염으로 인한 실내공기오염(indoor air pollution, IAP) 뿐만 아니라, 실내 자체 오염원으로 인해 재실자의 건강 이상을 유발하는데 이러한 IAP로 인해 유발되는 질병 부담에 대한 인식도 전세계적으로 매우 높아져 가고 있다.^[2] 더불어 이러한 유해물질 등은 자극증상을 일으켜 안구건조, 가려움, 충혈, 결막충혈과 같은 증상 및

안구 질환을 유발하고, 실내 근무자의 작업생산성과 삶의 질을 떨어뜨린다는 선행보고도 있다.^[3,4]

실내공기정화 제품 및 검증되지 않은 실내 시공기술들이 난무하는 요즘 실내공기정화식물로 불리는 화훼식물은 다음과 같은 기전에 의해 하나의 건전한 대안으로써 사용 가능 할 수 있다. 첫째, 식물의 증산작용은 식물의 수분이 식물체의 표면에서 수증기가 되어 배출되는 현상으로 공기의 흐름을 만들어 내고, 공기의 이동을 일으키는 식물의 능력은 실내식물의 실내공기정화에 중요한 역할이 된다.^[5] 즉, 일반적인 실내공기는 보통 건조한데, 이 때 실내식물에서 일어나는 활발한 증산작용은 오염된 공기를 식물 뿌리의 주변으로 이동시키는 것을 도와주고, 뿌리 주변에서는 토양 속 미생물이 인간에게 유해한 가스를 분해하여 실내환경개선에 효과적일 수 있다는 것이다.^[6,7] 둘째, 실내식물은 친환경적이고 비용 대비 효과적으로 온도 및 습도 등을 조절하고, 인간의 지각과 심리적인 안정을 주며,

*Corresponding author: Ho-Hyun Kim, TEL: +82-31-659-8308, E-mail: ho4sh@ptu.ac.kr

Table 1. Contents and measurement time of this study

Classification	Contents	Measurement time
Indoor air quality in office	VOCs (Benzene, Toluene, Ethlybenzene, Xylene) ·Aldehydes (Formaldehyde, Acetaldehyde, Acrolein, Aceton) CO ₂ , Temperature, Humidity ·Intensity illuminate	2(am/pm) ×3(days) = Total 6 times
	Questionnaire	Symptom evaluation of Sick Building Syndrome (SBS)
Dry Eye syndrome	Eye redness test	2 times (am/pm)
	Dry eye questionare	1 time

실내오염물질을 흡수하여 이를 분해하거나 혹은 식물체내에 저장함으로써 실내환경개선에 기여할 수 있다.^[8]

지난 '12년 이전한 세종시 정부신청사를 대상으로 한국건설기술연구원이 사무실 공기질을 측정하였으며, 그 결과 국내 권고기준보다 평균 4~6배, 최고 10배 이상 높게 나타난 것으로 보고된 바 있다.^[9]

따라서, 세종시 신축 정부 청사 및 재실자를 대상으로 안구건조 증상 등이 공기정화식물 적용을 통한 안구건조 증상 개선효과 여부 및 실내공기질의 변화, 건강증상의 호전도 여부를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 측정대상시설 및 연구방법

신축 세종시 정부 청사 실내 사무실 실내공간 및 재실자를 대상으로 IAQ(indoor air quality), 새건물증후군 증상, 안구건조 증상 등 임상 및 설문평가를 실시하였다.

본 연구는 2013년 5월 14일부터 16일까지 1차 조사(3일간)를 실시하였고, 실험군 사무실 공간에 식물을 투입하여 식물이 적용할 수 있도록 약 3개월간의 기간을 두고, 2013년 9월 3일부터 5일까지 2차 조사(3일간)를 진행하였다. 이는 식물 적용 전 상태를 평가하는 1차 조사와 식물 적용 후 상태를 평가하는 2차 조사로 구분하여 조사하기 위함이다.

식물 적용 전·후의 사무실 내 IAQ, 새건물증후군 증상 및 안구건조 증상 평가 결과를 비교하고, 뿐만 아니라 식물적용여부에 따라 식물 적용 사무실 공간과 식물 미적용 사무실 공간으로 구분하여 결과를 비교 평가하였다. 환경측정은 VOCs, HCHO, 이산화탄소(CO₂), 온도 및 습도 등을 측정하였다. 관련 조사는 식물적용 전인 1차 조사와 식물적용 후인 2차 조사로 나누어 진행하였다.

안구임상평가의 경우 업무로 인한 출장 등의 연구참여자 손실을 최소화하기 위해 재실자가 많은 요일을 선택하여 업무에 방해되지 않는 출근시간 직후(오전 9시부터 오

전 10시까지)와 점심시간 직후(오후 12시부터 오후 2시까지)에 측정을 실시하였다.

실내 환경오염물질 측정 시 오피스 공간 창문을 최대한 닫아 외부공기의 영향을 최소화 한 상태에서 시료를 포집하였다. 식물적용 전 실내공기질 및 임상조사는 1차 및 2차 조사는 각 사무실 내 재실자가 많은 각 3일간 동일한 방법으로 진행되었다. 1차 조사는, 2013년 5월 14일부터 2013년 5월 29일 중 3일간 이루어졌고, 2차 조사는 식물적용사무실 및 식물미적용사무실 모두 2013년 9월 3일부터 2013년 9월 5일로 총 3일간 진행되었으며, 1차 조사와 동일한 오염물질항목과 지점에서 측정되었다(Table 1).

2. 연구대상공간 및 연구대상자의 일반특성

연구 대상으로 선정한 세종시 정부종합신청사(6동) 사무실 공간 내 실내공기질 즉, 조사대상물질에 영향 인자인 온도 및 습도에 영향을 미치는 냉난방시설 사용여부, 실내 공기질 전체에 영향을 미치는 자연환기시간, 휘발성유기화합물류에 영향을 미치는 방향제 사용 여부 및 복사기, 프린트 등의 전자 기기 사용 대수 등의 일반적인 특성을 조사하였다.

실험을 진행한 두 공간을 포함하여 건물 전체에 개별제어가 가능한 냉난방장치를 사용하고 있었으며, 환기설비는 중앙통제 자동 환기시스템을 사용하였다. 설문조사 및 임상평가, 실내 환경측정이 이루어진 1차 조사시기에는 2개 공간 모두 냉난방장치를 사용하였으나 2차 조사 시기에는 냉난방장치 모두 가동되지 않고 있었다. 환기의 경우, 2개 사무실 공간 모두 자동 환기시스템을 사용하여 환기가 이루어지고 있다고 확인된 바 환기 시간 간격 등에 대한 자세한 정보는 얻을 수 없었다. 창문을 통한 환기는 주로 점심시간에 이루어졌고, 평가대상공간 내 조건은 유사한 것으로 나타났다. 단, 조사기간 내 휘발성유기화합물류 등의 측정을 위해 자연환기 조건에 대한 변수를 통제하기 위해 조사기간 3일간은 자연환기는 자제하는 것으로 공지하여 조사진행되었다.

Table 2. Demographics of the subject groups

Classification	Character	Total	Plants With	Plants Without
	Number (n)	34	17	17
Individuality	Gender, M/F (male%)	16/18(88.9)	6/11(54.5)	10/7(70.0)
	Age, years (range)	36.9±9.4	35.5±8.4	38.3±10.2
	Height, cm (range)	169.9±8.4	168.3±7.2	171.0±9.2
	Weight, kg (range)	66.4±18.9	62.1±13.6	69.2±21.9
	Birth order (sibling n=M/F)	1.8±1.0 (1.7±1.0/1.6±1.2)	1.8±1.1 (1.6±1.0/1.5±1.2)	1.7±0.8 (1.9±1.1/1.7±1.2)
	Smoking	43%	24%	65%
	Pet (animal)	9%	6%	12%
	Housing Form	81%	41%	47%
	Atopic diseases	44%	53%	35%
	Family history of patient	Allergic rhinitis	15%	18%
Allergic conjunctivitis		—	—	—
Asthma		—	—	—
Atopic dermatitis		9%	6%	12%
Individual past history of patient	Atopic diseases	47%	41%	53%
	Allergic rhinitis	32%	35%	29%
	Allergic conjunctivitis	3%	6%	—
	Asthma	3%	—	6%
	Atopic dermatitis	6%	—	12%

Mean ± standard deviation, APT: apartment house

또한 사무실 내 휘발성유기화합물류에 영향인자인 방향제 사용 여부를 조사한 결과, 식물적용사무실과 식물미적용사무실은 모두 방향제를 사용하지 않는 것으로 조사되었다.

Table 2에 공공기관 사무실 건물의 특성 및 재실자의 특성을 정리하였다. 식물적용군(재실자 17명)과 식물미적용군(재실자 17명)은 일반적 특성 및 가족력 중 알레르기비염의 비율, 알레르기 질환의 과거력 비율 등 각종 특성에 대해 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 대상자 간의 특성 차이가 없음을 의미하며, 식물 개입에 따른 해석이 가능한 집단이라고 판단되어진다.

3. 조사대상 물질 및 분석방법

사무실 실내공기질 측정을 위해 실내공기 중 알데하이드류 및 VOCs의 시료채취 및 분석방법은 환경부의 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”에서 규정하고 있는 공정시험방법에 준하여 실시하였다.^[10] 시료 채취는 오전/오후 근무시간에 실시하는 것을 원칙으로 하였으며, 벽으로부터 최소 1 m 이상 떨어진 위치에서 바닥면으로부터 1.2~1.5 m 높이에 시료채취 장치를 설치하여 시료를 채취

하였다. 공기 중 VOCs는 Sampler Σ100 H(SIBATA, Japan)를 사용하여 Tenax-TA 고체 흡착관을 이용하여 흡착한 후, 열탈착 장치가 연결된 GC/MSD(Gas Chromatography/Mass Selected Detector)로 분석하였다. 실내공간에서 알데하이드류 시료채취의 경우 Sampler Σ100H(SIBATA, Japan)를 사용하여 350 mg의 DNPHsilica(1.0 mg DNPH)를 충전한 1.0 cm(i.d.)×2.0 cm(o.d.)×4.3 cm(Total length)의 Cartridge인 DNPH-silica Cartridge (Supelco, USA)에 오존의 간섭을 제거하기 위한 0.46 cm(I.D.)×10 cm의 Copper tube에 KI(Potassium iodide) 결정을 채운 오존 스크리버 카트리지(Scrubber Cartridge)를 DNPH-silica Cartridge 앞에 장착하여 0.5 l/min의 유량으로 30분 동안 시료를 채취하였다(다중이용시설 실내공기질관리법의 공정시험방법). 채취된 시료에 대한 분석은 HPLC alliance separation module 2690/dual λ absorbance detector 2487 모델을 이용하여 분석/정량하였다.

4. 식물 적용

HCHO, VOCs 등 실험실 내 검증 시험을 통해 오염물질

Table 3. List of Indoor plants in the office

Indoor plant		Number (size)
Common name	Scientific name	
Total number of large plants		10 plants
Lady palm	Rhapis excelsa	3 (Ø30 cm × 41 cm)
Rubber plant	Ficus elastica co. robusta	3 (Ø30 cm × 41cm)
Heavenly bamboo	Nandina domestica	2 (Ø30 cm × 23.5 cm)
Fatsi, Japanese Aralia	Fatsia japonica	2 (Ø30 cm × 23.5 cm)
Total number of Under plants		10 plants
Angel's Tear	Soleirolia soleirolii	3 (Ø18 cm × 15 cm)
English Ivy	Hedera helix	3 (Ø18 cm × 15 cm)
Tiny ardisia	Ardisia psilla	2 (Ø18 cm × 15 cm)
Golden pothos	Epipremnum aureum	2 (Ø18 cm × 15 cm)



Fig. 1. Indoor plants placement in the newly-built office.

제거능이 뛰어나고 손쉽게 구할 수 있는 식물 중 6종(농촌진흥청 추천식물)을 사무실에 배치하였다. 적응 식물은 관음죽, 인도고무나무, 팔손이 총 3종, 자생식물로는 천사의 눈물, 아이비, 스킨답서스 총 3종을 선정하였다. 식물 화분은 두 종류의 다른 식물을 사용하여 대품(Large plants)과 하부식재(Under planting)로 구분하여 식물을 적용한 사무실 공간에 화분 10개씩(대품 10개, 하부식재 10개)을 보행과 업무에 지장이 없되 재실자에 근접할 수 있는 사무실 공간 곳곳에 적용하였다(Table 3, Fig. 1).

5. 설문 및 임상 평가

새건물증후군(Sick Building Syndrome, SBS) 증상 관련 설문지는 눈, 코, 목, 손, 머리, 두피 등이 불편한 적이 있었는지, 집중력, 감기와 상관없는 기침, 메스꺼움, 피곤함 등에 대한 상세한 내용으로 총 12개의 문항으로 구성하였다.^[11,12] 증상발생빈도에 따라 전혀 없었다, 드물게 있었다, 종종 있었다, 흔히 있었다로 나누어 0점, 1점, 2점, 3점의 점수를 매겨졌다. 근무자들이 스스로 본인의 건강자각증상을 판단하여 설문지를 작성하여 제출하였으며 각 문항 별로 증상발생빈도 점수를 곱하여 최저 0점~최대 36점으로

점수를 산출하여 식물 투입 전·후의 점수를 비교하였다.

안구 결막 충혈의 정도는 1인의 검사자에 의해 세극등 현미경을 이용하여 대상자에 대해서 각각의 우안에 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 이때 결막은 상하좌우 4방향으로 나누어 검사하였고, 충혈정도는 5단계의 5점 척도로(Normal, Trace, Mild, Moderate, Severe) 나타내었다.^[13] 참고적으로 실험 중에는 콘택트렌즈의 착용을 제한하고,^[14] 조사 2-3일 전 음주자제를 공지하여 음주 등으로 인한 충혈 등을 예방하였다.

안구건조의 자각증상은 안구표면질환지수(Ocular surface disease index)를 사용하여 측정하였다. OSDI식 설문 방법은 12개의 항목과 각 항목당 자각 빈도가 0-4점으로 구성 되어 있으며, OSDI 수식에 의해 계산된 점수의 결과에 따라 0-12점인 경우를 정상으로 하고, 13점 이상부터 건성안으로 판단하였다. 또한, 13-22점을 경도의 건성안, 23-32점을 중등도의 건성안, 33-100점을 중증의 건성안으로 분류하였다.^[15]

$$\text{OSDI 수식: } \frac{(\text{답으로 표시한 숫자의 합}) \times 25}{\text{답한 문항의 개수}}$$

OSDI의 기준에 따라 대상자의 안구건조 자각증상은 1차와 2차 측정시기에 중증에서 중등 도나 경도로, 중등도에서 경도나 정상으로 증상이 호전되었는지 분석하였다.

6. 통계분석

SPSS (PASW) Statistics 20 프로그램을 사용하여 Independent t-test를 실시하여, p-value가 0.05 이하인 경우 통계학적 의미를 두었다. 또한, 새건물증후군 증상점수는 One-way ANOVA를 실시하였다. 입주 직후의 개인별 자각증상, 입주 후 1개월 뒤 즉, 식물 적용 직전의 개인별 자각증상 및 식물 적용 후 효과평가를 위한 개인별 자각증

상 설문결과를 비교하였으며, p-value가 0.05 이하인 경우 통계학적 의미를 두었다.

결과 및 고찰

1. 식물적용여부에 따른 실내유해물질 농도 변화

연구대상 공공기관 신축 사무실 건물(세종시 정부청사)의 사무실에서 VOCs를 분석한 결과, 식물적용사무실의 경우, 벤젠(Benzene) 농도가 식물적용 전에는 15.44 µg/m³에서 식물적용 후에는 7.92 µg/m³, 톨루엔(Toluene)은 식물적용 전 94.70 µg/m³에서 식물적용 후 60.23 µg/m³으로 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 또한, 에틸벤젠(Ethlybenzene) 농도가 식물적용 전에는 14.34 µg/m³에서

식물적용 후에는 9.37 µg/m³, 자일렌(Xylene)은 식물적용 전 13.98 µg/m³에서 식물적용 후 7.41 µg/m³으로 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05).

결과적으로, 식물적용사무실과 식물미적용사무실 모두 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠 및 자일렌이 식물적용 여부와 관계없이 2차 조사시 농도가 감소하였다. 그러나, 식물미적용사무실의 경우에도 벤젠과 톨루엔은 1차 측정 때에 비하여 2차 측정 때 농도가 감소하였지만, 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 VOCs의 특성상 시간이 지남에 따른 자연감소분이 반영된 결과이나, 결과적으로 식물적용사무실에서 VOCs의 저감 효과가 더 큰 것으로 조사되었다(Table 4).

이는 국외 선행조사^[16] 뿐만 아니라, 국내 신축초등학교 및 신축대학교 실내공간 내 식물적용 조사 후 평가를 실

Table 4. Changes of concentrations of BTEX in newly built office according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene
		Mean±S.D (Min~Max) (mg/m ³)			
Without (N=48)	May (1st)	11.81±4.46 (6.65~24.14)	134.82±126.10 (68.36~739.41)	12.63±5.39 (8.23~38.02)	14.17±6.67 (3.37~29.26)
	September (2nd)	10.53±4.72 (6.48~25.49)	81.19±104.15 (34.25~524.38)	9.51±4.48 (6.00~28.37)	9.26±5.66 (2.73~18.36)
	P value	NS	NS	*	*
With (N=64)	May (1st)	15.44±5.33 (7.35~24.96)	94.70±24.33 (58.60~145.08)	14.34±3.92 (8.68~21.81)	13.98±6.17 (5.19~27.78)
	September (2nd)	7.92±2.73 (5.11~17.10)	60.23±13.41 (39.95~84.79)	9.37±1.21 (5.20~11.44)	7.41±3.18 (1.71~13.38)
	P value	**	**	**	**

N : sample number
 P value : Independent Sample T-test
 NS : non-significance, * significance at P value=0.05, ** significance at P value=0.01

Table 5. Changes of concentrations of Aldehydes in newly built office according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Formaldehyde	Acetaldehyde	Aceton+Acrolein
		Mean ±S.D (Min~Max) (mg/m ³)		
Without (N=48)	May (1st)	37.95±9.76 (22.32~53.69)	8.43±2.92 (3.97~13.33)	9.16±3.05 (6.10~17.18)
	September (2nd)	34.22±6.73 (23.00~45.33)	4.94±2.06 (1.13~9.17)	7.49±2.07 (4.14~11.74)
	P value	NS	**	*
With (N=64)	May (1st)	46.88±21.34 (23.30~109.81)	7.10±1.71 (3.76~10.49)	8.13±2.03 (5.26~13.67)
	September (2nd)	39.34±4.84 (31.44~50.91)	5.80±1.65 (2.68~9.53)	8.09±1.53 (5.36~10.87)
	P value	*	**	NS

N : sample number
 P value : independent sample T-test
 NS : non-significance, * significance at P value=0.05, ** significance at P value=0.01

시한 광윤경 등,¹⁷⁾ 김효진 등¹⁸⁾의 연구에서도 신축학교의 자연환기 등으로 인한 자연감소분의 효과와 더불어 식물의 일부 공기정화효과를 제시한 유사한 연구결과를 보고하였다.

포름알데하이드는 식물적용사무실에서 식물적용 전 (46.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 식물적용 후(39.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p<0.05$). 식물미적용사무실의 경우에는 2차 측정 때 포름알데하이드는 농도가 근소한 값으로 감소하였지만 통계적으로 유의하지 않았다. 아세톤 및 아크롤레인의 경우 식물적용사무실과 식물미적용사무실 모두 농도가 감소하였지만, 식물적용 사무실의 경우 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 5).

알데하이드류 중 포름알데하이드 조사결과 식물적용 전 조사에서부터 다중이용시설 기준치(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과사례는 없었고, 절반 수준이하의 농도로 조사되어 전반적으로 낮은 농도 분포를 보여 식물적용 여부에 따른 결과가 뚜렷하게 보이지는 않았다. 이는 광윤경 등¹⁷⁾의 최근 신축 건물(초등학교) 중 포름알데하이드 농도에서도 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 수준으로 검출된 바 최근 건축자재 및 접착제 등에 포름알데하이드의 배출량 제한 등으로 인한 규제로 인해 잘 관리되는 것으로 인한 결과로 여겨진다. 본 연구진¹⁸⁾이 2006년 신축건물 조사를 통한 유사 연구시에는 다중이용 시설 기준치(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 근접하는 농도수준이었고, 구 건물과의 비교시 신축건물에서는 식물적용을 통한 통계적으로 유의한 감소효과가 있었으나, 구 건물의 경우 시간경과를 통한 감소효과로 인해 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 농도수준의 식물적용으로 인한 감소효과를 확인할 수 없었다.

Table 6. Changes of concentrations condition of thermal environment in newly built office according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)
		Mean \pm S.D (Min~Max)	
Without (N=10)	May (1st)	26.7 \pm 1.0 (25.0~27.6)	37 \pm 7 (29~47)
	September (2nd)	26.5 \pm 1.1 (25.0~27.6)	48 \pm 7 (41~58)
	P value	NS	*
With (N=12)	May (1st)	25.7 \pm 1.6 (23.1~27.8)	43 \pm 16 (20~69)
	September (2nd)	27.8 \pm 1.3 (26.6~29.1)	44 \pm 7 (37~53)
	P value	*	NS

N : sample number
 P value : Independent Sample T-test
 NS : non-significance, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01

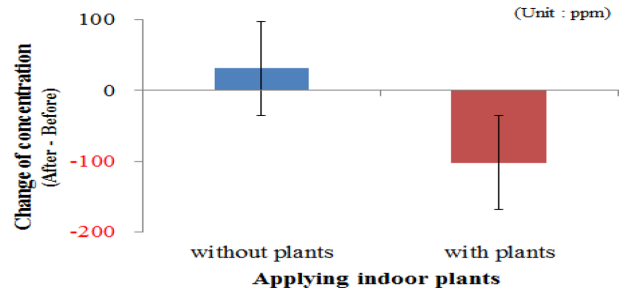


Fig. 2. Changes of concentrations of Carbon dioxide according to indoor plant placement. NS: Non-significant, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01

식물미적용사무실의 이산화탄소 농도는 1차 환경측정 때 1,075 ppm, 2차 환경측정 때 1,106 ppm으로 이산화탄소 농도가 다소 증가하였다. 식물적용사무실의 경우에는 식물 적용 전에는 781 ppm, 식물 적용 후에는 679 ppm으로 다소 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 2). 따라서, 식물적용, 재실자의 차이, 조사 당시 환기상태 등 현장조사의 통제어려움으로 인한 이산화탄소의 증감에 영향을 미칠 수 있고, 빛이 다소 부족한 사무실 환경에서 기여도 존재한다.

사무실내 온도 및 습도의 경우, 식물적용사무실에서는 온도가 증가하였고, 식물미적용사무실에서는 온도가 근소한 값(0.2 $^{\circ}\text{C}$)으로 감소하였다. 또한, 습도의 경우에는 식물미적용사무실과 식물적용사무실 모두 증가하여 그룹간의 유의한 온도 및 습도에 대한 차이는 없는 것으로 조사되었다(Table 6).

2. 식물적용여부에 따른 설문 및 임상 증상 변화

SBS 증상 설문은 시기별로 연구대상자들의 신축사무실(세종시 신청사)의 입주 직후, 식물적용 전, 식물적용 후로 나누어 평가하였다. 식물적용사무실 근무자 자각증상에서는 입주 직후 > 식물적용 전 > 식물적용 후의 순으로 식물을 적용하였을 때, 새 건물증후군 증상 점수가 낮아졌다. 반면, 식물미적용사무실 근무자의 자각증상에서는 입주 직후 증상점수가 가장 높았으며, 1차 조사에 비하여 2차 조사 때 증상 점수가 증가하였다. 설문시기에 따른 증상점수의 평균 차이는 식물 적용 오피스와 식물미적용사무실 모두에서 통계적으로 유의하지 않았으나, 식물적용에 의해 자각증상의 긍정적인 효과가 있었던 것으로 판단된다(Fig. 3).

이는 앞서 측정된 휘발성유기화합물류, 이산화탄소 등의 저감효과를 통한 IAQ의 향상과 시각적인 효과를 통한 근무자의 지각과 심리적으로 안정시키는 효과도 함께 있는 것으로 선행연구자들에 의해 언급된 바 있다.^[20,21]

연구 대상자들의 안구 건조증과 관련된 자각 증상의 설

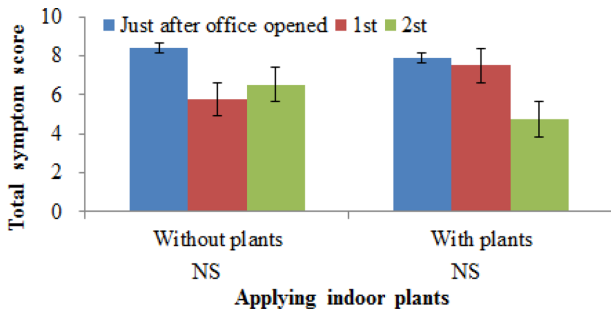


Fig. 3. Symptom evaluation of sick building syndrome (SBS) as a total score according to indoor plant placement. NS: Non-significant, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01

Table 7. Changes of subjective dry eye symptoms for workers in newly built office building according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Self-assessed dry eye severity (N, %)			
		None	Mild	Moderate	Severe
Without (n=17)	1st	2, 11.8	6, 35.3	2, 11.8	7, 41.2
	2nd	4, 23.5	5, 29.4	2, 11.8	6, 35.3
	P value	0.841 [†]			
With (n=17)	1st	3, 17.7	0, 0.0	5, 29.4	9, 52.9
	2nd	4, 23.5	3, 17.7	4, 23.5	6, 35.3
	P value	0.278 [†]			

NS : non-significance, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01, [†]Chi-square test

문은 식물적용 전(1차)과 후(2차)로 나누어 식물 미적용 그룹과 식물 적용 그룹으로 각각 평가하였다. 안구 건조증과 이로 인한 눈의 불편함을 호소하는 근무자는 과반수이

상의 높은 비율을 보였으나 두 그룹에서 모두 1차와 2차 시기에 자각적 안구 건조증의 정도는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 7).

1차시기에 식물미적용사무실에서는 17명 중에서 중증이 7명, 중등도가 2명, 경도가 6명 이었고, 식물 적용그룹에서는 17명 중에서 중증이 9명, 경도 정도의 자각 증상을 5명이 호소하였다.

따라서 2차시기에 자각 증상을 호소한 근무자들을 대상으로 증상이 감소하였는지 단계별로 관찰하였다. 식물미적용사무실에서는 중증에서 중등도나 경도로 각각 1명씩, 중등도와 경도에서 정상으로 각각 1명씩 자각 증상이 호전되어 증상을 호소한 총 15명 중에서 4명의 자각 증상이 감소하였다(26.7%). 식물적용사무실에서는 총 14명이 자각 증상을 호소하였고, 중증에서 3명에 각각 중등도, 경도, 정상으로 감소하였다. 또한 중등도 정도의 자각 증상을 호소한 2명도 경도로 증상이 감소되었다(Table 8). 결과적으로 식물적용사무실에서는 총 5명(35.7%)이 분류 등급이 감소되어 1차와 2차 시기에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.041).

연구 대상 사무실의 식물 적용 유무에 따라 두 사무실에서 근무하는 근무자들의 결막 충혈 정도를 측정한 결과, 결막의 상, 하, 좌, 우 각 지점별의 충혈 정도는 두 그룹에서 모두 1차와 2차 시기에 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(p>0.05)(Table 9).

이는 입주 초기 휘발성유기화합물류 등의 노출에도 불구하고, 질환까지 가지 않는 정상범위 내에서의 변화를 통해 식물로 인한 효과를 명확하게 보이지 않은 것으로 판단되며, 흡연여부 등의 개인적인 변수로 인한 그룹간의 차

Table 8. Change of dry eye degree for workers in newly built office building according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Self-assessed dry eye severity				Decrease (N)	
		(1st) (N)	None	Mild	Moderate		Severe
Without (n=17)	None	2	1	1	0	0	-
	Mild	6	1	3	2	0	1
	Moderate	2	1	0	0	1	1
	Severe	7	0	1	1	5	2
	P value	0.224 [†]					
With (n=17)	None	3	3	0	0	0	-
	Mild	0	0	0	0	0	-
	Moderate	5	0	2	3	0	2
	Severe	9	1	1	1	6	3
	P value	0.041 [†]					

NS : Non-Significance, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01, [†]Chi-square test

Table 9. Changes of ocular conjunctival redness for workers in newly built office building according to indoor plants

Indoor plant	Measurement time	Conjunctival redness (grade)				
		Temporal	Nasal	Superior	Inferior	
Office	Without (n=17)	(1st)	2.79±0.80 (2~4)	2.86±0.77 (2~4)	1.79±0.80 (1~3)	1.79±0.80 (1~3)
		(2nd)	2.78±0.83 (2~4)	2.78±0.83 (2~4)	1.78±1.20 (1~4)	1.78±1.20 (1~4)
	P value	0.680	0.680	0.973	0.787	
	With (n=17)	(1st)	2.57±1.13 (1~4)	2.71±0.95 (1~4)	1.71±0.95 (1~3)	1.86±0.90 (1~3)
		(2nd)	2.45±0.93 (1~4)	2.55±0.93 (1~4)	1.64±0.67 (1~3)	1.64±0.67 (1~3)
		P value	0.624	0.965	0.895	0.893

NS : Non-Significance, *significance at P value=0.05, **significance at P value=0.01

이도 있었지만 앞에서 언급한 바와 같이 안구증상이 정상 범위 내에서의 변화로 해석에 대한 명확한 결과를 제시할 수는 없었다.

선행연구에 따르면 신축건물 내 실내공기오염으로 인해 사무실 근무 재실자들은 가볍게는 두통, 주의집중력 저하, 피로감 등을 유발할 수 있으며, 천식, 비염, 알레르기성 질환 등을 유발할 수 있고, 특히 본 연구에서 일부 평가한 안구관련 자극증상을 유발시켜 질환으로 발전할 수도 있다.^[22,23] 그러나, 이러한 안구자극과 관련된 증상은 개인적인 성향, 나이, 성별, 직업적 스트레스, 흡연여부, 거주지역의 대기오염정도, 건물 내 환기 정도, 계절을 포함한 온도 및 습도의 변화 그리고 측정 항목 및 방법에 따라서 차이를 보일 수 있다.^[24,25,26]

본 연구에서는 의사진단에 의한 질환자 조사가 아닌 일반인을 대상으로 한 연구 및 개인의 안구에 미칠수 있는 다양한 변수를 통제하지 못한 제한점으로 인해 식물적용을 통해 안구관련 증상 호전도 등의 긍정적인 영향의 인과관계를 살펴볼 수는 없었다. 또한, 연구대상참여자의 확보가 중요하므로 업무로 인한 출장 등의 연구참여자 손실을 최소화하기 위해 사전면담조사를 통해 재실자가 많은 요일을 선택하여 조사하였음에도 불구하고, 과 단위별 인원이 한정되어 있는 바 참여 인원내 대한 연구제한점을 가지고 있다.

결 론

본 연구에서는 신축사무실건물 내 식물적용으로 인한 IAQ의 변화 및 근무자의 안구증상 등과 관련된 관련성을 평가하기 위해 연구대상 공공기관 신축사무실(세종시 정부청사) 및 근무자의 안구증상에 유해한 영향에 기여할 수

있는 VOCs 및 HCHO를 조사한 결과, 식물적용사무실에서 VOCs가 통계적으로 유의하게 감소하였고(p<0.05), 식물미적용사무실의 경우 통계적으로 유의한 감소는 관찰되지 않았다.

SBS 증상 설문결과 노출시기 즉, 신축건물 입주시기에 따른 증상점수의 평균 차이는 식물적용사무실과 식물미적용사무실 재실자 모두 증상점수가 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나, 식물미적용사무실 근무자의 자각증상에서는 입주 후 증상점수가 높아졌고, 식물적용사무실 재실자의 경우 식물적용 후 증상이 감소하여 실내식물로 인한 긍정적인 효과가 있었다.

근무자들의 안구증상의 경우 안구 결막 충혈 정도의 설문 및 임상평가에 따른 호전 증상은 나타났으나, 두 그룹간의 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

추후 연구규모의 확대, 계절적 요인의 반영, 개인 혼란 변수의 통제, 안구질환 등에 민감한 환자군의 선별을 통한 실내식물의 적용 효과 평가, 현장조사로 인한 제한점을 보완한 식물적용 여부에 따른 장기 조사가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Shinohara N, Mizukoshi A, Yanagisawa Y. Identification of responsible volatile chemicals that induce hypersensitive reactions to multiple chemical sensitivity patients. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2004;14(1):84-91.
- [2] World Health Organization. The World Health Report 2002 – Reducing risks, promoting healthy life, 2002. [http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf?ua=1\(08 September 2016\)](http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf?ua=1(08%20September%202016)).
- [3] Wolkoff P. “Healthy” eye in office-like environments. *Environ Int.* 2008;34(8):1204-1214.
- [4] Wolkoff P, Nøjgaard JK, Franck C, Skov P. The modern

- office environment desiccates the eyes?. *Indoor Air*. 2006; 16(4):258-265.
- [5] Wood RA, Orwell RL, Tarran J, Torpy F, Burchett M. Potted-plant/growth media interactions and capacities for removal of volatiles from indoor air. *J Hort Sci Biotechnol*. 2002;77(1):120-129.
- [6] Anderson TA, Guthrie EA, Walton BT. Bioremediation in the rhizosphere. *Environ Sci Technol*. 1993;27(13):2630-2636.
- [7] Schmitz H. Bakterielle und pflanzliche entgiftungs mechanismen fuer formaldehyde und nikotin under rhizosphare von *Epipremnum aureum* und *Ficus benjamina*. PhD Thesis. Köln University, Köln. 1995;1-458.
- [8] Wolverson BC, Wolverson JD. Plants and soil microorganisms: removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment. *J Miss Acad Sci*. 1993;38(2):11-15.
- [9] Ministry of the Interior. Sejong city government building air quality worse, 2013. http://www.moi.go.kr/firt/bbs/type001/commonSelectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_000000000009&nttId=30611 (12 February 2016).
- [10] Ministry of Environment. Manual of Indoor air quality control in public use facilities, etc, 2004. http://www.me.go.kr/m/file/readDownloadFile.do?jsessionid=TJeAAZPcbTnVNUfP4dREyHnM3qUYhdXaxwm9AXhcRaqoBInjqgtY0J708LG94mW5.meweb1vhost_servlet_engine1?fileId=3515&fileSeq=1 (08 September 2016).
- [11] Yeung YA, Chow WK, Lam VY. Sick building syndrome—a case study. *Build Environ*. 1991;26(4):319-330.
- [12] Kim WJ, Kim SD, Kim HJ, Kim HH, Lee CM, Kim YS. Impact of indoor air quality on the eye conditions of occupants in newly-built university buildings. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2011;16(2):201-207.
- [13] Efron N, Mah KC, Park M, Kim HJ, Kim DP, Back SS et al. Contact lens complications, 1st Ed. Seoul: Elsevier Korea, 2008:54-69.
- [14] Kim WJ, Kim SD, Kim HJ, Kim HH, Lee CM, Kim YS. Impact of indoor air quality on the eye conditions of occupants in newly-built university buildings. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2011;16(2):201-207.
- [15] Yun CM, Kang SY, Kim HM, Song JS. Prevalence of dry eye disease among university students. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2012;53(4):505-509.
- [16] Wolverson, BC. How to grow fresh air: 50 houseplants that purify your home or office, 1st Ed. New York: Penguin Books, 1997.
- [17] Gwak YK, Kim HH, Lee SE, Son HL, Kim KJ, Shin DC et al. A study on the change of indoor air quality (IAQ) and health score measurement according to amount of indoor plants in the elementary school classrooms. *J Odor Indoor Environ*. 2015;14(3):190-198.
- [18] Kim HJ, Park CJ, Lim BS, Kim HH. Effects of dry eye symptoms on work productivity and general activity in newly building. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2014;19(3):389-396.
- [19] Kim HH, Lee JY, Yang JY, Kim KJ, Lee YJ, Shin DC et al. Evaluation of indoor air quality and health related parameters in office buildings with or without indoor plants. *J Japan Soc Hort Sci*. 2011;80(1):96-102.
- [20] Bell PA, Greene TC, Fisher JD, Baum A. Environmental psychology, 5th Ed. Wadsworth Publishing, 2000;1-656.
- [21] Hartig T, Mang M, Evans GW. Restorative effects of natural environment experiences. *Environ Behav*. 1991; 23(1):3-26.
- [22] Hodgson M. Indoor environmental exposure and symptoms. *Environ Health Perspect*. 2002;110(Suppl 4):663-667.
- [23] Jeong HS, Lim JS, Oh DK, Chi MJ, Paik HJ, Shyn KH et al. Prevalence and risk factors of dry eye syndrome in the Incheon area. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2001;52(10):1135-1141.
- [24] Brewitt H, Sistani F. Dry eye disease: the scale of the problem. *Surv Ophthalmol*. 2001;45(Suppl 2):S199-S902.
- [25] Nakaishi H, Yamada Y. Abnormal tear dynamics and symptoms of eye strain in operators of visual display terminals. *Occup Environ Med*. 1999;56(1):6-9.
- [26] Farris RL. The dry eye: its mechanism and therapy, with evidence that contact lens is a cause. *CLAO J*. 1986; 12(4):234-246.

신축사무실 내 식물 적용 후 재실자 안구 증상 및 실내공기질 평가

김효진^{1,2}, 김호현^{3,*}

¹백석대학교 보건학부 안경광학과, 천안 330-704

²백석대학교 보건복지대학원 안경광학과, 서울 137-704

³평택대학교 환경융합시스템학과, 평택 450-701

투고일(2015년 11월 16일), 수정일(2016년 2월 1일), 게재확정일(2016년 8월 23일)

목적: 본 연구에서는 신축사무실 건물 및 재실자를 대상으로 식물적용에 따른 안구건조 증상 및 실내공기질 등에 대한 변화를 평가하고자 하였다. **방법:** 세종시 정부청사 신축건물 및 사무실 재실자를 대상으로 하였다. 식물적용에 따라 실내공기질을 측정하였으며, 휘발성유기화합물류와 알데하이드류 및 온·습도를 측정하여 평가하였다. 안구건조 증상은 Ocular surface disease index(OSDI)를 이용하여 정상, 경도, 중등도, 및 중증으로 분류하여 측정하였다. **결과:** 식물적용사무실에서 휘발성유기화합물류의 감소율이 다소 높게 나타나 식물적용으로 인한 저감효과가 있는 것으로 조사되었다. 식물적용 재실자에서 새건물증후군 증상 점수가 점차적으로 감소하였고, 식물미적용사무실 재실자에서는 새건물증후군 증상 점수가 상승하였다. 재실자의 안구건조 설문결과에서 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다. **결론:** 식물적용 사무실 내 유해물질의 감소효과가 있었고, 재실자를 통한 설문조사결과 안구건조 및 새건물증후군 증상에 긍정적인 효과는 있었다. 개인의 민감도 등에 의한 차이 및 현장조사로 인한 연구의 제한점 등을 보완한 장기 연구가 필요하다.

주제어: 신축사무실 건물, 안구증상, 실내식물, 실내공기질