

신축건물 사무실내 식물 적용의 실내 공기질 및 재실자 건강영향 평가 - 알레르기 비결막염 및 스트레스 관련 증상설문을 중심으로 -

이용원* · 임영욱** · 김광진*** · 김호현****†

*가톨릭관동대학교 의과대학 국제성모병원 내과(호흡기-알레르기), 임상의학연구원

**연세대학교 환경공해연구소

***농촌진흥청 국립원예특작과학원 도시농업과

****평택대학교 ICT 융합학부 ICT 환경융합전공

Impact of Indoor Plants on Indoor Air Quality and Occupational Health in Newly Built Public Building Offices - Focusing on Allergic Conjunctivitis and Stress-related Symptom Questionnaires -

Yong Won Lee*, Young Wook Lim**, Kwang-Jin Kim***, and Ho-Hyun Kim****†

*Division of Pulmonology-Allergy, Department of Internal Medicine, Institute for Translational & Clinical Research, International St. Mary's Hospital, Catholic Kwandong University College of Medicine, Incheon, Korea

**Institute for Environmental Research, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

***Urban Agriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju, Korea

****Department of Information, Communication and Technology Convergence, ICT Environment Convergence, Pyeongtaek University, PyeongTaek, Korea

ABSTRACT

Objectives: We investigated the impacts of indoor plants on indoor air quality and occupational health, focusing on allergic rhinoconjunctivitis and stress among employees in new office buildings.

Methods: A total of 34 employees working at new public office buildings were enrolled as subjects (n=17, with indoor plants) and as a control (n=17) group. Before and after introducing indoor plants for three months, indoor air quality measurements including VOCs and aldehydes and questionnaires on sick building syndrome, AR symptoms (ARIA based), stress (DASS 42, KOSS, and SACL), and indoor characteristics were performed and statistically analysed.

Results: Among the 34 enrolled subjects, 19 were included in the probable AR subject group (subjects with indoor plants, n=8, control n=11) and completed all questionnaires. Statistical analyses were done for total, AR subject groups, and controls. As a result, it was confirmed that major indoor air pollutants decreased after the introduction of indoor plants ($p<0.5$). Among major symptoms of allergic rhinoconjunctivitis, watery rhinorrhea, nasal stuffiness, and nasal itching indexes decreased ($p<0.5$, respectively). A decrease was noted in some areas of work-related stress indexes (mainly KOSS) among the subject group (total and AR) and a decrease of indoor environmental attractiveness among the control group (total and AR) ($p<0.5$, for all).

Conclusions: Indoor plants may help reduce indoor air pollutants and decrease AR symptoms and work-related stress

†Corresponding author: Department of Information, Communication and Technology Convergence, ICT Environment Convergence, Pyeongtaek University, Seodong-daero 3825, Pyeongtaek, Gyeonggi-do, 17869, Korea, Tel: +82-31-659-8308, Fax: +82-31-659-8092, E-mail: ho4sh@ptu.ac.kr

Received: 16 August 2017, Revised: 18 August 2017, Accepted: 19 August 2017

of employees in newly built office buildings. Various further follow-up studies on the mechanism of environmental, physical, and emotional influences and utilization of indoor plants in association with allergic diseases will be needed.

Key words: Indoor plants, indoor air quality, health impact assessment, allergic rhinoconjunctivitis, stress

I. 서 론

현대인들의 일상 중 90%가 실내에서 이루어지며 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 미세먼진(PM₁₀), 오존(O₃), 이산화탄소(CO₂), 포름알데하이드(formaldehyde) 등으로 오염된 실내 대기 환경에서 지내는 시간이 증가할수록 각종 신체적 이상 징후의 심각성도 증가하게 된다.¹⁻³⁾ 특히, 신축 건물 사무실 등의 경우 벽지, 바닥재, 페인트 등 각종 건축자재에서 포름알데하이드, VOC, 등 화학물질을 방출한다.^{2,4-6)} 이들은 대표적인 실내공기 오염물질로 실내 활동 중 인체의 각 기관을 자극하여 피로감, 아토피, 두통, 현기증과 같은 새집증후군 증상을 유발하며, 천식 등 각종 호흡기-알레르기 질환도 유발하는 것으로 보고되고 있다.^{1,2,6)} 가령, 포름알데하이드의 경우에는 눈, 코, 목 등에 자극을 주어 기침, 구토, 호흡곤란 등의 증상을 유발하며, 동물을 이용한 실험에서 암을 유발한다는 보고가 있었다.^{2,8,9)}

아울러 사무실 근무자들의 자각 증상을 조사한 기존의 한 연구에 따르면, VOCs의 경우 건설 이후 1년 이내의 사무실에 비해 1-3년이 경과한 사무실에서 그 농도가 0.3배로 감소하였으며, 6개월 이내에 사무실 가구를 교체하거나 페인트칠을 다시 한 경우가 그렇지 않은 경우보다 증상의 호소가 더 높았다.²⁾ 한편, 알레르기 비염과 결막염의 발병은 그 병태생리 및 면역학적 기전이 유사할 뿐만 아니라, 해부학적으로도 코와 안구 조직이 접해 있어 안구 전면에 침입한 항원이 동시에 코에도 침범할 수 있다.¹⁰⁾ 국내에서도 알레르기 비결막염이 있는 경우에 가려움, 결막충혈 및 부종을 비롯하여 눈과 인체 증상으로 삶의 질까지 영향을 받는다는 보고가 있었으며,¹¹⁾ 신축건물 재실자의 안구증상 등 새건물증후군 증상 및 알레르기 증상에 대한 영향을 평가한 일부 연구들이 있었다.⁴⁻⁶⁾

신축 건물의 실내공기 오염물질과 그로 인한 재실자의 건강영향 관련 문제를 해결하기 위한 친환경적 대안 중의 하나로 자연, 즉 식물을 실내로 끌어들이는 방안이 제시되고 있으며, 과거에 사무실이나

주거환경 안으로 식물을 들여 놓는 것을 단지 미적, 디자인적 측면에서만 고려하던 것이,¹²⁾ 근래에는 식물을 이용한 공기정화 기술로 활용하려는 시도들로 발전하고 있다.^{13,14)} 특히 폐쇄된 실내 공간에서처럼 오염된 공기가 외부로 배출되지 못하고 장시간 정체되어 있는 곳에서 식물적용이 가능하며, 이 경우 식물은 오염물질을 흡수하여 이를 분해하거나 혹은 식물체 내에 저장함으로써 실내 공기 오염물질의 정화에 기여할 수 있다는 보고들이 있다.^{14,15)}

현재까지 실내 공기질과 알레르기 호흡기-피부질환 증상 등을 관련지어 수행한 여러 국내 선행연구들이 있었지만,^{4,6,16)} 신축 건물 등 실내 식물 적용 여부에 따른 임상증상 평가에 대한 접근은 여전히 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 실내 공기 오염물질인 VOCs, 포름알데하이드, CO₂ 등을 저감할 수 있는 실내 정화 식물의 적용을 통해, 신축 건물 사무실 실내 공기질의 변화와 재실 근무자들의 새건물증후군, 알레르기 비결막염, 스트레스 및 실내환경 특성 등과 관련된 자각증상에 미치는 영향에 대해 평가하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

신축 정부청사 사무실과 재실 근무자를 대상으로 실내 환경측정 및 새건물 증후군, 알레르기성 비결막염, 스트레스 관련 임상증상 및 실내환경특성 등에 대한 설문조사를 실시하고 평가분석 연구를 진행하였다. 본 연구는 해당 기관연구윤리심사위원회(Institutional Review Board: IRB)의 승인 하에 관련 규정을 준수하여 시행하였다.

1. 측정대상시설 및 연구방법

세종특별자치시에 위치한 신축 정부세종청사(6동, 2012년 신축)내 일부 사무실들을 측정대상시설로 섭외하였으며, 1차 조사에서는 식물 적용 전 상태를 평가하고 2차 조사에서는 식물 적용 후 상태를 평가하여, 식물 적용 전·후에 식물적용군(식물적용 될 사무실 및 근무자)과 대조군(식물미적용 될 사무실 및 근무자)

무자)의 사무실 실내 공기질 측정(VOC, 포름알데하이드, CO₂, 온도 및 습도 등), 새건물증후군 증상, 알레르기성 비결막염 임상증상, 스트레스 관련 및 실내 환경 특성 설문평가 결과 등을 비교평가하였다. 1차 조사(식물적용 전)의 경우, 대조군은 총 3일간(2013년 5월 14~16일) 시행하였고, 식물적용군은 총 4일간(2013년 5월 14~16일, 29일) 동일한 방법으로 시행하였다. 이후, 식물적용군 사무실 공간에 식물을 투입하여 식물이 적응할 수 있도록 약 3개월간의 기간을 둔 후, 2차 조사를 시행하였는데, 대조군과 식물적용군 모두

에 대해 총 2일간(2013년 9월 3~4일) 1차 조사와 동일한 조사항목, 측정지점, 조사방법으로 진행하였다.

2. 연구대상공간 및 연구대상자의 일반특성

1) 대상 공간 정보

연구대상으로 선정된 세종시 정부종합청사의 연구대상 사무실 공간(식물 적용 및 미적용 공간)의 면적은 약 99 m² 로 그 환기/냉난방시설 사용여부, 자연환기시간, 방향제 사용여부, 전자기기 사용대수 등의 일반적인 특성을 조사하였다(Table 1). 실험을 진

Table 1. General conditions of enrolled offices of the newly built building and list of indoor plants in the office

Index or Indoor plant	Contents or (Scientific name)	Classification or (Size)	With Plants	Without Plants (Control)
Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system	Installation or omit	Install	1	1
		Omit		
	Control mode	Individual		
		Central	1	1
Frequency of use	Everyday	1	1	
	3~4 days per week			
Natural Ventilation	Frequency	1~2 days per week		
		Everyday	1	1
	Ventilation Time for one-time	3~4 days per week		
		1~2 days per week		
		Above 5 hours	1	1
		3~5 hours		
Use of air freshener	1~2 hours			
	under 1 hours			
Wear Indoor Shoes	Use			
	Unuse	1	1	
Number of electronics	Put on	1	1	
	Take off			
Total number of large plants	-	34	45	
Lady palm	<i>(Rhapis excelsa)</i>	(Ø30 cm × 41 cm)	3	0
Rubber plant	<i>(Ficus elastica co. robusta)</i>	(Ø30 cm × 41 cm)	3	0
Heavenly bamboo	<i>(Nandina domestica)</i>	(Ø30 cm × 23.5 cm)	2	0
Fatsi, Japanese Aralia	<i>(Fatsia japonica)</i>	(Ø30 cm × 23.5 cm)	2	0
Total number of under plants			10	0
Angel's Tear	<i>(Soleirolia soleirolii)</i>	(Ø18 cm × 15 cm)	3	0
English Ivy	<i>(Hedera helix)</i>	(Ø18 cm × 15 cm)	3	0
Tiny ardisia	<i>(Ardisia psilla)</i>	(Ø18 cm × 15 cm)	2	0
Golden pothos	<i>(Epipremnum aureum)</i>	(Ø18 cm × 15 cm)	2	0

Table 2. Demographics of the subject groups

Classification	Character	Total	With Plants	Without Plants (Control)
	Number (n)	34	17	17
Individuality	Gender, M/F (male%)	16/18(47.1)	6/11(35.3)	10/7(58.8)
	Age, years (range: 24~56), n=34	36.4±9.1	35.1±8.0	37.7±10.2
	Height, cm (range: 154~188), n=25	169.2±7.6	167.3±5.7	170.9±8.9
	Weight, kg (range: 44~115), n=22	66.1±16.9	61.8±12.4	69.8±19.7
	Birth order (sibling number = M/F), n=29	1.8±1.0 (1.7±1.0/1.6±1.2)	1.8±1.2 (1.6±1.0/1.5±1.2)	1.7±0.8 (1.9±1.1/1.7±1.2)
	Smoking* (<i>p</i> =0.016)	44.1%(15/34)	23.5%(4/17)*	64.7%(11/17)*
	Pet (animal)	9.1%(3/33)	6.3%(1/16)	11.8%(2/17)
	Housing Form (APT)	88.2%(30/34)	82.4%(14/17)	94.1%(16/17)
Family history of patient	Atopic diseases	44.1%(15/34)	52.9%(9/17)	35.3%(6/17)
	Allergic rhinitis	14.7%(5/34)	17.7%(3/17)	11.8%(2/17)
	Allergic conjunctivitis	-	-	-
	Asthma	-	-	-
	Atopic dermatitis	5.9%(2/34)	0.0%(0/17)	11.8%(2/17)
Individual past history of patient	Atopic diseases	48.5%(16/33)	41.2%(7/17)	56.3%(9/16)
	Allergic rhinitis	32.4%(11/34)	35.3%(6/17)	29.5%(5/17)
	Allergic conjunctivitis	3.0%(1/34)	5.9%(1/17)	0.0%(0/17)
	Asthma	3.0%(1/34)	0.0%(0/17)	5.9%(1/17)
	Atopic dermatitis	5.9%(2/34)	0.0%(0/17)	11.8%(2/17)

mean±standard deviation, independent samples T-test or Chi-square test were performed.

p-value: significant at *p*<0.05, *: *p*-value <0.05, **: *p*-value <0.01

APT: apartment house

행한 두 공간(식물적용군 공간, 대상군 공간)을 포함하여 건물 전체에 개별제어가 가능한 냉난방장치를 사용하고 있었으며, 환기설비는 중앙통제 자동 환기시스템을 사용하였다. 실내 환경측정, 각종 증상관련 설문평가가 이루어진 1차 조사시기에는 2개 공간 모두 냉방장치를 사용하였으나 2차 조사 시기에는 냉난방장치 모두 가동되지 않고 있었다. 환기의 경우, 2개 공간 모두 자동 환기시스템을 사용하여 환기가 이루어졌으며, 창문을 통한 환기는 근무 시간 내내 실시하는 것으로 조사되었다. 한편, 사무실 내 방향제 사용 여부와 공간을 사용하는 근무자의 실내화 착용 여부를 조사한 결과, 실험군 사무실 공간과 대조군 사무실 공간 모두 방향제를 사용하지 않는 것으로 조사되었다. 또한, 실내화 착용여부 조사결과 두 사무실 공간 모두 실내화를 착용하지 않는 것으로 조사되었다.

2) 연구 대상자의 일반 특성

신축된 공공건물(정부세종청사)내 2개 사무실에서 근무하는 각각 17명씩의 근무자가 식물적용군 및 대조군으로 자발적인 사전 설명동의(informed consent) 하에 본 연구에 참여하였다. Table 2에 본 연구에 참여한 대상자들의 특성을 요약하였다. 식물적용군과 대조군의 성별, 연령, 신장, 체중 등 일반적인 특성, 가족력 및 과거력 등을 비교분석한 결과, 흡연률(식물적용군 23.5% 및 미적용군 64.7%, *p*=0.016)을 제외한 다른 일반적인 특성과 알레르기비결막염 등 알레르기 질환의 가족력, 과거력 비율 등 각종 특성에 대해 통계적으로 유의한 연구대상군간 차이는 없었다.

3. 조사대상 물질 및 측정방법

신축건물에서 발생하여, 근무자들에게 안구증상 등 새건물증후군 증상 및 알레르기 비결막염 증상 발

생 등의 영향을 미칠 수 있는 실내오염물질 및 환경지표인 VOC_s , 알데하이드류(포름알데하이드 등), CO_2 , 온도 및 습도 등을 측정하였다. 대상물질은 노동부에서 고시한 「사무실 공기 관리 지침」(노동부 고시 제 2006-64호)에 준하여 선정하였다.

VOC_s 및 알데하이드류는 사무실 공간 앞, 중간, 뒤 각 1지점에서, CO_2 및 온·습도는 사무실 공간을 대표할 수 있는 중앙 지점 1곳에서 각각 채취하였다. 측정방법으로 기존 선행연구⁴에서 기술하였던 방법을 준용하였으며 식물적용 전인 1차 조사와 식물적용 후인 2차 조사로 나누어 시행하였다. 각 측정은, 사무실 내 재실자가 많은 요일을 선택하여 업무에 방해되지 않는 출근시간 직후(오전 9시부터 오전 10시까지)와 점심시간 직후(오후 12시부터 오후 2시까지)에 실시하였다. 실내 환경오염물질 측정 시 사무실 공간 창문을 최대한 닫아 외부공기의 영향을 최소화 한 상태에서 시료를 포집하였다.

사무실 실내공기질 측정을 위해 실내공기 중 VOC_s 및 알데하이드류의 시료채취 및 분석방법은 환경부의 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에서 규정하고 있는 실내공기질 공정시험방법에 준하여 실시하였다. 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 채취하였다. 공기 중 VOC_s 는 Sampler $\Sigma 100H$ (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 $\Sigma 100H$ (SIBATA, Japan)를 사용하여 350 mg의 DNPHsilica (1.0 mg DNPH)를 충전한 1.0 cm (i.d.) \times 2.0 cm(o.d.) \times 4.3 cm (Total length)의 Cartridge인 DNPH-silica Cartridge (Supelco, USA)에 오존의 간섭을 제거하기 위한 0.46 cm (I.D.) \times 10 cm의 Copper tube에 KI (Potassium iodide) 결정을 채운 오존 Scrubber Cartridge를 DNPH-silica Cartridge 앞에 장착하여 0.5 L/min의 유량으로 30분 동안 시료를 채취하였다.⁸) 채취된 시료에 대한 분석은 HPLC alliance separation module 2690/dual λ absorbance detector 2487 모델을 이용하여 분석/정량하였다.

4. 공기정화식물의 적용

농촌진흥청 국립원예특작과학원 소속 해당분야 전문가 자문을 통해, 포름알데하이드, VOC_s 등 실내 공기 오염물질 제거능이 뛰어난 식물 중 가격이 저렴하고 소비자들이 손쉽게 구입할 수 있는 종류를 선별하여 최종적으로 6종을 선정하였다(Table 1). 선정된 식물 6종은, 관엽식물인 관음죽, 인도고무나무, 팔손이 등 3종과 자생식물인 천사의 눈물, 아이비, 스킨답서스 등 3종이었다. 식물화분은 두 종류의 다른 식물을 사용하여 대품(Large plants)과 하부식재(Under planting)로 구분하여, 식물적용군 사무실 공간에 각각 10개씩(대품 10개, 하부식재 10개) 적당한 공간에 투입하였다(Table 1).

5. 증상설문 및 임상증상 평가

1) 새건물증후군 (Sick Building Syndrome, SBS)

새건물증후군 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 구성하였으며 기존 선행연구 방법 등을 참조하였다.^{2,17,18}) 증상발생 빈도에 따라, ‘전혀 없었다’, ‘드물게 있었다’, ‘종종 있었다’, ‘흔히 있었다’로 나누어 각각 0, 1, 2, 3점의 점수를 부여하였다. 근무자들이 스스로 본인의 건강자각증상을 판단하여 설문지를 작성하여 제출하였으며 각 문항별로 증상발생빈도 점수를 곱하여 최저 0점에서 최대 36점으로 점수를 산출하여 식물 투입 전·후의 점수를 비교하였다.

2) 알레르기성 비결막염 증상, 스트레스 및 실내 환경 특성 관련성 설문조사

임상증상 설문은 알레르기 비결막염 진단 및 치료에 널리 이용되는 세계적 지침인 ARIA (Allergic rhinitis impacts on Asthma) guideline^{19,21})을 사용하여 시행하였다. ARIA 지침 중, 1차조사 시점까지 가장 최신판이었던 2010년 개정지침,²¹) 2008년 설문지침²⁰) 등을 주로 반영하여 일반 성인이 이해할 수 있는 평이한 용어로 번역하여 배포하였으며, 사무실에서 대상자가 직접 작성하도록 한 후 취합하였다. 한편, 스트레스 관련 척도 및 실내 환경 특성 설문조사는 DASS-42 (우울,불안,스트레스 척도)²²) 한글판 42문항,²³) 한국인 직무스트레스 측정도구

Table 3. Changes of concentrations of BTEX and aldehydes in newly built offices according to indoor plants appliance.

Indoor plant (n: sample)	Measuremen t time	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene	Formaldehyde	Acetaldehyd e	Acetone +Acrolein
		Mean±S.D (Min~Max) (??)						
Without (n=48)	May (1 _{st})	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)	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 (2 _{nd})	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)	34.22±6.73 (23.00~45.33)	4.94±2.06 (1.13~9.17)	7.49±2.07 (4.14~11.74)
	<i>P</i> value ^z	NS	NS	*	*	NS	**	*
With (n=64)	May (1 _{st})	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)	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 (2 _{nd})	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)	39.34±4.84 (31.44~50.91)	5.80±1.65 (2.68~9.53)	8.09±1.53 (5.36~10.87)
	<i>P</i> value ^z	**	**	**	**	*	**	NS

mean±standard deviation (range: min~max), *p*-value : Independent samples T-test

^zNS : non-significance, *significance at *p*=0.05, **significance at *p*=0.01

(KOSS) 기본형 43문항,²⁴⁾ 스트레스-각성 설문(Stress Arousal Check List: SACL) 30문항²⁵⁾ 및 실내환경 특성 설문 17문항²⁶⁻²⁸⁾ 등을 이용하여 시행하였다.

6. 통계분석

사무실 공간 별로 식물을 적용한 식물적용군과 적용하지 않은 대조군으로 구분하여 식물적용 전·후의 검사 지표의 변동치를 군간(intergroup) 및 군별 조사간(inter-survey) 비교하였으며, 통계분석을 위해 IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램 및 R 통계 프로그램²⁹⁾을 사용하였다. 실내 공기질 변화와 관련된 검사지표 결과들에 대해서는 Independent samples T-test를, 연구대상군의 일반적 특성 비교분석을 위해 Independent samples T-test, Chi-square test 등을 사용하였으며, 흡연여부 등 일부 변수의 영향을 분석하기 위해서 일반선형모형(GLM) 분석을, 식물적용 효과에서 그 영향을 배제하고 분석하기 위해 공분산분석(Analysis of Covariance: ANCOVA) 등도 시행하였고, 사후분석 방법으로 Bonferroni, 분산 동질성에 대한 Levene 검정 등을 사용하였다. 한편, 새건물증후군 관련 증상점수 분석에는 One-way ANOVA를 시행하였다. 알레르기 비결막염 증상, 스트레스 관련 설문 및 실내환경 특성 등의 설문결과는 대상군 및 대조군간 혹은 군별 식물 적용 전, 식물 적용 후 결과를 비교하였는데,

군간 비교에는 Independent-samples T-test (모수검정) 및 Mann-Whitney U-test (비모수검정), 식물 적용 전후 군별 조사 간 분석을 위해서 paired T-test (모수검정), Wilcoxon signed rank test (비모수검정)를 시행하였다. 이상의 결과는 모두 *p*-value 가 0.05 이하일 때 통계학적 의미를 두었다.

III. 결 과

1. 식물적용여부에 따른 실내유해물질 농도 변화 1) 휘발성유기화합물류(VOC),

연구대상 사무실내 VOC를 분석한 결과, 식물적용군과 대조군 사무실 모두에서 벤젠(Benzene), 톨루엔(Toluene), 에틸벤젠(Ethylbenzene), 자일렌(Xylene) 농도가 실내 환경측정 1차 조사 때보다 2차 조사 시 감소하는 추세를 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 군별로 차이가 있었다(Table 3).

식물적용군 사무실의 경우, 실내 벤젠 농도가 식물적용 전에는 평균 15.44 µg/m³에서 식물적용 후에는 평균 7.92 µg/m³으로, 톨루엔은 식물적용 전 평균 94.70 µg/m³에서 식물적용 후 평균 60.23 µg/m³으로 통계적으로 유의하게 감소하였다. 그리고 에틸벤젠 농도도 식물적용 전 평균 14.34 µg/m³에서 식물적용 후 평균 9.37 µg/m³으로, 자일렌은 식물적용 전 평균 13.98 µg/m³에서 식물적용 후 평균 7.41 µg/m³

으로 모두 통계적으로 유의하게 감소하였다. 대조군 사무실의 경우에도 벤젠과 톨루엔 농도가 1차 측정 때에 비하여 2차 측정 때 평균농도가 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 반면, 에틸벤젠과 자일렌의 경우 모두 통계적으로 유의하게 감소하였다. 대체적으로, 식물적용군 사무실에서 톨루엔을 제외한 다른 VOC, 물질 농도 감소 정도가 대조군 사무실보다 더 크게 나타나는 경향을 보였다.

2) 알데하이드류(aldehydes)

알데하이드류 농도에 대한 측정분석 결과를 Table 3에 정리하였다. 알데하이드류 중, 포름알데하이드는 식물적용군 사무실에서 식물적용 전 1차 측정농도(평균 46.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 식물적용 후인 2차 측정농도(평균 39.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)가 통계적으로 유의하게 감소하였으나, 대조군 사무실(식물 미적용)의 경우에는 2차 측정 때 통계적으로 유의한 감소가 관찰되지 않았다. 아세트알데하이드(Acetaldehyde)의 경우에는 연구대상 및 대조군 사무실 모두 2차 측정에서 통계적으로 유의한 농도감소가 나타났다. 아세톤(Acetone) 및 아크롤레인(Acrolein)의 경우, 식물적용군 사무실에서는 식물적용 전후에 유의한 차이가 없었으나, 대조군 사무실에서는 2차 측정 시 통계적으로 유의한 감소가 관찰되었다.

3) CO₂ 및 온-습도

실내 CO₂ 농도 및 온-습도 측정 표본수는 식물적용 사무실 및 대조군 사무실에서 측정 회차당 각각 12개와 10개였다. 실내 CO₂ 농도를 측정한 결과, 식물적용 사무실의 경우에는 CO₂의 농도가 식물 적용 전에는 평균 729±45 (668~788) ppm 이었다가, 식물 적용 후에는 평균 761±18(745~782) ppm으로 증가하는 경향을 보였고, 대조군 사무실의 CO₂ 농도는 1차 환경측정 때 평균 790±92 (712~960) ppm, 2차 환경측정 때 평균 793±71 (722~892) ppm으로 나타났다. 하지만, 두 군 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

온-습도를 측정한 결과, 식물적용 사무실에서는 2차 측정에서 온도가 유의하게 증가하였으나(1차 25.7±1.6 (23.1~27.8)°C 및 2차 27.8±1.3 (26.6~29.1)°C; $p<0.05$), 대조군 사무실에서는 이러한 차이가 관찰되지 않았

다((1차 26.7±1.0 (25.0~27.6)°C 및 2차 26.5±1.1 (25.0~27.6)°C). 한편, 습도의 경우에는 식물적용 사무실에서 식물도입 전후에 유의한 차이가 없었으나(1차 43±16 (20~69)% 및 2차 44±7 (37~53)%), 대조군 사무실에서는 유의하게 증가하였다(1차 37±7 (29~47)% 및 2차 48±7 (41~58)%; $p<0.05$).

2. 식물적용여부에 따른 증상설문 및 임상증상 평가

1) 새건물증후군 증상설문 평가

새건물증후군 증상설문은 연구대상 신축 공공기관 사무실의 입주 직후, 식물적용 전, 식물적용 후 등 시기별로 나누어 시행하였다. 새건물증후군 증상설문 총점수의 평균값이 식물적용 사무실에서는 입주 직후에 가장 높았으며(16.86±6.59) 이후 식물 적용 전(12.75±8.48), 식물적용 후(12.25±7.47)의 순으로 감소하는 추세를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 한편, 대조군(식물 미적용) 사무실에서는 입주 직후 증상점수가 가장 높았으며(19.35±9.98), 1차 조사(15.71±9.66)에 비하여 2차 조사(5.86±9.35) 때 증상 점수가 증가하는 경향을 보였으나 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

2) 알레르기 비결막염 임상증상 평가

연구대상자 중, 알레르기 비결막염 임상증상설문 평가에 1회라도 응답한 경우는 총 34명(식물적용군 17명, 대조군 17명)이었다. 이들 중 25명(식물적용군 11명, 대조군 14명)이 1, 2차 설문에 모두 응답하였고, 나머지는 출장 등 업무관계로 1회만 응답하였다. 알레르기 비결막염 임상증상 설문조사를 토대로 선정한 알레르기 비결막염 의심군은 설문응답자 총 34명 중 24명(식물적용군 10명, 대조군 14명)이었으며, 1, 2차 설문에 모두 응답한 25명 중 알레르기 비결막염 의심군은 19명(식물적용군 8명, 대조군 11명)이었다.

전술한 대로, 식물적용 전 1차 조사기간에 수집된 자료를 분석한 결과 식물적용군과 대조군 간에 성별, 연령, 신장, 체중, 출생순서, 아토피(알레르기)질환 가족력 및 과거력, 애완동물 사육여부, 주거형태 등에 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나, 대조군의 흡연률이 식물적용군보다 높았다($p=0.016$; Table 2). 하지만 흡연여부의 각 설문평가 결과에 대한 영향을 분석하기 위해서 일반선형모형(GLM) 분석을,

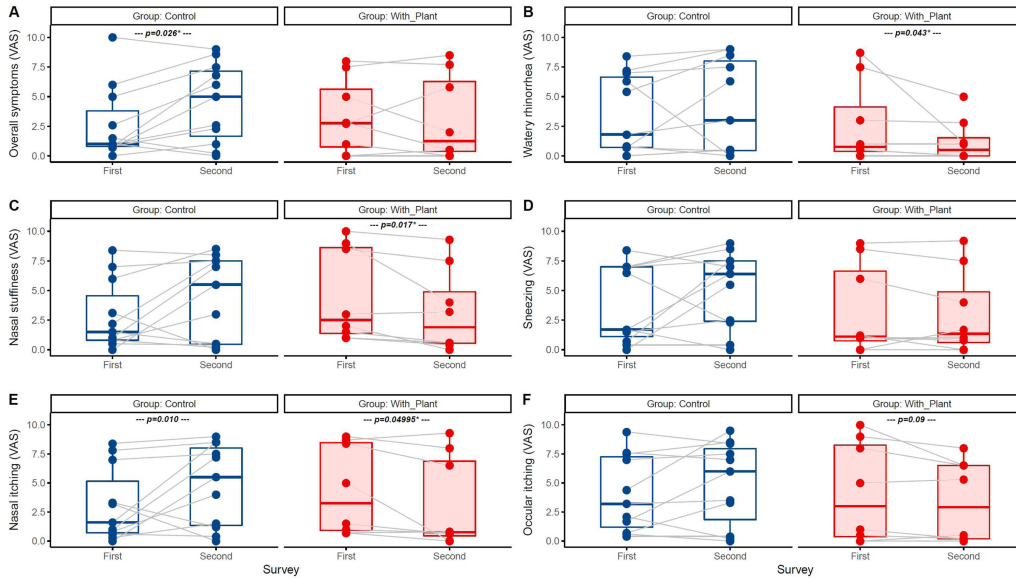


Fig. 1. Comparison of changes in the visual analogue scale (VAS) for allergic rhinitis symptoms between the two groups (plant introduced group (With_Plant, n=8), and Control group (n=11)) before (1st Survey) and after (2nd Survey) the indoor plant-introduction. Panel A for overall symptoms compared between the plant and control groups; Panel B~F for comparisons for allergic rhinitis symptoms including watery rhinorrhea (B), nasal stuffiness (C), sneezing (D), nasal itching (E), and ocular itching (F) between before and after plant introduction among the subjects; Mann-Whitney U test for intergroup comparisons (Control vs. With_Plant), and Wilcoxon signed rank test for intragroup-intersurvey (1st Survey vs. 2nd Survey) comparisons were performed. Significant *p*-values (*p*<0.05) were marked with an asterisk (*), otherwise non-significant (*p*>0.05).

식물적용 효과에서 흡연여부의 영향을 배제하기 위해 공분산분석(Analysis of Covariance: ANCOVA) 등을 시행한 결과, 각 설문평가 영역에서 통계적으로 유의한 영향이나 차이는 관찰할 수 없었다(모두 *p*>0.05). 한편, 알레르기 비결막염 의심군에서 Pearson Chi-square test 로 비교한 결과, 알레르기 비결막염 의심군에 속하는 식물적용군과 대조군 사이에 흡연률의 차이는 경향성만 보이고 유의한 차이는 없었다(*p*=0.061).

식물적용 전후의 알레르기 비결막염 주요 임상증상에 대한 VAS (visual analog scale) 점수변화에 대해 1, 2차 설문에 모두 응답한 알레르기 비결막염 의심군 19명(식물적용군 8명, 대조군 11명)을 대상으로 비교, 분석하였으며, 그 결과를 Fig. 1에 기술하였다.

식물적용 전에 시행한 알레르기 비결막염 임상증상 설문 1차 조사에서, 알레르기 비결막염으로 인한

전반적인 증상(불편함)과 알레르기 비결막염의 주요 증상인 콧물, 코막힘, 재채기, 코 간지러움 및 눈 간지러움 등 총 6가지 항목에 대한 VAS 점수를 측정하여 비교분석한 결과, 연구대상군(식물적용군)과 대조군(식물 미적용군) 사이에 유의한 통계적 차이는 없었다(모두 *p*>0.05). 한편, 2차 조사에서도 이러한 주요 임상증상 VAS 점수의 식물적용군 및 대조군 간 차이는 관찰되지 않았다(모두 *p*>0.05).

식물적용 3개월 후, 추적 시행한 2차 알레르기 비결막염 임상증상 설문조사 결과를 군별로 1차 조사 결과와 비교한 결과, 전반적인 증상(불편함) VAS 점수가 대조군에서는 1차 조사보다 증가하였으나 (*p*=0.026), 식물적용군에서는 이러한 차이가 관찰되지 않았다. 한편, 콧물 증상 VAS 점수의 경우 대조군에서는 1차와 2차 조사결과 간에 유의한 차이가 없었으나, 식물적용군에서는 1차에 비해 2차 조사결과에서 통계적으로 유의한 감소가 나타났다(*p*=0.043).

코막힘 증상 VAS 점수의 경우에도 대조군에서는 1, 2차 조사결과 사이에 차이가 없었으나, 식물적용군에서는 2차 조사에서 유의한 감소가 관찰되었다($p=0.017$).

재채기 증상 VAS 점수의 경우에는 1, 2차 조사결과 사이에 유의한 차이가 없었다. 코 간지러움 증상 VAS 점수의 경우, 식물적용군에서는 1차 조사에 비해 2차 조사에서 통계적으로 유의하게 감소하였으나($p=0.04995$), 대조군에서는 1차에 비해 2차 조사에서 증가하는 경향이 보였다($p=0.10$). 눈 간지러움 증상 VAS 점수의 경우, 대조군에서는 1, 2차 조사결과 간에 유의한 차이가 없었으나, 식물적용군에서는 감소하는 경향을 보였다($p=0.09$).

3) 스트레스 관련 증상 및 실내환경특성 설문조사 평가

스트레스 관련 설문 3종 및 실내환경특성 설문조사에는, 전술한 것과 같이, 총 34명(식물도입군 및 대조군 각각 17명)이 참여하였으며, 1차 조사에 33명, 식물적용 후 2차 조사에 26명이 참여하였다. 이들 중, 1회 이상 설문조사에 응답한 참여자는 총 34명이었으며, 이들 중 25명(식물적용군 11명, 대조군 14명)이 1, 2차 설문조사에 모두 응답하였고, 나머지는 출장 등 업무관계로 1회만 응답하였다. 연구대상군 응답자 전체에 대하여 스트레스 관련 증상과 실내환경 특성 인지에 대한 식물도입의 영향에 대한 군간, 군별 조사간 비교분석을 시행하였으며, 추가적으로 알레르기 비결막염 의심군 19명(식물적용군 8명, 대조군 11명)에 대해서도 군간, 군별 조사간 비교분석을 시행하였다. 이러한 결과들을 Table 4에 기술하였다.

우울, 불안, 스트레스 척도(Depression, Anxiety, Stress Scale: DASS) 한글판 설문조사를 통해 우울 영역/우울점수, 불안영역/불안점수, 스트레스영역/스트레스점수를 평가하였는데, 연구참여자 전체($n=34$) 및 알레르기 비결막염 의심군($n=19$)을 대상으로 한 식물적용 전 1차 및 식물적용 후 2차 조사에서 식물적용군과 대조군 사이에 각 설문조사 영역에서 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(모두 $p>0.05$). 한편, 연구참여자 전체 중 대조군에서 불안영역/불안점수 항목이 1차에 비해 2차 조사에서 증가하는 경향이 나타났으나 통계적으로 유의하지

는 않았다($p=0.09$). 연구참여자 전체 대상 혹은 알레르기 비결막염 의심군을 대상으로 한 식물적용군 및 대조군의 군별 1, 2차 조사간 각 설문영역 점수 비교에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다(모두 $p>0.05$).

한국인 직무스트레스 측정도구(Korean Occupational Stress Scale; KOSS)의 기본형 설문조사를 통해 물리적 환경, 직무요구, 직무자율성 결여, 직무불안정, 관계갈등, 조직체계, 보상부적절, 직장문화 등의 영역에 대한 직무스트레스를 측정된 결과, 연구참여자 전체 및 알레르기 비결막염 의심군을 대상으로 한 식물적용 전 1차 조사에서 식물적용군과 대조군 사이에 각 설문조사 영역의 유의한 차이는 없었다(모두 $p>0.05$). 하지만 식물적용 후 2차 조사에서 KOSS 전체 점수가 식물적용군에서 대조군보다 유의하게 낮았으며($p=0.02$), 통계적으로 유의하지는 않았으나, 조직체계, 보상부적절과 관련된 직무스트레스 점수도 식물적용군에서 대조군보다 낮은 경향을 보였다(각각 $p=0.08$ 및 0.07). 식물적용 후 2차 조사에서 관찰된 이러한 경향은, 알레르기 비결막염 의심군에서 더욱 뚜렷하게 나타났는데, KOSS 전체 점수, 관계갈등, 직장문화 영역에서의 직무스트레스 점수가 식물적용군에서 대조군에 비해 유의하게 낮았으며(각각 $p=0.02$, 0.046 및 0.015), 직무요구 및 보상부적절 영역에서의 스트레스 점수도 식물적용군에서 대조군보다 더 낮은 경향을 보였다(각각 $p=0.08$ 및 0.051).

한편, 전체 연구참여자를 대상으로 시행한 KOSS 설문조사에서 군별로 1차와 2차 조사 결과를 비교한 결과, 대조군의 경우, KOS 전체 점수, 직무요구 및 조직체계 영역과 관련된 직무스트레스 점수가 증가하였으며(각각 $p=0.06$ (비모수검정 0.02), 0.03 및 0.02), 보상부적절 영역 관련 점수도 증가하는 경향을 보였다($p=0.07$). 하지만 식물적용군에서는 이러한 통계적 차이가 관찰되지 않았다. 알레르기 비결막염 의심군을 대상으로 비교분석한 결과에서는, 대조군의 경우 직무요구, 조직체계 영역과 관련된 직무스트레스 점수가 1차보다 2차에서 유의하게 증가하였으며(각각 $p=0.038$ 및 0.037), KOSS 전체 점수, 보상부적절 및 직장문화 영역 관련 직무스트레스 점수도 2차에서 증가하는 경향을 보였다(각각 $p=0.06$, 0.08 및 0.09). 반면, 알레르기 비결막염 의

Table 4. Analyses of the stresses and room attractiveness related questionnaires according to introducing indoor plants

Questionnaire	Whole subjects (n=34, M/F=16/18)				Subjects with probable allergic rhinitis (n=19, M/F=10/9)				
	Control n=17, M/F=10/7	With Plants n=17, M/F=6/11	inter-survey (p-value)§ /n	inter-group (p-value)‡	Control n=11 M/F=6/5	With Plants n=8 M/F=4/4	inter-survey (p-value)§ /n	inter-group (p-value)‡	
Depression, Anxiety, Stress Scale (DASS) 42 Questionnaire									
Total	1 _{st} /n 28.5±18.7/17	23.3±23.7/16	0.19/14	0.46/11	33.0(11~84) 11	17.0(2~86)/8	1.00/11	0.74/8	0.23
	2 _{nd} /n 43.3±35.1/14	28.1±28.3/12			32.0(1~105) 11	12.0(0~89)/8			0.21
Depression	1 _{st} /n 8.3±6.8/17	6.6±6.3/16	0.15/14	0.64/11	8.0(2~28)/11	3.5(0~21)/8	0.89/11	0.47/8	0.23
	2 _{nd} /n 14.4±13.0/14	7.9±7.5/12			12.0(0~35)/11	3.5(0~20)/8			0.23
Anxiety	1 _{st} /n 7.5±6.9/17	6.6±7.9/16	0.09/14	0.30/11	8.0(1~28)/11	3.5(1~30)/8	0.68/11	0.27/8	0.36
	2 _{nd} /n 13.9±12.2/14	7.8±8.8/12			13.0(0~35)/11	3.5(0~29)/8			0.25
Stress	1 _{st} /n 12.7±6.6/17	10.1±10.1/16	0.50/14	0.54/11	15.0(5~28)/11	9.5(0~36)/8	0.80/11	0.80/8	0.36
	2 _{nd} /n 15.0±10.9/14	12.4±12.8/12			14.0(1~35)/11	7.0(0~40)/8			0.36
Korean Occupational Stress Scale (KOSS) Questionnaire									
Total	1 _{st} /n 99.7±20.5/17	99.5±9.2/16	0.06/14	1.00/11	102(27~116) 11	97(86~121)/8	0.06/11	0.67/8	0.51
	2 _{nd} /n 111.5±10.5/14	101.8±9.6/12	(0.02*, WSRT)		111(98~124) 11	99(89~111)/8			0.02*
Physical environment	1 _{st} /n 6.1±1.2/17	5.8±1.7/16	0.49/14	0.66/11	7.0(5~8)/11	6.0(3~8)/8	0.78/11	0.89/8	0.71
	2 _{nd} /n 6.6±1.3/14	5.8±1.8/12			7.0(4~8)/11	7.0(4~8)/8			0.20
Occupational requirement	1 _{st} /n 18.9±6.1/17	20.3±3.7/16	0.03*/14	0.78/11	19(0~25)/11	20(14~30)/8	0.038*/11	0.67/8	0.90
	2 _{nd} /n 21.9±4.8/14	20.8±3.9/12			23.0(17~27) 11	19.5(17~23)/8			0.08
Lack of occupational autonomy	1 _{st} /n 12.9±3.4/17	12.0±1.2/16	0.21/14	0.34/11	12(3~16)/11	12(10~14)/8	0.75/11	0.46/8	0.48
	2 _{nd} /n 13.5±2.8/14	12.6±1.8/12			13.0(9~15)/11	12.5(10~14)/8			0.55
Occupational instability	1 _{st} /n 8.6±2.3/17	8.7±1.4/16	0.48/14	1.00/11	8(2~12)/11	8(7~12)/8	0.58/11	1.00/8	0.80
	2 _{nd} /n 9.4±2.1/14	8.8±1.6/12			9(4~12)/11	8(8~12)/8			0.24
Relational conflict	1 _{st} /n 13.8±3.1/17	13.1±2.4/16	0.54/14	1.00/11	15(5~16)/11	14(7~15)/8	0.48/11	0.40/8	0.13
	2 _{nd} /n 9.4±2.1/14	8.8±1.6/12			15(8~19)/11	12(8~15)/8			0.046*

Table 4. Continued

Question -naire	Whole subjects (n=34, MF=16/18)				Subjects with probable allergic rhinitis (n=19, MF=10/9)					
	Control n=17, MF=10/7	inter-survey (p-value)§ /n	With Plants n=17, MF=6/11	inter-survey (p-value)§ /n	inter- group (p-value)‡	Control n=11 MF=6/5	inter-survey (p-value)§ /n	With Plants n=8 MF=4/4	inter- survey (p-value)§ /n	inter- group (p-value)‡
Organizational system	1 _{st} /n	16.2±4.6/17	0.02*/14	16.8±2.6/16	0.45/11	15.0(4-23)/11	0.037*/11	15.5(14-22)/8	0.68/8	0.62
	2 _{nd} /n	19.7±3.2/14		17.6±2.5/12		20(15-21)/11		18(14-21)/8		0.28
Inadequate reward	1 _{st} /n	14.1±3.9/17	0.07/14	14.7±2.4/16	0.36/11	13(2-18)/11		15(12-22)/8		0.30
	2 _{nd} /n	16.2±2.5/14		14.5±2.1/12		15.0(12-18)/11	0.08/11	13.5(12-17)/8	0.12/8	0.051
Workplace culture	1 _{st} /n	9.0±2.2/14/17	0.19/14	8.3±2.1/16	1.00/11	9.0(3-12)/11	0.09/11	7.5(5-12)/8	0.89/8	0.41
	2 _{nd} /n	10.1±2.4/14		8.8±2.4/12		11(8-13)/11		8(5-11)/8		0.015*
Stress-Arousal Check List										
Stress	1 _{st} /n	8.8±5.3/17	0.07/13	7.8±4.7/16	0.50/11	10(2-14)/10	0.17/10	6(2-15)/8	0.12/8	0.27
	2 _{nd} /n	11.6±3.9/13		9.2±4.0/12		12.0(7-15)/10		9.5(3-16)/8		0.48
Arousal	1 _{st} /n	5.2±2.5/17	0.40/13	5.0±2.3/16	0.30/11	7.0(1-8)/10	0.51/10	5.5(3-7)/8	0.14/8	0.39
	2 _{nd} /n	5.2±2.8/13		5.6±3.1/12		4.5(2-11)/10		7.0(3-11)/8		0.21
Room Attractiveness Checklist										
Room attractiveness	1 _{st} /n	48.9±8.2/17	0.01*/13	54.8±11.0/16	0.25/10	49(38-68)/11	0.022*/10	55(35-84)/8	0.50/8	0.20
	2 _{nd} /n	41.7±11.5/13		47.3±11.4/11		43.5(23-53)/10		51.0(18-58)/8		0.15

mean±standard deviation, median (range: min-max), p-value: significant at p=0.05, *, p-value <0.05, **, p-value <0.01

* Survey : 1_{st}=before the indoor plant placement, 2_{nd}=at 3months after the indoor plant placement

‡ intergroup : control vs. plant group analysed by independent samples T-test/Mann-Whitney U test (MWUT)

§ intersurvey : 1st survey vs. 2nd survey analysed by paired T-test/Wilcoxon signed rank test (WSRT)

심군 중 식물적용군의 경우 식물적용 전후의 1, 2차 조사 결과에서 이러한 직무스트레스 점수 증가가 관찰되지 않았다.

스트레스/각성 체크리스트 설문(SACL) 조사에서는 전체 연구참여자 및 알레르기 비결막염 의심군 모두에서, 식물적용군과 대조군 사이의 1, 2차 조사 결과에 유의한 차이가 없었다. 군별 1, 2차 조사 간 비교 결과, 전체 연구참여자 중 대조군에서 2차 조사의 스트레스 지수가 증가하는 경향이 관찰되었으나($p=0.07$), 모두 통계적으로 유의하지 않았다.

실내 환경특성 평가 설문에서는 전체 연구참여자 및 알레르기 비결막염 의심군을 대상으로 한 1, 2차 조사 모두에서 식물적용군과 대조군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 반면, 연구 전체참여자 및 알레르기 비결막염 의심군 모두에서 대조군의 경우 1차 조사에 비해 2차 조사에서 실내환경 매력도가 유의하게 감소하였으나(각각 $p=0.01$ 및 0.022), 식물적용군에서는 이러한 차이가 관찰되지 않았다.

IV. 고 찰

본 연구는 신축 공공기관 건물내 사무실을 대상으로 실내 식물적용 전후에 주요 실내 공기오염물질 등 환경지표의 변화를 측정하고, 신축건물에서 발생하거나 악화될 수 있는 새건물증후군 증상, 알레르기 비결막염 임상증상, 스트레스 관련 척도 및 실내 환경 특성 관련 설문평가 지표에 대한 영향을 각각적으로 비교분석한 연구이다.

실내에 약 3개월간 식물을 적용한 결과, 신축건물 실내환경에 대한 실내식물의 영향을 관찰할 수 있었다. 주요 실내 공기오염물질인 휘발성유기화합물류(VOC) 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠과 자일렌의 유의한 감소가 관찰되었으며, 이는 에틸벤젠과 자일렌만 유의하게 감소한 대조군과 비교되는 결과였다. 아울러 신축건물에서 문제가 되는 알데하이드류 중 포름알데하이드는 식물적용 사무실에서만 유의하게 감소하였으나, 아세트알데하이드는 대조군에서도 감소하였다. 이러한 결과는 실내 공기오염물질이 실내 식물 적용을 통해 저감될 수 있다는 기존의 다양한 국내외 선행연구 결과들과 부합하는 것이다.^{3,12-15,30-33} 식물도입의 실내 공기오염물질 저감효과에 대해 평

가한 국내의 한 선행연구 결과를 보면, 아세톤 및 아크롤레인의 식물도입 전후 변화가 장소에 따라 차이를 보이고 있는데, 본 연구에서도 이러한 경향이 관찰되고 있다.³³ 한편, 휘발성유기화합물류 중 벤젠의 경우, 비록 신축공동주택 실내공기질 권고기준인 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내로 측정되기는 하였으나, 1차 조사(식물적용 전)에서 대기환경기준인 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 값들이 연구대상 사무실내에서 측정되었다. 이는, 건축 초기 분명한 실내오염원이 존재하였을 가능성과 함께, 관련된 영향을 줄 수 있는 실외 대기오염원 존재 가능성도 고려해야함을 시사한다. 하지만, 이에 대한 조사를 병행하지 않았던 점은 본 연구의 제한점 중의 하나이다.

식물적용 사무실의 경우, 식물적용 후에 비록 통계적으로 유의하지는 않았지만, 이산화탄소 농도가 증가하는 경향을 보였는데, 이는 1차 측정 때에 비하여 2차 측정 때 출장자가 적어 사무실 내의 근무자의 수가 더 많았기 때문이라고 추정된다. 한편, 온도 측정결과, 식물적용 사무실에서만 식물적용 후 온도가 유의하게 증가하였고 습도는 대조군 사무실에서만 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 한편, 새건물증후군 증상설문 점수의 평균값은 사무실 입주 직후 가장 높았으며, 식물적용 후 조사시점에 가장 낮아지는 추세를 보였으나 대조군과의 군간 혹은 군별 조사시점 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다. 본 연구에서는 각 조사시점의 냉방 및 공기조절 장치 가동상황이나 실외 대기 질 등에 대해 별도의 측정기록을 병행하지 않았다. 따라서 실내 온/습도 측정 및 새집증후군 등 각종 증상관련 설문평가에 대해 영향을 미칠 수 있는 냉방/공조장치나 실외 대기오염원 등 각종 관련 인자에 대한 추가분석을 진행할 수 없었으며, 이러한 점도 본 연구의 제한점이다.

본 연구에서는 알레르기성 비결막염 임상증상 설문평가를 통해 알레르기 비결막염 의심군을 선별하여 전반적인 증상(불편함)과 알레르기 비결막염의 주요증상인 콧물, 코막힘, 재채기, 코 간지러움 및 눈 간지러움 등 총 6가지 항목에 대한 VAS 점수를 측정하고 비교분석하였다. 식물적용 3개월 후, 추적 시행한 2차 임상증상 설문평가에서 전반적인 증상(불편함) VAS 점수가 대조군에서는 1차 조사결과보다 증가하였으나, 식물적용군에서는 이러한 차이가 관찰되지 않았다. 한편, 콧물, 코막힘 및 코 간

지러움 증상 VAS 점수의 경우 식물적용군에서만 식물적용 약 3개월 경과 후 각각 유의하게 감소하였으며, 눈 간지러움 증상도 통계적으로 유의하지는 않았지만 감소하는 경향을 보였다.

이를 고려할 때, 비록 본 연구에서 선별된 알레르기 비결막염 의심군의 표본크기가 작아 일반화시키는 것은 어려우나, 실내식물 적용이 알레르기 비결막염 관련 호흡기-안구 자각증상 저감에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 시사하는 것으로 사료된다. 이러한 임상증상 감소효과가 전술한 식물적용 후 주요 실내 공기오염물질 감소 및 스트레스 관련 지표들의 변화 결과와 관련되어 있을 가능성도 고려해야 하겠다. 이는 여러 가지 환경 자극물질과 스트레스 등이 알레르기 질환 발생 및 악화와 밀접하게 연관되어 있기 때문이다.^{19,21)}

이미 실내식물 적용이 다양한 신체증상 및 알레르기 질환에 대해 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 국내외의 여러 선행연구들이 있으며,^{5,27,28,32,34)} 본 연구 결과도 이에 부합하는 것으로 사료된다. 하지만, 이러한 결과에 대해, 1차, 2차 조사시기의 장소, 계절적 변화, 알레르겐 및 상기도 감염을 포함한 알레르기 비염 악화 인자 분포 변화, 대상군의 알레르겐 감작 종류 차이 등 개인차 및 업무가 진행 중인 현장조사인 관계로 대상군을 충분히 확보하지 못한 점 등 다양한 제한점이 존재함을 고려하여 신중한 접근 및 추가적인 분석이 필요하겠다. 한편, 관상용 식물들이 아토피(알레르기) 소인을 가진 개인들이나 관련 직업종사자들에게 알레르겐 감작이나 관련 질환을 유발할 가능성이 있다는 기존 보고들이 있으므로,³⁵⁻³⁷⁾ 알레르기 비결막염 환자가 주로 활동하는 실내공간에 식물을 적용할 때는 그 종류선별과 관리에 각별한 주의가 필요하며, 이에 대한 체계적인 심화연구도 필요하겠다.

스트레스 관련 설문평가에서 사무실 내 식물적용 약 3개월 후, 대조군에 비해서 직무 관련 스트레스 설문(KOSS) 지표영역 중 일부 항목(전체 점수, 관계갈등, 직장문화, 보상부적절 등)이 유의하게 감소하거나 감소하는 경향을 보였다. 한편, 군별 1, 2차 조사 사이의 결과비교에서 대조군에서는 증가하였던 일부 직무스트레스 지표영역(전체 점수, 직무요구, 조직체계 등)이 식물적용군에서는 증가하지 않았다. 이러한 차이와 경향은 알레르기 비결막염군

대상 비교분석에서도 유사하게 나타났다. 이러한 결과들은 실내 식물적용이 직무 관련 스트레스 일부를 유의하게 감소시키거나 그 증가를 억제하는 등 유의한 효과를 가지고 있을 가능성을 제시해주며, 기존 선행연구들의 결과에도 부합한다.^{27,28,38-40)}

한편, 실내 환경특성 관련 설문에서, 연구 전체참여자와 알레르기 비결막염 의심군 모두에서 대조군의 경우 1차 비해 2차 조사에서 실내환경 매력도가 유의하게 감소하였으나 식물적용군에서는 감소하지 않고 유지되었다. 이에 대해서는 실내 식물적용의 인지적 매력도와 스트레스 감소효과에 대한 기존 보고를 참조할 수 있겠다.²⁸⁾

본 연구의 주요 강점은, 첫째 섭외가 비교적 어려운 신축 정부청사 건물내 사무실과 근무자에 대한 실제 현장연구라는 점이다. 둘째로 실내 공기오염물질 등 환경측정과 새집증후군 증상, 알레르기비결막염 임상증상 및 스트레스관련 지표 및 실내환경 특성 등 다양한 환경적, 신체적, 정서적 지표들을 종합적으로 측정하고 수집하여 실내 식물적용의 영향을 다각적으로 비교하고 분석하였다는 점을 들 수 있겠다. 세 번째로 비침습적인 접근방법을 통하여 연구대상자들의 참여율은 높이고 탈락률을 낮출 수 있었다는 점이다.

반면에, 앞에서 일부 기술했던 것처럼 주요 제한점들도 있었는데 주로 현장연구 상황의 한계와 연관되어 있었다. 가령, 근무 및 출장 관계 등으로 인한 표본크기의 제한, 연구 참여자의 업무관계로 인한 탈락, 현장에서 침습적인 임상검사를 진행하기 어려워 정확한 임상진단 및 객관적인 생의학지표 등의 자료를 확보하지 못한 점 등을 예로 들 수 있겠다. 아울러 현장과 연구기관 간의 지리적 거리가 멀고 연구기간이 제한되어 있던 관계로, 1차 와 2차 조사시점 간의 계절적 차이, 사무실 냉방/공조상태, 직·간접 흡연과 관련된 세부적인 영향 등 실내공기 오염원의 다양성 및 특성, 실외 오염원 및 실외 대기질 등 다양한 영향인자 및 혼란변수들에 대한 설명력이 부족한 설계로 연구가 진행되어, 그 결과에 대해 보다 세밀한 해석이 곤란해진 점도 본 연구의 제한점으로 작용하고 있다. 향후 이러한 제한점을 극복하기 위해서는, 연구대상군을 더욱 확대하고 여러 영향인자 및 변수들을 고려하며, 충분한 연구기간을 확보하여 체계적인 기전 연구와 더욱 정확한

임상진단 및 객관적인 생의학지표를 채용한 심화된 후속연구를 수행하는 것이 필요하겠다.

V. 결 론

본 연구에서는 신축 공공건물 사무실 내 식물적용 전후에, 실내 환경측정, 새집증후군 증상, 알레르기 비결막염 등 임상증상 및 스트레스/실내환경 특성 관련 설문평가를 시행하고 비교분석하였다. 그 결과, 식물적용 후 주요 실내 공기오염물질의 감소를 확인하였으며, 알레르기성 비결막염 주요증상 증콧물, 코막힘 및 코 간지러움 증상 지표 등의 감소와 직무 관련 스트레스 지표 중 일부 영역의 감소 혹은 증가저지, 실내환경 매력도 감소저지 등 긍정적인 영향을 관찰하였다. 이러한 실내 식물적용의 각종 환경적, 신체적, 정서적 영향과 활용, 알레르기 질환과의 연관관계 등에 대해 그 기전을 체계적으로 밝히는 다양하고 심화된 후속연구가 필요하겠다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ01255002)”, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Hodgson M. Indoor environmental exposures and symptoms. *Environ Health Perspect* 2002; 110 (Suppl 4): 663-667.
- Roh YM, Lee CM, Kim SW, Kim CN, Kim HW, Cho KH, et al. A Study on the Characteristics of Indoor Air Quality in Office and Subjective Symptoms of Office Workers. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2004; 14(3): 270-282.
- Son SG, Kim KJ, Kim HJ, Kim CS, Kang YJ, Kim CM, et al. Efficiency of Indigenous Woody Plants in Jeju islands on indoor Air Purification - Focused on removing formaldehyde -. *Proceedings of Korean Forest Society Conference* 2008: 111-113.
- 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 Oph Opt Soc* 2011; 16(2): 201-207.
- Sim JG, Kim HH, Lee YW, Lim YW, Park JH, Kim KJ, et al. Relationship Between the Prevalence of Allergic Rhinitis and Ocular Symptoms for Children in New Built School. *J Korean Oph Opt Soc* 2012; 17(4): 457-467.
- Kim HJ, Park CJ, Lim BS, Kim HH. Effects of Dry Eye Symptoms on Work Productivity and General Activity in Newly Building. *J Korean Oph Opt Soc* 2014; 19(3): 389-396.
- Kjaergaard SK. Chapter 17. THE IRRITATED EYE IN THE INDOOR ENVIRONMENT - PHYSIOLOGY, PREVALENCE, AND CAUSES: Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. *Indoor Air Quality Handbook*, 1st ed. New York: McGraw-Hill Professional; 2001. p. 17.1-17.11.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. Study on the Determination of Standards Test Method for Indoor Air Quality. *National Institute of Environmental Research* 2003: 22-76, 160-181, 194-195.
- Sim SH, Kim YS. Characterization and Assessment of Indoor Air Quality in Newly Constructed Apartments - Volatile Organic Compounds and Formaldehyde -. *Kor J Env Health* 2006; 32(4): 275-281.
- Bielory L. Allergic conjunctivitis and the impact of allergic rhinitis. *Curr Allergy Asthma Rep* 2010; 10(2): 122-34.
- Cho AR, Lee SY, Kim YH, Yoo Y, Yang HJ, Lee JS, et al. Multicenter study on Factors influencing quality of life of childhood asthma patients and their caregivers. *Pediatr Allergy Respir Dis (Korea)* 2012; 22(1): 37-44.
- Noh YD, Lee JH. Information Processing Application : A Study on IT System Design for Eco-Amenity. *J Inf Process Syst* 2006; 13(7): 971-976.
- Cornejo JJ, Munoz FG, Ma CY, Stewart AJ. Studies on the decontamination of air by plants. *Ecotoxicology* 1999; 8: 311-320.
- Yoo MH, Kwon YJ, Son KC, Kays SJ. Efficacy of indoor plants for the removal of single and mixed volatile organic pollutants and physiological effects of the volatiles on the plants. *J Amer Soc Hort Sci* 2006; 131(4): 452-458.
- Kim KJ, Kil MJ, Song JS, Yoo EH, Son KC, et al. Efficiency of Volatile Formaldehyde Removal by Indoor Plants: Contribution of Aerial Plant Parts versus the Root Zone. *J Amer Soc Hort Sci* 2008;

- 133(4): 521-526.
16. Moon KW, Byeon SH, Choi DW, Lee EI, Oh EH, Kim YW. Risk Assessment of Aldehydes in Some Residential Indoor Air Included Atopy Patient's Homes. *Kor J Env Health* 2006; 32(1): 19-26.
 17. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook: Fundamentals 1993.
 18. Fanger PO. Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering. 1st ed. Copenhagen: Danish Technical Press; 1970.
 19. Custovic A, Wijk RG. The effectiveness of measures to change the indoor environment in the treatment of allergic rhinitis and asthma: ARIA update (in collaboration with GA(2)LEN). *Allergy* 2005; 60(9): 1112-5.
 20. Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update (in collaboration with the World Health Organization, GA(2)LEN and AllerGen). *Allergy* 2008; 63(suppl 86): 8-160.
 21. Brożek JL, Bousquet J, Baena-Cagnani CE, et al. Allergic rhinitis and its impact on asthma (ARIA) guidelines: 2010 Revision. *J Allergy Clin Immunol* 2010; 126(3):466-476.
 22. Lovibond SH, Lovibond PF. Manual for the Depression, Anxiety, Stress Scales. 2nd ed. Sydney: Psychology Foundation 1995.
 23. Lee KW. Relations between depression, anxiety, stress and the concentration of urinary hydroxyproline and proline [doctorial dissertation]. [Seoul]: Yonsei University; 2007.
 24. Chang SJ, Koh SB, Kang DM, Kim SA, Kang MG, Lee CG, et al. Developing an Occupational Stress Scale for Korean Employees. *Ann Occup Environ Med* 2005; 17(4): 297-317.
 25. Mackay C, Cox T, Burrows G, Lazzerini T. An inventory for the measurement of self-reported stress and arousal. *Br J Soc Clin Psychol* 1978; 17(3): 283-284.
 26. Rohles, F.H., Bennett, C.A. and Milliken, G.A. The Effects of Lighting, Color, and Room Décor on Thermal Comfort. *ASHRAE Transactions* 1981; 87: 511-527.
 27. Lohr VI, Pearson-Mims CH. Physical discomfort may be reduced in the presence of interior plants. *HortTechnol* 2000; 10: 53-58.
 28. Dijkstra K, Pieterse ME, Pruyn A. Stress-reducing effects of indoor plants in the built healthcare environment: the mediating role of perceived attractiveness. *Prev Med.* 2008; 47(3): 279-283.
 29. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
 30. 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 Hortic Sci Biotechnol* 2002; 77(1): 120-129.
 31. Wood RA, Burchett MD, Alquezar R, Orwell RL, Tarran J, Torpy F. The Potted-Plant Microcosm Substantially Reduces Indoor Air VOC Pollution: I. Office Field-Study. *Water, Air, and Soil Pollution* 2006; 175(1-4): 163-180.
 32. Kim HH, Lee JY, Kim HJ, Lee YW, Kim KJ, Park JH, Shin DC, Lim YW. Impact of Foliage Plant Interventions in Classrooms on Actual Air Quality and Subjective Health Complaints. *J Jpn Soc Hortic Sci* 2013; 82(3): 255-262.
 33. Hong SH, Hong JY, Yu JHm, Lim YW. Study of the removal difference in indoor particulate matter and volatile organic compounds through the application of plants. *Environ Health Toxicol* 2017; 32: e2017006.
 34. Kim H, Kim HH, Lee JY, Lee YW, Shin DS, Kim KJ, et al. Evaluation of Self-assessed Ocular Discomfort among Students in Classrooms According to Indoor Plant Intervention. *HortTechnol* 2016; 26(4): 386-393.
 35. Axelsson IG1, Johansson SG, Zetterström O. A new indoor allergen from a common non-flowering plant. *Allergy* 1987; 42(8): 604-611.
 36. Wüthrich B, Johansson SG. Allergy to the ornamental indoor green plant Tradescantia (Albifloxia). *Allergy* 1997; 52(5): 556-9.
 37. Mahillon V, Saussez S, Michel O. High incidence of sensitization to ornamental plants in allergic rhinitis. *Allergy* 2006; 61(9): 1138-40
 38. Lohr VI, Pearson-Mims CH, Goodwin GK. Interior plants may improve worker productivity and reduce stress in a windowless environment. *J Environ Hort* 1996; 14: 97-100.
 39. Kim E, Mattson RH. Stress recovery effects of viewing red-flowering geraniums. *J Ther Hort* 2002; 13: 4-12.
 40. Raanaas RK, Patil GG, Hartig T. Effects of an Indoor Foliage Plant Intervention on Patient Well-being during a Residential Rehabilitation Program. *HortScience* 2010; 45(3): 387-392.