전북교육 2020-478

교육정책연구 2020-015

공기정화식물 비치를 통한 이산화탄소 등 실내유해물질 제거 연구

연구책임자 김승종 외 3명

전라북도교육연구정보원
전북교육정책연구소

공기정화식물 비치를 통한 이산화탄소 등 실내유해물질 제거 연구

발간등록번호 전북교육 2020-478

전북교육정책연구 2020-015

발행일 : 2020년 12월 17일

발행인 : 전북교육정책연구소장 김정기

발행처 : 전라북도교육연구정보원 전북교육정책연구소

주 소 : (우54927) 전주시 덕진구 안덕원로 191

전 화 : 063-250-3753

팩 스 : 063-250-3769

이메일 : unb0707@jbedu.kr

ISBN 978-89-98289-99-7(93370)

※ 본 보고서의 내용은 교육정책연구소의 견해와는 다를 수 있습니다.

만든 사람들

연 구 진	김승종 전주생명과학고등학교 행정실장
	강세지 전주생명과학고등학교 주무관
	최대호 전주생명과학고등학교 주무관
	전혜란 진안제일고등학교 주무관
연구협력진	김치중 장계초등학교 주무관
	안철우 전주생명과학고등학교 주무관
	정승희 전주생명과학고등학교 주무관
	안유진 전주생명과학고등학교 주무관
	최은진 전주생명과학고등학교 주무관
	유지인 전라북도교육청 재무과 주무관
	강소윤 진안제일고등학교 주무관
연구 자문	최정란 전북대학교 원예학과 교수

연구요약

미세먼지(fine particle)의 유해성은 익히 알려져 있으며, 최근 연무의 발생빈도 증가와 중국에서 유입되는 스모그의 증가로 인하여 대기 중 미세먼지의 급격한 농도 증가가 자주 발생하고 있어 쾌적한 실내 환경 조성과 거주자들의 건강유지를 위하 여 실내공기질 관리가 필요하다. 특히, 학교는 미세먼지에 더욱 민감한 집단으로 생활하고 있다는 점에서 대기 중 고농도 미세먼지 발생에 따라 학교의 쾌적한 실내공기질의 유지는 매우 중요하다고 할 수 있다.

「학교보건법」에 의한 교실내부의 공기질 기준에 따르면 PM10 100㎍/㎥, PM2.5의 24시간 평균 유지기준은 35㎍/㎥, 포암데하이드 100㎍/㎥, 이산화탄소는 1,000ppm(기계환기시설 1,500 ppm) 이하로 관리할 것을 권고하고 있고, 공기정화장치를 보급하고 있지만 수시로 창문 환기를 통하지 않고 공기청정기를 가동할 시 이산화탄소 농도가 급속히 증가하여 학생들의 건강을 해칠 수 있어 이산화탄소와 미세먼지를 동시에 어떻게 관리 할 수 있을까 하는것까지 고민해 볼 필요가 있다.

기계환기설비를 대체 할 수 있는 공기정화식물을 실내공간에 배치하여 광합성 대사작용을 위해 실내의 이산화탄소 등 미세먼지를 흡수하고 산소를 방출함으로 실재공간 내의 공기를 자연적으로 정화하여 학교 실내공기질 개선 방안을 마련하는 것을 목적으로 공기청정기와 공기정화식물이 함께 할 때 「학교보건법」의 권장기준치를 교실 내에서 유지할 수 있는지 시험해 보고자 하였다.

본 연구의 결과 공기정화식물 보급과 미세먼지 절감에 관한 전문기관(농촌진흥청 등)에서 전문 지식과 전문 인력을 통해 학교 실내공기질 개선과 유해물질 제거에 대한 심도 있는 연구가 이루어지고 일선 학교에 보급해야 할 것으로 사료되어 진다.

목 차

Ⅰ. 서 론 ····· 1
1. 연구의 배경 ····· 3
2. 연구의 목적 ····· 4
3. 선행연구 검토 ····· 4

Ⅱ. 연구방법 ····· 7
1. 연구 내용 ····· 9
2. 연구 방법 ····· 9

Ⅲ. 연구결과 ····· 13
1. 실내공기질 개선을 위한 공기정화식물 연구 및 선정····· 15
1.1. 실내식물의 흡수에 의한 공기정화 ····· 15
1.2. 식물의 실내공기정화 원리····· 15
1.3. 실내실물의 방출물질에 의한 공기정화 ····· 15
2. 학생 학습활동 및 교직원 근무 시간 대 실내 공기질 평가 ····· 24
2.1. 초미세먼지, 미세먼지····· 24
2.2. 포름알데히드(HCHO)····· 25
2.3. 이산화탄소(CO2)····· 26
3. 공기정화식물 비치에 따른 실내공기질 평가 ····· 32
3.1. 초미세먼지, 미세먼지····· 32
3.2. 포름알데히드(HCHO)····· 34
3.3. 이산화탄소(CO2)····· 35

Ⅳ. 고찰 …… 39

Ⅴ. 결론 …… 43

※ 참고문헌 …… 47

표목차

〈표 Ⅱ-1〉 국내 · 외 실내 환경에서의 이산화탄소 관리 기준 농도 …… 10
〈표 Ⅱ-2〉 이산화탄소 노출 농도에 따른 인체 영향 …… 10
〈표 Ⅱ-3〉 학교 교실 내 이산화탄소 농도수준이 학습에 미치는 효과 …… 11
〈표 Ⅱ-4〉 미세먼지 측정 내용 …… 12
〈표 Ⅲ-1〉 식물별 공기정화 효과…… 17
〈표 Ⅲ-2〉 초미세먼지, 미세먼지, 포름알데히드, 이산화탄소 기준표…… 24
〈표 Ⅲ-3〉 교사 내 미세먼지, 초미세먼지 농도 …… 25
〈표 Ⅲ-4〉 실내공간 별 포름알데히드 농도 …… 26
〈표 Ⅲ-5〉 실내공간 별 이산화탄소 농도 …… 27
〈표 Ⅲ-6〉 기상청 우리동네 대기정보 노송동 측정서 기준 …… 32
〈표 Ⅲ-7〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 미세먼지 농도 …… 33
〈표 Ⅲ-8〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 초미세먼지 농도 …… 33
〈표 Ⅲ-9〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 포름알데히드 농도 …… 34
〈표 Ⅲ-10〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 이산화탄소 농도 …… 37

그림목차

[그림 Ⅲ-1] 전주대성초등학교 공기정화식물 비치 전 초록식물 교육 …… 20
[그림 Ⅲ-2] 전주대성초등학교 공기정화식물 비치 후…… 20
[그림 Ⅲ-3] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 전 교실 …… 21
[그림 Ⅲ-4] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 교실 …… 21
[그림 Ⅲ-5] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 학생부실 …… 22
[그림 Ⅲ-6] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 학생부실 …… 22
[그림 Ⅲ-7] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 행정실 …… 23
[그림 Ⅲ-8] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 행정실 …… 23
[그림 Ⅲ-9] SBS 미세먼지 피하려다, 교실 가득 이산화탄소 보도 1 …… 27
[그림 Ⅲ-10] SBS 미세먼지 피하려다, 교실 가득 이산화탄소 보도 2 …… 28
[그림 Ⅲ-11] SBS 미세먼지 피하려다, 교실 가득 이산화탄소 보도 3 …… 28
[그림 Ⅲ-12] SBS 미세먼지 피하려다, 교실 가득 이산화탄소 보도 4 …… 29
[그림 Ⅲ-13] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 1 …… 29
[그림 Ⅲ-14] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 2 …… 30
[그림 Ⅲ-14] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 3 …… 30
[그림 Ⅲ-14] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 4 …… 31

제 I 장

서 론

1. 연구의 배경
2. 연구의 목적
3. 선행연구 검토

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경

미세먼지(fine particle)의 유해성은 익히 알려져 있으며, 최근 연무의 발생빈도 증가와 중국에서 유입되는 스모그의 증가로 인하여 대기 중 미세먼지의 급격한 농도 증가가 자주 발생하고 있어 쾌적한 실내 환경 조성과 거주자들의 건강유지를 위하 여 실내공기질 관리가 필요하다. 특히, 학교는 미세먼지에 더욱 민감한 집단으로 생활하고 있다는 점에서 대기 중 고농도 미세먼지 발생에 따라 학교의 쾌적한 실내공기질의 유지는 매우 중요하다고 할 수 있다.

「학교보건법」에 의한 교실내부의 공기질 기준에 따르면 PM10 100㎍/㎥, PM2.5의 24시간 평균 유지기준은 35㎍/㎥, 포암데하이드 100㎍/㎥, 이산화탄소는 1,000ppm(기계환기시설 1,500 ppm) 이하로 관리할 것을 권고하고 있고, 공기정화장치를 보급하고 있다.

공기정화장치(공기정화기, 기계환기설비)는 네 종류로 나뉜다.

첫째, 공기청정기로 미세먼지의 단시간 집진정화 성능은 좋지만 환기 기능은 없고 세균/바이러스/유해물질 제거 성능 등은 거의 제로다.

둘째, 공기정화살균기로, 미세먼지의 단시간 정화 성능은 떨어지고 환기 기능은 없지만 장시간 정화능력은 괜찮고, 초미세먼지나 살균, 유해가스 제거 성능(제품에 따라서는 오존 제거 성능까지) 등은 좋다.

셋째, 공기순환기(기계식 환기장치)로, 환기 기능은 좋고 미세먼지까지는 어느 정도 잡지만, 초미세먼지나 그밖에 유해물질 정화기능은 매우 미흡한 것이 대부분이다. 공기순환기는 다시 열교환소자 없는 단순 공기순환기와 열교환소자를 장착하여 열 손실을 줄이는 전열교환기로 나뉜다.

넷째, 공조(공기조화)장치는 흔히 큰 규모의 시설이나 건물 전체를 닥트로 연결하여 공기 조절 또는 정화를 하는 장치다. 이중 어떤 장치도 단일 장비로는 모든 목적을 두루

충족할 수 없고, 문자 그대로 공기를 '정화'해내려면 두세 가지 장비를 조합 설치하거나 다른 특수 장비를 추가 설치해야만 한다.

많은 시 · 도교육청이 설치, 관리 · 운영상의 어려움으로 기계환기설비를 설치하기 보다는 단가가 낮은 공기청정기를 임대사용하고 있는데, 기계환기설비는 내부의 오염된 공기를 외부로 배출하고 외부의 공기를 필터로 걸러 실내로 유입하는 방식이다. 공사기간이 필요하고 가격이 비싼 게 단점이지만 실내 이산화탄소 농도 조절이 가능하고 미세먼지 외에 폼알데하이드 등 다른 오염물질 제거 효과가 있다. 반면 공기청정기는 장시간 가동하면 이산화탄소 농도가 올라가고 기타 오염물질이 증가할 가능성이 있다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 기계환기설비를 대체할 수 있는 공기정화식물을 교실, 교무실, 행정실에 배치하여 광합성 대사 작용을 위해 실내의 이산화탄소 등 미세먼지를 흡수하고 산소를 방출함으로 실내공간 내의 공기를 자연적으로 정화하여 학교 실내공기질 개선 방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

실내공간에서 공기청정기와 공기정화식물이 함께할때「학교보건법」의 권장기준치를 교실 내에서 유지할 수 있는지 시험해 보고자 하였다.

☞ 창문 열면 미세먼지, 닫으면 이산화탄소 공습 딜레마 빠진 교실 (파이낸셜뉴스, 2020.02.04)
☞ 고농도 이산화탄소 어린이 학습능력 50%까지 떨어뜨릴것 (한겨레, 2019.12.24)
☞ 공기청정기 틀고 창문 꽉... 이산화탄소에 '숨 막히는 교실' (KBS, 2019.03.08)
☞ 미세먼지 걸러주는 공기청정기 켰더니... 교실 가득 이산화탄소(SBS, 2018.06.06)
☞ 교실 공기청정기가 이산화탄소 주범? (한겨레, 2018.04.02)

3. 선행연구의 검토

도시학교 시설에서의 밀폐 정도에 따른 실내 공기오염도 평가연구에서, 일산화탄소와미세먼지의 농도는 창문의 개폐 여부와 관계없이 기준치 이하로 분석 되었으나, 이산화탄소의 경우 창문을 닫아 놓았을때의 농도가 기준치에 비하여 2배 정도 높은 값을 나

타내었다고 보고하였다(전의찬등, 1999). 전의찬과 그의 동료들의연구(1999)에 따르면, 환기를 위한 공조시설이 가동된 상태에서 창문을 닫고 수업 했을 때 이산화탄소농도는 평균적으로 2,063ppm에 이르렀으며, 창문을 열고 수업 했을때의 평균582ppm에 비해 3.5배까지 증가했다. 기계식 환기 장치가 설치되어 있는 교실에서의 이산화탄소 농도 분포를 조사한 신희수 등(2005)의 연구에 따르면, 환기장치를 가동하지 않았을 경우의 교실내 이산화탄소 농도는 평균 1,791ppm, 최대 2,190ppm였으며, 환기용량이 500m3/h일 경우도 평균1,260ppm, 최대1,536ppm, 환기용량 600m3/h일 경우는 평균 1,032ppm, 최대1,145ppm으로 낮아졌으며, 환기용량 800m3/h의 경우 기준치인 1,000 ppm을 만족하는 평균913ppm으로 나타났다.

학교 교실내 공기 중 이산화탄소 농도를 측정한 다양한 국내연구들에서, 측정결과가 안전 기준치를 넘는지의 여부는 측정 농도의 평균값을 기준으로 평가되었다(전의찬등, 1999; 신희수 등, 2005; 전준민 등, 2010). 예를 들어, 전준민과 그의 동료들(2010)은 측정 농도를 평균값으로 변환한 뒤, “대부분의 교실은 정부기준치의 아래에 존재하며, 소수의 교실(5개)만이 이산화탄소 농도 기준치 보다 높은 결과를 보였으며, 총 부유미생물은 총57개 교실 중12개 교실에서 기준을 초과하고 있었고, 특히 초등학교 교실에서기준 초과 비율이 높았다. 총 휘발성 유기 화합물은 총38개 일반 교실 중 15개, 총 19개 특별 교실 중 8개에서 교과부 기준을 초과 하였고, 일부 중학교 일반교실에서는 443.3 μg/m으로 고농도 분포를 보였다”고 보고하였다. 그러나 평균값을 기준으로 하는 실내공기 오염 물질 노출 수준 평가는 학생들에게 미치는 부정적인 효과의 가능성을 감추는 효과를 야기 할 수 있다.

실내 공기 중 이산화탄소 농도를 실내환경의 ‘쾌적함’의 관점이 아니라, 공간내 거주자의 ‘건강’ 혹은 본 연구에서와같이 교수학습과정에 미치는 ‘효과’의 관점에서 본다면 측정 데이터의 ‘평균’ 혹은 ‘중앙값’ 접근이 아니라, ‘최대값’과 ‘지속시간’의 기준으로 해석되어야 할 필요가 있다.

첫째, 실내 공기의 오염물질은 계절에 따라 다르게 분포한다. 이종대와 그의 동료들의 연구(2010)에 따르면 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO2), 포름알데하이드(HCHO), 총부유세균(TBC), 총휘발성유기화합물(TVOC)은 일반 교실이 특수교실(과학실, 컴퓨터실, 도서실, 음악실 등)에 비해 높고, 계절로는 겨울철에 높게 관측되었다. 여름철의 냉방시설은 외부의 공기를 직접 혹은 간접적으로 유입하여 간접적인 환기 효과가 있으나,

겨울철의 난방시설은 외부 공기의 유입 효과가 없으므로 상대적으로 겨울철 실내 공기의 오염수준이 높게 나타난다.

둘째, 사용 빈도에 따라서 오염물질의 농도가 다르게 분포한다. 특별교실의 경우에는 사용 빈도가 낮아 충분한 환기가 이루어지지 않기 때문에, 일반 교실보다 포름알데하이드 농도가 높게 검출 된다(이종대 등, 2010). 포름알데하이드, 총휘발성유기화합물 등은 신축이나 개축 시 사용된 건축 내장재 및 교수학습 재료가 중요한 오염 유발원이 되며, 특별교실처럼 환기율이 낮거나 환기량이 부족한 교실에서는 더욱 높은 농도로 조사되었으며, 실내가 실외보다 2~5배 정도 높았다.

셋째, 학생들의 물리적 활동의 특성에 따라서 오염물질이 분포한다. 미세먼지는 교실 내에서 주로 이동하거나 움직이는 시간대인 휴식과 점심 시간대 및 청소 시간대에서 높았으며, 실내가 실외보다 높게실외보다 높게 관측되었다관측되었다.

넷째, 오염원의 위치에 따라 농도가 다르게 분포한다. 일부 물질(일산화탄소, 이산화질소, 벤젠 등)은일부 물질(일산화탄소, 이산화질소, 벤젠 등)은 실내 · 외 농도가 유사하거나유사하거나 실외가 더 높은 농도를 보인 예도 있었는데, 이는 학교 교실 내 발생원보다는 자동차 및 주변 입지 조건에 의해 오염된 외부 공기가 교실 내로 유입되어 실내농도에 영향을 미치는 것으로 이해 할 수 있다.

다섯째, 지역적으로 오염물질이 다르게 분포한다. 미세먼지의 농도는 대도시 및 시골 지역은 실외보다 실내가 높지만, 공단지역은 실내외 농도는 유사하였고(노영만 등, 2007), 공단지역을 제외한 대도시 및 중소 도시에서는 교실이 복도보다 다소 높았다(임영욱 등, 2008).

여섯째, 학교 급에 따라 오염 물질의 농도가 다르게 분포한다. 초 · 중 · 고등학교별로 미세먼지 농도를 조사한 연구에서는 중학교(200.9 μg/m3), 초등학교(199.4 μg/m3), 고등학교(148.0μg/m3) 순으로 높은 경향을 보였고, 초등학교의 미세먼지 농도는 중학교와 별 차이가 없지만 실내 · 외(I/O) 농도비는 2.9로 조사 되었다(최상준, 2008).

따라서 본 연구에서는 학교 내 실내공간에 미세먼지 측정기를 설치하여 장시간에 걸친 미세먼지, 초미세먼지, 포름알데히드, 이산화탄소의 농도변화를 관찰하고자 한다.

제 II 장

연구방법

1. 연구 내용
2. 연구 방법

Ⅱ. 연구방법

1. 연구내용

학교 내 실내공기질 정도를 파악하기 위해 공기정화식물 비치 전후 직독식 기기를 이용하여 학교 실내요염물질을 측정하고, WHO 및 대한민국 실내 환경 기준치와 비교하여 공기정화식물이 실내공기질의 개선에 미치는 효과에 대해 연구하였다.

2. 연구 방법

2.1 실내공기질 개선을 위한 공기정화식물 연구 및 선정

실내공기질 개선 방안으로 공기청정기를 설치 · 운영하고 있지만 창문을 닫은 채 공기청정기를 가동시킬 경우 이산화탄소가 증가되는 문제가 제기되어 환기 및 공기정화식물을 비치하고 실내공기질의 변화에 따라 공기정화식물 사용이 적절한지에 대해 평가하였다.

2.2 학생 학습활동 및 교직원 근무 시간 대 실내 공기질 평가

초미세먼지와 미세먼지 기준(WHO와 한국 기준), 포름알데히드와 이산화탄소 기준(미국 질병통제예방센터, 미국 노동부, 호주SWA)과 비교하여 실내 공기질을 측정.

실내공기질 측정은 전라북도교육청 소속 초등학교 2교실, 고등학교 2교실, 교무실 1곳, 행정실 1곳 총 6곳을 대상으로 측정 하였고, 학습활동 시간대의 미세먼지, 초미세먼지, 포름알데히드, 이산화탄소 농도 변화를 연속적으로 측정하였다.

이산화탄소 관리 기준 농도, 노출 농도에 따른 인체 영향, 학교교실 내의 학생들에게 이산화탄소 농도수준이 학습에 미치는 효과는 아래의 표와 같다.

〈표 Ⅱ-1〉 국내 · 외 실내 환경에서의 이산화탄소 관리 기준 농도

실내 이산화탄소 기준	기준치
한국 실내공기질 관리법/학교 보건법	1,000ppm
일본 건축법	1,000ppm
WHO, Europe	920ppm
미국 ASHRAE	1,000ppm
캐나다 권고기준	6,300mg/m^3
싱가포르 실내공기질 가이드라인	1,000ppm

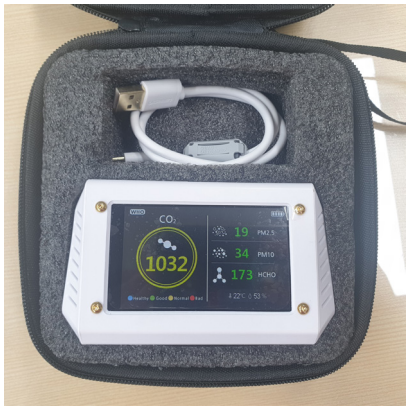
〈표 Ⅱ-2〉 이산화탄소 노출 농도에 따른 인체 영향

노출농도 (ppm)	인체영향
~ 450	건강한 환기 관리가 된 레벨
~ 700	장기간 있어도 건강에 문제가 없는 실내 레벨
~ 1,000	건강 피해는 없지만 불쾌감을 느끼는 사람이 있는 레벨
~ 2,000	졸림을 느끼는 등 컨디션 변화가 발생하는 레벨
~ 3,000	어깨 결림이나 두통을 느끼는 사람이 있는 등 건강피해가 발생하기 시작하는 레벨
3,000 ~	두통, 현기증등의 증상이 나오고 장시간으로는 건강을 해치는 레벨

〈표 II-3〉 학교교실 내 이산화탄소 농도수준이 학습에 미치는 효과

연구자 (출간년도)	참여자 수	측정 방법 및 기준	효과의 크기 및 의견
Shendell et al (2004)	22개 학교, 409개 일반교실, 25개 교실	학교 연평균 출석률	실내 · 외 이산화 탄소농도 차이가 1,000ppm을 넘으면 연평균 출석률이 0.5~0.9%가 감소 ($p<0.05$)
Bako-biro et al (2007)	8개 학교, 9~10세 200명	읽고, 이해하기, 덧셈, 뺄셈, 능력 측정	실내 이산화탄소 농도와 덧셈 능력의 통계적 유의미한 차이가 발견되었으나, 읽고 이해하기 능력과 뺄셈 능력에는 차이가 발견되지 않음
Bako-biro et al (2012)	8개 학교, 9~10세 200명	VICoPe	실내 이산화탄소 농도와 선택반응의 속도와 정확성, 색깔과 낱말 맞추기, 그림기억, 단어인식 능력 간의 통계적 상관 확인
Wargocki (2007a, b)	9~12세 48명	컴퓨터 기반 언어 능력 (속도, 정확성)	평균 농도의 차이에 따른 문제해결 속도에는 통계적으로 유의미한 차이발견, 정확성에는 차이가 발견되지 않음
Twardella ETAl (2012)	9~10세 417명	문제풀이 총 수, 풀어본 문제 중 틀린 문제 수	이산화탄소 농도가 높은 환경 조건에서 학생이 실수한 개수가 유의미하게 증가
Coley, Freeves Saxby (2007)	9~12세 18명	수행 속도, 집중, 고요함	이산화탄소 농도가 낮아질수록 수행 속도와 집중이 증가, 농도가 높아질수록 고요함이 증가함

〈표 Ⅱ-4〉 미세먼지 측정 내용

구분	내용	
측정항목	PM10, PM2.5, HCHO, CO2	
측정기간 및 시간	– 2020.5월 ~ 6월 – 2일 8회(9시 ~ 16시)	
측정조건	– 공기정화식물이 없는 실내공간 오염물질 농도 측정 – 오염물질 농도 측정 후 공기정화식물 비치 – 공기정화식물 비치 후 오염물질 농도 측정	
측정기기	– KTR 한국화학융합시험연구원 인증 – 제KTR-2019-01호 – MSMS-S4	

제Ⅲ장

연구결과

1. 실내공기질 개선을 위한 공기정화식물 연구 및 선정

2. 학생 학습활동 및 교직원 근무 시간 대 실내 공기질 평가

3. 공기정화식물 비치에 따른 실내공기질 평가

Ⅲ. 연구 결과

1. 실내공기질 개선을 위한 공기정화식물 연구 및 선정

1.1. 실내식물의 흡수에 의한 공기정화와 공기정화식물

도시의 공기는 실내외를 막론하고 심하게 오염되어 있다. 미국 환경부는 현대인의 건강을 위협하는 5대 요인 중에 하나가 실내공기라고 규정 하였다. 현대인은 하루 일과 중에 90% 이상을 실내에서 생활하며, 하루에 20~30 kg 정도의 공기를 마신다. 실내공기가 실외공기보다 현대인의 건강에 더 위협적이다. 원예식물은 공기정화 능력에 뛰어나며, 특히 실내공기 정화는 원예적으로 해결이 가능하다.

1.2. 식물의 실내공기정화 원리

잎과 근권부 미생물의 흡수에 의한 오염물질 제거이다. 잎에 흡수된 일부 오염물질은 광합성의 대사산물로 이용되어 제거되고, 화분 토양내로 흡수된 오염물질은 근권부 미생물에 의해 제거된다.

음이온, 향, 산소, 수분 등의 다양한 식물 방출물질에 의해 실내 환경이 쾌적하게 되는 것이다. 잎에 광량을 높이면 광합성속도가 증가하여 제거능력이 높아지고, 화분에 실내 오염물질을 자주 처리할수록 근권부에 관련 미생물이 증가하여 제거능력이 우수해 진다.

1.3. 실내실물의 방출물질에 의한 공기정화

식물의 공기정화 원리는 첫째 식물은 잎 뒷면의 기공을 통해 산소를 밖으로 배출하고 광합성의 재료가 되는 CO2를 흡수하는데 이때 대기 중 오염물질을 함께 흡수하며 흡수된 오염물질은 식물 내 대사 작용을 통해 다른 물질로 전환된다. 둘째 식물의 공기순환 과정 중 하나인 증산 작용 시 발생되는 부압으로 인해 오염물질이 근권부로 이동하여 뿌리에 서식하는 미생물에 의해 분해된다. 이러한 식물을 이용한 오염된 실내공기의 정화방법은 기존의 실내정화의 경제적, 기술적 문제점을 보완하고 실내조경의 미관적인 효과도 얻을 수 있는 장점을 갖는 친환경적인 실내오염정화법이다. 하지만 학교의 실내공간인 교실, 교무실, 행정실 등에서 실내면적 대비 공기정화식물을 배치했을 때 미세먼제 등 오염물질이 제거되는지에 대한 연구는 매우 미진하다.

1.3.1. 음이온

인간은 산소(O2)와 동시에 산소분자에 있는 음이온(O2−(H2O)n)을 흡입함으로 건강을 유지하고 인간은 숲에서 살아오는 과정에서 숲의 음이온 량(1cm3당 400~1000개, 평균 700개)에 신체가 이온균형을 유지하도록 적응하여왔다.

그러나 산업화 이후 도시화 되면서 대기가 오염되었고, 오염물질은 대부분 양이온으로 대전됨으로 써 음이온의 비율이 낮아졌다. 자연 상태와 가까운 환경에서는 공기 중의 음이온과 양이온의 비율이 1.2 : 1 정도이며, 이에 비해 도시 지역이나 오염지역 등은 1 : 1.2~1.5으로 양이온의 비율이 높은 것으로 알려져 있다.

음이온 효과로 첫째로 음이온의 전기적 특성에 의한 오염물질 제거이다. 미세먼지나 화학물질 등의 오염물질은 양이온으로 대전되어 서로 밀어내며 공기 중에 떠다니게 된다. 이 때 음이온이 공급되면 오염물질은 전 자를 얻고 안정화 되어 땅으로 떨어짐으로 제거된다. 둘째로 피부와 호흡을 통해 몸속으로 들어간 음이온에 의한 신진대사 촉진 효과이다. 현대인은 양이온이 많은 생활환경에 노출됨으로써 각종 질병이나 스트레스에 시달리고 있다. 따라서 충분한 음이 온 공급으로 신체의 이온 불균형에 대한 문제 해결이 필요하다.

1.3.2. 피톤치드

피톤치드(phytoncide)는 식물을 의미하는 피톤(phyton)과 죽인다는 의미를 갖는 치드(cide)의 합성어이다. 허브의 잎 등에서 나는 냄새를 향이라고 부르는 반면에 수목에서의 향은 피톤치드라고 말한다.

향의 효능은 쾌적감과 소취 · 탈취 효과, 항균 · 방충 효과로 크게 3가지로 구분할 수 있다. 성분은 테르펜류와 같은 휘발성물질과 알칼로이드, 플라보노이드, 페놀성물질 등의 비휘발성물질도 포함 한다.

피톤치드의 치드(cide)에서 추측할 수 있듯이 균을 죽이는 항균 효과를 갖고 있어 실내 부유세균의 수를 줄여 실내정화 효과가 있다. 또한 일부 향은 스트레스 호르몬인 코티졸(cortisol)의 농도를 감소시켜 스트레스를 완화 시키는 효과가 있다.

1.3.3. 실내 온습도 조정

식물의 기공을 통한 증산이나 식재 용토 표면으로 증발되는 수분에 의해 실내 습도가 조절된다. 실내에 식물을 공간대비 9%를 두면 약 10%의 상대습도가 증가한다. 대기가 건조하면 증산과 증발량이 증가하고, 습하면 감소하는 자기조절(self-control)능력이 있다. 증산에 의해서 형성되는 공중습도는 완전한 무균상태이다. 식물의 종류, 배치 방법 및 배치 양에 따 라 실내 환경의 온도, 습도가 달라진다.

1.3.4. 교사내에 비칠 할 공기정화 식물 선정

실내공기 정화를 위해 엽면적이 넓고 엽수가 많아 식물 개체당 높은 광합성 효율을 보이는 식물로 선정하였음.

〈표 Ⅲ-1〉 식물별 공기정화 효과

식물명	공기정화 효과
	공기정화 효과가 많이 밝혀지진 않았지만 포름알데히드 제거 능력이 상당하고 크고 실내의 넓은 공간에 잘 어울리기 때문에 거실에 두면 좋음.

	줄기가 두꺼운 것이 큰 특징이고 그곳에서 뻗어 나온 가지와 잎이 이국적인 정취를 풍겨 인기가 높은 식물이며, 공기정화식물답게 이산화탄소를 없애는 능력이 탁월함
	벵갈고무나무는 음이온 발생량이 '최상' 등급이고, 자일렌 제거량은 '중' 등급으로 우수한 공기정화식물이다. 음이온은 멀리 퍼지지 않으므로 화분을 사람과 가까이 두어 관상하고, 잎의 독특하고 선명한 무 늬를 유지시키려면 햇빛을 많이 받아야 하므로 거실이나 창가 쪽에 놓는 것이 좋음.
	뿌리가 많이 발달하지 않으므로 포름알데히드나 휘발성유기화합물 제 거 능력이 좀 낮다. 그러나 상대습도 증가나 음이온 발생량이 많고 큰 식물로 거실에 두는 것이 좋다. 특히 봄, 가을, 겨울에 집안이 건조할 때에 실내 습도를 높이는 천연 가습기로 좋음

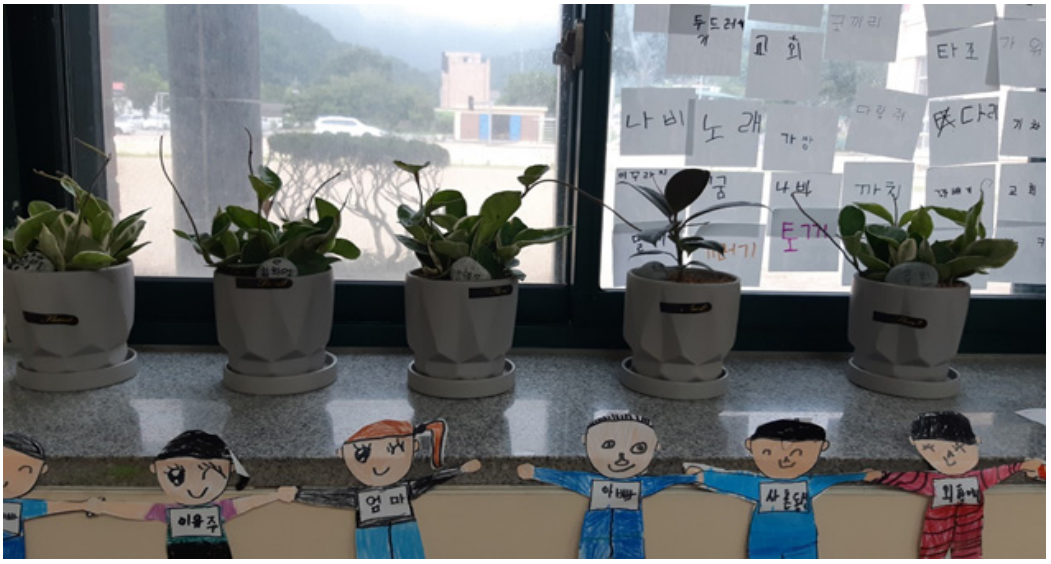
	잎이 넓고 음이온 발생량이 많고, 꽃이 있는 식물이지만 실내에서 기르기가 어렵지 않으며, 공기정화식물 중 가장 대표 적인 실내식물임.
	풍성한 수형과 빠른 성장하며, 공기 중 유해물질을 제거하는 데 도움을 주는 음이온 발생량이 다른 식물 대비 최상위권
	잎이 넓고 튼튼하고 산소를 많이 뿜어내기 때문에 공기정화에 탁원하고 미세먼지 흡수와 습도 조절이 탁월함

1.5 식물의 공기정화 비치 장소

[그림 Ⅲ-1] 전주대성초등학교 공기정화식물 비치 전 초록식물 교육



[그림 Ⅲ-2] 전주대성초등학교 공기정화식물 비치 후



[그림 Ⅲ-3] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 전 교실



[그림 Ⅲ-4] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 교실



[그림 Ⅲ-5] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 전 학생부실



[그림 Ⅲ-6] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 후 학생부실



[그림 Ⅲ-7] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 전 행정실



[그림 Ⅲ-8] 전주생명과학고등학교 공기정화식물 비치 전 행정실



2. 학생 학습활동 및 교직원 근무 시간 대 실내 공기질 평가

2.1. 초미세먼지, 미세먼지

실내공간 미세먼지 농도를 평가한 결과, 몇몇 결과 미세먼지는 교육부 학교보건법 기준(100㎍/㎥)을 초과하는 수준으로 나타났다. 대부분의 선행 연구결과에서는 교과부 환경기준을 만족하고는 있으나, 80㎍/㎥ 이상의 수준으로도 조사되어 학생 및 교직원의 실내 활동량에 따라 환경 기준치를 초과 할 여지가 있는 것으로 판단되었다.

학생들의 행동 특성상 활동이 많은 점을 고려하였을 때, 실내에서 비산되는 미세먼지가 다른 실내공기에 비해 높은 분포를 보이고 있어 미세먼지에 의한 잠재적 호흡기 영향의 가능성이 존재하고 있는 것으로 판단되어 학교 내 실내공간에서 활동하는 학생 및 교직원의 건강 위해가 우려되는 것으로 사료되었다.

〈표 Ⅲ-2〉 초미세먼지, 미세먼지, 포름알데히드, 이산화탄소 기준표

공기품질	한국기준		포름 알데히드	이산화탄소
	미세먼지	초미세먼지		
	㎍/㎥	㎍/㎥	㎍/㎥	PPM
좋은	0~30	0~15	0~100	0~700
보통	31~80	16~35	101~600	701~1,000
나쁨	81~150	36~75	601~1,200	1,001~2,000
매우나쁨	151~	76~	1,200초과	2000초과
학교보건법 기준	100	35	100	1,000

〈표 Ⅲ-3〉 교사 내 미세먼지, 초미세먼지 농도

장소	인원	기간	미세먼지(PM10)		초미세먼지(PM2.5)	
			최저	최고	최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 6.16.	9	102	6	55
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 6.16.	10	112	8	57
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 6.30.	14	46	16	36
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 6.23.	25	66	12	36
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 6.5.	19	84	10	45
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 6.10.	5	79	3	43

2.2. 포름알데히드(HCHO)

선행 연구를 통해 폼알데하이드 농도를 평가한 결과, 몇몇 결과에서의 실내공간에서 미세먼지는 교육인적자원부 학교보건법 기준(100㎍/㎥)을 초과하는 수준으로 나타났다. 대부분의 선행 연구결과에서는 교과부 기준을 만족하고는 있으나, 40㎍/㎥ 이상의 수준으로도 조사되어 실내 건축 내장재와 기자재 및 체류자의 의복 등에 의해서도 발생하는 것으로 판단되어 환경 기준치를 초과 할 여지가 있는 것으로 판단되었다.

실내 폼알데하이드 농도는 사용 빈도가 낮거나 장기간 밀폐된 공간으로 자연 환기량이 부족한 경우 등 상황에 따라 높은 수준으로 발생될 수 있으므로 지속적인 환기와 주 발생원이 전자기기, 건축 내장재, 서적 등의 중점적인 관리가 필요 하다고 판단되어졌다.

〈표 Ⅲ-4〉 실내공간 별 포름알데히드 농도

장소	인원	기간	포름알데히드	
			최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 6.16.	7	574
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 6.16.	12	645
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 6.30.	47	105
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 6.23.	51	73
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 6.5.	54	325
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 6.10.	67	276

2.3. 이산화탄소(CO2)

선행 연구를 통해 이산화탄소는 무색, 무미, 무취의 기체로 일반적으로 대기 중에 약 340ppm 정도 포함되어 있다. 이산화탄소는 주로 실내공기질 또는 환기상태의 척도로 사용되고 있으며, 실내공간에서 농도가 증가하면 호흡에 필요한 산소의 양이 부족하게 되어 일산화탄소와 함께 중요한 실내 오염물질 중의 하나로 취급되고 있다. 일반적으로 실내 이산화탄소 기준은 다음과 같다. 우리나라 다중이용 시설 실내공기질 관리법에서는 실내는 1,000 ppm 이하로 유지토록 권장하고 있으며, 미국의 경우 실내 환기조건을 이산화탄소를 기준으로 2,000 ppm을 권장하고 있으나 우리나라 와 일본의 경우는 1,000 ppm을 기준으로 하고 있다.

〈표 Ⅲ-5〉 실내공간 별 이산화탄소 농도

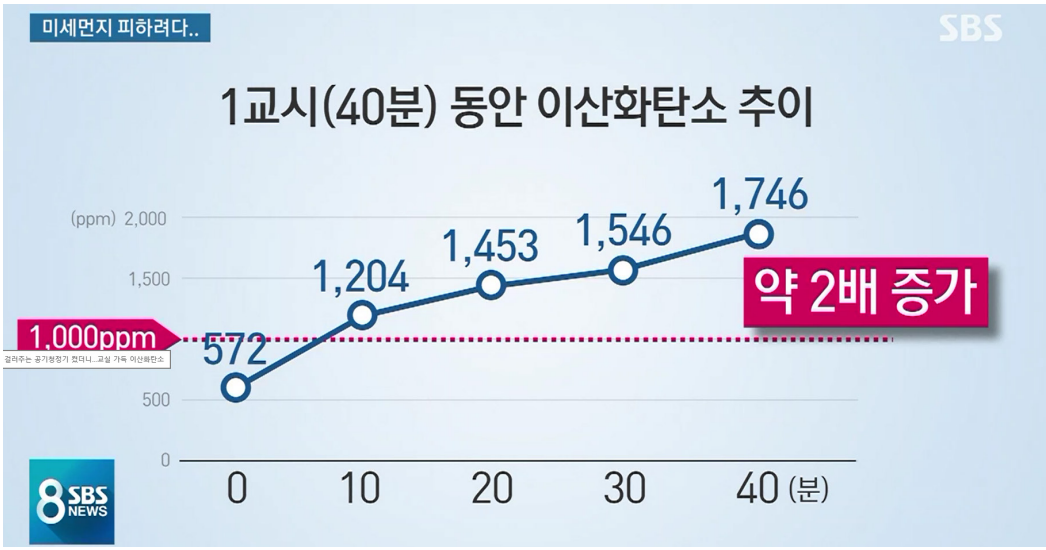
장소	인원	기간	이산화탄소	
			최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 6.16.	421	1,821
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 6.16.	455	2,100
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 6.30.	801	1,759
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 6.23.	844	1,862
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 6.5.	428	1,798
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 6.10.	589	1,982

공기청정기 가동 시 미세먼지는 줄어들지만 학생들이 호흡하면서 내 뱉는 이산화탄소가 늘어나서 학생들의 건강에 유해한 영향을 미치는 것으로 SBS, KBS 언론 보도에서 확인할 수 있다.

[그림 Ⅲ-9] SBS 미세먼지 피하려다, 교식 가득 이산화탄소 보도 1



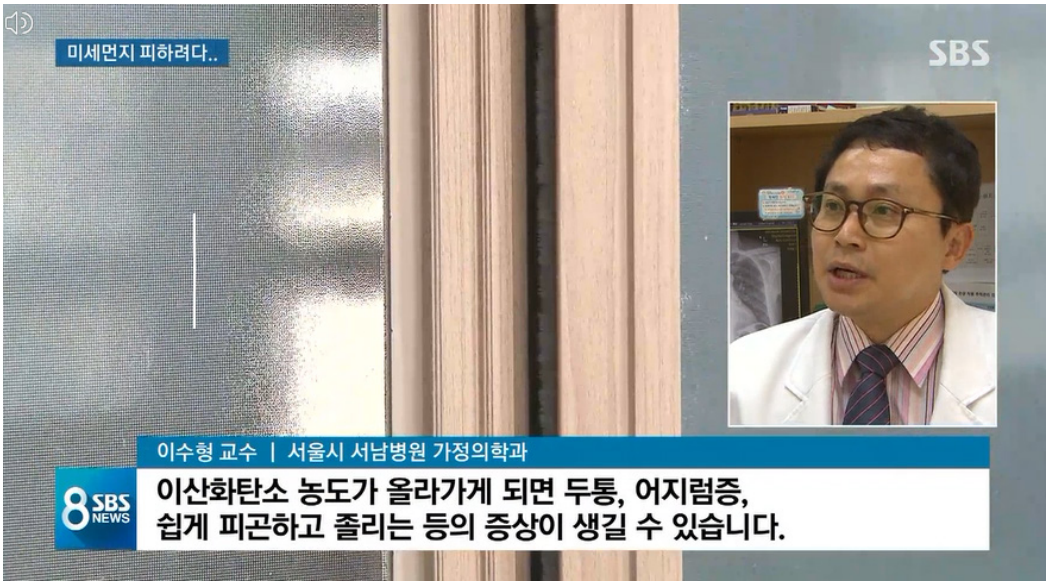
[그림 Ⅲ-10] SBS 미세먼지 피하려다, 교식 가득 이산화탄소 보도 2



[그림 Ⅲ-11] SBS 미세먼지 피하려다, 교식 가득 이산화탄소 보도 3



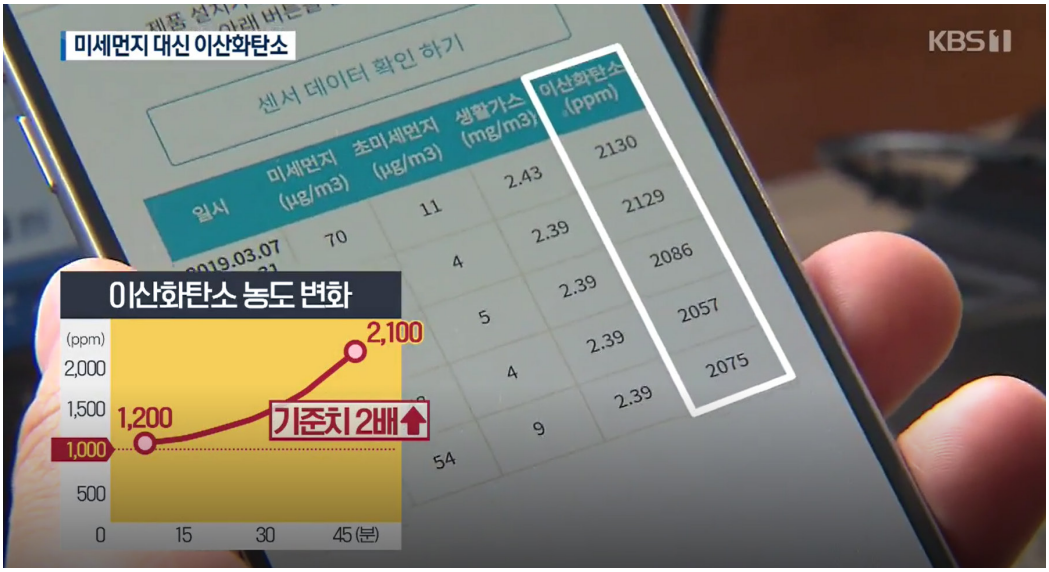
[그림 Ⅲ-12] SBS 미세먼지 피하려다, 교식 가득 이산화탄소 보도 4



[그림 Ⅲ-13] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 1



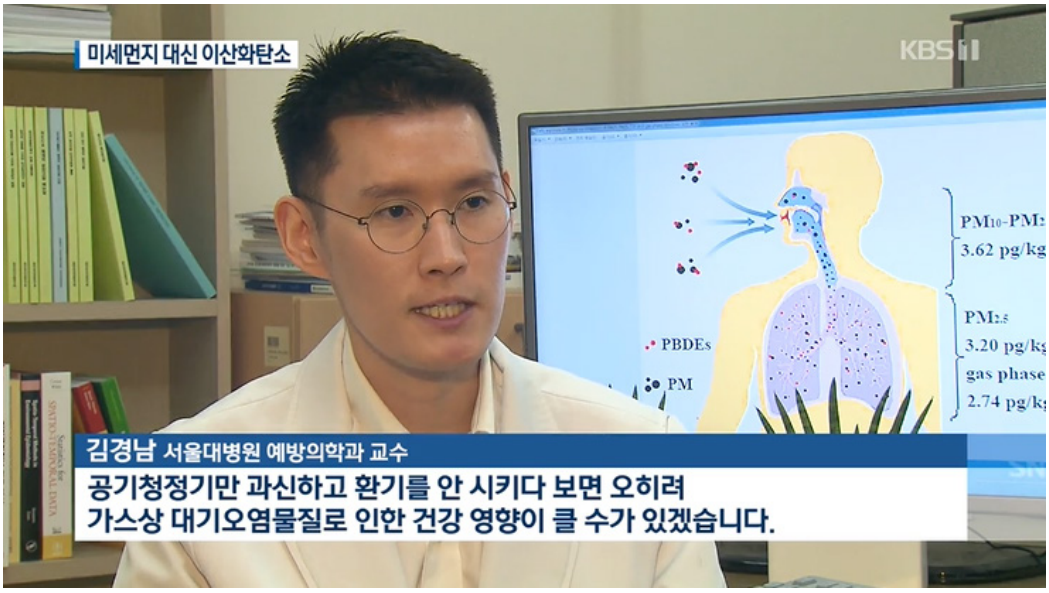
[그림 Ⅲ-14] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 2



[그림 Ⅲ-15] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 3



[그림 Ⅲ-16] KBS 미세먼지 줄이니 이산화탄소, 환기 필수 3



3. 공기정화식물 비치에 따른 실내공기질 평가

3.1. 초미세먼지, 미세먼지

공기정화식물 비치 전 · 후에 따른 실내공간 미세먼지 평균 농도는 교육부 실내환경기준치(100㎍/㎥)보다 대부분 낮은 수준으로 나타났다.

미세먼지의 평균 농도는 공기정화식물 비치 전에 비해 비치 후 유의한 감소 현상이 나타났지만, 이는 통계적 수치에 의한 것으로 절대적 수치에 의한 분석 시 감소된 농도 차가 있으며 미세먼지 저감 효과가 있는 것으로 평가 되었다. 실내공기질을 평가한 2020.6.4. ~ 8.28.까지 미세먼지 수치가 매일 다르고 창문 개폐 등 동일한 환경에서 유해물질 수치를 측정하는데 어려움이 있었다.

〈표 Ⅲ-6〉 기상청 우리동네 대기정보 노송동 측정소 기준

기간	미세먼지(PM10)		초미세먼지(PM2.5)	
	최저	최고	최저	최고
2020.6.4. ~ 6.5.	20	144	11	85
2020.6.8. ~ 6.10.	3	116	2	53
2020.6.15. ~ 6.16.	13	66	10	34
2020.6.22. ~ 6.23.	27	64	13	43
2020.6.29. ~ 6.30.	1	38	1	34

〈표 Ⅲ-7〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 미세먼지(PM10) 농도

장소	인원	기간	비치 전		비치 후	
			최저	최고	최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 8.28.	9	102	6	81
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 8.28.	10	112	8	79
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 8.28.	14	46	16	36
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 8.28.	25	66	12	51
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 8.28.	19	84	10	62
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 8.28.	5	79	3	43

〈표 Ⅲ-8〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 초미세먼지(PM2.5) 농도

장소	인원	기간	비치 전		비치 후	
			최저	최고	최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 8.28.	6	55	6	42
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 8.28.	8	60	10	51
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 8.28.	16	36	13	32
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 8.28.	12	40	11	36
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 8.28.	10	45	8	41
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 8.28.	9	43	8	38

3.2. 포름알데히드(HCHO)

공기청정기 가동 전 · 후에 따른 학교 폼알데하이드 평균 농도는 교육인적자 원부 실내 환경 기준치(100㎍/㎥)보다 높은 장소도 있었지만 대부분 낮은 수준으로 나타났다.

폼알데하이드의 평균 농도는 공기정화식물 비치 전에 비해 비치 후 유의한 감소 현상이 나타났지만, 이는 통계적 수치에 의한 것으로 절대적 수치에 의한 분석 시 감소된 결과로 폼알데하이드 저감 효과가 있는 것으로 판단하기에는 한계가 있는 것으로 평가되었다.

교육에서 발간한 자료중 공기청정기 가동 전 측정된 폼알데하이드 농도가 교육인적자 원부 실내 환경기준치(100㎍/㎥)를 기준으로 초과하는그룹(〉100㎍/㎥)과 초과하지 않는 그룹(〈100㎍/㎥)으로 나누어 평가한 결과, 참고기준치를 초과하는 그룹에서 공기청정기 가동 전에 비해 가동 후 유의한 감소 현상이 나타났으며, 참고기준 치 초과 집단이 참고 기준치 미만 집단에 비해 공기청정기 가동 전에 대비 가 동 후 폼알데하이드 제거 효율이 높은 경향을 보였다.

〈표 Ⅲ-9〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 폼름알데히드 농도

장소	인원	기간	비치 전		비치 후	
			최저	최고	최저	최고
대성초1학년	9	2020.6.15. ~ 8.28.	9	102	6	55
대성초 3학년	13	2020.6.15. ~ 8.28.	10	112	8	57
생명과학고 1학년	25	2020.6.29. ~ 8.28.	14	46	16	36
생명과학고 2학년	25	2020.6.22. ~ 8.28.	25	66	12	36
생명과학고 학생부실	10	2020.6.4. ~ 8.28.	19	84	10	45
생명과학고 행정실	14	2020.6.8. ~ 8.28.	5	79	3	43

3.3. 이산화탄소(CO2)

조영민 경희대 환경공학과 교수팀의 학교 교실 내 미세먼지와 이산화탄소에 관련한 연구 보고에 따르면 실내 공기청정기를 설치해 초미세먼지의 30%가 감소했지만 학급당 20~30명의 학생수를 기준으로 40분 동안 수업을 했을 시 이산화탄소 농도는 2200ppm까지 솟았고, 2000ppm 이상의 이산화탄소는 하품, 졸음이 시작되는 상태로 학생들의 수업환경에 나쁜 영향을 줄 수 밖에 없는 요소라는 점을 확인할 수 있고, 공기정정기를 통해 실내 미세먼지를 제거할 수 있지만 학생수가 많기 때문에 이산화탄소의 증가가 학생들에게 영향을 주고 있다.

이산화탄소는 물질의 연소와 생명체의 호흡과정에서 발생하며, 기후변화의 원인이 되는 물질로 초 · 중 · 고등학교 교육과정에 포함되어 있다(김남수, 2013; 이나영과 이우균, 2014). 이산화탄소는 기후변화의 원인이 된다는 점에서 오염물질이라고 할 수 있다. 하지만, 반적인 대기오염물질이 인체에 미치는 부정적인 효과를 기준으로 선별 · 관리되는 것에 비해, 이산화탄소는 인체에 미치는 효과의 측면보다는 실내공기의 환기상태를 평가하는 지표로서 관리되는 물질이다. 실내공기의 환기수준을 판단하기 위한 지표로 사용될 때의 이산화탄소는 그 자체로 인체에 유해한 오염물질이라고 보기는 어렵다. 이산화탄소는 사람의 호흡과정에서 발생하는 물질로서, 실내 공간에 사람들이 모여서 생활할 경우 자연스럽게 농도가 상승하는 물질이다. 자연 상태에서는 온도와 상대습도에 따라 달라지기는 하지만, 400~500 ppm 정도의 농도로 분포 하지만, 실내의 경우에는 2,000 ppm을 넘는 경우 도 종종 발생한다.

이산화탄소 농도는 실내공기질(Indoor Air Quality)을 측정하고 관리하기 위한 핵심적인 지표로 관리되어 왔다(Sundell, 2004). 학교보건법에서 관리하는 12개 실내오염물질 중 하나로, 1년에 1회 이상 학교 실내에서 측정해야 하며, 실내의 농도가 안전기준치 1,000 ppm을 넘지 않도록 관리되어야 하는 물질이다.

20세기 후반에 접어들어, 이산화탄소가 실내 거주자의 신체에 직접 미치는 영향에 대한 연구들이 진행되고 있다. 이들의 연구에서 확인되고 있는 사실은, 실내공기 중 이산화탄소의 농도가 안전 기준치를 넘게 되면 실내 거주자들에게 졸음 또는 두통이 오거나, 집중하기 어려워지거나, 업무 성과가 떨어지는 등의 증상이 발생한다는 것이다(Myhrvoldetal., 1996; EPA, 2010; Shendellet al., 2004; Mendell, Heath, 2005).

초、중、고등학생들이 낮 시간의 대부분을 보내게 되는 교실 내의 이산화탄소 농도도 높은 것으로 보고되고 있는데, 특히, 겨울 내 난방을 위하여 외부공기 유입이 제한된 교실에서는 4,000ppm을 넘기도 한다(신희수 등, 2005; 전의찬 등,1999; Frommeetal., 2007). 교실 내 공기 중 이산화탄소 농도는 학생뿐만 아니라 교사의 수업활동에 직접적으로 영향을 줄 수 있다는 점에서, 학교 실내 환경을 보다 효과적인 교수학습이 가능한 곳으로 유지하기 위해서 중요하게 관리되어야 할 요소라고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고, 실내환경을 관리하는 현행법과 정책(예, 교육부의 학교보건법 , 실내공기질 관리 기본계획)에서는 이산화탄소 농도를 단지 실내공기의 환기 상태를 판단하기 위한 지표로서만 관리하고 있는 실정이다. 학문적인 영역에서 역시 실내 공기 중 이산화탄소 농도가 교수학습 활동에 미치는 효과에 대한 연구를 발견하기는 쉽지 않다.

보다 효과적인 교수학습이 가능한 교실의 설계를 위해서 다양한 실내오염물질이 학업의 수행에 미치는 효과를 분석하여 물리적 학습 환경을 관리하는 정책 및 관리기준을 개선할 필요가 있다.

교수학습 활동에 영향을 미칠 수 있는 실내오염물질 중에서 본 연구의 대상은 이산화탄소이며, 이산화탄소가 교실 내 학생들의 공부를방해하는 오염물질로 작용할 수 있다는 사실을 문헌분석을 통해 확인하는 것이 연구의 목표이다. 이를 위해서 교실 내 공기 중 이산화탄소 농도가 학생의 학업수행에 미치는 영향을 다룬 논문을 탐색하여 분석하였다. 문헌분석 결과에 기초하여, 학교 교실이 효과적인 교수학습이 발생하는 환경이 될 수 있도록, 물리적 학습 환경 지표 개발 및 관리 체제의 개발의 필요성이 있고, 공기청정기가 함께 공기정화식물을 교실에 비치함으로써 이산환탄소 농도가 감소하는 것을 분수 있다.

〈표 Ⅲ-10〉 교사 내 공기정화식물 비치 전 · 후 이산화탄소 농도

장소	면적	인원	비치 전		비치 후		농도 차		제거율
			최저	최고	최저	최고	최저	최고	(%)
대성초 1학년	15평	9	421	1,225	413	980	8	245	20%
대성초3학년	15평	13	455	1,352	426	1,002	29	350	26%
생명과학고 1-7반	20평	25	801	1,759	756	1,395	45	364	21%
생명과학고 2-5반	20평	25	844	1,862	821	1,455	23	407	21%
생명과학고 교무실	20평	10	428	1,798	412	1,258	16	540	30%
생명과학고 행정실	30평	14	589	1,982	545	1,370	44	612	31%

교실 유형별 공기정화식물 비치 후 시간이 경과됨에 따라 이산화탄소 농도가 감소되었다. 이는 주간에 빛에 의한 공기정화식물의 광합성 작용에 의한 현상으로 해석되며, 공간 별 인원과 공기정화식물의 개수와 공기정화식물의 종류에 따라 이산화탄소가 최소 20% ~ 31%까지 감소되었으며, 공기정화식물이 실내 이산화탄소 제거용으로 적합한 개수는 약 20m2(6평) 일 때 식물의 높이가 1m 이상인 큰 식물일 경우 3.6개, 중간크기의 식물은 7.2개, 30cm 이하의 작은 식물은 10.8개로 1평당 중간크기의 식물 1개를 놓아야 효과가 있었고, 주기적으로 창문을 개방하여 자연적인 환기 과정이 중요함을 보였다.

창문 환기를 통하여 학교 교실의 공기질을 관리하기 위한 방안은 자연풍을 이용함으로써 내 · 외기를 교환하여 상대적으로 청정한 외부공기의 유입을 유도해야 하고, 창문 환기는 외기 공기질의 영향을 직접적으로 받을 수 있으며, 기온과 풍속에 따라 공기 교환량이 크게 차이가 나므로 실내 미세먼지와 이산화탄소 농도에 따른 창문 개폐주기를 구체적으로 지정하는 것은 매우 어려운 사항이다.

장시간 밀폐 상태에 놓여있음으로 해서 이산화탄소의 농축과 동시에 불쾌한 배경 냄새가 실내에서 확산됨으로써 교사나 학생들이 감각적으로 빠르게 느끼는 경우가 대부분인 바, 이에 따른 능동적 현장조치가 바람직하다.

제Ⅳ장

고 찰

Ⅳ. 고 찰

실내 공간이라 함은 일반 가정이나 사무실뿐만 아니라 실내작업장, 공공건물, 학교, 병원, 상가, 지하 공간, 각종 교통수단 등을 통칭한다. 실내 공기의 오염 정도는 실내의 오염 발생량, 건물의 밀폐도, 환기와 공기조화체계 뿐만 아니라 실외의 대기오염 농도와 오염원의 위치 그리고 기상학적 인자와 지형학적인 인자 등에 의하여 영향을 받는다. 실내에서 발생하는 주요 오염물질은 순전히 인체에서 발생되는 것 이외에 사람의 보행등의 활동에 의한 마루 및 의복에서의 발진도 있다(공기청정기협회, 2003).

최근 연구 결과, 한국인 하루 중 21시간 이상 실내에 체류하고 있으며, 주택 외 직장, 학교 등 실내와 출 · 퇴근 등 이동소요 시간이 상대적으로 많은 것으로 조사되었다. 또한, 일일 개별 생활패턴에 따라 공기오염의 개인 노출량이상이한 것으로 조사되었는데, 이것은 외부공기오염 외에 실내 활동공간의 체류시간과 흡연 여부 등이 차이 발생의 주된 요인으로 평가되었다(국립환경과학원, 2009).

기존 선행연구를 고찰을 통해 현 초등학교 실내 미세먼지와 폼알데하이드 수준을 조사한 결과, 대부분 교육인적자원부 학교보건법 기준(100㎍/㎥)을 만족하고 있으나 몇몇 연구결과에서 기준치를 초과하는 수준을 확인할 수 있었다(노영만 등, 2007; 정민희 등, 2007; 손종렬 등, 2007; 손종렬 등, 2003). 미세먼지의 경우, 80㎍/㎥ 이상을 보이는 것도 조사되어 실내 어린이 활동량에 따라 환경 기준치를 초과할 여지가 있는 것으로 판단되었다.

실내 · 외 농도 비교 시, 실내/실외 ratio가 1을 초과하여 내부 오염 발생으로인한 누적 오염이 증가하는 것으로 조사되었다. 이는 내부 체류자 수와 환기부족 및 내부 건축자재, 건축년도 등으로 인한 누적 오염이 증가하는 것으로 보고되었다(교육인적자원부, 2007; 환경부, 2009; 안상영 등, 2006; 김정덕 등, 2004).

유해물질들로부터 실내공기질을 개선하는 방법으로는 환기를 통하여 외부로의 신선한 공기를 유입하고 오염공기를 실외로 배출하는 방법과 실내 공기오염원인 건축자재, 부자재 및 내장재 등의 적절한 선택을 통한 실내 오염물질 방출을 근본적으로 억제시키는 방법 및 생활공간에서의 미세먼지와 적절한실내 공기청정기를 적용하는 방법 등이 있

을 수 있다. 실내오염물질의 원인을 근본적으로 억제시키는 방법이 가장 이상적이겠지만 현실적으로 아직 한계가 있고, 친환경 실내 건축자재를 사용하더라도 사람들의 호흡을 통해 방출되는 CO2를 근본적으로 제거하기는 어렵기 때문에 실내 오염물질을 제거하는 방법으로 신선한 외기 도입을 통한 환기 방법이 가장 일반적인 방법으로 알려져 있다. 대도시에서는 인구 과잉 밀집에 따른 대기 오염 악화로 인해 실외 공기 유입이 오히려 실내 공기를 악화시킬 수 있으므로 실내 공기청정기의 사용을 통한 실내 환경을 개선하려는 관심이 증가하고 있다. 이와 같이, 실내에서 생활하는 시간이 길어지고 실내 생활공간에서의 미세먼지와 유해가스 등에 대한 인체 유해성에 대한 문제와 관심이 부각되고 있다.

본 연구에서 교실 내 공기청정기 가동 전 · 후에 따른 미세먼지와 폼알데하이드 농도 변화를 평가한 결과, 통계적으로 유의한 감소현상이 나타났지만 환기를 하지 않음으로 이산화탄소 농도가 급속하게 증가하는 것을 볼 수 있어 실내에서 공기청정기를 가동하고 공기정화식물 비치하였을 때 실내 공기질 개선이 효과적일 것으로 판단된다.

공기정화기를 가동함으로써 이산화탄소 증가량을 체크하고 공기정화기를 가동하고, 공기정화식물을 비치했을 때 이산화탄소 농도 감소율을 확인하려 했으나 코로나 19로 인해 공기정화기와 공기정화식물을 비치하는 동시측정이 이루어지지 않아 본 연구에 어려움이 있었다.

본 연구 결과에서 공기정화식물을 비치함으로써 이산화탄소 등 미세먼지 제거 효과가 큰 것으로 평가되었으므로 이를 바탕으로 정량적인 실내공기질 측정을 통해 실내 오염도가 높은 곳에서의 공기청정기 사용이 적절한지에 대한 정밀조사가 필요하며, 공기청정기가 설치되었지만 공기정화식물 비치와 창문 및 교실 문 개폐를 통한 잦은 환기만으로도 실내 미세먼지와 폼알데하이드 및 이산화탄소 등의 오염 농도를 줄이는 데 효과가 있다는 선행연구 결과를 바탕으로(U. Heudorf 등, 2009), 기존의 교실 청소와 환기의 방법 개선 및 횟수를 늘이고 공기정화식물 비치 방안을 검토하는 것이 우선적일 것으로 사료된다.

제Ⅴ장

결 론

V. 결 론

본 연구에서는 실내공기질 개선 도구로 사용되어지고 있는 공기정화식물의 사용에 따른 학교 실내공기질 개선 정도를 알아보기 위해 공기정화식물 비치 전 · 후에 따른 미세먼지, 폼알데하이드, 이산화탄소의 저감 효율을 평가하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 현재 실내오염물질은 미세먼지와 폼알데하이드의 경우, 평균 농도가 학교보건법 기준을 초과하지 않는 수준으로 평가되었으나 다양한 실내 · 외 영향 요인에 의해 참고기준치를 초과하는 것도 조사되었다. 또한 실내/실외 농도비 1을 초과하여 실내 오염원 발생으로 인한 누적 오염이 가하는 것으로 평가되어 학생 및 교직원의 건강 위해가 우려되었다.

둘째, 실내 미세먼지 개선 도구인 공기정화식물 비치 전 · 후에 따른 교실 미세먼지와 폼알데하이드의 경우, 공기정화식물 비치 전에 비해 비치 후 유의한 감소현상이 나타났지만, 이는 통계적 수치에 의한 것으로 절대적 수치에 의한 분석시 저감 효과가 있는 것으로 판단하기에는 실효성이 부족하였다.

셋째, 이산화탄소의 경우는 고무나무, 파키라 등이 효율적인 이산화탄소 제거 기능을 보였고, 공기정화식물을 이용한 실내 공기 정화시 식물이 광합성을 잘 할 수 있는 환경을 조성해 주는 것이 중요하고, 또한 잎이 크거나 많은 식물과 파키라나 인도 고무나무처럼 실내와 같은 저광 조건에서도 광합성을 비교적 활발하게 하는 식물이 실내 이산화탄소 제거용에 적합하였다.

셋째, 공기정화식물이 실내 이산화탄소 제거용으로 적합한 개수는 약 20m2(6평) 일 때 식물의 높이가 1m 이상인 큰 식물일 경우 3.6개, 중간크기의 식물은 7.2개, 30cm 이하의 작은 식물은 10.8개로 1평당 중간크기의 식물 1개를 놓아야 효과가 있는 것으로 평가되었다.

이상의 연구 결과를 종합하여 볼 때, 실내오염물질의 농도가 높은 교실 일수록 공기청정기의 오염 제거효율이 높을것이나 창문을 통한 환기를 하지 않을 경우 이산화탄소 농도가 증가함에 따라 학생과 교직원의 건강에 유해할 것이고, 공기청정기 가동시 이산화탄소를 제거할 수 있는 공기순환장치를 설치하지 않을 경우 공기정화식물을 비치함으

로써 실내공간에 오랫동안 체류하는 학생과 교직원의 건강에 유익한 영향을 준다고 평가할 수 있었다.

본 연구의 결과는 전문기관(농진청 등), 전북교육청 미세먼지 관련 부서 등이 함께 공기청정기와 공기정화식물의 콜라보에 의한 실내공기질 효과 분석이 이루어져야 할 것으로 사료되어 진다.

【참고문헌】

김광진(2014). 에코힐링을 위한 실내공기정화 식물

김광진(2014). 만화로 보는 공기정화식물

박은우(2011). 일부 초등학교 교실 내 공기청정기 사용에 따른 실내오염물질 저감 효과 분석

임영욱(2007). 학교 미세먼지 관리목표 및 저감방안 마련을 위한 연구

교육부(2018). 초등학교 공기정화장치 효율성 몇가 및 설치기준 등 마련 연구

임완철(2015). 교실 내 공기 중 이산화탄소 농도가 학습에 미치는 효과에 대한 문헌 연구

박신애(2010). 다섯가지 관엽식물의 광합성에 의한 실내 이산화탄소 제거능력 비교

파이낸셜뉴스(2020). 창문 열면 미세먼지, 닫으면 이산화탄소 공습 딜레마 빠진 교실

한겨레신문(2019). 고농도 이산화탄소 어린이 학습능력 50%까지 떨어뜨릴것

KBS(2019). 공기청정기 틀고 창문 꽉... 이산화탄소에 '숨 막히는 교실'

SBS(2018). 미세먼지 걸러주는 공기청정기 켰더니... 교실 가득 이산화탄소

한겨레신문(2018). 교실 공기청정기가 이산화탄소 주범?

한겨레신문(2019). 고농도 이산화탄소 어린이 학습능력 50%까지 떨어뜨릴 것