

공조풍량에 따른 식생바이오필터의 미세먼지(PM_{2.5}, PM₁₀) 저감효과 연구*

최부현* · 김태한**

*상명대학교 일반대학원 환경조경학과 · **상명대학교 환경조경학과

I. 서론

2019년 3월 수도권에서 미세먼지 비상저감조치가 7일 연속 발령되며, 미세먼지에 대한 전국적인 우려가 커지고 있다. 서울시의 경우, 미세먼지 주의보 발령횟수는 2018년 5건으로 전년도에 비해 다소 줄었으나, 2013년 1건에서 2017년 6건으로 매년 증가하는 추세를 보이고 있다(서울특별시 대기환경정보). 이에 따라 서울시는 고농도 미세먼지가 주로 발생하는 12월에서 이듬해 3월까지 4개월간 평소보다 강화된 조치를 시행하는 미세먼지 시즌제를 검토하고 있다. 또한, 2019년 2월 15일부로 환경부는 '미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법(미세먼지법)'의 시행으로 고농도 미세먼지 발생 시 비상저감조치를 선포하고, 미세먼지 전담조직을 강화하는 등 정부 차원의 저감 노력이 지속되고 있다.

일반인도 생활공간의 미세먼지 농도에 대한 우려로 인하여 관련 가전제품 수요가 증가하는 반면, 가전제품 내 향균필터 및 살균제 문제에 따른 생태적 대체방안으로 공기정화식물에 높은 사회적 관심이 유발되고 있다. 폭넓은 공기정화식물 활용을 위해 식물의 구조적 한계를 개선할 수 있는 오염물질 저감 정량화가 가능한 시스템 개발이 다양하게 진행 중이다.

실내식물 스킨답서스와 디펜바키아의 미세먼지 제거능의 확인(권계정 등, 2018), 식물 녹화와 자동관수 그리고 생물학적 여과 기능을 통합한 식생바이오필터 시스템의 개발(정슬기 등, 2015), 식물의 배지와 잎에 오염된 공기를 통과시키는 기계적 급기시스템을 사용하는 식물정화 시스템의 초미세먼지 전구물질 VOC의 저감방법(Torpy et al., 2017) 등의 선행 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 수직수경재배 기반 식생 바이오필터의 성능 객관화를 위해 공기정화기 성능평가기준, 미세먼지 측정기준 등 유관기준을 분석하고, 실내 미세먼지 저감효과에 대한 모니터링을 수행하고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 연구에서 사용된 식생바이오필터 시스템 목업은 12개의

식생바이오필터가 부착되어 약 6m²의 공기정화면적을 확보하고 있으며, *Hoya carnosa*, *Schefflera arboricola*, *Ficus elastica* 등 281본의 공기정화식물이 식재되어 있다. 식생바이오필터는 프레임 내 3겹 50mm의 다층형 필터로 구성되어 있으며, 내부 필터를 통해 근권부에 최대 55.8L/min의 관수용수를 인버터 펌프로 공급하여 안정적인 식물 생육을 확보할 수 있도록 하였다. 상기 시스템의 상부에는 고효율 EC 모터(단상/220V, 1,850rpm, 0.5kW)가 적용된 고성능 팬을 적용해 풍량을 정밀제어할 수 있도록 하였으며, 3개의 토출구를 통해 2,160~6,480m³/h의 총풍량이 공급될 수 있도록 설계되었다.

식생바이오필터 시스템 목업을 통한 실내공기정화능을 확인하기 위해, 시스템 구동 시 풍량에 따른 실내 미세먼지 농도의 시계열 모니터링을 위한 실험환경을 구축하였다. 시스템 목업에서 토출되는 풍량을 측정하기 위해 중앙에 위치한 토출구 정 중앙부에 열선형 풍속프로브(Testo 0635 15430)를 설치하여 다기능 종합환경 측정기(Testo 480)에 연계하고, 측정된 풍속을 토출구 면적을 이용하여 풍량으로 환산하였다(SAREK A101-2011).

해당 실험은 2019년 8월 17일부터 19일까지 상명대학교 환경조경학과 환경실습실에 강의실 환경을 모사하고, 관련 국가 표준(KS C 9314)을 참조하여 다음과 같은 설정 하에 실험을 실시하였다. 적용 풍량은 0m³/h(미가동), 750m³/h, 1,150m³/h, 2400m³/h로 설정하였다.

- 식생바이오필터 전면 2m 이격된 위치에 삼각대와 연계된 미세먼지 센서 2기를 바닥면의 120cm 높이에 설치하고, 식생바이오필터 중앙 토출구 중앙에 열선형 풍속프로브를 구비한다.
- 실 중앙에 오염원(모기향)을 설치하고, 서큘레이터를 통해 실내 공기를 순환시킨다.
- 불을 붙여 오염원(모기향)을 발생시킨 후, PM₁₀ 농도가 300µg/m³에 도달하였을 때, 서큘레이터를 정지하고, 식생바이오필터를 가동한다.
- 처리 후 오염원 별 농도가 WHO Guideline 이하(PM₁₀ 50µ

*: 본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0142700 2019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

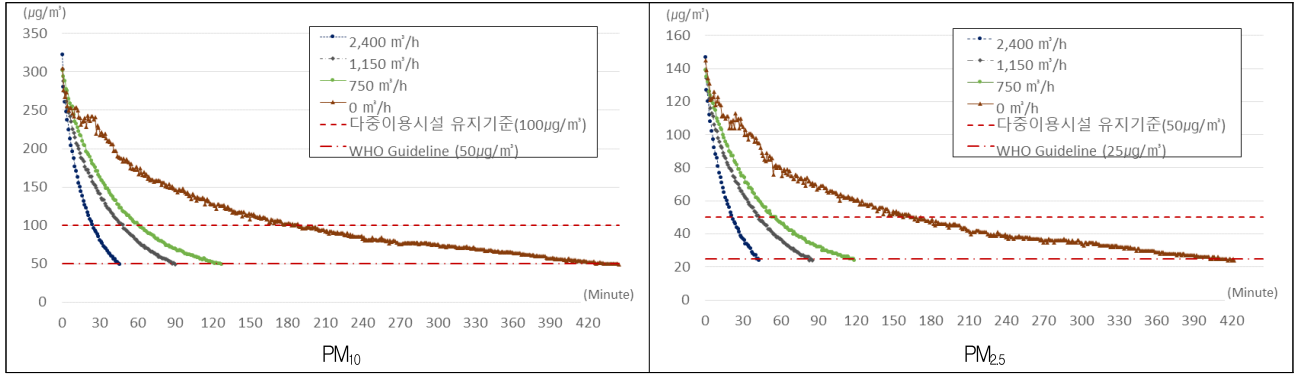


Figure 1. 바이오필터 적용 시 PM₁₀, PM_{2.5}의 농도 변화

g/m³, PM_{2.5} 25µg/m³)로 저감될 때까지 모니터링을 실시한다.

III. 결과 및 고찰

PM₁₀은 오염원의 자연감쇄가 다중이용시설 유지기준인 100µg/m³ 미만으로 수렴되는데 189분이 소요되었다. 식생바이오필터 구동시 감쇄에 소요된 시간은 750m³/h 풍량 조건에서 67.2% 저감된 62분 후, 1,150m³/h의 풍량 조건에서 74.1% 저감된 49분 후, 2,400m³/h의 풍량 조건에서 86.8% 저감된 25분 후 유지기준에 수렴하였다. 반면, 오염원의 자연감쇄가 WHO Guideline 기준인 50µg/m³ 미만으로 수렴되는데 445분이 소요되었다. 식생바이오필터 구동시 감쇄에 소요된 시간은 750m³/h의 풍량 조건에서 71.5% 저감된 127분 후, 1,150m³/h의 풍량 조건에서 79.8% 저감된 90분 후, 2,400m³/h의 풍량조건에서 89.7% 저감된 46분 후 기준에 수렴하였다.

PM_{2.5}는 오염원의 자연감쇄가 다중이용시설 유지기준인 50µg/m³ 미만으로 수렴되는데 173분이 소요되었다. 식생바이오필터 구동시 감쇄에 소요된 시간은 750m³/h 풍량 조건에서 69.8% 저감된 57분 후, 1,150m³/h의 풍량 조건에서 77.2% 저감된 43분

후, 2,400m³/h의 풍량 조건에서 88.4% 저감된 22분 후에 유지기준에 수렴하였다. 반면, 오염원의 자연감쇄가 WHO Guideline 기준인 25µg/m³ 미만으로 수렴되는데 422분이 소요되었다. 식생바이오필터 구동시 감쇄에 소요된 시간은 750m³/h의 풍량 조건에서 73.3% 저감된 119분 후, 1,150m³/h의 풍량 조건에서 80.9% 저감된 85분, 2,400m³/h의 풍량조건에서 90.3% 저감된 43분 후 기준에 수렴하였다.

참고문헌

1. 권계정, 박봉주(2018) 광량에 따른 실내식물 디펜바키아와 스파티필럼의 미세먼지 제거능. 한국조경학회지 46(2): 62-68.
2. 정슬기, 천만영, 이창희(2015) 벽면형 식물바이오필터 내 식물 생육 및 실내공기질 정화. 한국자원식물학회지 28(5): 665-674.
3. Torpy, F., N. Clements, M. Pollinger, A. Dengel, I. Mulvihill, C. He and P. Irga(2017) Testing the single-pass VOC removal efficiency of an active green wall using methyl ethyl ketone (MEK). Air Qual Atmos Health 11: 163-170.
4. KS C 9314:2013 공기청정기.
5. SAREK A101-2011: 덕트 풍량 측정방법, 대한설비공학회 (2011).
6. 서울시 대기환경정보, http://cleanair.seoul.go.kr/alert_year.htm?method=dust