

건물용 연료전지 연계 실내 수직형 스마트팜 모듈화 시스템 연구

Study on the Modularized System of the Indoor Vertical Smart Farm Linked to the Fuel Cell for Buildings

○하 상 우* 송 진 희** 문 정 수***
Ha, Sang-Woo Song, Jin-Hee Mun, Jung-Soo

키워드 : 탄소 포집 활용 기술, 연료전지, 수직형 스마트팜, 전산 유체 역학

Keywords : CCU(Carbon Capture Utilization) Technology, Fuel Cell, Vertical Smart Farm, CFD(Computational Fluid Dynamics)

수소 연료전지는 이론적으로 물과 전기를 생산하는 청정 에너지이지만, 수소를 생성하는 과정에서 다시 이산화탄소(CO₂)를 배출하기 때문에 현 단계에서는 희색 수소로 구분된다(김진호 외, 2021). 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해서는 수소 인프라 확대 전까지 연료전지의 개질 과정에서 배출되는 CO₂를 포집하여 제거하는 기술이 필요하며, 분리막 접촉기를 통한 CO₂ 포집 기술 개발이 진행되고 있다(Jeong, C. et al., 2023). 연료전지에서 포집된 CO₂를 활용하기 위한 방안으로 스마트팜에 CO₂를 공급하여 배출량을 저감하는 선행 연구들이 보고되고 있다.

본 연구에서는 10kW 이하 용량의 건물용 연료전지가 설치되는 공동주택을 대상으로, 연료전지에서 배출되는 CO₂를 포집하여 건물 내에서 활용할 수 있는 방안으로 실내 수직형 스마트팜 모듈을 제안하였다(그림 1). 이를 위해 고농도 CO₂를 이용한 작물 비교 재배 실험을 통해 CO₂ 활용에 대한 스마트팜의 효율성을 평가하였으며, 수직형 스마트팜 모듈을 설계하여 CFD를 통해 유닛 내부 환경을 최적으로 유지할 수 있는 공조 방식을 선정하였다.

본 연구에서 제안하는 수직형 스마트팜은 양액 순환 및 공조의 두 가지 사이클을 가진다(그림 2). 양액은 하부에

서 펌프를 통해 작물 베드로 공급된다. 공조의 경우, 최소한의 길이를 가진 덕트를 활용하여 내부 공조를 실현하기 위해 사전 CFD 시뮬레이션을 통해 공조 방식을 분석하였으며(그림 3), 최종적으로 공조된 공기는 하부 덕트를 통해 재배부로 공급되고 상부 덕트를 통해 되돌아오도록 설계하였다. 또한, 별도의 실험시설을 구축하여 고농도 CO₂ 환경(1,500ppm)에서 6종의 유럽형 상추에 대해 비교 실험 진행 결과, 실험군에서 작물 생장이 촉진됨을 확인하였다.

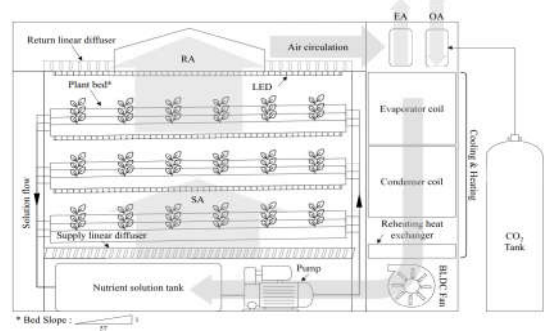


그림 2. 수직형 스마트팜 유닛 계통도

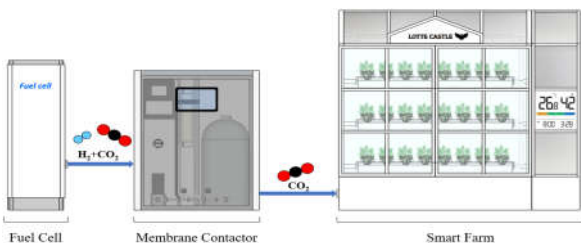


그림 1. 연료전지-CO₂ 포집기-스마트팜 연계 시스템

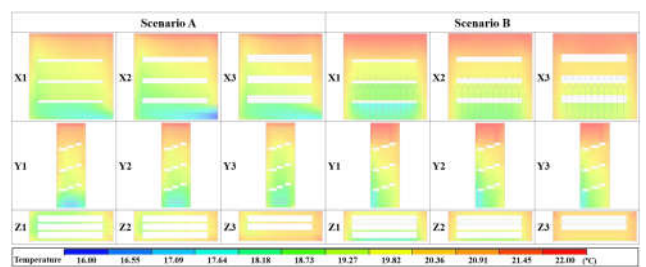


그림 3. 공조 방식에 따른 온도 분포 CFD 결과

현재 연료전지, CO₂ 분리막 포집기, 실내 수직형 스마트팜 모듈이 연계된 시스템을 구현하여, CO₂ 저감량 및 스마트팜 운전 성능에 대한 모니터링을 수행 중이다.

참고문헌

- 김진호 외, 탄소중립을 위한 CO₂ free 수소 생산 기술 동향. 에너지기후변화학회지, 16(2), 103-127, 2021.
- Jeong, C., et al.. CO₂ Capture and H₂ Recovery Using a Hollow Fiber Membrane Contactor. Separations, 10(7), 367, 2023.

* 롯데건설 기술연구원 연구원

** 롯데건설 기술연구원 책임, 공학박사

(Corresponding author : Research & Development Center, Lotte Engineering & Construction, jinhee.song@lotte.net)

*** 롯데건설 기술연구원 수석, 공학박사

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호: 20213030030240)