

온도편차를 줄이는 공기방향 시뮬레이터를 이용한 스마트팜 데이터 시스템 연구

송제호*, 유태수**

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학)

**전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:tablecup.wizard@gmail.com

A Study on Smart Farm Data System using Air Direction Simulator to Reduce Temperature Deviation in Smart Farm

Je-Ho Song*, Tas-Soo Yu**

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering), Chonbuk National University

**Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약

세계적 기후 변화 및 환경 변화로 인해 식량산업에 피해가 올 수 있음을 확인하고 안정적인 작물생산기술에 대한 수요가 증가하면서 스마트팜산업의 발전이 요구되고 있으나, 인구 고령화의 영향과 신규 농업인들의 귀농이 진행되고 있음에도 기술 인력이 부족해지면서 도제식으로 전해오던 작물의 생산과 관리가 아직 어려워지고 있다. 이에 따라, 반자동화 작물 생육 시스템 필요성이 높아지며, 편차 없는 작물의 안정적인 생산을 위해서는 모종 및 묘목의 생육 환경을 작물에 맞게 조절하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 식물공장 내부 환경을 공기가 고르게 퍼져 나아갈 수 있게 개발하고, 모니터링하며 조절할 수 있는 공기 순환적 자동화 제어 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 메인보드를 통해 다양한 센서의 데이터를 추출하며 온도, 습도, 광량, 양액 공급을 관리하고, 고효율의 공기 순환 방식으로 생산동 내부 온도 변동을 최소화한다. 청상추 대상으로 실험 진행한 결과, 제안하는 시스템은 식물공장 표준 성능에 적합하게 진행하였으며, 일반 노지 환경에서 재배된 작물보다 잎의 성장이 우수함을 확인하였다. 제안된 시스템은 농업노동비용에 따른 고른 출하비율을 나타낼 수 있는 생산 효율성 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

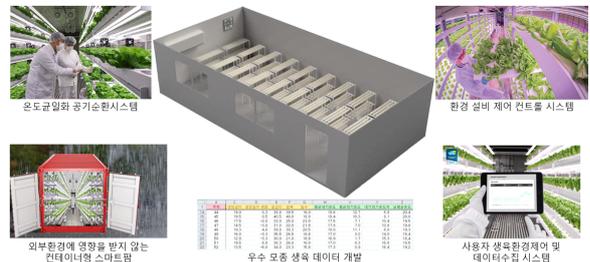
2. 본론

1. 서론

최근 우리 사회는 심각한 기후 변화와 환경 오염과 같은 환경적 문제를 마주하고 있다. 이런 환경변화에 직결되는 사항인 식량 안보와 직접적인 영향이 있어 우리가 자주 먹는 식자재 값이 폭등하는 등의 경제사회가 많은 영향을 미칠 수 있다. 미래의 식량 문제에 대응하기 위한 방안으로 농업용 시스템인 스마트팜과 데이터를 축적하는 시스템을 접목하여 사람을 대체하며, 기후변화에 최대한 반응하지 않을 수 있는 기술 연구가 지금도 진행 중이다[1,2].

이러한 연구는 스마트팜과 식물공장이 현재 볼 수 있는 예시이다. 스마트팜은 비닐하우스 및 온실이나 축사 등의 환경조성이 가능한 실내에서 임베디드 시스템, 빅데이터 등을 이용하여 작물생산이나 소와 닭 등의 가축의 돌보는 최적화 시스템이다. 태양 빛을 대체할 인공적 광을 이용하는 공간내부 밀폐형 식물 환경재배시설에서 인공적 식물의 생장 조건을 조절하며 식물을 생육하는 시스템이다.[3,4].

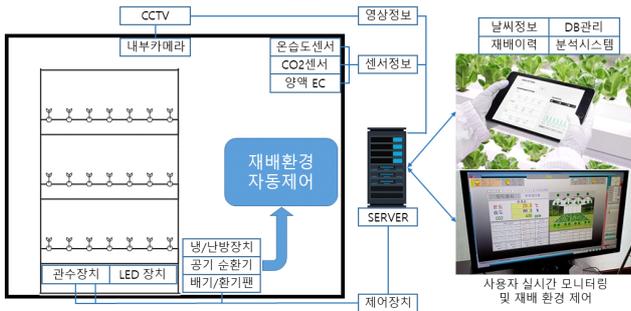
본 논문에서는 그림 1과 같이 품질이 높은 생산식물을 꾸준히 생산하기 위해서는 작물 모종 성장환경을 다각도로 조절하는 것이 필수적이다[5]. 본 연구에서는 컨테이너 형 내부 식물환경제배시설 공기분배 및 생육환경 모니터링을 제어할 수 있는 자동화된 시스템을 제안한다.



[그림 1] 전체 환경 컨트롤 시스템 스마트팜의 설명

그림 2는 인터넷이 가능한 환경의 메인보드를 이용하여 온도, 조명, 양액 공급을 포함한 다양한 환경 조건들을 제어하

고 확인할 수 있는 구조로 되어 있다. 온습도와 물의 산도 및 탁도의 값을 측정하는 센서에서 보내주는 데이터를 통해 현재 생육 환경의 상태를 확인 및 분석할 수 있으며, 이 정보를 활용하여 인공광 조명, 냉난방 시스템, 공기순환기, 관수시스템 등을 제어할 수 있다.



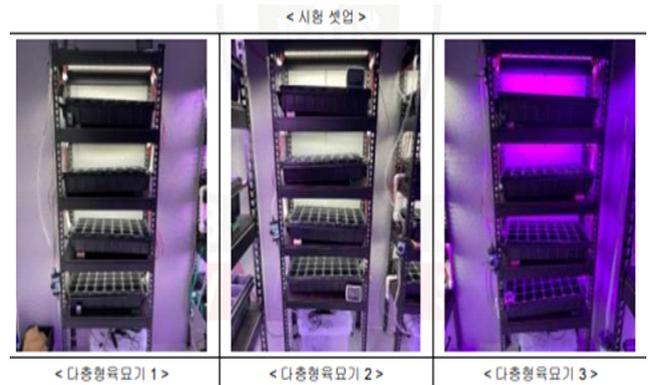
[그림 2] 스마트팜 시스템 구성방식

그림 3은 채소 모종에 따라 빛을 비출 수 있으며 색상은 4 가지 방향으로 적색, 청색, 백색, 적청으로 나뉜다. 식물은 빛의 스펙트럼에 다양한 움직임을 하며, 이를 분석하여 생산되는 모든 식물의 생육 과정을 고르게 최적화할 수 있다. 그림 4와 같이 현재 진행이 되었던 많은 연구를 보면 400nm~500nm 파장의 청색광과 640nm~700nm 파장의 적색광을 섞은 빛과, 풀 스펙트럼의 백색광이 작물의 성장 광합성에 도움이 됨을 제안하고 있다[10].



[그림 3] 사용되는 태양빛 대체 인공광 LED

그림 4, 5는 스마트팜 내부의 공기순환의 효율성을 높이기 위해 고안한 다층형 생육 구조로 컨테이너 내부에 배치하였다. 다층형 육묘기의 시뮬레이션을 진행하기 위한 공기흐름을 보여주며, 육묘기의 구조는 컨테이너 내부의 공간을 최대한 활용하도록 설계되어 있으며, 공기 순환을 위해 공간 사이에 충분한 간격을 두고 배치되었음을 볼 수 있다. 그 확인은 각 위치에 설치된 온도습도계로 확인할 수 있다.

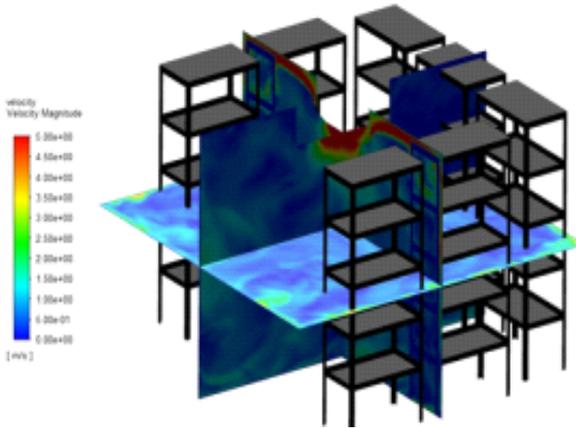


[그림 4] LED 인공광 발광 테스트

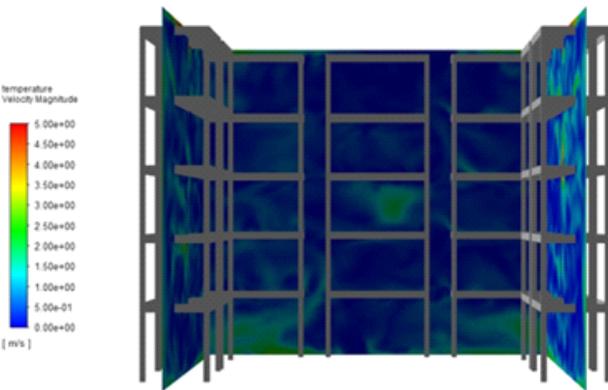


[그림 5] 공기방향시뮬레이션 실험

그림 6, 7은 다층형 육묘기의 공기방향 시뮬레이션 이미지로 왼쪽의 범례는 공기 흐름의 시각화를 통해 내부의 공기 순환 효율성을 나타낸다. 붉은색으로 표시될수록 높은 속도의 공기흐름을 보여주며, 파란색은 낮은 속도를 의미한다. 온도가 전체방향에 고르게 만들기 위한 구조적 시스템을 확인하기 위함이다.



[그림 6] 공기방향 시뮬레이션 육방향 실험



[그림 7] 공기방향 시뮬레이션 벽면 실험

그림 8은 다층형 육묘기의 공기방향 시뮬레이션을 스마트팜 연구시설 내부에 5단형으로 육묘기를 설치하고 실험에 사용되는 육묘기 두 대의 구분을 위해 순번으로 표기하였다. 냉장장치와 다방향 공기 순환 시스템을 1시간동안 가동 후, 6방향의 온도를 측정하여 온도 편차가 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 인 경우 적합으로 판단한다. 육묘기 두 개의 상하층의 온도 차를 측정한 결과, 기준 온도 17°C 대비 온도편차평균은 0.6°C 로 나타나 설정된 온도기준에 적합함을 확인하였다.

2.5.1 시험 조건

시험 방법	식물공장 내부에 5 단의 다층형육묘기 설치 후 17°C 에 대한 냉방장치를 가동하여 온도측정, 공기순환시스템 가동 1 시간 후 상층과 하층의 온도를 측정하여 그 온도편차를 확인한다.
적합 기준	온도 편차 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내 일 것

2.5.2 시험 결과

위치	기준 온도 ($^{\circ}\text{C}$)	온습도계 온도 ($^{\circ}\text{C}$)	온도 편차 ($^{\circ}\text{C}$)	적합 여부
다층형육묘기 1 상층	17.0	17.6	0.6	적합
다층형육묘기 1 하층	17.0	17.3	0.3	적합
다층형육묘기 2 상층	17.0	18.0	1.0	적합
다층형육묘기 2 하층	17.0	17.7	0.7	적합
다층형육묘기 3 상층	17.0	17.6	0.6	적합
다층형육묘기 3 하층	17.0	17.4	0.4	적합

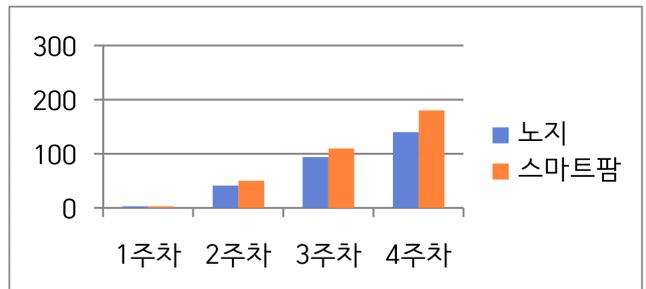
[그림 8] 공기방향 시뮬레이션 실험 결과

제안하는 시스템의 성장률을 확인하기 위함으로 비교군 설

정을 하였으며, 일반 노지에서서의 비교군을 구축하였다. 공기 환경이 균일한 식물공장 환경과 일반 노지환경에서의 청상추의 성장률 비교를 위해 작물을 선별하여 잎의 길이를 분석후 평균값을 내었으며, 실험용과 비교용의 대조한 결과, 표 1, 2 과 그림 9, 10과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫 주 차에는 비슷한 성장을 보였으나, 이후 노지 환경의 작물보다 제안하는 시스템에서의 작물이 더 잘 자란 것을 확인할 수 있었다.

[표 1] 청상추 잎길이 비교 실험 데이터

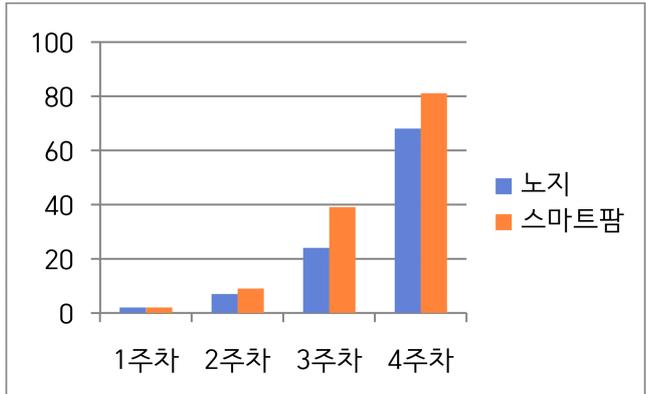
길이(mm)	1주차	2주차	3주차	4주차
노지	3	50	94	140
스마트팜	3	41	110	180



[그림 9] 청상추 잎길이 비교 실험 데이터

[표 2] 청상추 잎너비 비교 실험 데이터

길이(mm)	1주차	2주차	3주차	4주차
노지	2	7	24	68
스마트팜	2	9	39	81



[그림 10] 청상추 잎너비 비교 실험 데이터

3. 결론

본 논문에서 제시된 시스템은 공기순환을 이용하여 식물공장 내 채소 모종의 생육환경을 균형적으로 관리하여 생산 출하일정에 동일시 나가기 위해 개발되었다. 이 시스템은 환경 데이터를 취합하는 메인컨트롤러와 인터넷 보드를 이용하였고, 기본적인 생육환경에 필요한 온습도 및 양액 센서를 사용하여 생육환경 데이터를 수집하고, 이를 통해 추가적인 생육에 필요한 공기제어 설비를 구축 할 수 있도록 설계되었다.

수집된 데이터는 메인운영보드를 통해 처리되며, 인터넷 모듈로 전송되어 웹 모니터링 시스템 페이지를 통해 추가적인 데이터 분석 및 저장이 진행된다.

공기를 고르게 보내주는 식물공장 테스트베드를 구축하고 그 작동 상태 및 데이터 전송 기능을 실험한 결과, 시스템은 식물공장의 환경 조건을 유지하고 식물의 생육에 필요한 공기적인 최적의 조건을 제공하는 데 효과적임을 입증하였다. 또한, 식물공장 내부 상태를 정확히 수치화하여 모니터링할 수 있음을 확인하였다.

이러한 시스템을 이용하여 식물공장을 운영함으로써 노동 비용대비 생산비용에 대한 낙폭을 줄이며, 재배 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 향후 웹 모니터링 시스템과의 연동을 통해 다수의 식물공장을 보다 효율적으로 관리하고자 한다.

참고문헌

- [1] M. H. Lee, T. S. Yu, S. Y. Shin & S. J. Lim. (2023). Designing a Growth Management System for Vegetable Seedlings. *in Proceeding of the 54th Fall Conference on Korea Institute of information and Communication Engineering*, Anseong: Korea, 449-450.
- [2] J. H. Kim. (2009). Trends and prospects of plant factories. Retrieved from <http://library.krei.re.kr/pyxis-api/1/digital-files/605ba745-9c42-2a94-e054-b09928988b3c>
- [3] G. S. Yu & C. M. Yeo. (2021). Smart Agriculture. Korea Institute of Science and Technology Planning and Evaluation. Retrieved from http://www.foodsecurity.or.kr/bbs/download.php?&bbs_id=qnaa04&page=3&type=1&doc_num=308
- [4] Y. C. Choi & I. H. Jang. (2019). Smart Farm in the 4th Industrial Revolution Era. *Information & Communications Magazine*, 36(3), 9-16. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07993379>
- [5] Y. H. F. Yeh, T. C. Lai, T. Y. Liu, C. C. Liu, W. C. Chung & T. T. Lin. (2014). An automated growth measurement system for leafy vegetables. *Biosystems Engineering*, 117, 43-50.
DOI:10.1016/j.biosystemseng.2013.08.011