

식물공장의 지상부 환경에 대한 최적제어 알고리즘

홍순호*, 류관희

서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

Optimal Control Algorithm for the Growth Environment of Plant Factory

Hong, S. H.* and Ryu, K. H.

Dept. of Agricultural Engineering College of Agricultural & Life Sciences
Seoul National University

식물공장의 생육환경 제어는 작물의 성장 프로세스에 대한 지식을 이용하여 시설 내부의 환경요인을 경제적 최적 상태로 구현하는 것으로, 이를 위해서는 작물 성장에 대한 생물학적 관점과 환경제어 시스템에 관련된 공학적 관점, 그리고 수확된 작물과 에너지 투입에 대한 경제적 관점이 동시에 고려되어야 한다. 본 연구는 식물공장의 지상부 환경에 대한 작물의 성장 모델과 환경제어에 소요되는 에너지 투입 모델을 바탕으로 하여, 효율적인 생육환경 제어 알고리즘을 개발하려는 목적에서 수행되었으며, 그 과정 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 육묘장치와 생육장치로 이루어진 식물공장의 축소 모형을 구성하고, 이 시스템의 환경제어를 위하여 빛, 온도, 습도, 탄산가스 농도 등 지상부 환경요인과, 양액 온도, pH, 전기전도도, 용존산소량 등 지하부 환경요인에 대한 계측 및 제어 시스템을 제작하였다.
2. 환경요인 설정에 따른 작물의 성장반응을 예측하기 위하여, 주요 생장지표인 투영엽면적, 생체중 및 광합성 속도 등의 계측 시스템을 구성하고, 광도, 온도, 탄산가스 농도 등 지상부 환경에 대한 엽채류 작물의 성장 모델의 일반식을 유도하였으며, 공시 작물에 대한 생육실험과 통계적 분석을 통하여 관련 파라미터를 도출하였다.
3. 식물공장의 지상부 환경을 효과적으로 표현할 수 있는 평형 방정식을 유도하고, 각각의 환경요인을 제어하기 위한 에너지 투입량 예측 모델을 개발하였으며, 시뮬레이션 및 검증실험을 통하여 개발된 모델의 타당성을 확인하였다.

4. 외기 및 작물의 상태가 변화하는 조건에서 에너지 투입을 최소화 하면서 목표 생장 속도를 얻기 위하여, 광합성 속도 및 투입 에너지 예측 모델과 탐색 기법을 이용한 '예측조합형' 환경제어 알고리즘을 개발하였고, 개발된 알고리즘에 의한 경제적 생육 제어의 타당성을 검증하였다.
5. 개발된 예측조합형 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 2회에 걸친 생육제어 실험을 수행한 결과, 최종 수확물의 생체중과 생육속도는 당초 설정한 목표치의 $\pm 3\%$ 이내의 오차 범위에서 일치되었으며, 환경 설정치를 계획된 값으로 유지하는 기존의 상수 설정형 알고리즘에 비하여 20% 이상의 에너지 절감 효과를 나타내었다.