
컨테이너 온실에서 폐열 활용 및 IOT 기반의 스마트 팜 연계 기술

황우정* · 정정훈*

*HLB_생명과학

The waste heat utilization in container greenhouse and smart farm related
technology based on IOT

Woo-jeong Hwang* · Jung-hun Jung**

*HLB_Life Science

E-mail : hwj11250@gmail.com

요 약

최근 폐열에너지와 스마트 그리드 연계를 통한 에너지 효율 향상 기술 수요가 증가하고 있는 추세이다. 또한 컨테이너 온실을 이용한 식물공장 개념의 스마트팜과 폐열 에너지의 실시간 활용을 위한 융합기술에 대한 연구를 통하여 고부가가치 작물을 재배에 대한 투자가 증가하고 있다. 이런 관점에서 에너지 효율 측면에서 LED 기반의 식물공장에 대한 경제성을 높여 농가에 실질적인 도움이 되는 실용화 기술에 대한 연구를 수행 하였다. 이는 향후 자동화될 대규모의 스마트 팜과 연계할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 폐열 에너지를 이용한 컨테이너 온실에서 냉방기술을 이용하여 작물재배의 경제성에 대한 연구이다. 컨테이너 온실, 폐열을 이용한 흡수식 냉동기를 IOT 기술을 이용하여 실시간 모니터링/제어하기 위하여 라즈베리 파이 기반의 게이트웨이를 모바일 기반에서 운영함으로써 냉방 에너지의 효율을 최대화 할 수 있는 새로운 형태의 농업 기술에 대한 연구를 제안하고자 한다.

ABSTRACT

Recently, the demand for energy efficiency improvement technology through the connection of waste heat energy and SmartGrid has been increasing. Thus, investments for the cultivation of high value crops and produce is increasing through research aimed at synthetic technology in real-time utilization of smart farms and waste heat energy with the concept of using container greenhouses and plant factories. In this aspect, we have carried out research on a practical application technology that will help farmers to increase the economic effectiveness of LED based plant factories in terms of energy efficiency. This can provide opportunities to connect with the large scale automated smart farms in the future. In this study, we focused on the economic effectiveness of crop cultivation using cooling technology in a container greenhouse through waste heat energy. Hereafter, in order to further advance the technology of real-time monitoring/control of the absorption chiller which is used through the container greenhouses and waste heat energy by using IOT, we would like to propose research on new ideas of agricultural technology that can maximize the utility of cooling energy by operating a mobile gateway based on Raspberry PI.

I. 서 론

시설농업에서 에너지 효율을 높여 경제성을 향상시키기 위하여 냉동용 컨테이너를 사용하는 식물공장 개념에 대한 연구를 수행 하였다. 이는 냉동용 컨테이너를 사용함으로써 단일효과를 높여 고부가가치의 작물을 재배하기 위한 연구 및 경제성 분석을 통한 컨테이너 온실의 실용화에 초점을 맞추고 있다. 해외에서는 식물공장 형태의 인도어(Indoor) 팜 또는 버티컬(Vetical) 팜에 대한 투자가 활발히 진행되고 있다[1]. 특히 ICT(정보통신 기술)과 연계된 미래형 식물공장 형태에 대한 관심이 높아지고 있는데 최근에 일본의 소프트뱅크에서는 미국 실리콘밸리의 스타트업인 Plenty 사에 2억불을 투자 하였다[2]. 식물공장 형태의 시설농업은 대부분이 인공조명으로 LED를 사용하기 때문에 전력사용시 배출되는 열에너지에 대한 냉방 문제 및 고가의 LED 장비로 인한 경제성 저하등의 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 폐열을 이용하여 흡수식 냉동기를 가동시켜 냉방을 함으로써 LED 사용을 최소화하고 냉방개념에 의한 작물재배에 대한 연구를 수행 하였다. 이를 위해 냉/난방 효율을 공학적인 시뮬레이션에 의해 평가함으로써 향후 실용화될 시스템에 대한 냉/난방 부하에 대한 예측을 수행하였다[3].

향후 시설농업의 도입 확대에 의한 생산성 및 품질의 향상과 더불어 작기 조절을 통한 소득 향상이 이루어지면서 동시에 생산성 향상을 위해 온·습도조절, 보광·조명등과 같은 재배환경 개선을 위한 설비가 증가하게 된다. 이에 따라 동절기 재배작물인 딸기를 냉방기술을 활용하여 하절기에 재배함으로써 냉방부하에 따른 경제성을 검토하고자 한다.

II. 본 론

식물공장은 상업적으로 식물을 재배하기 위한 장치로서 연중 내내 작물을 재배할 수 있도록 해준다. 이를 위해서 식물공장은 기본적으로 작물이 성장하는데 필수요소인 빛, 온도, 습도 그리고 CO₂를 인위적으로 조절할 수 있다. 컨테이너형 온실도 이러한 식물공장의 한 종류이다. 식물공장은 광원에 따라서 완전인공광형과 태양광병용형이다[4]. 일반적으로는 태양광병용형보다 완전인공광형을 선호하는데, 이유는 태양광병용형은 온도 관리가 불리하기 때문이다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 저가의 폐열을 활용하여 냉방비를 낮춤으로써 새로운 형태의 농업기술의 실용화 가능성에 대해 연구를 수행 하였다.

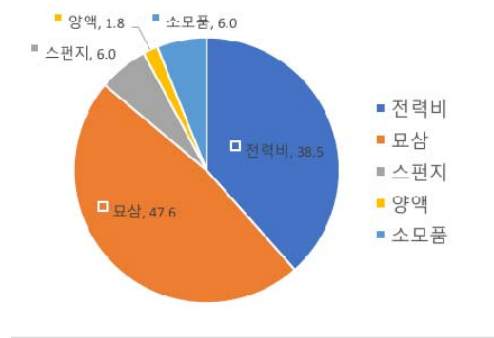


그림 1. 인건비를 제외한 연간 운영비 항목별 비율[5]

그림 1은 전기를 사용하여 냉/난방을 하는 기존 식물공장 운영비 비율에 대한 항목인데 전력비가 상당히 많은 부분(38.5%)을 차지하고 있다. 반면 본 연구에서는 전기가 아닌 폐열에 의한 냉/난방을 수행함으로써 전력비를 낮추고 저가의 열원을 이용한 냉/난방으로 인해 충분한 냉/난방을 공급하여 재배작물의 품질을 높이는 개념을 사용하였다.

III. 폐열 활용 시스템 구성



그림 2. 폐열활용 열공급을 위한 EMS 용 모델[6]

그림 2는 폐열을 활용하기 위하여 배관없이 열을 트레일러로 이송하는 열택배 시스템에 대한 구성도이다. 잠열용량이 큰 열저장물질을 이용하여 대용량의 열을 원거리까지 운송함으로써 경제적으로 폐열을 활용할 수 있다. 이때 열저장장치, 열공급처, 열수요처의 열량 정보를 실시간으로 모니터링하는 EMS(에너지관리시스템)와 연계하여 활용할 수 있다.

IV. 컨테이너 온실 시스템 구성/열부하 시뮬레이션

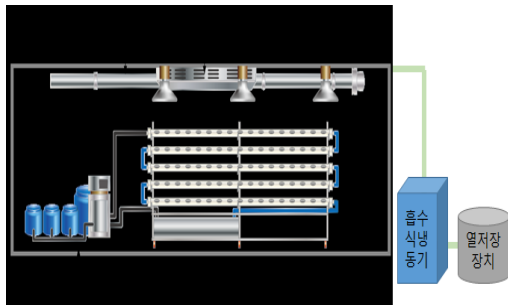


그림 3. 컨테이너 온실 냉/난방 시스템

그림 3은 수송된 폐열을 컨테이너 온실의 열 저장 장치에 열교환하여 저장한 후 흡수식 냉동기를 가동하여 냉방을 공급하는 시스템이다. 상기 조건에서 딸기를 냉방기술을 이용하여 재배하기 위하여 냉/난방 부하에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 딸기재배 조건에 최적화된 빛, 온도, 습도를 유지하기 위하여 시뮬레이션 결과와 실제 재배 조건을 비교함으로써 향 후 대용량 시설에 대한 냉/난방 부하 조건에 대한 예측이 가능하다.

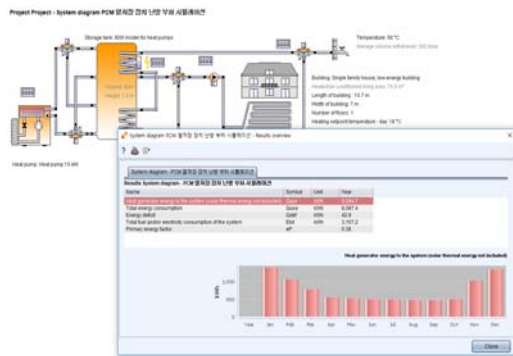


그림 4. 컨테이너 온실의 냉/난방 부하 시뮬레이션 결과[3]

그림 4는 컨테이너 온실에서 필요로 하는 에너지 량을 산정하기 위하여 열평형 해석 전용 소프트웨어를 이용하여 월별 냉/난방 부하를 시뮬레이션한 결과이다. 외기온도에 따른 월별 필요 에너지 량을 예측하여 기존 전기설비를 이용한 냉/난방 시스템과 경제성을 비교할 수 있고 또한 향 후 대용량의 컨테이너 온실의 에너지 경제성을 예측할 수 있다.

향 후 ICT 기반의 스마트 팜과 이동형 열저장 장치 및 열공급처/수요처의 에너지 량을 실시간으로 모니터링하여 최적의 운영 조건을 예측하

기 위하여 클라우드 개념의 제어를 활용하여야 하는데 기존의 지멘스와 같은 상용 외국산 제어를 사용할 경우 고가의 온도/유량센서와 연동됨으로써 초기 투자 비용이 높아지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 저가의 라즈베리 파이 기반의 게이트웨이를 활용하여 온도, 유량, 열량등을 모니터링 하였다.

그림 5는 라즈베리 파이의 개발 환경이다.

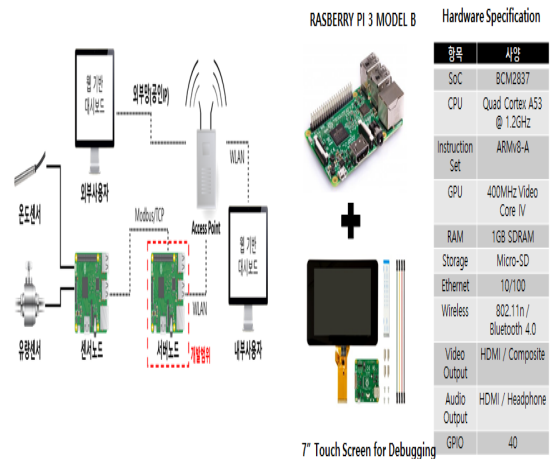


그림 5. 라즈베리 파이 구성[7]

V. 결 론

ICT 기반의 식물공장 개념으로 컨테이너 온실을 이용한 스마트 팜이 향 후 농업인구의 고령화 문제와 더불어 에너지 효율 향상 기술과 연계하여 급격한 시장의 확대가 예상된다. 폐열을 활용한 에너지 효율 개념의 냉방 기술을 도입하여 농업의 부가가치를 높이고자 본 연구가 수행되었다. 이는 한국에너지기술평가원의 상변화 열 저장 물질을 사용한 열택배 기술 개발 과제의 일환으로 열수요처와 열공급처를 열택배 기술을 활용하여 연계하는 실증 사업으로 향 후 ICT 기반의 EMS 시스템과 연계되어 국내 관련 산업의 경쟁력 향상을 기대한다.

참고문헌

- [1] 가디언지, <https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/14/world-largest-vertical-farm-newark-green-revolution>, Aug 14, 2016
- [2] AgFunder 지, <https://agfundernews.com/breaking-plenty-raise-s-200m-series-b-largest-ever-agtech-investment.html2011>, Jul 19, 2017

- [3] Polysun, Polysun 사용자 매뉴얼,
- [4] Greenhouse Gardener's Companion:
Growing Food and Flowers in Your
Greenhouse, 72P
- [5] 에그로닉스 연구 보고서, 2016
- [6] 열택배를 이용한 폐열 활용 구성도, 2015,
씨테크놀로지시스템
- [7] 위키백과, 라즈베리 파이,
https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%9D%BC%EC%A6%88%EB%B2%A0%EB%A6%AC_%ED%8C%8C%EC%9D%B4