

# 구두발표







# 생물 분과





## Root-zone Ion Dynamics in Greenhouse-grown Strawberries Under Closed-loop Hydroponics Controlled with Varying Drainage EC Mixing Ratios and Ion Calibration Intervals

Mi Young Lim, So Hui Kim, Mi Young Roh, Gyeong Lee Choi, Dongpil Kim\*

Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 52054, Korea

This study aimed to identify the root-zone ion changes according to closed-loop hydroponics for strawberry (cv. Seolhyang) cultivation. Two experiments were conducted to analyze the differences in root-zone ion concentration between closed-loop and open-loop hydroponic systems. The experiments were conducted in a plastic film greenhouse at a protected horticulture research institute in Haman, Korea. In experiment 1 (Exp 1), root-zone ion concentration was analyzed under four different drainage EC levels to determine root-zone ion variation without adjusting the initial nutrient composition. In experiment 2 (Exp 2), an appropriate nutrient correction period was determined by analyzing the ion balance in the root-zone with different ion adjusting intervals. In Exp 1, drainage EC mixing was managed by raw water with four treatments of EC 0.6, 0.9, 1.2 dS m<sup>-1</sup>, drainage EC levels to determine the variation of root-zone ion and All use. Exp 1 showed that nitrate was insufficient, up to 45% of the target value, while sulfur ions remained up to 20-40%, depending on the mixing ratio. The ion imbalance was greater as the drainage mixing EC was higher. As a result, fruit yield was significantly higher in the EC 0.6 treatment than in the EC 1.2 and All use treatments. In Exp 2, underground water is used after filter purification to prevent salt accumulation and consistency of nutrient management. In Exp 2, four treatments were performed: open-loop, closed-loop with 2-week, 4-week interval adjustment, and closed-loop with non-adjustment. The ion composition deviated by about 5% from the standard nutrient solution in the non-adjustment and 4-week adjustment interval treatments. Still, overall ion balance was generally kept constant during the cultivation period. In addition, no significant difference was observed in fruit yield between the open- and closed-loop treatments. In Experiment 2, the ion composition did not show considerable deviation without ion adjustment, which might be attributed to the low EC supply level of strawberries. These results suggest that strawberry growers can selectively apply closed-loop hydroponics such as solely EC-based or individual ion adjustment methods. However, it is advisable to use purified water to avoid salt accumulation and ion imbalance, especially when using the EC-based method.

This research was supported by the Rural Development Administration (Project No. 01604803).

\*Corresponding author, E-mail: kimdongpil@korea.kr

# 온배수 폐열 난방을 활용한 망고 온실재배의 환경영향 평가

## Environmental Impact Assessment of Mango Greenhouse Cultivation Using Waste Heat Recycling

최영배, 조정화, 정효혁, 강솔미, 김다인, 이인복\*

서울대학교 생태조경·지역시스템공학과

Young-Bae Choi, Jeong Hwa Cho, Hyo Hyeog Jeong, Sol Moe Kang, Da In Kim, In-Bok Lee\*

Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University,  
Seoul 08826, Korea

한국의 총 에너지 생산의 80%가 화력 및 원자력 발전소에서 생산되나 전체 에너지의 약 56%는 엔진의 가열로 인해 버려진다. 또한, 엔진을 식히기 위하여 사용되는 냉각수는 엔진을 식힌 후 높은 온도의 배수가 되어 해수 온도 상승을 야기하고 있다. 이에 따라 버려지는 폐열을 최대한 활용하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 본 연구는 망고 온실재배에서 온배수 폐열 활용에 따른 환경적 이익을 평가하기 위하여 수행되었다. 망고 온실에서 폐열은 히트펌프를 통해 난방에너지로 활용되었으며, 이를 환경평가 도구를 사용하여 환경 이익을 평가하였다. 분석 결과 총 지구 온난화 지수, 산성화 지수 및 부영양화 지수는 최대  $2.79 \times 10 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$ ,  $4.96 \times 10^{-2} \text{ kg SO}_2\text{-eq}$ , 와  $1.47 \times 10^{-2} \text{ kg PO}_4\text{-eq}$  로 나타났다. 이를 등유 보일러와 같은 전통적인 난방시스템과 비교하였을 때, 폐열을 활용한 난방시스템이 모든 지수에서 환경에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 통해 망고 온실재배에서 온배수 폐열 활용이 환경에 미치는 영향을 분석하였으며, 이는 지속 가능한 농업을 위한 데이터로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20212020800050)

\*Corresponding author, E-mail: iblee@snu.ac.kr

## Blue Light, Higher Humidity, and Horticultural Substrate Promote the Adventitious Root Development of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cuttings

Seungyong Hahm<sup>1</sup>, Juhyung shin<sup>1</sup>, Yongjae Lee<sup>1</sup>, Jong Seok Park<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-AI Convergence, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Cannabis sativa* is a widely known annual herbaceous plant that has been cultivated as a medicinal plant since 2800 BCE. It can be classified into two types based on its  $\Delta$ 9-tetrahydrocannabinol ( $\Delta$ 9-THC) content: hemp (medical, < 0.3%) and marijuana (recreational drug). The legalization of hemp in the United States in 2018 has increased its market value. Among the various propagation methods for *Cannabis sativa*, cuttings are preferred by cultivators as they provide genetically uniform plants with consistent growth rates at a low cost. In this study, we evaluated the effects of several environmental factors on the adventitious rooting of the hemp (*Cannabis sativa* L. ‘V4’) cuttings. The environmental factors included (i) light quality (white, blue, red, and green) with PPFD of  $80 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , (ii) relative humidity (30%, 50%, 70%, and 90%), (iii) substrate composition (Rockwool and horticultural soil: vermiculite ((25: 75, 50: 50, and 75: 25) (v:v)). The cuttings were evaluated for the survival rate, number of adventitious root (ARN), total root length (TRL), average root length (ARL), longest root length (LRL), and root fresh weight (RFW) after being placed in a growth chamber at 24°C for 21 days. Watering was done every two days using sub-irrigation method. Red light appeared to affect the length growth of stem cuttings, while blue light appeared to affect the development of the adventitious root primordium. At the relative humidity of 90%, the survival rate was 100%, and the adventitious rooting degree decreased as the humidity decreased. Interestingly, adventitious rooting degree of the cuttings in the mixed substrate of horticultural soil and vermiculite (50: 50, v:v) was higher than that of the rockwool. For the development of adventitious roots of hemp cuttings, the conditions of blue light, high humidity, and mixed horticultural media was most effective. Ultimately, optimum environmental controls can make the better adventitious rooting of hemp cuttings with for mass propagation of cannabis.

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.RS-2022-00155857, Artificial Intelligence Convergence Innovation Human Resources Development (Chungnam National University))

\*Corresponding author, E-mail: jongseok@cnu.ac.kr

## Light Stress Detection Based on Thermal Imaging and Canopy Temperature Extraction for Pepper Seedlings Grown in a Small-sized Plant Factory

Sumaiya Islam<sup>1</sup>, Md Nasim Reza<sup>1,2</sup>, Shahriar Ahmed<sup>2</sup>, Md Shaha Nur Kabir<sup>2,3</sup>, Yeon Jin Cho<sup>4</sup>,  
Dong-Hee Noh<sup>5</sup>, Sun-Ok Chung<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University,  
Daejeon 34134, Korea

<sup>3</sup>Department of Agricultural and Industrial Engineering, Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University,  
Dinajpur 5200, Bangladesh

<sup>4</sup>Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 58213, Korea

<sup>5</sup>Jeonbuk Regional Branch, Korea Electronics Technology Institute (KETI), Jeonju 54853, Korea

Light stress is a common problem in plant growth, particularly in indoor or greenhouse settings, where the intensity and duration of light exposure can be controlled. Traditional methods for detecting light stress rely on visual inspection or manual quantification, which is time-consuming and prone to errors. Therefore, there is a need for an automated and accurate method for detecting light stress in plants. This paper presents an approach of detecting light stress in pepper seedlings using canopy temperature extraction from thermal images in a controlled environment. A low-cost thermal camera was used to capture images of the pepper seedlings canopy, and then canopy temperature was extracted using an image processing technique. The system architecture included the thermal camera, microcontroller for continuous image acquisition, image processing algorithms, and data analysis methods. Seedlings growth and image acquisition was conducted in a controlled environment, where factors such as temperature, humidity, CO<sub>2</sub>, water and nutrients were regulated, ensuring consistent growing conditions for the pepper seedlings. A series of experiments were conducted, which involved different light intensity levels of 450, 250, and 50  $\mu\text{mole m}^{-2}\text{sec}^{-1}$  and photoperiods of 8, 10, and 16 h, respectively. The results showed that the proposed system could detect light stress in pepper seedlings by analyzing changes in the canopy temperature ranges from 17.5°C to 29°C. The canopy temperature showed positive correlation with the seedlings morphological parameters such as plant height, leaf length, leaf width and stem thickness as the photosynthetic changes with the canopy temperature. However, system accuracy might be affected by factors such as ambient temperature, humidity, and air flow, which could influence the canopy temperature. The findings of this study would suggest that the proposed method had a great potential for detecting light stress in pepper seedlings in a controlled environment, providing a valuable tool for farmers to optimize plant growth and improve crop yield for greater profitability.

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET), through Smart Farm Innovation Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (Project No. 421035-04), Republic of Korea.

\*Corresponding author, E-mail: sochung@cnu.ac.kr



## Effect of Supplemental Lighting on Flowering and Fruit Yield of ‘Kuemsil’ Strawberry

Hee Sung Hwang<sup>1,4</sup>, Jeong Hun Hwang<sup>2</sup>, Jin Yu<sup>2</sup>, Eun Won Park<sup>2</sup>, Ji Hye Yun<sup>2</sup>, So Yeong Hwang<sup>2</sup>,  
Hyeong Eun Choi<sup>2</sup>, Jeong Kil Koo<sup>3</sup>, Seung Jae Hwang<sup>1,2,3,4,5\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>2</sup>Department of Applied life Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University,  
Jinju 52828, Korea

<sup>3</sup>Division of Horticultural Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University,  
Jinju 52828, Korea

<sup>4</sup>Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>5</sup>Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

The cultivation of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits at greenhouse in Korea takes place from September to May of the following year. Especially, in the winter season, strawberries are known to be most expensive. Therefore, it is important to increase strawberry production during the winter season. However, since the daily light integral in winter is lower than in other seasons, the amount of photosynthesis required to increase strawberry fruit productivity can be insufficient. As a result, supplemental lighting can be used to compensate for the insufficient sunlight. However, since strawberries are short-day and low-temperature plants, there is a risk that increasing the day length through supplemental lighting can delay the fruiting period. This study was conducted to evaluate the effect of supplemental lighting with different starting points on flowering and fruit yield of 'Kuemsil' strawberries. The strawberry seedlings were planted on September 23, 2022. Supplemental lighting treatments were conducted at planting, first flowering, and second flowering stages. Non-treatments were set as the control. The supplemental lighting treatments were carried out for 2 hours before sunrise and 2 hours after sunset. The budding and flowering of strawberries were checked every week, and over-80%-mature fruits were sampled at 2- to 3-day intervals for each treatment. The fruit length, fruit diameter, fruit weight, fruit firmness, soluble solids content, and acidity were measured for each fruit. The fruit yield was also measured and economic feasibility was analyzed in relation to the electricity cost consumed by the supplemental lighting. The results of this research can be used as the basic research data for application of supplemental lighting on strawberries.

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01707201)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

\*Corresponding author, E-mail: [hsj@gnu.ac.kr](mailto:hsj@gnu.ac.kr)

# Energyplus 시뮬레이션 기반의 차양과 LED를 활용한 작물 생산성 증대 및 에너지 절감 최적 대안 도출

## Energyplus Simulation-based Shade and LED Optimal Control to Increase Crop Production and Derive Energy-saving Process

이준오<sup>1</sup>, 조중연<sup>2</sup>, 문현준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 건축학과, <sup>2</sup>단국대학교 건축공학과

Jun-O Lee<sup>1</sup>, Joongyeon Jo<sup>2</sup>, Hyeun Jun Moon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture, Dankook University, Yongin 16890, Korea

<sup>2</sup>Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin 16890, Korea

본 연구는 여름철 높은 기온과 일사로 인한 작물의 성장 효율 감소와 과도한 에너지 소비 문제를 개선하기 위해 실시되었다. 시뮬레이션을 활용한 선행 연구에서는 차양 장치 설치로 인한 일사투과량의 감소를 최대 50%까지 확보하여 18%의 건물에너지 절감효과를 나타내었다. 이에 따라 본 연구에서는 옥상온실의 외부 차양 유무 및 개폐정도에 따른 Energyplus 기반의 일사 시뮬레이션을 수행하여 15% 이상의 에너지 절감효과를 확인하였다. 이를 통해 외부 차양의 일사 차단으로 인한 냉방부하 감소가 실내 적정온도 유지와 에너지 소비 절감에 효과적임을 알 수 있었다. 이 때, 차양으로 인해 감소한 식물 성장에 필수적인 광에너지 보충을 위해 성장 LED 조명의 가동이 불가피할 것으로 사료된다. 이에 따라 차양을 통한 냉방부하 절감과, 성장 LED 가동을 통한 광에너지 보충 사이의 에너지 최적제어가 요구된다. 본 연구에서는 선행연구에서 냉난방 부하와 실내 조도를 기준으로 가변형 차양의 형태를 선정하는데 우수한 성능을 보인 최적화 기법인 TOPSIS를 활용하여, 작물 성장에 필요한 광량과 총 에너지 소비량을 기준으로 차양의 최적제어 대안을 도출하였다. 본 연구 결과는 작물 성장에 필요한 광량과 에너지 소비량 감소 사이의 최적 제어를 통해 옥상 온실의 작물 생산량 증대와 성장에 필요한 에너지 비용 절감의 가능성을 제시하였다.

본 연구는 2023년도 산업통상자원부(MOTIE)의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No.20212020800050)

\*Corresponding author, E-mail: hmoon@dankook.ac.kr

# 실내 수직식물공장에서 수경재배 양액 내 에탄올 처리에 의한 허브류 3종의 생육 및 생리활성물질 함량 변화

## Effects of Ethanol Treatment in Hydroponic Solution on Growth and Phytochemical Contents of Three Herb Species, in an Indoor Vertical Farming System

신주형<sup>1</sup>, 박종석<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 바이오AI융합학과, <sup>2</sup>충남대학교 원예학과

Juhyung Shin<sup>1</sup>, Jongseok Park<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-AI Convergence, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Chemical priming은 식물 스트레스 생리학 및 작물 스트레스 관리 분야에서 빠르게 부상하고 있는 분야이다. 이 분야는 화학물질, 적용 방법, 적용 조직 등의 측면에서 광범위하다. 본 연구에서는 실내 수직식물공장 시스템에서 에탄올을 Chemical priming 제제로 사용하였을 때 스위트 바질(*Ocimum basilicum*), 배초향(*Agastache rugosa*), 개똥쑥(*Artemisia annua*)의 생육지표 및 생리활성에 미치는 영향을 확인하였다. 에탄올 처리는 양액 (Hoagland) 내 6가지 농도(0, 0.5mM, 1mM, 2mM, 4mM, 8mM)로 처리되었고, 배초향 4주, 스위트 바질, 개똥쑥 6주 성장 후 초장이 큰 5개의 식물을 선별하여 생육지표(생체중, 건물중, 엽면적), 생리활성(엽록소, SOD, POD, 총 페놀, 총 플라보노이드, DPPH 소거능)이 측정되었다. 생육결과 고농도(2mM, 4mM, 8mM)에서는 생육이 저하되는 반면 저농도(0.5mM, 1mM)에서 높은 생장을 보였으며 건물중을 측정한 결과 대조구 대비 스위트 바질 28.8%, 배초향 14.2%, 개똥쑥 77.6%로 유의하게 증가하였다. 엽면적은 스위트 바질 14.5%, 배초향 7.2%, 개똥쑥 49.4% 증가, 총 엽록소도 마찬가지로 스위트 바질 44.9%, 배초향 43.2%, 개똥쑥 8.9% 증가하여 생육결과와 비슷한 경향을 보였다. 총 페놀 함량, DPPH 소거능은 허브 3종 모두 에탄올 농도에 따라 높아졌으며, 총 플라보노이드 함량은 큰 경향성이 나타나지 않았다. 항산화 효소 활성도 측정 결과 SOD 활성은 농도에 비례하여 감소하는 경향이 있었지만 배초향은 고농도에서 다시 크게 증가하였다. POD 활성은 허브 3종 모두 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 본 연구결과는 환경 공해문제를 야기하지 않는 에탄올 처리 방법을 통해 지속가능한 작물 생산방법으로써 활용 가능성을 제시한다.

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.RS-2022-00155857, Artificial Intelligence Convergence Innovation Human Resources Development (Chungnam National University))

\*Corresponding author, E-mail: jongseok@cnu.ac.kr

# Apple Disease Leaves Classification Using Self Supervised Learning

SK Nishadi Prasanigini<sup>1,2</sup>, Hak-Jin Kim<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Department of Information and Communication Technology, Faculty of Technology, Rajarata University of Sri Lanka, Mihintale 50300, Sri Lanka

<sup>3</sup>Integrated Major in Global Smart Farm, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Diseases in plants cause high yield loss and a drop in the quality of the crops. But some plant diseases do not spread or affect too much to the crops and some diseases can spread quickly and easily. Accurately identifying them early as possible is important in smart crop management. But to identify plant diseases accurately requires the help of human experts, which is time-consuming and expensive. Image-based machine learning technologies can increase the efficiency of plant disease detection. Most of the systems are mainly based on supervised learning algorithms that require a higher number of labelled image data. Even though a number of images relating to plant diseases are collected, labelling them or categorizing every image in the dataset requires high labor power. In addition, most of the disease recognition models are built using images collected in the lab environment, thereby limiting the presentation of real images taken under varying illumination conditions. One method to solve such problems is using Self-Supervised Learning (SSL) algorithms in conjunction with the use of on-site images because SSLs can learn unlabeled images using a few labelled data. The aim of this research was to classify apple disease leaves collected in a real environment using the SSL algorithm based on self-supervised contrastive learning with SimSiam. The SSL model used in this research was based on the reference from Keras's reference documentation. The proposed model was applied to the images of apple leaves with Apple scabs, Black rot, Cedar apple rust diseases, and healthy leaves collected with a real-world background. Over 6,000 leaf images were used to build the classification model and 2,000 images were used to test the model. The model was evaluated by learning a linear classifier on the frozen features of the trained backbone model and evaluating the classifier on unseen images. This model classifies Apple scabs, Black rot, Cedar apple rust diseases, and healthy leaves separately with a level of satisfaction by showing an overall accuracy of 65%. The performance of the model can be improved further through finetuning and changing the parameters. Similar methods can be used to develop self-supervised segmentation models to calculate the spread of the plant diseases in the leaves. Also, modifying this as a self-supervised object detection model can be useful to localize the diseased leaves.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022K1A3A1A9209497611).

\*Corresponding author, E-mail: kimhj69@snu.ac.kr

# 디지털 표현체 분석의 방향

## Direction of Digital Representation Analysis

유동운<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>(주)한국과기산업 기업부설연구소, <sup>2</sup>(주)피노박스 기업부설연구소

Dong-Woon YOO<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Scientific Technique Industry, Suwon 16643, Korea

<sup>2</sup>Phenobox, Wanju 55365, Korea

오늘날 4차 산업혁명은 인공지능, 빅데이터를 통해 의료, 자동차, 제조, 드론, 로봇 자동화 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히 우리 농업은 예측 불가능한 기후변화와 농촌 인구의 고령화로 인한 노동력의 부족 등 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이와 같은 기후변화에 대응하기 위한 신품종을 육성하기 위해 작물 피노타이핑 기술을 활용하여 작물의 우수한 형질을 신속히 선발할 수 있게 되었다. 이뿐만 아니라 피노타이핑 기술은 노지 작물들을 고해상도의 다양한 센서를 무인기나 드론에 장착하여 영상을 취득하고 분석함으로써 이를 통한 작황 정보 및 생산량 예측과 기상환경의 변화에 따른 병해충의 방제나 처방을 할 수 있게 되었다. 하지만, 피노타이핑 기술의 적용은 국내에서는 이제 출발 단계로 앞으로 많은 연구자들이 관심을 가지고 기술의 고도화를 하리라 예측되며 1)영상처리, 컴퓨터비전 처리를 할 수 있는 전문가, 2)일정하게 데이터를 취득할 수 있는 시설 및 장비 보유, 3)실험 목적에 따른 센서를 선정할 수 있는 디지털 장비 전문가, 4)취득된 데이터 분석을 통계처리를 할 수 있는 전문인력들의 양성이 필수적이다. 다행히 2023년 3월 국립원예특작과학원에서 열린 ‘한국영상식물학연구회’ 심포지움에 300명 이상의 많은 연구자들이 모여서 전국적인 네트워크를 구축하였고, 데이터 취득 방법 및 다양한 분석 방법에 대한 토의 등 표현체 분야의 새로운 커뮤니티가 만들어지게 되었으며, IPPN에도 가입을 하여 국제적인 네트워크도 구성하였다. 이러한 표현체 연구의 활성화를 위해서는 연구자가 필요로 하는 다양한 장비개발이 선행되어야 할 것이며, 우리나라도 네덜란드의 NPEC과 같은 한국형 표현체 분석센터를 전라북도 김제의 민간육종단지 내에 구축하여 민간 종자회사나 개인 육종가, 대학 등 많은 연구자들이 다각적으로 활용 할 수 있게 되기를 기대해 본다.

\*Corresponding author, E-mail: gaooze@hanmail.net, phenobox@daum.net





# 환경 분과







# 에너지 절감을 위한 옥상온실과 건물 간의 열 교환 효과 분석

## Analysis of Heat Exchange Effect Between Rooftop Greenhouse and Building for Energy Saving

조정화, 최영배, 정효혁, 강솔모, 김다인, 이인복\*

서울대학교 생태조경·지역시스템공학과

Jeong hwa Cho, Young bae Choi, Hyo hyeog Jeong, Sol moe Kang, Da in Kim, In bok Lee\*

Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University,  
Seoul 08826, Korea

국내 시설 농업은 급속도로 성장하였고, 생산면적 대비 규모가 크게 증대되어 전체 농업 생산액 중 약 60%를 차지한다. 온실은 연중 안정적인 대량생산을 위해 적정 환경을 조성하기 위한 에너지를 투입해야 하나, 우리나라 기후 특성과 상대적으로 단열성이 낮은 외피로 온실이 이루어져 있어 단위 면적당 에너지 부하가 크다. 옥상온실은 건물형 도시농업으로서 건물에서 버려지거나 활용되지 않는 에너지를 옥상온실에 이용할 수 있고, 온실 최적운전을 통해 건물의 냉난방 부하를 줄일 수 있다. 본 연구는 에너지 절감을 위하여 수동적 및 능동적으로 건물과 열교환하는 옥상온실의 계절별, 시간별 부하절감 효과를 분석하고자 한다. 온실이 건물 옥상에 위치함에 따라 일반 온실과 비교하여 절감할 수 있는 패시브 에너지 부하량을 분석하였다. 또한 건물의 잉여 공기열을 온실과 교환하여 에너지 부하를 적극적으로 줄이고자 하였다. 이를 위해 먼저 실증 옥상 온실에서 실험 데이터를 이용하여 동적 에너지 시뮬레이션 모델을 검증하였다. 전산유체역학 시뮬레이션을 이용하여 풍환경에 따라 자연환기 특성을 평가한 결과를 에너지 모델의 입력자료로 넣고, 현장서 실측한 강제환기팬 유량 값을 입력하였다. 최종으로 동적 에너지 모델을 이용하여 온실 에너지 부하에 영향을 미치는 열적 요인에 따른 부하 감소량을 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구결과는 온실의 에너지 절감을 위해 사용할 수 있는 건물-온실 통합 에너지 절감 시나리오의 도출 가능성을 제시하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20212020800050)

\*Corresponding author, E-mail: iblee@snu.ac.kr

# 새만금 간척지 온실단지 조성을 위한 용수 확보 및 난방에너지 절감 방안

## Water Resource Supply and Energy Saving Strategy for Greenhouse Complexes in Saemangeum Reclaimed Land

서효재<sup>1</sup>, 이준우<sup>2</sup>, 서일환<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 지역건설공학과, <sup>2</sup>전북대학교 스마트팜학과, <sup>3\*</sup>전북대학교 지역건설공학과

Hyo-Jae Seo<sup>1</sup>, Joon-Woo Lee<sup>2</sup>, Il-Hwan Seo<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Rural Construction Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

<sup>2</sup>Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

새만금 간척지에는 넓은 부지를 활용한 기능성 작물 재배 및 수출용 시설원에 단지 개발을 목적으로 대규모 첨단 온실단지가 조성되고 있다. 시설원예단지에서 용수 공급과 난방은 적절한 재배환경을 조성하기 위한 필수적 요소이며, 시설원예농가의 운영비용과 생산성 측면에 밀접한 관계가 있다. 간척지는 외부 기상환경이 내륙과 상이하며, 천연자원이 한정되어 용수 및 에너지 공급이 내륙지역에 비해 제한된 지역에 위치하고 있다. 시설원예농가의 생산성과 소득을 증대시키기 위해선 작물의 적정 재배환경 조성을 기반으로 효율적인 용수 확보 및 에너지 절감방안을 마련하는 것이 중요하다. 이를 위해 새만금 간척지 온실단지를 설계 시 용수 확보를 위한 빗물집수시스템 저수조 용량 설계와 온실의 효율적인 에너지 관리를 위한 온실 피복재별 에너지 효율성을 평가하였다. 국내 간척지(새만금, 영산강, 시화·화옹, 석문·이원, 고흥) 5지역의 온실단지에 대한 빗물 활용 시스템 적용 시 지상저수조의 빗물 저류 용량을 산정하기 위해 간척지별 기상 환경(강수량, 증발량)을 고려하여 필요 용수량을 만족하는 지상저수조의 면적 및 깊이 기준을 산정하였다. 필요용수량 산정은 토마토를 대상으로 온실단지 재배 시 작물에게 요구되는 용수량 산정결과를 참고하였다. 국내 주요 간척지들의 10년 평균 기상 환경 특성을 조건으로 산정된 자연 증발량과 연간 총 강수량을 통해 빗물활용시스템 적용 시 지상저수조의 빗물 저류량을 산정하였다. 온실 피복재의 종류와 풍환경에 따른 간척지 기상환경에서의 에너지 효율성 평가를 위해 일반적으로 사용되는 4종류의 온실 피복재를 대상으로 단열평가용 챔버를 제작하였다. 챔버 내부에 실시간 온도와 전력 측정 모니터링 시스템을 설치하여 외부기상조건의 변동에 따른 단열효과와 난방에너지 사용량을 모니터링하였다. 본 연구결과는 국내 간척지 온실단지 조성 시 현장 적용이 가능한 용수 공급 및 에너지 절감 방안 마련을 위한 기초데이터로 활용이 가능하며, 향후 안정적인 용수 공급 및 에너지 관리를 통한 농가의 안정적 작물 생산 및 경제적 향상에 기여할 수 있다.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421019-04)

\*Corresponding author, E-mail: ihseo@jbnu.ac.kr

# 스트링 샘플러의 공기 중 비산 농약 포집 효율성 평가

## Evaluating Airborne-spray-drift Collection Efficiency of String Samplers

이세연<sup>1</sup>, 박진선<sup>2</sup>, Daniel Kehinde Favour<sup>1</sup>, 최락영<sup>1</sup>, 홍세운<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 지역·바이오시스템공학과 & BK21 기후지능형 간척지 농업 교육 연구팀,

<sup>2</sup>전남대학교 농업생명과학대학 & 기후변화대응농생명연구소

Se-yeon Lee<sup>1</sup>, Jinseon Park<sup>2</sup>, Kehinde Favour Daniel<sup>1</sup>, Lak-young Choi<sup>1</sup>, Se-woon Hong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam National University & Education and Research Unit for Climate-Smart Reclaimed-Tideland Agricultural (BK21 four), Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

<sup>2</sup>AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

전 세계적으로 작물 생산을 위해 많은 농약을 살포하고 있다. 하지만 살포된 농약의 50% 이상이 비산되어 다양한 환경 및 건강 문제를 유발하고, 주변 지역에서 재배되는 농작물에 비의도적으로 혼입되어 경제 및 사회적 문제를 야기한다. 따라서 농경지와 주변 지역의 경계면에서 농약 비산량을 정량화하는 것이 매우 중요하다. 스트링을 사용한 선측정법은 농경지 경계 전체를 측정 범위로 포함하여 농약 비산량을 측정할 수 있다. 스트링은 넓이와 특성에 따라 비산된 농약을 포집하는 성능이 다르므로 현장에서 비산량을 측정하기 전 포집 성능 평가가 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 ISO 표준에서 권장하는 스트링 중, 재료와 두께(또는 직경)가 다른 9개의 스트링에 대한 포집 효율을 정량적으로 평가하고, 현장에서 사용하기에 가장 적합한 스트링을 선정하였다. 스트링 포집 실험은 실내 비산 터널에서 각 스트링별 4가지 풍속(0.5, 1.0, 2.0, 3.0 m/s)에 대하여 수행하였으며, 총유기탄소(TOC, Total Organic Carbon) 분석법으로 농약의 포집량을 분석하였다. 또한, 나일론 스크린을 사용하여 터널로 비산되는 총 비산량을 측정하여 스트링 포집 효율을 산출하는 데 활용하였다. 본 연구는 적절한 스트링을 샘플러를 선택하여 현장에서 농약 비산량을 정량적으로 측정하는 데 활용할 수 있다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호:PJ017065012023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*Corresponding author, E-mail: hsewoon@jnu.ac.kr

## 자연환기식 온실의 환기량 예측: 전산유체역학과 기계학습의 결합

### Predicting Ventilation Rates in Naturally Ventilated Greenhouses: Combining Computational Fluid Dynamics and Machine Learning

정효혁, 조정화, 최영배, 강솔모, 김다인, 이인복\*

서울대학교 지역시스템공학과

Hyo-Hyeog Jeong, Jeong-Hwa Cho, Young-Bae Choi, Sol-Moe Kang, Da-In Kim, In-Bok Lee\*

Department of Rural Systems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

농지 면적의 감소에도 불구하고 안정적인 작물 생산에 대한 수요 증가로 온실 면적은 증가하고 있다. 안정적인 생산성을 유지하기 위해 온도, 습도, 이산화탄소 농도 등 적절한 내부 환경이 유지되어야 한다. 적절하게 제어되는 자연환기는 냉난방에너지 비용을 줄일 수 있는 효율적이고 경제적인 방법이다. 자연환기를 예측하기 위해 전산유체역학(CFD) 기술이 활발하게 활용되고 있지만, 모델링에 상당한 계산 시간이 필요하다는 한계점이 있다. 반면, 기계학습 모델은 상대적으로 짧은 계산 시간이 소요되지만, 학습 데이터셋을 구성하는 전처리 단계에 상당한 노력이 필요하다. 따라서 본 연구는 온실의 자연환기량을 예측하기 위한 CFD 데이터를 학습데이터로 이용한 기계학습 모델 개발을 목적으로 하였다. 이를 위해 외부 풍향과 풍속 및 환기창 개방 조건을 고려하여 CFD 시뮬레이션을 수행하였으며, Tracer Gas Decay (TGD) 방법으로 온실의 27개 zone에 대한 지역별 환기량을 도출했다. CFD 시뮬레이션 결과 및 bootstrapping 기법을 이용하여 학습 데이터셋을 구성하였으며 Multiple Linear Regression, Random Forest, Support Vector Regression, and Deep Neural Network 모델을 개발하여 hyper-parameter 조정을 통해 예측정확도를 향상시켰다. 본 연구 결과를 통해 온실의 적절한 내부 환경 유지를 위한 효율적인 자연환기 방안 채택에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20212020800050)

\*Corresponding author, E-mail: iblee@snu.ac.kr

# 농업시설의 재생에너지 최적 조합 설계 프로그램 개발

## Development of Optimal Combination Design Program for Renewable Energy in Agricultural Facilities

이성원<sup>1</sup>, 서일환<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 농공학과, <sup>2</sup>전북대학교 지역건설공학과

Seong-Won Lee<sup>1</sup>, Il-Hwan Seo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

<sup>2</sup>Department of Rural Construction Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

2050 탄소중립 정책에 따라 농축산업에서 에너지를 청정에너지로 전환하는 목표를 설정하였으며, 재생에너지 3020 이행계획을 통해 30년까지 재생에너지 발전량 비중을 20%까지 확대하고자 한다. 농업 분야에서는 한 해 2,496 천 toe 수준의 에너지를 소비하며, 이 중 축산업에서는 약 20%를 차지한다. 농업 분야에서는 52% 이상 농기계로 사용됨에 반해 축산업에서는 동절기 난방을 위해 사용되는 양이 77%로 가장 높게 차지하며, 축종 중 돈사가 50%로 가장 높은 비율을 차지한다. 난방 에너지원은 화석 연료가 73.7%로 높은 비율을 차지하고 있어 환경적인 대책을 위해 신재생에너지의 활용이 요구되고 있다. 신재생에너지 중 GSHP(Ground source heat pump)는 안정적인 공급, 냉난방기술에 높은 적용성으로 양돈업에서의 활용성이 좋아 관심이 높아지고 있다. 정부에서는 GSHP의 보급을 위한 지원금을 지급하지만 초기 투자비용이 높아 단순 최대 부하량을 이용하여 용량을 산정할 경우 과대산정이 될 수 있다. 정부 지원금이 있지만 높은 설치비용은 농가에서 부담될 수 있으며, 한정된 지원금으로 인해 GSHP의 보급이 한정될 수 있다. 따라서 본 연구는 빌딩 에너지 시뮬레이션 해석을 기반으로 양돈장의 난방 부하량을 산정하고 경제성을 평가하여 GSHP의 적정 용량을 산정하는 프로그램을 개발하고자 한다. 프로그램에 사용될 양돈장의 규격은 농림부에서 제공하는 표준축사설계도를 대상으로 면적, 사육단계, 지역에 따라 구분하였다. BES(Building energy simulation)을 통해 3가지 항목에 따른 난방 부하량의 기초 데이터를 확보하였다. 확보된 데이터를 통해 추세식을 산출하여 프로그램에 적용하였다. 난방 부하량 추세식을 통해 돈사에서 사용되는 전기 보일러, 등유보일러, 온풍기의 설치비용을 고려하여 10년간의 소유비용을 비교하고 용량별 시나리오 분석을 통해 GSHP의 적정 용량을 산정하였다. 개발된 프로그램을 통해 양돈장에서의 GSHP 보급 및 지원 사업에 활용될 수 있다.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421019-04)

\*Corresponding author, E-mail: ihseo@jbnu.ac.kr

## 스투키의 잎 크기에 따른 이산화탄소 흡수율 비교

### Comparison of Carbon Dioxide Absorption Rates Based on the Size of a *Dracaena Stuckyi*'s Leaves

강대영<sup>1</sup>, 국중후<sup>1</sup>, 김나은<sup>1</sup>, 강명용<sup>1</sup>, 자안타 쿠마르 바삭<sup>2</sup>, 김현태<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 대학원 스마트팜학과(스마트팜연구소), <sup>2</sup>경상국립대학교 스마트팜연구소,

<sup>3</sup>경상국립대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

Dae-Yeong Kang<sup>1</sup>, Jung-Hoo Kook<sup>1</sup>, Na-Eun Kim<sup>1</sup>, Myeong-Yong Kang<sup>1</sup>, Jayanta Kumar Basak<sup>2</sup>,  
Hyeon-Tae Kim<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Smartfarm, Graduate School of Gyeongsang National University (Institute of Smartfarm), Jinju 52828, Korea

<sup>2</sup>Institute of smart farm, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>3</sup>Department of Bio-industrial Machinery Engineering, College of Agriculture and Life Sciences,  
Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

본 연구는 식물의 잎 크기(엽면적, 부피)를 통해 이산화탄소 흡수율과의 관계를 구명하고자 한다. 가스 크로마토그래피와 밀폐된 챔버를 이용하여 식물의 광합성 반응을 통한 이산화탄소 농도 변화를 파악하였다. 실험대상은 스투키(*Dracaena stuckyi*)이다. 밀폐된 챔버에 투입 전 3D 스캐너를 통해 엽면적과 부피를 파악하였다. 밀폐된 챔버는 아크릴 상자와 Sleeve septa로 구성되어있으며, 챔버 내 가스 포집을 위해 사용된 주사기는 3-way stopcock을 활용하여 가스 포집하였다. 실험기간은 3일에 거쳐 연속으로 진행되었다. 실험작물을 챔버 내에 넣기 직전에 3D 스캐너를 이용해 식물의 크기 측정하였으며, 포집된 가스의 이산화탄소 농도는 Gas Chromatography를 통해 분석하였다. 선행연구에서 구명되었듯이 엽면적과 광합성 반응에 따른 이산화탄소 흡수량의 상관성이 인정되었다. 하지만 부피 또는 두께와 광합성 반응에 따른 이산화탄소 흡수량은 연구가 진행되지 않았다. 실험 결과로는 밀폐된 챔버 내에서 실험작물의 광합성에 따른 이산화탄소 농도 변화량은 부피, 길면적, 두께 순으로 상관계수는  $r=0.883$ ,  $r=0.868$ ,  $r=0.679$ 로 양의 상관관계를 보였고, 선형 회귀분석을 통한 통계 분석은  $r=0.945$ ,  $R^2=0.893$ 으로 상관성이 인정되었다. 본 연구결과는 식물의 광합성 반응에 따른 이산화탄소 흡수량 파악을 위해 선행 연구결과와 같이 식물의 길면적을 포함해 부피와 두께도 활용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421040-04)

\*Corresponding author, E-mail: bioani@gnu.ac.kr

# 전국단위 권역별 농업지역 대기질 모니터링 시스템 구축

## Establishment of Air Quality Monitoring Systems in Agricultural Areas by Nationwide Region in Korea

오병욱<sup>1</sup>, 김진호<sup>2</sup>, 서일환<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 지역건설공학과, <sup>2</sup>전북대학교 지역건설공학과

Byung-Wook Oh<sup>1</sup>, Jin-Ho Kim<sup>2</sup>, Il-Hwan Seo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Rural Construction Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

<sup>2</sup>National Institute of Agricultural Sciences, Climate Change & Assessment Division, Wanju 55365, Korea

우리나라 농업부문의 연간 암모니아 배출량은 총 암모니아 배출량의 79%를 차지하고 있으며 지속적으로 증가하는 추세이다. 암모니아는 초미세먼지의 전구물질로 주목받으면서 이에 따른 관련법안 및 대책방안이 수립되고 있다. 특히 미세먼지와 암모니아 저감을 위해서는 농업 부문에서 발생하고 있는 암모니아의 배출특성을 파악하는 것이 중요하다. 2021년 기준으로 전국에 약 600여개의 대기오염 측정망이 있으나 농업지역의 대기질을 대상으로 하는 측정망은 전무한 상태이다. 또한 기존에 운영되고 있는 대기오염측정망 조사항목에 암모니아는 포함되어 있지 않다. 따라서 복잡하고 광범위한 농업지역에서 발생하는 대기오염물질의 발생량을 모니터링하기 위해서는 암모니아를 포함한 농업지역 대기질 모니터링 체계의 구축이 필요하다. 농업분야에서 발생하는 다양한 대기오염물질의 발생농도를 파악하고 이를 통해 미세먼지 및 2차생성물질에 대한 배출특성, 농업 영농활동에 따른 발생특성 분석이 필요하다. 본 연구에서는 우리나라 농업권역을 경기·강원권, 충청권, 호남권, 영남권으로 구분하여 지역적 배분을 통해 4개의 논지역과 4개의 밭지역을 선정하여 구축하였다. 측정 항목은 PM-10, PM-2.5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>이며, 신뢰도 높은 데이터 확보를 위해 환경부 인증 장비를 설치하여 측정소를 구축하였다. 또한 지역 및 지점 선정, 설치 지반공사, 측정소 구축 및 운영방안 등 농업지역 대기질 측정체계 구축 프로토콜을 마련하였다. 데이터 품질 향상을 위해 정기적인 검보정과 주기적인 영농현장 모니터링 확보 등 시·공간적인 데이터를 확보하였다. 이를 통해 대기질 모니터링 측정결과와 다양한 영양인자간의 분석을 통한 미세먼지 및 암모니아 발생특성을 규명하고, 미세먼지 및 암모니아 저감방안에 기초자료로 활용하고자 한다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ017075022023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*Corresponding author, E-mail: ihseo@jbnu.ac.kr

## Simulation Analysis of Radiation-temperature Ratio Using a Process-based Model of a Sweet Pepper

Hamin Yoon<sup>1</sup>, Taewon Moon<sup>1,2</sup>, Sungmin Kwon<sup>1</sup>, Dongpil Kim<sup>3</sup>, Tae In Ahn<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Agriculture, Forestry and Bioresources, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>3</sup>Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

Climate control is crucial in greenhouse cultivation because it affects a balance between source and sink strength as well as a balance between vegetative growth and reproductive growth. The radiation-temperature ratio (RTR) is a simple indicator to optimize crop growth in greenhouse by guiding temperature control according to daily light integral (DLI, MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). However, since the optimal RTR is determined empirically, theoretical discussion is needed for technical application in a commercial greenhouse. The objective of this study is to address the information gap on RTR as a greenhouse management indicator by utilizing a crop process-based model to interpret changes in RTR in relation to the internal processes of a crop. A mechanistic crop model, INTKAM, was modified to reflect a process-based mechanism underlying carbon assimilation and allocation, and two simulation scenarios were analyzed; scenario 1 (supplemental lighting) and scenario 2 (winter heating). Temperature and radiation data were collected from Mar 3, 2021 to Jul 5, 2021 for scenario 1 and from Aug 26, 2020, to Jan 25, 2021 for scenario 2. Sweet peppers (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) grown in the experimental greenhouse of Seoul National University (Suwon, Korea). For scenario 1, light-emitting diodes with the photosynthetic photon flux density of 71  $\mu$  mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> were simulated. For scenario 2, the daytime temperature and night temperature were increased 3 °C and 6 °C, respectively. In scenario 1, the average source-sink ratio (SSR) of days after anthesis increased from 0.83 to 1.13, while the ratio between vegetative growth to generative growth (RVG) decreased from 0.74 to 0.65. On the other hand, in scenario 2, SSR decreased from 0.95 to 0.77, while RVG increased from 0.68 to 0.81. These results indicate that the balance between carbon assimilation and utilization can be stabilized through supplementary lighting and winter heating. The optimal balance between source and sink strength was achieved when the daily mean temperature was regulated based on 20.89+0.66DLI. In conclusion, RTR can be used as an explanatory indicator for the source-sink ratio. Hence, the determination of optimal RTR will enable the advancement of crop modeling.

(This work was supported by IPET and KosFarm through the Smart Farm Innovation Technology Development Program, funded by MAFRA, ICT (MSIT), and RDA, 421001-03).

\*Corresponding author, E-mail: tiahn097@snu.ac.kr



O2-9

# 인공지능 기반 차세대 정보 통신 기술을 선도하고자 하는 (주)아이티컨버전스를 소개합니다.

## Introducing ITConvergens Co., LTD, Leading Next-generation ICT Based on AI

류중훈\*

(주)아이티컨버전스 기업부설연구소

Jonghun Ryu\*

Information Technology Convergence Co., LTD, Seoul 05720, Korea

(주)아이티컨버전스는 2014년 창업 후 모바일 영업지원 시스템(mSFA), 모바일 고객관리 시스템(mCRM) 등 Ain ERP 시스템 출시를 시작으로, 2015년부터 토마토 작물에 대한 기관 분리 및 계측 소프트웨어, 이미지를 통한 작물기관별 영상식별 및 분석 시스템, 영상 분석엔진 소프트웨어 등에 대한 다양한 특허 및 저작권을 보유하고 있습니다. 또한 ERP 기업용 솔루션 및 MES 생산관리시스템 등을 출시하여 스마트팜 분야의 작물영상 자동계측 시스템 및 코레일테크, 가스안전공사 등 공공기관을 포함하여 다양한 민간기관 등에 ERP 시스템을 성공적으로 납품하였습니다. 또한, 2018년부터 생육 자동측정 로봇, 병해충 자동진단 플랫폼 개발을 통해 스마트팜 영상계측 분야에 대한 사업 확장을 추진하고, 2019년에는 전라남도 나주에 지사를 설립하여, 생육 영상을 통한 작물 자동계측 기술을 국내 농가 보급을 위해 노력하고 있습니다. 최근에는 인공지능 기반 작물 자동생육계측 장치인 “이즈센스(IS-SSense)”를 국내 최초로 자체 개발하여 국내 농업기술원, 농업기술센터 및 대학 등 다양한 연구기관에 납품하여 현장 활용 및 기술 고도화에 노력 중입니다. 현재는 다분광 카메라 국산화 및 무선 토양 흡수율 센서 연구개발과 함께 인공지능 기반 제조생산 시스템 MES 불량검출 솔루션을 개발함으로써 제품 및 기술 솔루션에 대한 정밀 고도화를 통해 스마트팜 피노믹스 분야와 ERP 및 MES 분야등에 대한 다양한 인공지능 기반 차세대 기술을 선도하고자 합니다. 끝으로 저희 아이티컨버전스는 파트너사를 포함한 다양한 고객과의 신뢰를 바탕으로 서로 win-win할 수 있는 최상의 파트너십을 구축해 나갈 것이며, ‘고객의 성공이 바로 아이티컨버전스의 성공’이라는 목표로 다양한 파트너사들과 성공적인 가치 창출을 위해 항상 최선을 다할 것입니다.



이즈센스(Is-Ssense)



작물 자동계측 및 환경  
데이터 모니터링



작물생육측정로봇



미소해충 포집기



다분광 카메라(시제품)



AI 기반 MES 시스템



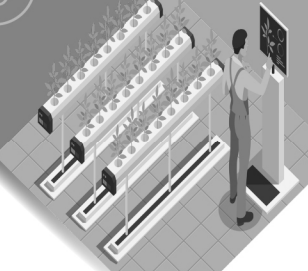
코레일테크 ERP 시스템



가스안전공사 ERP 시스템

\*Corresponding author, E-mail: yhlee0621@hanmail.net





# 조절 분과





# 기계학습을 이용한 온실 환경 예측 모델 개발 및 최적화

## Development and Optimization of Greenhouse Environment Forecasting Model Using Machine Learning

오광철<sup>2</sup>, 김석준<sup>1</sup>, 박선용<sup>1</sup>, 조라훈<sup>1</sup>, 전영광<sup>1</sup>, 이충건<sup>2</sup>, 김대현<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 스마트농업융합학과, <sup>2</sup>강원대학교 농업생명과학연구원, <sup>3</sup>강원대학교 바이오시스템기계공학

Kwang Cheol Oh<sup>2</sup>, SeokJun Kim<sup>1</sup>, SunYong Park<sup>1</sup>, LaHoon Cho<sup>1</sup>, Young Kwang Jeon<sup>1</sup>,  
ChungGeon Lee<sup>2</sup>, DaeHyun Kim<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>2</sup>Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>3</sup>Department of biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

본 연구는 스마트온실 농가에서 사용하는 에너지 최적화를 위하여 내부 환경예측 모델이 개발되었다. 최근 지구온난화 문제로 인하여 다양한 분야에서 에너지 절약과 환경 보호의 중요성이 대두되고 있으며 식량수확량 감소와 더불어 농업환경 시스템의 에너지 저감 연구 필요성도 증대되고 있다. 스마트농업 온실의 효과적인 냉·난방 부하 제어를 위해서는 내부 환경예측이 필수적으로 요구되며, 다양한 방법이 연구되어왔다. 하지만 기존 시뮬레이션 분석은 가외 변인(Extraneous variable)인 태양광, 외기 온·습도로 인한 한계점이 존재한다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 최근 각광받고 있는 인공지능을 활용한 기계학습 기반 온실 내부 환경 예측 모델개발을 수행하였다. 기계학습 모델은 다양한 사례분석(Case study)을 통하여 개발되며 매개변수와 학습방법에 따라 모델의 정확도가 크게 변화된다. 시뮬레이션 범위는 30분, 1시간, 2시간, 3시간으로 이루어졌으며 예측결과 평균  $r^2$  0.7135, RMSE 2,1024로 나타났다. 기계학습은 경험적 모델로 시스템 및 수집데이터 및 특성에 따라 다양한 분석 방법이 요구되었으며, 기상 데이터를 활용한 온실 내부 환경 예측 모델 개발 가능성이 검증되었다. 이후 모델 개선을 통하여 실제 온실 시스템 제어를 효과적으로 수행하기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2021 R1A6A1A0304424211 and 2022R1C1C2009821)

\*Corresponding author, E-mail: daekim@kangwon.ac.kr

## 과수원에서 토양수분센서의 적절한 설치 위치 선정

### Selecting the Appropriate Installation Position of Soil Moisture Sensors in Orchards

김종균, 김종윤\*

고려대학교 식물생명공학과

Jongkyun Kim, Jongyun Kim\*

Department of Plant Biotechnology, Korea University, Seoul 02841, Korea

노지 스마트팜 기술 중 노지 토양의 효율적인 수분 관리를 위하여 토양수분센서를 활용할 수 있으나, 센서의 특성을 이해하며 알맞게 설치하여야 한다. 특히 과수 작물의 뿌리는 토양에 넓게 분포하므로 작물이 활발하게 수분을 흡수하는 부위의 토양수분함량을 정확히 측정하기 위해서는 센서 설치 위치를 알맞게 고려하여야 한다. 이에 본 연구에서는 다양한 토양 특성을 지닌 국내 세 곳의 과수 포장(사과, 배, 포도)에서 각각 9-10개의 토양수분장력센서(TEROS 21)를 다양한 위치에 설치하여 각 위치에서의 토양수분장력 변화 값을 모니터링하였다. 토양수분장력 값의 변화는 일반적으로 토심이 깊고 수간에서 멀수록 더 작았으며, 이는 대부분 과수 작물의 천근성 특성에 기인한 것으로 판단하였다. 또한 토양수분장력 값의 변화는 센서 설치 위치, 과수 종류, 연도에 따라 달랐다. 2021년 사과 포장에서는 지제부로부터 깊이 10cm, 거리 40cm에서 가장 큰 변화가 나타났으며, 2022년에는 깊이 10cm, 거리 20cm에서 가장 큰 변화가 나타났다. 배 포장에서는 2021년에 지제부로부터 깊이 30cm, 거리 60cm에서 토양수분장력 값의 변화가 가장 컸으나, 2022년에는 깊이 10cm, 거리 20cm에서 변화가 가장 크게 나타났다. 포도원의 경우 2021년에는 지제부 주변에서만 토양수분장력 값이 크게 변화했으나, 2022년에는 지제부에서 더 멀리 떨어진 지점에서도 변화가 나타났다. 본 연구 결과는 토양수분센서를 활용하여 과수원 토양의 수분 상태를 알맞게 측정하기 위해서는 센서 설치 시 뿌리의 위치를 고려해야 하며, 작물 뿌리 생장에 의하여 수분 흡수가 활발한 위치가 변화함을 나타내었다. 이에 과수원에서 토양수분센서를 사용할 시에는 지속적으로 수분 변화 값을 모니터링하고, 필요할 시에 센서 설치 위치를 알맞게 변경해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 농촌진흥청 농업정책지원기술개발사업(PJ015643)의 지원에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding author, E-mail: jongkim@korea.ac.kr

## Development of Fresh Weight Estimation Model for Butterhead Lettuce (*Lactuca sativa L.*) Using Computer Vision Based on Regression Analysis

Jung-Sun Gloria Kim<sup>1,2</sup>, Jun Young Park<sup>1</sup>, Soo Chung<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Integrated Major in Global Smart Farm, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>3</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Computer vision has been widely used to monitor because it can monitor health conditions and growth without direct contact with the plants, and reduces labor intensive processes that humans had to walk in the field and observe. This research was designed to contactlessly estimate fresh weight of the butterhead lettuce using computer vision based on regression analysis. Images were collected consistently with a 4 cameras attached linear motion guide installed on the cultivating bed in the plant factory. The process of growing crops for 4 weeks were repeated 3 times from September 30, 2022 to January 10, 2023. Around 14 heads of butterhead lettuce were harvested every week to measure the weight. were harvested to measure the weight every week. Totally, we collected the weight of 169 butterhead samples and the corresponding top view images of them. Collected images were processed to minimize the size, remove noises, segment the foreground from the background, and ultimately extract features of area, perimeter, major axis length, and minor axis length. With five variables, various models based on regression analysis were conducted to predict fresh weight from the images of the butterhead lettuce. The results of R-squared values were over 0.7 and it showed that estimating the fresh weight of butterhead lettuce using computer vision based on regression analysis is effective to use in the field. Currently, a single model has been applied to all of the growth stages, the overall weight prediction performance is expected to increase by subdividing the growth stages and applying the appropriate model to each stage.

This work was supported by the New Faculty Startup Fund from Seoul National University. (Project No. 500-20220186).

\*Corresponding author, E-mail: soochung@snu.ac.kr

## 컨테이너형 식물공장의 연간 에너지 요구량 분석

### Energy Demand Analysis of a Lettuce Growing Container Farm

최은정, 김재현, 이상민\*

한국기계연구원 무탄소연료발전연구실

Eun Jung Choi, Jaehyun Kim, Sang Min Lee\*

Department of Zero-carbon Fuel & Power Generation, Korea Institute of Machinery & Materials, Daejeon 34103, Korea

본 연구에서는 상추 재배 컨테이너형 식물공장을 대상으로 내부 및 외부 기상 환경 조건 변화에 따른 식물공장의 에너지 요구량 분석을 수행하였다. TRNSYS18을 활용하여 식물공장의 에너지 해석 모델을 개발하였으며, 개발 모델은 실제 컨테이너의 내부 환경 데이터를 활용하여 검증하였다. 내부 환경 조건 변화에 따른 식물공장 에너지 요구량을 살펴보기 위해, 대전 지역 기후 조건에서 일장, 내부 설정 온도 및 습도의 변화에 따른 결과를 살펴보았다. 에너지 해석 모델 분석 결과 일장 및 설정 온도의 증가는 식물공장의 연간 에너지 요구량을 증가시키고, 설정 습도의 증가는 에너지 요구량을 감소시키는 것으로 나타났다. 또한 외부 기상 환경 조건에 따른 영향을 살펴보기 위해, ASHRAE에서 제시한 전 세계 기후 ZONE 중 9개 기후 조건에 따른 연중 에너지 요구량 변화를 살펴보았다. 분석 대상 기후 중 고온·건조한 기후 조건(대표도시 카이로, 이집트)에서 연간 에너지 요구량이 가장 크게 나타났으며, 저온·다습한 기후 조건(대표도시 모스크바, 러시아)에서 에너지 요구량이 가장 작게 나타났다. 이때 도시에 따른 연간 요구량 차이가 21.7%임을 확인하였다. 본 연구의 결과는 에너지 요구량 고려 재배 환경 조건 도출 및 지역 기후 환경에 따른 적정 생육환경 작물 선정 등에 활용될 수 있다.

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421008-04).

\*Corresponding author, E-mail: victlee@kimm.re.kr



# CNN 기반 딥러닝 알고리즘을 이용한 콩 및 옥수수 우점 잡초 분류 모델 개발

## Development of Classification Model of Dominant Weed Species in Soybean and Corn Field using CNN-based Deep Learning Algorithm

노승우<sup>1,2</sup>, 박성민<sup>4</sup>, 홍석주<sup>3</sup>, 김상연<sup>1</sup>, 김응찬<sup>1,2</sup>, 이창협<sup>1,2</sup>, 김성제<sup>1</sup>, 류지원<sup>1,2</sup>, 누르히스나<sup>4</sup>,  
김대영<sup>1,2</sup>, 김규민<sup>1</sup>, 김기석<sup>1,2,4\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 농업생명과학대학 바이오시스템공학과, <sup>2</sup>서울대학교 융합전공 글로벌 스마트팜,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부, <sup>4</sup>서울대학교 농업생명과학연구원

Seung-Woo Roh<sup>1,2</sup>, Seungmin Park<sup>4</sup>, Suk-Ju Hong<sup>3</sup>, Sang-Yeon Kim<sup>1</sup>, Eungchan Kim<sup>1,2</sup>,  
Chang-Hyup Lee<sup>1,2</sup>, Sungjay Kim<sup>1</sup>, Jiwon Ryu<sup>1,2</sup>, Nandita Irsaulul Nurhisna<sup>4</sup>, Dae Young Kim<sup>1,2</sup>,  
Kyumin Kim<sup>1</sup>, Ghiseok Kim<sup>1,2,4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Global Smart Farm Convergence Major, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University,  
Seoul 08826, Korea

<sup>3</sup>Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju 54875, Korea

<sup>4</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences, College of Agriculture and Life Sciences,  
Seoul National University, Seoul 08826, Korea

잡초는 농경지의 영양분을 작물과 경쟁적으로 흡수하여 농업 생산물의 생산량 감소 및 품질 저하를 일으킨다. 잡초의 적절한 방제법을 판단하기 위해서는 잡초의 초종을 정확하게 진단할 필요가 있다. 이전의 잡초 진단법은 전문가 의존적인 방식으로 많은 시간적 경제적 비용을 소모하였다. 이에 현 잡초 진단 분류 연구는 정보 처리 기술의 발전과 결부되어 영상 정보를 기반으로 영상 처리 알고리즘을 이용하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다. 합성곱신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 영상 데이터의 특징 추출에 특화된 기술이다. 추출된 특징과 딥러닝 알고리즘을 통해 모델을 학습시키면 이미지 입력 시 어느 잡초인지 예측이 가능하다. 본 연구에서는 RGB 센서를 통해 얻어진 잡초 이미지 데이터를 이용하여 CNN 기반의 딥러닝 분류 모델을 학습 및 잡초 분류 성능을 평가하였다. 분류 대상이 되는 잡초는 콩 및 옥수수 밭에서 주로 자라는 것으로 확인된 14종의 잡초를 선정하였다. 이후 6종의 딥러닝 모델에 대하여 손실 함수가 최소가 되는 방향으로 학습을 진행하여 모델 간 분류 정확도를 비교 분석하였다. 딥러닝 모델의 분류 성능은 정확도 97% 내외로 산업 현장에 적용하기에 적절한 수준으로 판단된다. 본 연구를 통해 잡초 분류 과정을 간편화 및 간소화하여 농업인에게 정확한 방제 방법을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 농림수산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜 다부처패키지혁신기술개발 차세대융합 원천기술 연구사업의 지원을 받아 연구되었음 [421031-04]

\*Corresponding author, E-mail: ghiseok@snu.ac.kr

## Development of CIELAB Color Space-based Semantic Segmentation Algorithm for Crops with Long Narrow Leaves Using UAV RGB Imagery

Dong-Wook Kim<sup>1</sup>, Gyujin Jang<sup>1,2</sup>, Hak-Jin Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Integrated Major in Global Smart Farm, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Image segmentation is fundamental and important in agricultural crops using remote sensing technology. Many issues, such as crop growth stage prediction, crop line detection, crop density estimation, cover crop identification, leaf disease detection, and crop biomass monitoring, are highly dependent on the performance of crop segmentation algorithms. Under field conditions, crop segmentation for unmanned aerial vehicle (UAV) imagery should be more sophisticated considering geometric distortion of images by wind and illumination variations. In Korean crops, a plastic mulch used to restrict weeds and prevent cold weather damage makes the background more complex. In addition, in the presence of various Korean crops grown in the field, the boundary between crops and background may become unclear and complicated due to varying sunlight conditions that generate shadows and reflections. In our previous study, excess green and CIE L\*a\*b\* color space were used for the segmentation of four different crops, i.e., Chinese cabbage, white radish, onion, and garlic. However, it was reported that the segmentation performance was strongly limited when crops with long and narrow leaves, such as onion and garlic, were in the early growth stages owing to higher effect of shadow. In this study, a CNN-based crop segmentation algorithm was developed to effectively separate crops from background consisting of soil, plastic mulch from UAV RGB images. A two-year field experiment was conducted during the 2017 and 2018 growing seasons to validate learning model using a separate dataset. RGB images were collected using the UAV flying over the test fields at 10 m above ground level (AGL) on almost 1-week interval. The RGB-based a\* band images were exquisitely binarized into crops and backgrounds using manual threshold. The binary images were used as an annotation file showing the positions of crops and backgrounds to construct training data for semantic segmentation. The orthomosaic UAV images from early to late growth stages were cropped to a size of 256 by 256 pixels. The U-Net model was developed using 70% of the 2017 data for training and 30% for validation. The developed model was tested using the 2018 data. As a result, the average segmentation accuracy was 90.1%. In further studies, it is expected that crop segmentation performance can be improved by increasing the accuracy of the a\*band-based annotation file.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through Open Field Smart Agriculture Technology Short-term Advancement Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(322032-3)

\*Corresponding author, E-mail: kimhj69@snu.ac.kr

# Amodal 분할 방법을 이용한 오이 개체 분할 및 차폐 영역 복원

## Using Amodal Segmentation for Cucumber Segmentation and Recovery of Obscured Area

김성제<sup>1</sup>, 박성민<sup>3</sup>, 김응찬<sup>1,3</sup>, 이창협<sup>1,2</sup>, 누르히스나<sup>3</sup>, 김기석<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 농업생명과학대학 바이오시스템공학과, <sup>2</sup>서울대학교 융합전공 글로벌 스마트팜,

<sup>3</sup>서울대학교 농업생명과학연구원

Sungjay Kim<sup>1</sup>, Seongmin Park<sup>3</sup>, Eungchan Kim<sup>1,3</sup>, Chang-Hyup Lee<sup>1,2</sup>, Nandita Irsaulul Nurhisna<sup>3</sup>, Ghiseok Kim<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>Global Smart Farm Convergence Major, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>3</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

오이(*Cucumis sativus*)는 수확 환경에서 유사한 색의 잎에 의해 가려져 있는 경우가 많으며 원형 혹은 타원형에 가까운 과실과는 달리 다양한 형상학적 특성을 보이기 때문에 탐지에 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 오이의 차폐된 영역을 복원하여 오이 개체에 대한 인식 성능을 개선하고자 하였다. 오이 영상 데이터는 김제시와 고흥군에 위치한 두 시설오이 농가에서 수집되었으며 차폐 효과를 생성하기 위해 전체 영역이 확보된 오이 개체에 대해 가상의 잎을 중첩시켰다. 오이 영상 데이터에 대해 최적의 방법을 찾기 위해 amodal 분할 방법을 제안하였으며, 특히 auto-encoder 기반의 방법들에 대해 ablation study를 진행한 후 U-net 재구성 네트워크를 사용한 새로운 방법을 제안하고 그 결과를 기존의 방법과 비교하였다. Ablation study 결과 추가 과정이 없는 모델 가장 좋은 성능을 보였으며 그 결과는 AP 49.31, AP50 82.39이었다. 추론 시간은 영상 당 233 ms 보여주었다. 새롭게 제안된 U-net 재구성 네트워크 기반의 모델은 50.06의 AP, 82.43의 AP50을 보여주었으며, 영상 당 220 ms의 추론 시간으로 auto-encoder 기반 모델의 성능을 능가하였다. 따라서, 제안된 U-net 재구성 네트워크는 차폐 환경에서 오이 개체 분할의 정확도를 향상시키는 데 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구는 amodal 분할 모델을 이용해 차폐된 오이 개체에 대한 탐지 성능을 개선하고 이를 통해 수확로봇의 농산물 개체 인식 성능을 개선하는데 기여하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

본 연구는 농림수산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜 다부처패키지혁신기술개발 차세대융합 원천기술 연구사업의 지원을 받아 연구되었음 [421031-04]

\*Corresponding author, E-mail: ghiseok@snu.ac.kr

# DCGAN 기반 이미지 데이터 증강을 이용한 참외 주요 엽병 진단 모델 성능 향상

## Improving Oriental Melon Leaf Disease Recognition Model Using Image Data Augmentation with DCGAN

강명용<sup>1</sup>, 국중후<sup>1</sup>, 강대영<sup>1</sup>, 김나은<sup>1</sup>, 자안타 쿠마르 바삭<sup>2</sup>, 김현태<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 대학원 스마트팜학과(스마트팜연구소), <sup>2</sup>경상국립대학교 스마트팜연구소,

<sup>3</sup>경상국립대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

Myeong-Yong Kang<sup>1</sup>, Jung-Hoo Kook<sup>1</sup>, Dae-Yeong Kang<sup>1</sup>, Na-Eun Kim<sup>1</sup>, Jayanta Kumar Basak<sup>2</sup>,  
Hyeon-Tae Kim<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Smartfarm, Graduate School of Gyeongsang National University(Institute of Smartfarm), Jinju 52828, Korea

<sup>2</sup>Institute of smart farm, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>3</sup>Department of Bio-industrial Machinery Engineering, College of Agriculture and Life Sciences,  
Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

최근 딥러닝을 활용한 식물 질병 진단 모델을 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. 하지만 딥러닝 모델의 성능을 향상시키기 위해서는 방대한 양의 데이터를 필요로 한다. 이를 보완하기 위한 데이터 증강 방법으로 이미지 대칭, 밝기 조절, 회전 등의 이미지 변형 기법을 사용하는 방법이 있지만, 이미지의 다양성을 향상시키기에는 제한적이다. Generative Adversarial Networks (GAN)은 같은 실제 데이터와 비슷한 데이터를 생성해내는 모델로서 효과적인 데이터 증강 방법으로 알려져있다. 본 연구에서는 Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGAN) 기반의 이미지 데이터 증강이 CNN 기반의 모델인 AlexNet, VGG16, GoogLeNet에 대한 정확도 향상에 미치는 효과를 평가하였다. 이를 위해 온실에서 재배되는 참외 작물의 정상엽, 흰가루병 및 노균병에 대해 수집된 이미지 데이터를 사용하였다. 세 모델 모두 데이터 증강 이후에 더 높은 정확도를 보여주었다. 특히, AlexNet의 흰가루병에 대한 정확도는 51%에서 97%로, VGG16의 흰가루병에 대한 정확도는 55%에서 99%로 증가했다. 본 연구결과는 참외 엽병 진단 모델의 정확도를 향상시키기 위해 DCGAN 기반의 이미지 데이터 증강을 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농식품기술융합창의인재양성사업의 지원을 받아 연구되었음(717001-7)

\*Corresponding author, E-mail: bioani@gnu.ac.kr

# 온실용 로봇의 위치 추정 및 경로 추종을 위한 센서퓨전 기술 개발

## Development of Sensor Fusion Technology for Pose Estimation and Path Tracking of Greenhouse Robots

신승렬<sup>1,2</sup>, 김학진<sup>1\*</sup>, 정환홍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 바이오시스템공학과, <sup>2</sup>(주)정원에스에프에이

Seung-Ryeol Shin<sup>1,2</sup>, Hak-Jin Kim<sup>1\*</sup>, Hwan-Hong Jeung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

<sup>2</sup>CheungWon SFA CO., LTD., Seoul 08389, Korea

온실 내 노동력 감소와 인적 손실을 줄이는 방안으로 농작업 자동화의 필요성이 대두된다. 온실의 가변적 조건들은 자동화에 있어 제약사항으로 작용하고, 온실용 로봇이 무인으로 농작업을 수행하기 위해서는 환경적 조건을 고려한 주행 방법들이 필요하다. 본 연구에서는 온실 작업 환경에서 로봇이 안정적이고 작동 환경에 능동적인 대처가 가능하도록 온실용 로봇의 위치 추정 및 경로 추종 시스템을 개발하고 실제 환경에서 평가한다. 대규모 온실 환경에서 저비용 센서들을 이용해 개방된 중앙통로와 작물이 우거진 작업통로를 공간적으로 구분하고 자율적으로 주행하기 위해 스테레오 카메라, IMU, 1D LiDAR를 선택적으로 사용하는 센서 퓨전 방법으로 위치 추정 안정성을 확보한다. 작업 경로 추종을 위해 깊이 카메라만으로 온수파이프가 설치된 작업통로를 검출하고, VGG16 딥러닝 모델로 작업통로가 맞는지 최종적으로 검토해 안정적으로 주행한다. 센서퓨전 기반의 위치 추정은 단일 센서 사용 대비 1km 당 88% 이상 성능 향상을 보였으며, 240개의 작업통로에 대해 99.8%의 정확도로 작업통로 검출 및 경로 추종이 가능했다. 결과적으로 센서퓨전을 통해 강건한 위치 추정 성능 확보 및 안정적인 경로 추종을 통해 다목적 농작업을 위한 기초 로봇 플랫폼으로 활용될 것으로 기대된다.

본 연구는 농림축산식품부, 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발사업(421003-04)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*Corresponding author, E-mail: kimhj69@snu.ac.kr

