



포스터발표



오렌지3 프로그램을 이용한 고추의 병해 예측

Estimation of Chili Diseases Using Orange 3 Program

조영열^{1,2*}, 곽나영¹, 쿠라마테나게 피우미 사우미야 쿠마라테나¹, 성보현¹

¹제주대학교 원예학과, ²제주대학교 아열대농업생명과학연구소, 친환경연구소

Young-Yeol Cho^{1,2*}, Nayoung Kwak¹, Kumarantennage Piumi Saumya Kumaratenna¹,
Bo Hyun Sung¹

¹Department of Horticultural Science, College of Applied Life Sciences, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, SARI, Jeju National University,
Jeju 63243, Korea

컴퓨터를 이용한 이미지 처리는 주관적이고 관찰자의 심리적 상태에 영향을 받는 시각적 방식보다 더 정확하고 객관적일 수 있다. 본 연구는 오렌지3 프로그램을 이용하여 고추의 질병을 예측하고자 실시되었다. 이미지 획득은 Kaggle 홈페이지에서 제공한 고추 병해 사진을 이용하였다. 이미지는 healthy, leaf curl, leaf spot과 yellowish로 분류하였다. 인공지능 프로그램으로는 오렌지3을 이용하였다. 오렌지3 프로그램에서 Image Analytics 위젯 모음을 이용하였다. 테스트를 위해 사용된 위젯은 Import Image, Image Embedding, Test and Score, Confusion matrix와 인공지능 위젯은 Logistic regression과 Neural network가 사용되었다. 예측을 위해 사용된 위젯은 Import image, Image Embedding, Predictions과 Confusion matrix가 사용되었다. CNN 인공지능 모델로는 Inception V3를 이용하였다. 테스트를 위해 사용된 인공지능 Logistic regression의 Precision, Recall, F1 수치는 각각 0.744, 0.746과 0.745였으며, Neural network의 Precision, Recall, F1 수치는 각각 0.740, 0.743과 0.741였다. 예측된 결과, 인공지능 Logistic regression의 Precision, Recall, F1 수치는 각각 0.845, 0.825와 0.829였으며, Neural network의 Precision, Recall, F1 수치는 각각 0.861, 0.850과 0.853였다. 고추의 병해를 예측하기 위해서는 Neural network가 적합하다고 판단하였다. 본 연구 결과는 고추 재배 기간동안 발생하는 병해에 대해 신속하게 예측할 수 있는 방법으로 활용될 수 있으며, 식물 병과 관련한 산업 분야에 활용 가능성이 있을 것으로 본다.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술사업의 지원을 받아 연구되었음(421001033WT011).

*Corresponding author, E-mail: yycho@jejunu.ac.kr

Possibility of Using Activated Carbon Media for Growing ‘Sulhyang’ Strawberry

Saleha Farjana¹, In Sook Park¹, Myong Sun Park¹, Duck Yeong Kim², Jong Myung Choi^{1*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Misung IND Co., Ltd., Yesan 32400, Korea

This study was conducted to establish the appropriate root media for raising strawberry mother plants of ‘Sulhyang’ strawberry. Six different root media were prepared with peat moss, coir dust, perlite, charcoal, and seaweed extract, which were then fertilized with 4 L fertilizers (N-P₂O₅-K₂O, 17-17-17, Farm Hannong Co. Ltd) in each root medium at the rate of 5 kg / 25 L and kept in rest for 24 hours to reach the equilibrium. Seedlings were transplanted to rectangular sized plastic box filled with prepared root media followed by watering. N-P₂O₅-K₂O (18-18-18, Haifa Chemicals Ltd.) nutrient solutions were automatically applied three times a day for three minutes duration. The growth of the mother plants was investigated at 50 days after transplanting. Data on root media pH, EC, and concentrations of macro and micro elements, and the tissue nutrient contents of oven dried mother plants were collected and analyzed. The differences observed in the root medium pH among the treatments (4.70-5.26) were not statistically significant. The greatest growth of mother plants in terms of dry weight data were observed with treatment 4 (peat moss + coir dust + perlite + charcoal + seaweed extract: 40% + 40% + 10% + 10% + 1.0 mL·L⁻¹). The root media nutrient concentrations were 4.83 mg·L⁻¹ NO₃⁻; 8.10 mg·L⁻¹ PO₄³⁻; 1.29 mg·L⁻¹ NH₄⁺; 5.30 mg·L⁻¹ K⁺; 0.90 mg·L⁻¹ Ca²⁺. Furthermore, the tissue N content of ‘Sulhyang’ strawberry at their highest growth was 4.0 %, based on the dry weight of the aboveground tissue. On the other hand, the root length and weight were maximum at treatment 5 (peat moss + coir dust + perlite + charcoal + seaweed extract: 35% + 35% + 10% + 20% + 1.0 mL·L⁻¹), in which the root media nutrient concentrations were 6.94 mg·L⁻¹ NO₃⁻; 16.63 mg·L⁻¹ PO₄³⁻; 4.37 mg·L⁻¹ NH₄⁺; 11.11 mg·L⁻¹ K⁺; 0.93 mg·L⁻¹ Ca²⁺. And the tissue N content was 4.4 % which was higher than treatment 4 (total porosity, container capacity, and air-filled porosity were 81.4, 70.9, and 10.5%, respectively). However, the differences observed in the dry weights of the mother plants among treatments of ‘Sulhyang’ strawberry were highly significant. The above results indicate that, the vegetative growth as well as the root growth of ‘Sulhyang’ strawberry is highly influenced by the composition of root media used in cultivation. And for the highest shoot growth, ‘Sulhyang’ strawberry required a mixture of peat moss, coir dust, perlite, charcoal, and seaweed extract in a ratio of 40%, 40%, 10%, 10%, and 1.0 mL·L⁻¹, respectively; and for larger and expanded root system treatment 5 was required.

Following are results of a study on the “Leaders in INdustry-university Cooperation 3.0” Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea

*Corresponding author, E-mail: choi1324@cnu.ac.kr

Modeling the Irrigation Amount of Water for Cucumber Based on Evapotranspiration in a Greenhouse

Hyun-kyung Jeong*, GeeYoung Lee, Yun-Kyeoung Jeoung, Young-Seok Lee, Nam-Won Park,
Su-Yeon Lee

Horticultural Research Division, Gyeonggi-Do Agricultural Research and Extension Services, Hwaseong 18388, Korea

The domestic cucumber cultivation area in South Korea is 4,121ha as of 2021, of which 72% (3,008ha) was cultivated in facilities such as greenhouses. The amount of water required per cucumber is about 40ml/day at the early growth stage, increases rapidly from the fruit growing stage, and reaches about 1.5~2L/day at the harvest stage. Without sufficient irrigation, cucumbers grow smaller and lose their marketability as a product. This study was carried out to predict the water demand of cucumbers based on transpiration amount and establish a precise irrigation strategy to set the water supply. Semi-forcing and suppressive cucumber cultivation were carried out for two years (2021-2022) and environmental and growth data such as cumulative solar radiation and leaf area index etc. were collected. Comparative studies on machine learning algorithms was conducted to evaluate the best transpiration estimation models. As a result, it was confirmed that the Boosted decision tree algorithm showed that the average absolute error (MAE) value was the smallest at 118.9 ($R^2=0.93$) and selected for the transpiration estimation model. The empirical cultivation test was conducted during the autumn season in 2022 and the yield per plant of the transpiration-based irrigation (2.46 kg/plant) was higher than the control (2.29 kg/plant) with no statistically significant difference. It was confirmed that agricultural water 14L per cucumber plant can be reduced by estimating the transpiration of cucumbers cultivated in smart farms and setting the amount of water supplied based on that. Based on this research, it can be used as a basic technology for water supply management of smart farm cultivation cucumbers and applied to decision-making support based on crop growth information and automated greenhouse control.

*Corresponding author, E-mail: jhk86@gg.go.kr

The Effect of CO₂ Fertilization on the Growth of Cut Flower

Seonjin Lee, Wonsuk Sung*, Donguk Park, Pilsoo Jeong
DAONRS Inc., Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

In this study, we investigated the effect of CO₂ fertilization on the growth and production of cut flowers in a greenhouse. We grew *Alstroemeria* 'Hanhera' in two greenhouses. A CO₂ generator was installed at one greenhouse (CO₂-treated greenhouse) and the other greenhouse (non-treated greenhouse) maintained environment without additional supply of CO₂. The CO₂ generator generated 0.36 kg/h CO₂. We had the CO₂ concentration managed approximately 644 ppm from 6:00 to 10:00 in CO₂-treated greenhouse. We found that the application of CO₂ fertilizer increased marketable crop yields by approximately 62% at the CO₂-treated greenhouse compared to the non-treated greenhouse. Also, the number of flowers per flowering shoot at the CO₂-treated greenhouse was 1.3 times higher than at the non-treated greenhouse. Moreover, shoot length of cut flowers was also increased by 82% at the CO₂-treated greenhouse compared to the non-treated greenhouse. Consequently, these results suggest that the application of CO₂ fertilization can be an effective method to increase cut flower production and it helps farmer get high profit.

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(821046033SB010).

*Corresponding author, E-mail: wssung@daonrs.kr

식물공장 토마토 육묘를 위한 육묘배지 및 포트 선정

Selection of Proper Media and Pot for Tomato Seedling in a Closed-type Plant Factory System

이지영*, 정현경, 이영석, 박남원, 정윤경, 이수연

경기도농업기술원 원예연구과

Gee Young Lee*, Hyun-Kyung Jeong, Young-seok Lee, Nam-Won Park, Yun-Kyeong Jeong, Su-Yeon Lee

Horticultural Research Division, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong, 18388, Korea

토마토는 여름 육묘시 고온으로 묘가 도장하고 연약해지기 쉬워 연중 안정적인 건전묘 생산을 위해 식물공장 토마토 육묘에 적합한 배지 및 포트를 선발하고자 시험을 실시하였다. 시험품종은 'Dafnis' 품종으로 파종 후 본엽이 2~3매 전개된 묘를 밀폐형 식물공장 육묘시스템(수경재배시스템)에 정식하여 4주간 육묘하였다. 재배 환경은 LED 적색칩과 청색칩의 비율이 1:1인 광원을 사용하여 $350\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광량에서 광주기 14/10hr, 온도 25/20℃로 관리하였고 양액은 아마자키 토마토 배양액을 EC 1.2~1.8dSm⁻¹으로 공급하였다. PLA 재질의 육묘용 원형 포트를 제작하여 우레탄스펀지, 코코피트, 그로우폼, 암면배지에서 육묘하였고 그중 우레탄스펀지와 코코피트배지를 이용하여 육묘용 포트 공극크기를 0~0.9mm로 달리하여 시험하였다. 생육조사는 정식후 7일간격으로 초장, 경경, 묘층실도 등 생육특성과 뿌리영김 정도를 조사하였다. 육묘용 배지 4종을 시험한 결과 우레탄스펀지와 코코피트를 이용하여 육묘하였을때 엽수, 엽면적, 경경, 경도 등 묘소질 및 묘층실도가 양호하였다. 포트 공극크기별 시험은 코코피트 배지를 사용하였을때는 0.3mm 이상의 공극 포트에서 생육은 양호한 편이었으나 육묘 후 하우스 정식 전에 코코피트 용토의 부서짐 현상이 발생하였다. 우레탄 스펀지배지에서는 0.7mm 이상의 공극에서 묘 생육이 양호하였을 뿐만 아니라 뿌리 영김현상이 적어 정식전 묘 분리작업시간도 단축되었다. 이의 결과로 식물공장에서 토마토 육묘시 스펀지배지를 이용하여 0.7~0.9mm의 공극형 포트를 사용함으로써 정식시 뿌리 영김현상을 감소시킬 수 있었고 건전묘 생산이 가능하였다.

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업(세부과제번호: 421008-04)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail:lgy71@gg.go.kr

여름철 PO필름과 포그 사용이 온실 내 작물에 미치는 효과 분석

Analysis of the Effect of PO Film and Fog System on Greenhouse Crops in Summer

이태석*, 한길수, 김진구

국립원예특작과학원 시설원예연구소

Taeseok Lee*, Jingu Kim, Kilsu Han

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

우리나라의 온실 면적은 2021년 기준 53,240ha로 그 중 비닐 온실(플라스틱 온실)의 비중이 97%로 대부분을 차지하고 있다. 비닐 온실의 피복재로는 PE(Polyethylene)가 가장 많이 쓰이고 있으며, 최근에는 투명성과 보온성이 우수하다고 알려진 PO(Polyolefin)를 피복재로 사용하는 농가가 증가하고 있다. 우리나라의 여름은 온도가 높아 온실 내에서 작물을 재배하기 어렵기 때문에 온실 온도를 낮추기 위해 포그 시스템을 주로 이용한다. 이에 본 연구에서는 여름철 PO필름과 포그 시스템을 활용한 온실의 작물이 PE필름과 차광스크린을 활용한 관행 온실의 작물과 비교했을 때 차이가 있는지 조사해보았다. 시험은 경상남도 함안군 함안면에 위치한 2연동 온실에서 수행하였다. 온실의 폭, 길이, 측고, 동고는 각각 8, 40, 3.1, 5.8m 였으며 완숙토마토를 2022년 5월 25일에 정식하여 재배하였다. 정식 후 7월 6일까지 시험구 온실과 대조구 온실 모두 주간(오전 10시~오후 4시)에는 차광스크린으로 차광하였고, 이후에는 시험구 온실은 포그 시스템 운용, 대조구 온실은 차광스크린을 이용한 차광으로 온도를 관리하였다. 포그 시스템은 온실 내 온도가 28℃ 이상, 습도 70% 이하인 조건에서 작동되고 습도가 75% 이상일 때는 정지되도록 운용하였다. 여름철 포그 시스템을 이용한 시험구 온실의 주간 평균 온도는 30.9℃로 나타나, 차광스크린을 이용한 대조구 온실의 주간 평균 온도 33.1℃보다 2.2℃ 낮았다. 작물 생육은 시험구 온실 내 작물의 초장 및 엽수가 대조구 온실의 작물에 비해 유의미한 차이를 보이며 큰 것으로 나타났다. 작물 생산량은 첫 수확을 한 8월 3일부터 31일까지의 누적 수확량을 비교했을 때 시험구 온실 2.3kg/plant, 대조구 온실 1.4kg/plant로 시험구 온실의 수확량이 64% 높게 나타났다. 본 연구 결과는 PO필름 사용 시 수량성이 증가했다는 다른 연구 결과와 유사한 경향을 보이며 온도가 높은 여름철에 포그 시스템을 활용하면 보다 원활히 작물을 재배할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01624703)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: taeseok84@korea.kr

시설 온실 흔들식 무인자동 약제 살포기 이용 살포 약제 효율 검정

Efficiency Test of Spraying Chemicals by Unmanned Automatic Spraying Machine in Facility Greenhouse

방지웅*, 이중섭, 한민희, 김진현, 안철근

국립원예특작과학원 시설원예연구소

Jiwoong Bang*, Jungsup Lee, Minhee Han, Jinhyun Kim, Chulgeun An

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

시설채소 작물은 대부분 온실에서 연중 재배되고 있어서 질병이나 해충에 의한 피해가 지속해서 발생하고 있다. 농가에서는 병해충 방제를 위해 많은 양의 농약을 빈번하게 사용하고 있어 약제저항성이 높은 병해충의 출현은 물론 약제 살포시 작업자 인체 접촉으로 인한 건강 문제도 발생하고 있다. 본 연구에서는 시설 온실에서 재배열간 설치된 레일에 원격제어 방식의 상하 흔들식 무인 자동 약제 살포기를 이용하여 재배작물의 잎 뒷면에 살포 약제 부착력과 살포량 및 살포 시간 절감 등에 대한 효율적인 약제 방제 가능성을 조사하였다. 실험은 토마토 재배면적이 5,000㎡ 및 10,000㎡인 연동 온실 2곳(함안, 진주)에서 실시하였다. 약제 살포 장치를 가동하는 동안 시설 내 천창과 측창이 완전히 닫힌 상태에서 시설 내 상대습도는 95%이상 유지되었고 잎 뒷면의 약제 부착력은 관행 약제 처리구 경우 평균 38%이고 개발한 약제 살포기는 평균 98%로 나타났다. 또한 살포기의 주행 속도 조절 기능을 활용하여 방제 작업을 수행한 결과 약제 살포 시간은 190~200초/100m, 살포량은 220~230ℓ /10a 정도 측정되어 관행 대비 평균 40% 절감되었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구과제(PJ016073022023)의 지원으로 수행되었음

*Corresponding author, E-mail: bang21c@korea.kr

딸기 육묘기 온도 및 일장 처리에 따른 품종별 초기 개화 및 수량 특성

Effect of Nursery Period Temperature and Daylength on Inflorescence and Yield Characteristics of Six Different Strawberry Cultivars at the Initial Stage

최수현*, 김대영, 김설아, 길찬샘

국립원예특작과학원 채소과

Su-Hyun Choi*, Dae-Young Kim, Seolah Kim, Chan Saem Gil

Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

딸기는 우리나라 자연조건에서 9월 20일 무렵 꽃눈 분화가 이루어지지만, 인위적으로 온도와 일장을 조절하면 꽃눈 분화를 촉진할 수 있다. 우리나라에서 딸기 출하량이 적은 7월에서 10월 단경기에 딸기를 생산하면 높은 도매가격을 통해 농가 소득을 증진시킬 수 있다. 본 연구는 딸기 육묘기 저온단일 처리를 통하여 화아분화를 촉진함으로써 딸기의 초기 수확량을 높이기 위하여 실시하였다. ‘설향’, ‘금실’, ‘킹스베리’, ‘비타베리’, ‘죽향’, ‘알타킹’ 6품종을 이용하여 실험을 수행하였다. 전북 완주군 국립원예특작과학원 딸기 대형단동하우스(폭 28m, 동고 14m, 길이 32m)에서 육묘기 저온단일 처리를 하였다. 일장 조절은 암막커튼을 사용하였으며, 온도 조절은 팬코일유닛과 포그를 활용하였다. 처리 기간은 2022년 7월 4일부터 8월 11일, 7월 14일부터 8월 18일, 7월 25일부터 8월 25일까지 3처리를 하여 정식하였으며 무처리는 육묘기 저온단일처리 없이 관행 방법으로 재배하여 9월 15일에 정식하였다. 저온단일 처리 기간의 평균 주간 온도는 8월 11일, 8월 18일, 8월 25일 정식 처리구에서 각각 28.7, 28.3, 28.2℃로 외부 온도 대비 약 2℃ 낮았으며 평균 야간온도는 21.5, 21.0, 20.8℃로 외부 온도 대비 약 6℃ 낮게 관리하였다. ‘설향’ 개화기는 8월 11일 정식 시 9월 19일, 9월 15일 정식 시 10월 28일로 40일 빨랐다. 8월 11일 정식 시 1화방 출퇴기 및 개화기는 ‘알타킹’, ‘설향’, ‘비타베리’, ‘킹스베리’, ‘죽향’, ‘금실’ 순서로 빨랐다. 8월 11일 정식 시 ‘설향’ 1화방 수확기는 10월 19일로 관행 재배에 비해 70일 앞당겨졌다. 딸기 육묘기 저온단일 처리를 통하여 6개의 품종 간 서로 다른 개화기와 수확기를 분석하여 화아분화 촉진 효과를 확인할 수 있었다. 본 연구 결과, 단경기에 딸기를 생산하는 육묘기 환경조절 기술을 통하여 농가 소득 향상에 기여할 것으로 판단된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01556501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: choishn94@korea.kr

주야간온도차를 이용한 오이와 토마토 인공광이용형 식물공장묘의 초장억제

Height Suppression of Cucumbers and Tomatoes Seedlings in a Plant Factory with Artificial Lighting Using Difference Between Day and Night Temperature

김용호¹, 현순재¹, 양휘찬², 장동철^{1,2*}

¹강원대학교 원예학과, ²강원대학교 스마트농업융합학과

YoungHo Kim¹, SoonJae Hyeon¹, HwiChan Yang², DongCheol Jang^{1,2*}

¹Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

본 연구는 인공광이용형 식물공장에서 초장과 절간장에 영향을 미치는 DIF의 도장억제 기술로서의 활용가능성을 확인하고자 진행되었다. 오이와 토마토 대조구는 상업용 육묘온실에서 생육억제제를 사용하여 재배하였으며, DIF처리는 인공광이용형 식물공장에서 동일한 평균기온(20℃)의 주간/야간 기온을 25/15℃, 20/20℃, 15/25℃ 3처리를 하였다. 오이, 토마토의 생육비교 결과 하배측과 상배측의 경우 오이와 토마토 모두에서 +DIF가 처리구 중 가장 길었으며, -DIF에서 가장 작았다. 오이의 경경은 +DIF에서 5.1mm로 가장 두꺼웠지만, 토마토의 경우 +DIF가 1.6mm로 가장 얇았다. SPAD는 오이와 토마토 둘 다 -DIF처리구에서 가장 낮았다. 오이의 충실도는 모든 처리구가 대조구보다 높은 충실도를 보였고, 그중 -DIF가 가장 높았다. 토마토 또한 +DIF를 제외한 처리구가 대조구에 비해 높은 수치였으며, -DIF가 +DIF보다 약 57% 높은 것을 확인할 수 있었다. 오이의 총 근장은 모든 처리구가 대조구에 비해 길었다. 토마토의 경우 대조구의 총 근장이 가장 길었는데 그중, 0DIF가 67.3mm로 +DIF와 -DIF에 비해 약 9-20% 높았다. 오이와 토마토에 모두 -DIF 처리 시 생육억제되는 모습을 보였지만, 엽의 황변에 대한 문제로 인해 향후 처리기간과 처리 적정온도에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 한국연구재단(세부과제번호: 2022R111A1A01054769)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

런너 유인시기와 생육도일온도가 ‘아리향’ 딸기의 자묘 생산에 미치는 영향

Effect of Runner Inducement Time and Growing Degree Days on the Production of Daughter Plants of ‘Arihyang’ Strawberry

김은지*, 진성용, 정현수

전라북도농업기술원

Eun Ji Kim*, Sung Yong Jin, Hyun Soo Jung

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 국내 생산액이 가장 높은 채소류로서 모주로부터 자묘로 양수분이 전달되는 영양번식을 통해 증식이 이루어지는데, 런너 유인 시작시기에 따라 자묘 발생량이 달라지며 이는 온도와 밀접한 관련이 있다. 이에 본 연구는 딸기 자묘 생산에 미치는 런너 유인시기와 생육도일온도의 영향을 파악하기 위해 수행되었다. 시험은 2018년에 ‘아리향’ 품종을 대상으로 하여 진행하였으며, 모주는 3월 중순에 정식한 후 4월 하순부터 15일 간격으로 런너 유인시기를 달리한 5처리를 두었고 양성한 자묘는 9월 중순에 본포에 정식하였다. 그 결과, 런너 유인 시작이 늦어질수록 자묘 발생 속도가 지연되는 경향을 나타냈고, 정식에 필요한 60~70일 묘령의 자묘를 생산하기 위해서는 4월 하순~5월 상순에 런너 유인을 시작하는 것이 적정 수의 묘 획득에 적합한 것을 확인할 수 있었다. 모주 정식시기부터 10℃를 기준으로 계산한 생육도일온도와 자묘 발생량을 각각 독립변수와 종속변수로 두고 연관성을 분석한 결과, 이차방정식의 형태로 관계식을 산출할 수 있었으며 높은 상관성이 인정되었다. 이상의 결과, 딸기 자묘 생산에 미치는 생육도일온도와 런너 유인시기의 영향을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 추후 합리적인 온도 설정 및 육묘 작업 계획이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구결과는 축성딸기 ‘아리향’ 육묘시 적정 자묘 생산을 위해 사용할 수 있는 기상요인과 작업요인 간의 관계성 활용 가능성을 제시하였다.

본 연구는 전라북도농업기술원 연구사업(세부과제번호: LP003626012018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: jbkim1996@korea.kr

Comparison between Non-photochemical and Photochemical Quenching under Heat Temperature Stress in Nine Lettuce Cultivars

Yu Kyeong Shin¹, Solly Kang¹, Young Eun Jeon¹, Jun Gu Lee^{1,2,3*}

¹Department of Horticulture, College of Agriculture & Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Core Research Institute of Intelligent Robots, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

³Institute of Agricultural Science & Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Lettuce is a cool-season vegetable with relatively low heat tolerance. However, frequent climate changes have resulted in adverse effects on lettuce production farms when exposed to high temperatures. Therefore, it is necessary to select lettuce genetic resources with high-temperature tolerance. In this study, morphological and physiological responses were analyzed for nine commercially available lettuce cultivars under different levels of high-temperature stress. Chlorophyll fluorescence parameters that could distinguish high-temperature stress tolerance in lettuce were selected. Lettuce seedlings were grown under three different temperature conditions (control: 22/18°C (day/night), High I: 30/26°C, and High II: 36/32°C) in a controlled chamber for 48 hours. All lettuce cultivars showed a decrease in NPQ, qP, and Rfd with an increase in high-temperature stress. Anthocyanin-rich cultivars, such as Jangsu, Cheong-chima, Solma, and Hacheong, specialized in summer cultivation, exhibited no changes in Y(NO), which may contain heat tolerant characteristics, compared to the other cultivars. The thin-leaved and light-colored Multigreen cultivar showed a more than 50% decrease in NPQ, qL, qP, and Rfd compared to the control group with an increase in high-temperature conditions and exposure time, whereas Y(NO) increased up to 0.43 under high-temperature condition II. These results showed that the ratio of Y(NO), which represents the ratio of heat and fluorescence, increased as lettuce was exposed to high-temperature conditions, indicating a relative decrease in parameters utilized in photosynthesis efficiency. In addition, anthocyanin-rich cultivars were found to protect the non-photosynthetic fluorescence mechanism, preserving the photosynthetic process. Y(NO), NPQ, qP, and Rfd were selected as chlorophyll fluorescence parameters to evaluate lettuce heat tolerance. These findings suggest that this study could be utilized as an effective non-destructive tool for evaluating lettuce heat tolerance.

This study was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2019R1A6A1A09031717).

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

질석 멀칭 처리에 따른 바질 생장 및 물이용량 비교

Comparisons of Growth and Water Use of Sweet Basil by Vermiculite Mulching Treatments

이경민, 이기람, 김종윤*

고려대학교 식물생명공학과

Gyeongmin Lee, Kiram Lee, Jongyun Kim *

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

원예작물 생산에 있어 효율적인 물 이용을 위하여 시설 내 화분 재배에서의 멀칭 적용에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구는 화분 재배에서 질석(vermiculite) 멀칭 처리를 통한 수분증발억제 효과와 그에 따른 바질 (*Ocimum basilicum*)의 생육 변화에 대해 알아보고자 수행하였다. 3주의 육묘기간을 거친 바질을 완효성비료가 첨가된 Sunshine Mix 4 상토가 75% 담긴 10cm 플라스틱 화분에 이식한 후, 추가로 동일한 상토 혹은 질석을 다르게 첨가하였다. 처리구는 3cm 상토 추가 충전, 1.5cm 상토 위에 1.5cm 얇은 질석 멀칭, 그리고 3cm 두꺼운 질석 멀칭으로 설정하였다. 모든 처리구는 FDR 토양수분센서(EC-5)와 데이터로거 기반 자동 점적 관수시스템을 이용하여 용적수분함량을 $0.45\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ 로 유지하였다. 멀칭 처리에 따른 바질의 생육, 생리 변화 및 물이용량을 비교하기 위해 처리 14일 후에 바질의 생육 지표, 광합성 관련 수치, 총관수량 및 물이용효율을 측정하였다. 실험 결과 처리구에 따른 바질의 생육 및 생리 반응에 차이가 없었으며, 총 관수량 및 물이용효율 역시 처리구별로 다르지 않았다($P > 0.05$). 이는 예비 실험에서는 멀칭 처리에 따라 상토 내 용적수분함량의 감소 속도가 다르게 나타났음에도 불구하고, 본 실험에서 관수방법 설계 시 설정한 1회 관수량이 적은 양(11mL)으로 수분변화 폭이 작아 멀칭 처리를 통한 수분증발억제 효과를 보기에는 적절하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 적은 양의 빈번한 관수로 특정 용적수분함량을 유지하는 관수 관리에서는 멀칭의 효과를 보기 어려웠으며, 상토 내 수분 증발의 차이가 날 수 있는 1회 관수량이 많은 관수 관리에서의 멀칭 효과에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ016184)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

Detection of Strawberry Leaves Tipburn Disorder with Leaf Images Using Deep Learning Technology

K.P.S. Kumaratenna¹, Nayoung Kwak¹, Bo Hyun Sung¹, Young-Yeol Cho^{1,2*}

¹Department of Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Tipburn is a disorder caused by calcium deficiency, and detecting is essential for proper treatment. Deep Learning is based on a perceptron which is applied in many fields, and it is necessary to conduct research on image classification neural network models in agriculture. In this work, an optimal neural network model was selected for tipburn detection in images of strawberry leaves, and the precision, recall, and F1 score of this model were recorded. Five AI (Artificial Intelligence) models were used, including Inception v3, SqueezeNet (local), VGG-16, Painters, and DeepLoc, and they were selected based on the accuracy of the models. To select the optimal AI model, 1431 test images, Adam solver and 0.0001 regularizations were used equally for the training of all models. And 80 images of calcium-deficient leaves and healthy leaves were used for the test. The neural network consisted of 100 neurons in hidden layers, ReLU (the rectified linear unit function) was applied to the activation function and the maximum number of iterations used was 200. The training set size was 80%. From the results, The SqueezeNet (Local) model was selected which had high accuracy. SqueezeNet (Local) has good performance throughout the confusion matrix. According to the results, we propose SqueezeNet (Local) as the optimal neural network model for tipburn detection using the images of strawberry leaves.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPET) and Korea Smart Farm R&D Foundation(KosFarm) through Smart Farm Innovation Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) and Ministry of Science and ICT(MSIT), Rural Development Administration(RDA)(421033043HD050).

*Corresponding author, E-mail: yycho@jejunu.ac.kr

로드셀 기반 자동관수시스템을 이용한 장미허브 삽수 플러그 육묘 시 최적 관수개시점 구명

Investigation of Optimum Irrigation Threshold Levels for Vicks Plant Cutting Plug Propagation Using Load Cell-based Automated Irrigation System

오성현, 김종윤*

고려대학교 식물생명공학과

Sunghyun Oh, Jongyun Kim*

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

최근 다양한 센서 기반 자동관수시스템이 개발되고 있으나 육묘에 이용되는 플러그트레이 내 상토의 수분함량을 측정하는 기술은 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 플러그트레이 중량 변화를 측정하여 상토의 용적수분함량을 산출할 수 있는 로드셀 기반 자동관수시스템을 통하여 장미허브(*Plectranthus hadiensis* var. *tomentosus*)의 플러그트레이 삽목 시 최적 관수개시점을 구명하고자 수행하였다. 장미허브 삽수는 72구 플러그트레이에 Sunshine Mix #5 상토를 충전하여 삽목하였다. 본 연구에 사용된 자동관수시스템은 로드셀과 연결된 데이터로거가 플러그트레이 중량 변화로 상토의 용적수분함량을 측정하는 알고리즘에 기반하여 특정 용적수분함량이 하로 떨어졌을 때 두상관수가 이루어지도록 하였다. 처리구는 매일 오전 관수(관행처리) 또는 상토 용적수분함량이 각각 0.30 , 0.45 , $0.60\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ 에 도달하였을 때 3분간 포그 관수하였으며, 4반복 난괴법으로 실험을 진행하였다. 처리 후 4주 동안 매주 생존율, 발근율, 식물 생육 지표와 관수효율을 측정하였다. 실험 결과 생존율, 발근율, 지상부 생육은 처리구에 따라 차이가 없었으나, $0.45\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ 처리구에서 뿌리의 생육이 다른 처리구보다 우수한 것이 확인되었다. 관수효율은 관수개시점이 낮을수록 높게 나타났으나, $0.30\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ 처리구에서는 뿌리 생육이 불량하였으므로 장미허브의 삽목에 있어 최적의 관수개시 용적수분함량은 $0.45\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ 로 나타났다. 본 연구를 통해 로드셀 기반 자동관수시스템을 이용하여 플러그 육묘 시 상토 용적수분함량에 기반한 최적 관수개시점을 도출하고 제어할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ016184)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

온실 내 대기온도와 근권부 온도가 토마토 초기 생육에 미치는 영향

Effect of Air Temperature and Root Zone Temperature in Greenhouse on Early Growth of Tomatoes

주세훈¹, 김은지², 고윤³, 박진섭³, 송인희⁴, 나해영^{3,5*}

¹목포대학교 일반대학원 원예학과, ²목포대학교 생명자원개발이용학협동과정, ³목포대학교 원예과학과, ⁴목포대학교 부속농장 ⁵목포대학교 자연자원개발 연구소

Se Hun Ju¹, Eun Ji Kim¹, Yoon Go², Jin Sub Park², In Hee Song⁴, Haeyoung Na^{3,5*}

¹Department of Horticultural Science, Graduate School of Mokpo National University, Muan 58554, Korea
²Graduate School of Mokpo National University, Interdisciplinary Program of Development and Utilization of Biological Resources, Muan 58554, Korea
³Affiliate Farm, Mokpo National University, Muan 58554, Korea
⁴Department of Horticultural Science, Mokpo University, Muan, 58554, Korea
⁵Mokpo National University Nature Resource Institute, Muan 58554, Korea

본 연구는 이상기후에 대응하기 위하여 근권부 온도 조절을 통하여 효율적인 토마토 재배법을 개발을 목적으로 실험을 수행했다. 온실 대기온도는 주간 20, 25, 30, 35℃ 야간 18℃로 조절하였고, 근권부 온도는 각각의 대기온도에 15, 20, 25, 30℃로 설정하여 실험을 진행하였다. 초장과 근장의 경우 대기온도 35℃의 모든 근권부 온도 처리구가 다른 처리구에 비해 생육이 좋았다. 엽수의 경우 대기온도 35℃의 모든 근권부 온도 처리구가 다른 처리구에 비해 생육이 좋았으며, 특히 근권부 온도 25℃로 설정하였을 때 엽수 9개로 가장 많았다. 엽면적의 경우 엽수의 결과와 비슷하게 대기온도 35℃에서 근권부 25℃로 설정하였을 때 가장 높은 수치를 나타냈다. 토마토 엽내 CO₂ 공급량에 따른 광합성 속도는 대기온도 35℃를 제외한 20, 25, 30℃에서 가장 효과적인 CO₂공급량이 약 800 μmol·mol⁻¹였다. 대기온도 35℃의 경우 모든 근권부 온도 처리구에서 CO₂를 추가 공급할수록 광합성 속도가 증가하여 적절한 공급량을 찾을 수 없었다. 엽록소의 경우 모든 근권부 온도 처리구간 유의한 차이를 보이지 않았지만, 모든 대기온도에서 근권부 온도 20, 25℃로 설정하였을 때 엽록소 함량이 높은 수치를 나타냈다. 이상의 결과를 종합적으로 보았을 때 대기온도 30℃~35℃로 근권부 온도 20℃~25℃로 설정하였을 때 토마토 초기 생육에 효과적이었다. 본 연구 결과는 이상기후에 대응하여 토마토 초기 생육을 조절하는데 도움을 줄 뿐만 아니라 식물공장, 유리온실 등 밀폐된 공간에서 에너지 절감형 재배기술을 개발하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421041-03).

*Corresponding author, E-mail: somerze@mokpo.ac.kr

항공방제에 의한 비산 저감법의 효과성 정량 평가

Quantifying the Effectiveness of Aerial Application Techniques for Reducing Pesticide Drift

박진선¹, 이세연², 최락영², Kehinde Favour Daniel², 홍세운^{2*}

¹전남대학교 농업생명과학대학 기후변화대응농생명연구소,

²전남대학교 농업생명과학대학 지역-바이오시스템공학과 & 기후지능형간척지농업교육연구팀(BK21 four)

Jinseon Park¹, Se-Yeon Lee², Lak-Yeong Choi², Kehinde Favour Daniel², Se-Woon Hong^{2*}

¹AgriBio Institute of climate Change Management, College of Agriculture and Life Sciences,
Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

²Department of Rural and Biosystem Engineering and Education and Research Unit for Climate-Smart
Reclaimed-Tideland Agriculture, College of Agriculture and Life Sciences, Chonnam National University,
Gwangju 61186, Korea

농업 활동 중 노동 집약도가 큰 방제작업이 농업 생산환경이 디지털 농업으로 전환기를 맞으며 항공방제의 도입이 활발해졌다. 농업용 드론을 활용한 항공방제 작업 비율은 2020년 전체 논 면적의 30%를 차지할 만큼 그 규모가 확대되었다. 항공방제는 노동력 및 비용 절감에 큰 이점을 가지고 있으나, 약액이 비산 되어 주변 지역 농경지, 주거 공간 및 수자원 등의 비의도적 오염을 유발하는 문제를 가진다. 따라서 항공방제에 의한 비산을 저감할 수 있는 방법의 모색 및 효과성 평가가 요구된다. 항공방제에 의한 비산 유발 요인은 크게 기상 조건과 운영 조건에 따라 나뉜다. 기상 조건은 대기안정도, 풍향, 풍속, 운습도 등을 포함하고, 운영 조건은 살포높이, 살포속도, 차단식물 및 완화구간의 유무 등을 포함한다. 본 연구에서는 비산 영향 요인 중 대기안정도, 살포높이, 차단식물 거치에 따라 비산량의 차이를 정량적으로 평가하고자 한다. 대기안정도는 비산 약액의 공기 중 운반에 관여하는 자연 대류를 발생하는 요인으로 지상 및 지상으로부터 5m 이상의 기온을 측정하고, 지상의 풍속을 측정하여 산정한다. 살포고도는 작물로부터 1.5m와 3.0m에서 살포하여 비산량의 차이를 평가한다. 또한 농경지 경계에서 인접 농경지로 비산에 의해 약액이 유입되는 것을 방지할 목적으로 살포 농경지에 일정 영역을 완화구간으로 남겨 두고 나일론 스크린을 활용하여 비산 약액의 도달 거리를 측정하고, 감수지 거치로 완화구간에 약액 도포율을 산정하였다. 차단식물을 활용한 비산 저감 평가는 콩을 대상으로 하며, 콩 10주를 전남대학교 시험포에서 항공방제기 고정 상태로 약액 살포 실험을 수행하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ 0150530)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

YOLOv8 모델 기반의 딸기 생육 자동 모니터링 시스템 개발

Automated Strawberry Growth Monitoring System Using YOLOv8

박현지, 김도연, 안주연, 김요엘, 서현권*

세종대학교 스마트생명산업융합학과

Hyeonji Park, Doyeon Kim, Ju Yeon Ahn, Yoel Kim, Hyun Kwon Suh*

Department of Integrative Biological Sciences and Industry, Sejong University, Seoul 05006, Korea

본 연구에서는 시설재배 작물 중 딸기의 생육상태를 자동으로 모니터링하는 시스템을 개발하고자 온실 내 레일 카메라를 설치하여 생육 단계별 딸기의 이미지를 자동으로 취득하고, 획득된 이미지에 대한 딥러닝 분석을 통해 딸기 생육 모니터링의 핵심이 되는 7가지 대상들에 대한 탐지 및 객체 검출을 수행하였다. 객체 검출을 위한 딥러닝 모델로는 높은 정확도와 빠른 속도를 보장하는 YOLOv8 모델을 사용하였고, 7가지 탐지에는 꽃(flower), 꽃눈(flower bud), 화탁(receptacle), 그리고 성숙단계를 4단계(Green fruit, White fruit, 50% maturity, 80% maturity)로 구분한 딸기를 대상으로 하였다. 경북대학교 균위온실에서 확보된 500장의 레일카메라 이미지를 기반으로 YOLOv8 모델에 대한 학습을 수행하였고, 테스트셋에 대한 mAP(mean Average Precision), inference time, FPS(Frame Per Second)를 이용하여 성능을 평가하였다. 7가지 대상에 대한 mAP 탐지 성능은 꽃:0.795, 꽃눈:0.274, 화탁: 0.698, Green fruit: 0.627, White fruit: 0.435, 50% maturity: 0.681, 80% maturity: 0.925 의 결과를 보여주었고, inference time 과 FPS 는 각각 7.8 ms, 128 fps 의 결과를 보여주었다. 추후 재배과정에서 확보되는 다양한 생육 단계별 이미지를 추가적으로 학습할 경우, 더 높은 탐지 성능을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구결과는 시설 내 레일카메라 이미지에 YOLOv8을 사용하여 딸기의 생육상태를 실시간으로 확인할 수 있는 모니터링 시스템의 활용 가능성을 제시하였다.

본 연구 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 출연금으로 수행하고 있는 정보통신방송기술 국제공동연구 옛지 컴퓨팅 지원 스마트팜 정밀 농업용 AI 서비스 플랫폼 기술 개발(No.2021-0-01578)의 연구결과임.

*Corresponding author, E-mail: davidsuh79@sejong.ac.kr

차광 조건별 오이 접목묘의 묘소질과 엽록소 형광 매개 변수 비교

Comparison of Seedling Quality Characteristics and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Grafted Cucumber According to Shading Level

이지은*, 이중환, 김건, 권헌중

경상북도농업기술원 원예경영연구과

Ji Eun Lee*, Joong Hwan Lee, Geon Kim, Hun Joong Kweon

Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Daegu 41404, Korea

우량묘를 생산하는 것은 과채류의 품질과 높은 생산성에 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다. 최근 엽록소 형광 측정 장비를 활용하여 비파괴적으로 식물의 생리 및 스트레스 수준을 다양한 매개 변수로 표현하여 지표화할 수 있다. 본 연구는 스마트육묘 표준 자동 생육진단시스템을 개발하기에 앞서 오이 품종별로 차광 수준에 따른 접목묘의 묘소질과 엽록소 형광 매개 변수를 활용한 생체정보를 파악하여 향후 우량묘 규격 기준을 제시하기 위해 수행되었다. 실험재료는 백다다기오이 2품종과 가시오이 1품종이며, 대목은 흑중호박을 이용하였다. 처리 방법은 차광망을 설치하지 않은 0%와 내부에 35%, 55%, 95% 차광망을 설치한 육묘장 온실에서 수행하였다. 처리 시작은 접목활착 직후(2022년 7월 7일)이며, 생육 조사는 출하묘(7월 18일), 노화묘(7월 25일)로 구분하여 각 15개체씩 조사하였다. 내부 환경은 차광 0%에서 800~1,600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 정도의 과도한 일사량 유입으로 인해 주간 내부온도가 38~44°C까지 상승하였고, 이로 인해 내부 상대습도 또한 차광 처리에 비해 10% 정도 낮은 경향이었으나, 야간 온도는 22°C 내외로 모든 처리구가 비슷하였다. 차광 35%와 55%는 400~600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 정도로 비슷한 일사량이 유입되었고, 95%는 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 이하로 유지되어 광보상점 이하의 환경이 조성되었다. 오이의 묘 생육 반응은 길이, 부피 성장과 관련한 대부분의 지표들이 정의(+) 상관관계를 나타내었고, 건물 생산능력 중 지상부와 지하부의 건물물, 조직충실도와 DQI는 부의(-) 상관관계를 나타내었다. T/R율과 SLA는 95%에서 지하부의 건물중량 감소로 인해 급격하게 상승하였다. 오이 품종별로 상위엽을 채취하여 엽록소 형광 이미지를 측정된 결과, 차광 비율이 높아질수록 Fm, Fv, Fp, Fm_Lss, Ft_Lss, Fo_Lss, Fv_LSS, Fq_Lss의 변수들은 95%에서 급격하게 수치가 증가하였고, NPQ_Lss, qN_Lss, Rfd_Lss의 변수들은 반대로 감소하였다. 엽록소 형광지수 중 PS II의 최대 광화학적 효율(Fv/Fm)은 큰 차이를 나타내지 않아 차광 스트레스 조건 하에서 특정 식물의 건전성을 판단하는 지수로 활용하는 것은 어려울 것으로 판단된다. 따라서 다양한 환경 요인에서 오이 품종별로 우량묘의 규격 기준을 제시할 수 있는 주요 지표를 선별하고, 향후 다양한 엽록소 형광 이미지 장비를 이용하여 비파괴적으로 묘소질을 측정하는 방법 또한 가능할 것으로 생각된다.

본 결과물은 농림축산식품부, 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원, (재)스마트팜 연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 421035-04).

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

백다다기 오이의 온실 내 환경과 흡광계수를 반영한 증산모델 개발

Development of Transpiration Model Reflecting the Environmental Factors and Light Extinction Coefficient of Cucumber in Greenhouse

이재성, 전기범, 신종화*

국립안동대학교 원예육종학과

Jae-Seong Lee, Ki Beom Joen, Jong Hwa Shin*

Department of Horticulture and Breeding, College of Life Sciences and Health Welfare, Andong National University, Andong 36729, Korea

온실 내 작물의 증산은 환경요인과 생육변수의 영향을 받는다. 작물의 증산 모델 개발에 있어서 광(Rad), 수증기 압포차(VPD)와 같은 환경변수들을 주로 고려해왔지만 재배기간에 따라 변화하는 식물 성장과 관련한 엽면적 지수(LAI), 작물 흡광계수(k)와 같은 생육변수 또한 고려되어야 한다. 따라서 본 연구의 목적은 환경변수와 재배일수에 따라 변화하는 생육변수를 고려한 증산모델을 개발하는 것이다. 작물의 증산은 증산모니터링 시스템을 이용하여 측정하였다. 환경변수 VPD, Rad은 1초단위로 데이터로거(CR1000)에 수집되었다. 엽면적지수(LAI)는 정식일로부터 1주일 간격으로 3개체씩 파괴조사하여 측정하였다. 오이 작물의 흡광계수(k)를 추정하기 위해작물의 높이를 5등분하여 각 높이별로 일사량계를 설치하고, 이를 통해 변화하는 흡광계수를 추정하였다. 기존의 증산모델과 생육변수를 모두 보정한 모델을 비교 분석하였다. 비교 결과 두 변수를 모두 반영한 모델에서 결정계수(R^2)가 0.619로 가장 높았으며, 평균제곱근오차(RMSE)는 0.058로 가장 낮았다. 개발된 오이 증산 예측모델을 통해 오이 작물의 관수 제어에 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

*Corresponding author, E-mail: shinjh@andong.ac.kr

전북 김제 스마트팜 혁신밸리 실증단지

Smart Farm Innovation Valley Substantiation Complex in Gimje, Jeonbuk

박광제, 변재영, 정호석*
한국농업기술진흥원 스마트농업본부

Kwang-Je Park, Jae-Young Byun, Ho-Seok Jeong*

Department of Smart Agriculture, Korea Agriculture Technology Promotion Agency, Iksan 54667, Korea

전국 김제 스마트팜 혁신밸리는 2021년 11월에 준공된 국내 최초의 스마트농업분야 거점단지이다. 혁신밸리는 청년보육센터, 임대형 스마트팜, 실증단지 및 빅데이터센터로 4가지 주요시설로 구성되어있으며, 이중 실증단지를 한국농업기술진흥원에서 운영하고 있다. 실증단지의 주요 기능은 농산업을 스마트화, 급변하는 농업기술에 대응하기 위해 연구기관 및 기업이 실제 현장 조건과 유사한 환경에서 기술·제품을 테스트 할 수 있도록 지원한다. 실증단지는 1.6ha 규모의 유리온실 10구역, 연동 비닐온실 3구역, 단동 비닐온실 5구역과 노지 0.2ha로 구성되어 있다. 2023년 4월 현재 20개 기업이 입주하여 모니터링 및 수확용 로봇개발, 무인방제기, 통합환경제어기 등의 성능시험을 추진하고 있으며, 토마토, 딸기, 멜론 등 과채류와 카사바, 바닐라 등 신제품 생육실증도 진행되고 있다. 실증단지에 입주한 기업은 자율형과 위탁형의 두 가지 방법으로 실증을 진행할 수 있다. 자율형은 입주기업이 온실을 임대한 후 실증목표 달성을 위해 작물재배부터 장비 실증, 데이터 수집 및 제품 상용화까지 자율적으로 진행하게 된다. 위탁형은 실증과 장비 테스트, 작물 재배에 대한 경험 및 지원이 필요한 기업을 대상으로 농진원이 대행하여 지원하고 있다. 세부적으로 기업이 달성하고자 하는 실증목표에 맞춰 수확 전까지 작물 재배, 장비 실증, 데이터 수집 등을 포함하고 있다. 또한, 전북 김제의 특화분야인 스마트팜 ICT기자재에 맞게 스마트농업 국가표준 규격 적합시험이 가능하도록 온·습도센서, 풍향·풍속센서, EC, pH 센서 13종과 더불어 동력개폐기, 환풍팬 등 9종을 테스트 할 수 있는 기자재 실증장비 22종 및 기자재 신뢰성 실증장비 7종, 메탈 3D 프린터를 활용하여 수준 높은 시제품 제작을 지원하기 위한 시제품 제작장비 2종 등 스마트팜 기술 실증을 위한 다양한 장비를 구비하고 있다. 한국농업기술진흥원에서는 전북 김제 스마트팜 혁신밸리 실증단지에서 국내 스마트팜 기술을 검증하고 이를 기반으로 한국형 스마트팜 기술의 신뢰성 향상 및 글로벌 경쟁력을 높여 스마트팜 시장 선도 역할에 앞장서고자 한다.

본 연구는 농림축산식품부의 2023년 스마트팜 혁신밸리 창업·실증서비스 지원사업에 의해 이루어진 것임

*Corresponding author, E-mail: hsjeong@koat.or.kr

겨울철 고추 유묘 관수처리 시 생리장해 판별을 위한 생리적 특성

Physiological Characteristics for Identifying Physiological Disorders During Irrigation of Pepper Seedlings in Winter

조연진*, 조혜성, 이형석, 정수호, 정종모, 김희곤

전라남도농업기술원

Yeon-Jin Cho*, Hye-Sung Cho, Hyung-Seok Lee, Su-Ho Jung, Jong-Mo Jung, Hee-Gon Kim

Jeollanamdo Agricultural Research & Extension Service, Naju 58213, Korea

최근 원예작물의 육묘 규모가 커지면서 규격묘에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 육묘 출하시 품질에 대한 기준이 명확하지 않고 육묘의 품질 판단은 사람이 주관적으로 수행하고 있다. 최근 육묘시설의 자동화를 위해 이미지, 초분광 등을 활용해 광, 온도, 수분 등에 의한 생리장해 및 품질 판단 기술이 개발되고 있다. 이번 시험에서는 육묘 관수 조절 시 발생할 수 있는 생리장해를 구분하고자 하였고 생육조사 및 파장을 활용해 식물생리지수를 비교하였다. 시험은 고추 '청양' 품종의 실생묘를 활용해 전라남도 화순육묘장에서 수행하였으며 시험기간은 2023년 1월 17일부터 3월 14일까지 58일 동안이다. 시험내용은 겨울 고추 유묘 엽이 10매 출현한 파종 후 47일경부터 관수 간격을 매일 1회, 2일 1회, 3일 1회로 구별하여 처리한 후 생육 및 식물생리지수 측정값을 비교하였다. 시험처리 이후 생육조사 하였을 때 초장은 기존과 같이 1일 1회 관수하였을 때 22.39cm로 가장 컸고 2일 1회, 3일 1회 순으로 나타났으며 차이는 유의하였다. 개체 간의 편차는 3일 1회가 가장 큰 것으로 나타났다. 줄기 굵기의 차이는 다소 적었으나 3일 1회 관수했을 때 가장 굵었으며 차이는 유의하였다, 그 외 엽장, 엽폭에서는 매일 관수 했을 때가 가장 컸다. 엽색도는 3일 1회 관수했을 때 높았으나 차이는 유의하지 않았다. 작기 종료 시 식물생리지수를 측정할 결과는 다음과 같다. 식물생리지수는 450~750nm 사이의 파장의 빛을 분광했을 때 식물의 엽 색소인 엽록소, 카노티노이드, 안토시아닌 등 함량에 따라 다르게 나타나며, 카노티노이드, 안토시아닌은 노화되거나 스트레스를 받은 식물에서 나타난다. 고추 유묘에서 관수처리 했을 때 이 6가지 요인에서 모두 유의한 차이를 나타냈으며, 그중 카노티노이드 변화를 반영하는 PR1, CRI1, CRI2에서 정상묘와 스트레스묘의 범위 차이를 나타내었다. PR1의 범위는 -1~1이며 정상묘는 0~1의 범위로 나타나지만 스트레스묘는 -1~0의 결과를 보여주었다. CRI1, CRI2도 정상묘의 경우 0~2의 범위를 보여주는데 고추 관수 3일 1회 처리의 경우 0 이하의 범위였다. 이와 같은 결과로 보았을 때 관수 처리시의 스트레스 묘를 구별하는데 식물생리지수의 측정값 활용 가능성이 있다고 생각된다.

본 결과물은 농림축산식품부, 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원, 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음, 421035-04, 빅데이터 기반 스마트 육묘 표준화 기술 개발 및 실증

*Corresponding author, E-mail: anfdksro93@korea.kr

전산유체역학 시뮬레이션 기반의 육계사 능동환기 제어알고리즘 개발

Development of Intelligent Ventilation Control in Poultry Houses Using Computational Fluid Dynamics Simulation

Kehinde Favour Daniel¹, 최락영¹, 박진선², 이세연¹, 채영현³, 홍세운^{1*}

¹전남대학교 지역·바이오시스템공학과 & BK21 기후지능형 간척지 농업 교육 연구팀,
²전남대학교 농업생명과학대학 & 기후변화대응농생명연구소, ³전남대학교 지역·바이오시스템공학과

Kehinde Favour Daniel¹, Lak-yeong Choi¹, Jinseon Park², Se-yeon Lee¹, Yeonghyun Chae³,
Se-woon Hong^{1*}

¹Department 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

²AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

³Department of Rural and Bio-systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Recently, a second-generation poultry smart farm is being developed to control an appropriate indoor environment using artificial intelligence technology. This study aimed to improve ventilation configurations using computational fluid dynamics simulation. The air temperature and air flow were analyzed for the existing uniform air inlet opening/closing operation and the differentiated opening/closing operations for each zone. The result showed that proper operations of inlet openings reduced the air temperature difference between zones. The ventilation algorithm developed would be further analyzed through field experiments to make an intelligent control algorithm integrating the operation of a heating fan and a cooling pad.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (과제 번호: 421024-04)

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

병풀 담액식 수경재배 시스템 연구

A Study of Deep Flow Technique Hydroponic System for *Centella Asiatica*

임동혁^{1*}, 김태현¹, 백정현¹, 이재수²

¹국립농업과학원 스마트팜개발과, ²농촌진흥청 국외농업기술과

Donghyeok Im^{1*}, Taehyun Kim¹, Jeonghyun Baek¹, Jaesu Lee²

¹Division of Smart Farm Development, Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju 54875, Korea

²Foreign Agricultural Technology Division, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

병풀은 미나리과 여러해살이풀로 피부상처 및 만성궤양 등에 치료효과가 있어 의약품 및 화장품 소재로 활용되어 왔으나 국내에서는 병풀 재배에 대한 기술이 확립되어 있지 않아 상용 원료는 대부분 수입되어 사용된다. 병풀은 재배 적정 온도 조건으로 인하여 6월에서 10월까지가 품질 및 생산량이 적절한 시기이며 이 기간 4회 정도 수확한다. 현장점목연구를 수행한 재배 농가의 요청으로 재배적기를 연장하기 위하여 시설 내에서 담액식 수경으로 재배할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행하였다. 담액식 수경방식은 양액이 채워져 있는 담수조에 병풀 뿌리를 담가 놓고 재배하는 방식으로 양액을 채워둘 수 있는 2조의 재배대와 양액을 공급하는 양액기 및 시스템을 제어하기 위한 제어반으로 구성되었다. 아연각관 재질로 만든 3단 재배대는 3,920×1,050×2,535mm(길이×폭×높이)이며, 2조를 연결하여 직렬 또는 병렬로 배치가 가능하도록 제작하였다. 재배대에 사용되는 정식판은 병풀을 컵에 정식한 채로 재배가 가능하도록 1,200×900mm(길이×폭)의 고밀도 스티로폼 재질의 30공 대공정식판을 사용하였다. 시설 내에서 자연광을 사용하지 않고도 3단으로 재배가 가능하도록 32W 주광색 형광등을 각 단마다 18개씩 설치하였으며, 재배수조에 산소를 공급하기 위한 콤프레셔와 여름철에도 23℃로 양액을 공급할 수 있도록 양액 냉각기를 사용하였으며 2톤 용량의 원수탱크 1대와 양액을 환수하기 위한 500리터 환수탱크를 2대 설치하였고, 양액을 살균할 수 있도록 UV램프를 이용하였다. 제작된 장치를 사용하여 양액의 EC 1.4 ds/m, pH 6.2로 설정한 후 병풀을 정식하여 담액수경으로 재배시험한 결과 관행의 6월부터 10월까지였던 재배기간을 시설 내에서 3단으로 연중재배 할 수 있게 되어 생산량이 증대되었고 경제성분석 결과 99m² 시설 재배시 년 590만원의 수익이 증가될 것으로 예상된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ015636032022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: id100497@naver.com

Optimizing Salicylic Acid Concentration to Promote Plant Growth and Bioactive Compounds of *Agastache rugosa* in a Plant Factory

Dao Nhan Loi², Vu Phong Lam¹, Jongseok Park^{1,2*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Bio-AI Convergence, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

This study was conducted to determine the optimal salicylic acid concentrations to promote the growth and bioactive compound accumulation of *Agastache rugosa*. One-month-old seedlings were cultivated in a hydroponic system with Hoagland nutrient solution of 2.0 dS·m⁻¹ EC for 39 days. The roots were soaked with salicylic acid at concentrations of 0 (control), 100, 200, 400, 800, and 1600 μmol·mol⁻¹ for 10 minutes at seven days after transplanting. Growth parameters, leaf gas exchange, and bioactive compound, such as acacetin, tilianin, and rosmarinic acid (RA) contents and concentrations were evaluated at 39 days from transplantation. The results show that leaf length, leaf width, flower branch number, the number of leaves, leaf area, flower fresh weight, leaves fresh weight, and stem fresh weight under concentrations of 800 and 1600 μmol·mol⁻¹ were significantly decreased compared to the control. Besides, a significant decrease in the dry weight of each organ of the plant was observed at concentrations of 800 and 1.600 μmol·mol⁻¹ compared to the control. The SPAD value under a concentration of 1600 μmol·mol⁻¹ was significantly lower than the control and the rest treatments. The net photosynthetic rate under a concentration of 1600 μmol·mol⁻¹ was significantly reduced compared to the control. RA contents in the treatment of 200 μmol·mol⁻¹ and tilianin and acacetin contents in the treatment of 400 μmol·mol⁻¹ were significantly higher than that of the other treatments. Overall, these results suggest that root soaking with salicylic acid at a concentration from 200 μmol·mol⁻¹ to 400 μmol·mol⁻¹ was appropriate to increase levels of bioactive compounds without reducing plant growth.

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

Comparison of Leaf Photosynthetic Rates of Strawberry Plants under Different Soil Moisture Contents in the Greenhouse using Rectangular Hyperbola Model

Ha Seon Sim¹, Yu Hyun Moon¹, Tae Yeon Lee¹, Ha Rang Shin¹, Soo Bin Jung¹, Yong Jun Kim¹,
Na Kyoung Kim¹, Jung Su Jo², Sung Kyeom Kim^{1,2*}

¹Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Sciences, Kyungpook National University,
Daegu 41566, Korea

²Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

It is necessary to quantitatively measure the photosynthetic rate of leaves to determine the light intensity and CO₂ concentration suitable for strawberry growth in the greenhouse. The objective of this experiment was to compare the photosynthetic rate of strawberries under different soil moisture contents according to light intensity and CO₂ concentration. The 'Seolhyang' strawberry plants were cultivated in a venlo-type glasshouse at Kyungpook National University in Gunwi. The average soil moisture content of the control and drought treatments were 0.28 and 0.08 m³⁰·m⁻³, respectively. The photosynthetic rate was measured using portable photosynthesis measuring device on the third leaf from the newly emerged un-folded leaves of strawberries (n=3). The photosynthetic rate of leaves at seven levels of light intensity (0, 50, 250, 500, 800, 1000, and 1500 μmol·m⁻²·s⁻¹) and 11 levels of CO₂ concentration (0, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 μmol·mol⁻¹) from 107 to 190 days after transplanting were measured a total of seven times, respectively. The rectangular hyperbola model was used to determine the photosynthetic parameters in photochemical efficiency, carboxylation conductance, and respiration of the control treatment, which were 0.087 μmol·m⁻²·s⁻¹, 0.071 μmol·mol⁻¹, and -1.01 s⁻¹, respectively. However, the photosynthetic parameters of the drought treatment were 0.075 μmol·m⁻²·s⁻¹, 0.064 μmol·mol⁻¹, and -0.95 s⁻¹, respectively. Results indicated differences in photochemical efficiency and carboxylation conductance between control and drought treatments, and the photosynthetic rates of leaves analyzed in this experiment was reduced in the drought treatment. The photosynthetic rate of leaves under different soil moisture contents analyzed through this experiment will contribute to determining precisely the light intensity and CO₂ concentration standards to improve the photosynthesis of strawberry plant in the glasshouse.

This work was carried out with the support of an Institute of Information Communications Technology Planning Evaluation (IITP) grant funded by the Korean Government (MSIT) (No. 2021-0-01578).

*Corresponding author, E-mail: skkim76@knu.ac.kr

Evaluation of Photosynthetic Rate of Whole-canopy in Cucumber Seedlings Affected by Far-red Light Using a Semi-open Chamber System

Yu Hyun Moon¹, Ha Seon Sim¹, Tae Yeon Lee¹, Ha Rang Shin¹, Soo Bin Jung¹, Yong Jun Kim¹, Na Kyoung Kim¹, Jung Su Jo², Sung Kyeom Kim^{1,2*}

¹Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

The use of far-red light was considered inefficient light in terms of photosynthesis. Few studies have shown that far-red light affects the changes in whole-canopy photosynthetic rates. In recent studies, far-red light has also been reported to increase photosynthetic capacity. This study evaluated the effect of far-red light on the cucumber canopy using a semi-open chamber system to measure the whole-canopy gas exchange rates. The cucumber seedlings were grown under constant temperature (25°C) and relative humidity (70%) in a plant factory with artificial lighting. The photosynthetic rate of cucumber seedlings grown under conventional white LEDs and adding far-red light was compared by measuring from the time of emergence. Far-red light increased the mean photosynthetic rate of entire cucumber seedlings by 19% at the early seedling stage to 10 days after sowing. On the 11 days after sowing, the mean rate of photosynthesis decreased by 4% due to shading effects according to limited planting density as the leaf area increased. The results showed that far-red light increased photosynthetic capacity. However, due to excessive leaf area growth, it was judged that using far-red light in the early growth stage of cucumber seedlings should be carefully considered.

This study was carried out with financial assistance from the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through Technology Development Program for Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), South Korea (Project No. 421001-03).

*Corresponding author, E-mail: skkim76@knu.ac.kr

경북 상주 스마트팜 혁신밸리 실증단지 소개

Introduction of Gyeongbuk Sangju Smart Farm Innovation Valley Substantiation Complex

송영욱*, 임류갑

한국농업기술진흥원 스마트농업본부

Young-Uk Song*, Ryu-Gap Lim

Department of Smart Agriculture, Korea Agriculture Technology Promotion Agency, Iksan 54667, Korea

경북 상주 스마트팜 혁신밸리는 생산여건의 변화로 인한 농업 위기 대응과 첨단 기술이 융합된 스마트팜 확산을 위해 2021년 12월 준공되어, 운영해오고 있다. 혁신밸리 내에는 청년농 양성을 위한 교육단지, 청년농의 생산 시설 지원을 위한 임대온실 그리고 농업기술의 발전을 위해 스마트 농업 기술, 장비, 자재를 실증하기 위한 실증 단지로 구성되어 있다. 실증단지는 총 면적 2.9ha로 유리온실 13동과 비닐온실 6동, 노지 5구역으로 구성되어 있으며, 실증이 필요한 이용자에게 시설만 제공하는 자율 실증서비스와 실증계획 설계부터 재배, 시험분석, 결과 도출까지 진행하는 위탁 실증서비스를 제공하고 있다. 또한 스마트농업 기자재의 시험을 위한 실증장비가 2022년 8월 구축이 완료되었다. 특히, 경북 상주 실증단지는 농업용 로봇 실증 특화단지로 농업용 로봇의 성능과 신뢰성을 시험하기 위한 장비들이 구성되어 있다. 실증장비는 시험목적과 대상에 따라 기자재, 신뢰성, 육묘, 농업용 로봇, 시제품 제작장비로 구성되어 있다. 먼저, 기자재 실증장비는 스마트 농업의 기술, 장비, 재료의 성능을 시험할 수 있는 총 14종의 장비로 구성되어 있다. 신뢰성 실증장비는 대형 챔버 4종으로 구성되어 있으며, 농업기계계의 방진, 방수, 내열, 내구성을 각각 시험할 수 있는 장비가 있다. 다음으로 육묘 실증장비는 자동화된 파종, 접목, 관리 시스템과 모종 선별출하기, 식물 생육측정기 등으로 신품종의 발아 균일성, 묘소질 특성, 접목 친화성 등을 시험할 수 있다. 경북 상주 혁신밸리 지원센터 공용제작실에 위치한 시제품 제작 실증장비는 역설계 프로그램을 통한 우수 제품의 벤치마킹, 시제품의 신속한 생산을 위해 구축되어 있으며, 메탈 3D프린터, 스캐너가 있어, 제품 실증 중에 발생한 개선사항을 프린팅하여, 신속하게 보완하고 그 결과를 확인할 수 있다. 농업용 로봇 실증장비는 수확 로봇, 자율주행로봇 등 농업을 위해 제작된 로봇의 신뢰성과 성능을 시험할 수 있는 장비 4종으로 구성되어 있다. 위 실증장비는 스마트 농산업의 발전을 위해 실증단지 이용자뿐만 아니라 장비를 통한 시험이 필요한 개인, 법인, 단체에서 실증센터측으로 사용 신청하여 사용할 수 있다. 기본적으로 시험장비는 한국농업기술진흥원에서 운용하며, 사용 교육을 받거나, 장비취급에 대한 인정을 받은 이용자에 한하여 직접 사용이 가능하다. 실증장비를 이용해 전문적이고, 객관적인 시험을 통한 스마트팜 기자재 산업의 발전을 기대한다.

본 연구는 농림축산식품부 스마트팜 혁신밸리 실증지원 서비스사업의 지원으로 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: song0023@koat.or.kr

Analysis of Leaf Photosynthetic Rates of Strawberry Plants in the Greenhouse Using Rectangular Hyperbola Model by Days After Transplanting

Tae Yeon Lee¹, Ha Seon Sim¹, Yu Hyun Moon¹, Ha Rang Shin¹, Soo Bin Jung¹, Yong Jun Kim¹,
Na Kyoung Kim¹, Jung Su Jo², Sung Kyeom Kim^{1,2*}

¹Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Sciences, Kyungpook National University,
Daegu 41566, Korea

²Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Environmental factors such as CO₂ concentration and light intensity affect the photosynthetic rate of crop strawberries. Several studies have shown to estimate photosynthetic rate using environmental factors. The objective of this study was to estimate the photosynthetic rate using a rectangular hyperbola model with days after transplanting (DAT). The ‘Seolhyang’ was cultivated in a tunnel-type greenhouse (25×7 m) at Kyungpook National University. The photosynthetic rate was measured using a portable photosynthesis system on the third leaf of newly emerged unfolded leaves of strawberry (n=3). The photosynthetic rate of the leaf at 11 levels of CO₂ concentration (0, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, and 1500 μmol·mol⁻¹) and seven levels of light intensity (0, 50, 250, 500, 800, 1000, and 1500 μmol·m⁻²·s⁻¹) from 35 to 190 DAT were measured a total of 12 times, respectively. The photochemical efficiency, carboxylation conductance, and respiration of photosynthetic parameters were determined using the rectangular hyperbola model. In order to estimate the photosynthetic rate according to DAT, the trigonometric model of the time series model was used for parameter estimation. The photochemical efficiency’s coefficient of determination (r²) was 0.54, but the carboxylation conductance and respiration were 0.30 and 0.48, respectively. The model relatively explained the estimation of the photochemical efficiency parameter, but the carboxylation conductance and respiration values were not. Except for the photochemical efficiency, other parameters were less affected by DAT. Therefore, it was determined that selecting various for estimating parameters was necessary.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1I1A3A01063693)

*Corresponding author, E-mail: skkim76@knu.ac.kr

Optimal Leaf Temperature for Photosynthesis in Melon Plants Predicted by Stomatal Conductance Under Soilless Cultivation

Seungri Yoon^{1,2}, Jin Hyun Kim¹, Minju Shin¹, Ji Wong Bang¹, Ho Jeong Jeong¹, Tae In Ahn^{2*}

¹Protected Horticulture Researcher Institute, NIHHS, Haman 52054, Korea

²Department of Agriculture, Forestry and Bioresources (Horticultural Science and Biotechnology), Seoul National University, Seoul 08826, Korea

High-speed leaf-level measurements of stomatal conductance in ambient conditions allow for faster response to crop physiology and stress responses than gas exchange system in controlled environments. Photosynthesis is a highly temperature-sensitive process which is challenging to measure in rapidly changing environments, with net photosynthetic rate (A_{net}) exhibiting a sharp increase with increasing leaf temperature up to an optimal temperature (T_{opt}). Thus, photosynthetic rates and stomatal conductance are significantly affected by thermal conditions within leaves; however, crop-specific analyses of these relationships remain scarce. Melon, a crop that frequently encounters high-temperature conditions in cultivation environments, was selected as the target crop for this research. This study aims to investigate the response of photosynthesis and stomatal conductance in melon to varying temperatures in order to determine the optimal photosynthetic rate, leaf temperature, and stomatal conductance using a portable gas exchange system. Furthermore, the study seeks to elucidate the interrelationships among these factors through the FvCB biochemical model of photosynthesis. We measured net CO₂ assimilation across a range of leaf intercellular CO₂ concentration ($A-C_i$ curves) nested within a range of 10 different ambient CO₂ concentrations and 10 different leaf temperatures using a portable gas exchange system. Our model selection process, which evaluated the single best predictor of A_{net} across leaf temperatures and at T_{opt} , revealed that stomatal conductance was the most accurate predictor of A_{net} for melon plants. Our findings are in accord with those of previous studies, especially in the C3 plants, that have identified stomatal conductance to be the most important factor limiting A_{net} and an indicator of real-time crop physiological responses to rapidly changing environment.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) and Korea Smart Farm R&D Foundation (KosFarm) through Smart Farm Innovation Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), Ministry of Science and ICT (MSIT), and Rural Development Administration (RDA) (421001-03, PJ016439202206).

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

Parameterization of the FvCB Model to Estimate of the Photosynthetic Rate of Cucumber Leaves Vertically

Ha Rang Shin¹, Ha Seon Sim¹, Yu Hyun Moon¹, Tae Yeon Lee¹, Soo Bin Jung¹, Yong Jun Kim¹,
Na Kyoung Kim¹, Jung Su Jo¹, Sung Kyeom Kim^{1,2*}

¹Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Sciences, Kyungpook National University,
Daegu 41566, Korea

²Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Predicting leaf photosynthesis rate is very important for cucumber growth and yield prediction. The objective of this was parameterization of the FvCB Model to Estimate the Photosynthetic Rate of Cucumber Leaves Vertically. For the estimation of FvCB model parameters by the vertical positions of cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves in summer growing periods and winter growing periods the CO₂ response (A/C_i) of photosynthesis was measured for upper (5th leaf below the meristems), middle (10th leaf below the meristems), and bottom (15th leaf below the meristems) leaves. The measured results were used in the 'plantecophys' R package to obtain the FvCB model parameters, The maximum carboxylation capacity at 25°C, Vcmax25, the maximum electron transport rate at 25°C, Jmax25, and the rate of dark respiration at 25°C, Rd ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). In the winter growing periods, Vcmax25 of upper, middle, and bottom leaves were 55.0, 49.9, and 40.7, Jmax25 was 182.6, 187.7, and 141.6, respectively, and Rd were 1.48, 1.59, and 1.32 respectively. The R² values of the winter growing period at the upper, middle, and bottom leaves were 0.97, 0.96, and 0.94, respectively. In the summer growing period, Vcmax25 of upper, middle, and bottom leaves were 58.9, 57.8, and 48.7, Jmax25 were 177.4, 175.5, and 139.9 respectively, and Rd were 0.82, 0.55, and 0.63 respectively. The R² values of the summer growing period at the upper, middle, and bottom leaves were 0.98, 0.96, and 0.92, respectively. The results of this study will be used in conjunction with environmental variables to contribute to the study of the relationship between photosynthesis and growth and yield.

This study was carried out with financial assistance from the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through Technology Development Program for Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), South Korea (Project No. 421001-03).

*Corresponding author, E-mail: skkim76@knu.ac.kr

정원식물의 건조 내성 평가를 위한 토양수분 함량 변화 분석

Evaluation of Dry Tolerance of Garden Plants through Changes in Soil Moisture Contents

고바울, 김우영, 이형석, 송태의, 한승원, 정나라*

국립원예특작과학원 도시농업과

Baul Ko, Woo Young Kim, Hyeong Seok Lee, Tae Eui Song, Seung Won Han, Na Ra Jeong*

Urban Agriculture Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

최근 기후변화로 인한 이상 고온, 홍수, 가뭄 등 다양한 환경문제가 발생하고 있다. 특히, 장기간 가뭄의 건조 스트레스로 식물 생육이 불량하여 심각한 도시녹지의 경관 훼손이 발생하고 있다. 본 연구는 ‘구절초’ 등 정원식물 40여 종을 대상으로 증발산량에 따른 토양수분함량 변화를 조사하여 기상변화에 의한 정원식물의 관리를 위한 기초자료로 활용하고자 수행되었다. 시험식물은 플라스틱 포트(W:23*L:23*H:18cm)에 정식하였다. 무관수 기간은 20일로 하였으며, 매일 토양수분함량(무게기준)을 측정하였다. 식물의 생육에 이용되는 수분은 고려하지 않았다. 환경관리는 온실 내 고온 조건을 고려하여 측창 및 천장 개폐와 차광스크린을 이용하여 식물 생육이 가능한 수준으로 제어하였다. 10일 기준 무관수 조건에서 식물의 증발산량은 350-1,100g/plant 범위로 증발산량이 많은 식물과 적은 식물 사이에는 약 3배의 큰 차이가 나타났다. 시험식물 40종 중 ‘구절초’ 등 14종의 식물은 20일의 무관수 기간 동안 토양이 완전히 건조되었다. 특히, ‘프록스’, ‘개미취’, ‘눈개승마’ 등 일부 식물은 토양수분함량이 0%에 도달하는데 15일 이내로 소요되었다. 일부 식물은 토양의 증발량보다 낮은 토양수분함량 변화를 나타내었는데 이는 식물의 피복으로 인하여 지표에 수광량이 낮아 증발량이 적었기 때문으로 생각되며 해당 식물들은 증산량이 매우 적을 것으로 생각된다. 따라서 토양의 완전 건조가 빠르게 나타나는 14종의 식물을 이용할 때에는 적정 수준의 관수 관리가 필요할 것으로 생각된다. 단, 본 시험은 정원 현장과는 다른 환경조건과 식재 방법을 이용하여, 향후 현장적용을 위한 실증시험을 수행할 예정이다.

본 연구는 농촌진흥청 원예특작시험연구사업(PJ01603701)의 지원으로 수행되었음.

*Corresponding author, E-mail: jnr202@korea.kr

하계작형 파프리카의 관수량 차이에 따른 품종별 생육 비교

Comparison of Growth by Cultivar According to the Difference in Irrigation Amount of Paprika of Summer Crop

배윤형¹, 김용호¹, 양휘찬², 장동철^{1,2*}

¹강원대학교 원예학과, ²강원대학교 스마트농업융합학과

YunHyeong Bae¹, YoungHo Kim¹, HwiChan Yang², DongCheol Jang^{1,2*}

¹Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

본 연구는 하계작형 파프리카의 관수량과 품종 차이에 따른 생육 비교 형태를 관리기준이 되는 기초자료로 활용하고자 수행되었다. 공시품종은 나가노, 말도나도, 네스빗 및 시로코 4종을 사용하였고, 각 품종당 드리퍼 2개, 3개, 4개로 나누어 관수처리 하였다. 생육조사는 28주 동안 전 생육기간을 7주씩 나누어 총 4구간으로(Period 1: 18-24 주차, Period 2: 25-31 주차, Period 3: 32-38 주차, Period 4: 39-45 주차) 구분하여 조사하였다. 생장길이는 Period 1, 2에서 네 품종 모두 드리퍼가 4개일 때 가장 길었으며, 2개일 때 가장 작았다. 경경은 Period 1의 나가노, 말도나도 및 네스빗에서 드리퍼 2개일 때 가장 얇았으며, 그 외 나머지 처리구에선 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. LAI의 경우 드리퍼가 2개 일 때 가장 낮았지만, 생육 후기에서는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 품종별로 비교를 하였을 때 생장길이는 Period 1에서 말도나도가 드리퍼 2, 3, 4개일 때 각각 6.57, 9.21, 8.56cm로 가장 길었으며 나가노가 드리퍼 2개일 때 5.63cm, 시로코가 3, 4개일 때 각각 7.28, 6.89cm로 제일 짧았다. 네 품종 모두 생육초기부터 중기까지 드리퍼의 개수가 많을수록 성장이 큰 경향을 보였지만, 이후로는 큰 차이점이 없는 것으로 보아 향후 각 품종의 생육단계별 처리 차이에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 스마트팜 연구개발사업단 (세부과제번호 : no. 421040-04)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

Estimating Butterhead Lettuce Growth Rate Using Mask R-CNN Model in Plant Factory

Jun-Young Park¹, Jung-Sun Gloria Kim^{1,2}, Soo Chung^{1,2,3*}

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

²Integrated Major in Global Smart Farm, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

³Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

By monitoring the growth rate of plants, the environment and harvest time can be controlled more precisely in the plant factory. This research aimed to estimate daily growth rate using Mask R-CNN model. The Mask R-CNN model is a deep learning model used for instance segmentation. The model detects and segments the target plant at the pixel level to distinguish between individual crops that overlap during growth in the plant factory environment. Butterhead lettuce (*Lactuca Sativa* L.) was cultivated in the plant factory, and images were captured every hour from September 23, 2022 to January 11, 2023. Temperature, humidity, CO₂, EC and pH data were collected, and average values for each hour were used. The daily change in pixel values was compared with the environment data. Since the Mask R-CNN model was adequate for distinguishing crops by pixel level, a variable application to estimate growth rate in other plants can be developed, and can be used to detect inadequate environments by tracing plant growth rates.

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

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

EC Change may Increase the Growth and Functional Substances of Brassicaceae Plants

SunWoo Kim¹, Gwonjeong Bok¹, Juhyung Shin¹, Jongseok Park^{1,2*}

¹Department of Bio-AI Convergence, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

The Brassicaceae is a group of plants with cruciform flowers that mainly grow in temperate and cold regions of the Northern and Southern Hemispheres, along the Mediterranean coast and Central Asia. The quality of plants grown in hydroponic systems is influenced by various environmental factors, including the concentration of electrical conductivity (EC), which affects plant morphology, growth, and functional substance content. This study was conducted to determine the optimal EC concentration during the growth period by changing the EC to increase crops' growth and functional substance content. Red mustard (*Brassica juncea* L.) and kale (*Brassica oleracea* L.) seeds from the Brassicaceae were sown in rockwool plug trays. Transplanted seedlings were placed in a 14/10 hour (day/night) photoperiod, a light intensity of $200 \pm 20 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ from fluorescent lights (TLD 32W/865RS, Philips, Netherlands). A temperature of $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, and a relative humidity of $55 \pm 15\%$ for three weeks. After seedling, the temperature and relative humidity were maintained, and the Yamazaki nutrient solution was provided with EC 1.5 dsm^{-1} for two weeks and the EC was changed to 1.5, 3.0, 4.5, and 6.0 dsm^{-1} , for 2 weeks. The results showed significant decrease in shoot fresh weight, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and total phenol content of red mustard was observed at EC 6.0 dsm^{-1} compared to other EC concentrations. Leaf number increased by 51.9% at EC 3.0 compared to EC 6.0 dsm^{-1} , and leaf area increased by 61.8% at EC 1.5 dsm^{-1} compared to EC 6.0 dsm^{-1} . In kale, shoot fresh weight and leaf width were significantly decreased by 39.9% and 42.7% at EC 4.5 dsm^{-1} compared to EC 6.0 dsm^{-1} . Chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll content, and total carotenoid content significantly increased by 54.5%, 61.4%, 57%, and 58.8% at EC 4.5 compared to EC 3.0. Based on these results, Brassicaceae was typically cultivated at EC 1.5 dsm^{-1} , but it is suggested that by adjusting the EC between 3.0 and 4.5 dsm^{-1} during the latter half of the growing period, growth can be maintained while increasing the functional components.

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

Growth and Biochemical Responses of Kale Subjected to Supplemental UV-A and Deep-blue LED Lights

Daseul Choi^{1,2}, Myung-Min Oh^{1,2*}

¹Division of Animal, Horticultural and Food Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²Brain Korea 21 Center for Bio-Health Industry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

This study aimed to evaluate the effects of UV-A and deep-blue light on the growth and bioactive compound accumulation of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Five-week-old kale seedlings were continuously subjected to illumination with three types of UV-A light-emitting diodes (LEDs) with peak wavelengths of 365, 385, and 395 nm and four deep-blue LEDs with peak wavelengths of 405, 415, 430, and 440 nm at the same energy level of 30 W·m⁻² for 7 days. UV-A and deep-blue treatments enhanced the growth characteristics of kale compared with the control and showed the highest value in the 415 nm treatment. During the light period, there was an increase in the photosynthetic rate of plants exposed to long peak wavelengths, with the highest value being recorded at 415 nm, whereas during the dark period, CO₂ gas exchange was detected in plants illuminated with both UV-A and deep-blue lights, although the photosynthetic rate was higher in those plants exposed to the latter. The Fv/Fm value maintained a value of about 0.8 or higher in all deep-blue treatments, and the UV-A treatment decreased as the peak wavelength decreased. The reactive oxygen species, hydrogen peroxide, showed a higher value than the control in all treatments from 2 to 7 days of treatment, and 365 nm showed the highest value at 4 days. Changes in the levels of *PAL* gene expression over time showed a tendency to increase in the deep-blue treatment compared to the control from day 2 to 4. The activity of phenylalanine ammonia-lyase increased in all treatments except for 365 nm treatment from day 2 to 7. The total phenolic content and antioxidant capacity per shoot dry weight of 395, 405, 415, 430, and 440 nm significantly increased compared to the control, with values in the 415 nm treatment being 2-fold higher than those in the control. Through Pearson correlation analysis, it was confirmed that UV-A and deep-blue lights had a positive correlation with the increase in dry weight, photosynthetic rate, total phenol content and antioxidant capacity of kale. Collectively, the findings of this study indicate that supplemental irradiation using deep-blue LEDs (415 nm) can enhance the growth and quality of plants cultivated in controlled-environment systems, such as plant factories with artificial lighting.

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (IPET) and the Korea Smart Farm R&D Foundation (KosFarm), through the Smart Farm Innovation Technology Development Program funded by the Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs (MAFRA); the Ministry of Science and ICT (MSIT); and the Rural Development Administration (RDA) (421033-4).

*Corresponding author, E-mail: moh@cbnu.ac.kr

UV-A를 이용한 식물 스트레스 모니터링 로봇 개발

Development of Plant Stress Monitoring Robot Using UV-A

김만중, 백정현, 임동혁, 이정호, 박성진, 김태현*

국립농업과학원 농업공학부 스마트팜개발과

Manjung Kim, Jeunghyun Baek, Donghyeok Im, Jeongho Lee, Seongjin Park, Taehyun Kim*

Division of Smart Farm Development, Department of Agricultural Engineering,

National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju 54875, Korea

본 연구는 UV-LED를 이용하여 엽록소를 통해 식물의 스트레스 상태를 모니터링하는 로봇 개발을 위하여 실시되었다. 식물은 스트레스를 받는 경우 엽록소의 변화가 나타나며, 본 연구에서는 형광법을 이용하여 작물의 엽록소를 측정하는 모니터링 로봇에 관하여 연구를 진행하였다. 작물 엽록소 측정장치는 UV광원을 조사하여 잎의 형광 방출을 유도하여 최대형광 데이터와 최소형광 데이터를 취득하는 방식을 사용한다. 엽록소의 형광현상을 발생하기 위해서는 20분이상의 암순응 시간이 필요하며, 태양광의 파장이 아닌 UV 파장만의 빛이 들어갈 수 있도록 하여야 한다. 따라서 UV가 조사되는 위치에 자외선 센서를 부착하여 UV가 조사되면 빛을 차단하여 형광이 측정될 수 있도록 제작 제작하여야 한다. 장치에 사용되는 UV-LED의 파장은 UV-A(365nm, 405nm)로 측정 센서로는 UVA-BTA(Vernier Software & Technology, 미국, 오레곤), GUVVA-T11GD(Genicom, 한국, 대전), GUVVA-S12SD(Keyestudio, 중국, 심천)등이 있다. 자외선센서, 리프트, 리니어 액츄에이터, DC모터, 암막을 이용하여 모니터링 로봇이 엽록소의 형광반응을 측정 할 수 있도록 설계, 제작 하였다. 위의 연구를 통해 제작된 식물 스트레스 모니터링 로봇을 통하여 온실 환경에서 고온 및 수분스트레스를 계속하여 측정함으로써 스마트팜에서의 작물재배에 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421030-04).

*Corresponding author, E-mail: thkim8205@korea.kr

순환식 수경재배 시스템에서의 이온 균형 유지를 위한 이온 선택성 전극 기반 양분 관리 시스템 개발

Development of Solenoid Valve Control Algorithm to Supply Variable Composition of Fertilizers for the Closed Hydroponics

강민석^{1,2}, 김학진^{1,2*}, 조우재³, 안태인⁴, 김주신^{1,2}, 이주영⁵, 황지은⁶, 장재욱⁷

¹서울대학교 바이오시스템공학과, ²서울대학교 융합전공 글로벌 스마트팜, ³경상대학교 생물산업기계공학과, ⁴서울대학교 식물생산과학부, ⁵한국과학기술연구원, ⁶경기도농업기술원, ⁷신한에이텍

Min-Seok Gang^{1,2}, Hak-Jin Kim^{1,2*}, Woo-Jae Cho³, Tae In Ahn⁴, Joo-Shin Kim^{1,2}, Ju Young Lee⁵, Ji-Eun Hwang⁶, Jae Wook Jang⁷

¹Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

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

³Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Department of Plant Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

⁵KIST Gangneung Institute of Natural Products, Gangneung 25451, Korea

⁶Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 18388, Korea

⁷SHINHAN A-TEC Co.,Ltd., Changwon 51793, Korea

전기전도도(EC) 기반 기존 순환식 수경재배 양액 제어 시스템은 시간이 지날수록 양분의 불균형을 야기할 수 있다. 이온 선택성 전극(ISE)을 통해 양액 내 부족한 이온을 측정하고 적절하게 비료를 공급한다면 작물 생육을 위한 이온 균형을 효과적으로 조절할 수 있다. 본 연구에서는 ISE와 선행연구의 비료 결정 알고리즘에 의해 매일 산출되는 조성의 비료를 공급할 수 있는 양분 관리 시스템을 개발하였다. 자체 개발한 NO₃, K, Ca₂ 전극 어레이와 신호 처리 보드가 적용되었으며, Ca(NO₃)₂·4H₂O, KH₂PO₄, NH₄H₂PO₄, KNO₃, NH₄NO₃, MgSO₄·7H₂O, K₂SO₄, Hoagland 조성에 따른 미량원소, 및 pH 조절을 위한 H₃PO₄를 원격으로 결정된 비료 조성의 부피 비율에 따라 혼합 탱크로 공급하기 위해 8개 솔레노이드 밸브를 제어하였다. 목표 조성은 작물 흡수 양분의 총량에 의해 조정되며, 이는 배액의 이온 농도 비율을 바탕으로 한다. 개별 비료 투입량은 원수 공급시 EC가 설정 값보다 낮을 때 솔레노이드 밸브의 작동 시간을 변화시킴으로 조정되었다. 개발된 시스템은 경기도 농업기술원 카이피라, 코르비나 상추 재배 온실에서 배액 탱크의 이온 농도 비율과 목표 이온 농도 비율을 비교하여 검증하였다. 평균 제공근 오차(RMSE)는 약 8%로 나타났으며, 기존 시스템보다 이온 균형 측면에서 향상된 결과를 보였다. 향후 연속 작기 조건에서 개발시스템의 이온 균형 유지 성능을 평가하고자 한다.

본 결과물은 농림수산식품기술기획평가원의 혁신기술개발사업(과제번호: 421006-03)의 지원 및 과학기술정보통신부 해외협력기반조성-국가간협력기반조성사업(과제번호: 2022K1A3A1A9209497611)의 지원으로 수행되었음.

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

외부 다겹보온커튼이 무가온 단동온실의 환경에 미치는 영향

Effects of External Multi-layer Insulation Curtain on the Environment of Non-heated Single-span Greenhouse

신현호, 최만권*, 조명환, 유인호

국립원예특작과학원 시설원예연구소

Hyunho Shin, Mankwon Choi*, Myeongwhan Cho, Inho Yu

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

본 연구는 외부 다겹보온커튼이 무가온 개발 딸기 육묘온실의 환경에 미치는 영향을 분석하였다. 다겹보온커튼 설치 온실의 형태는 단동이며, 온실 방위는 남북동이다. 폭 14.0m, 측고 2.0m, 동고 4.3m, 길이 40.0m이며, 내부 중앙에 기둥이 있다. 외부 다겹보온커튼은 총 9겹으로 구성되어 있으며 마대 2겹, 옥스포드천 2겹, 솜 1겹(6온스), PE폼 2겹, 차광광 2겹이다. 무가온 단동온실 방위 역시 남북동이며, 폭 7.0m, 측고 2.0m, 동고 3.9m, 길이 40.0m이다. 개폐 방식은 농가 현장에서 많이 사용되고 있는 권취식으로 온실 측면 하단에서 감아서 상부에 고정되는 형식이다. 일사량과 기온은 온실 중앙과 중앙에서 동서(폭) 방향으로 각각 2.0m, 4.0m 위치에서 높이 1.0m와 3.0m 지점에 센서를 설치하여 측정하였다. 맑은 날 중앙과 동서 4.0m 위치, 높이 1.0m 지점에서 온실 내부 일평균 광 투과율을 분석한 결과, 중앙 37.3%, 동쪽 57.8%, 서쪽 43.8% 이었다. 흐린 날에는 중앙 25.7%, 동쪽 59.1%, 서쪽 45.1% 이었다. 온실 중앙부는 말아 올린 다겹보온커튼으로 인해 광 투과율이 낮았으며, 맑은 날보다 흐린 날이 중앙부 광환경이 불리하였다. 무가온 개발 온실에서의 외부 다겹보온커튼 보온효과를 조사한 결과, 외부기온이 최저 -10.7℃일 때 온실 내부 기온은 최저 1.9℃를 유지되었으며 일 평균기온은 4.5℃ 이었다. 외부 다겹보온커튼 설치 온실과 미설치 무가온 단동온실의 내·외부 기온 차를 조사한 결과, 다겹보온커튼 설치 온실에서는 8.9~13.9℃, 미설치 온실에서는 -0.8~4.9℃ 이었다. 다겹보온커튼을 설치함으로써 온실 기온을 9.0~9.7℃ 높게 유지할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 온실 난방부하를 줄이기 위해 사용할 수 있는 다겹보온커튼의 활용 가능성을 제시하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01606302)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail:choimk82@korea.kr

수평재하시험에 의한 스파이럴 파일의 하중-변위 거동 평가

Evaluation on Load-displacement Behavior of Spiral Piles by Lateral Load Test

염성현^{1*}, 윤홍기², 이우수², 유석철¹

¹국립농업과학원 재해예방공학과, ²충청남도농업기술원 원예연구과

Sung Hyun Yum^{1*}, Hong-Ki Yoon², U-Su Lee², Seok Cheol Yu¹

¹Division of Disaster Prevention Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

²Research Division for Horticulture, Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services,
Yesan 32418, Korea

과원 방풍시설은 바람에 대한 인발력과 수평력에 대하여 안전하여야 한다. 본 연구는 수평재하시험을 통한 스파이럴 파일의 허용수평력과 변위거동을 확인하기 위하여 수행하였다. 수평재하시험에 사용된 기초는 $\phi 75\text{mm}$ 의 스파이럴 파일 4종(나선부 길이 \times 선단부 길이=0.45m \times 0.60m, 0.45m \times 0.70m, 0.55m \times 1.00m, 0.45m \times 1.30m)이다. 회전 압입하는 방법으로 파일을 시공하고 10일 후 수평재하시험을 수행하였다. ASTM D3966에서 정한 시험방법 중 극한하중의 확인 또는 파괴하중까지 시험하는 것으로 하여 급속재하시험방법을 이용하였으며 재하 단계는 0.1~0.2kN, 변위량은 120° 간격으로 2개의 게이지를 부착하여 각 하중단계에서 재하가 완료된 후 5분 동안 측정이 이루어지도록 하였다. 허용변위량은 도로교 시방서 기준인 15mm 기준을 적용하였다. 수평재하시험 결과, 0.45m \times 0.60m의 경우 시험하중 1.0kN에서 총 변위량은 31.40mm로 나타났으며 기준변위 15mm에 해당하는 수평하중은 0.62kN인 것으로 나타났다. 재하시험 결과를 활용하여 구한 말뚝특성치와 수평지반반력계수로부터 고정조건 하에서 허용수평력을 산정한 결과 1.20kN인 것으로 나타났다. 0.45m \times 0.70m의 경우에는 시험하중 1.50kN에서 총 변위량 25.02mm, 기준변위에서의 수평하중 0.94kN, 허용수평력 1.90kN이었다. 0.55m \times 1.00m의 경우 시험하중 0.90kN에서 총 변위량 25.39mm, 기준변위에서의 수평하중 0.62kN, 허용수평력 1.20kN이었으며 0.45m \times 1.30m의 경우 시험하중 1.50kN에서 총 변위량 33.90mm, 기준변위에서의 수평하중 1.10kN, 허용수평력 2.20kN으로 산정할 수 있었다. 방풍 높이와 네트에 따라 풍하중이 상이하므로 설계 시 작용 수평력과 허용수평력을 비교하여 안전성을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었으며 그라우팅 처리에 따른 허용수평력 산정이 추가로 필요할 것으로 판단되었다.

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업기초기반연구사업(연구개발과제번호: PJ015889042022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

Analysis of Spatial Variability by Suspension-type Dehumidifiers for Temperature and Humidity Management in Smart Greenhouses

Md Ashrafuzzaman Gulandaz¹, Mohammad Ali², Md Sazzadul Kabir¹, Md Asrakul Haque²,
Seung-Ho Jang³, Sun-Ok Chung^{1,2*}

¹Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University,
Daejeon 34134, Korea

³Shinan Green-tech Co. Ltd., Suncheon 58027, Korea

The productivity of greenhouse mostly depends upon the crop growing environment, which is broadly relied on the management of temperature and humidity. This study aims to evaluate the effectiveness of suspension-type dehumidifiers in managing temperature and humidity levels in smart greenhouses by analyzing their positioning impact and comparing performance of heating and dehumidifying modules through spatial variability analysis. The dehumidifier consisted of a 0.65 kW compressor, a 0.12 kW fan, and 2.9 – 3.5 kW heating coil. The performance of the dehumidifier was compared for different installation layouts: 1) one at the center, 2) two at the center (facing opposite directions from the center to the sides), 3) one at either of the sides, and 4) two at both of the sides (facing to the center). To evaluate the functional ability of the dehumidifier, 27 temperature and humidity sensors were placed at three layers (top, middle, and bottom) and in three sections for monitoring the environmental status inside the greenhouse. Two additional sensors were placed in front of the dehumidifier and outside of the greenhouse. A server-based data acquisition system was used to collect the data of temperature and humidity inside the greenhouse and transfer the data wirelessly to the server for storage, as well as to control the dehumidifier remotely. The humidity response results showed that the time required for 90% to 70% dehumidification were 30 minutes. Temperature fluctuated 5°C after 20 minutes at the upper layer and 33 minutes at the bottom layer. The results illustrated that the position of suspension-type dehumidifiers could be significantly impact their performance, and management of humidity and temperature in greenhouse. Overall, this research contributes to the development of more efficient and effective smart greenhouse technologies.

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (IPET), through the Technology Commercialization Support Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (Project No. 821051-03), Republic of Korea.

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

식량작물 스마트농업을 위한 밭작물 생육 및 환경 데이터 수집 체계 제안

Proposal of Upland Crop Growth and Environmental Data Collection System for Smart Agriculture

배희수*, 이선혜, 전용희
농촌진흥청 국립식량과학원

Huisu Bae*, Seonhye Lee, Yonghee Jeon

National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

본 연구는 노지 작물 생육정보와 환경데이터 수집 환경 구축 및 모니터링 체계를 통해 식량작물 스마트농업 기반 마련을 위하여 수행하였다. 논이용 밭작물 재배를 위해 논에 무굴착암거배수 시설과 지하수위 조절 시스템을 설치 후 콩을 재배하였다. 생육 기간중 기상, 토양수분(pF) 및 NDVI, PRI 등의 센서를 설치하여 데이터를 수집 후 민간 클라우드에 전송하여 자체 개발한 통합관제시스템(CIDAS, Center for Integrated Digital Agriculture System)에 저장하였다. 모든 센서는 태양광패널과 배터리를 이용하여 전력을 공급하였고 센서 규격, 설치방법, 데이터 전송 주기 등 센서 메타데이터를 수집하였다. 콩의 생육 및 수량 데이터는 데이터표준매뉴얼을 활용하여 수집하였고 기상 자료는 인근 기상대 자료와 비교하여 오류값을 식별하였다. 노지 식량작물 재배의 경우 시설재배와는 달리 외부 재배 환경요인의 제어가 어려우며 제어가 가능한 부분은 토양 수분이나 양분관리 등에 한정적이거나 이 또한 강우 등 외부 환경요인에 영향을 크게 받는다. 향후 노지 식량작물 스마트농업을 위해서는 국내 영농규모에 적합한 체계적인 데이터 수집 체계 마련과 인공지능 데이터 분석기술 등을 도입한 데이터 기반의 영농관리 종합관리 솔루션 개발이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ017116022022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: huisu81@korea.kr

Effects of Various Light Quality on Growth and Quality of Mini Green and Red Romaine Lettuce

Joo Hwan Lee¹, Yong Beom Kwon², Yoo Han Roh², In-Lee Choi², Jidong Kim³, Yongduk Kim⁴,
Ho-Min Kang^{1,2*}

¹Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³FutureGreen Co., Ltd., Yongin 17095, Korea

⁴Cheorwon Plasma Research Institute, Cheorwon 24062, Korea

This study was conducted to investigate the effects of various light qualities, including natural light, on the growth, leaf color expression and internal quality changes of mini green and red romaine lettuce. Natural light (NL), Quantum dot (QD), Blue+Red (BR), White (W), Blue (B), Red (R)-LED were used as the light source, and the green romaine lettuce(cv. Minicup, ASIA SEED) and red romaine lettuce (cv. Truchas, Johnny's Selected Seeds) mini cultivars were grown for 45 days. Leaf length and leaf width were the largest and the number of leaves was the smallest in NL regardless of cultivar, and the trend was opposite to that of NL in BR. QD, composed of blue + wide red + far red, effectively enhances the top fresh weight of green romaine, and in the case of red romaine, R was the highest, but it lost its original shape as the cultivation days passed. The top dry matter ratio showed a similar trend according to the light quality in both cultivars and was the highest in B. The leaf color of red romaine cultivated in NL and BR was deep dark red due to the high Hunter a* value. NDVI was high in B and BR, and ARI1 in red romaine was most effective in B and NL. Ascorbic acid content was higher in W in both cultivars, and DPPH was greater than 85% in NL. The total phenol content was the highest in NL in green romaine and the highest in BR in red romaine. Summarizing the results, the growth of green and red romaine was the best in QD, and Except for the ascorbic acid content, most of the internal qualities were effective in NL.

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (122056-3), and the Republic of Korea and the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2021R1A6A1A03044242).

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

Effect of Light Position on Growth and Yield of Paprika during Supplemental LED Lighting

Yong Beom Kwon¹, Joo Hwan Lee¹, Yoo Han Roh¹, In-Lee Choi², Yongduk Kim³, Jidong Kim⁴,
Ho-Min Kang^{1,2*}

¹Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea,

²Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³Cheorwon Plasma Research Institute, Cheorwon 24062, Korea

⁴FutureGreen Co., Ltd., Yongin 17095, Korea

This study compared the effectiveness of supplemental inter-lighting and top-lighting in the hydroponic culture of paprika (cv. Nagano RZ). LED fixtures used in the experiment had a wavelength of Cool-White. For inter-lighting with a light intensity of $145 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ at a distance of 10 cm from the light source was placed between 2 plant stems to supplemental lighting. Top-lighting was placed at a distance of 30 cm above the plants and the light intensity was adjusted according to the inter-lighting. There was a significant difference between the supplemental lighting treatments and the control without supplemental lighting in increased height, number of nodes, and LAI at 42 days after treatment. SPAD values at the last period of cultivation showed that inter-lighting treatment was higher in the mid-canopy, and top-lighting treatment in the top canopy. Also, there was significantly different from the control. The marketable fruit number and marketable fruit yield were significantly higher in the top-lighting treatment than in the control at the last period of cultivation in November. For total soluble solids, significantly higher with supplemental lighting than the control, regardless of the light position for each canopy. For ascorbic acid contents, the inter-lighting treatment was significantly higher than the control. The cost-benefit analysis showed that inter-lighting is more economical due to top-lighting requiring more LED fixtures to achieve the same light intensity as inter-lighting, even though the marketable yield was not significantly different. Therefore, paprika cultivation with supplemental inter-lighting is considered a more economical method than top-lighting.

This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (122056-3), and the Republic of Korea and the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2021R1A6A1A03044242).

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

반밀폐형 온실에서 송풍덕트 천공면적에 따른 온실 온도 변화 비교

Comparison of Temperature Changes According to the Ventilation Duct Perforation Area on a Semi-closed Greenhouse

황정수*, 장재경, 문종필, 배효준

국립농업과학원 에너지환경공학과

Jeongsu Hwang*, Jae Kyung Jang, Jong-Pil Moon, HyoJun Bae

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

원예시설은 작물 생산성이 높아 지속적으로 증가추세에 있으며, 최근 기후변화로 인하여 안정적인 농산물 공급이 중요한 이슈가 되면서 증가 추세가 더욱 높아지고 있다. 이에 따라 원예시설 냉난방 부하도 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 냉난방에는 많은 에너지 비용이 요구되기 때문에 국내 원예시설 내부 온도 및 에너지 균일화 기술이 중요하다. 이 연구는 온실 송풍덕트의 천공 면적 차이에 따라 온실내부 온도 변화를 알아보았다. 온실은 폭 24 m, 길이 38 m, 측고 7 m, 동고 8.8 m의 반밀폐형 온실에 총 14개 송풍덕트를 200W 용량 FCU를 송풍덕트에 연결하여 송풍되도록 하였으며, FCU에서 유입되는 공기의 온도는 외부공기를 사용하여 외부공기의 온도로 송풍되게 하였다. 송풍덕트는 UV 처리된 유백 필름으로 두께는 0.1 mm, 길이 30 m, 직경 30 cm로 설치하여 실시하였다. 천공면적은 송풍덕트 직경의 면적보다 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4배로 하였으며, 면적별로 각각 2개씩 온실에서 양끝 부분을 제외하고 총 12개를 설치하여 실험을 실시하였다. 온실 내부 높이에 따른 온도 변화는 면적별 덕트 한 쌍의 덕트 사이에 지면기준 70cm(덕트 설치 위치 바로 윗부분)에 설치하여, 2023년 3월 28일 오후 3시부터 2023년 3월 30일 오후 3시까지 실험하였다. 온도센서는 HOBO Pro V2 temp/RH onset(U23-001)을 이용하였으며, 한 시간 간격으로 데이터를 수집하였다. 이 기간 동안 온실 내 온도가 높았던 시간을 확인한 결과, 29, 30일 오후 1시에 가장 높았다. 이때 외기온은 18.77, 22.01℃ 이었으며, 외기온이 18.77℃일 때 설치된 송풍덕트별 온도는 33.84, 33.98, 33.52, 33.53, 32.99, 34.08℃ 이었으며, 여기서 1.5, 1.8, 2.1배 천공한 덕트의 온도가 나머지 3개의 송풍덕트보다 낮은 온도를 유지한다는 것을 알 수 있었다. 외기온이 22.01℃일 때 천공면적별로 설치한 곳의 온도는 34.57, 34.70, 34.72, 34.39, 33.99, 34.25℃로 1.8, 2.1, 2.4배로 천공한 덕트의 온도가 나머지 3개의 덕트보다 낮은 온도를 유지한다는 것을 알 수 있다. 이 결과로 실험 기간 동안 전반적으로 1.8, 2.1배로 천공된 송풍덕트가 다른 천공 배수에 비해 송풍덕트의 송풍효과가 온도를 더 낮게 유지할 수 있어 천공면적이 온실 온도관리에 중요한 요소임을 확인하였으며, 적절한 천공면적의 적용으로 냉난방 에너지 절감 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ016761022023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: hjs0904@korea.kr

IoT-based Real-time Drip Irrigation Monitoring System for Smart Greenhouses

Mohammad Ali¹, Eliezel Habineza², Shahriar Ahmed¹, Md Ashrafuzzaman Gulandaz²,
Md Shaha Nur Kabir^{1,3}, Jae-Hyeok Jeong⁴, Sun-Ok Chung^{1,2*}

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

³Department of Agricultural and Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University, Dinajpur 5200, Bangladesh

⁴National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

A drip irrigation system is an efficient method of watering crops in greenhouses. To ensure a reliable crop water supply within a greenhouse farming system, constant monitoring with a set of sensors is necessary. This study aims to develop an IoT-based drip irrigation monitoring system for sandy soil in greenhouses using Raspberry Pi and Arduino communication. A three-row (60 cm apart) subsurface drip irrigation system with five drippers per pipeline at 30 cm intervals, as well as a data acquisition system, were designed and installed in a sandy soil testing bin inside a greenhouse for water and environment monitoring using soil water content, temperature, and humidity sensors inside the greenhouse. Ninety soil water content sensors were placed in the sandy soil bin at different depths of 10, 20, 30, 40, and 50cm, respectively. Raspberry Pi (Pi4 model B+) and three Arduinos (Mega 2560) were interfaced with sensors, and the data were obtained using the Python programming language. The data was automatically recorded in the external Pi-memory for further processing, and remote monitoring was performed using a Raspberry Pi VNC system. A pump regulator was used to control the water flow pressure at the desired levels. The maximum and minimum averages of the ambient temperature, humidity, and soil water content values were recorded as 29.66 ± 3 to 22.04 ± 3 °C, 40.06 ± 2 to 33.09 ± 4 % and 72.28 ± 2 to 46.51 ± 1 %, respectively. The water content levels varied at different depths of sandy soil due to low water holding capacity. The designed system ensured the spatial distribution of water in order to schedule crop watering and improve water use efficiency to enhance plant growth by maintaining the required soil water content and alerting on environmental conditions.

This work was carried out with the support of “New agricultural climate change response system establishment project (Project No. PJ014944052022)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

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

아쿠아포닉스 환경제어 시스템 이상 탐지 설계

Design of Aquaponics Environmental Control System Abnormal Detection

이정호, 양오석, 백정현*

국립농업과학원 농업공학부

Jeongho Lee, Ohseok Yang, Jeonghyun Baek*

Division of Smart Farm Development, Department of Agricultural Engineering,
National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

국내 인구의 초고령화, 지방인구 소멸로 인한 농촌의 인구감소로 인하여 노동력 대비 생산성이 떨어지고 있어 농업으로 전환하는 창업농민의 경우 스마트팜 관련 기술을 적용하려 시도하고 있다. 이러한 상황과 더불어 탄소 중립과 같은 환경친화적인 농업에 대한 필요성이 강조되고 있어 화학비료 대신 물고기 배설물을 활용하는 아쿠아포닉스 농법이 주목받고 있다. 아쿠아포닉스는 친환경적인 방법으로 기후변화에 대처하여 생산성을 유지할 수 있으나, 기존의 스마트팜 대비 복잡한 시스템을 포함하고 있어 사용자, 특히 고령의 농가 경영주들이 제어하는 과정에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 아쿠아포닉스의 이상을 탐지하는 기술이 필요하다. 본 연구는 인공지능을 활용한 아쿠아포닉스의 센서 데이터의 이상을 탐지하는 시스템 설계를 목적으로 하고 있다. 설계된 시스템은 아쿠아포닉스 시설 내 설계된 클라우드 기반 데이터베이스에 저장된 다양한 센서값을 기반으로 시퀀스 데이터를 예측하는 인공지능의 한 방법인 LSTM(Long Short Term Memory)를 적용하여 시설 내 구성요소의 이상을 탐지하는 것을 목적으로 한다. 수집되는 환경 데이터 중 어류와 작물의 생장에 즉각적으로 영향을 미치는 수조 내 pH의 시계열 데이터를 LSTM의 입력데이터로 사용해서 pH 센서값을 예측하도록 하였다. 학습된 모델은 pH 센서값의 기반으로 학습 데이터를 생성할 때 지정된 간격만큼 미래의 pH 센서값을 예측하고 해당 값과 아쿠아포닉스 시스템에서 얻어진 값을 비교하여 이상을 탐지하도록 하였다. 제안된 연구는 LSTM의 many to one 방식을 도입하여 정교하게 아쿠아포닉스 시설 이상을 탐지하는 시스템으로 확장할 수 있으며, 도출된 결과는 아쿠아포닉스의 순환수 제어, 사료량 및 공급 주기 등을 제어하는데 활용할 수 있을 것이다.

본 성과물은 농촌진흥청 국립농업과학원 연구사업(과제번호: PJ01579603)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

A Process-based Model Integrating Development and Growth for Radish (*Raphanus sativus* L.)

Minji Shin, Seong Eun Lee, Byung Hyuk Kim, Kyung Hwan Moon*

Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute of Horticultural and Herbal Science,
Rural Development Administration, Jeju 63240, Korea

Crop growth models usually take into account two important factors, namely phenology and morphology. In this study, we present a new process-based model for radish (*Raphanus sativus* L. cv. Shincheongilpum) that investigates the contribution of these two factors to the overall growth of the plant. This model integrates these processes and considers their dynamic changes throughout the growing season. We have developed a leaf development model that considers the non-linear effects of temperature and is dynamically linked to changes in leaf growth rate. This model estimates carbon gain, and carbon distribution to different plant organs is based on the stage of leaf development. The model was parameterized with data from a range of experiments conducted in various environmental conditions. We also evaluated its performance using additional observations that were not previously utilized during the parameterization process. The integrated model successfully simulated the dynamic features of radish phenology and morphology, including the timing of leaf initiation, the rate of leaf development, the progression of green leaf area over time, and the biomass of root and shoot organs in real-time during the crop's growth cycle. By considering a range of environments, the model presents an innovative approach to understanding the phenology and morphology of radish. Additionally, this process-based model could be used to estimate harvestable biomass in diverse environments, including future climate conditions.

This research was supported by the Rural Development Administration (Project No. PJ01512102).

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

딸기 탄저병균을 포함하는 인공 배액 이용 마이크로버블 살균 효과 검증

Verification of Microbubble Sterilization Effect Using Artificial Drainage Containing Strawberry Anthracnose

장재경^{1*}, 류현주², 최효원², 유영선¹, 문종필¹, 박민정¹, 황정수¹

¹국립농업과학원 에너지환경공학과, ²국립농업과학원 작물보호과

Jae Kyung Jang^{1*}, Hyunjoo Ryu², Hyo-Won Choi², Young Sun Ryou¹, Jong-Pil Moon¹,
Minjung Park¹, Jeongsu Hwang¹

¹Energy & Environmental Engineering Division, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju 54875, Korea

²Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

기후변화 대응 수경재배가 증가하고 있으나 우리나라는 대부분 비순환식 양액재배를 하고 있어, 환경오염감소 및 자원순환(물, 비료)을 위해 양액 배액 재이용이 필요한 실정이다. 이 연구는 양액 배액 살균·재이용 기술로 마이크로버블을 적용, 탄저병이 포함된 양액 배액에 처리 효과를 알아본 것이다. 딸기 Crown 썩음증상에서 분리한 탄저병균(*Colletotrichum gloeosporioides*)은 PDA에 접종한 후 25℃ 암실 조건에서 4주 배양하여 수집하여 이용하였다. 배양된 탄저균 포자현탁액 농도는 $3.3 \times 10^6/\text{mL}$ 이었으며, 이 배양액 1L를 딸기 재배과정에서 배출된 배액(99L)에 혼합하여 인공 배액을 만들어 실험에 이용하였다. 준비된 인공배액을 마이크로버블화 장치를 이용하여 6시간 동안 순환 처리하였으며, 시간별 처리액을 샘플링하여 살균 효과를 검증하였다. 탄저균 발현 여부는 첫째, 탄저균 반선택배지를 이용하여 배양을 통해 탄저균 살균 효과를 확인하였으며, 둘째, 딸기 어린묘를 이용 작물 재배를 통해 탄저병 발현 여부를 확인하였다. 탄저균 검정을 위해 pyribencarb와 pydiflumetofen 각각 $40\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 세균을 방지하기 위한 streptomycin $100\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 포함하도록 조제한 반선택배지를 이용하여 각 조건별 3개의 페트리 디쉬에 배양하여 탄저균 발현을 확인하였다. 작물 재배 검증은 딸기 어린묘 뿌리 끝을 잘라 시간별 처리한 액에 담아 1시간 노출을 통해 감염시켜 정식하여 탄저균 발현 여부를 관찰하였다. 이때 시험구는 0H, 1H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H, C(대조구)로 8개 그룹으로 구분하였다. “0H”는 마이크로버블화 장치를 거치지 않은 것이며, “C”는 대조구로 물을 이용하여 접종한 것을 의미한다. 탄저균 검정 결과, 4시간까지는 탄저균이 발생되었다. 그러나 5시간에서는 3개의 페트리 디쉬 중 한 개에서 스팟 한 개가 나타났으며, 6시간과 대조구에는 탄저균이 발생되지 않았다. 작물 재배 확인에서는 11일까지는 탄저균 발현이 모든 조건에서 나타나지 않았으나 15일차에 “0”과 1시간 처리 그룹에서 잎의 색이 갈변되는 딸기묘가 나타났으며, 15일 경과에서는 고사되는 묘가 나타나기 시작하여 27일차에는 5시간까지 거의 고사되었다. 이 결과로 탄저균 배양 실험에서 스팟이 있었던 것으로 5시간 처리한 배액에서도 탄저균이 발현된 것으로 확인되었다. 그러나 6시간 처리하였을 때는 딸기묘의 잎의 끝이 갈변되는 현상이 있었으나 딸기 크라운 부분의 썩음 현상은 나타나지 않아 탄저균에 의한 영향이 아

니라고 판단되었다. 따라서 배양 실험과 동일하게 6시간 이상 마이크로버블화 장치를 이용하여 처리하였을 때 작물 재배에서도 탄저병이 발생되지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 마이크로버블 장치로 배액 내 곰팡이 살균 효과를 확인하였으며, 순환식 수경재배를 위한 방법으로 이용이 가능할 것으로 판단되었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호 : PJ014911012022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: jkjang1052@korea.kr

CFD 시뮬레이션을 이용한 고층고 광폭형 온실과 반밀폐형 온실의 내부 열유동 해석

Internal Thermal Analysis of High Height Wide Type Greenhouse and Semi Enclosed Type Greenhouse Using CFD Simulation

이승헌, 김락우*, 김찬민, 석희웅, 이승기, 김웅, 한재웅

공주대학교 스마트팜공학과

Seung-hun Lee, Rack-woo Kim*, Chan-min Kim, Hee-wong Seok, Seung-kee Lee, Woong Kim,
Jae-wong Han

Department of Smart Farm Engineering, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

전 세계적으로 지구온난화 및 기후변화의 영향으로 폭염의 빈도와 강도가 증가하고 있으며 평균 기온 또한 증가하고 있는 추세이다. 국내의 경우 지난 46년간(1973년~2019년) 일 최고기온 극값은 1.5℃, 평균 폭염일수는 7.4일이 증가하였다. 폭염으로 인한 피해가 증가함에 따라 노지 재배보다 외부 환경의 영향이 적은 시설원예의 중요성이 부각되고 있다. 여름철의 경우 비닐하우스와 유리온실은 환기, 안개분무, 차광커튼 등의 방법으로는 고온을 낮추는데 한계가 있다. 이에 고온 극복 온실로 고층고 광폭형 온실과 반밀폐형 온실의 중요성이 대두되고 있지만 고온 환경에 적합한지 공기역학적인 분석이 필요하나 공기유동은 눈에 보이지 않기 때문에 센서 계측을 통해 예측하는 것은 어렵지만 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)과 같은 공기유동 시뮬레이션은 물리 법칙을 해석하여 유체의 공기역학적 흐름을 예측하고 가시화하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 고온 기 환경에서의 작물 재배를 위한 고온 극복 온실의 고온 환경 적합성 평가를 위해 CFD 시뮬레이션을 통해 자연 환기, 냉방 시스템에 따른 열환경 분석을 수행하였다. CFD 시뮬레이션을 이용하여 고층고 광폭형 온실과 반밀폐형 온실을 설계하였으며 내부 열환경 분석을 통한 고온 환경에 대한 적합성을 평가하고 냉방 시스템의 최적 운영 조건을 제시하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ016510)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: rwkim@kongju.ac.kr

인삼 파종과 정식의 기계화 효과

Effects of Mechanization for Seeding and Planting of Ginseng

강연구*, 이상희, 최승렬

농촌진흥청 국립농업과학원

Youn-Koo Kang*, Sang Hee Lee, Seung Ryul Choi

National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

인삼은 우리나라가 원산지이고 세계적으로 그 가치를 인정받고 있는 작물로, 인력부족, 생산비 증가 등의 원인으로 재배면적과 생산량은 2010년 이후 감소하는 추세이다. 인삼의 재배 방식은 인삼씨앗을 파종하여 같은 포장에서 재배하여 성근(成根)을 생산하는 직파재배와 인삼씨앗을 파종하여 묘삼을 생산, 다른 포장에 옮겨심어 성근을 생산하는 정식재배가 있다. 인삼 재배 과정의 평균 기계화율은 77.9%로 다소 높은 편이나, 파종·정식의 기계화율은 11.6%로 여전히 미흡한 실정이다('22, 농업기계 이용실태 조사). 본 연구에서는 인삼 생산 전과정 기계화를 위하여 인삼 재배에 사용되는 농업기계를 조사하고, 인삼 생산 전과정을 기계화했을 경우 노력과 비용 절감 효과를, 파종·정식을 기계화했을 경우 노력과 비용 절감 효과를 분석하였다. 인삼 재배에 사용되는 농기계는 경운·정지에는 트랙터와 쟁기, 로터베이터를 이용하였으며, 논농업과 겸용할 수 있는 부분이 많아 기계화율도 99.8%로 높은 수준이다. 두둑은 트랙터와 배토기 또는 두둑성형기를 사용하고 성형하고, 소규모농가는 관리기와 배토기 또는 두둑성형기(작관성형기)를 사용한다. 파종·정식은 앞서 말한 바와 같이 대부분 인력에 의존하나 동력파종기와 동력정식기를 이용하기도 한다. 해가림 시설 설치는 혈공기, 에어타카를 이용하며 많은 부분을 인력에 의존한다. 방제·관수는 동력분무기를, 수확은 땅속작물수확기를 이용하고 있다. 인삼 생산 전과정을 기계화했을 경우 직파재배는 관행대비 19.4%의 비용과 11.9%의 노력 절감 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 정식재배는 29.0%의 비용, 20.7%의 노력절감 효과가 있었다. 또한 직파와 정식을 따로 분리하여 분석하면 직파 기계화는 관행대비 89.6%의 비용과 89.0%의 노력절감 효과가, 정식 기계화는 52.7%의 비용과 86.7%의 노력 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 인삼 생산 전과정 기계화의 비용과 노력절감효과가 다소 낮은 것은 소형의 관리기 등을 사용하지만 관행의 작업이 대부분 기계화되어있기 때문으로 사료되며, 직파(파종)·정식의 기계화 효과가 높은 것은 직파·정식이 여전히 인력에 의존하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 본 연구결과는 인삼 생산 전과정 기계화를 위해 정책제안과 영농활용으로 활용되었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01679201)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: ykk0977@korea.kr

고온기 광주기처리 촉성재배 딸기의 생육 특성

Growth Characteristics for the Forcing Culture of Strawberry Applied with the Photo-period in High-temperature Season

홍영신, 박소현, 황정수, 권진경*, 김형권, 이시영, 이상규, 윤성욱

국립농업과학원 농업공학부 에너지환경공학과

Youngsin Hong, Sohyun Park, Jeongsu Hwang, Jinkyung Kwon*, Hyungkweon Kim, Siyoung Lee, Sanggyu Lee, Sungwook Yun

Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

본 연구는 여름철 고온기에 첨단디지털 온실에서 온도를 낮게 관리하고, 단일처리를 할 수 있는 시설을 구축하여, 고온기에도 일반 딸기를 생산할 수 있는 기술을 개발하고자 시행하였다. 재배베드를 완전히 차광할 수 있는 시설(높이 185cm, 폭 76cm, 측고 40cm, PO필름)을 설치하여 단일처리 8시간, 10시간, 무처리를 하였다. 생육 억제에 따른 다음 화방에 미치는 영향을 보기 위해서 억제제(메트코나졸, 1회) 처리 유무를 하였다. 무처리(대조구), 무처리+억제제, 8시간 단일처리, 8시간 단일처리+억제제, 10시간 단일처리, 10시간 단일처리+억제제로 총 6개 처리구였다. 설향딸기를 2022년 7월 4일에 코이어와 디스트 비율 7:3 코이어 배지에 정식하였다. 양액은 딸기 전용 배양액으로 EC 0.6-1.5dS·m⁻¹, pH 6.0으로 조절하여 양액공급량 0.8-1.5L/일/주로 처리구에 동일하게 공급하였다. 정식후 34주차에 생육조사, 과실조사, 엽록소, 광합성측정을 하였다. 딸기의 3, 4화방의 출뢰를 각 처리구에 대해서 10월 중순부터 4주간 조사하였다. 딸기 생육의 초장, 엽수, 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽면적(LAI)은 유의성이 없었으며, 관부직경에 대해서 유의성(p>0.05)이 나타났다. 딸기 과실에 대해서는 과장, 과폭, 과중은 유의성이 없었으며, 당도에 대한 유의성(p>0.0001)이 나타났다. 과실특성은 단일처리구의 과중이 27.05-27.86g으로 대조구 25.63g 보다 무거웠으며, 당도는 대조구 9.56°Brix 보다 8-10시간 단일처리구가 10.64-11.26°Brix로 높았다. 딸기 수확은 8월에 1, 2화방을 수확한 후, 10월 중순부터 4주간 출뢰조사를 한 결과 단일처리구의 3화방 출뢰가 대조구의 3화방 출뢰보다 20일 이상 빠르게 나타났으며, 4화방 출뢰도 대조구가 늦게 나왔다. 따라서, 7월에 정식하여 광주기를 달리한 딸기는 8월에 첫 수확이 이뤄지고, 대조구보다 3, 4화방의 출뢰가 빠르게 나타났으며, 생육과 과실특성은 처리구간의 차이가 없었다. 그러나, 과실의 과중과 당도는 단일처리구가 높은 것으로 나타난 점은 온도와 일장 등 환경조건을 관리한다면 딸기를 연중 생산할 수 있거나 앞당길수 있어서 농가 소득 향상에 기여할 것으로 기대된다. 본 연구 결과는 여름철 고온기 딸기 광주기 관리와 촉성재배 생산기술 개발에 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ016010012023)의 지원으로 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: cen55@korea.kr

농·축산시설 탄소 배출량 통합관리를 위한 소규모 스마트양돈 공학실험과 실증시설 설계

Small Smart Pig Engineering Experiments and Demonstration Facilities Design for Integrated Carbon Emissions Management of Agricultural and Livestock Facilities

이승헌, 김락우*, 이선형, 안수빈, 이승기, 김웅, 한재웅

공주대학교 스마트팜공학과

Seung-hun Lee, Rack-woo Kim*, Sun-hyoung Lee, Su-been Ahn, Seung-kee Lee, Woong Kim,
Jae-woong Han

Department of Smart Farm Engineering, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

농·축산분야 이산화탄소, 암모니아, 메탄과 같은 온실가스는 지구 온난화를 가속화시키고 폭염, 태풍 등 이상기후 현상을 일으켜 큰 피해를 주고 있다. 축산 농가 조사를 위한 방문, 센서 설치 및 돈사 환기 및 제어시스템의 조작이 어려운 실정이다. 비에너지(CO₂, NH₃, CH₄, 환기량 등), 에너지(냉난방, 환기팬 등)의 사용에서 탄소 배출량을 구하고 여러 방면의 절감 연구를 진행하는 과정이 생업으로 하는 농장주의 입장을 고려한다면 어려움이 있다. 실제 적용에 많은 검증 과정이 필요하여 축산 환경에서의 탄소 배출량 예측 모델을 산출하여 국내에 실제 도입 가능한 신뢰도 높은 탄소 배출 계수 산출이 가능하도록 하는 연구를 하기 위한 공간이 필요하다. 본 연구에서의 소규모 테스트 베드 구축은 실험의 신뢰도 검증을 위하여 축산 농가 내 현장 실험을 하기 전 소규모 테스트 베드를 이용하여 축산 농가 내 할 수 없는 다양한 실험을 할 수 있다. 또한, 내부환경인자, 분뇨특성인자 등 다양한 탄소 발생 영향 인자에 대해 실시간으로 모니터링을 할 수 있다. 내부 탄소 배출량 측정, 외부환경요소를 축산 농가에 가지 않고도 독립적으로 데이터 수집할 수 있다. 다양한 ICT 장비를 이용하여 보다 정확하고 통제된 환경에서 실험이 가능한 것으로 판단된다.

본 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022-0-00597) 농 축산시설 탄소 배출량 통합관리를 위한 디지털 트윈 플랫폼 기술 개발

*Corresponding author, E-mail: rwkim@kongju.ac.kr

초분광 영상 기반 벼알마름병 탐지 모델

Detection of Bacterial Panicle Blight with Hyperspectral Imagery

김대영^{1,2}, 박성민³, 홍석주², 김상연¹, 김응찬^{1,2}, 이창협^{1,2}, 류지원^{1,2}, 노승우^{1,2}, 누르히스나³,
김성제¹, 김규민¹, 김기석^{1,2,3*}

¹서울대학교 농업생명과학대학 바이오시스템공학과, ²서울대학교 융합전공 글로벌 스마트팜,

³서울대학교 농업생명과학연구원

Dae Young Kim^{1,2}, Seongmin Park³, Suk-Ju Hong², Sang-Yeon Kim¹, Eungchan Kim^{1,2},
Chang-Hyup Lee^{1,2}, Jiwon Ryu^{1,2}, Seung-Woo Roh^{1,2}, Nandita Irsaulul Nurhisna³, Sungjay Kim¹,
Kyumin Kim¹, Ghiseok Kim^{1,2,3*}

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

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

³Research Institute of Agriculture and Life Sciences, College of Agriculture and Life Sciences,
Seoul National University, Seoul 08826, Korea

본 연구는 벼(*Oryza sativa*)에 발생하는 병해 중 벼알마름병을 탐지하기 위한 방법으로 초분광 영상에 기반한 분류 모델을 이용하여 진행하였다. 벼알마름병은 *Burkholderia glumae* 세균에 의해 발생하며 벼 식물 전체에 걸쳐 병징을 일으킨다. 병해를 입은 벼는 생산성이 저하되며 주변 균락으로 쉽게 퍼져 전체 필지의 생산량을 크게 감소시키기에 병증이 나타난 벼를 신속하게 탐지할 필요가 있다. 벼 병해를 탐지하기 위해서는 본래 샘플을 수확 후 파괴적으로 검사하는 PCR 검사 방법이 주로 활용되고 있지만, 같은 대상을 시간순으로 관측할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 비파괴적으로 벼의 병해를 관측하기 위해 초분광 파장을 이용하여 시계열 데이터를 분석하고자 한다. 해당 품종의 벼를 이용하여 관측을 진행하였으며, 병의 진행 정도를 다양하게 관측하기 위해 해당 품종의 벼에 대하여 두가지 다른 농도의 균을 접종하였다. 관측은 접종 이틀 전부터 접종 후 3일까지 일정한 광, 온도, 습도 조건을 유지한 생장상에서 라인 스캐닝 방식의 초분광 센서로 촬영을 하였다. 원시 초분광 영상은 반사도 보정과 스펙트럼 정규화와 같은 전처리 작업 후 분광혼합분석법을 이용하여 통계적으로 병 진행 정도를 픽셀 단위로 보였다. 본 연구를 통해 초분광 영상에 딥러닝과 같은 영상에 특화된 분석 방법을 이용하면 정확한 병해 탐지를 할 수 있을 것으로 기대된다.

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

온실내부 온습도 데이터 기반 수분부족 실시간 모니터링

A Study of Real-time Humidity Deficit Monitoring System Base on Temperature and Humidity Data in the Greenhouse

백정현*, 임동혁, 김태현, 김만중, 이정호, 박성진, 양오석

국립농업과학원 농업공학부 스마트팜개발과

Jeong Hyun Baek*, Dong Hyeok Im, Tae Hyun Kim, Man Jung Kim, Jeong Ho Lee, Seong Jin Park, Oh Seok Yang

Division of Smart Farm Development, Department of Agricultural Engineering, Jeonju 54875, Korea

온실내 작물생육 환경조절은 온도, 습도 및 CO₂ 등의 요인을 외부환경에 맞춰 설정하고 있다. 이러한 환경설정을 관리해주는 복합환경제어기는 온실 내부의 환경측정 장치인 백엽상에서 측정하는 센서값을 기준으로 운영되고 있다. 그러나 온실내 작물이 위치한 곳이 증산에 필요한 적정 환경 여부인지를 세부적으로 확인할 수 없는 실정이다. 본 연구에서는 제어역할을 하는 단일 백엽상의 기능을 확장하여 온실내 환경이 위치별로 다르고, 다른 환경에 따라 작물 생육환경을 제어해야 한다는 전제하에 시험을 수행하였다. 시험은 국립농업과학원 농업공학부에 위치한 첨단디지털온실2의 연동온실에서 진행하였다. 작물의 위치에 따라 환경변화를 측정할 수 있도록 온실 내부에 입구를 기준으로 폭 방향 4지점, 길이 방향 3지점, 높이 1m 간격의 5지점으로 총 60개의 온습도 센서를 설치하였다. 실시간으로 작물의 생육환경 변화를 확인할 수 있도록 각 지점별 데이터는 1분 간격으로 데이터를 클라우드 시스템으로 전송하여 저장할 수 있도록 하였다. 각 지점별 측정된 데이터로 쉽게 변화를 확인할 수 있도록 시각화 하였고, 각 센서 지점별로 수분부족량을 확인할 수 있도록, 작물의 적정 증산환경(HD: 3~8g/m³)을 기준으로 적정, 부족 및 과다로 표시할 수 있도록 하였다. 이러한 결과로 생육환경 모니터링은 시간에 따라 변화되는 온실 지점별 온습도 환경데이터와 작물생육에 영향을 주는 수분부족량을 제시하여, 효율적으로 온실 내부환경을 유지할 수 있다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ016247022023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

다중 센싱 정보 기반 온실 데이터 이상탐지 기법 연구

A Study on the Abnormal Data Detection Technique in the Greenhouse Based on Multiple Sensing Information

김태현*, 백정현, 김만중, 임동혁, 이정호, 박성진

국립농업과학원 스마트팜개발과

Taehyun Kim*, Jeonghyun Baek, Manjung Kim, Donghyeok Im, Jeongho Lee, Seongjin Park

Division of Smart Farm Development, Department of Agricultural Engineering, Jeonju 54875, Korea

스마트온실에 적용되는 ICT기술은 기존 일반적인 온습도 정보를 토대로 한 상태머신 방식의 단순 제어에서 벗어나 온실 내 미기상 환경정보와 영상정보 활용 복합분석 및 시각화기술 등을 통해 생산량 증대 및 작물 품질을 높일 수 있는 방향으로 발전하고 있다. 그러나 상대적으로 연구가 많이 진행되고 관련 데이터가 풍부한 온실 내 온습도 환경 정보에 비해 시계열 환경정보와 연계된 영상정보를 활용하는 연구 분야는 데이터가 많이 부족한 편이며, 이를 효율적으로 증강하거나 적은 데이터로도 분석할 수 있는 기법도 농업분야에서는 느리게 적용되고 있는 것이 사실이다. 본 연구에서는 온/습도 및 작물 영상 수집 및 딥러닝 분석 연계를 위해 스마트팜 내 센싱봇의 데이터를 실시간 수집할 수 있는 분산 데이터베이스를 구축하였고, 기본적으로 열화상, 광량 센서와 온실 내 환경 정보를 수집하여 기상 및 미기상 정보를 활용한 학습 모델을 토대로 온실 내 상태이상 정보 분석가능한 시스템을 설계하였다. 부족한 데이터를 위해 학습용 생성 모델은 GANomaly 모델을 활용하되 기본 모델의 불안정성을 개선하기 위해 Encoder-Decoder 기반의 Generator를 U-net을 기반으로 개선, Batch Normalization layer를 Instance Normalization으로 치환해 학습의 안정성을 개선하고 Spectral Normalization 사용을 테스트해 안정적인 결과를 얻을 수 있도록 WGAN과 WGAN-GP를 각각 적용, 최종적으로는 안정적인 WGAN-GP를 이상탐지를 위한 모델로 선정하였다. 본 연구를 통해 데이터 확보에 어려움을 겪는 온실 내 영상/환경정보 이상탐지에도 사용가능한 인공지능 분석 시스템 구축이 가능해졌으며 추후 온실구역 주행 센싱봇이 수집하는 화상/멀티센서 기반 내부환경 및 작물 생리활성 맵핑 데이터 처리에 적용하여 이상탐지 성능을 규명할 예정이다.

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제고유번호 : 421030-04, 내부과제번호 : PJ0164682023)

*Corresponding author, E-mail: thkim8205@korea.kr

마늘잎의 초기 생장 가시화를 위한 정량적 접근

Quantitative Approach to Visualization of Leaf Growth of Garlic

문경환*, 신민지, 이성은, 김병혁

국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소

Kyung Hwan Moon*, Minji Shin, Seung Eun Lee, Byung-Hyeuk Kim

Research Institute of Climate Change and Agriculture, NIHHS, RDA, Jeju 63240, Korea

컴퓨터를 이용한 작물 생장 모의 기술(crop model, 작물 모형)은 전통적인 농업 기술에 디지털 기술을 융합하는 과정에서 필요한 영역이라고 볼 수 있다. 작물 모형 기술은 작물의 생장 과정을 컴퓨터를 통하여 계산해야 하므로 대부분의 생장 과정을 정량적인 수학적식으로 나타내고 있다. 이러한 작물 생장 모의 기술은 작물의 군락 수준의 생장과 수량을 모의하는 생리 과정 지향 작물 모형(Process-based model, PBCM)과 작물의 개체, 또는 조직 단위의 생장을 모의하고 가시적으로 표현하는 기능 구조 식물 모형(Functional-structural plant model, FSPM)으로 더 세분하여 나뉘볼 수 있다. 짐작하겠지만 조직 단위까지 계산하고 이를 가시적으로 나타내야 하는 FSPM은 군락 단위 계산을 하는 PBCM에 비하여 계산해야 할 항목이 많아짐에 따라 고성능의 컴퓨터가 필요하게 된다. 세계적으로 PBCM은 농업의 기후변화 영향평가, 유역 단위의 양분관리, 작황 예측 등에 많이 활용되는 반면, FSPM은 시설 내의 스마트팜 기술, 정밀한 재배 관리기술, 식물 생리학 연구 등에 주로 이용되고 있다. 이 실험에서는 마늘의 FSPM을 개발하기 위한 첫 단계로 초기 생육단계의 마늘잎을 대상으로 하여 개별 잎의 생장을 정량적으로 나타내 보고자 하였다. 온도에 따라 마늘의 초기 생육이 크게 영향을 받으므로 온도처리를 달리한 외부 생장상에서 마늘을 재배하며 실험하였다. 온도처리는 일평균기온 7.9, 11.2, 14.0, 18.2, 18.9, 26.1℃ 등 6처리를 두었다. 조사는 파종 후 잎의 출현 및 그 이후 초기 생육과정을 주기적으로 조사하여 온도 및 시기에 따른 마늘잎의 생장 과정을 측정하였고, 이를 환경요인으로 정량화할 수 있는지 알아 보았다. 정량화 대상 요소를 마늘잎의 수, 엽육 및 엽초의 길이, 엽폭의 크기 등이었다. 영양생장 이전까지의 마늘 엽수의 증가는 온도의 영향이 컸고, 이를 최적온도 18.45℃, 최대온도 34.51℃, 최대 생장속도 0.101엽/일인 베타함수로 나타낼 수 있었다. 마늘잎 개개의 엽육 및 엽초의 생장은 엽서의 영향이 컸다. 마늘잎은 초기에는 길이 생장이 천천히 진행하다가 중간에 가장 빠른 생장 속도를 보인 후 최대 길이에 도달한 후에는 생장이 멈추었고, 최종적인 길이는 엽서에 따라 달랐다. 이러한 생장 형태를 계수가 3개인 로지스틱 함수로 나타낼 수 있었고, 각각의 계수는 엽서의 함수로 나타낼 수 있었다. 엽폭은 생성 후 마늘잎의 길이가 생장함에 따라 비례하여 일정한 형태로 증가하는 경향이므로 엽장을 이용하여 엽폭을 계산할 수 있었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0160832023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

Appropriate Shading Level for *Angelica gigas* Nakai and *Angelica acutiloba* Kitagawa Plug Seedlings in Summer Season

Eun Won Park¹, Jeong Hun Hwang¹, Hee Sung Hwang^{2,4}, So Yeong Hwang¹, Jin Yu¹,
Seung Jae Hwang^{1,2,3,4*}

¹Department of Applied Life Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University,
Jinju 52828, Korea

²Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

This study was conducted to confirm the appropriate shading level for the nursery stage of plug seedlings in *Angelica gigas* Nakai and *Angelica acutiloba* Kitagawa during the summer season. Shading treatment was conducted at 0 (control), 45, and 75% levels for a period of 90 days from June 27, 2022, to September 25, 2022. Growth evaluation was carried out at 60, 75, and 90 days after sowing. As a result, the petiole length, crown diameter, shoot fresh weight, and dry weight of *A. gigas* and *A. acutiloba* significantly enhanced at the 45% shading level. Additionally, the root surface area, root fresh and dry weights of *A. gigas* and *A. acutiloba* were significantly higher under the 45% shading level than those in the control and 75% shading level. In contrast, the controls of *A. gigas* and *A. acutiloba* mostly withered due to high temperature and intense light for 60-75 days after sowing. Therefore, the results of this study suggest that shading level of 45% is recommended as the appropriate level for the nursery stage of plug seedlings of *A. gigas* and *A. acutiloba* during summer. This study provided basic research data for the production of *A. gigas* and *A. acutiloba* plug seedlings during the summer season.

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01701803)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

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

Effect of Coir Substrates on Growth and Yield of Strawberry ‘Seolhyang’ in Hydroponics System

MG Rabbani¹, Minkyung Kim¹, Kyeongho Kim¹, Hyounjin Lee¹, Hyosub Shin¹,
Md Rayhan Ahmed Shawon², Ki-Young Choi^{2*}

¹Department of Agriculture and Industries, Kangwon National University Graduate School, Chuncheon 24341, Korea

²Division of Future Agriculture Convergence, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

This study aimed to investigate the effect of coir substrates on the growth and yield of strawberries in hydroponics. The study was carried out in a smart farm located at the Kangwon National University from September 15, 2022, to March 9, 2023. Twelve plants of ‘Seolhyang’ Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) were transplanted in a slab (total 11 slabs) on Sep. 15 after washing the slabs with Strawberry nutrient solution (UOS, NO₃-N: 6.5, NH₄-N: 0.5, P: 2.1, K: 4, Ca: 3, Mg: 1.5, S: 1.5me·L⁻¹, EC 1.2-1.6dS·m⁻¹). Treatments of substrate volume were coconut coir slabs in four types as followed: High-D (100x20x20cm, chip:dust=0:10, Duck Yang Coco, Sri Lanka), Mid-D (100x20x15cm, chip:dust=0:10, Duck Yang Coco, Sri Lanka), Low-D (100x20x12cm, chip:dust=0:10, Shinsung Mineral Co., Ltd., South Korea) and Low-C (100x20x12cm, chip:dust=5:5, Dae Young GS, South Korea). The environment and the irrigation were controlled by Ridder Synopta (Ridder, Harderwijk, The Netherlands), and its data was recorded in real-time. Irrigation was supplied 327ml, (EC 1.2dS·m⁻¹, pH 5.8) on average, and drained EC 1.2dS·m⁻¹, pH 6.7 with the drainage rate at 40.4, 36.1, 35.1, and 42.2%, respectively. There were no significant difference among the treatments in drainage EC and pH. The total fresh weight per plant was high in order to Mid-D and Low-D (250g), High-D (240g) and Low-C (210g). However, the non-marketable ratio was lower for Mid-D. The lowest (210g·plant⁻¹) yield was for Low-C. The average fruit weight in Mid-D (22.4g) was the highest followed by Low-D (21.5g), High-D (19.2g), and Low-C (19.1g). The averaged soluble solid contents (SSC) were the highest for Mid-D (12.1%) while that of other treatments were 11.7-11.9%. The fruit firmness was the maximum at 1.3 g·mm⁻² for Mid-D compared to the other treatments at 1.1 g·mm⁻². Growth characteristics did not show significant relationships among the treated substrates during the whole period. Therefore, the current study confirmed that the Mid-D was the most appropriate substrate for growth and yield in a hydroponics system.

This work was supported by the Korea Agency of Education, Promotion and Information Service in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (EPIS) (No.20210412000000869133).

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

UAE의 7월부터 10월까지 기후환경 분석 및 극고온기 유럽계 오이 수경재배 해외 실증 사례

Analysis of July to October Climate Environment for UAE and Case of Overseas Demonstration Cultivation of European Cucumbers by Hydroponics

최경이^{1*}, 방지웅¹, 김소희¹, 임미영¹, 김동필¹, 노미영¹, 이충근², 김정만³, 알리 알수로프⁴,
노우라 알 누아이미⁴

¹국립원예특작과학원 시설원예연구소, ²농촌진흥청, ³국제원예연구원, ⁴아부다비농업식품안전청

Gyeong Lee Choi^{1*}, Ji Woong Bang¹, So Hui Kim¹, Mi Young Lim¹, Dong Pil Kim¹, Mi Young Rho¹,
Choung Keun Lee², Jeong Man Kim³, Ali Mah'd Ahmad Alshrouf⁴, Noura Saeed Mohammed Al Nuaimi⁴

¹Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 52054, Korea

²Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

³International Horticulture Institute, Seoul 14543, Korea

⁴Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority, Abu Dhabi 52150, UAE

전 세계 스마트팜 시장 규모가 커지고 있고, 국내 기업들도 네덜란드 등 농업선진국과 치열하게 경쟁하며 수출 시장을 개척하고 있다. 스마트팜 시장은 앞으로도 지속적으로 시장이 확대될 것으로 전망되고 있기 때문에 온실, 소프트웨어, 장치와 재배기술 등 선도적인 기술을 확보하여 현지화된 기술을 제공한다면 우리 기술의 경쟁력을 한 차원 높이는 계기가 될 것이다. 본 연구는 UAE 아부다비농업식품안전청(ADAFSA) 알쿠와이타트 연구센터 내에 구축된 한국형 스마트 온실(6연동, 2,028m²)에서 유럽계 오이 'Zeco' 품종을 이용하여 현지 실증재배한 결과이다. 2022년 7월 7일에 파종하여 7월 20일에 정식 후 순환식 수경재배를 적용하였고, 8월 10일부터 10월 11일까지 수확하였다. 재배기간 현지 외기온은 평균적으로 일중 최고온도 40~45℃, 일평균기온 35~40℃, 일최저기온 25~35℃인 극고온기였다. 순간광도는 7월에 최고 1,263 W/m² 상승 하였으며 최고 광도는 우리나라와 거의 비슷한 수준이었다. 1일 누적일사량은 이전 기간(5~6월) 보다 재배기간 동안 상대적으로 낮아졌으며 8월 이후 점진적으로 낮아졌고 전체적으로 우리나라 여름과 비슷한 수준이었다. 다만 우리나라는 흐린날이 많아서 일 편차가 큰 반면에 UAE는 일편차 없이 거의 매일 2,000~2,500J/cm² 이상 높은 수준으로 유지되었다. 시설내부는 냉방시스템을 가동시켜 최고 30~35℃ 범위에서 조절되도록 하였다. 현지의 극고온 조건에서도 양호한 온도관리와 작물재배가 이루어져 16.0kg/m²의 오이가 생산되었다. 재배기간(83일)의 주당 급액량은 116.6L, 배액량은 32.9L였는데 배액을 순환시켜 전량 사용하였으므로 실제 급액량(흡수량)은 83.7L였다. 오이 1kg 생산을 위한 수분이용효율은 13.6L로 높아서 순환식 수경재배에 의한 물 절약형 기술이 효과적으로 적용된 것으로 판단되었다.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(세부과제번호: PJ01624901)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

아쿠아포닉스 시스템 순환수 화학성 변화에 미치는 급이 사료의 영향

Feeding Management Influences Chemical Property Changes in an Aquaponics System

허정욱¹, 백정현^{1*}, 박관호², 심창기³, 김승희¹, 이정민¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부,

³농촌진흥청 국립농업과학원농업환경부

Jeong-Wook Heo¹, Jeong Hyun Baek^{1*}, Kwan Ho Park², Chang Ki Shim³, Seung Hee Kim¹,
Jeong Min Lee¹

¹Department of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea

²Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365 54875, Korea

³Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

본 연구에서는 Biofloc 기술을 적용한 순환식 아쿠아포닉스 시스템 내 물고기 생육과 순환수의 화학성 변화에 미치는 급이사료의 영향을 검토하였다. 10cm 미만의 오란다 치어를 공시하였으며 51주간 일반 담수어 사료 및 동에등에 기반의 곤충사료를 급이하여 양식하면서 순환수 내 EC, pH 및 NO₃-N 등의 무기성분 농도 경시변화를 측정하였다. 급이사료별 물고기 생체중은 입식 12주차까지 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았는데, 16주차에는 일반사료 급이구에서 생체중이 증가하는 경향을 보였으나 급이사료 종류에 따른 유의성은 인정되지 않았다. 순환수 내 NO₂-N는 양식개시 6주차인 5회차 측정시 곤충사료에서 3.4 mg/L까지 상승하였으나 급이 사료종류와 상관없이 양식기간 동안 0.5 mg/L 이하의 낮은 농도로 산출되었다. NH₃-N 농도는 양식초기부터 6주 까지 경시적으로 증가하는 경향을 보여 곤충사료 급이구에서는 26.4 mg/L, 일반사료 급이구에서는 26.8 mg/L로 처리구간 유의성은 인정되지 않았으며 이후 모든 처리구에서 NO₂-N 농도변화와 마찬가지로 낮은 농도를 유지하였다. 한편 NO₃-N는 NH₃-N나 NO₂-N와 유사한 변화패턴을 보였는데, 양식 6주차 질소농도의 감소는 수조 내 급수로 인한 일시적인 현상으로 생각된다. 또한 양식 51주차 NO₃-N는 곤충사료 급이구에서 97.3 mg/L로 일반사료 대비 64% 이상 증가하는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 아쿠아포닉스 시스템 운용상 급이사료는 시스템 순환수의 총 이온농도 차이를 유발하는 것으로 판단된다. 본 연구결과는 아쿠아포닉스 시스템 구동에 의한 수 경재배시 물고기 생장, 작물 생장 또는 생산성 향상을 위한 곤충 유래 유용사료의 적용 가능성을 제시하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01579602)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

스마트농업을 위한 식량작물의 현장 데이터 모니터링 및 품질관리체계 구축방안

Field Data Monitoring and Quality Management System in Food Crop for Smart Agriculture

이선헤*, 배희수, 양청목, 조준현

농촌진흥청 국립식량과학원

Seonhye Lee*, Huisu Bae, Cheongmok Yang, Jun-Hyeon Cho

National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

데이터 기반 스마트농업의 확산으로 노지 식량작물 분야에도 생육진단 및 양·수분 관리를 위한 디지털 요소 기술의 개발이 증가하고 있다. 재배 현장으로부터 다양한 종류의 데이터 생산 및 수집이 증가함에 따라, 보유한 데이터의 현황을 신속하게 파악하고 효율적으로 점검할 수 있는 관리체계가 요구된다. 식량작물의 현장 데이터 모니터링 및 품질관리 체계구축을 위해, 암거배수 및 지하수위 조절시스템이 설치된 논에 표준재배법 기반으로 콩을 재배하였다. 디지털 센서를 사용하여 재배기간 동안 생육, 토양, 기상데이터를 수집하였으며, 현장 데이터는 자체적으로 개발한 플랫폼인 ‘통합관제시스템(Center for Integrated Digital Agriculture System)’에 연계하여 저장·관리하였다. 외부환경에 노출된 센서는 농작업 또는 물리적 충격으로 작동 및 데이터 수집 등의 오류가 발생할 수 있으므로 모니터링 주기 및 센서별 측정항목의 문턱값(이상치 판별기준)을 설정하여 데이터 품질관리를 수행하였다. 향후 센서 작동 및 수집오류의 발생을 최소화하고 데이터 신뢰성을 높이기 위하여, 다양한 품질관리 방법을 적용할 수 있으며, 문턱값을 기반으로 처리알고리즘을 자동화하여 오류를 줄여나가는 것이 필요하다. 또한 데이터 오류관리를 위한 점검카드 작성 등 관리자가 수행할 수 있는 데이터 품질관리 방안이 마련되어야 할 것으로 보인다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ017116012022)의 지원으로 이루어진 것임.

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

Effect of GA₃ Treatment on Stone and Seed Germination Characteristics of Five *Prunus* Species

Seo Hee Jung, Seo Youn Lee, Ah Ram Cho, Yoon Jin Kim*

Department of Horticulture, Biotechnology and Landscape Architecture, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea

Prunus is a popular ornamental plant in landscaping and is widely cultivated in East Asia. However, sexual propagation of *Prunus* is challenging due to seed dormancy. This study aimed to determine the effect of GA₃ treatment on the germination characteristics of five *Prunus* species (*P. maackii*, *P. maritima*, *P. serotina*, *P. subhirtella*, and *P. virginiana*). The materials used for each species were seeds with the endocarp (stone) and no endocarp (seed). The stones and seeds were soaked in 0, 250, 500, and 1,000 mg·L⁻¹ GA₃ for 24 hours at room temperature before being sown in the soil. The treated stones and seeds were compared in terms of final germination percentage (FGP) and germination speed (GS). The FGP and GS of the seed in the control group were higher than those of the stone in all five species. GA₃ treatment had no effect on the germination of stones and seeds of *P. maackii*, *P. maritima*, *P. serotina*, and *P. subhirtella*. However, the FGP of *P. maackii* and *P. subhirtella* seeds was significantly higher in the control group than in the GA₃ treatment group, and the FGP decreased as the concentration of GA₃ treatment increased. In *P. virginiana*, the FGP of the stone treated with GA₃ 500 mg·L⁻¹ was the highest at 10.42% while the FGP of the stone treated with 0, 250, and 1,000 mg·L⁻¹ GA₃ was 0, 2.08, and 6.25%, respectively. The FGP of *P. virginiana* seed ranged from 20.8 to 25.0%, which was higher than of the stone. The GS of *P. virginiana* stone treated with GA₃ 500 mg·L⁻¹ was significantly higher at 0.023, while the GS of the stone treated with 0, 250, and 1,000 mg·L⁻¹ GA₃ was 0, 0.003, and 0.012, respectively. In conclusion, GA₃ at a concentration of 500 mg·L⁻¹ was the most effective treatment for *P. virginiana* stone.

This research was supported by Development of Smart Farm Propagation Techniques for Garden Plants in the City Forest (*Tilia* and *Prunus* etc.) from the Sejong National Arboretum (grant number 2022-KS-OB-03-08-02).

*Corresponding author, E-mail: yj1082@swu.ac.kr

멜론 순환식 수경재배에서 생육단계별 배액 내 이온 농도 변화

Changes of Nutrient Concentrations of Drainage According to Growth Stages in Soilless Cultivated Net Melon(*Cucumis melo* L.)

신민주*, 정호정, 김진현, 윤승리

국립원예특작과학원 시설원예연구소

Minju Shin*, Ho Jeong Jeong, Jin Hyun Kim, Seungri Yoon

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

본 시험은 멜론 순환식 수경재배 시 최적의 근권 양분관리 기술을 확립하기 위하여 국립원예특작과학원 시설원예연구소 내 벤로형 유리온실에서 수행되었다. 공시품종으로 네트형 멜론 ‘히어로’를 사용하였으며, 본엽이 3매 발생한 시점인 2022년 4월 25일에 지표수로 포수한 코이어 슬라브(100×20×10cm)에 3주씩 정식하였다. 배양액은 야마자키 멜론 전용 양액을 사용하였으며, 재배기간 동안 동일한 조성으로 공급하였다. 급액 EC 농도는 정식 초기 1.5~1.8 dS·m⁻¹으로 시작하여 수확 시까지 2.0~3.0 dS·m⁻¹으로 공급하였으며, 흘러나온 배액을 수집하여 원수와 희석해 전량 재순환하였다. 1주 간격으로 급액과 배액을 수집하여 EC와 pH를 측정하고 각 이온(N, P, K, Ca, Mg, Fe 등)의 농도 변화를 분석하였다. 분석 결과 배액 내 각 원소는 멜론의 성장 3단계(영양생장기-과실비대기-과실성숙기)에 따라 농도가 변화하는 양상을 보였다. 착과(5월 25일경) 이전에는 배액의 EC가 급액 보다 약간 낮았으나 착과 이후 급격히 상승하여 과실비대 시기인 6월 15일까지 4.4 dS·m⁻¹까지 상승하였다. 과실성숙 시기인 6월 22일부터 수확기까지 최고 6.0 dS·m⁻¹까지 증가하였다가 이후 농도가 다소 감소하였다. 영양생장이 활발한 시기에 음이온(NO₃-N)의 흡수량이 많으므로 배액의 초기 pH는 높았으나, 착과 이후 과실 생장에 필요한 양이온(K⁺, Ca²⁺)의 흡수가 증가하고 뿌리로부터 수소이온 및 유기산 등이 방출되어 점진적으로 하락하는 양상을 보였다. 착과 이전에는 NO₃-N의 흡수가 활발하여 배액의 농도가 급액보다 낮게 나타났지만, 착과 이후 생식생장으로 전환되면서 흡수량이 줄어 과실비대기 이후 배액 내 최고 554mg·L⁻¹까지 누적되었다. PO₄-P의 경우 과실비대가 끝난 후 성숙단계에서 급격하게 흡수량이 줄어들어 배액 내 농도가 수확 1주 전 412mg·L⁻¹까지 상승하였다. 이는 국내 물환경보전법상 수질오염물질의 배출허용기준이 질소 30~60mg·L⁻¹, 인 4~8mg·L⁻¹인 것에 비해 약 100배가량 높은 수치로 배출 시 심각한 환경오염을 초래할 수 있다. 이 밖에도 K, Ca, Mg, Fe 등 대부분 이온이 과실 착과 이후부터 공급액보다 배액 내 농도가 훨씬 높았으므로 작물이 흡수하는 양에 비해 과잉 공급되고 있었고 그 차이는 과실 성숙단계에서 더 벌어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 순환식 수경재배 방식으로 멜론을 재배할 경우 비료가 낭비되지 않는 최적 배양액의 조성을 구명하는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01604804)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: minjolie93@korea.kr

Quantification of Bioactive Compounds Using UV-reflected Images of Kale Leaves

Ji-Seon An^{1,2}, Sang-Ho Lee³, Jong-Ok Kim³, Myung-Min Oh^{1,2*}

¹Division of Animal, Horticultural and Food Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²Brain Korea 21 Center for Bio-Health Industry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

³School of Electrical Engineering, Korea University, Seoul 02841, Korea

Phenolic compounds, including flavonoids, have the property of absorbing UV radiation. This study analyzed the correlation between UV-reflected image data and bioactive compound content in kale leaves. Based on this relationship, we attempted to quantify the bioactive compound content non-destructively. Twelve-day-old kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) seedlings were transplanted into a module of plant factory with artificial lighting and cultivated for 3 weeks with Hoagland nutrient solution (pH 5.8, EC 1.2 dS·m⁻¹). The environmental conditions during the cultivation period were temperature of 20°C, relative humidity of 70%, PPFD of 150 μ mol·m⁻²·s⁻¹ (white LED, photoperiod of 16 h), CO₂ concentration of 400 μ mol·mol⁻¹. To increase the variation of bioactive compound content in kale leaves, kale leaves were subjected to supplemental UV-A LED radiation (peak wavelength of 385 nm, 30 W m⁻²) and collected at 2-day intervals for 10 days. The UV-reflected images of kale leaves were taken in a light-blocking box equipped with three types of UV LEDs with peak wavelengths of 310, 340, and 370 nm. Kale samples were used to analyze total phenolic content, antioxidant capacity, total flavonoid content, and the content of UV-absorbing compounds. The average and total pixels' brightness of UV-reflected images were used for correlation analysis with the bioactive compound content analyzed. Supplemental irradiation of UV-A LED light significantly increased higher bioactive compound content compared to the control at 6 days of treatment. As a result of analyzing the correlation between reflected image data and bioactive compounds content, the content of UV-absorbing compounds showed a relatively higher negative correlation with brightness values than other parameters. Among them, it showed the most significant negative correlation ($R^2=0.5$) with the total brightness value of the reflected image obtained from the UV-A 370 nm light source. In conclusion, this study suggested the possibility of non-destructively quantifying bioactive compounds through UV-reflected images of plant leaves.

This study was funded by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant from the Korean government (MSIT) (No.2020R1A4A4079705).

*Corresponding author, E-mail: moh@cbnu.ac.kr

제어된 환경이 좁쌀풀의 유성생식과 무성생식에 미치는 영향 평가

Evaluating the Effect of Controlled-environment on Sexual and Asexual Reproduction of *Lysimachia vulgaris* var. *davurica*

김시은, 전기범, 박재억*

한국과학기술연구원 강릉분원 천연물연구소 스마트팜융합연구센터

Sieun Kim, Ki Beom Jeon, Jai-Eok Park*

Smart Farm Research Center, Gangneung Institute of Natural Products, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Gangneung 25451, Korea

참좁쌀풀속(*Lysimachia*)은 근경성을 보유하고 있는 다년생 초본식물로, 전세계적으로 208개 분류군이 존재하고 있다. 이중 국내에서는 까치수염, 큰까치수염, 참좁쌀풀, 진피리까치수염 등 총 12종이 중부지방, 남부지방, 해안 도서지방에 걸쳐 분포한다. 지금까지의 보고에 따르면 북반구 온대지역에 서식하는 참좁쌀풀속(*Lysimachia*) 종들은 근경 및 식물체에 춘화처리(vernalization)를 통해서만 화아분화 및 개화가 촉진되는 것으로 알려져 있다. 한국, 일본, 중국에 분포하는 좁쌀풀(*Lysimachia vulgaris* var. *davurica*)은, 종자에서 발아한 식물체의 경우 월동 후 6~8월에 개화하는 생태적 특징이 있는 것으로 보고되어 있다. 하지만 이러한 생태적 특성을 기반으로 한 재배 체계에서는 종자 수집 등 특수한 목적으로 개화를 유도하고자 할 때 월동한 영양체가 필요하거나 많은 시간이 소요되므로, 스마트팜을 활용한 대량 생산 및 증식에 적용하기 위해서는 보다 효과적인 접근이 필요하다. 수직농장과 같은 폐쇄형 식물생산 시스템에서는 개화에 필요한 환경을 인위적으로 구현하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 자연상태에서의 좁쌀풀 개화시기와 유사한 환경을 인위적으로 조성하여 개화를 유도하고자 하였다. 종자에서 발아된 개체들은 인공적으로 고온장일 조건(≈25°C, 24/0 h)을 조성할 경우 춘화처리를 거치지 않아도 파종 후 3개월 이내에 개화가 가능하였다. 비교군으로 자연광을 활용하는 온실에서 8~10월 동안 재배한 개체에서는 개화하지 않아, 온도 및 광주기 조건이 좁쌀풀의 개화 조절에 영향을 미친 것으로 보인다. 또한 좁쌀풀은 근경과 뿌리로 영양분체(ramet)를 형성하여 무성생식을 하는 특성을 보유하고 있으며, 이를 통해 환경이 일정하게 유지되는 시설에 정식할 경우 다량의 영양분체를 계절과 관계없이 지속적으로 획득이 가능하였다. 다만, 엽채류 재배에 많이 이용되는 순수수경보다는 펄라이트경과 같은 고품배지경이 포복경·근경 관리, 영양분체 형성 측면에서 번식에 유리할 것으로 판단된다.

본 연구는 한국과학기술연구원 ‘Phyto-Foundry 기반 구축과 이를 활용한 고부가 기능성 식물 스마트팜 가속화 기술 개발, 2Z06831’ 과제의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: j-park@kist.re.kr

돈사 에너지 효율 최적화를 위한 돈사 테스트베드 개발: 파일럿 돈사 설계

Development of Swine House Testbed for Optimization of Energy Efficiency: Designing the Pilot Swine House

김성현, 이시영*, 권진경, 김형권, 전문석, 최인찬

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Seong-Heon Kim, Si-Young Lee*, Jin-Kyung Kwon, Hyung-Kweon Kim, Moon-Seok Jeon,
In-Chan Choi

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration,
Jeonju 54875, Korea

육류는 인류 식생활에 있어서 중요한 단백질 공급원일 뿐만 아니라 양질의 지방, 탄수화물, 각종 비타민 등을 함유하고 있어서 영양학적 가치가 매우 높은 식재료이다. 특히 돼지는 국내 육류 소비량의 40% 이상을 차지하는 매우 중요한 축산물로 소비량이 매년 증가하고 있다. 다른 가축과 달리 돼지는 땀샘이 퇴화했기 때문에 돈사 내 온도가 높아지면 식욕이 저하되고 사료 섭취량이 줄어들고, 그로 인해 여름철 생산량이 가장 낮아져 가격이 상승하는 문제점이 있다. 돼지고기의 수급과 가격 안정을 위해서는 돈사의 단열 및 냉방 구조를 개선하고, 더 나아가 에너지 및 환경관리의 효율성을 높이기 위한 연구의 추진이 필요할 것이다. 그러나 이러한 연구를 축산농가에서 직접 수행하기에는 제약사항이 많으므로 테스트베드를 구축하는 것이 선행되어야 한다. 본 연구는 돈사 에너지 효율 최적화 연구를 수행하기 위한 파일럿 돈사 모형을 개발하는 것에 목적을 둔다. 파일럿 돈사의 내부 크기는 가로 3.1m, 세로 4.1m, 높이 2m이며, 사육실 바닥을 지면으로부터 0.8m 띄우고 격자형 그레이팅을 설치하여 피트를 구성하였다. 그레이팅 상부에는 돼지 개체의 발열, 하부에는 가스 환경 조성 설비를 설치하기 위한 공간을 각각 마련하였다. 단열재로는 지붕과 벽에 두께가 각각 150mm, 100mm인 난연 2급 샌드위치 판넬(EPS)을 사용하였다. 또한 모형과 실형 사이의 기하학적·역학적 상사가 일치하도록 돈사 바닥에는 발열량을 조절할 수 있는 열 발생 장치와 CO₂ 가스발생기, 측면에는 풍량을 조절할 수 있는 환기팬(직경 300mm) 9대, 그리고 반대편 측면에는 면적을 조절할 수 있는 환기창을 설치하였다. 에너지 모델은 Heat Balance Method를 기반으로 작성하였다. 에너지 모델의 입력값은 돈사 건물(지붕, 벽, 바닥)의 열전도도, 돈사 내부(돼지, 조명, 각종 장비)에서 발생하는 열, 그리고 환기율 등으로 구성하였다. 추후 시뮬레이션 결과를 실증시험 결과와 비교하여 시나리오별 최적 환기 방식 및 환기량, 적정 단열재 두께 등을 산정할 예정이다.

본 연구는 2023년도 농촌진흥청 국립농업과학원 연구개발사업(과제번호: PJ01676501)의 지원으로 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: leesy42@korea.kr

Is Indoor Farming Sustainable? Impacts of Extensive Energy Use on Economic Viability, Carbon Footprint, and Deep Space Habitation

Woo Hyun Kang¹, Tae In Ahn^{1,2*}

¹Research institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Dept. of Agriculture, Forestry, and Bioresources, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Indoor farming is often touted as a sustainable solution for agriculture due to its potential to reduce water, pesticide, and land uses, as well as minimize food transportation distance. These benefits stem from its replacement of sunlight with artificial lighting which enables a fully controlled environment. However, it comes with the trade-off of high energy consumption. We analyzed the impacts of extensive energy use on indoor farming's economic viability, carbon footprint, and potential use in deep space habitation. Firstly, the significant energy cost of indoor farming operations results in high product prices. Current solutions have mainly focused on growing high-value crops for niche markets where the premium prices can be justified. However, profitability has been elusive since the emergence of indoor farming in the early 1980s. Reducing energy consumption by improving energy efficiency would be a fundamental solution to the cost issue. Our analysis indicates that indoor farming practices are highly inefficient, but significant potential exists for improvement. Secondly, the energy-intensive nature of indoor farming also results in a significant carbon footprint for its products due to the use of fossil-heavy grid electricity. Therefore, wider acceptance of indoor farming would contradict the decarbonization efforts in agriculture and other industrial sectors. To evaluate the carbon footprint reduction from minimizing food mileage, we conducted a comparative analysis of the carbon footprints of lettuce resulting from local indoor and distant outdoor farms in the United States and European Union, where fresh vegetables are often transported up to 5,600 km to reach consumers. The results showed that the carbon footprint of indoor-farmed lettuce far exceeds that of conventionally grown lettuce in all cases unless 'clean' electricity from renewable sources is solely used. It highlights the importance of energy efficiency in indoor farms concerning environmental sustainability. Lastly, the energy requirement of indoor farming also impedes its potential use in food production in space. Sustainable on-site food production is a critical prerequisite for human habitation on the Moon, Mars, and beyond. Based on the caloric requirements of habitats and the current energy conversion performance of indoor farms, which convert electricity into food, the energy demand of indoor farming likely exceeds the capacity of potential power options in deep space. Therefore, significant improvements in energy efficiency are necessary to avoid inflating the required launch mass and budget or even thwarting the habitation attempt altogether. In conclusion, extensive energy use has been a pivotal issue that hinders the profitable operation of indoor farms and now threatens the technology's viability. Research efforts should be directed towards improving the energy efficiency of indoor farming to resolve this issue and advance the technology.

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

랜덤 포레스트 알고리즘을 이용한 멜론 과실의 생장 발달 모니터링 시스템

Melon Fruit Growth Development Monitoring Using Random Forest Algorithm

윤승리^{1,2}, 문태원¹, 김진현¹, 신민주¹, 방지웅¹, 정호정¹, 안태인^{2*}

¹국립원예특작과학원 시설원예연구소, ²서울대학교 농림생물자원학부

Seungri Yoon^{1,2}, Taewon Moon², Jin Hyun Kim¹, Minju Shin¹, Ji Wong Bang¹, Ho Jeong Jeong¹,
Tae In Ahn^{2*}

¹Protected Horticulture Researcher Institute, NIHHS, Haman 52054, Korea

²Department of Agriculture, Forestry and Bioresources, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

온실에서 재배 중인 멜론 과실의 무게를 비파괴적인 방법으로 측정하는 것은 작물에 해를 주지 않으면서 과실의 생장 발달을 추적할 수 있고, 이를 이용하여 최적의 환경 조건을 찾아낼 수 있다는 점에서 효과적이다. 로드셀은 힘 혹은 하중과 같은 물리량을 측정할 수 있는 센서로서, 시설원예 연구에 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구의 목표는 멜론 과실의 무게를 모바일 앱과 연동된 로드셀을 통해 매일 측정하고, 이를 이용하여 다양한 온실 환경 인자의 중요도를 분석하는 것이다. 본 연구는 국립원예특작과학원 시설원예연구소 벨로형 유리온실에서 수행되었다. 국내에서 육성된 네트형 멜론 ‘미라클’(Cucumis melo L. var. ‘Miracle’) 품종을 1월 9일, 본엽이 2~3매 발생하였을 때 정식하였다. 착과 이후, 로드셀을 프로파일 타워에 고정하고 과실 유인줄을 연결하였다. 또한 로드셀과 프로파일 사이에 스페이서 블록을 설치하여 하중 분산을 방지하였다. 2월 22일부터 4월 6일까지, 매일 2회 앱을 통하여 생체중을 기록하였고, 4월 6일 파괴조사를 실시하여 로드셀 값과 실측값을 비교하였다. 검증 결과, 로드셀 값과 실측값의 결정계수는 0.96으로 높게 나타났고, 회귀 평가지표인 MAE와 RMSE는 모두 0.1 kg 수준의 높은 타당성을 보였다. 환경 변수는 매일 측정된 데이터를 재샘플링하여 주, 야간 평균 온습도, 일적산광량, 급액EC, 급액량, 배액량으로 배열하였다. 변수 중요도를 평가하기 위해 회귀 문제를 해결하는 앙상블 기법인 랜덤포레스트(Random Forest) 알고리즘을 사용했다. 예측 결과, 주간 평균 온도와 습도가 가장 높은 변수 중요도를 보였고, 과실 생장과 밀접한 관련이 있음을 나타냈다. 본 연구의 결과는 멜론 과실의 생장 추적 및 최적 온실 환경 조절을 통한 높은 생산성 달성에 이용될 수 있을 것이다.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421001-03, PJ016439202206).

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

온실 통합제어기 실증을 위한 테스트베드 구축

Establishment of Test-bed for an Integrated IoT-based Greenhouse Controller

김동익¹, 홍순중¹, 박상근², 이종원², 노기수³, 강동현^{1*}

¹한국농수산대학교 교양학부, ²한국농수산대학교 원예학부, ³다온정보기술

Dong Eok Kim¹, Soon Joong Hong¹, Sang Keum Park², Jong Won Lee², Ki Su Roh³,
Dong Hyeon Kang^{1*}

¹Department of Liberal Arts, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

²Department of Horticulture, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

³Daon Information Corporation, Jeonju 54853, Korea

사물인터넷(IoT) 기술을 이용하여 실시간으로 온실 환경과 농작물을 모니터링하고, 스마트 기기에서 하우스 시설의 자동 개폐와 온도, 습도를 자동으로 제어하는 비닐하우스 환경제어기에 대한 많은 연구가 수행되어왔다. 하지만, 온실 통합제어기와 센서노드 간 데이터 전송 수집에 있어 국가표준 및 단체표준을 적용한 제어기에 대한 연구와 제품개발은 아직 미흡한 실정이다. 본 연구는 국가표준 및 단체표준을 기반으로 통합제어기와 센서노드 간의 RS485 기반 Modbus 인터페이스 기술을 적용하여 개발한 통합제어기의 성능 검증과 제품의 완성도 향상을 위한 테스트베드를 구축하였다. 온실 통합제어기는 한국농수산대학교 초화 2연동 플라스틱온실 (312.5m²)에 설치하였다. 2연동 플라스틱온실은 1·2중 천창, 1·2중 측창, 보온커튼, 차광커튼, 순환팬, 환기팬 등의 부대장치가 설치되어 있다. 측정요소는 온실 내부 온·습도, CO₂농도와 온실 외부 풍향, 풍속, 감우다. 온실 내부 센서는 코노텍사의 CO₂제어기(CNT-500R, Conotec)를 설치하였다. 제어 대상으로는 1중 천창, 2중 천창, 1중 측창, 2중 측창 등이다. 온실 통합제어기는 제어용 PC, 릴레이보드, LED 디밍보드 등으로 구성되어 있으며, 제어용 PC에는 CPU는 Intel Core i5-4310u 2.0Ghz, 메모리는 4GB RAM, SSD 120G, LAN 1개, 시리얼포트 4포트가 탑재되어 있으며, 릴레이 보드는 16포트 출력으로 구성되어 있다. 온실 통합제어기는 RS485 Modbus 통신과 TCP/IP 통신을 지원한다. 환경제어기는 제어반의 터치스크린에서 설정 입력, 조회, 수동조작할 수 있으며, 스마트폰의 앱, PC 웹에서 원격제어와 모니터링할 수 있다. 통합제어기는 수동제어와 온도, 습도 등 조건에 의한 제어, 스케줄 제어가 가능하며, 그룹설정 및 그룹제어가 가능하다. 기본적인 테스트 결과, 온실 통합제어기 및 센서노드간 통신 인터페이스를 바탕으로 환경 값을 센싱하고 원하는 부대장치의 제어가 가능함을 확인하였다. 향후 부대장치의 원격 수동제어, 온도, 습도 등 조건에 의한 제어, 스케줄에 따른 제어, 그룹 제어에 대한 성능 테스트를 진행할 것이다.

본 연구는 중소벤처기업부 중소기업기술정보진흥원 산학협력(사업화 R&D)사업(과제번호: S3101956)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: kang6906@korea.kr

농업시설 내 환경조절 설비 별 실시간 전력 소비량 모니터링

Real-time Power Consumption Monitoring by Environmental Control Equipment in Agricultural Facility

장세훈, 윤성욱*, 강태경, 권진경, 손진관, 현창식

국립농업과학원 농업공학부 에너지환경공학과

Se-Hun Jang, Sung-Wook Yun*, Taeyoung Kang, Jinkyung Kwon, Jinkwan Son, Changsik Hyun

Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

최근 농업시설들이 대규모화되는 경향을 보임과 동시에 이상고온 및 가뭄 등의 기상이변이 잦아지면서 농업시설 내의 작물생산 및 환경조절을 위해 소비되는 에너지 문제가 크게 대두되고 있다. 농업시설 내 에너지 소비 절감을 위한 냉난방, 환기장치 및 커튼 제어 등의 환경제어시스템에 대한 연구는 비교적 활발하게 진행되었으나, 종합적인 에너지 관리를 위한 실시간 모니터링 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 따라서, 효율적인 에너지 소비 전략 수립을 위하여 농업시설 내 환경조절 및 재배관리 장치 등에서 소비되는 에너지를 전체적으로 계측하여 에너지 소비 패턴을 구명하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 농업시설 내 환경조절을 위해 사용되는 관련 설비별 전력 소비량을 계측하기 위해 전력량계를 이용한 모니터링이 진행되었다. 실험은 벤로형 온실(반밀폐형)에서 천창, 수평 스크린, 측면 스크린, 공조실외부창, 공조실내부창, FCU, FCU순환펌프, 튜브레일순환펌프, 유동팬, 유황 훈증기 및 전등을 대상으로 실시했다. 재배 작물은 토마토(*Solanum lycopersicum* L. ‘데프니스’)였으며, 주야간 온도는 각각 약 28 및 18℃로 설정되었다. 계측된 전력량 데이터는 10분 간격으로 2022년 7월부터 수집되었다. 온실 내외부의 낮 기온의 차이가 적었던 9월에는 FCU 순환펌프와 유동팬 순으로 가장 많은 전력 소비량이 관찰되었고, 온실 내외부의 낮 기온의 차이가 상대적으로 컸던 10월부터 온실 난방 시스템 중 하나인 튜브레일 순환펌프의 전력 소비량이 증가하는 경향이 관찰되었다. 또한, 데이터 수집 기간 중 전력량 소비는 FCU 순환펌프, 유동팬, 튜브레일펌프 순으로 많았다. 본 연구를 통해 외부 환경 변화에 따른 온실에서 작물생산 및 환경조절을 위해 이용되는 설비별 전기 에너지 소비량의 변화를 모니터링할 수 있었다. 하지만, 실제 농가 적용을 위해서는 효율적인 온실 에너지 소비를 위해서 소비된 전력량 데이터에 대한 추가적인 분석 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ016761012023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

온실 환경 제어를 위한 의사결정트리 학습성능 비교

Comparison of Decision Tree Learning Performance for Greenhouse Environmental Control

이종열, 김병만*

금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

JongYeol Lee, ByeongMan Kim*

Department of Computer Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi 39177, Korea

온실 스마트팜에서 복합환경 제어기는 센서를 통해 온실 내부·외부의 환경정보를 수집하고 온실에 설치된 각종 장치를 제어하여 작물생육에 알맞은 환경을 제공하는 것이 목적이다. 현재 복합환경 제어기는 최적의 설정값을 찾아 자동으로 재배하는 수준이 아니라 농가에서 설정한 목표값을 위해 온실 설비를 동작시키는 방식이다. 최근 스마트팜 관련 연구를 통해 작물별 최적 설정값을 찾기 위해 빅데이터 분석이나 인공지능 등을 도입하는 노력이 이루어지고 있다. 본 연구는 의사결정트리(Decision Tree)를 이용하여 온실 환경 제어를 위해 환경정보를 학습하고 결정트리의 깊이에 따른 학습성능을 비교한다. 의사결정트리는 인공지능 지도학습 알고리즘 중 하나로써 특정 기준에 따라 데이터를 이진 분류하는 노드를 반복 생성하여 마지막 노드에서 최종 의사결정이 이루어지는 특징을 가지며, 마지막 노드의 깊이에 따라 학습 시간과 성능에 큰 차이가 있다. 환경정보는 대기온도, 대기습도, CO₂, 수소이온농도(pH), 광량(PPFD), 배지온도, 배지수분함량, 배지전기전도도(EC), 양액전기전도도(EC) 등을 12일간 8,514건 수집하여 전처리 과정과 정규화 과정을 거쳐 6,237건의 데이터 세트를 생성하였다. 지도학습을 위한 정답은 환경정보와 함께 수집된 생체정보값(PIES) 693건을 사용하였고, 전체 데이터 세트 6,930건 중에서 학습을 위해 80%(5,544건)를 사용하였고, 검증을 위해 20%(1,386건)를 사용하였다. 학습성능 비교를 위한 결정트리 깊이는 2에서 20까지 변경하여 학습 시간, 학습 정확도, 결정 정확도를 측정하였다. 결정트리의 각 노드에 대한 불순도(entropy)를 계산하여 마지막 노드에서 0이 되는 노드가 얼마나 되는지도 조사하였다. 실험 결과, 의사결정트리의 깊이가 2부터 11까지는 학습 정확도가 급격히 변화(42%~99%)하였으나 12부터 20까지는 100%로 고정되어 학습 시간만 길어질 뿐이었으며, 결정 정확도도 12에서 제일 높게 나타났고(83%) 20으로 갈수록 등락을 반복하였다. 불순도가 0이 되는 노드의 개수는 20으로 갈수록 더 많이 발견되었으나 결정 정확도에는 영향이 없었다. 본 연구결과는 온실 환경 제어에 의사결정트리를 이용할 수 있음을 확인하였고, 결정트리의 깊이와 성능이 비례하지 않기 때문에 의사결정트리를 이용할 때는 학습 시간과 성능을 고려하여 최적의 깊이를 먼저 찾아야 한다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0150502023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: bmkim@kumoh.ac.kr

온실 내 이산화탄소 제어를 위한 데이터 수집 주기 분석

Data Collection Cycle Analysis for Carbon Dioxide Control in Greenhouses

김나은¹, 자안타 쿠마르 바삭², 국중후¹, 강대영¹, 강명용¹, 김현태^{1,3*}

¹경상국립대학교 대학원 스마트팜학과(스마트팜연구소), ²경상국립대학교 스마트팜연구소,

³경상국립대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

Na-eun Kim¹, Jayanta Kumar Basak², Jung-hoo Kook¹, Dae-yeong Kang¹, Myeong-yong Kang¹,
Hyeon-tae Kim^{1,3*}

¹Department of Smart Farm, Graduate School of Gyeongsang National University(Institut of Smart Farm),
Jinju 52828, Korea

²Institute of Smart Farm, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

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

본 연구는 시설 온실 내부에서 재배되는 작물의 최적 이산화탄소 제어를 위하여 센서로 수집된 이산화탄소의 농도를 시계열 분석으로 온실 내부 이산화탄소의 적정 수집 주기를 파악하기 위하여 실시되었다. 딸기 ‘설향’을 재배하고 있는 실험 온실 내부에 8개의 이산화탄소 센서를 설치하였다. 온실 내부의 이산화탄소 센서(MCH-383SD, Lutron, Taiwan)를 사용하여 1분 간격으로 데이터를 수집하였으며, 1분 간격의 데이터를 5분, 10분, 30분, 1시간의 간격의 데이터로 변환하여 연구를 수행하였다. 데이터의 수집 주기의 분석을 수행하기 위해 시계열 ARIMA 분석을 실시하였으며, R^2 , RMSE, MAPE, MASE를 사용하여 데이터 수집 간격에 따른 ARIMA 모델의 성능을 평가하였다. 연구결과 1분 간격의 데이터 수집이 R^2 0.993, RMSE 5.604, MAPE 0.492, MASE 2.457로 가장 좋은 모델 성능을 보였다. 이산화탄소 농도를 예측하는 모델의 성능은 데이터 수집 시간 간격이 증가함에 따라 감소했습니다. 이 때문에 1시간 간격의 데이터 수집이 R^2 0.712, RMSE 35.895, MAPE 4.423, MASE 21.502로 가장 낮은 성능을 보였다. 본 연구는 온실 내 이산화탄소 농도에 대한 효과적인 데이터 수집 주기를 확립하여 농업 부문에서 수집된 방대한 양의 데이터를 효율적으로 활용하는 방법을 제시하였다.

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

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

LED광원의 RB 광파장 비율이 대파의 생장에 미치는 영향

Effect of Ratio of Red and Blue Wavelength of LED Light Source on Growth of Welsh Onion (*Allium fistulosum* 'Jang Yeol')

반서진, 박규현, 이민석, 조미영, 임소희, 이정현*

전남대학교 원예학과

Seo Jin Ban, Gyu Hyeon Park, Minseok Lee, Miyoung Cho, Sohui Lim, Jeong Hyun Lee*

Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

LED는 식물의 생장에 영향을 주는 광질의 조건을 달리할 수 있는 광원으로서, 백색 LED와 적색과 청색 혼합 LED의(RB) 개수를 달리하여 대파의 생장에 미치는 영향을 파악하기 위해 실시하였다. 대파 '장열'(아시아종묘)을 파종하여 육묘한 후 정식 후 46일 동안 재배하였다. 광질의 비율은 백색 LED 100%(RB0), RB와 백색광의 비율을 2:8(RB2)과 4:6(RB4)로 처리하였고, 각 성장점에 조사되는 광합성 유효 광량지속 밀도(PPFD; $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)는 283.1-313.6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 였다. 처리에 따른 대파의 성장률과 성장량을 추정하기 위해 정식 후 일수에 따른 식물체 당 지상부의 총생체중과 총건물중을 비선형 회귀 모델인 지수선형 성장함수의 매개변수 최대절대성장율(c_m ; c_{mFW} , c_{mDW} ; $\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$), 최대상대성장율(r_m ; r_{mFW} , r_{mDW} ; d^{-1}), 지수성장에서 선형성장까지의 소요되는 정식 후 일수를(t_b ; t_{bFW} , t_{bDW} ; day) 이용하여 분석하였다. 대파의 시장 주요 등급지표인 식물체 당 총생체중을 지수선형함수의 매개변수를 이용하여 정식 후 일수에 따라 모든 실험처리구의 총생체중의 성장량을 94% 이상 유의적으로 묘사할 수 있었다. RB0, RB2, RB4의 c_{mFW} 은 백색광 처리구인 RB0에서 RB2, RB4 보다 각각 2.3배, 2.8배 높은 성장율을 나타냈다. r_{mFW} 은 RB의 혼합광의 비율이 증가함에 따라 높아졌으며, RB4에서 RB0와 RB2 보다 각각 71%, 30% 높았다. 지상부의 건물중은 지수선형함수의 매개변수를 이용하여 89% 이상 유의적으로 묘사할 수 있었다. c_{mDW} 은 RB0 처리구에서 0.171 \pm 0.039 $\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 로 RB2와 RB4보다 각각 2.4배, 3.2배, r_{mDW} 은 RB4 처리구에서 RB0와 RB2보다 각각 25%, 83% 높았다. 본 결과는 LED 인공광을 활용한 대파의 생산시스템에서 재배기술의 기초자료로서 활용될 것으로 판단되며, 광원의 종류 및 광파장의 다양한 비율 및 조합을 활용한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

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

Estimation of Strawberry Fruit Weight using Machine Learning Algorithms

Jayanta Kumar Basak¹, Hyeon Tae Kim^{1,2*}

¹Institute of Smart Farm, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Bio-systems Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Timely monitoring of fruit weight is essential for enhancing productivity and quality in strawberry cultivation. This study introduces a non-destructive technique using machine learning models to measure fruit weight in strawberries. Nine hundred fruit samples from three cultivars (Seolhyang, Maehyang, and Santa) in six ripening stages were collected, and their length, diameter, and weight were determined. Image processing techniques were used to calculate pixel numbers from the fruit images, which were then used as input parameters in developing simple linear-based regression (LR) and nonlinear support vector regression (SVR) models for modeling fruit weight. Two performance metrics i.e., Root mean square error (RMSE), and coefficient of determination (R^2) have been used to evaluate the models' performance. Results showed that the LR model performed slightly better than the SVR model, with the LR model explaining up to 96.3% and 89.6% of the relationship between pixel numbers and fruit weight in the training and testing stages, respectively. The selected LR model based on pixel number could predict fruit weight with 2.23% and 4.67% higher in R^2 and with 20.10% and 14.93% lower in RMSE in training and testing periods, respectively compared to SVR. The study result revealed that the strawberry fruit weight was satisfactorily predicted on the basis of the pixel numbers. The new method is a promising, non-destructive, time-saving, and cost-effective technique for regularly monitoring fruit weight. Future studies may involve examining more strawberry samples from various cultivars to further improve the model's performance in estimating fruit weight.

The authors would like to thank the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through Agriculture, Food and Rural Affairs Convergence Technologies Program for Educating Creative Global Leader, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (717001-7) and in part by Brain Pool program through the National Research Foundation of Korea (2021H1D3A2A02038875) for financial support to conduct the research. The full paper of this research has early been published in the journal of Agronomy in MDPI in 2022.

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

파프리카 작형별 생산량과 RTR 관계 분석

Analyzing Radiation Temperature Ratio and Paprika Production at Different Cropping Seasons

이민석, 박규현, 반서진, 조미영, 임소희, 이정현*

전남대학교 원예학과

Minseok Lee, Gyu Hyeon Park, Seo Jin Ban, Miyoung Cho, Sohui Lim, Jeong Hyun Lee*

Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Radiation-Temperature-Ratio(RTR)은 광량과 24시간 온실 평균온도에 따른 계수를 나타낸 값이다. 태양복사에너지와 난방에너지, 온실내부와 외부 온도편차, 온실내부의 에너지 보존과 방출 시스템은 온실 평균온도에 영향을 미치며 이는 작물의 생육과 수확량에 영향을 미친다. 시설내부의 적정 평균온도는 외부 환경 특히 태양복사에너지의 양에 따라 달라지므로 5년간의 상용화된 온실의 외부 환경과 작기별 평균온도, 누적일사량에 따른 평균온도와 수확량, 적산온도에 따른 수확량의 변화 정도를 비교 분석을 하였다. 2017년부터 2022년까지 5작기의 태양복사에너지와 24시간 평균온도, 수확량의 자료를 수집하였고 각 작기는 정식일부터 수확 종료일까지 337-396일 동안 재배하였다. 5작기의 평균광량은 최소 $14.6\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, 최대 $15.78\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, 작기 평균온도는 $22.3\text{-}22.7^\circ\text{C}$ 로 작기별 평균온도의 차이는 낮았다. '17-18년 작기는 $1\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 당 온도의 계수는 1.61°C 로 가장 높았고, '21-22년 작기는 1.47°C 로 가장 낮았다. 단위면적 당 수확량은 각각 $16.89\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 와 $16.09\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 으로 가장 낮았다. 5작기 동안 가장 높은 단위면적 당 수확량은 '18-19년 작기이며 $17.88\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 으로 $1\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 당 24시간의 평균온도의 증가는 1.53°C 였다. 태양복사에너지에 따른 온도 상승이 높거나 평균온도를 너무 낮게 관리하였던 작기는 수확량이 상대적으로 낮았다. 태양복사에너지와 평균온도는 유의적인 정의 상관을 나타냈으며, 5작기에서 $10\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 당 평균 RTR= $2.46\pm 0.34^\circ\text{C}$, 기본온도는 $18.64\pm 0.49^\circ\text{C}$ 로 나타났으며 5작기동안 가장 높은 수확량에 도달하였을 때 RTR=2.4에 기본온도 18.64°C 이며, 가장 낮은 수확량은 RTR=2.9와 3.5였다. 외부 광량이 낮을 때 예를 들어 매우 흐린날의 경우 24시간 평균온도는 18.64°C 이며 광량이 $1000\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 이 증가하면 기본온도에 RTR=2.4이 더해진 21.0°C 로 관리한다는 의미이다.

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

Effects of Light Intensity on Growth and Development of Common Sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in a Plant Factory

Hayoung Choi, Anna Lee, Wonho Yun, Jekyoung Lee, Jaeheon Hahm, Seongmin Kim,
Jeongsim Oh *

Smart Farming Business, Daedong Corporation, Seoul 06724, Korea

Common sowthistle (*Sonchus oleraceus*) is a plant species that offers significant potential for functional foods and medicine, owing to its physiological and pharmacological health benefits, such as anti-inflammatory and anticancer properties. Therefore, growing common sowthistle in a plant factory to produce high-quality and high-quantity plants is a worthwhile endeavor. To determine the optimal light intensity for growing common sowthistle in a plant factory, this study aimed to examine the effects of various light intensities on the growth and yield. The experiment was conducted for 30 days after transplanting (DAT), during which the plants were grown under three different light intensities: 170, 240, and 310 PPFD, with 16/8 h of day/night cycle and the regime of 25/20°C using the nutrient film technique (NFT) system and artificial light of full spectrum LED in the plant factory. The control group plants were grown in a smart greenhouse with a natural light intensity of 170 PPFD, a temperature of 23°C during the day and 18°C at night, and a humidity of 70%. Growth characteristics such as number of leaves, leaf area, leaf width, leaf length, leaf chlorophyll concentrations (SPAD), shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, and root dry weight were measured at five-day intervals during the 30 DAT. Root phenotypes, including total root length, root projected area, root surface area, average root diameter, and root volume, were analyzed using the WinRhizo program (Reagent Instruments, Quebec, Canada) on 15 DAT. On 20 and 30 DAT, the photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, and transpiration rate were measured using an LI-6400 Portable Photosynthesis System (LI-COR Biosciences Inc, Lincoln, NE, USA). The results showed that increasing light intensity resulted in better growth indicators, especially for shoot fresh weight, which is a direct indicator of crop production in the plant factory. The shoot fresh weight at the final harvesting period (30 DAT) was 98.86 g, 92.53 g, and 68.08 g for 310, 240, and 170 PPFD, respectively, while the shoot fresh weight of the control was only 34.64 g. In terms of root phenotypes, the total root length, root projected area, root surface area, average root diameter, and root volume were higher in plants grown under 240 and 310 PPFD than those grown under 170 PPFD. Photosynthetic rates at 30 DAT were 13.00, 11.25, and 8.15 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ at 310, 240, and 170 PPFD, respectively. Water use efficiency and carboxylation efficiency also showed the highest values at 310 PPFD. Thus, the study concluded that the light intensity of 310 PPFD with a light/dark cycle of 16/8 h was the best condition for the vegetative growth of common sowthistle. In conclusion, the study demonstrated the positive effects of increasing light intensity on the growth and yield of common sowthistle in a plant factory. These findings have practical implications for the cultivation of common sowthistle in a controlled environment, which can be used to produce high-quality and high-quantity plants for functional foods and medicinal purposes.

*Corresponding author, E-mail: grayumbrella@naver.com

상추의 웃자람 현상에 관한 LED 광원 및 과습 여부의 영향 비교

Comparison of Effects of LED Lighting and Excessive Moisture on Lettuce Overgrowth

국중호¹, 김나은¹, 강대영¹, 전성우¹, 카르키 시잔², 김현태^{3*}

¹경상국립대학교 스마트팜학과, ²경상국립대학교 바이오시스템공학과, ³경상국립대학교 생물산업기계공학과

Junghoo Kook¹, Na-Eun Kim¹, Dae-Yeong Kang¹, Seong-Woo Jeon¹, Karki Sijan², Hyeon-Tae Kim^{3*}

¹Department of Smartfarm, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Bio-Systems Engineering, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Department of Bio-industrial Machinery Engineering, College of Agriculture and Life Sciences,

Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

본 연구는 상추(*Lactuca sativa* L.)의 품종 중 ‘Duksumjeokchukmyun’을 생육하여 웃자람 현상의 원인을 확인하기 위해 실시되었다. 아크릴 밀폐 챔버, 디지털 캘리퍼스(ABS Digimatic Caliper, Mitutoyo, Japan), 엽록소 측정기(SPAD-502 plus, Minolta, Japan)와 청색과 적색의 비율이 1:5인 LED 광원을 이용하여 상추의 웃자람 현상에 대한 LED 광원 및 과습 여부의 영향을 비교하였다. 아크릴 밀폐 챔버에 투입 전 디지털 캘리퍼스와 엽록소 측정기를 통해 엽장과 엽폭을 측정 후 엽형지수(엽장/엽폭)로 표현하였고, SPAD 값을 측정하였다. 실험 기간은 14일에 걸쳐 LED 광원 여부와 과습 여부에 따라 4개의 생육 환경 I, II, III, IV에서 진행되었다. 실험 결과로는 I, II, III, IV 순으로 투입 전 엽형지수(1.7, 1.5, 1.7, 1.4), 실험 후 엽형지수(4.3, 2.2, 5.3, 1.9)로 과습의 여부보다 LED 광원의 존재 여부가 상추의 웃자람에 더 높은 영향을 주는 것으로 나타났다. SPAD 값은 투입 전 평균(13.3, 12.4, 12.7, 13.6), 실험 후 평균(4.9, 14.5, 4.2, 17.4)로 웃자람 여부에 따라 SPAD 값에도 영향이 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 ‘Duksumjeokchukmyun’의 생육 환경에 따른 웃자람 현상의 조건을 확인하여 상추의 생장 실험에서 LED 광원의 유무와 과습 여부에 대한 영향을 파악할 수 있었으며, 추후 LED 광원을 활용한 챔버 실험에서 웃자람을 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구결과는 밀폐 챔버 내 상추 생육 시 발생할 수 있는 웃자람의 원인 규명에 대한 활용 가능성을 제시하였다.

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 기술사업화지원사업의 지원을 받아 연구되었음(1545026476)

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

겨울동안 파프리카 생육 시기별 줄기 생장에 따른 상부와 하부 잎의 온도 및 증산 변화

Changes in Temperature and Transpiration Rate of Leaves on Upper Part and Branching Point of Stem by Growing Period in Paprika Cultivation during Winter

우승미¹, 이현구², 최주호², 정성환³, 김호철^{2,4,5*}

¹원광대학교 일반대학원 원예학과, ²원광대학교 원예산업학과, ³한국전자기술연구원, ⁴원광대학교 생명자원과학연구소, ⁵원광대학교 식물육종연구소

Seung Mi Woo¹, Hyeon Goo Lee², Ju Ho Choi², Shung Hwan Jeong³, Ho Cheol Kim^{2,4,5*}

¹Department of Horticulture, Graduate School, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

²Department of Horticulture Industry, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

³Korea Electronis Technology Institute, Jeonju 54853, Korea

⁴Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

⁵Institute of Plant Breeding Research, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

본 연구에서는 전북 익산에 위치한 겨울 작형으로 파프리카가 재배되고 있는 유리온실 내에서 2022년 12월부터 2023년 2월까지 줄기 생장에 따른 상부의 엽온과 증산속도 변화에 대하여 알아보았다. 엽온센서는 2022년 12월 3일에 하부인 줄기 분지점 인근 잎에 연구기간 동안 고정 설치되었고, 상부 잎에는 슬라브로부터 160cm 높이인 줄기 정부에 첫 설치되었고 이후 줄기가 생장함에 따라 180cm, 225cm 지점의 줄기 정부에 이동 설치되었다. 각 지점에 센서가 고정된 기간은 34일로 모니터링 구간을 3구간(P I, P II 및 P III)으로 구분하였다. 엽온 모니터링 시스템은 2분 간격으로 자동 측정 저장되도록 설정되었다. 엽온에 따른 증산속도를 알아보기 위해서 일주일 간격으로 11시-13시경에 센서가 장착된 잎을 측정하였다. 식물체가 생장하면서 주간에는 상부 엽온이 높았고 야간에는 하부 엽온이 높은 경향을 보였다. 주간동안 하부의 적산된 엽온은 각각 P I 6,902.6, P II 7,009.4 및 P III 7,272.5℃였고 상부의 적산된 엽온은 각각 P I 7,156.4, P II 7,198.0 및 P III 7,670.2℃였다. 평균 일중 변화에서 상부와 하부의 차이는 14-16시간대에 컸고, P III(1.42~4.59℃) 구간에서 가장 컸다. 일정 간격으로 11-13시경 측정된 증산속도는 하부에서는 P I 1.19, P II 0.25 및 P III 1.53 mmol·m⁻²·s⁻¹이었고, 상부에서는 P I 3.24, P II 3.11 및 P III 3.31 mmol·m⁻²·s⁻¹이었다. 이에 따라서 상부와 하부의 평균 증산속도 차이는 2.05, 2.86 및 1.78 mmol·m⁻²·s⁻¹이었다.

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원 연구사업(과제번호: 2022-0-00597)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: go-hc@daum.net

연동 비닐온실 내외부 태양복사에너지 특성 분석

Analysis on Solar Radiation Characteristics Inside and Outside Multi-span Plastic Greenhouse

권진경*, 이시영, 윤성욱, 김성현, 장세훈

국립농업과학원 에너지환경공학과

Jin Kyung Kwon*, Si Young Lee, Sung Wook Yun, Sung Heon Kim, Se Hun Jang

Energy and Environmental Engineering Division, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju 54875, Korea

본 연구에서는 연동 비닐온실을 대상으로 온실 내/외부의 장/단파, 상/하방 태양복사에너지 특성을 분석하였다. 동고 8.6m, 측고 7.3m, 8m 스패의 베로형 비닐온실(19-연동-3, PO필름 피복)을 대상으로 온실 외부에 단/장파 복사센서와 온실 내부에 순복사센서를 설치하여 외부 장/단파 하향복사, 내부의 장/단파의 상/하방 복사를 계측하였다. 동절기(2022.1.14.~2.14) 오전 차광막 전장 전의 분석 결과, 외부 하향 단파복사에 따른 내부 하향 단파복사는 선형 비례관계이나 기울기는 0.19로 작았으며 하향 단파복사에 따라 내부 상/하향 장파복사도 증가하나 기울기는 0.04 정도로 작아 약 400W/m²로 일정한 수준을 유지하였다. 외부 하향 단/장파 비율은 평균 1.56였으며 온실 내부 하향 단파/장파 비율이 0.23으로 온실 외부와 다른 값을 나타내었다. 외부 일사에 따른 순복사량은 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않으며, 외부 하향 단파복사가 약할수록 순복사 값도 감소하며 (-)순복사값 빈도도 증가하였다. 지표면 알베도의 개념을 온실에 적용한 내부 복사 반사율(내부 상/하향단파복사)은 하향 단파복사가 강할수록 반사율이 증가하였으며 0.2~0.8의 범위로 지구 지표평균 0.31보다 높은 수준이었다. 하절기(2022.7.1.~7.30)에 내부 하향 단파복사는 0~400W/m²의 범위였으며 장파복사의 순복사량도 동절기의 4배 이상 높았다. 동절기와 달리 외부 하향 단파복사에 비례하여 내부의 상, 하향 단파복사도 증가하며, 기울기도 0.26으로 동절기(0.19)에 비해 컸다. 순복사값은 동절기 주간의 50~60W/m²보다 큰 300W/m²를 초과하였으며 야간에는 상/하향 장파복사가 비슷하였다. 동절기에 비해 일사량에 따른 순복사량의 차이가 상대적 크며, 외부 하향 단파복사에 따른 내부 상/하향 장파복사의 증가 기울기도 상대적으로 컸다. 내부 상, 하향 장파복사는 약 500W/m²로 일정한 수준을 유지하였으며 내부 하향 단파/장파 비율은 0.13으로 동절기 0.23에 비해 낮았다. 동절기와 달리 하절기에는 외부 일사와 순복사량의 비례관계가 나타나며 (-)값의 순복사는 나타나지 않았다. 내부 복사 반사율(내부 상향단파복사/하향단파복사)의 관계 동절기와 달리 하향단파복사와 뚜렷한 관계가 나타나지 않았다.

본 연구는 농림축산식품부 스마트팜 다부처패키지 혁신기술개발 사업(과제번호: 421040042HD030(PJ016478202204)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: cen55@korea.kr

양돈폐수의 인가전압에 따른 생물전기화학적 혐기소화의 메탄생산량 변화

Changes in Methane Potential of Piggery Manure with Respect to Applied Voltages in Bioelectrochemical Anaerobic Digestion

윤성욱¹, 김태영^{2*}, 홍영신¹, 장재경¹, 문종필¹, 유영선¹

¹국립농업과학원 농업공학부 에너지환경공학과, ²조선대학교 환경공학과

Sungwook Yun¹, Taeyoung Kim^{2*}, Youngsin Hong¹, Jaekyoung Jang¹, Jongpil Moon¹,
Youngsun-Ryou¹

¹Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

²Department of Environmental Engineering, Chosun University, Gwangju 61452, Korea

국내 가축분뇨의 자원화 처리는 가축분뇨의 발생량(4,846만 톤) 중 약 91% 정도가 퇴·액비화로 자원화되고 있을 정도로 대부분 퇴·액비화에 치중되어 있다. 그러나 국내 농경지 면적을 고려할 경우 퇴·액비를 소비할 농경지 면적은 이미 크게 포화가 된 실정이다. 따라서 가축분뇨를 퇴·액비가 아닌 보다 다양한 방법으로 에너지 자원화 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 본 연구에서는 가축분뇨의 생물전기화학 혐기소화에 대한 인가전압의 영향(0V, 0.3V, 0.6V, 0.9V, 1.2V)을 메탄생산량 및 가축분뇨 성분 변화를 분석하여 조사하였다. 본 연구에서는 축산폐수가 적용된 생물전기화학 메탄 반응조(AD-MEC)에서 전압을 인가하지 않고 전극만 존재하는 대조군(0V)과 0.3V, 0.6V, 0.9V, 1.2V의 전압을 인가한 반응기를 30℃를 유지한 항온실에서 반응기의 혐기성 조건을 유지하며 28일간 2배수의 회분식 운전을 진행하였다. 그 결과 메탄생산량은 운전 종료 674시간(28일) 후 0.3V에서 최대누적량인 108.9±23.8mL을 기록하였으며, 이는 대조군 대비 37.5% 증가하는 결과를 보였다. 가장 높은 결과값을 보인 0.3V를 다음으로 0.6V, 0V, 0.9V, 1.2V 순으로 많은 누적량을 기록하였으며, 본 연구에서 고려한 조건에서는 메탄 생산 시 최적의 인가조건으로 0.3V가 적합함을 확인하였다. 그리고 인가전압별 운전 초기와 운전 종료 후 COD제거율(%)과 VS제거율(%)에 따르면 모든 범위에서 COD는 73.59~79.18%의 높은 제거율을 보였다. VS제거율(%)로는 0.9V에서 33.96±3.7%로 가장 높은 제거율을 보였으며 누적 메탄생산량이 가장 많았던 0.3V(28.73±2.35%)대비 약 18.2% 증가된 결과를 보였다. 그 외에 대조군, 0.3V, 0.6V은 24.4~29.2%의 비슷한 제거율을 보였지만 1.2V는 상대적으로 저조한 수치(<18%)를 보였다. 이러한 생물전기화학적 혐기성 소화의 메탄생산 향상은 농업, 환경, 에너지 측면에서 산업적용의 가능성을 볼 수 있었다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ015897012023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: tkim@chosun.ac.kr

폐쇄형 완전제어형 식물공장 내 NFT 시스템에서 당근의 생육 모델링

Growth Modeling of *Daucus carota* L. in Closed-type Plant Factory System

성보현¹, 곽나영¹, K.P.S. 쿠마라테나¹, 조영열^{1,2*}

¹제주대학교 원예학과 ²제주대학교 아열대농업생명과학연구소, 친환경연구소

Bo Hyun Sung¹, Nayoung Kwak¹, K.P.S. Kumaratenna¹, Young-Yeol Cho^{1,2*}

¹Department of Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Reasearch Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, SARI, Jeju National University, Jeju 6243, Korea

본 연구에서는 일반 당근(*Daucus carota* L.)보다 유통 단가가 높은 미니당근인 손가락당근(Songarak F₁, 아시아 종묘)의 식물공장 내에서의 생육모델링을 구축하고자 시행되었다. 제주대학교 내에 구비된 폐쇄형 완전제어형 식물공장에서 실험을 진행하였으며, 재배시스템은 NFT 시스템을 응용하여 최대 양액의 깊이를 5cm로 제어하였다. 본엽이 2매 정도일 때 순환식 수경재배 시스템에 정식하였다. 파종 후 베드의 높이에 의해 당근의 지하부 생장이 억제되지 않도록, 불투명 아크릴을 이용하여 직근의 생장에 따라 높이를 조절하였다. 광 환경은 LED 조명을 이용하여 RGB 혼합비율을 6:3:1로 세팅하고, 광량 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 동일하게 조성하였으며, 광주기는 12/12시간으로 설정하였다. 재배 시설의 내부 온도는 당근의 최적 생육 온도인 18~20℃를 유지하였으며, 배양액은 제주대학교에서 개발한 당근 전용배양액 (NO₃-N:15.0, NH₄-N:1.0, P:1.0, K:11.0, Ca:2.0, Mg:1.0, SO₄-S:1.0 mM·L⁻¹)을 사용하였다. 배양액의 농도는 육묘 시 1.0dS·m⁻¹, 정식 후에는 1.5dS·m⁻¹, pH는 5.5~6.0 사이로 유지하였고, 각 개체는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 재식거리는 20cm×20cm로 정식하였다. 생육 변화를 측정하기 위하여 정식 후 14, 20, 36, 43, 49, 56일 후 6개체씩 샘플링하였다. 생육 조사 항목은 지상부, 지하부의 생체중 및 건물중, 초장, 실뿌리를 포함한 지하부의 길이, 직근의 길이와 너비를 측정하였다. 정식 후 일수에 따른 초장과 지상부와 지하부의 생체중, 건물중은 1차 직선 형태를 보였으며, 실뿌리를 포함한 전체 지하부의 길이는 시그모이드 양상을 보였다. 직근의 길이와 너비는 1차 직선으로 나타났다. 직근의 너비는 회귀계수(R²)가 상당히 높게 나타났다. 식물공장 내에서 당근의 생육조사 항목 결과값을 회귀분석한 결과, 정식 후 생육일수를 독립변수로 하여 손가락 당근의 생육에 대한 예측이 가능하였다. 이를 바탕으로 주 이용부위가 지하부인 손가락 당근의 생육을 예측할 수 있었으며, 식물공장 내에서 상업적으로 재배되는 작물의 범위를 넓힐 수 있을 것으로 생각된다.

본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술사업의 지원을 받아 연구되었음(421033043AD050).

*Corresponding author, E-mail: yycho@jejunu.ac.kr

대마 재배용 컨테이너 식물공장 설계를 위한 유동장 전산 유체 해석

CFD Analysis of Flow Field for Designing Containerized Plant Factory for Hemp Cultivation

이정민*, 김승희, 허정욱, 이승철

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Jeong-min Lee*, Seounghee Kim, Jeong-wook Heo, Seung-Chul Lee

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

의료용 대마 헴프의 CBD(Cannabidiol) 성분에 관한 관심 증가로 현재 헴프의 생산 및 CBD 함량 극대화 관련 연구가 외국에서 선진적으로 다수 수행되고 있다. 국내에서도 이러한 헴프 연구 활성화를 위해 전문 재배 시설 기반 연구가 필요함에 따라 본 연구에서는 헴프 전문 생산을 위한 컨테이너형 식물공장 설계를 목적으로 전산 유체 해석 기반의 재배실 내부 유동장 분석을 수행하였다. 재배실(W:3m* L:8m* H:3.1m) 내부는 대마의 재배 특성을 관찰하기 위해 2단 재배대(W:0.86m* L:6m* H:2.85m, 층별 높이 0.96m)와 LED 높이 조절용 1단 재배대(W:0.86m* L:6m* H:2.85m)를 각각 좌우로 배치하였다. 재배실 내부 공기조화를 목적으로 상·하단에 공조 덕트를 설치하여 공기 특성에 따라 상·하단 방향으로 공기 순환이 이루어지도록 설계하여 재배실 내부 유동장의 분석을 위해 전산 유체 해석을 수행하였다. 재배실 내부를 3차원 모델링한 후(NX Siemens), Fluent(2022 R1, Ansys, USA) 기반 분석용 격자를 생성하였다. 그리고 조명 출력 1463.44W/m², 공조 덕트의 토출 풍속 2m/s, 실내 설정 온도 20℃, 외부 열출입이 발생하지 않는 단열 조건으로 가정하여 경계조건 및 난류 모델을 설정한 후 계산과 후처리를 수행하였다. 재배실 내부 높이, 위치별로 총 13지점의 관측 지점을 설정하여 온도분포를 분석한 결과, 2단 재배대의 1층(LED로부터 0.6m)의 평균 온도 32.78℃, 2층(LED로부터 0.6m)의 평균 온도 39.10℃로 측정되었고, 1단 재배대 또한 같은 높이에서 조명 상단부가 하단부보다 높은 평균 온도 분포를 보였다. 그리고 2단 재배단이 위치한 좌측 구역(평균 36.73℃)이 1단 재배대가 위치한 우측(평균 29.12℃)보다 상대적으로 높은 온도분포를 보였는데, 이는 상단 토출구를 중심으로 유입된 공기가 재배실 벽과 중앙 상단에서 정체된 상태로 재배실 내부를 전반적으로 순환하지 않고 LED 패널 발열과 온도 성층화 등 복합적인 원인에 의해 위치별 불균일한 온도 분포가 발생한 것으로 판단된다. 헴프 재배 적온 제어를 위해 중앙 토출 지점으로부터 좌우 하단 방향으로 향하는 유동팬 설치를 통한 재배환경 균일도 개선의 필요성을 확인했다. 향후 본 시뮬레이션 분석 결과와 실제 컨테이너 재배환경 측정값을 비교하고, 실제 재배환경에서 순환팬 설치를 통해 재배실 내부 유동장 및 지점별 온도 균일도 변화를 조사할 예정이다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ016793012022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

Next-generation Agriculture: AI and Sensor-based Solutions for Pineapple Pest Management and Smart Irrigation Control

Amarpreet Singh Arora, Wonjoon Choi, Choa Mun Yun*

Sherpa Space Inc., Daejeon 34028, Korea

Next-generation agriculture is leveraging cutting-edge technologies to address some of the most pressing challenges faced by farmers, including pest management and irrigation control. This paper presents a novel approach using AI and sensor-based solutions for pineapple pest management and smart irrigation control. Pineapple is one of the most important crops worldwide, and pest infestation by pineapple mealy bug (PMB) and inefficient irrigation practices can lead to significant yield losses. In this study, we propose an integrated system that leverages AI and sensor technologies to monitor and control both pest infestations and irrigation in real-time. The system consists of an array of sensors that collect data on environmental factors such as temperature, humidity, rainfall, solar radiation, and soil moisture, which is then processed by an AI algorithm to provide insights into the crop's health and potential pest infestations. The system also controls irrigation by using real-time data as well as weather forecast to optimize water usage. Our results demonstrate that our integrated system significantly reduces pest infestations by 35% and optimizes water usage, resulting in improved pineapple yields and annual savings of USD 4000 per 10 acres of land. By highlighting the potential of these technologies to revolutionize agriculture, we hope to inspire farmers and researchers to continue exploring new and innovative ways to improve crop yield, reduce waste, and promote sustainable farming practices.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) and Korea Smart Farm R&D Foundation(KosFarm) through Smart Farm Innovation Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) and Ministry of Science and ICT(MSIT), Rural Development Administration(RDA)(421008-04)

*Corresponding author, E-mail: cmunyun@sherpaspace.co.kr

산야초 발효액을 이용한 과수의 냉해방지 및 낙과에 관한 연구

A study on the Prevention of Freezing Damage and Falling Fruit of Fruit Trees Using Wild Grass Fermented Liquid

이은숙¹, 홍성배², 홍준민², 최원식^{3*}

¹부산대학교 생명산업융합연구원, ²한방자연농업연구소, ³부산대학교

Eun-suk Lee¹, Seong-bae Hong², Jun-min Hong², Won-sik Choi^{3*}

¹Pusan National University Bio-Industry Convergence Research Institute, Miryang 50463, Korea

²Herbal Natural Agriculture Research Institute, Chungcheongnam-do 32945, Korea

³Department of Bio Industrial Mechanical Engineering, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

농작물 재해 중 서리에 의한 피해는 봄, 가을철에 집중되고 특히 봄철 서리(늦서리)에서 크게 발생한다. 최근 기후의 변화는 노지작물의 식물계절 변화를 통해 생육초기(발아와 개화시기) 이상기상 발생빈도를 높이며, 이러한 피해는 작물의 생산량 및 품질에 직접적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 산야초 발효액을 사용하여 사과꽃에 엽면처리 살포하여 냉해방지, 낙과방지에 관한 실험을 수행하였다. 노지 과수 대상으로 사과 과수 작물에서 서리 냉해 피해를 측정하기 위하여 3월~4월 동안 서리발생 시기와 온도에 따른 엽면살포를 3회 이상 살포하여 서리발생 확률, 서리 온도, 농작물의 생육환경의 변화의 형태를 관찰하였으며, 실험실 안에서 대조군 A, B, C와 서리가 발생하는 온도를 -1℃, -2℃, -3℃로 설정하여 사과꽃의 생육환경의 변화를 관찰하였다. 노지에서 산야초 발효액은 물 20L에 원액 20CC를 희석하여 10m*10m에 살포하였으며, 실험실에서 산야초 발효액은 물 1L에 원액 4CC를 희석하여 대조군 및 온도 -1℃, -2℃, -3℃에서 총 3회 살포하여 실험변화를 살펴보았다. 서리가 발생한 노지에서 살포한 산야초 발효액은 화서 화총에서 갈색으로 변색된 꽃잎을 발견할 수 없었으며, 온도의 설정에 따라 -1℃, -2℃, -3℃에서 살포한 곳에서 사과꽃의 어는점을 확인 할 수 없었으며, 화서에서 갈변현상을 나타내지 않았다. 이런 결과를 바탕으로 노지작물의 개화촉진, 냉해방지, 낙과에 대한 실험을 분석하고자 한다. 산야초 발효액은 개화촉진, 냉해방지, 낙과방지효과는 발효액을 살포한 지역 및 실험의 조건에서 사과꽃의 서리피해를 꼭지의 굵어짐과 착과율, 결실에 효과가 탁월한 것으로 나타났다.

본 연구는 한방자연농업연구소 용역과제의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: choi@pusan.ac.kr

영농형 태양광 시스템의 태양 전지판에 의한 환경 변화가 대파의 생장 및 품질 특성에 미치는 영향

Effects of Changes in Environments by Solar Panels for an Agrivoltaic System on Growth and Quality Characteristics of Green Onion

민상윤¹, 오욱^{2*}

¹영남대학교 원예생명과학과, ²제주대학교 생물산업학부 원예환경전공

Sang Yoon Min¹, Wook Oh^{2*}

¹Department of Horticulture and Life Science, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

²Department of Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

영농형 태양광 발전(agrivoltaics, AV)은 농지에 태양 전지판(solar panel, SP)을 포함한 AV 시스템을 설치하고 그 아래에서 작물을 재배하여 전기와 작물을 동시에 생산하는 형태의 시설이다. 따라서 AV 시스템에서의 전력 생산은 작물 생산성 감소를 최소화하면서 이루어져야 하기 때문에 SP에 의한 음영이 작물 수량과 품질에 미치는 영향을 구명할 필요가 있다. 이 연구에서는 2021년 6월 5일 영남대학교 AV 실험센터의 SP 아래(처리구) 및 노지 포장(대조구)의 토양에 대파(*Allium fistulosum*) ‘신흑금장’을 정식하였고, 22주 후 생장 특성, 수량 및 체내 성분을 분석하였다. 또한 처리구와 대조구의 기상 및 토양 환경을 비교하였다. 그 결과, 환경 특성에서는 온도와 상대습도의 차이는 없었지만 처리구의 누적 일사량은 대조구의 51.3%였고 평균 지온은 대조구보다 17.5% 낮았다. PS 처리구 작물들의 위경장, 초장, 엽장, 엽록소 함량(SPAD), 수분 함량은 대조구보다 더 컸지만 위경폭은 더 작았다. 체내 성분에서는 Na 함량이 SP 처리구에서 높았을 뿐 다른 성분들의 처리 간 유의차는 없었다. 결론적으로 SP가 식물 및 토양에 도달하는 광량과 지온을 감소시켰고, 이 변화가 정식 후 초기 단계인 고온 및 고광기에 상대적으로 좋은 환경을 만들었지만 저온 및 저광기에는 부정적인 영향을 준 것으로 보인다.

본 연구는 농림축산식품부(MAFRA)의 재원으로 농식품기술기획평가원(IPET)의 농업에너지자립형 산업모델 기술개발사업(322005-02)의 지원을 받아 이루어진 것임. 이 초록은 AgriVoltaics2023에 발표된 자료의 일부임.

*Corresponding author, E-mail: wookoh@jejunu.ac.kr

케일의 온도에 따른 엽 수 증가 예측

Estimation of Kale (*Brassica oleracea* L.) Leaf Appearance Based on Temperature

석승원, 하다은, 김태곤*

전북대학교 스마트팜학과

Seungwon Seok, Da-Eun Ha, Taegon Kim *

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

본 연구는 케일에 대한 프로세스 기반 모형 (Process Based Model, PBM) 개발을 위해 선형 개발된 배추 모형의 구성요소 중 엽수 증가 예측 모형을 케일에 적용가능하도록 개발하고자 한다. 엽수 증가 모형은 케일의 엽 발생 속도를 계산하여 엽수를 예측한다. 한국지능정보사회진흥원에서 운영하는 공공 데이터 포털 (AIHub)로 부터 케일 재배 실험 데이터를 구독하였다. 구독한 데이터는 식물 공장 내 성장상 (상대습도 50~70%, 주야간 12/12 시간 설정)에서 세 가지 온도 (평균온도 18°C, 21°C, 24°C)에 따른 시계열 생육 자료 (엽수)를 포함한다. Yan and Hunt (1999)가 제시한 베타 함수를 이용하여 온도에 따른 일평균 잎 생성 속도를 나타내었고, 이를 모두 더하여 일별 엽수를 도출하였다. 이때 최대 속도는 최적 온도 25.7°C에서 0.3장/일이었다. 모형을 평가하기 위해 정식 후 일자에 따른 엽수 증가를 관찰한 결과 엽수가 선형으로 증가하였으나, 실측값의 경우 포화 곡선 형태로 증가 하는 점에서 차이가 발생하였다. 이는 기존 배추모형이 노지환경을 가정하여 온도를 중심으로 모델링을 수행한 반면, 본 연구에서 사용한 데이터는 식물공장환경으로 온도가 실험군별로 일정하게 유지되는 환경에서 수행한 실험 설계의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 온도가 일정하게 유지되는 환경에서는 기존모형은 선형 성장으로 예측하였으나, 실험데이터는 포화곡선 형태를 보이고 있었기 때문에, 온도 이외에 엽수에 따라 성장효율이 다를 것으로 가정하고, 모형 수식을 수정하여 모형을 개선하였다. AIHub에서 구독한 데이터를 본 연구에서 제안한 모형으로 평가한 결과, 18°C에서 $R^2=0.96$, $RMSE=0.80$, 21°C에서 $R^2=0.95$, $RMSE=0.66$, 24°C에서 $R^2=0.96$, $RMSE=0.28$ 의 정확도를 보였다.

본 연구는 한국연구재단 이공분야 기초연구사업(과제번호: NRF-2022R1G1A1011147)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

밀 생육관리를 위한 디지털 농업 대시보드의 위성영상 활용방안

Application of Satellite Imagery in Digital Agriculture Dashboard for Wheat Farming Management

정재영, 김태곤*

전북대학교 스마트팜학과

Jaeyoung Jung, Taegon Kim*

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

우리나라의 주요 식량 작물 중 하나인 밀은 99% 수입에 의존하고 있어 식량안보 측면에서 위태로운 상황이다. 기후변화, 미중 무역갈등, 러시아-우크라이나 전쟁 등 다양한 재난 상황에 대비하여 자급률을 높이고 공급의 안정을 확보할 필요성이 대두되고 있다. 식량자급률 제고를 위해 양분관리, 수분관리, 품종개량, 재배단지 확대 등 다양한 노력이 이루어지고 있다. 그중 4차산업 혁명 기술의 발달로 ICT 기술 및 데이터를 활용한 연구가 주목받고 있다. 작물의 성장 상태를 모니터링하여 생육데이터를 수집하고, 수확량을 공간적으로 정확하게 수집하여 예측함으로써 안정적으로 생산성을 유지할 수 있다. 작물의 수확량 및 작황을 예측하는 데 있어 식생지수를 활용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 대표적인 식생지수인 NDVI는 식생이 강하게 반사하는 근적외선과 식생이 강하게 흡수하는 적색광의 차이를 산출한 값으로, 촬영환경 조건에 영향을 많이 받지 않고 지상 센서에서 측정한 값과 유사한 시계열적 변화 경향과 상관성이 높아 농경지 및 작황 변동 추정의 지표로 사용된다. 주로 주요 작물인 논벼, 콩에 대한 생장 상태 및 수확량 추정 연구가 이루어졌지만, 밀에 적용한 연구는 부족한 실정이다. 또한 대부분의 연구가 모델 개발 및 검증 부분에 초점이 맞추어져 있어, 현장에서 적용가능한 모델을 찾아보기 어렵다. 본 연구에서는 디지털 농업의 일부로 NDVI 지수를 활용한 밀 생산량 예측 모델을 대시보드에 포함하기 위한 위성영상 활용방안을 제안하고자 한다. 서비스를 운영하는 서버 내부에서는 미리 지정한 관심 지역에 대한 시계열 NDVI 값을 추출하여 연중 연간 변화를 주기적으로 분석하여 저장한다. 이를 위하여 Google Earth Engine에서 제공하는 Python API을 활용하여 Landsat 8 데이터셋의 NDVI값을 처리하도록 프로그램을 작성하였다. 서버에 저장된 데이터는 대시보드에서 다양한 시각화 기법을 활용하여 농민이나 밀재배 관련 의사결정자가 손쉽게 이용할 수 있도록 제공한다. 위성영상은 약 2주 간격으로 촬영되며, 업데이트 주기에 맞추어 서버측 분석 프로그램이 자동으로 구동되므로, 사용자는 실시간으로 업데이트되는 데이터를 확인할 수 있다. 본 연구의 결과는 향후 밀 재배에서 의사결정을 지원, 밀 작황 진단 및 예측을 통해 생산성을 제고할 수 있는 디지털 농업 모델의 주요 구성요소로 활용될 것으로 기대한다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(사업번호: PJ017048), 한국연구재단 이공분야 기초연구사업(사업번호: NRF-2022R1G1A1011147)지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

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

토마토 엽의 생장 단계에 따른 질소 함량 변화 및 광합성 특징 분석을 통한 군락 광합성 효율 추정

Estimating of Tomato Canopy Photosynthetic Efficiency by Nitrogen Distribution and Photosynthetic Characteristics According to Leaf Growth Stage

최수영, 이준우*

전북대학교 스마트팜학과

Sooyoung Choi, Joon Woo Lee*

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

온실 내 환경제어기술의 향상을 위해선 내부 환경조건에 따른 작물 군락과 온실 내 미기상 사이의 물질 수지 분석의 선행이 요구된다. 이러한 점을 고려하여 보다 정밀한 작물의 군락 광합성 효율의 분석이 필요하다. 하지만 토마토 또는 파프리카 등 무한생장상을 갖는 대형 과채류의 경우에는 재배 기간 중 새로운 엽이 연속적으로 발생하기 때문에 각 엽의 생장 단계에 따른 광합성 특성의 분석이 필요하다. 따라서 본 연구는 토마토 군락을 구성하는 엽들의 질소함량 및 루비스코 효소 활성 정도에 따라 생육 단계를 구분하고, 각 생육 단계별 엽 광합성 특성 분석을 통해 토마토 군락 광합성 효율을 추정하고자 수행되었다. 시험 품종은 Tomato(*Solanum lycopersicum* L.)로 2021년 8월 정식되었고 천안(36°52'32.88"N 127°11'43.52"E)에 소재한 연동형 플라스틱 온실에서 재배되었다. 작물 재배 관리는 발생하는 측지는 모두 제거하였으며, 계절에 따른 외부 일사량 변화에 비례하여 LAI를 조정하는 방식으로 적엽 관리하였다. 분석은 엽의 생장단계에 따라 4 Stage로 나누어 진행되었다. 광합성 특징을 분석하기 위해서 광합성 분석기(LI-6800, LI-COR, Ne, USA)를 사용하여 각 Stage의 엽을 측정하였다. A-Ca curve의 이산화탄소 농도는 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 로 측정하였다. 측정 결과를 R Studio(R Studio, Boston, USA)로 사용하여 FvCB model을 fitting하였고, 토마토의 V_{cmax} 와 J_{max} 를 구하였다. 이후 각 Stage의 질소 함량과 광합성 특징사이의 관계를 분석하기 위해 엽 내 질소 함량을 분석하였다. 분석 결과, 작물 각 엽의 Stage에 따라 광합성 지표인 V_{cmax} 와 J_{max} 에서 차이가 나타났다. 또한 엽 내 질소함량과 광합성 지표인 V_{cmax} 와 J_{max} 값 사이에 유의미한 상관관계가 발생하였다. 이러한 각 Stage에 따른 광합성 특성 분석 결과와 엽 면적의 변화를 활용하여 군락 광합성 효율을 계산할 수 있다. 본 연구의 결과는 앞으로 다양한 환경 조절 기술에 따른 토마토의 이산화탄소 수지를 선정하는데 유용한 자료로 활용될 수 있다.

본 연구는 농림축산식품부,과학기술정보통신부,농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원, (재)스마트팜 연구개발사업단의 스마트팜 다부처패키지 혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 421004-04).

*Corresponding author, E-mail: jw.lee@jbnu.ac.kr

Penman-Monteith 방정식을 이용한 새만금 간척지 원예 작물 관개 요구량 예측

Prediction of Irrigation Requirements for the Saemangeum Reclaimed Land Horticultural Crop Using the Penman-monteith Equation

이종현, 이준우*

전북대학교 스마트팜학과

Jonghyeon Lee, Joon Woo Lee*

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

간척지는 주로 식량 작물 재배에 활용되고 있지만 최근 간척지의 활용도 다양화 및 농업 소득 증대 등의 목적에 따라 간척지에서의 원예작물 재배와 이에 관한 연구가 대두되고 있다. 이러한 새만금 원예 작물 재배 시 안정적인 농업 용수 확보 시설 구축 및 염해 방지 등의 목적에 따라 간척지 원예 작물 재배 시 물관리 기술 개발이 필요하다. 하지만 현재 새만금 간척지 원예작물 재배 물관리 기술의 기준은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 새만금에서 주요 원예 작물 재배 시 작물의 증발산량을 산정하여 요구수량을 예측해 새만금에서 원예재배 시 물관리 기술의 기준을 제시하기 위해 시행되었다. 증발산 분석은 마늘, 양파, 양배추에 대해서 수행되었으며, 각 작물별 작물계수(Kc)는 선행연구 및 FAO에서 제시한 작물 계수값을 활용하였다. 새만금 간척지에서 원예작물 재배 시 증발산량을 산정하기 위해 기상 정보는 새만금 간척지에서 가장 근접한 기상대에서 30년간(1993~2022년) 수집된 기상 데이터를 활용하였다. 유효 강우량을 산정하기 위해 강우량 대비 근권부 수분 보유 비율은 70%로 가정하였다. 수집된 기상데이터와 작물 계수를 Penman-Monteith 방정식에 대입하여 각 작물별 재배 기간 중의 증발산량을 추정할 수 있었다. 기상 데이터를 사용해 새만금 노지에서의 기준작물증발산량을 산정할 수 있었으며 7월에 가장 높고 1월에 가장 낮은 경향성을 보였다. 또한, 새만금 노지에서 마늘, 양파, 양배추 재배 시 작기 중 작물의 증발산량이 각각 330mm, 490mm, 350mm인 것으로 예측되었다. 대상 원예작물 새만금 간척지 재배 시 각 작물별 재배 기간 중 증발산량 및 평균 강수량, 토양 수분 보유력을 통해 수분이 부족한 시기를 산정하였고, 각 시기별 필요 관개용수량을 도출할 수 있었다. 이러한 예측은 새만금에서 원예작물 재배 시 적절한 관개용수량을 산정하고, 농업용수 수원 확보 등 기반 시설 확충에 대한 기준을 정하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:RS-2023-00231192)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: jw.lee@jbnu.ac.kr

밀 재배 환경의 효율적 관리를 위한 디지털 모니터링 체계 구축

Establishment of Digital Monitoring System for Efficient Management of Wheat Cultivation Environment

정재영, 전해진, 김태곤*

전북대학교 스마트팜학과

Jaeyoung Jung, Hyejin Jeon, Taegon Kim*

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

국내 밀 재배는 10월에 파종하여 겨울나기 후 봄철부터 출수하여 초여름 성숙기까지 단계별로 성장하는데, 각 생육단계별 수분, 양분 관리가 중요하다. 특히 봄철 물관리가 밀 생산량 및 품질에 중요한 것으로 알려져 있다. 봄철 습해 또는 한발로 인해 국내 밀의 생산성이 저하되고, 품질이 고르지 못하다고 다수의 연구에서 지적하고 있다. 기상 상태, 밀의 생육, 토양의 특성을 고려하여 토양수분을 효율적으로 관리할 필요가 있으나, 재배 필지의 수분상태를 파악하기조차 어려운 상황이다. 본 연구에서는 밀 생육 환경에서의 토양수분 변화를 효율적으로 확인하고, 의사결정자 혹은 연구자가 대응할 수 있도록 토양수분 디지털 모니터링 체계 구축하고자 한다. 웹기반의 대시보드를 구축하여 국산밀의 안정적 생산과 봄철 가뭄에 대한 체계적 대응을 위한 물관리 의사결정을 지원하고자 한다. 기상청 API를 활용해 일별 온도, 강수량, 풍속 등의 기상 자료를 확보하였으며, 실험포장에 설치된 토양수분 센서로 수집되는 수분, 지온, EC 데이터를 확보하여 대시보드에서 실시간으로 확인할 수 있도록 데이터 파이프라인을 구축하여 자동화하였다. 실시간으로 업데이트되는 대시보드 활용을 통해 재배 중 문제가 발생했을 시 즉각적으로 원인을 파악, 처방, 해결하고 문제를 조기 파악함으로써 적절한 조치를 취할 수 있을 것으로 기대한다. 궁극적으로 국내 밀의 안정적인 생산을 위한 효과적 생육관리체계 및 작부체계를 수립하고 밀 생산량 증대에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(사업번호: PJ017048 및 사업번호: PJ015965) 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

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

작물 모형별 국내 밀 생산량 예측 및 분석

Prediction and Analysis of Wheat Yield by Crop Models in Korea

석승원, 정재영, 전해진, 김태곤*

전북대학교 스마트팜학과

Seungwon Seok, Jaeyoung Jung, Hyejin Jeon, Taegon Kim*

Department of Smart Farm, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

최근 농지 면적 감소, 기후 변화로 인하여 국내 식량자급률은 매년 하락하는 추세이다. 밀의 경우 국내 자급률이 0.8%에 그쳤고, 국제 곡물가격은 22년 기준 작년 대비 84% 상승하여 식량안보의 위협이 되고 있다. 우리나라는 2020년 밀 산업 육성법을 시행하고, 2030년까지 밀 자급률 10% 목표로 밀 생산량 증진에 노력하고 있다. 생산성 및 생산량을 높이기 위해서는 다양한 환경 및 관리 조건에 따른 작물의 생육 과정을 시뮬레이션하여 생산적지 선정, 최적 관리방안 수립 등의 연구가 필요하다. 외국의 경우 주요작물에 대한 연구가 활발하고, 국내에서도 논 벼에 대해서는 작물모형 연구가 활발하게 이루어지고 있지만, 밀 생산에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 밀에 주로 활용되는 다수의 작물 모형에 국내 기상환경을 적용하여 생산량을 예측하고, 국내 통계 자료와 비교하고자 한다. 또한 기상 요소에 따른 모형 결과를 분석하여 모형의 민감도를 살펴보고자 한다. 전세계적으로 밀에 주로 활용되는 4가지 작물 모형 (APISM, DSSAT, AquaCrop, DNDC)을 선정하여, 국내 환경에 맞추어 시뮬레이션을 수행하였다. 국내 7개 시도 (강원도, 경상남도, 경상북도, 전라남도, 전라북도, 충청남도, 충청북도)의 14년간 (2007년 부터 2020년)의 밀 생산량을 예측하였다. 입력자료는 기상청으로 부터 구득한 대상 지역의 기상 자료로 일사량, 최대온도, 최저온도, 강수량, 증발산량을 활용하였으며, 모형의 예측결과는 10a당 kg단위의 밀 생산량으로 통계청 농작물생산조사에서 자료를 확보하였다. 산정한 모형 결과와 통계청에서 발표한 시도별 밀 생산량을 비교한 결과, 모형의 결과가 다소 높게 예측하는 경향을 보였다. 연도별 총 강수량과 적산 온도를 모형 결과와 비교하여 경향성을 확인한 결과, 모형 결과와 연도별 총 강수량 사이의 경향성이 높게 나타났다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(사업번호: PJ017048)의 지원에 의해 이루어진 것임.

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

CO₂ 공급이 상추의 생육에 미치는 영향

Effect of CO₂ Application on Growth of Lettuce

김현도, 최연주, 배은영, 강점순*

부산대학교 원예생명과학과

Hyeon-Do Kim, Yeon-Ju Choi, Eun-Young Bae, Jum-Soon Kang*

Department of Horticultur Bioscience, College of Natural Resources & Life Science, Pusan National University,
Miryang 50463, Korea

본 연구는 상추에 CO₂를 공급하여 생육에 미치는 영향을 조사하여 안정적인 생산기술을 확립하기 위하여 수행되었다. CO₂를 공급은 상추를 정식 후 수확까지 전 생육기간 동안 CO₂를 1,500 ppm을 사용한 처리하여 대조구(360 ppm)와의 생육을 비교하였다. 상추재배에 CO₂를 사용하면 대조구에 비해 엽수, 엽면적, 초장, 생체중 및 건물중 등 전반적인 생육이 우수하였다. 상대생장률은 처리간에 큰 차이가 없었으나 엽면적지수는 CO₂ 처리구에서 높았다. 식물체의 수용성 비타민인 Vitamin C, B1, B2, B5, B6 함량은 CO₂를 시용에 의해 차이는 없었으나 Vitamin B3는 CO₂를 처리구가 대조구보다 0.5 mg/kg 높았다. 식물체의 T-N을 비롯한 P, Ca, Mg, Mn, Zn 등의 무기함량은 CO₂ 시용구에서 높았다. 본 연구의 결과로 상추재배에 CO₂를 사용하면 생산량이 증가하였으며, 생육을 촉진하여 조기수확이 가능하였다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: 421037032HD030)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: kangjs@pusan.ac.kr

인공광원 처리가 상추의 생육에 미치는 영향

Effect of Artificial Light Source Treatment on Growth of Lettuce

김현도, 최연주, 배은영, 강점순*

부산대학교 원예생명과학과

Hyeon-Do Kim, Yeon-Ju Choi, Eun-Young Bae, Jum-Soon Kang*

Department of Horticultural Bioscience, College of Natural Resources & Life Science, Pusan National University,
Miryang 50463, Korea

본 연구는 상추재배에 여러 가지 인공광원을 조명하여 일조 부족시에 상추의 안정적인 생산기술을 확립하기 위해 수행되었다. 본 시험에서 사용한 인공광원은 400W 고압나트륨등(High-pressure sodium lamp; HPS), 메탈할라이트등(Metal halide lamp; MH), 적색 LED등(Red LED; R-L), 청색 LED등(Blue-LED; B-L), 적색 + 녹색 + 청색 혼합 LED등 (Red + Green + Blue LED; RGB-L), 적색 + 녹색 + 청색 + 근적색 LED(Red + Green + Blue + Far-Red LED; RGBFR-L)를 인공광원을 사용하였다. ‘토말린’과 ‘선풍골드’의 발아율은 MH 처리구에서 가장 높았으며, 발아속도 개념인 T50은 HPS 처리구에서 가장 빨랐다. 두 품종 모두 RGB-L에서 엽수와 근장, 줄기직경 등 생육이 좋았으며, 유묘활력도 우수하였다. 초장은 RGB-L 처리구에서 가장 작았지만 엽형은 둥글고 엽육이 두터워 생체중 및 건물중이 높았다. 또한 안토시아닌이 발현이 우수하여 엽색이 적색으로 나타내었다. 반면 MH 처리에서는 엽형지수가 높고 도장하며 생육이 불량하였다. R-L 및 B-L 단일 광원 처리는 혼합광원 처리에 비해 생육이 감소하였다. RGB-L 및 FGBFR-L 혼합광원 처리구에서 상추 유묘의 활력에 가장 우수하였다. 상추 재배에 광질에 따라 상추의 생육반응 달랐으며, 상추의 생육과 품질향상을 위해서는 단일광원을 처리하는 것보다는 적색광, 청색광, 녹색광 및 원적색광을 적절하게 혼합하여 사용하는 것이 효과적이었다. 본 연구의 결과는 이상기후로 일조가 부족한 시설 재배환경에서 상추의 안정적인 재배에 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: 421037032HD030)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding author, E-mail: kangjs@pusan.ac.kr

토마토 착과수 조절에 따른 생육정보와 PIES(Plant Induced Electrical Signal)를 활용한 토마토 생육 진단

Tomato Growth Diagnosis Using Growth Information and PIES due to Fruit Set Control

이규원, 구희웅, 송욱진, 김도현, 윤성준, 김현문, 박경섭*

국립목포대학교 원예학과

Gyu Won Lee, Hei Woong Goo, Wook Jin Song, Do Hyeon Kim, Soung Jun Youn,
Hyeon Moon Kim, Kyoung Sub Park*

Department of Horticultural Science, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

토마토 재배 시 다양한 환경에 인하여 작물이 정상적인 생육을 못하거나, 성장 불균형 등 문제가 발생할 수 있다. 토마토의 생육 진단은 장애의 원인 파악 및 적합한 조치를 취하는데 도움을 주어 이러한 피해를 방지할 수 있다. 본 연구는 토마토의 생육을 분석하여 영양생장과 생식생장의 우세한 정도를 판별하고, 작물의 내부 변화를 PIES으로 측정하여, 생육 진단에 활용하기 위해 수행되었다. 실험은 목포대학교 부속농장 내 플라스틱 하우스에서 데프니스 품종을 사용하였다. 개화된 꽃 수를 조절하여 착과수를 조절하였으며. 무처리구(대조구), 화방 50% 제거구, 화방 100% 제거구로 구분하여 비교 실험을 진행하였다. 생육 조사는 초장, 생장길이, 화방높이, 줄기 직경, 생체중, 건물중, 엽장, 엽폭, 엽면적 및 SPAD를 주 1회 조사하였다. 화방수 조절 처리 후 생육 기간 동안 Junsmeters II (Prumbio, Korea)를 사용하여 PIES를 측정하였다. 생육 지표는 생식생장, 영양생장 정도를 나타내었으며, PIES 수치는 작물 내부 활력을 나타내는데 활용되었다. 측정된 생육지표와 PIES값을 정규화하였다. 생육 조사 결과, 화방 100% 제거 처리구에서 작물 생육이 가장 좋게 나타났으며, 화방 50% 제거 처리구와 무처리구에서는 유의미한 차이를 보이지 않았고, PIES 수치 또한 화방 100% 제거 처리구에서 가장 좋게 나왔으며, 50% 제거 처리구, 대조구는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 생육지표와 PIES의 정규화된 값을 이용하여 토마토의 생육 상태를 분석하고, 수치화된 값을 이용하여 생육 진단에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0150502023)의 지원에 의해 이루어진 것임

*Corresponding author, E-mail:unicos75@mnu.ac.kr

LSTM을 이용한 최적 센서 위치에 따른 자연환기식 온실 내부 미래 온도 시계열 예측

Forecasting Temperature Inside Naturally Ventilated Greenhouse with Optimal Sensor Location Using LSTM

김다인, 조정화, 최영배, 정효혁, 강솔모, 이인복*

서울대학교 생태조경·지역시스템공학과

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

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

시설 농업은 내부 환경을 인위적으로 조절하며 작물 재배에 적합한 생육 환경을 유지할 수 있어 연간 생산성을 높일 수 있다. 시설 내부의 온도, 습도, CO₂ 등 환경 요인은 농작물의 생육뿐만 아니라 품질에도 큰 영향을 주기 때문에 생육 환경을 적절히 유지하는 것이 매우 중요하다. 하지만, 온실의 내부 환경은 환경 제어를 위한 여러 설비들이 존재하고, 비선형적이며 시간 변동 및 불확실성을 가지기 때문에 내부 환경을 꾸준히 모니터링하여야 한다. 현장에 설치할 수 있는 센서의 설치 및 유지 보수 비용 측면에서 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 대표적인 기계학습 모델 중 하나인 LSTM 모형을 이용하여 최적 센서 위치에서 측정된 환경 데이터와 외부 환경 데이터를 이용하여 온실 내부의 미래 공기 온도를 예측하였다. LSTM 모형 개발을 위해 현장 실측 대상 온실의 내부 온도, 습도, CO₂ 등의 다양한 환경 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 바탕으로 최적 센서 위치에 따른 예측 정확도를 평가하기 위해 연산시간과 정확도를 고려하여 적정 sequence length를 30분으로 선정하였다. 본 연구에서 개발된 LSTM 모형은 모든 측정 지점에서 R² 0.95 이상, RMSE 0.65이하로 높은 정확도를 보였다. 이후, 해당 LSTM 모형과 선행 연구에서 수행된 센서 개수를 최소화할 수 있는 센서 개수에 따른 최적 센서 위치 LSTM 모형을 결합한 PFTO-ML (Prediction Future Temperature using Optimal sensor Machine Learning model)을 적용하였다. 센서의 개수가 하나일 때 PFTO-ML 구동 결과, 대부분의 측정 지점에서 예측 정확도가 감소했지만 최적 센서 개수가 증가하면 정확도가 향상되는 경향을 보였다. 따라서 센서의 개수와 정확도를 모두 고려하였을 때, 최소 3개의 센서를 이용할 경우 미래 공기 온도 예측에서 유리한 것으로 나타났다.

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

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

다공성매체 모델과 3차원 작물 모델을 이용한 온실 CFD 시뮬레이션 비교 연구

Comparison of Greenhouse CFD Simulation Using Porous Media Model and 3D Crop Model

강솔모, 최영배, 조정화, 정효혁, 김다인, 이인복*

서울대학교 생태조경·지역시스템공학과

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

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

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)은 컴퓨터를 이용하여 유체 흐름, 열 및 질량 전달을 분석하는 수치적인 방법으로 다양한 산업 분야에서 널리 사용되고 있다. 농업 분야에서는 온실에서 다양한 조건의 현장 실험을 진행하기 어렵기 때문에 내부 환경 분석에 중요하게 사용된다. 온실 환경은 작물, 태양 복사, 토양, 환기 등 다양한 요인의 상호작용에 의해 결정된다. 이 중 작물에서는 현열과 잠열이 발생하며, 증산 작용과 광합성이 이루어지고, 작물의 형태에 따라 공기 흐름이 달라지기 때문에 작물 모델 설계는 특히 중요하다. 많은 연구에서 간편함과 빠른 연산 시간의 장점 때문에 작물 모델을 다공성매체를 활용하여 설계했다. 다공성매체 모델은 표면 또는 내부에 작은 구멍이 많은 상태를 구현하는 모델로, 형상이 복잡한 모델을 단순화하여 설계할 수 있다. 하지만, 다공성매체 모델은 작물의 성장, 증발산 등에 영향을 미치는 중요한 작물 표면 온도를 구현하는데 제한이 있으며, 작물 근처의 공기 흐름과 광합성 등에 대해 분석하기 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 다공성매체 모델과 3D 작물 모델 간 차이를 비교하기 위해 토마토를 대상으로 3D 모델을 설계하였다. 풍동 실험을 통해 CFD 모델을 검증하였으며, 최종적으로 검증된 CFD 모델을 이용하여 다공성매체 모델과 3차원 토마토 형상 모델의 압력 분포 및 공기 유동을 비교하였다.

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

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

Greenhouse Complex Design and Air Flow Pattern Evaluation Using CFD

Anthony Kintu. K, Il-Hwan Seo*

Department of Rural Construction Engineering, College of Agriculture & Life Sciences, Jeonbuk National University,
Jeonju 54896, Korea

This study was aimed at designing greenhouse complex using CFD modeling to evaluate natural ventilation efficiencies, air flow pattern and crop damage area index in a full scale 32ha greenhouse complex based on internal air velocity and external wind frequency. Greenhouse cultivation is an effective way to address climate change and food insecurity challenges. Following the Korean forth industrial revolution policy in 2018, a plan to develop high-tech large scale agricultural complexes on Korean reclaimed lands was initialized. This plan is aimed at eradicating small scale production, energy inefficiency and scale limitations which are the major hurdles affecting the current greenhouse cultivation system. To design these large structures, it is necessary to carry out pre-studies on aerodynamic related design factors prior to commercialization. However, construction of large structures for pilot study is not economically feasible, hence difficult to carryout field experiments. CFD modeling and simulation are alternatives for carrying out these pre-studies. Large scale CFD models are not only limited by computational capability resulting from large volume of computational grid cells, but also by model validation impossibility because of challenges related to field data acquisition. Model design optimization and accuracy verification were implemented in 2D iterative simulations of a 2ha model greenhouse using the improved grid independence test (GIT) and wall Y+ approaches. Aerodynamic characteristics were analyzed in 3D-32ha greenhouse complex consisting of sixteen independent 2ha-greenhouses when the wind direction was 0, 45 and 90 degrees. As a result, it was established that a grid resolution of 0.8m and first inflation layer height of 0.04m were optimal for making large scale greenhouse models with RMSE as low as 3.9% and R- square of 0.968 resulting to a 38% reduction in grid cells. For greenhouse complex, average ventilation efficiencies within the complex ranged between 0.15~0.3AER(min^{-1}), 1.32~1.52AER(min^{-1}) and 0.25~0.5AER (min^{-1}) when wind direction was 0, 45 and 90 degrees respectively. Crop damage index was highest when the wind direction was 45 degrees and lowest when wind direction was 0 degrees due to concentration of the incoming air flow. Local ventilation distribution charts for the 3 main wind directions were developed, and the overall average crop damage index charts were proposed for 8 wind directions. These results will be used as a basis for establishing design standards for greenhouse complexes where experimentation and model validation are limited by structural scale.

This research was supported by the Rural Development Administration (Project No. PJ017075022023).

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