

웹 카메라를 이용한 시설 내 국화생산 광 환경 원격 모니터링

정선옥¹ · 김용주¹ · 이규호¹ · 성남석¹ · 이철휘² · 노현권^{3*}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과, ²충청남도 농업기술원, ³충북대학교 바이오시스템공학과

Remote monitoring of light environment using web-camera for protected chrysanthemum production

Sun-Ok Chung¹, Yong-Joo Kim¹, Kyu-Ho Lee¹, Nam-Seok Sung¹, Cheol-Hwi Lee², Hyun-Kwon Noh^{3*}

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

²Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, 32418, Korea

³Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Chungju, 28644, Korea

Received on 30 November 2015, revised on 10 December 2015, accepted on 14 December 2015

Abstract : Increase of national family income improved demand of high-quality and year-round horticultural products including chrysanthemum. To meet these demand, farmers have introduced protected facilities, such as greenhouses, of which environmental conditions could be monitored and controlled. Environment management up to three weeks after transplanting is critical for chrysanthemum quality. Artificial lighting and light-blocking screen are especially important for long-day (day period > 13 hours) and short-day (night period > 13 hours) treatments. In this study, a web-camera was installed, and the image was obtained and transmitted to mobile phones to monitor the status of 3-wavelength(RGB) lighting environments. RGB pixel values were used to determine malfunctioning of the lighting lamps, and leaking out and incoming illumination status during short-day and long-day treatment periods. Normal lighting lamps provided RGB pixel values of 240~255. During long-day treatment period, G pixel values were useful to detect abnormal lighting conditions (e.g., leaking). During short-day treatment period, R pixel values were useful to determine incoming light (e.g., sun-light). Results of this study would provide useful information for remote monitoring of light conditions for protected chrysanthemum production under artificial lights.

Key words : Chrysanthemum, Light, Remote monitoring, Pixel value

I. 서론

시설재배에서 노동생산성 향상과 보다 나은 작물생장을 위한 환경조성을 위해서는 온실환경관리의 자동화가 필수적 요건이 된다. 온실자동화는 환경조건에 대한 목표 설정값에 따른 구동부의 ON-OFF 제어 수준에서부터 시설 내·외부의 제반 환경 요소를 복합적으로 판단하여 제어하는 단계까지 발전하고 있으나, 최근에는 보다 진전된 방식으로 환경에 대한 반응 대상물인 작물체의 생체정보(또는 생체반응)까지 고려한 환경제어 방식이 시도되고 있다(Bae와 Sohn, 2013; Kang 등, 2007; Kim 등, 2011; Ko와 Park, 2011; Kwon,

1995; Lee 등, 2010; Lee, 2013; Wang, 2005). 일반적으로 식물의 성장과 발육에 영향을 미치는 지상부 요소는 상 대습도, 온도, 광도, 광질 등이며, 그 중 광질은 식물의 줄기신장, 잎의 발생, 착색, 광합성 활동에 영향을 미친다 (Gim 등, 2010; Kim 등, 2004; Kim 등, 2006; Seo 등, 2008; Yu 등, 2012). 특정 광원과 광질이 생육 및 개화에 미치는 영향은 작물 종류와 품종에 따라서 차이가 있으므로 작물에 따른 효과적인 광원과 광질에 대해 구명할 필요성이 있다. 또한, 국화는 화아분화를 억제하기 위해서 밤시간에 광중단 처리를 하는데, 이러한 처리가 국화의 생육에 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다(Kwon 등, 2014).

국화의 연중 생산을 위한 일반적인 조건을 살펴보면, 국화는 단일 식물로서 꽃눈 생성과 발달이 일장에 의해 조절

*Corresponding author: Tel: +82-43-261-2581

E-mail address: nhkisg@chungbuk.ac.kr

되며, 꽃눈 만들기는 밤의 길이가 최소 13시간 필요하다. 장일 처리는 밤의 길이가 11시간 이상이면 전조가 필요하고 단일 처리는 낮의 길이가 11시간 이상이면 암막스크린 처리가 필요하다(Won 등, 2009). 영양생장(장일) 기간은 낮 동안의 광량, 성장세(장간중, 단간중)에 따라 영양 생장 기간이 결정되고, 생식생장(단일) 기간은 품종에 따른 개화 반응 일수(감응기)에 따라 결정된다(Lee와 Cho, 2011). 농가에서는 재배 경험이 있는 품종과 비슷한 품종 또는 개화기간이 짧고 생육이 강한 품종을 선택하면 생산성을 향상시킬 수 있다. 이와 같이 국화는 단일식물로서 꽃눈 만들기 와 꽃눈의 발달은 일장에 의해 조절되는데, 국화의 개화시기에 장일처리와 단일처리는 매우 중요하기 때문에 장일 처리를 위한 조명환경의 구축이 필요하다(Kim 등, 2009). 자동화 시스템이 잘 구축되어 있다고 해도 조명의 이상 유무는 사람의 눈으로 일일이 확인을 해주어야 한다. 다른 방법으로는 센서를 통하여 그 값을 측정하여 이상의 유무를 확인해야 하지만 광도계의 경우 측정 범위가 너무 광범위 하여 조명의 조그마한 변화에도 그 값의 변화의 폭이 너무 크다(Kim과 Park, 2010; Tobacco 등, 1994).

“휘모리(<http://www.whimori.com>)” 국화 품질관리 매뉴얼에서, 국화는 장일 처리 중에 광량이 80~100 Lux의 조명을 비춰줘야 하는데 광도계로 측정을 하였을 경우 조명이 소등되어 있을 때와 유사한 값이 나오는 경우가 있어 광도계를 사용하여 조절하는 것은 적합하지가 않다. 조도계의 경우 빛의 작은 변화에도 반응하여 조명의 이상 유무를 판별하기에 적합하지만, 전체 조명을 모두 측정하기에는 많은 수의 센서가 필요하기 때문에 효율적이지 못하다(Kim과 Park, 2010). 본 연구는, 일상에서 편리하게 많이 사용되고 있는 웹 카메라를 이용하여 국화의 장일 처리와 단일 처리에 있어서 조명환경의 이상 유무를 판정하기 위하여, 촬영한 영상을 상용 프로그램을 통해 온실 내부의 평균 RGB 값을 측정하여 조명 환경에 변화가 있을 때의 RGB 값과 비교 분석하고, 그 측정값을 통해 조명 환경변화를 정확하고 손쉽게 파악 할 수 있는 조명 모니터링 시스템을 구축하는 것을 목적으로 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 온실 및 장치 구성

실험은 예산에 위치한 충청남도 농업기술원 화훼연구

소에서 실시하였다. 온실 내부의 장일 처리를 위한 조명으로는 RGB 3파장을 이용한 백열등을 설치하였고 간격은 2.5 m로 설치되었다(Fig. 1, Fig. 2). 조명상태의 영상 촬영은 웹 카메라 (mCam100 PLUS Set, mcam, Korea)를 이용하였고 휴대폰 감시를 위해 KTF의 Mylive 서비스를 가입하여 휴대폰을 통한 모니터링이 가능하게 하였다.

2. 광 환경 측정 및 분석 방법

웹 카메라는 조명감시가 용이하도록 온실의 하단에 설치하였고, 핸드폰을 통해 방향조작이 가능하고, 또한 컴퓨터를 통하여 서버를 구축하여 원격지에서 모니터링과 컨트롤을 할 수 있고 핸드폰을 통하여 감시하고 조정 할 수 있는 시스템이다(Fig. 3, Fig. 4). 국화온실에 웹 카메라를 설치 휴대폰을 통한 모니터링을 위해 mylive 서비스에 가입, 웹 카메라



Fig. 1. View of the experimental greenhouse.



Fig. 2. Close view of the experimental 3-wavelength incandescent lamp.

라를 통해 장일처리 중 조명의 RGB 값과 단일처리 중 RGB 값을 측정, 인위적으로 조명환경을 변화시키고, 각상태에서의 영상을 처리하여 RGB 값을 계산하고 조명의 이상 유무와 단일

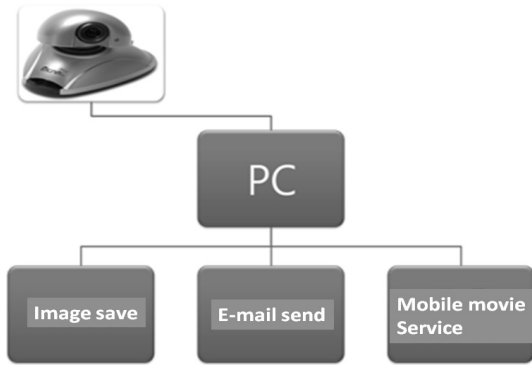


Fig. 3. Diagram showing image acquisition and transmission using the commercial USB web camera.



Fig. 4. Monitoring view using mobile phones.

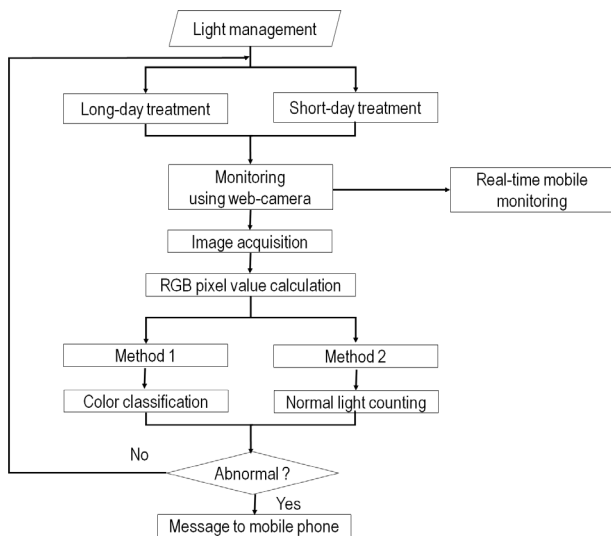


Fig. 5. Flow chart showing light management process for the chrysanthemum.

처리 시 빛이 들어오고 있는지를 판단할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시하는 광 관리의 개략도를 살펴보면, 장일처리와 단일처리 모두 우선 웹 카메라로 이미지를 획득하고, RGB 픽셀값을 계산한다. 조명의 이상유무 판별은 첫째, 정상인 조명의 색분류와 픽셀값을 사용하고거나, 둘째, 정상적인 조명의 수를 센다. 이상이 있는 경우 휴대폰으로 메시지를 전송하게 된다(Fig. 5).

2.1 국화의 장일처리

국화 일장조절에서 장일처리는 초기 생육에 굉장히 중요한 요인으로 작용하게 되며, 이를 정확히 이해해서 초기에 빠르고 튼튼한 생육을 유지하는 것이 매우 중요하다. 장일처리는 주로 정식 후 18일째부터 23일째까지 실시하며, 흐린날이나 해가 일찍 지는 날 등 4~5시간 정도 실시한다. 광량은 주로 80~100 Lux 정도 처리한다.

2.2 국화의 단일처리

꽃눈의 형성과 발달은 일장 및 광, 온도에 의해서도 좌우



Fig. 6. Long-day treatment under light-blocking screen.



Fig. 7. Short-day treatment under light-blocking screen.

되며 13시간의 차광은 꽃눈형성에 방해받지 않고 진행이 요구되는 시간이다. 단일처리부터 수확까지의 기간은 6~9주 정도가 소요되며 이기간은 광, 온도 등의 환경제공 및 유전적인 영향에 따라 결정된다. 암막차광전용 스크린 재질을 사용하여 단일처리를 하며, 이 시기에 외부에서 빛이 들어오면 국화의 경우 품질에 치명적인 영향을 미치게 된다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험 결과

1.1 장일처리 중 RGB 값 측정

Fig. 8은 장일처리 중 전구의 값이 정상일 때와 비정상일

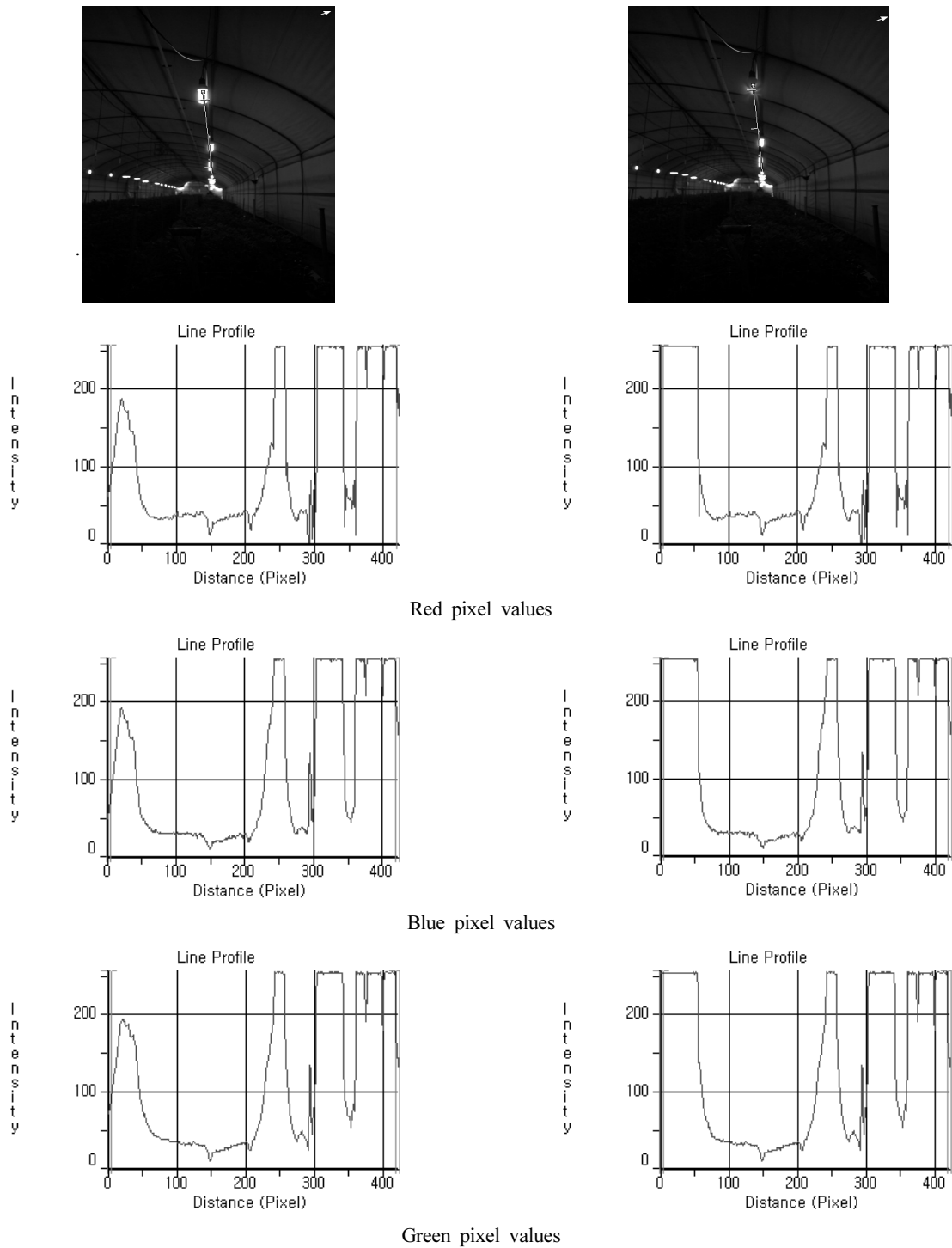


Fig. 8. Comparison of RGB for the lamp: normal (left), abnormal (right).

때의 값을 비교한 것이다. 오른쪽 사진에서 가운데 첫 번째 조명이 비정상이다. 이 전구를 지나는 위치선을 따라 상하 방향으로 위치에 따라 RGB 픽셀 값을 측정한다. Red, Blue, Green 값으로 추출하여 각각의 값마다 픽셀의 분포를 살펴보면, 정상적인 경우 RGB 픽셀 값이 240~255사이의 값을 나타내며, 비정상일 경우 상대적으로 작은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 이러한 비정상적인 경우의 RGB 값으로 조명의 이상유무를 판정할 수 있을 것이다.

조명의 이상유무의 판별방법은 두 가지로 생각할 수 있다. 첫째, 위에서와 같이 정상적인 경우의 픽셀값이 250에 가까운 값을 나타내는 점에 착안하여, 예를 들어 Green 채널의 픽셀을 추출하고 조명이 있는 위치에서 픽셀값이 상대적으로 작다면 조명이 비정상이라고 판단할 수 있다.

두 번째 방법으로는 첫 번째 방법과 마찬가지로 Green값의 픽셀을 추출하여 조명의 정상적인 픽셀 값인 240~255 값을 가진 구역의 수를 카운팅하고, 그 개수를 조명의 개수와 비교하여 이상 유무를 판단할 수 있을 것이다. Fig. 9의 좌측 사진은 240~250의 값을 가진 픽셀 값을 카운팅한 것으로서 19개가 검출되었고, 한 개의 조명이 이상이 있는 우측 사진은 18개의 조명이 카운팅되었다. 카운팅 된 수의

차이로 조명의 이상 유무를 확인 할 수 있음을 알 수 있다.

1.2 단일처리 중 빛 유입 유무 측정

단일처리 중 외부로부터 빛이 유입되는 지 여부의 측정은 장일 처리시 조명의 이상유무 판별과는 달리 어느 곳에서 빛이 들어오고 있는지를 알고 그 부분을 보수하는 것이 목적이기 때문에 한 가지 방법만으로도 빛이 어디에서 새고 있는지 알 수 있다. 예를 들어, 어두운 상태에서는 픽셀 값이 낮게 나타나고, 밝은 상태에서는 픽셀값이 높게 나타나기 때문에, 적절한 문턱값을 이용하여 이진화할 수 있다. Fig. 10에서 100보다 큰 부분을 빨간색으로 나타내도록 이진화하여 외부에서 들어오는 빛의 유무를 보다 쉽게 관찰할 수 있었다.

IV. 결론

국화는 개화시기에 있어 장일처리와 단일처리는 매우 중요하다기 때문에 양질의 국화를 생산하기 위해서는 장일처리시 조명제어와 단일처리시 완벽한 빛의 차단이 필요하다. 부적절한 조명 상태를 모니터링하고 판정하기 위하여 본



Normal



Abnormal

Fig. 9. Method of lamp status determination.

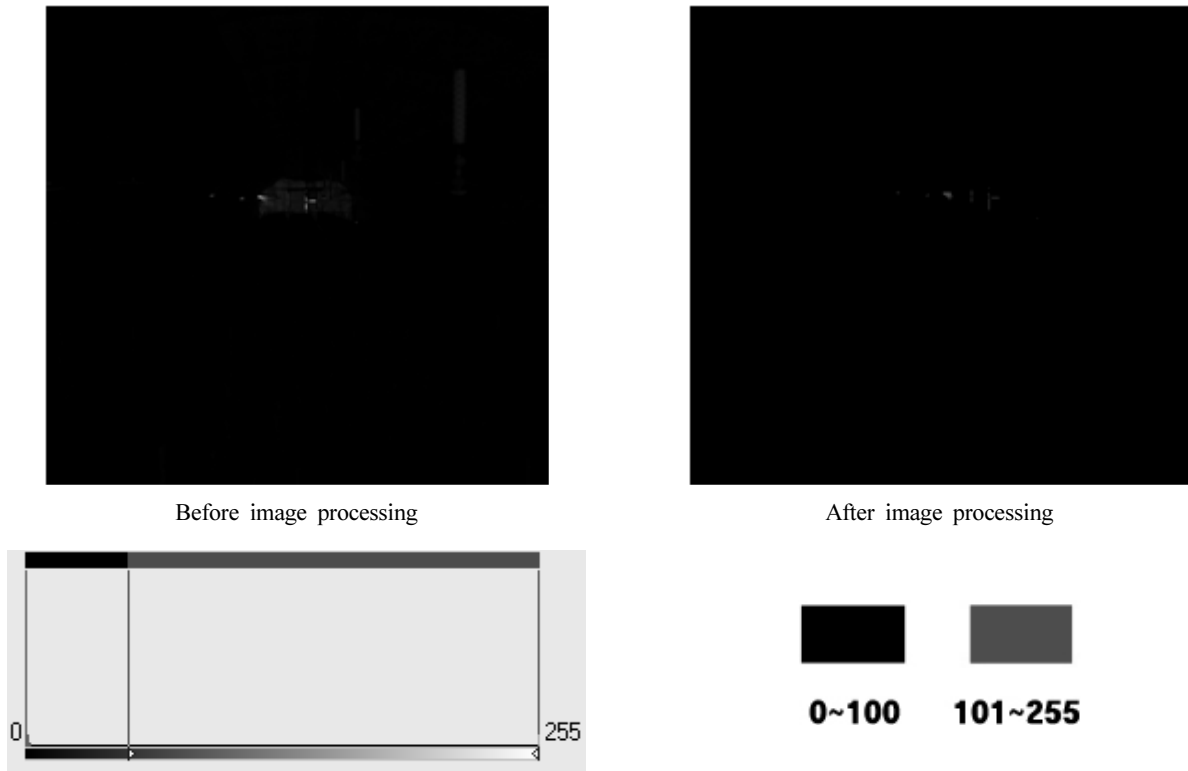


Fig. 10. Incoming light determination under short-day treatment.

연구에서는 웹 카메라를 통한 온실 조명을 모니터링하고 실시간으로 휴대폰을 이용한 감시가 가능한 시스템을 제시하였다. 또 웹 카메라로 촬영한 영상을 분석하여 두 가지 방법을 통해 사람의 눈으로 확인 할 수 없는 조명의 이상 유무를 측정할 수 있었다. 첫번째 방법으로는 색의 비교를 통해 어느 위치의 조명이 이상이 있는지를 육안으로 쉽게 확인할 수 있었고, 두번째 방법은 부적절한 픽셀값을 나타내는 조명의 개수를 카운팅하여 이상이 있는지 없는지를 쉽게 구분할 수 있었다. 이 두 가지 방법을 이용 하여, 조명이 이상이 있고 어느 곳에 이상이 있는지 보다 쉽게 파악할 수 있었다. 단일처리 시 외부로부터 빛이 유입되는지 여부를 확인하는 방법을 제안하였는데, 장일처리 시 조명의 이상 유무를 판별하는 첫 번째 방법과 유사하게 실험을 하였다.

본 연구에서는 조도센서 등 고가의 센서를 이용하지 않고, 웹 카메라 한 대를 이용하여 비용을 절감하고 휴대폰을 통해 수시로 확인을 할 수 있고 또한 비교적 간단한 영상처리 기법으로 조명의 이상유무와 그 위치를 판정하는 방법을 제안하였다. 이와 같은 결과를 실제 현장에 적용한다면, 국화생산 시 조명의 이상유무를 원격에서도 실시간으로 손

쉽게 감시할 수 있을 것으로 사료된다. 하지만, 보다 다양한 조명에 대하여 객관적인 방법으로 자동 영상처리가 가능한 시스템 개발을 위해서는 추가 연구가 필요하다.

사 사

이 연구는 2014년 충남대학교 학술연구비에 의해 지원 되었음.

참 고 문 헌

- Bae JS, Sohn YH. 2013. Energy efficient greenhouse monitoring system based on wireless sensor network. *Sensor Letters* 2014(12):1128-1133.
- Gim BG, Lee WJ, Heo SY. 2010. Construction of a testbed for ubiquitous plant factory monitoring system using artificial lighting. *Korean Institute of Information Technology Magazine* 272-275.
- Kang MS, Seo JS, Park KR, Kim YG, Shin CS, Sim CB. 2007. A greenhouse monitoring system for optimal growth environment. *Korean Society for Internet Information* 8(1):285-290.
- Kim ES, Park KN. 2010. Implementation of the discriminating system for surround illuminants using output voltage ratio

- of photo sensor. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research* 15(5):29-35.
- Kim HS, Kwon MK, Han YY. 2004. Effects of shading on growth and cut flower quality of spray chrysanthemum 'Relance'. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 22(3):346-350.
- Kim KO, Park KW, Kim JC, Jang MS, Kim EK. 2011. Establishment of web-based remote monitoring system for greenhouse environment. *The Journal of Korea Institute of Communication and Information Sciences* 6(1):77-83.
- Kim SJ, Hahn EJ, Peak KY. 2006. Production of chrysanthemum transplants as affected by hydroponic systems, electrical conductivity in nutrient solution, and photosynthetic photon flux. *Horticulture Environment and Biotechnology* 47(6):349-352.
- Kim YH, Huh EJ, Choi SY, Lee YR, Lee JS. 2009. Effect of high temperature and day length on flower abnormality and delayed flowering of spray chrysanthemum. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 27(4):530-534.
- Ko DS, Park HS. 2011. The study for design of growth environment monitoring system of vertical farm. *Korean Institute of Information Technology Magazine* 372-375.
- Kwon YS. 1995. Greenhouse environmental management by phyto-monitoring. *The Korean Society For Bio-Environment Control* 8(1):127-130.
- Kwon YS, You BS, Jung JA, Park SK, HK Shin, Kil MJ. 2014. Growth and flowering of standard chrysanthemums according to the light source and light quality in night break treatment. *The Korean Society For Bio-Environment Control* 23(4):263-268.
- Lee CH, Cho MW. 2011. Control of unseasonable flowering in chrysanthemum 'Baekma' by 2-chloroethylphosphonic acid and night temperature. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 29(6):539-548.
- Lee EJ, Lee KI, Kim HS, Kang BS. 2010. Development of agriculture environment monitoring system using integrated sensor module. *The Journal of the Korea Contents Association* 10(2):63-71.
- Lee YD. 2013. Implementation of greenhouse environment monitoring system based on wireless sensor networks. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* 17(11):2686-2692.
- Seo JS, Kang MS, Kim YG, Sim CB, Joo SC, Shin CS. 2008. Implementation of ubiquitous greenhouse management system using sensor network. *Journal of Korean Society for Internet Information* 9(3):129-139.
- Tabacco MB, Zhou Q, Digiuseppe TG. 1994. Optical sensors for monitoring and control of plant growth systems. *Advances in Space Research* 14(11):223-226.
- Wang LF. 2015. Greenhouse environment monitoring system design and implementation. *Advanced Materials Research* 1079-1080(1):451-455.
- Won MK, Choi WC, Kim HH, Park HS, An JB, In MS. 2009. Effect of night opening of the curtain on flowering of chrysanthemum in short day treatment of summer cultivation. *Korean Society For Horticultural Science* 27(2):133-133.
- Yu TH, Ryu JB, Kwon SY, Lim JH. 2012. Design and implementation of LED control system based on context-awareness for plant cultivation. *Korean Institute of Information Scientists and Engineers* 39(1):459-461.