

## 딸기 전조재배 온실의 인공광 설치실태 및 조도분포 조사분석

# Current Status of Lighting System and Illumination Distribution in the Greenhouse for Light Culture of Strawberries

김 태 한\*\*

정희원

T. H. Kim

장 익 주\*\*

정희원

I. J. Jang

이 경 진\*

정희원

K. J. Lee

### ABSTRACT

Motivated by the need for developing the more efficient lighting system for light culture of strawberries in the greenhouse, this paper aims at acquiring and suggesting more concrete and scientific foundation of illuminating position, numbers of light source by investigating the types of lighting system and illumination distribution in the greenhouse for light culture of strawberries.

The results of investigation and experiment are summarized as following below :

1. The types of lighting system used in the greenhouse producing strawberries were classified as 1 line and 2 lines lighting system.
2. As for the arranging types of artificial light, 2 lines lighting system, were classified as Z-type, N-type and W-type. (Refer Fig. 3)
3. The results of illumination distribution for Z-type, N-type and W-type of 2 lines illuminating system in the greenhouse with a small size tunnel measured at the height of 1.5m from the ground with 220V, 100W lamp in 6m light gap showed that maximum illuminance are 96lx, 121lx, 125lx, minimum illuminance are 4.4lx, 4.7lx, 4.7lx, average illuminance are 33.7lx, 43.1lx, 44.5lx and standard deviations are 28.3lx, 35.4lx, 38.3lx at each types.
4. Proportion of the area below optimal illuminance to floor area at the two lines illuminating system of Z-, N-, and W-type in greenhouse were appeared as 39.4%, 26.0% and 26.3%, respectively. Also proportion of the area over optimal illuminance to floor area at the two lines illuminating system of Z-, N-, and W-type in greenhouse were appeared as 16.8%, 14% and 14.7%, respectively. Thus N-type was superior to the others from the view points of optimal illumination distribution and energy saving.

**주요용어(Key Words)**: 전조 재배(Light culture), 전조 형식(Type of lighting system), 조도 분포(Illumination distribution), 인공광(Artificial light), 수막장치(Water curtain)

### 1. 서 론

온실, 식물 공장 등 농업 시설에 인공광을 설치하여 작물의 생육에 적합한 광 환경을 조성해 줌으로서 고품질의 농산물을 생산하고 있다.(安西 등, 1982; 宇野, 1982; 池田 등, 1991) 작물 재배에 있어

서 인공광은 크게 화성 유도(花性 誘導)나 휴면 방지 등 일장 반응 제어를 위한 전조 재배와 광합성 촉진을 위한 보광(補光)재배에 이용된다.(이석건 역, 1998) 딸기 전조 재배의 경우 휴면 방지를 위해서는 700~1,000nm의 근적외광이 효과적이거나 인공 광원으로서 형광등은 700nm 이상의 파장이 거의 방사되

\* 경북대학교 대학원 농업기계공학과

\*\* 경북대학교 농업기계공학과

지 않는 단점이 있다.(川里, 1980) 그러나 백열등은 전술한 유효 파장이 방사되고 연속적인 분광 에너지를 갖고 있으며 또한 장파장 영역일수록 고 에너지가 방사되는 특성 외에 설비비가 저렴한 이점이 있어 전조 재배의 인공 광원으로 널리 이용되고 있다.

우리 나라의 딸기 전조 재배 농가에서는 백열등 설치방법이 농가마다 다르고 조도 분포도 균일하지 못하여 식물 개개의 일장 제어에 적합한 광 환경을 조성하지 못하고 있으며 또한 에너지의 효율적인 이용이 되지 않는 등의 문제가 대두되고 있어 인공광 설치의 표준화가 요구되고 있으나 이에 관한 연구는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 본 연구는 딸기 전조 재배 농가를 방문하여 백열등의 설치 실태와 이에 따른 조도 분포를 측정하여 전조 재배 온실의 효율적인 인공광 설치 표준화 확립을 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 조사 농가

경북 고령군 안림리의 소형 2열 터널과 대형 터널에 각각 수막장치(Water curtain)를 설치한 딸기 전조 재배 온실을 대상으로 하였다.

### 나. 온실의 백열등 설치 형태

딸기 전조 재배 농가에서 인공 광원으로 사용하고 있는 것은 모두 가정용 백열등이었고 백열등 설치 형태에 따라 1열 전조 형식, 2열 전조 형식으로 구분할 수 있었으며, 수막장치 외에 소형 터널과 대형 터널의 설치에 의해 2가지 형태로 구분할 수 있었다. 그림 1, 2는 각각의 백열등 설치 형태를 나타낸 것이다.

그림 1은 소형 터널을 설치한 1열 전조 형식을 나타낸 것으로 온실의 중앙에 백열등(220V, 100W)을 높이 1.5m, 간격 6m로 설치한 경우이다.

그림 2는 소형 터널을 설치한 2열 전조 형식을 나타낸 것으로 온실의 중앙에 백열등(220V, 100W)을 높이 1.5m, 간격 6m로 설치한 경우이다.

그리고 그림 1, 2의 소형 터널 대신 수막장치에 접하여 온실내부 쪽으로 대형 터널을 설치하여 보온 효과와 더불어 하우스 내 작업을 편리하게 한 형태

도 있었다.

또한 전조 재배 온실의 인공광 설치 실태를 조사한 결과 2열 전조 형식에서는 백열등의 배치 형태를 그림 3과 같이 분류할 수 있었다.

그림에서와 같이 백열등을 온실 중심선을 기준으

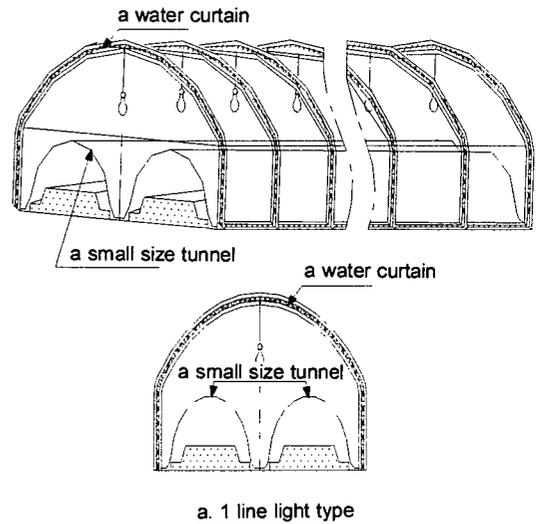


Fig. 1 1 line illuminating system with a small size tunnel.

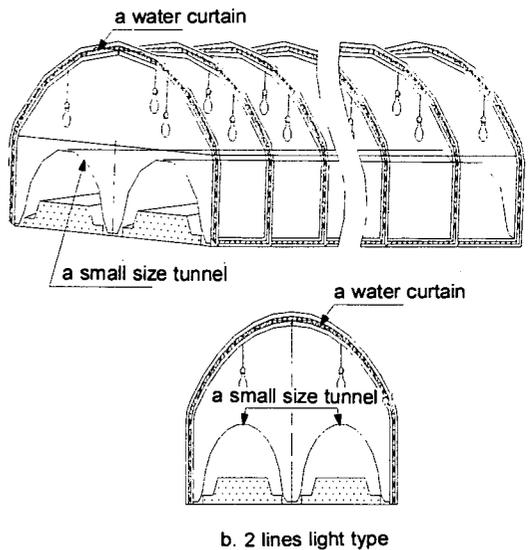


Fig. 2 2 lines illuminating system with a small size tunnel.



경우 온실의 폭 방향 조도는 그림에서와 같이 온실에서 백열등 설치한 지점 바로 아래 위치(0, 0)의 조도는 139.5 lx로서 최대이고 폭 방향으로 1m 지점(1, 0)의 조도는 66.7 lx로서 백열등을 설치한 지점 바로 아래 위치에서 측정된 조도치의 47.8%로 나타났으며, 온실 단면의 중심선에서 폭 방향으로 2.25m 지점(2.25, 0)의 조도는 12.3 lx로서 백열등을 설치한 지점 바로 아래 위치에서 측정된 조도치의 8.8%로 나타나 조도 분포가 불 균일함을 알 수 있다.

또한 온실의 길이 방향의 조도는 그림에서와 같이 백열등을 설치한 지점 바로 아래의 위치(0, 0)를 기준으로 길이 방향으로 0.5m 지점(0, 0.5)의 조도가 89.3 lx, 1m 지점(0, 1)의 조도가 70.2 lx, 1.5m 지점(0, 1.5)의 조도가 29.3 lx로서 각각 백열등을 설치한 지점 바로 아래 위치에서 측정된 조도치의 64%, 50.3%, 21%로 나타나 광원에서 멀어질수록 조도가 급격하게 감소함을 알 수 있다. 또한 (1, 0) 위치의 조도치는 66.7 lx인데 비하여 (1, 1.5) 위치의 조도치는 19.3 lx, (2.25, 0) 위치의 조도치는 12.3 lx이고 (2.25, 1.5) 위치의 조도치는 최소치로서 5.1 lx로 나타나 광원에서 멀어진 지점일수록 분포도의 균일성은 증가하였으나 여전히 조도 분포가 균일하지 못함을 알 수 있다. 그리고 이와 같은 형식으로 전조등을 배치할 경우 평균 조도는 46.1 lx, 표준편차는 39.0 lx로 나타났다.

또한 딸기 전조 재배에 적합한 조도치가 30~50 lx(本多, 1991) 범위이므로 조도를 측정된 평면 전체 면적을 100%로 할 때 딸기 전조 재배에 부적합한 30 lx 이하를 차지하는 면적이 25.9%이고, 과도한 조도치인 50 lx 이상을 차지하는 면적이 64.8%로 나타나 인공광원의 배치에 대한 개선이 요구됨을 알 수 있다.

그림 6은 2열 전조 형식 중 Z형태로 전구 간격 6m, 지면에서 전구 높이 1.5m로 백열등을 설치한 경우의 온실 바닥 면의 조도 분포를 나타낸 것이다.

이와 같은 형식으로 전조등을 배치할 경우 평균 조도는 33.7 lx, 최고 조도는 96 lx, 최소 조도는 4.4 lx이고 표준편차는 28.3 lx로 나타났다.

또한 조도를 측정된 평면 전체 면적을 100%로 할 때 딸기 전조 재배에 부적합한 조도치인 30 lx 이하를 차지하는 면적이 39.4%이고, 과도한 조도치인 50

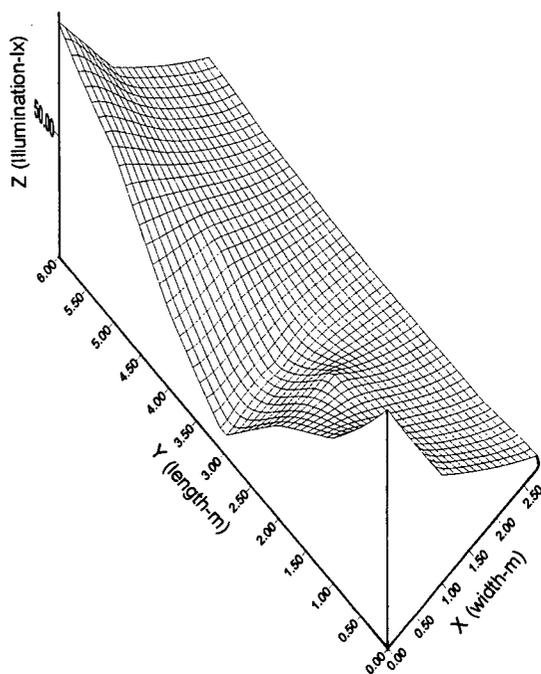


Fig. 6 Distribution of illumination by 2 lines light type with a small size tunnel. (7.2m×50m greenhouse, light gap = 6m, Z type)

lx 이상을 차지하는 면적이 16.8%로 나타나 3m 간격으로 전구를 배치한 그림 5의 경우보다 30 lx 이하의 면적은 약 13% 증가하였으나, 50 lx 이상의 면적은 약 48% 정도 감소함을 알 수 있다.

그림 7은 2열 전조 형식 중 N형태로 전구 간격 6m, 지면에서 전구 높이 1.5m로 백열등을 설치한 경우의 온실 바닥 면의 조도 분포를 나타낸 것이다.

이와 같은 형식으로 전조등을 배치할 경우 평균 조도는 43.1 lx, 최고 조도는 121 lx, 최소 조도는 4.7 lx이고 표준편차는 35.4 lx로 나타났다. 또한 조도를 측정된 평면 전체 면적을 100%로 할 때 딸기 전조 재배에 부적합한 조도치인 30 lx 이하를 차지하는 면적이 26%이고 과도한 조도치인 50 lx 이상을 차지하는 면적이 14%로 나타나 3m 간격으로 백열등을 배치한 그림 5의 경우(Z형)와 비교할 때 적정 조도치 이하의 면적은 거의 비슷하나 적정 조도치 이상의 면적은 51% 정도 감소함을 알 수 있다.

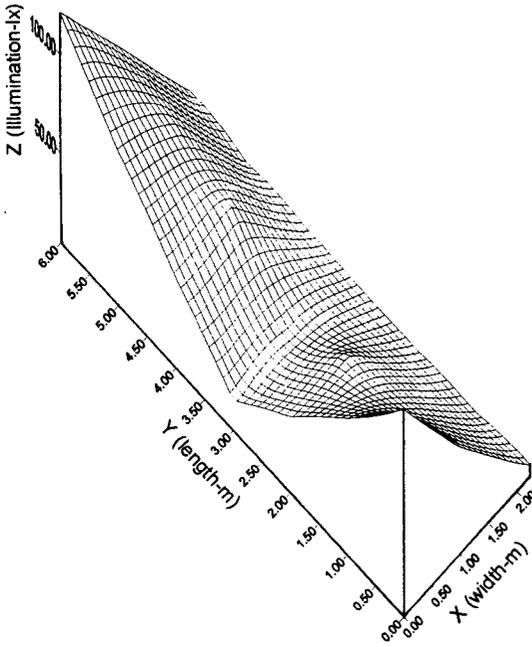


Fig. 7 Distribution of illumination by 2 lines light type with a small size tunnel. (7.2m×80m green house, light gap = 6m, Ntype)

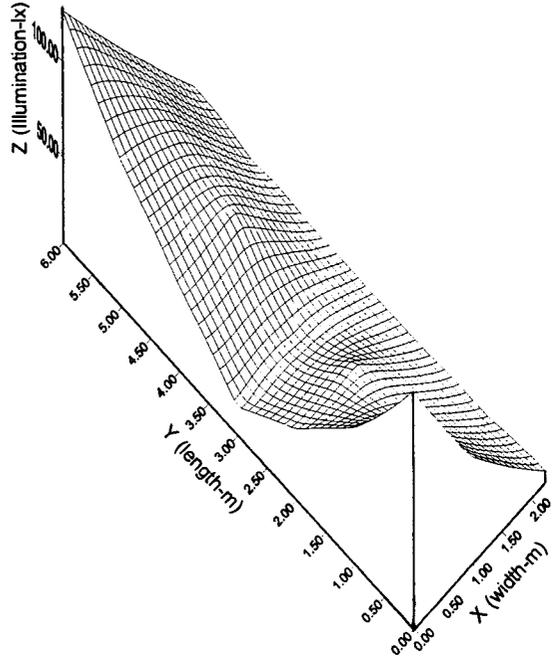


Fig. 8 Distribution of illumination by 2 lines light type with a small size tunnel. (7.2m×50m green house, light gap = 6m, W type)

또한 전구 간격을 6m로 일정하게 배치할 경우에 대해 Z형태와 N형태를 비교하면 Z형태의 배열이 N형태의 배열보다 백열등 개수가 2배 많음에도 불구하고 적정 조도치 이하의 면적은 13% 정도 증가하였고 적정 조도치 이상의 면적은 3% 정도 증가하였다. 이를 규명하기 위하여 실험실 내에서 220V, 100W 백열등을 전구 간격 6m, 지면에서 높이 1.5m로 Z형과 N형으로 설치하여 조도 분포를 측정하고 결과 현장에서의 측정 결과와 동일하게 나타났다.

따라서 인공광의 소비 전력을 절감시키기 위해서는 N형태의 배열이 더 좋을 것으로 생각된다.

그림 8은 2열 전조 형식 중 W형태로 전구 간격 6m, 지면에서 전구 높이 1.5m로 백열등을 설치한 경우의 온실 바닥면의 조도 분포를 나타낸 것이다. 온실의 조도 분포 경향은 그림 5와 비슷하였다. 이와 같은 형식으로 전조등을 배치할 경우 평균 조도는 44.5 lx, 최고 조도는 125 lx, 최소 조도는 4.7 lx이고 표준편차는 38.3 lx로 나타났다.

또한 조도를 측정한 평면 전체 면적을 100%로 할 때 딸기 전조 재배에 부적합한 조도치인 30 lx 이하를 차지하는 면적이 26.3%로 나타나 전구 간격 3m로 Z형태 배열인 경우의 적정 조도치 이하의 면적 25.9%(그림 5), 전구 간격 6m로 N형태 배열인 경우의 적정 조도치 이하의 면적 26%(그림 7)와 비슷함을 알 수 있다. 그리고 과도한 조도치인 50 lx 이상을 차지하는 면적이 14.7%로 나타났다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 3가지 형태의 전조등 설치 방법 중 조도 분포와 백열등의 전력 소비 절감 면에서 전조등의 배치 형태는 N형태가 가장 우수함을 알 수 있다.

#### 나. 농가 실태

조사 대상 농가에서는 1열 전조 형식과 2열 전조 형식을 각각 50% 정도 이용하고 있는 실정이었으며 1열 전조 형식의 경우에는 백열등 개수를 2열 전조 형식으로 할 때보다 1.8~2배 정도로 조밀하게 설치

하였다.

소형 터널을 설치한 온실의 1열 전조 형식의 경우는 전조등의 이동 작업 및 설치, 관리가 용이하며 백열등 교체시 편리한 장점이 있으나 그림 1과 같이 온실 내 소형 터널이 2열로 설치되어 있을 경우 온실 가장자리(측면)까지 전조가 잘되지 않는 단점이 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 2열 전조 형식의 경우는 온실의 가장 자리까지 비교적 균일한 전조가 가능하며 냉해로 바깥쪽 작물의 성장이 느린 점을 보완해 주는 이점이 있으나 온실 내 일부 위치의 작물이 웃자랄 경우 전조등의 위치 이동 작업이 불편한 점이 있었다.

소형 터널 대신 대형 터널을 설치한 온실에 1열 전조 형식으로 전구를 설치하면 소형 터널이 있는 것에 비해 작업이 상당히 용이하고 딸기의 생장 관리가 편리하나 낮 시간대에 광을 투과시켜 활발한 광합성이 이루어지도록 하기 위하여 대형 터널을 제거해 주어야 하므로 노동력이 많이 드는 단점이 있었다. 따라서 농가에서는 이러한 불편함과 저온시 피해를 받지 않기 위해 소형 터널을 보다 선호하는 경향이 있었다. 그리고 2열 전조 형식의 경우는 1열 전조 형식에 비해 균일 전조가 가능하고 작업이 용이하나 역시 광 투과를 위해 대형 터널을 제거해 주어야 하므로 불편함이 있었다.

백열등 점멸 방법은 온실 4~6개 동을 한 군집체로 하여 일몰 후부터 일출 전 또는 자정부터 일출 전까지 1시간에 10~15분 정도씩 일정한 시간 간격으로 ON/OFF 하여 순환식점멸 형태로 전조를 하여 백열등의 과열, 전력 소비량의 절감을 꾀하고 있었다.

그리고 온실 내에서 전조등의 설치, 이동, 관리의 편의성 측면에서 대형 터널 제거 작업의 불편함을 해소할 수 있는 대형 터널 제거 작업의 자동화로 작업 효율성을 높이는 것도 향후의 중요한 과제로 나타났다.

#### 4. 요약 및 결론

딸기 전조 재배 온실의 효율적인 인공광 설치의 표준화 확립을 위한 기초 자료를 제공할 목적으로 딸기 전조 재배 농가를 방문하여 전조등의 설치 상태와 이에 따른 조도 분포를 측정된 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 조사 대상 농가의 백열등 설치는 1열 전조 형식과 2열 전조 형식으로 구분할 수 있었다.

2. 2열 전조 형식에서는 백열등의 배치 형태에 의해 온실 중심선을 기준으로 대칭되게 배열한 격자식 배치 형태[Z형], 3개의 백열등이 3각형 형태를 이루어 반복으로 배열된 지그재그식 형태[N형], N형의 형태에서 가장 자리에 백열등을 한 개씩 보충 해준 형태[W형]로 구분될 수 있었다.

3. 지면으로부터 1.5m 높이에 220V, 100W 백열등을 6m 간격으로 2열로 배열한 Z형태의 경우 최대 96 lx, 최소 4.4 lx, 평균 조도치 33.7 lx로 나타났고, N형태의 경우 최대 121 lx, 최소 4.7 lx, 평균 조도치 43.1 lx로 나타났으며, W형태의 경우 최대 125 lx, 최소 4.7 lx, 평균 조도치 44.5 lx로 나타났다. 또한, 표준편차는 Z, N, W형태 각각 28.3 lx, 35.4 lx, 38.3 lx로 나타났다.

4. 지면으로부터 1.5m 높이에 220V, 100W 백열등을 6m 간격으로 2열로 배열한 Z형태, N형태, W형태의 조도 분포를 비교한 결과 적정 조도치 이하의 면적이 각각 39.4%, 26.0%, 26.3%로 나타났고 적정 조도치 이상의 면적이 각각 16.8%, 14%, 14.7%로 나타나 적정 조도 분포와 백열등의 소비 전력 절감 면에서 N형태가 가장 우수하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 이석건 역. 1998. 농업 환경 조절 공학. 도서출판 좋은 사람들. pp. 135-146.
2. 川里 譯. 1980. 電照方法の改善. 施設園藝の生エネルギー新技術. pp. 254-260.
3. 宇野 浩. 1982. 人工光を用いた制御環境下におけるトマトの生育. 日本生物環境調節學 第24回大會講演要旨集. pp. 92-93.
4. 安西良恒, 山崎擴義, 山ノ下眞理. 1982. 間歇光照射の植物生長への影響(1). 日本生物環境調節學會 第24回集會講演要旨集. pp. 36-37.
5. 池田彰, 河相好孝. 1991. 螢光ランプを用いた人工光型野菜工場の研究. 日本農業氣象學會. 1991年度全國大會. 日本生物環境調節學會 第29回集會. 合同大會. 講演要旨集. pp. 144-145.
6. 本多藤雄, 野菜栽培シリーズ 果菜の上手なつくり方, 家の光協會, 134-157, 1991.