

## 전조용 백열등의 조도 특성

# Illuminating Characteristics of an Incandescent Lamp

김 태 한**	이 경 진*	이 정 택*
정회원	정회원	정회원
T. H. Kim	K. J. Lee	J. T. Lee

### SUMMARY

Motivated by the need for developing the more efficient lighting system for light culture in the greenhouses, this paper aims to predict the illumination of incandescent lamp according to various levels of lighting and various kinds of the lamp

The results obtained in this experiment are summarized as follows:

1. The general equation to predict the illumination according to the kind of incandescent lamp and the installation height was suggested as  $y = \frac{a + bx + cx^2}{1 + dx + ex^2 + fx^3} [lx]$ , where a, b, c, d, e and f were arbitrary constants.
2. Maximum illumination of hat-covered lamp of 60W was 1.2~1.5 times as many as uncovered lamp.
3. Maximum illumination of yellow color painted lamp of 100W was 1.3 times as many as unpainted lamp.

**주요용어(Key Words)** : 전조재배(Light culture), 백열등(Incandescent lamp), 조도분포(Illumination distribution), 인공광(Artificial light), 전등갓(Lamp hat)

## 1. 서 론

온실 및 식물 공장의 광 환경 조절에 관한 연구로서 田中(1995)은 인공 전조등 설치시 종래의 고정설치법에 비해 설치비 절감과 엽면의 수광효율 향상 및 광 환경의 균일화를 목적으로 광원을 이동시키는 장치를 개발하여 엽채류를 대상으로 고정설치구와 이동설치구의 생장 특성을 비교 분석한 결과 생장에 차이가 없어 이동식 전조 시설의 실용 가능성을 시사하였으나 이는 전조등 1개를 이동시켜 가면서 시험을 하였으므로 여러 개의 전조등을 설치하는 인공 전조등의 설치법에 관한 기초 자료를 제공하지 못하였다. 仁科 등(1995)은 실내 녹화식물의 종류에 따른 광요구도 분류표를 작성하였고 소형 건물을 대상으로 직달일사, 산란일

사, 간접일사, 인공광의 총합 상태에서 실내의 평면 광분포를 분석하였다. 北宅과 今中(1990)은 인공광형 식물공장에서 유지비의 큰 비중을 차지하는 전력비를 절감시키기 위하여 재배공간을 유효하게 이용하고 조명효율을 향상시키기 위한 방안으로 상하 2단으로 식물을 재배하고 그 중앙에 형광등을 설치하는 전조시설법에 관해 연구하였다. 高木와 高田(1991)은 완전 인공광형 식물생산 시스템 개발에 관한 연구로서 광강도의 변화 및 광원의 높이 변화가 사라다야채의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 생체중에 영향을 미치는 요인은 광원의 높이가 아니고 광강도의 차이라고 보고하였다. 羽生 등(1995)은 야채공장의 인공광을 효과적으로 이용하는 것을 목적으로 원적색광 조사(照射)시의 강낭콩의 생장 특성을 조사하였다. 그

\* 경북대학교 대학원 농업기계공학과

\*\* 경북대학교 농업기계공학과

의 인공광을 이용한 작물 재배로 생산량이 증대되었다는 발표는 다수 있으나 효율적인 전조등 설치 방법에 관한 연구는 거의 찾아 볼 수 없는 실정이다.

우리 나라 딸기 전조재배 온실의 바닥면 조도분포를 조사 분석한 결과 적정조도 이하의 면적이 약 40%로 나타났다(김 등, 1999)

따라서 본 연구는 전조재배 온실의 효율적인 인공광 설치법 개발을 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 농가에서 전조용 광원으로 이용하고 있는 백열등을 대상으로 백열등의 설치 높이, 백열등의 종류 등에 따른 조도 분포 특성을 구명하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험 방법

일몰 후 21시에 태양 광선의 영향을 받지 않는 건물내 지하실에서 백열등의 설치 높이, 전조등의 종류 등에 따라 수평면에서의 조도를 조도계(IM2D, Topcon, Japan)로 측정하였으며 백열등은 고려전자사의 Lf 220V를 사용하였다. 또한 데이터 통계처리는 시그마플롯(sigmaplot)을 이용하였다.

#### (1) 자연 상태 백열등

30, 60, 100W의 백열등을 지면에서 높이 80, 100, 130, 160mm로 설치할 때의 조도 분포를 측정하여 일반식을 도출하였다.

#### (2) 갓을 씌운 백열등

그림 1은 갓을 씌운 백열등을 도식화한 것으로 갓은 그림에서와 같이 알루미늄 소재를 이용해 단면이 이등변 삼각형 모양으로 밑변 150mm, 높이 45mm, 등각이 30° 가 되게 제작하여 백열등의 구 적도까지 갓을 씌워지게 하였다.

이 상태에서 지면으로부터 높이 80, 100, 130, 160mm로 설치 할 때의 바닥면 조도 분포를 측정하여 일반식을 도출하였다.

#### (3) 차광막을 칠한 백열등

그림 2는 100W 백열등의 상단에서부터 구 적도까지 반구 형태로 차광막을 칠한 것을 도식화한 것이다.

이는 백열등의 빛이 전조 대상과 무관한 상단 방향으로 조사되는 것을 차단하여 작물이 있는 지

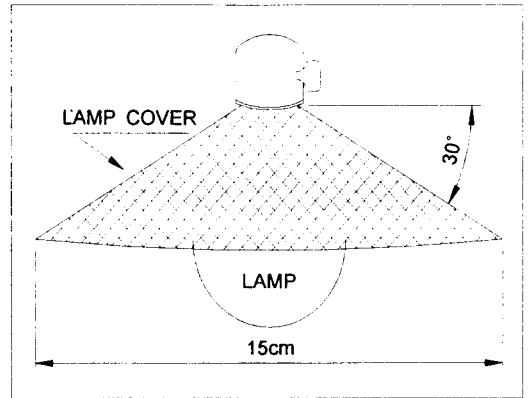


Fig. 1 Schematic figure of hat-covered incandescent lamp.

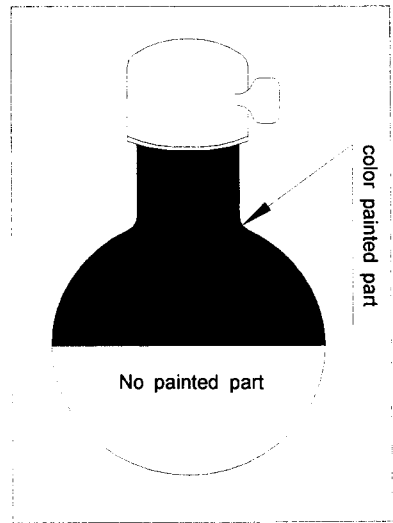


Fig. 2 Schematic figure of color painted incandescent lamp.

면으로 가능한 많은 빛이 조사될 수 있도록 하여 백열등의 효율을 높이기 위한 것으로 차광막의 색상은 황색, 은색, 녹색, 금색, 흑색, 적색을 사용하여 차광막을 칠하지 않은 경우와 비교하여 조도 분포를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 자연 상태 백열등

그림 3은 100W 백열등의 설치 높이에 따른 바닥면 조도를 백열등을 설치한 바로 아래 위치를 기준으로 수평축(x축)으로 25cm 간격으로 측정할 것을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 백열등의 설치 높이 80, 100, 130, 160cm에 대한 백열등 바로 아래 위치의 조도는 각각 178.6lx, 118lx, 76.3lx, 54.7lx로 나타나 백열등의 설치 높이가 증가할수록 조도가 감소함을 알 수 있다. 또한 백열등의 중심으로부터 거리가 멀어짐에 따라 조도는 감소하며 백열등의 중심으로부터 150cm 떨어진 위치에서의 조도는 각각의 설치 높이에 따라 각각 27.4lx, 27.2lx, 29lx, 26lx로 나타나 150cm 이후부터는 설치 높이에 따른 영향을 거의 받지 않고 있음을 알 수 있다. 또한 백열등의 중심으로부터 600cm 거리의 조도는 설치 높이에 관계없이 0에 수렴해 감을 알 수 있다.

그림 3에서 도식화한 각각의 곡선에 대해 조도 분포에 관한 일반식이 다음과 같이 3차 유리 함수로 유도되었다.

$$y = \frac{a + bx + cx^2}{1 + dx + ex^2 + fx^3} \quad [lx] \dots\dots\dots (1)$$

식(1)에서 거리(x)는 설치한 백열등의 연직하 방향의 지면중심(원점)으로부터 떨어진 바닥면 등거리를 의미한다.

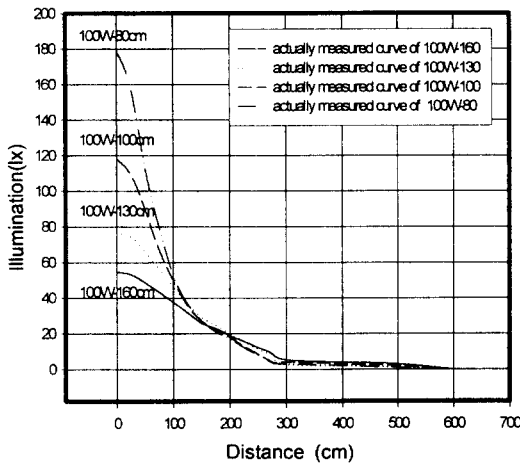


Fig. 3 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the lamp of 100W.

표 1에는 식(1)에 대한 지면으로부터 백열등의 설치 높이 80, 100, 130, 160cm에 대한 상수를 나타내었으며 각 식의 상관계수는 모두 0.999로 나타났다.

예를 들면 100W 백열등을 지면으로부터 80cm 높이에 설치할 경우 백열등 중심 바로 아래의 위치의 조도는 표 1에서의 정수 a, b, c, d, e, f의 값과 변수 x에 0을 식(1)에 대입하면 178.6lx가 된다. 이와 같은 방법으로 백열등으로부터 x만큼 떨어진 거리에 대한 조도를 산출해 낼 수 있다.

또한 표 2는 백열등이 지면으로부터 80cm 높이에 있을 때 유도식에 의한 계산값과 측정값과의 결과를 비교한 것으로 표에서와 오차는 최대 4.2%, 최소 0.1%로 나타났으며 100cm의 경우는 최대 3.6%, 최소 0.1%, 130cm의 경우는 최대 0.9%, 최소 0.1%, 160cm의 경우는 최대 0.5%, 최소 0.1%로 나타나 신뢰도가 높음을 알 수 있다.

그림 4는 60W 백열등을 지면으로부터 높이 80, 100, 130, 160cm에 설치하였을 경우의 바닥면 조도를 백열등을 설치한 바로 아래 위치를 기준으로

Table 1 Coefficient obtained for eq.(1) to predict the illumination at each height above ground level under incandescent lamp of 100W

Height above the ground level(cm)	Coefficients					
	a	b	c	d	e	f
80	178.66	-1.22	5.6e-4	-0.01	2.3e-4	-1.4e-6
100	117.84	-0.80	4.2e-4	-0.01	1.4e-4	-8.2e-7
130	76.41	-0.54	3.2e-4	-0.01	7.1e-5	-4.1e-7
160	54.75	-0.39	2.0e-4	-0.01	4.2e-5	-2.6e-7

Table 2 Comparison of illumination between measured and predicted

Distance (cm)	Measured (lx)	Predicted (lx)	Error (%)
0	178.6	178.7	0.1
25	158	157.6	0.3
50	113.4	114.6	1.0
75	80	78.1	2.4
100	53	53.6	1.1
125	37	37.9	2.4
150	27.4	27.3	0.3
175	21	21.4	1.9
200	17.2	16.5	4.2
Mean Error (%)			1.5

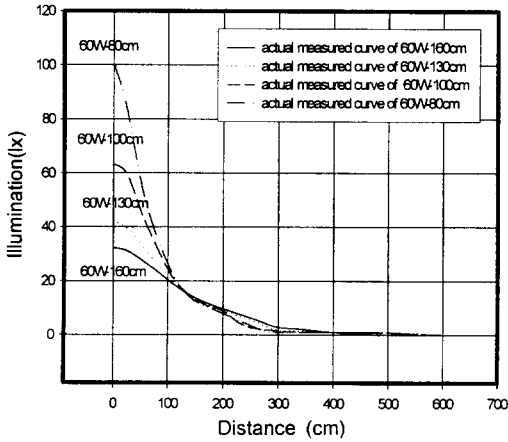


Fig. 4 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the lamp of 60W.

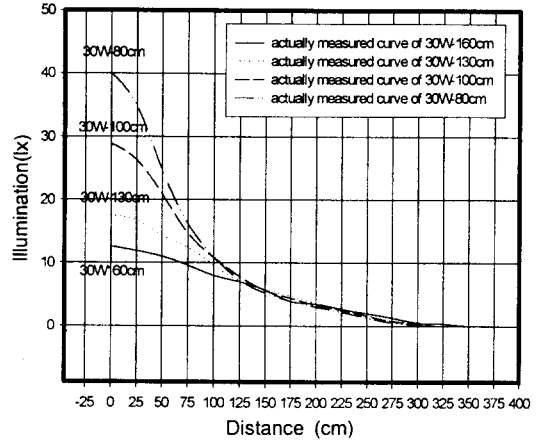


Fig. 5 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the lamp of 30W.

Table 3 Coefficient obtained for eq.(1) to predict the illumination at each height above ground level under incandescent lamp of 60W

Height above the ground level(cm)	Coefficients					
	a	b	c	d	e	f
80	100.45	-0.80	4.2e-4	-0.01	2.5e-4	-1.9e-6
100	63.33	-0.36	1.6e-4	-0.01	1.8e-4	-8.5e-7
130	42.08	-0.34	-8.1e-6	-0.01	-8.5e-5	-7.4e-7
160	32.29	-0.26	-8.9e-5	-0.01	6.0e-5	-5.3e-7

수평축(x축)으로 25cm 간격으로 측정된 것이다. 그림에서와 같이 백열등 바로 아래 위치의 조도는 각각 100.5lx, 63.2lx, 42.1lx, 32.3lx로 나타나 100W 백열등의 경우보다 약 55% 정도 감소하였다. 또한 백열등의 설치 높이가 바닥면 조도에 영향을 미치지 않는 위치는 기준점으로부터 폭 방향으로 125cm 떨어진 지점으로서 100W 경우 150cm 이상인 것에 비해 25cm 짧아졌다.

표 3은 그림 4의 각 곡선에 대해 유도한 식(1)의 상수를 나타낸 것이며 상관계수는 모두 0.999로 나타났다.

표에서와 같이 100W 백열등에 비해 상수 a의 값은 작고 d의 값은 -0.01로 같으며 동일한 형태의

Table 4 Coefficient obtained for eq.(1) to predict the illumination at each height above ground level under incandescent lamp of 30W

Height above the ground level(cm)	Coefficients					
	a	b	c	d	e	f
80	39.97	-0.37	3.0e-4	-0.01	2.7e-4	-2.1e-6
100	28.88	-0.23	1.7e-4	-0.01	1.7e-4	-1.1e-6
130	17.52	-0.17	2.6e-4	-0.01	6.5e-5	-4.6e-7
160	12.59	-0.10	1.6e-4	-0.01	3.6e-5	-1.9e-7

수식을 나타냈다.

또한 백열등의 설치 높이 80cm의 경우 계산치와 실측치의 오차는 최대 6.3%, 최소 0%, 100cm의 경우 최대 7.2%, 최소 0.2%, 130cm의 경우는 최대 1.9%, 최소 0.1%, 160cm의 경우는 최대 1.3%, 최소 0%로 나타났다.

그림 5는 30W 백열등을 지면으로부터 높이 80, 100, 130, 160cm에 설치하였을 경우의 바닥면 조도를 백열등을 설치한 바로 아래 위치를 기준으로 수평축(x축)으로 25cm간격으로 측정된 것이다.

그림에서와 같이 백열등 바로 아래 위치의 조도는 각각 40lx, 28.9lx, 17.5lx, 12.6lx로 나타나 100W 백열등의 경우보다 약 23% 정도 감소하였다.

표 4는 그림 5에서 도식화한 각각 곡선에 대한 식(1)의 상수를 나타낸 것으로 표에서와 같이 60W 백열등에 비해 상수 a의 값은 작고, d의 값은 -0.01로 100W, 60W 백열등에서 도출된 값과 동일하였다. 또한 식(1)에 대한 상관계수는 모두 0.999로 나타났다.

또한 지면으로부터 백열등의 설치 높이 80cm의 경우 유도식에 의한 계산치와 실측치를 비교한 결과 오차는 최대 6.4%, 최소 0.1%로 나타났으며 100cm의 경우는 최대 2.2%, 최소 0.1%, 130cm의 경우는 최대 9.8%, 최소 0.1%, 160cm의 경우는 최대 3.7%, 최소 0.1%로 나타났다.

나. 갓을 씌운 60W 백열등

그림 6은 갓을 씌운 백열등(60W)의 설치 높이에 따른 조도를 백열등을 설치한 바로 아래 위치를 기준으로 수평축으로 25cm 간격으로 600cm 거리까지 측정한 것을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 백열등의 설치 높이 80, 100, 130, 160cm에 대한 백열등 바로 아래 위치의 조도는 각각 150.5lx, 104.1lx, 56lx, 38lx로 갓을 사용하지 않은 백열등의 조도 보다 1.2~1.5배정도 높은 수치를 나타냈으나 백열등의 설치 높이가 증가할수록 조도는 감소하였다.

또한 백열등의 중심으로부터 150cm 거리에서의 설치 높이에 따른 조도는 각각 14.7lx, 16.8lx, 15.2lx, 14lx로 나타나 설치 높이에 따른 영향을 거의 받지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 갓을 씌우지 않은 60W의 백열등의 경우 설치 높이에 따른 조도분포에 영향을 미치지 않는 거리가 125cm인 것에 비해 25cm 늘어난 것이다.

표 5는 그림 6에서 도식화한 각각 곡선에 대한 식(1)의 상수를 나타낸 것으로 표에서와 같이 자연 상태의 60W 백열등에 비해 상수 a의 값은 크고, 상수 d의 값은 같으며 식(1)에 대한 상관계수는 모두 0.999로 나타났다.

또한 지면으로부터 백열등의 설치 높이 80cm의 경우 계산치와 실측치의 오차는 최대 5.6%, 최소 0.1% 100cm의 경우 최대 1.9%, 최소 0.2%, 130cm의 경우는 최대 1.5%, 최소 0%, 160cm의 경우는 최대 3.9%, 최소 0%로 나타났다.

다. 차광막을 칠한 100W 백열등

그림 7은 색상이 있는 차광막을 칠한 백열등(100W)을 높이 160cm로 설치했을 경우의 조도를

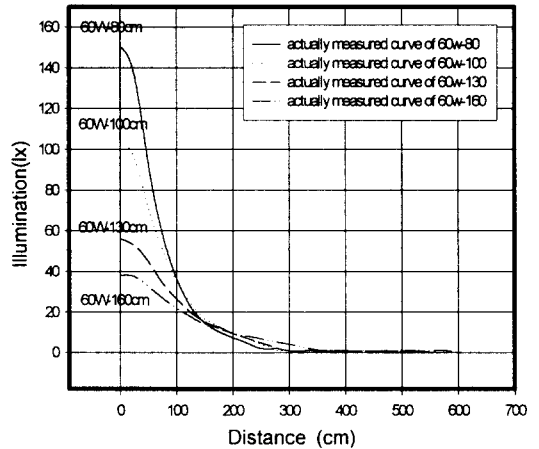


Fig. 6 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the hat-covered lamp of 60W.

Table 5 Coefficient obtained for eq.(1) to predict the illumination at each height above ground level under hat-covered incandescent lamp of 60W

Height above the ground level(cm)	Coefficients					
	a	b	c	d	e	f
80	150.34	-1.54	2.7e-3	-0.01	3.2e-4	-2.2e-6
100	104.32	-0.90	9.7e-4	-0.01	2.1e-4	-1.4e-6
130	56.01	-0.45	3.1e-4	-0.01	1.2e-4	-7.7e-7
160	38.07	-0.15	-3.3e-4	-0.01	1.1e-4	-5.8e-7

백열등을 설치한 바로 아래 위치를 기준으로 25cm 간격으로 600cm 지점까지 측정한 것을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 백열등 바로 아래 위치의 조도는 황색의 차광막을 칠한 것이 68.9lx로서 차광막을 칠하지 않은 자연 상태 백열등의 54.7lx 보다 1.3배로 가장 높으며 은색의 경우는 55lx로서 자연 상태 백열등의 경우와 거의 비슷하게 나타났다. 또한 차광막의 색상이 녹색, 금색, 흑색, 적색인 경우에는 각각 53.1lx, 51.4lx, 50.1lx, 48lx로서 자연 상태 백열등의 경우보다 조도가 낮게 나타났다.

이는 색상별로 광 흡수율이 다르며 황색이 광

흡수율이 가장 낮기 때문인 것으로 생각된다.

표 6은 그림 7에서 도식화한 각 곡선에 대한 식(1)의 상수를 나타낸 것으로 표에서와 같이 자연상태의 100W 백열등에 비해 황색 차광막의 경우 상수 a의 값은 크고, 상수 d의 값은 모든 차광막의 색상에서 -0.01로 동일하며 식(1)에 대한 상관계수는 모두 0.999로 나타났다.

또한 차광막이 황색인 경우 유도식에 의한 계산값과 측정값을 비교한 결과 오차는 최대 0.7%, 최소 0.1%로 나타났으며 적색의 경우는 최대 0.6%,

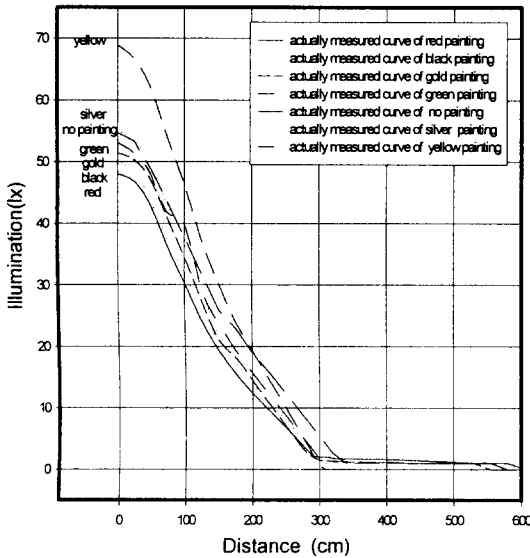


Fig. 7 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the painted lamp of 100W.

Table 6 Coefficient comparison of calculated equation at 160cm height with painted light (100W)

Paintinted color	Coefficients					
	a	b	c	d	e	f
Red	48.05	-0.49	5.2e-4	-0.01	7.0e-5	-5.0e-7
Black	50.15	-0.46	5.0e-4	-0.01	5.4e-5	-3.8e-7
Gold	51.35	-0.42	5.7e-4	-0.01	6.0e-5	-2.9e-7
Green	53.07	-0.61	8.0e-4	-0.01	5.5e-5	-4.1e-7
No painting	54.75	-0.39	2.0e-4	-0.01	4.2e-5	-2.6e-7
Silver	55.04	-0.47	7.0e-4	-0.01	6.1e-5	-3.1e-7
Yellow	68.82	-0.75	1.2e-3	-0.01	5.5e-5	-3.5e-7

최소 0%, 흑색의 경우는 최대 1.3%, 최소 0%, 금색의 경우는 최대 1.4%, 최소 0%, 녹색의 경우는 최대 0.7%, 최소 0%, 차광막을 칠하지 않은 무색의 경우는 최대 0.5%, 최소 0.1%, 은색의 경우는 최대 1.5%, 최소 0.1%로 나타났다.

#### 라. 백열등의 설치 높이와 폭에 따른 조도 특성

그림 8은 인공 광원으로 100W의 백열전구를 사용할 경우 지면으로부터 백열등의 설치 높이 변화에 따른 조도 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 곡선 100W-0, 100W-50, 100W-100, 100W-150, 100W-200, 100W-250, 100W-300은 각각 전조등을 설치한 바로 아래의 지면 위치를 기준점 0로 하여 폭 방향으로 50, 100, 150, 200, 250, 300cm 떨어진 지점의 조도를 나타낸다. 이는 전구의 종류와 폭 방향의 거리가 정해지면 백열등의 설치 높이에 따른 조도를 그래프로부터 얻을 수 있게 된다. 예를 들면, 100W의 백열전구를 설치하였을 때 기준점으로부터 폭 방향으로 100cm 떨어진 지점의 설치 높이에 따른 조도를 구하려면 그

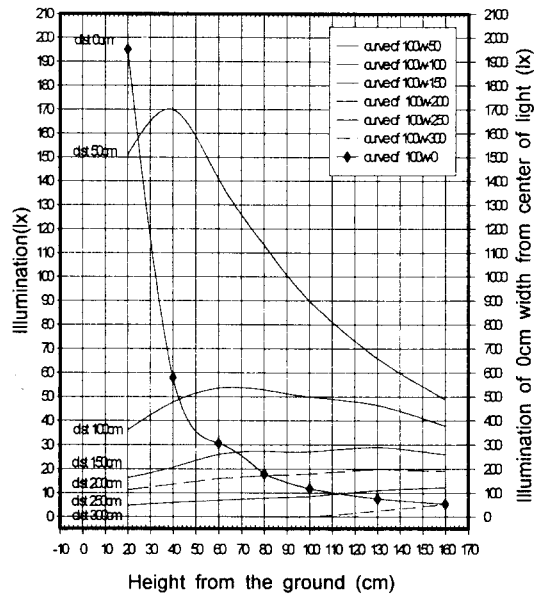


Fig. 8 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the lamp of 100W.

림에서 x축의 40, 70, 100, 130, 160cm 위치에서 각각 수직선을 그어 100W-100곡선과 만나는 점의 y축 좌표 값으로 각각 47.7lx, 53lx, 50lx, 46.5lx, 37.8lx가 된다. 따라서 온실 내에서 백열등의 설치 높이, 백열등의 종류, 백열등의 중심으로부터의 거리등의 수치를 알면 조도 분포 식과 그림의 결과를 이용해 각 위치별 조도 값을 알아낼 수 있다.

한편 그림에서 광원 바로 아래 위치(100W-0)의 조도는 오른쪽 y축의 값으로 나타내었다.

그림 9는 광원으로서 60W의 백열전구를 사용할 경우 지면으로부터 백열등의 설치 높이 변화에 따른 조도 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 각 곡선의 부호는 그림 8과 동일한 의미를 나타낸다. 예를 들면, 60W의 백열전구를 설치하였을 때 기준 점에서 폭 방향으로 50cm 떨어진 지점에서 설치 높이에 따른 조도를 구하려면 그림에서 x축의 30, 60, 90, 120, 150cm 위치에서 각각 수직선을 그어 60W-50곡선과 만나는 점의 y축 좌표를 읽은 값으로 각각 62lx, 133.5lx, 45lx, 38lx, 30lx가 된다. 한편 그림에서 광원 바로 아래 위치(60W-0)의 조도는 오른쪽 y축의 값으로 나타내었다.

그림 10은 인공 광원으로서 30W의 백열전구를

사용할 경우 지면으로부터 백열등의 설치 높이 변화에 따른 조도 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 각 곡선의 부호는 그림 8과 동일한 의미를 나타낸다. 예를 들면, 30W의 백열전구를 설치하였을 때 기준점으로부터 폭 방향으로 150cm 떨어진 지점의 설치 높이에 따른 조도를 구하려면 그림에서 x축의 40, 70, 100, 130, 160cm 위치에서 각각 수직선을 그어 30W-150곡선과 만나는 점의 y축 좌표를 읽은 값으로 각각 3.4lx, 5lx, 5.6lx, 5.8lx, 5.7lx가 된다. 한편 그림에서 광원 바로 아래 위치(30W-0)의 조도는 오른쪽 y축의 값으로 나타내었다.

그림 11은 광원으로 갓을 썬 60W의 백열등을 사용할 경우 지면으로부터 백열등의 설치 높이 변화에 따른 조도 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 각 곡선의 부호는 그림 8과 동일한 의미를 나타낸다. 예를 들면 갓을 썬 60W의 백열등을 설치하였을 때 기준점으로부터 폭 방향으로 100cm 떨어진 지점의 설치 높이에 따른 조도를 구하려면 그림에서 x축의 40, 70, 100, 130, 160cm 위치에서 각각 수직선을 그어 60W-100곡선과 만나는 점의 y축 좌표를 읽은 값으로 각각 22.2lx, 38lx, 35.2lx, 26.6lx, 21.9lx가 된다. 한편 그림에서

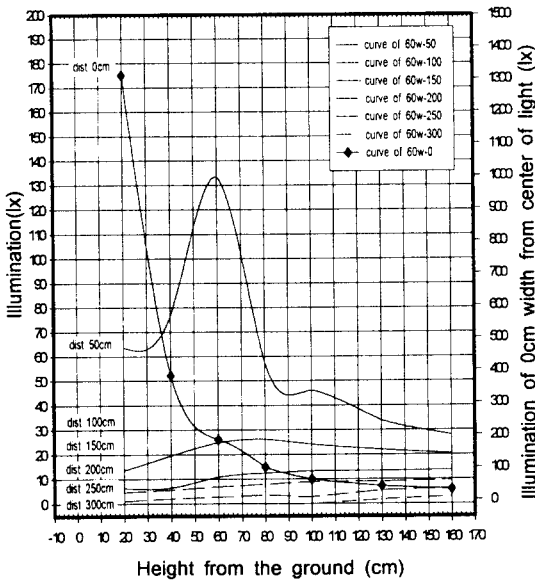


Fig. 9 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the painted lamp of 60W.

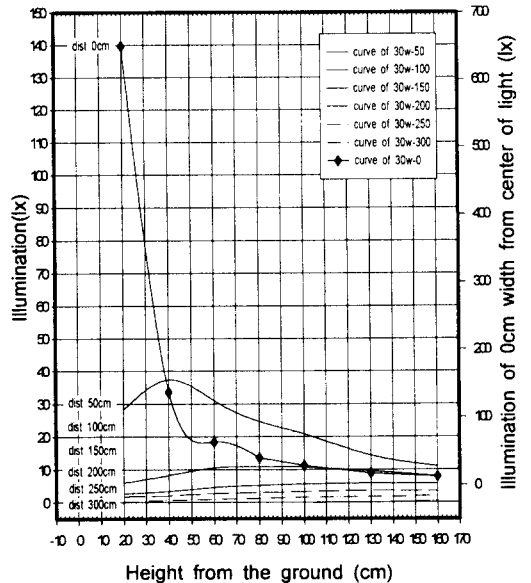


Fig. 10 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the painted lamp of 30W.

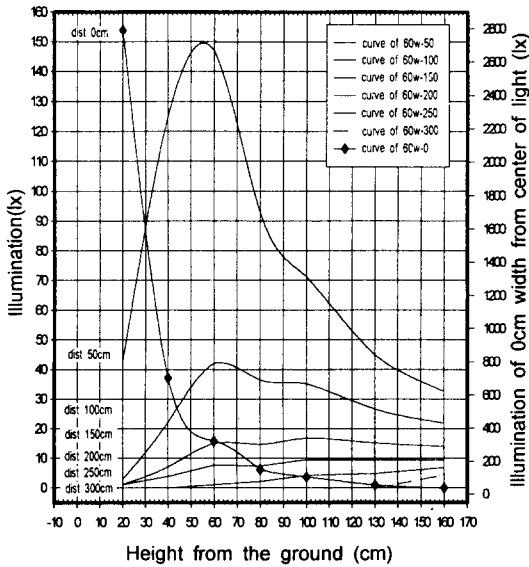


Fig. 11 Comparison of illumination affected by the distance above ground level and equidistance from the center of a circle perpendicular to vertical line under the hat-covered lamp of 60W

광원 바로 아래 위치(60W-0)의 조도는 오른쪽 y축의 값으로 나타내었다.

#### 4. 요약 및 결론

전조재배 온실의 효율적인 백열등 설치법의 기초 자료를 제공할 목적으로 백열등의 종류, 설치 높이에 따른 조도 특성을 구명한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 30, 60, 100W인 백열등을 지면으로부터 80, 100, 130, 160cm 높이에 설치하고 백열등을 설치한 바로 아래의 위치를 기준으로 폭 방향으로 25cm 간격으로 300~350cm 지점까지의 조도를 측정하여 조도 분포에 관한 일반식을 유도한 결과

$y = \frac{a + bx + cx^2}{1 + dx + ex^2 + fx^3}$  [lx]로 나타났으며, 백열등의 종류와 설치 높이를 알면 이에 따른 상수 a, b, c, d, e, f값으로부터 폭 방향으로 각 위치별 조도를 산출할 수 있었다.

2. 지면으로부터 백열등의 설치 높이가 80, 100, 130, 160cm에 대한 백열등 바로 아래 위치의 조도는 30W 백열등의 경우 각각 40lx, 28.9lx, 17.5lx, 12.6lx, 60W 백열등의 경우 각각 100.5lx, 63.2lx, 42.1lx, 32.3lx, 100W 백열등의 경우 각각 178.6lx,

118lx, 76.3lx, 54.7lx로 나타났다.

3. 갓을 씌운 60W 백열등과 갓을 씌우지 않은 자연 상태 60W 백열등의 조도를 비교한 결과 갓을 씌운 백열등이 최대 1.2~1.5배 정도 높았다. 또한 백열등의 설치 높이가 변화가 조도에 영향을 미치지 않는 거리(백열등을 설치한 바로 아래의 위치로부터 폭 방향으로의 거리)는 갓을 씌운 60W 백열등이 150cm로 자연 상태 60W 백열등 125cm보다 길게 나타났다.

4. 각기 다른 색상(황색, 은색, 녹색, 금색, 흑색, 적색)의 차광막을 칠한 100W 백열등에 대한 조도를 분석한 결과 황색의 차광막을 칠한 백열등의 조도는 차광막을 칠하지 않은 자연 상태 100W 백열등보다 최대 1.3배 정도 높게 나타났다.

#### 참고 문헌

1. 北宅善昭, 今中常仁. 1990. 人工光型植物工場における光および空間の有効利用-各種野菜の逆下げ栽培の可能性-, 日本農業氣象學會 1990年度全國大會, 日本生物環境調節學會第28回集會合同大會講演要旨集 pp. 312-313
2. 高木史人, 高田博充. 1991. 完全人工光型植物生産システムの開發(3) -CO<sub>2</sub>濃度・光強度の違いとサラダ菜の生育-, 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 pp. 142-143
3. 田中逸夫. 1995. 往復移動光源下における葉菜類の生長特性. 日本農業氣象學會 1995年度全國大會, 日本生物環境調節學會 第33回集會. 平成7年度 農業施設學會大會合同大會 講演要旨 pp. 190-191
4. 仁科弘重, 塚西圭, 増井典良, 橋木康. 1995. 低照度下長期間の植物の生育特性に基づいた室内の植物 配置デザインシステム (I)光要求度に基づいた室内緑化植物の分類表の作成. 日本農業氣象學會 1995年度全國大會, 日本生物環境調節學會 第33回集會, 平成7年度農業施設學會大會合同大會講演要旨 pp. 286-287.
5. 羽生擴道, Ji Shi-Bao, 庄子和博. 1995. 遠赤色光の附加照射に對するインゲンマメの慢性品種と矮性品種の反應. 日本農業氣象學會 1995年度全國大會, 日本生物環境調節學會 第33回集會, 平成7年度 農業施設學會大會合同大會 講演要旨 pp. 192-193
6. 김태한, 장익주, 이경진 등. 1999. 딸기전조재배 온실의 인공광 설치실태 및 조도분포 조사분석. 한국농업기계학회지 24(1):19-24