

発光ダイオード(LED)による単色光照射がナス、リーフレタス、ヒマワリの節間伸長に及ぼす影響

誌名	植物環境工学
ISSN	18802028
著者名	平井,正良 雨木,若慶 渡邊,博之
発行元	日本植物工場学会
巻/号	18巻2号
掲載ページ	p. 160-166
発行年月	2006年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



発光ダイオード(LED)による単色光照射がナス, リーフレタス, ヒマワリの節間伸長に及ぼす影響

平井正良¹・雨木若慶¹・渡邊博之²

¹東京農業大学大学院農学研究科 243-0034 神奈川県厚木市船子 1737

²玉川大学農学部 194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1

Effects of Monochromatic Light Irradiation by LED on the Internodal Stem Elongation of Seedlings in Eggplant, Leaf Lettuce and Sunflower

Tadayoshi HIRAI¹, Wakanori AMAKI¹ and Hiroyuki WATANABE²

¹Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 1737 Funako, Atsugi, Kanagawa 243-0034, Japan

²Faculty of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 TamagawaGakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

Abstract

In this study, light emitting diodes (LEDs) were used as sole light source to study the effects of monochromatic light on plant cultivation. Seedlings of eggplant, leaf lettuce and sunflower were irradiated at 50, 100 and 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD of blue, blue-green, green and red monochromatic lights, respectively. On 25 days from the start of monochromatic light irradiation for eggplant and leaf lettuce and on 42 days from the start of monochromatic light irradiation for sunflower, seedlings were harvested and measured. Stem elongation of eggplant and sunflower were obviously promoted under blue light, and slightly promoted under other monochromatic lights. However, stem elongation of leaf lettuce was promoted under red, green and blue-green lights, but markedly suppressed under blue light. Furthermore, changes in the ratio of petiole length to total leaf length depended on plant species and light quality. These findings indicated that growth responses to respective monochromatic lights differed among plant species.

Keywords: eggplant, leaf lettuce, monochromatic light, photomorphogenesis, sunflower

緒言

光は、光合成のエネルギー源として働くだけでなく形態形成を調節するシグナルとしても作用し、植物にとって重要な環境要因の一つである (McDonald, 2003). 近年、様々な照明光源の開発とともに、植物栽培に人工光源を照射して

生長促進または生長・分化の制御を行おうとする試みが行われ、開花調節技術の確立など実用的にも様々な技術開発がなされてきている (Fukuda, 2002). 一方、それらの光源はそれぞれに異なる多様な波長組成を持っており、それぞれの波長域が植物にどのような作用を持つのかを明らかにすることは人工光源の利用技術を開発する上で重要である。そこで、特定波長域の光を植物に照射し、生長・分化に及ぼす光質の影響を明らかにしようとする数多くの研究がなされている (Cosgrove, 1994). しかし、多くの研究がありながら、必ずしも光質の影響について一様な結論が得られておらず混沌としているのが現状である (Goto, 2003). この原因として、過去

2005年10月24日受付

2006年2月8日受理

Corresponding author: Wakanori Amaki

(amaki@nodai.ac.jp)

の実験では光源の波長スペクトルが明示されていなかったり、実験に用いた照射光が複数のピーク波長もしくは幅広いピークを持つ混合光の例が多く、さらに特定域の光質を照射する場合でも、照射期間、放射強度、植物の発育ステージなどが異なることが挙げられる。さらに、光質に対する植物の反応には種間差があるという指摘もある (Dougher and Bugbee, 2001)。

一方, Bulaら (1991) は、発光ダイオード (LED) を光源とした植物栽培の可能性を示した。LED は特定の狭い波長域の光を放出しており、適切に素子の種類を選択すれば単色光を照射する光源として利用することが可能である (Goto, 2003)。

そこで本研究では、これまでの研究の問題点をふまえ、光源に LED のみを用い、光合成有効量子束密度 (PPFD) は $50 \sim 150 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の範囲で多段階設け、供試植物に単色光を照射し、生長や形態形成に及ぼす単色光照射の影響を比較、検討した。

材料および方法

1. 植物材料

実験には、ナス (*Solanum melongena* L. '黒陽'), リーフレタス (*Lactuca sativa* L. '岡山サラダ菜'), 矮性ヒマワリ (*Helianthus annuus* L. 'ピノチオ') の種子を供試した。リーフレタスとヒマワリの種子は、メトロミックス 360 (Scott, USA) を充填した 88 穴セルトレイ (セル容量 40 ml) に直播きした。ナスは発芽をそろえるため、吸水後 30°C 、暗黒下に 7 日間おいて催芽後、メトロミックス 360 を充填した 88 穴セルトレイに播種した。播種から第一本葉展開時までは白色蛍光灯下 (PPFD $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 明期 16h/暗期 8h), $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の条件下で育成した。灌水は水道水で毎日行い、施肥は毎週 1 回、液体肥料 (液体ハイポネックス, $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} = 6\text{-}10\text{-}5$, (株) ハイポネックスジャパン) を N が 60mg l^{-1} となるように希釈し、水道水の代わりに与えた。リーフレタスとヒマワリは播種から 14 日後、ナスは 20 日後、第一本葉が展開した株を選び、各照射区に 5 個体ずつ供試し単色光照射を開始した。

2. 単色光照射

単色光照射の光源には LED を用いた。LED は青、青緑、緑、赤色の 4 種の LED (青: SDPB50D0, 青緑: SPDC50D0, 緑: SPDG50D0, (株) 星和電機製, 赤: KL812-MC, (株) 新光電子製) を使用した。それぞれの LED のピーク波長は 470, 500, 525, 660 nm であり、それぞれの照射区の波長組成は波長別光エネルギー分析装置 (LI-1800, LI-COR 社) で測定し、図 1 に示した。LED 照

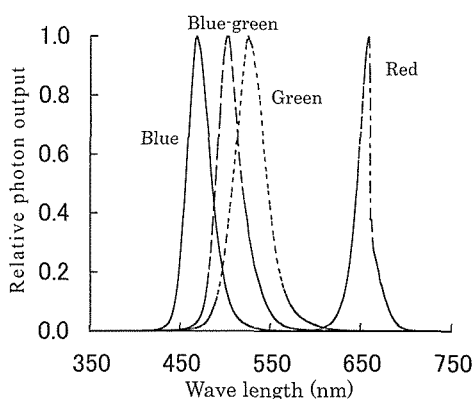


Fig. 1 Relative photon output from respective light sources in this experiment.

射は、砲弾型 LED ランプ ($\phi 5 \text{mm}$) を $30 \times 30 \text{cm}$ パネル基盤に 1561 個配置し、発生する熱の放熱を促すため基盤には放熱板をつけ、さらに放熱効率を高めるためファンをつけて用いた (シーシーエス (株) 製)。LED パネルの出力をそれぞれ調整できるように、一つのパネルは一つの直流電源 (PR30-6A, (株) ケンウッド) に接続した。栽培時、照射装置の周囲 4 側面は超微細発泡光反射板 (MCPET, 古河電工 (株)) で覆って光反射率を高め、さらにその外側は黒い布で囲い、外部からの光の混入を防いだ。

単色光照射は $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の条件で 1 日に 16 時間行い、それぞれの単色光の PPFD は植物体の頂部で 50, 100, $150 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ となるように光量子センサー (LI-250, LI-COR, Inc.) を用いて 7 日おきに調整した。単色光照射の期間は、ナス、リーフレタスは 25 日間、ヒマワリは 42 日間とした。

単色光照射の間中は、毎日水道水で灌水を行い、施肥は毎週 1 回、液体肥料 (液体ハイポネックス, $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} = 6\text{-}10\text{-}5$, (株) ハイポネックスジャパン) を N が 60mg l^{-1} となるように希釈し、水道水の代わりに与えた。

3. 生育調査

単色光照射期間終了後、すべての植物の節数、葉面積および主莖長を測定した。ただし、本報の結果で示した主莖長の値は、育苗時の蛍光灯下での生育分を除外して単色光照射の影響のみを検討するため、下胚軸長を除いた値である。また、青色光下で栽培したヒマワリについては部位別の節間長を比較するため、上胚軸と第 1, 第 2 節間を下位, 第 3 節間から第 5 節間までを中位, 第 6 節間から第 8 節間までを上位とし、部位別の平均節間長を示した。さらに、各単色光下で葉の形態、とくに全葉長に占める葉柄長の割合に違いが見られたので、各植物体の葉身長が最大の葉を最大葉とし、最大葉の全葉長 (葉身長 + 葉柄長) に対する葉柄長の割

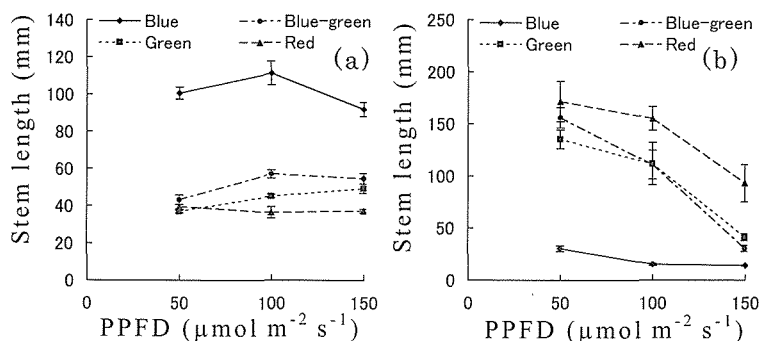


Fig. 2 Influence of light quality and PPFD on stem length in eggplant (a) and leaf-lettuce (b). The data were collected 25 days after the start of monochromatic light irradiation. Each value is the mean \pm SE of five plants.

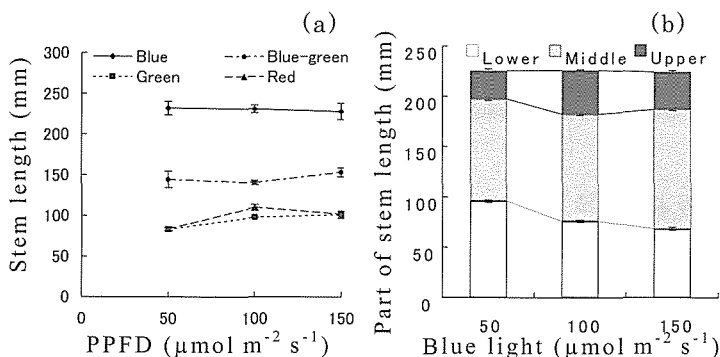


Fig. 3 Influence of light quality on stem length (a) and influence of blue light PPFD on internode length (b) in sunflower. The data were collected 42 days after the start of monochromatic light irradiation. Each value is the mean \pm SE of five plants.

合を百分率で示した。これらの測定を実施した後、植物体を地上部と地下部に（ヒマワリは、地上部をさらに花序と茎葉に）分けて通風乾燥機に入れ、75℃で3日間以上乾燥し、乾物重を測定した。

結果

1. 茎長の伸長におよぼす光質とPPFDの影響

3種の植物とも照射する光質によって茎の伸長は大きく異なった。ナスは青色光下の茎長が他の単色光と比較して大となった。青緑、緑色光下でも光強度の増加にともない茎長はわずかに増加したが、いずれの光強度でも茎長は青色光よりも著しく小さかった。赤色光下では光強度を変えても茎長に差はなかった (Fig. 2-a)。一方、リーフレタスは青色光下の茎長が他の単色光と比較して顕著に小となり、光強度が大きいほど茎長は小さくなった。青緑、緑、赤色光下の茎長は光強度が大きくなるほど茎長は小さくなったが、赤色光下の減少の程度は青緑、緑色光下と比較して小さかった (Fig. 2-b)。

ヒマワリはいずれの光強度においても青色光下の茎長が他の光質と比較して大きかったが、いずれの光強度でも茎長はほぼ一定であった。次に青緑色光下の茎長が大きく、緑、赤色光下の茎長はいずれも小さく両者に大差はなかった (Fig. 3-a)。青色光下における部位別の茎長をみると、下位節では青色光の光強度が高いほど節間伸長は抑制されたが、逆に中位節では青色光の光強度が高いほど節間伸長が促進された (Fig. 3-b)。

2. 乾物重、葉枚数、葉面積におよぼす光質とPPFDの影響

供試した3種の植物体全体の乾物重はどの単色光下でも光強度が増すごとに増加し、150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で比較すると、ナス、ヒマワリは青色光下で有意に大きく、リーフレタスは青、青緑色光下で大となった。地下部乾物重をみると、ナス、リーフレタスは青色光下でもっとも大きく、照射光の波長が長いほど小さくなったが、ヒマワリでは逆に波長が長いほど大きかった (Table 1, 2, 3)。

ナスの葉枚数は、青、赤色光下では光強度が高いほど増加したが、青緑、緑色光下では全ての光強度ではほぼ一

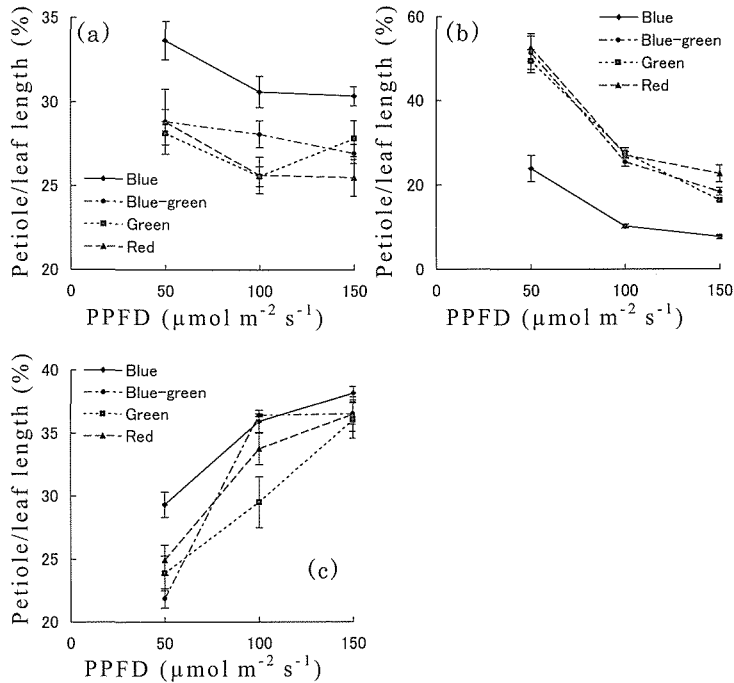


Fig. 4 Influence of light quality and PPFD on petiole length/leaf length (%) in eggplant (a), leaf-lettuce (b) and sunflower (c). The data were collected after 25 days of irradiation for eggplant and leaf-lettuce and after 42 days for sunflower. Each value is the mean \pm SE of five plants.

定だった。葉面積は、青、青緑、緑色光下では $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となり、赤色光下では光強度の増加とともに増加した (Table 1)。

リーフレタスの葉枚数は光質に関わらず光強度が高いほど増加したが、 $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の青色光下では他の単色光下と比較して有意に少なかった。また、葉面積は、青色光下では $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となったが、他の単色光下では $150 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となった (Table 2)。

ヒマワリの葉枚数も光質にかかわらず光強度の増加にともなって増加したが、青、青緑、緑色光下では $150 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で、赤色光下では $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となった。また、葉面積は青、青緑、赤色光下では $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となり、緑色光下では $150 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となった (Table 3)。

ヒマワリでは花序形成がみられたが、形成率はすべての単色光の $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上で 100% となった (Table 3)。花序の発達は青色光下で著しく、花序乾物重が他の単色光下 비해顕著に大きかった (Table 3)。

3. 葉柄長におぼす光質とPPFDの影響

主たる光受容器官である個々の葉の葉身部が主茎からどのような位置に展開するかは受光体勢に大きく影響すると思

われる。その指標として求めた全葉長 (葉身長 + 葉柄長) に占める葉柄長の割合は、植物種、光質により大きく異なった。ナス、リーフレタスでは、すべての単色光下で光強度が増加するほど葉柄長の割合は減少した。光質別にみると、ナスでは青色光下で葉柄長の割合が大きいが、光強度が増加すると葉柄長の割合は減少し、その減少の程度について光質間に大差はなかった (Fig. 4-a)。リーフレタスでは青色光下で葉柄長の割合が著しく小さく、他の光質間で差はなかった (Fig. 4-b)。ヒマワリではナス、リーフレタスと異なりすべての単色光で光強度が増加するほど葉柄長の割合は増加する傾向があった。光質別にみると、青色光下の $50 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で他の単色光より大きかったが、それ以外の区では大きな差はなかった (Fig. 4-c)。

考 察

1. 異なる単色光照射下における乾物生産

光合成を行う器官は葉であり、葉が効率よく光を受光できるように植物はおかれた光環境に応じて受光体勢を変えることが知られている。一方、葉身の形、葉柄長、葉身および葉柄の着生角度、葉序が植物全体の乾物生産に影響を与えるこ

とが示されている (Cescatti and Niinements, 2004). また、栽植密度が十分に低い場合には節間長が長くなると、個葉間の相互被陰が軽減され、結果的に乾物生産が増加することも示されている (Takenaka, 1994). 本実験に供試した3種の植物は同じPPFDレベルで比較すると、いずれも青色光下で他の単色光下に比べ地上部乾物重が大きかった (Table 1, 2, 3). 青色光下の全葉面積は他の単色光下に比べ同程度か、むしろ値は小さく、地上部乾物重が青色光下で大きいのは光の利用効率をより高めるように受光体勢が変化したためと推察された. 青色光下での変化は植物種により異なり、リーフレタスでは葉柄を短く、太くすることで葉身を立ち上がらせ、上方からの照射光の効率よい受光を可能にした. リーフレタスの葉柄は柔らかいため他の単色光下では葉柄が長くなると葉身が垂れ下がり、受光効率が低下する. 一方、ヒマワリでは葉柄長には差がないものの、節間伸長が青色光により促進され、Takenaka (1994) が述べているように個葉相互の被陰が軽減されたことにより受光効率が向上したと推察された. また、ナスでは青色光下で葉柄長が長くなったが、リーフレタスと異なり葉柄が十分に硬く、葉柄が長くなっても葉身は水平に保たれているため、葉柄長と節間長が長くなることで受光効率が高まったものと思われた. 本実験に供試した3種の植物の形態変化の反応から、青色光は青緑、緑、赤色光に比べ、植物の受光体勢の変化をより低い光強度でより強く誘発する光質ではないかと推察された. 実験に用いた3種の植物の通常の栽培環境時(日射下)の草型はナス、ヒマワリは立性、リーフレタスはロゼット性であり、本来の草型の違いと受光

効率を高める方法の違いに関連があるのかもしれない.

今後の課題として、それぞれの単色光下の個葉および個体の光合成量の測定を行い、光質の違いが引き起こす形態的变化と光質による光合成効率の変化が個体としての乾物生産にどのように影響するのかを明らかにする必要がある.

2. 単色光照射がヒマワリの生殖生長に及ぼす影響

開花は次世代を残すための重要な段階である. 花芽形成に及ぼす光質の影響について、長日植物のシロイヌナズナ、短日植物のイネにおいて分子生物学的手法により詳細な研究が行われている. すなわち、シロイヌナズナにおいては、花成制御遺伝子である *FT* の発現は青色光下によって促進され、赤色光下では発現量が増加しないこと (Mockler *et al.*, 2003; Valverde *et al.*, 2004), 赤色光に青色光を付加して照射すると開花が促進されることが示されている (Goins *et al.*, 1998). イネについても同様に青色光で花芽形成は促進され、赤色光で抑制されることが明らかとなっている (Izawa, 2005). 一方、Yamazaki *et al.* (2000, 2003), Ishii and Yamazaki (2003) は、カラー蛍光灯を用いて、短日植物のアサガオ、ダイズ、キク、サルビアでは青色光域の、長日植物のホウレンソウ、トルコギキョウ、アスターでは赤色光域の光が生殖生長を促進すると述べている. 本実験期間中に開花に至ったヒマワリについては、50 ~ 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の範囲において青色光と赤色光の双方で開花率は100%だったが、花序乾物重は赤色光の6.3 ~ 13.5 mg/株に対し、青色光では45.2 ~ 122.5 mg/株と著しく花序の発達を促進された (Table 3). ヒマワリは従来は光周性については中性植物とされてい

Table 1 Influence of light quality and PPFD on growth in eggplant.^x

Light quality (LQ)	Light intensity (LI) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Dry weight (mg)		No. of leaves (leaves/plant)	Total leaf area (cm^2/plant)
		Top	Root		
Blue	50	275 ± 40.2 ^y	69 ± 10.1	5.8 ± 0.2	157 ± 18.4
	100	524 ± 14.6	143 ± 8.7	6.6 ± 0.2	174 ± 7.5
	150	600 ± 30.6	178 ± 6.7	7.0 ± 0.0	148 ± 5.7
Blue-Green	50	225 ± 18.7	61 ± 4.6	6.2 ± 0.2	157 ± 10.2
	100	477 ± 13.7	139 ± 8.5	6.4 ± 0.2	164 ± 2.8
	150	462 ± 15.2	156 ± 4.8	6.2 ± 0.2	139 ± 2.6
Green	50	241 ± 17.2	67 ± 7.4	5.4 ± 0.2	142 ± 5.6
	100	372 ± 19.0	116 ± 13.6	5.6 ± 0.2	156 ± 3.0
	150	445 ± 20.7	148 ± 8.9	5.8 ± 0.2	140 ± 1.0
Red	50	280 ± 14.7	87 ± 11.6	6.4 ± 0.2	150 ± 2.8
	100	394 ± 33.2	137 ± 2.5	7.0 ± 0.0	163 ± 9.4
	150	475 ± 27.9	138 ± 2.9	7.4 ± 0.2	166 ± 8.8
Significance ^z	LQ	**	*	**	N.S.
	LI	**	**	**	**
	LQ X LI	**	**	N.S.	N.S.

^x The data were collected 25 days after the start of monochromatic light irradiation.

^y Means ± SE of five plants.

^z **, * and N.S. indicate significance at $p = 0.05, 0.01$ and not significant, respectively.

Table 2 Influence of light quality and PPFD on growth in leaf lettuce.^x

Light quality (LQ)	Light intensity (LI) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Dry weight (mg)		No. of leaves (leaves/plant)	Total leaf area (cm^2/plant)
		Top	Root		
Blue	50	147 ± 24.8 ^y	20 ± 4.4	9.4 ± 0.6	177 ± 25.2
	100	470 ± 30.5	155 ± 12.6	11.4 ± 0.5	301 ± 11.7
	150	760 ± 51.8	324 ± 13.8	13.5 ± 0.5	271 ± 8.8
Blue-Green	50	74 ± 13.3	6 ± 1.0	10.6 ± 0.5	74 ± 12.0
	100	398 ± 29.2	54 ± 5.8	16.0 ± 0.7	357 ± 21.4
	150	817 ± 33.7	219 ± 12.8	17.0 ± 0.3	451 ± 21.6
Green	50	54 ± 9.8	5 ± 0.9	10.2 ± 0.6	59 ± 10.4
	100	284 ± 39.1	42 ± 8.4	15.0 ± 0.9	287 ± 26.6
	150	703 ± 38.8	167 ± 12.2	19.2 ± 0.6	403 ± 19.5
Red	50	73 ± 17.3	7 ± 1.5	10.8 ± 0.9	63 ± 13.8
	100	273 ± 22.2	39 ± 6.3	14.2 ± 0.7	242 ± 13.8
	150	497 ± 56.9	90 ± 19.1	16.4 ± 0.2	313 ± 24.5
Significance ^z	LQ	**	**	**	**
	LI	**	**	**	**
	LQ X LI	**	**	**	**

^x The data were collected 25 days after the start of monochromatic light irradiation.

^y Means ± SE of five plants.

^z **, * and N.S. indicate significance at $p = 0.05, 0.01$ and not significant, respectively.

Table 3 Influence of light quality and PPFD on growth in sunflower.^x

Light quality (LQ)	Light intensity (LI) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Dry weight (mg)		No. of leaves (leaves/plant)	Total leaf area (cm^2/plant)	Formation of inflorescence (%)	Dry weight of inflorescence (mg/plant)
		Top	Root				
Blue	50	661 ± 40.6 ^y	112 ± 3.2	17.8 ± 0.8	239 ± 9.6	100	45.2 ± 8.0
	100	1196 ± 34.9	260 ± 10.9	19.0 ± 0.0	260 ± 8.2	100	119.2 ± 9.3
	150	1302 ± 48.5	268 ± 9.8	19.2 ± 0.2	247 ± 9.0	100	122.5 ± 18.4
Blue-Green	50	355 ± 53.5	75 ± 10.0	17.4 ± 0.4	197 ± 7.9	20	6.3 ± 0.0
	100	1041 ± 41.0	348 ± 30.0	20.8 ± 0.5	310 ± 7.7	100	11.9 ± 2.9
	150	1046 ± 52.1	277 ± 24.4	20.0 ± 0.5	281 ± 3.3	100	8.7 ± 1.3
Green	50	391 ± 17.5	77 ± 4.5	18.6 ± 0.5	225 ± 4.8	40	4.1 ± 0.1
	100	770 ± 32.0	220 ± 15.5	19.2 ± 0.6	286 ± 5.1	100	10.9 ± 2.2
	150	963 ± 30.2	373 ± 12.5	20.4 ± 0.8	296 ± 6.4	100	8.2 ± 2.1
Red	50	415 ± 10.8	115 ± 9.7	18.6 ± 0.2	187 ± 5.8	100	13.5 ± 1.1
	100	732 ± 16.7	285 ± 16.9	20.0 ± 0.3	214 ± 2.7	100	11.7 ± 1.5
	150	815 ± 34.9	420 ± 21.4	19.0 ± 0.3	177 ± 6.1	100	6.3 ± 2.1
Significance ^z	LQ	**	**	**	**		
	LI	**	**	**	**		
	LQ X LI	**	**	**	**		

^x The data were collected 42 days after the start of monochromatic light irradiation.

^y Means ± SE of five plants.

^z **, * and N.S. indicate significance at $p = 0.01, 0.05$ and not significant, respectively.

たが, Hayata and Imaizumi (2000) により相対的短日植物であることが示されており, イネ, アサガオ, ダイズ, キク, サルビアの報告 (Yamazaki *et al.*, 2000, 2003; Ishii and Yamazaki, 2003; Izawa, 2005) と同様に短日植物であるヒマワリについても生殖生長は青色光で促進された. 短日植物については, 青色光による花成促進作用を利用した光質による開花調節の可能性がある.

以上のように, LED を唯一の光源として単色光を照射し, 植物の生長や形態に及ぼす光質の影響をみると, 植物種によって, またヒマワリのように発育ステージによっても光質の作用は著しく異なることが明らかとなった. また, 植物種による生長の差異はそれぞれの光質下における受光量を増大する方法が異なることに因るのではないかと推察された.

摘 要

本実験ではLEDを唯一の光源とし、第一本葉展開後のナス、リーフレタス、ヒマワリに、青、青緑、緑、赤色の単色光を50, 100, 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ のPPFDで照射した。単色光照射開始から、25日後にナス、リーフレタス、42日後にヒマワリの生長を調査した。主莖の伸長は、ナス、ヒマワリにおいて青色光で顕著に促進され、他の単色光ではほとんど促進されなかった。リーフレタスの主莖伸長は、赤、緑、青緑色光の順に促進されたが、青色光では著しく抑制された。また、照射した単色光により全葉長に占める葉柄長の割合は植物種ごとに変化し、単色光照射による植物の生長反応は種により大きく異なった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、発光スペクトル分布の測定に御協力頂いた東海大学開発工学部の林真紀夫教授、およびLEDパネル作成に御協力頂いたシーシーエス株式会社に、記して感謝の意を表します。

引用文献

- Bula, R. J., Morrow, R. C., Tibbitts, T. W., Bartta, D. J., Ignatius, R. W., Martin, T. S. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. *HortScience* 26(2): 203–205.
- Cescatti, A., Niinemets, Ü. 2004. Leaf to landscape. In: *Photosynthetic Adaptation: Chloroplast to Landscape*. eds. by Smith, W. K., Voelgelmann, T. C., Critchley, C., Springer, New York, 42–88.
- Cosgrove, D. J. 1994. Photomodulation of growth. In: *Photomorphogenesis in plants-2nd edition*. eds. by Kendrick, R. E., Kronenberg, G. H. M., Kluwer, Dordrecht, 631–658.
- Dougher, T. A. O., Bugbee, B., 2001. Difference in the response of wheat, soybean and lettuce to reduced blue radiation. *Photochem. Photobiol.* 73(2): 199–207.
- Fukuda, N. 2002. Current situation and potential of supplemental lighting and artificial lighting in plant cultivation (in Japanese). SHITA Report No. 18: 69–79.
- Goins, G. D., Yorio, N. C., Sanwo-lewandowski, M. M., Brown, C. S. 1998. Life cycle experiments with arabidopsis grown under red light-emitting diodes (LEDs). *Life Support Biosphere Sci.* 5: 143–149.
- Goto, E. 2003. Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. *Environ. Control in Biol.* 41(2): 121–132.
- Hayata, Y., Imaizumi, Y. 2000. Effect of photoperiod on flower bud development of ornamental sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69(6): 708–710.
- Ishii, Y., Yamazaki, K. 2003. Effect of light quality control on growth and flower bud formation of short- and long-day plant (in Japanese). In: *Proc. 2003 the joint meeting on environmental, engineering in agriculture*, Iwate, 8–11 Sep, 176.
- Izawa, T. 2005. Light sensing in plant, eds. by Wada, M., Shimazaki, K. and Lino, M., Springer, Tokyo, 333–337.
- McDonald, M. S. 2003. *Photobiology of higher plants*. Wiley, West Sussex., 199–239.
- Mockler, T., Yang, H., Yu, X., Parikh, D., Cheng, YC., Dolan, S., Lin, C. 2003. Regulation of photoperiodic flowering by *Arabidopsis* photoreceptors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100(4): 2140–2145.
- Takenaka, A. 1994. Effects of leaf blade narrowness and petiole length on the light capture efficiency of a shoot. *Ecol. Res.* 9: 109–114.
- Valverde, F., Mouradov, A., Soppe, W., Ravenscroft, D., Samach, A., Coupland, G. 2004. Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. *Science* 303(5660): 1003–1006.
- Yamazaki, Y., Ishii, Y., Kamuro, Y., Tanaka, I. 2000. The effect of quality and intensity of light on the flower-bud formation in morning glory (*Pharbitis nil* Choisy). (in Japanese) *Environ. Control in Biol.* 38(1): 39–46.
- Yamazaki, K., Ishii, Y., Matsui, S., Tanaka, I. 2003. Effects of light quality, daylength and growth temperature on flowering in morning glory (*Pharbitis nil* Choisy). *Environ. Control in Biol.* 41(3): 211–219.