短 報

可視発光ダイオードによる植物栽培実験

高辻正基・辻 貴之・関 善範・星 岳彦

東海大学開発工学部 410 沼津市西野

Plant Growth Experiment Using Visible Light-Emitting Diodes

Masamoto TAKATSUJI, Takayuki TSUJI, Yosinori SEKI

and Takehiko HOSHI

*School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University,
Numazu, Shizuoka 410, Japan*

Summary

A plant growth experiment using high-intensity visible light-emitting diodes was carried out for lettuce by changing the red/blue ratio (R/B). The result showed that the growth for $R/B=10$ was the largest compared with $R/B=5$ and 20 cases for both fresh and dry weights, and even more favorable than the growth under metal-haloid lamps.

はじめに

従来植物工場に使用されている高圧ナトリウムランプなどの光源は、光合成や光形態形成に大切な赤色(640~690 nm)と青色(420~470 nm)のバランスが悪かったり、一部が不足している。また多量の熱放射が空調負荷を大きくし、植物との距離を十分にとる必要が生じるために、装置が大型化する欠点がある。さらに光合成は間欠照明によって増大することが知られているが、従来、光源をパルス化するのはコスト、寿命などの点で難しい。そこでこれらの難点を克服し、農業分野に新しい小型光源を導入すべく、最近著者の一人は発光ダイオード(以下LED)を含むレーザー植物工場の可能性を論じた¹⁾。

レーザー植物工場が実現するために基本的なことは、赤色と青色の2種類の準単色光によって確かに植物が量的にも質的にも健全に育つのか、またこの2色の最適な比率(R/B)はいくらかということである。そこで今回、高輝度の可視LEDを用いてこれらの点の検証を初めて試みた結果を報告する。最近LEDを用いた植物栽培実験の短い報告がわれわれのを含めて発表され²⁾、また赤色~遠赤色LED(670 nm/735 nm)を植物栽培光源として用いた装置が発売された³⁾。本実験はサンプル数がまだ十分ではないが、新しい結果であることを考慮して短報として報告することにする。

材料および方法

使用したLEDは赤色がスタンレー電気のH300(中心波長660 nm, 半値幅約30 nm, 出力300

1995年3月17日受理

mcd), 青色が日亜化学の NLPB500(中心波長 450 nm, 半値幅約 70 nm, 出力 1000 mcd)である。これらの中心波長は光合成スペクトルの赤と青のピークのほぼ一致していることに注意したい。クロロフィルや光形態形成の吸収・作用スペクトルのピークにほぼ正確に合わせられるのが、LED あるいはレーザーを使うひとつの利点である。

$R/B=10$ (光量子束密度で測定。以下同様)の標準値の場合は赤色 480 個, 青色 114 個を 16 cm×17 cm のプリント基盤のうえに配列し, それを栽培トレイ上面から 15 cm 上方に設置した。そして周囲 3 方向をアルミホイルで囲って反射率を高めた。 $R/B=5, 10, 20$ の三つの場合について実験を行ったが, いずれの場合も栽培トレイ上面の光量子束密度をほぼ $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ に保った。メタルハライドランプによる比較実験においても同様である。この栽培装置を気温 20°C , 相対湿度 70%, 日長 14 h に設定したグロウスキャビネット内に設置して測定を行った。試料に用いたサラダナは 2 g 強のものを定植し, 2 週間後に収穫して測定した。主な測定項目は収穫時の全生体重, 部位別生体重(葉, 茎, 根), 草丈, 葉数, 葉面積, 全乾物重, およびその部位別乾物重である。

結 果

実験結果をまとめて表 1 に示す。このなかで生体重と乾物重のデータをグラフで示したのが図

表 1 実験結果

Table 1 Results of the experiment

	メタルハライドランプ	LED($R/B=5$)	LED($R/B=10$)	LED($R/B=20$)
全生体重 (g)	35.4	21.5	29.1	17.4
(葉)	28.5	18.1	25.1	13.7
(茎)	1.0	0.3	0.5	0.2
(根)	5.9	3.1	3.5	3.5
草 丈 (cm)	13.0	10.0	11.6	11.5
葉 数 (枚)	26	25	32	28
葉 面 積 (cm^2)	908	566	863	501
全乾物重 (g)	1.68	1.39	2.40	0.88
(葉)	1.41	1.03	2.23	0.71
(茎)	0.07	0.02	0.03	0.02
(根)	0.20	0.34	0.14	0.15

図 1 生体重の部分重の割合

Fig. 1 Partial fresh weights of lettuce for four cases of the experiment

図 2 乾物重の部分重の割合

Fig. 2 Partial dry weights of lettuce for four cases of the experiment

1と図2である。まず R/B を変えた実験では $R/B=10$ の場合が生体重、乾物重とももっとも大きく、これに $R/B=5$, $R/B=20$ が続いた。 $R/B=20$ の場合に葉が細長くまるまり、形態的に商品価値が低かったことを考えると、植物の成長に青色光は必須とはいえ、その比率が一定以上に高まると成長を抑制すると考えられる。ちなみに $R/B=10$ と5の場合、メタルハライドランプの場合に比べて形態的に特に遜色は見られなかった。

興味深いのは $R/B=10$ の場合とメタルハライドランプとの比較である。生体重に関しては葉の場合に約10%程度LEDが劣っているが、乾物重でみるとメタルハライドランプに比べて全乾物重で約40%、葉で約60%も増えている。生体重に対する乾物重の割合でいうと、メタルハライドランプの場合が4.7%、LEDの場合が8.2%になる。したがってこの場合は品質的にはLEDのほうが優れているといえるだろう。見た感じもLEDのほうが締まった様子で、明らかに水分含量が少なく見えた。ただ $R/B=5$ の場合の根の乾物重が大きかった理由は不明で、実験誤差かもしれない。サンプル数を増やして再実験する必要がある。

これまで光質が植物の生育に及ぼす影響はいろいろな作物に対して調べられてきた^{4,5)}。作物の種類により結果はさまざまだが、概していえることは光量子束密度が同じなら基本的に乾物重も同程度になるが、青色に偏った光では乾物重や葉面積、草丈の減少が観測されている場合が多い。これはわれわれの $R/B=5$ の結果に一致している。しかし従来の光質実験は連続スペクトルを用いているので、おおまかな傾向はつかめるものの、赤色光と青色光の効果に対して本実験のようにはっきりした結果は出ていない。

結 言

赤色と青色の高輝度LEDを用いてサラダナの栽培を行った結果、 $R/B=10$ の場合にメタルハライドランプに比べて葉の生体重では約10%減だが、葉の乾物重で約60%増という量的および質的に総合的に判断して優れた生育が得られた。これによって2種類の準単色光によって植物が健全に生育することの確認という初期の目的は果たせた。今後の課題はまず、実験サンプル数を増やして再現性を確認することである。また最近では波長730 nm近辺の遠赤色光の成長促進効果が認められている⁶⁾。赤色、青色、遠赤色光の三つの波長を使えば、光形態形成のほかにエマーソン効果の精密な測定など、植物の光生理学の面でも興味深い結果が得られると思われる。

参考文献

- 1) 高辻正基・山中正宣: レーザー植物工場の可能性, 植物工場学会誌, 6: 184~190(1994); 応用物理, 同上, 63: 1127~1130(1994)
- 2) FOCUS, 1994年11月23日号; 岡本・柳: 平成6年度電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, 109(1994)
- 3) Quantum Devices Inc.: バイオ研究用LED光源QBeamカタログ, 新光電子(株), p.1~9(1993)
- 4) 稲田勝美編著: 光と植物生育, 養賢堂, p.59~60, 97(1984)
- 5) 照明学会編: 光バイオインダストリー, オーム社, p.141~161(1992)
- 6) 相賀・村上・崔・清田: 光に対する植物の生理, 生態反応, 「SHITA REPORT No.8」, 日本植物工場学会, p.24-34(1994)