

発光ダイオード/半導体レーザー光源の植物栽培への応用

土屋 広司・本間 孝宜

Application of Light Emitting Diode and Laser Diode Lamps as Light Sources for Plant Production

Hiroshi TSUCHIYA and Takayoshi HONMA

The performance of semiconductor devices, such as light emitting diode (LED) or laser diode (LD), has shown a rapid progress in last decade. In recent research, LED and LD lamps have been proposed to use as radiation sources for plant production. This paper introduces some research on LED's and LD's applications for plant production purpose.

Key words: light emitting diode (LED), laser diode (LD), plant production

1. 植物と光

植物にとって光は光合成のエネルギー源として作用するだけでなく、栽培環境を認識する情報源としての作用がある。光合成に有効な光は光合成有効放射とよばれる波長400~700 nmの光である。その光合成作用スペクトルは、450 nm (青色)と670 nm (赤色)付近にピークをもち、赤色光のほうがエネルギー利用効率が高いことが知られている。

植物の光に対する反応は日長反応、気孔運動、光屈性、光形態形成とよばれる花芽形成や形態への影響など幅広い。植物の光応答研究によって特定波長の光に反応する光受容体として、赤色光 (600~700 nm)と遠赤色光 (700~750 nm)に反応するフィトクロムや青色光受光体のひとつとされるクリプトクロムなどが見いだされており、光をシグナルとしたさまざまな生理反応メカニズムの研究が進展している。

また、光合成には光強度が重要な要素である。光強度は光合成量を直接支配するため生育状態に見合った光エネルギーを与える必要がある。植物栽培には一般的な事務机上の照度の数十倍という高い照度が必要とされる。

2. 植物栽培用光源に求められる特性とLED/LD

理想的な植物栽培用光源とは、植物の光に対する有益な反応を引き出しながら、光合成を効率よく行える高輝度・

省エネルギー光源である。LED (light emitting diode)/LD (laser diode)には発光波長の単色性が植物の光反応を引き出すのに好都合なこと、内部に高温部分が存在しないため植物に害になる熱線放射がないこと、高速点滅¹⁾や明るさ調整が容易なことなどの長所がある。しかし、素子あたりの光出力が小さいことから広い栽培面積を高い照度でカバーするには多数の素子を必要とするという問題点がある。これに対し、高圧ナトリウムランプは効率やランプ単体の光出力にすぐれるため実用的な植物栽培用光源として広く使われている。

3. LEDの応用

基本的に素子あたりの光出力が小さいLEDは光強度に対する要求が少ない補光栽培や組織培養用にその用途が研究されてきた。LED開発の進展に伴う高輝度LEDの登場を背景に、渡辺ら²⁾は素子あたりの光出力が小さいという問題点をLED素子の水冷化によって解決し、LED植物工場によるレタスなどの商業生産を開始した。このLED植物工場は赤LED光のみで栽培するシステムを完成させている。

4. LDの応用

LDの植物栽培への応用研究はLDの植物栽培用光源としての可能性の報告³⁾以降、カイワレダイコンでの研究⁴⁾やサラダナ⁵⁾、イネ栽培⁶⁾などの研究がある(図1)。これら

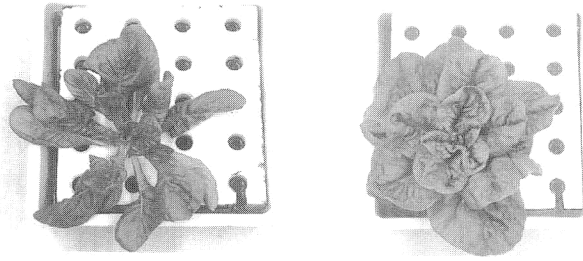


図1 LDで栽培したサラダナ。左は680 nmの赤色LD光単色で栽培した個体、右は赤色LD光に5%の青色光添加を行った個体。青色光により、葉の形態が大きく影響される。

の研究の背景にもLD技術の進歩があり、光合成可能な700 nm以下の波長の高出力赤色LDの開発があった。山崎ら⁶⁾は赤色LD光に青色光を添加した光環境において、イネが栄養生長から生殖生長へと順調に推移し籾が登熟することを確認した。また、LDの波長純度の高さは植物の光受容体を正確に刺激することによって植物の光応答の詳細な研究を可能にした⁷⁾。

5. 紫外LED, 青色LD

白色LEDや光化学反応用に400 nm以下の紫外光を発生する高出力紫外LEDの開発が進んでいる。また、光ディスク用青色LDも実現されている。これらの発光波長である370~400 nmの領域は、植物にとって実や花の着色に関係ある波長の一部とされている。

6. 白色LED

青色LED技術から派生した白色LEDは液晶表示パネルのバックライトを中心に照明器具などへと幅広い応用が始まっている。最近の省エネルギー化の流れの中で、青色LED開発で先行する企業や「21世紀のあかりプロジェクト」などにおいて、蛍光灯を高効率な白色LEDに置き換

えようとする研究が進展している。プロジェクトでは、白色LEDの効率と寿命が蛍光灯を大きく上回る目標が設定されている。GaN系白色LEDには青色LEDと黄色蛍光体の併用型と紫外LED光を白色蛍光体で変換する白色蛍光灯に似たタイプがある。この紫外光変換タイプの白色LEDは蛍光体の選択で波長特性を設定できるところから植物栽培用蛍光灯の蛍光体技術の導入により植物栽培に適した波長分布をもつLEDも作り出せる可能性をもつ。このような背景もあり白色LEDを用いた植物栽培研究が開始されている。

文 献

- 1) 渡辺博之：“LED光源の植物工場への適用”，植物工場のハイテク技術，SHITA Report, 11 (1996) pp. 31-41.
- 2) 渡辺博之：“LEDを光源とした野菜工場”，21世紀における植物工場生産の展望，SHITA Report, 17 (2001) pp. 13-22.
- 3) 高辻正基，山中正宣：“レーザー植物工場の可能性”，応用物理，63 (1994) 1127-1130.
- 4) 西田嘉夫，山中正宣，井澤靖和，中井貞雄：“レーザーダイオードと青色発光ダイオードを用いた植物栽培実験”，レーザー研究，24 (1996) 507-512.
- 5) 山崎 文，土屋広司，宮島博文，本間孝宜，菅 博文：“半導体レーザー光がサラダナ生育に及ぼす影響”，植物工場学会誌，12 (2000) 93-98.
- 6) A. Yamazaki, H. Tsuchiya, H. Miyajima, T. Honma and H. Kan: “Growth of rice plants under red laser-diode light supplemented with blue light,” Acta Hort., No. 580 (2002) 177-181.
- 7) 勝又政和，岡野陽平：“半導体光源を用いた光質によるシロイヌナズナ光形態形成の解析”，日本植物生理学会予稿集 (2002) p. 263.

(2002年6月11日受理)