急速に成長する 植物栽培市場を支える LED 技術

モーリー・ライト

植物栽培を対象としたLEDパッケージとSSL最終製品の市場が拡大しつつある。さまざまな植物の種類と成長段階に合った単色スペクトルを見つけるための研究が、科学者らによって続けられている。

植物栽培に関する研究から、ある比較的狭いスペクトル帯域の光を照射することによって植物における葉緑素の吸収を最適化し、それによって植物の成長に欠かせない光合成活動が促進できることが判明している。LEDパッケージと、SSL(Solid State Lighting:固体照明)最終製品の両方のメーカーが、急速に成長するこの市場でシェアを獲得しようと動き出している。その一方で研究者らは、他の波長によって温室や屋内の商業用植物栽培施設における生産性をさらに高める方法を理解しようと、取り組みを続けている。

LED照明を商用の花や野菜の栽培者に提供しようというのは、自然な発想だった。補助的な光を必要とする温室であるか、完全に人工照明に依存する屋内であるかにかかわらず、植物栽培用照明の電気代は、栽培業者にとって大きな負担となっている。エネルギー効率の高いSSLを採用すれば、直ちに電気代の節約につながることは明らかだった。

しかし、植物栽培の成長サイクルのさまざまな段階に対し、特定のスペクトル帯域が主に有効であることについて研究が進められ、LEDがこの分野により一層適していることが明らかになった。緑色のスペクトルはこれまでのところ、植物の成長にほとんどあるいはまったく効果がないことが示されて

いるが、MH(Metal Halide:メタルハライド)ランプなどの広帯域光源は本質的に、このような帯域のスペクトル成分を放射するために無駄なエネルギーを消費する。これとは逆にLEDは単色性が高いことから、SSLメーカーは、植物が必要とするスペクトルエネルギーだけを生成する照明器具を提供し、エネルギー効率を高めることができる。この話題の背景については、英語版本誌 LEDs Magazine 3月号を参照してほしい(ledsmagazine.com)。

LEDパッケージ

実際、照明を中心とする植物栽培に 関する研究は完了には程遠いが、特定 のスペクトル帯域と、野菜や花の育成との間の関係を明らかにするための研究が続けられる中で、一部の原理は確立されている。そしてLEDメーカーは、その研究結果に反応を示している。例えば、独オスラム・オプト・セミコンダクターズ社(Osram Opto Semiconductors)はつい最近、730nmを中心とするファーレッド(遠赤色光)LEDと同社が呼ぶ製品を発表した。SSL製品ファミリ「Oslon」に含まれるハイパーレッド(660nm)とディープブルー(450nm)のLEDを補完するものである(図1)。

オスラム社でSSL担当LEDアプリケーションマネージャーを務めるキム・パイラー氏(Kim Peiler)によると、450nmと660nmの波長がすべての植物において葉緑素の吸収のピークであることは、現時点で文書によって十分に裏付けられているという。しかし、新しい



図1 オスラム社の新しい波長730nmのLEDは、ピーマン、トマト、バラの栽培の生産性を高めることができる。

研究からは、660nmと730nmの光を 組み合わせれば、植物のフィトクロム 光受容体に作用し得ることが示されて いる。フィトクロム色素を活性化するこ とによって、植物の開花を早めること ができるとパイラー氏は付け加えた。

遠赤色光を成長サイクルのどの段階でどのように適用するかについては、まだ研究が進められている最中である。例えば、植物から赤色光を奪うと、陰をシミュレーションすることができ、茎が長くなって接ぎ木に適した植物が得られると、パイラー氏は述べた。しかし、成長サイクルの別の段階や、異なる応用分野では、赤を取り入れることで開花が促進される可能性があるという。

植物栽培に利用されるLEDの種類は、今後ますます拡大する見込みである。オスラム社は、橙、黄色、緑色の単色LEDに加えて、蛍光体変換型の白色LEDを提供しており、これを利用した実験が研究者らによって行われている。なぜ白色LEDなのかと、疑問に思われるだろうか。白色LEDを青色励起することで、必要な青色ピークとともに、植物栽培の作業者に必要な白色光が得られる。つまり、赤色と白色LEDの組み合わせは、植物と人間の両方が必要とする光を提供し、有用であることが実証される可能性がある。

植物栽培用照明製品

その一方で、植物栽培用SSL市場の 潜在的可能性に目を付けた新しい照明 メーカーが、この市場に参入している。 例えば、米ハベル・ライティング社(Hubbell Lighting)は最近、660nmの赤色 LEDと460nmの青色LEDを利用する 植物栽培用照明製品ファミリ「Nutri LED」を発表した(図2)。ハベル社で 新製品イノベーション担当製品マネー

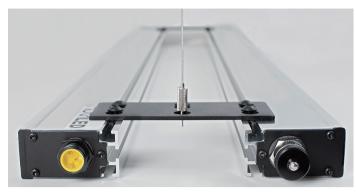


図2 ハベル社は、 拡張可能な照明器具 NutriLEDを発売した。直線形の同製品は、並列構成にして 連結することができる。

ジャーを務めるトム・ベルトリ氏(Tom Veltri)によると、青色LEDは植物の栄養成長期に重要で、赤色LEDは結実と開花を促進するという。ハベル社は、赤色と青色を2:1の割合で利用しており、それによって植物栽培市場における最も広い分野に対応することができると、ベルトリ氏は述べた。

主流分野を対象とする照明メーカーであるハベル社が、なぜ植物栽培というニッチな市場をターゲットにすることを決断したのかと尋ねたところ、ベルトリ氏は、決断を促したのは同市場の潜在的可能性であると述べた。同氏によると、ハベル社の調査から「100~200万平方フィート分の栽培を屋根の下で行う生産者の数」が明らかになったという。

米ウインターグリーン・リサーチ社 (WinterGreen Research)によるレポート「LED Grow Light Market Shares, Strategies, and Forecast Worldwide」 (農業用LED成長灯の世界の市場シェア、戦略、および予測)の2014年4月発行の版では、LED成長灯の2013年の市場規模が3億9500万ドルであったと報告されている。しかしこのレポートによると、同市場は2020年までに36億ドルに達することが予測されるという。米ラックス・リサーチ社(Lux Research)は、2014年に同市場の規模が10億ドルを超える可能性があると述べ

ていた。

同市場の潜在的可能性の背景には、前述の植物の生産性とエネルギーの節減以外にも理由がある。ベルトリ氏は、Farm to Table (農場から食卓まで)や自然食品といったトレンドを、屋内栽培を促進する要素として挙げた。「屋内ならば、自然食品により適した環境を管理することができる」と同氏は述べた。また、Farm to Tableを実践するには基本的に、消費者の近くで栽培を行う必要がある。つまり、ニューイングランド地方や米国中西部の冬や、多くの植物にとって気温が高すぎる米国南東部の夏には、屋内で作物が栽培されることになる。

ベルトリ氏は、農場と消費者の間の 距離の最小化と、作物収率の関係につ いても語った。収率損失は、収穫、輸 送、賞味期間の間に生じると同氏は述 べた。輸送の時間と距離を最小化すれ ば、収率損失が低下し、賞味期間が長 くなる。

最後に、屋内農場は継続的な運用が可能で、従来の農場よりも小さな面積で植物を生産することができる。LED 照明を採用すれば、レタスなどの植物を層状に栽培したり、トマトなどを20フィート(約6m)もの高さに育成したりすることができる。このようなトマト栽培では、植物の高さに沿って細長いLED 照明を垂直に並べ、植物に光が

当たるように挿入することができる。 低温動作のLEDならば、植物から数インチ未満の距離に設置しても、レタスやトマトの葉を焦がすことはない。例えば、弊誌は2014年に、米GEライティング社(GE Lighting)のLED製品を利用して、1日あたり1万株ものレタスを生産する日本の屋内レタス農園を取り上げた(http://bit.ly/1p7upMI)。

照明器具の設計

当然ながら、植物栽培には、一般照明とは異なる指針で設計された照明器具が必要である。ハベル社は、植物栽培用照明製品NutriLEDを、拡張可能となるように設計した。直線形のこの照明器具には、2フィートと4フィートのバージョンがあり、並列に組み合わせて(図3)、終端同士を接続できるようになっている。各器具に一体型ドライバが付属しており、ハベル社は、最大16個の器具を直列に連結して1つのAC電源に接続することのできる、短い電源コードも提供している。

ベルトリ氏は、ハベル社がこの光学システムのビーム広がり角を、高出力LEDに一般的なランバート分布よりもかなり狭い、60°の直線状となるように設計したとも説明した。この照明器具は、押出加工と陽極酸化が施されたアルミニウム筐体の中にパラボラリフレクタを装備し、表面にはLEDを保護するアクリルレンズが取り付けられている。このデザインによってさまざまな設置方法が可能で、例えば、作物の列の間に照明器具を配置して、植物の上部を照らすとともに、植物の下部にも光が届くような垂直状の光を実現することができる。

31Wと62Wの照明器具は、400Wと600WのHID照明を置き換えることを目的としている。この照明器具は、高温



図3 照明器具NutriLEDには、60°のビーム広がり角を 実現するパラボラリフレクタ が内蔵されている。

多湿という植物栽培に固有の比較的厳 しい環境向けに設計されている。定格 寿命は気温25℃で7万時間となってい るが、50℃でも高い信頼性で動作する ことができる。

温室栽培などの特殊用途

当然ながら、植物栽培におけるLED の応用分野は屋内だけではない。多くの温室において、補助的な照明が必要となる。例えば、植物栽培用照明メーカーである米ルミグロー社(Lumi Grow)は最近、ノースカロライナ州ブロードウェイにあるパターソン・グリーンハウス(Patterson Greenhouses)との協力の下で実施した事例研究結果を発表した。パターソン・グリーンハウスではルミグロー社の照明器具を採用することにより、トマトの栽培期間を米国内の比較的温暖な地域よりもさらに延長させている。

農園所有者のライアン・パターソン氏(Ryan Patterson)は、「毎冬の日照量を平均すると、追加の光は必要ないはずのように思われる。しかし、3日間連続で曇りが続くと、植物は必要な光が得られず、十分な大きさや速さで成長しない。ルミグロー社の照明を当てているトマトは、それ以外のトマトよりも元気に育っている」と述べた。

パターソン氏は、施設の3分の1の

部分にだけ人工照明を導入し、植物栽培用LED照明による改善結果を文書に記録した。同氏によると、茎が太く成長することが望ましい植物成長の初期の段階において、LEDを当てた植物の直径は、人工照明を利用しない植物よりも0.63インチ太くなったという。

また、LEDを採用する植物用照明は、適用範囲のサイズという点において拡張可能である。裏庭でガーデニングを楽しむ消費者も、大規模な商業用農園を営む栽培業者と同じように、LED成長灯を利用することができる。例えば、スウェーデンのヘリオスペクトラ社(Heliospectra)は、幅広い顧客向けに水量制御も可能なシステムを提供している。弊誌では以前、特殊なハーブの栽培と生産のためだけにこのようなシステムを利用しているスウェーデンの高級レストランを紹介した(http://bit.ly/1EJrcFU)。

合法的な医療用大麻

植物栽培におけるLEDの利用を大きく拡大する可能性をひそかに秘めた応用分野がもう1つある。医療または娯楽目的の大麻の規制が緩和しつつあることは、米国やその他の地域にわたって合法的な屋内栽培施設の大幅な増加につながる見込みだ。米アークビュー・マーケット・リサーチ社(Arcview









図4 ハベル・ライティング社のNutriLED照明の下で、元気よく発芽する様子(上)。その他の写真はすべて、日本GE社(GE Japan Corp.)が開発したLED照明器具を利用して、制御された環境下での作物収率の向上を図る都市部のレタス栽培の様子を示している。

Market Research)は、合法的な大麻市場が2017年までに4倍以上にまで拡大し、102億ドル規模に達すると予測している。

公表を前提に話してくれる人はほと んどいないが、屋内で違法に大麻を栽 培する人々の間では、かなり以前から LED照明が好まれてきた。もちろん、低 出力のLED照明を利用すれば、栽培者 は電気代を抑えることができる。しか しLEDには、そのような違法行為を警 察が簡単に検挙にするための2つの方 法を排除するという効果もある。警察 は電力会社と協力して、過剰にエネル ギーを消費している家庭など、都会や 郊外の場所を検出することができる。 また、HID照明は熱を発生するため、へ リコプターに搭載された高度な赤外線 画像装置によって検出可能だが、LEDは 低温で稼働することができる。

へリオスペクトラ社は、この応用分野をターゲットとする企業の1社である。同社は最近、米ワシントン州シアトルの顧客からの100万スウェーデン・クローナ(11万9300ドル)相当の受注を獲得したと述べた。この栽培業者は以前にも、それよりも少数のLED植物栽培用照明を注文したことがあり、ヘリオスペクトラ社は、この顧客からの追加注文を期待していること、そして、娯楽目的の大麻が合法化されたコロラド州とワシントン州の複数の顧客にも少数の照明製品を販売済みであることを明かした。

同社によると、一般的に大麻には、 条件にもよるが1~3カ月の成長サイクルが必要であるという。前出のワシントン州の顧客は、開花サイクルを1~ 2週間短縮することができたとへリオスペクトラ社は述べた。

植物栽培分野の可能性

現実的には、植物栽培分野における LED照明販売の可能性を予測すること は不可能である。SSLを利用して生産 性を高めるための新しい方法が研究に よって明らかになりつつあることを考え ると、特にそういえる。しかし、LEDの 一般照明でもそうであったように、栽 培者はこれまでに、LED技術をめぐる いくつかの問題に遭遇してきた。ハベ ル社のベルトリ氏は、「多くの栽培者が 既に、LEDの問題を経験済みだ」と述 べた。初期の製品の多くは仕様を満た さず、また、複雑なSSLシステム設計の 経験がほとんどない小規模企業や米国 外のメーカーが製造したものだった。

それでも、LEDがもたらすメリットによって、ほとんどの栽培者がいつの日かこの技術を採用することになるだろう(図4)。オスラム社のパイラー氏は、レタスの近くに照明を配置するといった応用は、「間違いなくLEDでなければ実現できない」と指摘する。「利用が今ますます増加していることを、はっきりと確認している」と同氏は付け加えた。

続けられている研究は、恩恵とともに悩みの種ももたらす。最終的には、すべての種類の植物に対して、有効な光はそれぞれ異なるという結論に達する可能性がある。ハベル社のベルトリ氏はLEDの選択と組み合わせについて、「栽培する植物の種類に依存する。植物によって、利用するスペクトル帯域がすべて異なる」と述べた。どうやら、人間用の照明と同様に植物栽培においても、スマートな照明とチューニング可能なスペクトルという概念が重要ということなのかもしれない。

著者紹介

モーリー・ライト(MAURY WRIGHT)は、LEDs Magazine と Illumination in Focus の編集者。