

科学が促す、植物栽培のニーズに適したLED照明の進歩

モーリー・ライト

LEDを採用するSSL製品は、屋内やビニールハウスでの植物栽培に画期的な進歩をもたらしている。しかし、植物の種類や、同じ植物でも成長の段階によって、求められる光条件が異なることについては、まだ解明すべき点が数多く残されている。

固体照明(SSL: Solid State Lighting)光源は、一般照明の分野にエネルギー効率の向上、保守コストの低減(または撤廃)、スペクトル制御、ビーム制御といったメリットをもたらしたが、高出力LEDはそれと同じような画期的なメリットを、植物栽培などの生命科学の分野にもたらしている。しかし、植物に必要な光は人間とは異なり、発光効率(ルーメン毎ワット、lm/W)や演色指数(CRI: Color Rendering Index)といった人間を対象に設けられた測定基準は、LED照明が野菜や花の栽培に適した効果を発揮するかどうかを示す指標になる場合もあればならない場合もある。また、植物の概日サイクルは人間とは異なり、植物の品種によっても大きく異なる。それでも、ビニールハウスや、屋内で行われる都市農園や垂直農園では特に、SSLへの移行が急速に進んでおり、植物栽培業

界は、成長と生産に最適な光組成という観点から、植物のニーズ究明に日夜取り組んでいる。

SSLは、食用農作物や、草花栽培または花を中心とする産業を含む、世界の植物栽培業界に真の革命をもたらす可能性がある。LEDを採用する照明は、大麻の栽培においても重要な役割を担う。医療と娯楽の両方を目的とした大麻の使用に対し、法規制を緩和する動きが進んでいることが、特にその背景にある。実際、植物栽培におけるLEDの重要性が高まっていることを受けて、LEDs Magazineは、第1回目となるHorticultural Lighting Conferenceを10月12日に開催した。詳細については下の別掲記事を参照してほしい。

植物栽培におけるSSLの役割

野菜や果物の栽培でLEDを使用する目的は主に、特に夏が短い寒冷地域

において栽培期間を延長することである。以前は主に高圧ナトリウム(HPS: High Pressure Sodium)照明だった人工照明は、例えば、ビニールハウスでトマトの栽培期間を延長するために長い間使われてきた。本稿では、LED照明がもたらす新たな効果について説明するが、SSLの顕著なメリットのひとつは、照明が熱を生成しないので、インターライティング(interlighting)が利用可能なことである。インターライティングとは、照明を植物の近くまたは間に、垂直または水平方向に配置して、植物が成長するにつれて上部からの光が直接届きにくくなる低位の葉に光を当てるものである。

ビニールハウスでは、主に日光を補う光源としてLEDが使用されるが、気温が低く日照時間が短い冬には、人工照明はますます不可欠となる。大麻栽培にも、植物が垂直方向に成長する

SSLがまいた種から生まれた、新しいイベント

LEDs Magazineは2016年10月12日に、第1回目となるHorticultural Lighting Conferenceをシカゴ中心部にあるパルマーハウスヒルトンホテル(Palmer House Hilton Hotel)で開催した。研究や技術をエンドユーザーの用途に結び付けるこの1日限りの特別なカンファレンスでは、植物栽培照明市場の進歩に影響を与える技術や手法の

最新情報が紹介された。主要なビジネス課題や市場の可能性を生かす方法を取り上げるこのカンファレンスには、商用栽培、ビニールハウス、草花栽培、垂直農業、都市農業などに従事する、意識の高い幅広い参加者が集った。詳細については、horticulturelightingconference.comを参照してほしい。

ことのできる、ビニールハウスのような空間が必要である。しかし、合法的な大麻栽培の多くが、現時点では屋内で行われており、電気照明器具を主要な光源として利用している。

数インチ程度の高さまでしか成長しない葉物野菜やハーブ類の栽培に対して、LEDは最大の効果を発揮する。複数の階層や台を設けてこのような植物を栽培し、各階層に専用のLED照明を植物の比較的近くに配置することができる。これができるのも、LEDが熱をほとんど発生しないためである。このような階層構造によって、人口が集中する都会近くの建物の中で比較的小さな栽培面積で営まれる、いわゆる都市農園や垂直農園が実現されている。最適な照明と水耕栽培などの技術によって、植物や農作物を屋外よりもはるかに速いサイクルで生産することができる。

このような栽培方法の範囲と規模には目を見張るものがある。本誌の表紙に示したのは、使用済みの出荷コンテナに収容された、米ローカルルーツ社(Local Roots)の垂直農園である。同社はカリフォルニア州ロサンゼルスを拠点に、葉物野菜やハーブ類を栽培している。一方、**図1**は、イリノイ州シカゴの中心部から車ですぐのインディアナ州で、米グリーン・センス・ファームズ社(Green Sense Farms)が営む、産業用ビル規模の垂直農園である。

都市農園

実際、LED照明が植物栽培に最も影響を与え得るのはおそらく都市農園であり、その影響の範囲は世界社会と環境にまで及ぶと言っても過言ではないだろう。任意の都市で大規模な垂直農業を営むことができるということは、カリフォルニア州のセントラルバレー



図1 グリーン・センス・ファームズ社は、マイクロリーフ、レタス、ケールやクレソンなどのベビーリーフ、ハーブ類を、シカゴの垂直農園で栽培しており、新鮮な野菜を収穫したその日に納入先に届けることができる。

などの遠隔地で農業を営む場合と比べて輸送コストが大幅に削減されることを意味する。その日に収穫された農作物が消費者の手に届く場合もあり、商品の賞味期限は格段に長くなる。農業経営に伴うCO₂排出量も大幅に削減される。輸送距離が短く、また、従来の農業では必要だったCO₂を生成する屋外機械が不要になるためである。

LEDによる植物栽培が消費者に与えるメリットは、さらに奥深く、ますます魅力的になる一方である。LED照明の下で栽培した農作物の方がおいしいという、多くの人々の定性的な意見については、後ほど紹介する。それは個人的な意見かもしれないが、農作物は大抵の場合、新鮮であるほどおいしい。また、都市農園では、他では手に入らないかもしれないマイクロリーフやハーブ類を消費者に提供することができる。例えばグリーン・センス・ファ

ームズ社は、ベビーケール、クレソン、ルッコラなどの植物を、バジルやタイムといったハーブ類とともに栽培している。さらに、都市農園では一般的に農薬は使われず、土壌ではなく清潔な培土の中で水耕栽培されることが多いため、収穫物を洗浄する必要もない。

その栽培方法は非常に水効率に優れている。水は、カリフォルニア州などの地域では重要な問題である。多くの農園が集中するセントラルバレーは、ロサンゼルスやサンフランシスコに比較的近いが、同州は日照が続く気候にある。中国など、地下水や土壌が汚染されていて、安全でおいしい農作物を育てる手段が他にあまりない地域も世界には存在する。

植物栽培照明の課題

どのような新興技術にも、当然ながら課題が伴うが、LEDを用いた植物栽

培照明の場合は、なおさらそうかもしれない。SSL技術が実際に利用されるようになってからまだ日が浅く、植物栽培に長く従事している科学者でさえも、植物用の光組成をまだ研究中であるためだ。また、新しい光組成の中には、スペクトルが制御されたLED光源がまず登場しなければ、実現が不可能だったものもある。

アジアを拠点とする照明メーカーは、価格は手ごろだがローエンドな製品を提供する市場をターゲットとしている。しかし、この市場のローエンド製品の多くは、UL認証などの適切な認定を受けておらず、照明器具用のLM-79レポートや、照明器具の中で使用されているLED用のLM-80レポートもない。そう述べるのは、カリフォルニア州カノガパークを拠点とする照明メーカー、米スペクトラム・キング社(Spectrum King)の最高経営責任者(CEO)を務めるラミ・ヴァーディ氏(Rami Vardi)である。ヴァーディ氏は、照明器具の性能が低く、HPSが未だ業界標準であることから、特に大麻を栽培する多くの栽培業者が、LED照明を早期に導入することを強く望んでいると述べた。

もちろん、高品質な照明製品も市場に多数存在する。例えば、オランダのフィリップス・ライティング社(Philips Lighting)、独オスラム社(Osram)、米ハッベル・ライティング社(Hubbell Lighting)といった大手企業がそのような製品を提供している。オスラム社とフィリップス社は、何年間にもわたって大学や専門研究機関のチームと共同で植物栽培研究を続けている。

それでも、植物栽培や草花栽培を営む栽培業者には、用途に適したより良い測定基準と、光組成に関するデータの両方が必要である。2015年の記事

で取り上げたように、米国農業生物工学会(ASABE: American Society of Agricultural and Biological Engineers)の農業照明委員会(Agricultural Lighting Committee)は2015年、測定基準の標準化の問題に着手した(<http://bit.ly/1IKV1qR>)。この取り組みでは、光合成有効放射(PAR: Photosynthetically Active Radiation)のスペクトルなどに関連する測定基準を検討している。PAR範囲は、光子が光合成を活性に促進する400~700nmのスペクトル帯域と一般的に定義される。PARに関連する一般的な測定基準として、光合成光子束(PPF: Photosynthetic Photon Flux、単位: マイクロモル・秒[$\mu\text{moles/s}$])と光合成光子束密度(PPFD: Photosynthetic Photon Flux Density、単位: マイクロモル・平方メートル・秒[$\mu\text{moles/m}^2/\text{s}$])などがある。モルは光子に、数学的に直接変換できる。

組成と測定基準

ここで、本質的に互いに関連性のある組成と測定基準の問題について考えよう。生産の最適化につながる強度とスペクトルパワー分布(SPD: Spectral Power Distribution)の組み合わせを、照明が備えているかどうかを判定できる測定基準が、栽培業者に必要であることは明白である。

2011年の記事で植物栽培におけるLED照明を取り上げた際、その主な内容は、クロロフィル(葉緑素)による光の吸収とスペクトルパワーとの関係を実証した研究をめぐるものだった。クロロフィルは光合成の重要な要素だからである(<http://bit.ly/1nPOBy5>)。研究結果から、青色と赤色のスペクトルのエネルギーが最大のときに吸収率は最大となるが、緑色のエネルギーは吸

収率に影響を与えないことが示されていた。

その初期の研究結果から、赤と青の単色LEDを使用してピンクや紫色がかった光を放射する製品が市場に数多く提供されるようになった。それらの製品の背景で広く浸透していたのは、エネルギー効率と次の疑問に基づく理論だった。つまり、「植物において無駄になるというのに、それらの帯域外のエネルギーを生成する照明器具をなぜ設計しなければならないのか」という疑問である。

しかし現在では、青色と赤色のスペクトルでピークエネルギーを達成しつつ、日光に似た幅広いスペクトルを実現することが、中心的な考え方となってきている。米クリー社(Cree)のLED製品開発責任者を務めるポール・シャイト氏(Paul Scheidt)は、「業界は白色光へと移行しているようだ」と述べた。

白色光の重要性

さらに力強い見解を主張する声もある。米BIOS社(Biological Innovation and Optimization Systems)は、大麻栽培などの用途を対象とするLED照明器具を開発している。同社の副社長を務めるニール・ヨリオ氏(Neil Yorlio)はこの話題について次のようにコメントした。「赤色LEDと青色LEDしか使用しないというのは、かなり時代遅れだ。そのスペクトルの製品は、古い科学に基づいており、その科学は誤解されていることが多い。青色と赤色が選択されたのは、それらの波長のピークが、試験管の中で隔離されたクロロフィルaとbの吸収特性に合致するためである。それは、自然な状態の葉で生じている現象ではない。現在では、PAR範囲の光のすべての波長が、光

合成の促進に有効であることが知られている。スペクトルに重要性の違いがあるのは確かだが、それは、成長や生産高、つまり生物量ではなく、大きさや形状といった植物の形態に関連している」(ヨリオ氏)。

ヨリオ氏が指摘しているのは、スペクトルを変化させることによって植物の高さと開花に影響を与えることができるという研究結果である。後ほど説明するが、植物にも概日リズムに似たものがあるため、植物に対する光強度とSPDの組み合わせを継続的に調整する栽培業者もいる。ただし、ほとんどすべての植物品種ごとに、最適な生産を得るために必要な概日リズムと光組成は異なる。

スペクトラム・キング社のヴァーディ氏によると、赤色と青色を強化した光はレタスなどの葉物野菜に比較的有効かもしれないという。しかし同氏は、トマトや大麻など、生産量が最終目的となる顕花植物の場合は、特殊なスペクトルよりも強度が必要だとも述べた。ヴァーディ氏によると、HPS光の

エネルギーの90%は黄色領域にあり、顕花植物用の栽培照明については、ルーメン(lm)、ルクス(lx)、そして発光効率が、PARを中心とする測定基準よりも正確である可能性があるという。スペクトラム・キング社は同社の照明器具において、90%は蛍光体変換型白色LEDを使用し、残りは赤色または遠赤色のLEDを使用している。白色LEDのベースとなる青色発光体で、最適な生産に必要なすべての青色エネルギーが提供されるとヴァーディ氏は述べた。図2に示した製品は、HPSランプの従来のフォームファクタで提供されている。

本稿の写真からは、生成されるLED光の大部分が本質的にやはりピンクや紫色であることが見てとれるが、レタスなどを主に栽培する垂直農園であっても、いくらかの白色光は必須のようである。グリーン・センス・ファームズ社の創設者でCEOを務めるロバート・コランジェロ氏(Robert Colangelo)は、同社の光組成は、事業を運営する上での主要な知的財産(IP: Intellectual

Property)であると考え、その詳細を明かすことは避けた。しかし同氏は、同農園ではレタス、マイクロリーフ、ベビーリーフ、ハーブ類の栽培において、赤色、青色、白色の光をさまざまな組み合わせで利用していると述べた。グリーン・センス社は大手メディアの記事で、最大規模の屋内商用栽培業者であると紹介されたこともある。コランジェロ氏は、規模を具体的な数値で示すのは難しいが、インディアナ州にある同社の最初の農園には、長さ4フィート(約1.2m)の直線型のLED照明器具が8000個設置されており、中国にある最も新しい農園には長さ8フィート(約2.4m)の照明器具が3500個設置されていると述べた。

光組成とその影響

白色光は、葉物野菜の基本的な生産以外にも重要な意味を持つ可能性がある。本稿を執筆する上で本誌が話を聞いた複数の人物が、緑色のスペクトル帯域からの光がなければ、レタスは緑色に成熟しないと述べた。その一方で、栽培業者は、新しい色の農作物を作るためにスペクトルを制御する必要があるという。例えば、フィリップス・ライティング社で都市農業担当グローバルダイレクターを務めるガス・ヴァン・デル・フェルツ氏(Gus van der Feltz)は、赤色の特殊なレタスを生産したい場合があると述べた。また、植物栽培照明を取り上げた以前の記事に記したように、作業者のために白色光が必要になる場合があり、前述のとおり白色LEDの中の青色エネルギーがピークであれば都合が良い(<http://bit.ly/1QBC00z>)。

明らかに、光組成については見解の一致が得られておらず、研究者や栽培業者が絶えず科学の進歩を追い求めている状態にある。コランジェロ氏は、



図2 スペクトラム・キング社のLED照明器具には、主に白色LEDが使われており、合法的な医療用または娯楽用大麻の屋内栽培施設に定期的に販売されている。

「栽培品種ごとの光組成に関する研究を絶えず続けている」と述べた。フィリップス社のヴァン・デル・フェルツ氏は、光組成は必ず植物ごとに変えなければならないと述べつつ、「成長過程を調整することができる」と付け加えた。つまり、成長段階に応じて光を変化させることにより、同じ品種でも大きな違いを生み出すことができるという。例えば、先ほどリンクを掲載した記事では、遠赤色スペクトルを利用して開花に影響を与える研究を紹介している。ローカルルーツ社の共同創設者で最高執行責任者(COO)を務めるマット・ヴェイル氏(Matt Vail)は、「私たちの農園では1時間ごとに光を変えている」と述べた。図3は、LED照明を利用するローカルルーツ社のコンテナを、扉の外側からのぞいた様子である。

光組成の改良は、骨の折れる作業である。フィリップス社のヴァン・デル・フェルツ氏によると、同社の研究チームは1年近くにわたって1品種のイチゴを対象に、赤、遠赤、青、白色の光をさまざまな組み合わせで使用して調査を行ったという。しかし、その長期にわたる取り組みの末にようやく、味と果汁が20%向上する組成を見つけたという。

栽培業者の要求

植物栽培用LED照明の商用設置がさらに進めば、栽培業者がSSLメーカーに何を求めているかがもっと明らかになるだろうが、現時点ではその要求はやや謎に包まれている。グリーン・センス社のコランジェロ氏は、要求として4つの主な項目を挙げている。まず、1マイクロモル、1ジュール(エネルギーまたは仕事量の単位)あたりの価格が最大となる品質の高い農作物を生産したいと考えている。2つめに、



図3 ローカルルーツ社は、葉物野菜の生産を最適化するために、出荷コンテナに収容された農園のLED照明を絶えず調整している。

栽培品種ごとに異なる光の組み合わせが農園で利用できるような照明製品を求めている。コランジェロ氏によると、グリーン・センス社では、成長サイクルにおいて照明を動的に変化させることのメリットは認識していないが、品種ごとに異なる光組成が必要であるという。3つめに同氏が挙げたのは、設置のしやすさである。同社が4フィートから8フィートの照明に移行したのは、一定面積あたりの設置作業が基本的に半分になるためだったと同氏は述べた。4つめとして、手頃な価格と融資が重要だとコランジェロ氏は述べた。照明は垂直農園において、最もコストのかかる要素だからだという。

商用栽培業者の中には、商用LED照明メーカーの製品ではニーズに合う照明が得られなかった業者もある。例

えば、ローカルルーツ社は、長方形型の独自のLED照明器具を自社農園で使用するために設計し、製造し始めた。同社は、使用済み出荷コンテナに農園全体を収容している。1つのコンテナで、従来の農場の5エーカー分に相当する農作物を生産することができる。ローカルルーツ社は、照明器具をDCで給電し、コンテナには1つのAC回路しか使用していない。ヴェイル氏によると、照明には単色LEDと白色LEDが組み合わせられており、カスタマイズされた制御システムによって、各LEDの強度を0~100%の範囲で制御できるという。DC配電の記事(<http://bit.ly/1qYW9DC>)で説明したように、このアーキテクチャは、各照明器具にACで給電する場合と比べて、エネルギー効率も高くなるはずである。

当然ながら、本誌が話を聞いたすべての都市農園で、照明だけにとどまらないシステムレベルのアプローチによって、植物栽培の問題に取り組むことの必要性が強く訴えられた。大規模な都市農園では通常、完全な環境制御が実装され、温度や湿度などの測定や、光に加えて水耕栽培に必要な肥料の供給の制御がコンピュータによって行われる。

また、農園経営では、主にIP保護に基づく提携関係が築かれる。例えば、グリーン・センス・ファームズ社は、ヤシ殻から作られた独自の栽培用培土を使用している。米エアロファームズ社(AeroFarms)というニューヨーク地区の農園(図4)は、リサイクルされた水ボトルを使って、独自の栽培床または栽培用繊維培土を作っている。またエアロファームズ社では、空中栽培システムと同社が呼ぶものによって根に水をミスト散布しており、同社によると水耕栽培システムよりも使用水量が



図4 ニューヨーク地区のエアロファームズでは、空中栽培という手法を用いて葉物野菜が栽培されている。根にミスト散布のみを行う空中栽培は、水耕栽培よりも水効率の高い栽培方法である。

40%少ないという。

LEDによる垂直農業の実現

とはいえ、垂直農業を本当に利益を生む状態にしたのはLED技術である。グリーン・センス社のコランジェロ氏は、LEDの光が、垂直農業の概念を試行段階から商用段階に移行させたと述べた。直線形の蛍光灯照明で7～8層しか階層を設けられなかったのに対し、LEDによって、例えば天井の高さが25フィート(約7.6m)の建物の中で12～14層で栽培できるようになったと同氏は述べた。LEDの効率の高さと熱を放射しない性質が、成功への鍵だった。

一方、照明メーカーとLEDメーカーは、栽培業者を成功へと導く製品を提供しようと熱心な取り組みを続けている。例えば、クリー社は最近、「Photo Red LED」というものを発表した。開花を促す効果が期待できる遠赤色スペクトルを放射する(<http://bit.ly/2bt54rJ>)。スペクトラム・キング社の照明製品に、このLEDが使用されているようである。

フィリップス・ライティング社は最近、「GreenPower LED Production Module」という製品を発表した。モジュールを連想させる名称だが、「GreenPower」製品ファミリーに追加された直線形の最終照明製品である(<http://bit.ly/2bt4Gt4>)。この新製品(図5)は、赤色、遠赤色、青色、白色のLEDの組み合わせを搭載し、光組成をプログラミングするためのソフトウェアが付属している。「赤色、青色、白色、遠赤色は、植物にとっての基本色である」とヴァン・デル・フェルツ氏は述べた。またこの新しい照明製品は、RGB照明が人間の目に対してフルスペクトルを提供するのと同じように、これらの色を混合することができるという。

GreenPower LED Production Moduleは、光組成を調査したい栽培業者と、動的な照明が有効と判断される場合に商用農園で使用したい栽培業者の両方を対象にしている。例えば、フィリップス社はつい最近、日本の2つの大手都市農園がこの新しい照明を



図5 フィリップス・ライティング社のGreenPower LED Production Moduleには、赤色、遠赤色、青色、白色のLEDの組み合わせが搭載されており、同社が言うところの植物にとっての基本色を動的に提供するという。

利用していることを発表している。株式会社イノバタスの富士ファームでは、この照明器具を利用して1日あたり1万2000株のレタスを生産している(図6)。しかし、ヴァン・デル・フェルツ氏は、最適な光組成を開発するためにこの調整可能製品を利用し、固定色の照明器具の組み合わせを商用農園に導入することもできると述べた。

オスラム社も最近、「Zelion」ファミリー製品として新しい一連の植物栽培用照明を発表した(<http://bit.ly/2beRytf>)。同シリーズには、PAR光を提供することを目的としたスペクトルを調整可能なモデルが含まれる。オスラム社の製品にも、照明出力を制御するためのPCソフトウェアが付属している。

植物栽培の革命

最終的には、LED照明があらゆる種類の植物栽培に革命をもたらすことになるだろう。トマトを例に挙げよう。本稿でリンクを掲載した過去の特集記事の1つで、パターンソン・グリーンハウ

ジズ (Patterson Greenhouses) というノースカロライナ州のトマト農園を紹介した。世界の中でも比較的暖かい地域であるにもかかわらず、栽培期間の大幅な延長に成功している。フィリップス・ライティング社がフランスで進め

るトマトプロジェクトを取り上げたこともある (<http://bit.ly/2bt6aUu>)。LEDの下で育てた果物は味が良くなるとのことだった (図7)。そのプロジェクトでは、フィリップス社製のLED照明器具による前述のインターライティング

が採用されている。写真の中で、植物の間に水平方向に照明が設置されているのが見てとれる。

当然ながら、味というものは常に、定性的な問題である。英国のストックブリッジ・テクノロジー・センター (STC: Stockbridge Technology Centre) は、業界と政府の資金援助を受けて植物栽培に取り組む研究機関で、トマトの研究で顕著な成果を上げている。応用光生物学者であるフィリップ・デイヴィス氏 (Phillip Davis) は、トマトに対する同機関の取り組みについて説明し、上部からのHPS照明、上部からのHPS照明とLEDインターライティング、上部からのLED、上部からのLEDとLEDインターライティングという、4つの照明シナリオで、トマトの実験を行ったと述べた。デイヴィス氏によると、生産量は似たり寄ったりだったが、被験者らは両方のケースでインターライティングを適用したトマトの方が味が良いと判定したという。



図6 静岡県富士市にある(株)イノベタスの富士ファームでは、1日あたり1万2000株のレタスを生産している。



図7 フランスのトマト農園では、植物の列の間にフィリップス社の照明器具によるインターライティングを採用することにより、各植物の低位の葉に必要なスペクトルエネルギーを供給している。

実際、インターライティングによってトマトの生育方法を変えることができる。STCでは、維持管理、収穫、照明の面で通常は実用的ではない高さまで、植物を成長させる。それでも、インターライティングによって低位の葉にエネルギーが供給し続けられ、植物の低位の部分でも常に収穫が行われる。植物の1~2フィート(約30~60cm)の部分で作物が実らなくなると、垂直方向につながった植物の高さを下げることが行われる。つまり、作物ができなくなった茎を地面に平行な状態にしつつ、植物の残りの部分に対する栄養分の供給は続けられる。これによって、植物の次の部分が収穫しやすい位置に来ることになる。この手法によって、味の良い果物が生産され、植物の生産寿命も延長される。

LEDは垂直農業にまだ大きな影響を与える可能性があり、農園の経営方法を根本から覆すことになるだろう。例えば、グリーン・センス・ファームズ社は、注文を受けて配送日が確定するまでレタス株やバジルを植えないという。正確に制御された栽培環境により、成長サイクルは明確に予測可能で、その期間は屋外の場合の2分の1以下である。コランジェロ氏によると、マイクロリーフで8~10日、レタスで35~40日だという。グリーン・センス社は事前に総生産量を納入先に問い合わせる。このモデルについてコランジェロ氏は、「農業から市場リスクを取り払う」と述べた。

グリーン・センス・ファームズ社は、事業に対してグローバルなビジョンを描いており、最近中国に農園を開いたのもそのためである。コランジェロ氏によると同社は、高級農作物に対する需要を維持する経済状態が見込まれる地域や、栽培期間が短かったり土地や

水資源に制約があったりするあらゆる地域への事業拡大を図るつもりだという。中国では、食品を含めてより品質の高い商品に対する人々の需要が高まっていることと、水や土壌の汚染によって栽培スペースが制約されることから、垂直農業にうってつけだと同氏は述べた。コランジェロ氏は他にも複数の農園を計画中で、インディアナ州に商用農園をもう1つ開設することが次に予定されている。この農園は、インディアナ州サウスベンドにあるアイビー・テック・コミュニティ・カレッジ(Ivy Tech Community College)と共同で運営される予定である。

一方、ローカルルーツ社はそれとは異なる計画でグローバル市場に対応する。ヴェイル氏は、同社のミッションは「人々のためにより良い食物を届け、環境のためにより良い慣行を採用すること」だと述べた。そのミッションは、捨てられるはずだった出荷コンテナを栽培容器として選択して、人口が集中する地域の近くに都市農園を実現したことにも表れている。同社は、文字通りロサンゼルスダウンタウン地区中心部で事業を営み、地域のレストランやファーマーズマーケットに収穫したての葉物野菜やハーブ類を提供している。

しかし、ローカルルーツ社のグローバル化に向けたビジョンはまた異なる。同社は事業規模を拡大するかもしれないが、「私たちは食物を栽培する農家であり続ける」とヴェイル氏は述べた。しかし同社は現在、完全に稼働する農園を他の栽培業者に販売する方向に移行している。ローカルルーツ社は、光組成とソフトウェア制御に関する同社独自のIPなどを出荷コンテナに完全に装備し、コンテナを一部の栽培業者に出荷するつもりだ。設備を販売するのではなく栽培事業を実際に販売するこ

とになる、とヴェイル氏は述べた。

当然ながら、なぜ設備を供給するだけではなく、LED照明、ドライバ、ポンプ、コンピュータなどが事前に装備された非常に重いコンテナを出荷するのかについては疑問が残る。その理由は、再現性と実証済みのフォームファクタ、そして正確に把握された環境によって潜在顧客を支援するローカルルーツ社の能力にあるとヴェイル氏は述べた。ヴェイル氏によると、同社はまだそのような農園を販売していないが、既に数百もの栽培業者からこれに関する問い合わせが寄せられており、数十のグループと実際に協議を進めているという。

LED照明が、すべての種類の植物栽培に適しているわけではないことは確かである。ジョージア州南部の特定の種類の土壌で育てられたピディリアオニオンや、テキサス州のスイカなどに代わるものが現れるとは考えにくい。しかし、LEDによって1年中おいしいトマトが栽培でき、農薬を使用せず、洗浄さえ不要な葉物野菜が作れるとすれば、それは飛躍的な進歩といえる。

もちろん、解決すべき問題は他にもある。紫外線を浴びない屋内では、カビが問題となり得る。植物の概日リズムもまだ、あまり解明されていない。しかし、新しいLED技術は、そのような領域でも役立つ可能性がある。実際、前述のHorticultural Lighting Conferenceのクロージングプレナリーでは、米レンセラール工科大(Rensselaer Polytechnic Institute)の照明研究センター(Lighting Research Center)のジェイミン・パテル氏(Jaimin Patel)およびマーク・レア氏(Mark Rea)と、米コーネル大(Cornell University)のデイビッド・ガドゥリー氏(David Gadoury)の研究を基に、その話題が取り上げられた。LEDJ