植物工場技術の研究・開発および実証・展示・教育拠点 (6) 明治大学

斎藤岳士¹・池田 敬²

¹ 明治大学研究・知財戦略機構 214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

² 明治大学農学部 214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

Research Centers for Intelligent Plant Production Systems in Japan (6) Meiji University

Takeshi SAITO¹ and Takashi IKEDA²

¹Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,
1-1-1 Higashi-mita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa, 214-8571, Japan

²School of Agriculture, Meiji University, 1-1-1 Higashi-mita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa, 214-8571, Japan

Abstract

This paper provides details on the Advanced Plant Factory Research Center at Meiji University, which received a Grant-in-Aid from the Ministry of Economy, Trade and Industry for upgrading the factory facilities. The research aims to reduce the production cost at the plant factory and develop an environmentally sustainable production system. Further, details of the training programs conducted as education projects for the staff and to develop human resources in the plant factories are reported.

Keywords: cleanroom, CO₂ micro- and nano-bubbles, cold cathode fluorescent lamp, training program, wind power generator

はじめに

明治大学は、経済産業省の平成 21 年度「先進的植物工場施設設備費補助金事業」に採択され、「植物工場基盤技術研究センター」(施設規模 408 m²)が生田キャンパス内(神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1)に建てられた(Fig. 1). この補助金事業は、食料の安定供給と農業の産業化を実現していく植物工場の普及拡大を図るために、植物工場の研究開発・技術普及および人材育成の拠点を整備するこ

とを目的としており、明治大学植物工場基盤技術研究センターは、植物工場に関する研究開発・人材育成の全国 8 拠点の一つとなっている。

明治大学植物工場基盤技術研究センターは、基本コンセプトとして、1. 食の安全安心と安定供給の確保. 2. 植物工場の生産コストの低減と環境・人体に負荷を掛けない生産システムの開発. 3. 有用人材の育成供給による植物工場普及支援. 4. 技術指導、共同研究実施等による植物工場関連中小企業の育成. を掲げている。このコンセプトに沿った事業活動として、研究・開発面では、完全人工光型の植物工場内において、高機能放電管による照明システムによる省電力栽培に取り組んでいる。また、二酸化炭素マイクロ・ナノバブルによって培養液の殺菌が可能な養液栽培システムを用いることで、排水を出さない資源循環型でゼロエミッション型の植物工場を目指して研究を行っている。さらに、太陽光発電装置や

2012 年 10 月 5 日受付

2012 年 11 月 7 日受理

Corresponding author: Takeshi Saito
(saitot@meiji.ac.jp)

Fig. 1 明治大学植物工場基盤技術研究センター
Advanced Plant Factory Research Center at Meiji University

明治大学が開発した風力発電装置を用いた自然エネルギーを使用することで、植物工場が必要とするエネルギーの一部を賄う試みも行っている。また、人材教育面では、植物工場内展示の見学会や明治大学リバティアカデミーにおける短期研修プログラムを開講している。

明治大学植物工場基盤技術研究センター

1) 組織

当センターは、研究の戦略的な推進、研究環境の重点的な整備および産官学連携活動を推進するために、明治大学学長を機構長として組織された明治大学研究・知財戦略機構の付属施設として設置されている。植物工場の研究は、パッケージとして考えることが重要であり、川上から川下まで一貫した研究・開発体制で行われることが必須である。当センターでは植物工場を産業の一つとして位置づけ、農学部、工学部、商学部、経営学部および関連大学院が連携して総合的に研究を行っているところに大きな特徴がある。

2) 施設の概要

クリーンルーム (Fig. 2)

建物 1 階に設置されたクリーンルームは、遮光カーテンで仕切られた A、B の 2 室があり、それぞれの部屋に、高機能放電管を光源とした 4 段の植物栽培ユニットが 6 台ずつ設置されている。部屋ごとに気温、湿度が制御可能であり、二酸化炭素濃度についても栽培ユニットの段ごとにチューブ式の供給装置を備えているため、局所的に細やかな濃度管理が可能となっている。

環境制御室 (Fig. 3)

建物 2 階には内寸 W2,800 × H2,655 × D2,180 mm で、温度制御範囲 +15 ~ 35℃、湿度制御範囲 50 ~ 90% の環

Fig. 2 クリーンルーム
Cleanroom

Fig. 3 環境制御室
Environment control room

境制御室が設置されている。光源として高演色性メタルハライドランプ 1 kW を無段階フィードバック連続調光で使用可能である。当該施設では、植物工場で栽培可能な品目拡大および生産物の高付加価値化に向けた生産技術の開発に取り組んでいる。

学 術 的 課 題

1. 生産コストの縮減に向けた取組み

植物工場の施設設備のうち、照明装置と空調施設費が他の施設栽培に比べ、著しく高額となる。しかも、照明装置は主要な熱源にもなることから、空調設備費の上昇とも連動しており、イニシャル並びにランニングコストを大きく左右する。また、光源と空調（光と温度制御）は栽培植物の収量と品質に深くかわることから、特に光源のコスト縮減と高効率化は極め

て重要な課題となる。ここでは、明治大学で開発中の高機能放電管を主体に、メタルハライドランプ、蛍光灯、LED 等の単用あるいは併用によって、栽培植物の収量と品質を向上させるとともに、生産コストの大幅な縮減を図る。

1) 高機能放電管を使用した植物生産

本センターでは植物工場用高効率照明機器として高機能放電管を主に使用して研究を行っている (Fig. 4)。この照明は寿命が従来の蛍光灯の 8 倍程度で、LED と同等であり、価格は蛍光灯よりもやや高いが、LED の半値程度であることから、植物工場における光源の低コスト化に向けて大きなアドバンテージを持つ。また放熱量が少ないことから空調コストが削減でき、加えて植物に近接することができることで結果的に栽培システムを多段にすることができ単位面積あたりの収量を多くすることが可能である。

2) 植物工場の環境に適した品種の開発

完全人工光型植物工場でホウレンソウを生産している事例は少ない。これは、ホウレンソウが長日植物であるため、明期の延長による生産性の向上が困難であることが原因である。そこで、完全人工光型植物工場環境に適したホウレンソウ品種の開発を目指して、まずは比較的長日条件でも抽苔せず、高収量を示す品種選抜を神奈川県農業技術センターとの共同で行っている¹⁾。

3) 植物工場用新規光源開発

植物生育に与える光源の特性を、植物の波長依存性の視点から検討している。植物に照射する光を紫外域から赤外域にわたる広い波長範囲の分光分布をチューニングするとともに、光源の駆動に関しても連続光・パルス光などの難解な光源の変調駆動に取り組み、従来の植物工場用光源に関する検討では明確に理解されなかった光源に求められる詳細な特性の解明を目指す。また、発光材料・蛍光材料・発光機

構・デバイス構造を含め、抜本的な光源開発を進め、実際に試作を試みる。

4) 病原菌フリー・ゼロエミッション型養液栽培システムの研究開発

植物工場のみならず一般の施設栽培における養液栽培システムでは、栽培終了後の装置消毒 (塩素) と、これに伴う洗浄水の大量使用が必須とされている。このため、食品殺菌技術として開発された二酸化炭素マイクロ・ナノバブル殺菌装置 (Fig. 5) を用いて培養液を殺菌することで、病原菌フリー・廃液ゼロ (半永久的に液肥を再利用する) のゼロエミッション型の養液栽培システム構築を目指す²⁾。二酸化炭素マイクロ・ナノバブル殺菌装置は比較的人体に害の少ない二酸化炭素を使用し、低エネルギー・低コストであることから、従来の培養液殺菌法に比べて安心・安価な殺菌法となることが期待される。

2. 栽培可能な品目の拡大および生産物の差別化 (高付加価値化) に向けた生産技術の開発

植物工場で生産される品目の多様化は消費者や食品産業界の幅広い需要に対応し、需要の変動や低価格化に対処する上で重要な課題となっているにもかかわらず、現状ではリーフレタス、ベビーリーフ、サラダ菜、サンチュ、ハーブ類、ルッコラといった葉菜類に限定され、根菜類や果菜類の生産は苗生産を除いてほとんど見当たらない。また、生産物の高品質化 (味、香り、栄養価、外観) による差別化を図ることが、消費者ニーズへの対応と経営安定化には欠かせない。そこで、高付加価値野菜の生産技術開発では、明治大学が開発した低輝度 LED パルス照射並びに富化目的成分の液肥添加による栄養価、糖度および香りの富化生産技術、局所冷却法による葉・果菜類の安定生産と高品質化を図る。中でも、低輝度 LED パルス照射に関しては、従来の光に低輝度の

Fig. 4 高機能放電管
Cold cathode fluorescent lamp

Fig. 5 二酸化炭素マイクロナノバブル殺菌装置
Disinfecting equipments using CO₂ micro- and nano-bubbles

赤色点減光を補うと、植物生育が促進されることが分かってきた³⁾。この現象を解明する研究を進め、実用化技術を目指す。

3. 電力エネルギー（火力発電）の縮減による低炭素社会への取り組み

低炭素並びに環境や人体に負荷を掛けない資源循環型の社会構造への取り組みが求められるなかで、植物工場で使用する光源や空調用の多量な消費電力を、自然エネルギーで賄う方向で検討する。このため、明治大学が開発した高効率な風力発電装置と太陽光発電装置のハイブリッド発電システムと蓄電池の併用による植物工場への電力供給の可能性について検討並びに実証試験を行う。

風車風力発電システムとして、回転直径 ϕ 1200 mm（定格出力：交流 2 kW タイプ）のねじれ円弧翼型水平軸風車⁴⁾を生田キャンパス農学部第一校舎 1 号館屋上に 2 機設置している（Fig. 6）。各風車の回転によって発電された交流電圧は、それぞれの整流回路を通して直流電圧に変換された後、DC/DC コンバータ内で発電電圧（直流）を加算してバッテリーを充電し蓄電する回路構成になっている。

さらなる発電効率向上と低価格化およびコンパクト化開発を行うことで、風力・太陽光発電および蓄電池の併用による植物工場への電力供給の可能性並びに実証試験を行っている。

4. 植物工場運営のための経営ガイドラインおよびマーケティング戦略

植物工場は、歴史が浅く経営ノウハウが不足していること、一般消費者には植物工場産の野菜になじみがないことなどの理由で事業化するには難しい面もある。そこで、植物工場事業者への聞き取り調査などを通して植物工場生産物の販売の現状と課題を探り、消費市場における商品価値の創造のた

めに必要な流通組織の編成、およびマーケティング戦略の構築のために、適切な組織体制の仕組みと持続的な組織運営に不可欠な財務体制の構築に関する理論的な背景の確立を目指した研究を行う。さらに、一般消費者が植物工場およびその生産物に関してどのようなイメージを持っているかについてアンケート調査などを通して、生産物の市場価値創造に不可欠な品質維持のための物理的な要件の解明と消費者にその商品価値を知らしめるための適切なマーケティング戦略の構築および具体的なプロモーション手法について研究を行っている。

人材育成・研修

明治大学における教育システム並びに本センターにおける研究開発事業成果等を最大限活用することにより、将来の日本農業を先導し、実際に植物工場を設置経営管理できる人材を育成する教育プログラムとして、明治大学リバティアカデミーにおける、短期研修プログラムを設け、植物工場事業展開を企図する中小企業者、農業者等に対する実践研修・人材育成を行っている（Fig. 7）。短期実践育成プログラムは栽培環境制御技術や養液栽培装置の管理・制御等の工学分野、植物の生理・生態と栽培技術に関する農学分野、マーケティングや労務管理、資金調達等の経営学分野、さらには本センター内装置での研修から構成される。2011 年度の実施状況としては、15 名の受講者に全 10 回の講義・実習を行った。

その他の植物工場の啓蒙活動として、地域の産学交流会での講演会やシンポジウムの開催、施設栽培・植物工場展などのイベントにもブースを出展している。また、施設見学者は、2011 年 4 月の稼働から 2012 年 8 月までに延べ 1,000 名を超えている。見学者には農業、工業関係者をはじめ、大学生、

Fig. 6 風力発電機
Wind power generators

Fig. 7 植物工場のための人材教育プログラム
Training program for the plant factory stuff

高校生など学生とその父兄も多い。

への問い合わせ連絡先も示している。

連絡先

明治大学植物工場基盤技術研究センター
〒214-8571
神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1
ダイヤルイン：044-934-7076
FAX：044-934-7076
E-mail：plant@mics.meiji.ac.jp

摘 要

本論文は、経済産業省の平成 21 年度「先進的植物工場施設設備費補助金事業」によって明治大学に設立された植物工場基盤技術研究センターの組織および施設の概要を紹介している。また、当センターで取り組んでいる研究テーマ、人材育成・研修の内容について報告する。なお、当センター

引用文献

- 1) 湯本健太郎, 北浦健生, 北 宜裕, 池田 敬. 植物工場 (光源: HEFL) におけるホウレンソウの品種選抜と遠赤色光付加による成長への影響. In: 日本生物環境工学会 2012 年東京大会講演要旨. 東京. 9 月 4 日-7 日. 118-119. 2012.
- 2) 杉浦匡紀, 小林史幸, 池浦博美, 佐藤佳奈美, 早田保義. 二酸化炭素マイクロ・ナノバブルを用いた養液栽培における培養液の殺菌. 園芸学研究. 10(別 2): 179. 2011.
- 3) 中林和重, 泉 貴久, 中原健司. 窒素およびカリウム貧栄養条件で水耕栽培されたミニトマトの生体電位自動検出に連動した 20 Hz 赤色弱光点滅照射法による成長の改善. 生態工学. 22: 55-61. 2010.
- 4) 小島 昇, 岸村互平. ねじれ円弧翼型水平軸風車に関する研究. 太陽エネルギー. 23: 70-76. 1997.