

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580366

研究課題名(和文) 植物工場における速度変数と利用効率の連続測定による統合環境制御

研究課題名(英文) Integrated environmental control of rate variables and resource use efficiencies of plant factory

研究代表者

古在 豊樹 (Kozai, Toyoki)

千葉大学・環境健康フィールド科学センター・名誉教授

研究者番号：90081570

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：人工光型植物工場に関して、毎時における、正味光合成速度、蒸散速度およびCO2利用効率を算定に成功した。理論的最大値(光量子収率:約10%)に対して実際の効率は2～5%前後であり、今後の改善が見込まれた。水利用効率は、ヒートポンプ冷房時の結露水の循環利用により、95%を上回った。他方、太陽光型植物工場においては、電気ヒートポンプ暖房は、従来の重油暖房に比較してCO2排出量を60-80%、暖房費を平均30%程度削減できた。要約すると、人工光型植物工場では、光・水・CO2・肥料の利用効率が算定され、最適環境制御による利用効率の向上に関する方策が明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：Resource inputs (light energy, electricity, CO2, water, fertilizer, etc.) and value creation (carbohydrates, oxygen, produce quality, yield, economic value, etc.) in plant factories were measured, and its ratio or cost performance was evaluated. The results show that the high resource use efficiencies and cost performances with respect to light energy, carbon dioxide and fertilizer. However, it was found that electricity and light energy use efficiencies should be and can be further improved. Based on the results strategies for reducing the production costs were proposed.

研究分野：農業環境工学

キーワード：植物工場 統合環境制御 資源利用効率 速度変数 施設園芸

1. 研究開始当初の背景

植物工場においては、本来、投入資源量（光、水、CO₂、肥料等）に対する価値創出量（光合成量、収量、品質、販売価格）の比率（利用効率）が、その高度な環境調節により、一般温室に比較して高くなっていると考えられるが、実際の植物工場における投入資源量およびその利用効率の定量化はされていない。

申請者は、人工光利用の閉鎖型システムが、省資源・環境保全と高収量・高品質を両立させ得る次世代の植物生産システムとして有望であるとの着想を1995年に得て、その研究の第一段階である苗生産に関する成果を、1999年に養賢堂から出版された拙書「閉鎖型苗生産システムの開発と利用 - 食料・環境・エネルギー問題の解決を目指して -、191 pp.」において示した。その後も研究蓄積は続き、第二段階の成果は、2005年にSpringer社から出版された申請者による編著書（eds.: Kozai et al., 2005, 316 pp.）において示され、当該分野では世界から注目された。

1995年から2011年までの間に閉鎖型システムに関して申請者らにより公表された原著論文・総説論文は80編を超える。また、2000年以降の国際会議・国際シンポジウムでの閉鎖型システムに関する招待講演数は20回を超える（研究業績1-3, 8-10等）。2003年以降、閉鎖型システムを薬用植物の2次代謝物質の生産に利用する研究が申請者により開始された（研究業績6, 24, 25, 32, 338等）。

2009年には閉鎖型システム概念と方法を半閉鎖型システムに拡張し、「太陽光型植物工場（オーム社、186 pp.）を上梓した。2010年8月には、その概念と方法をSustainable Plant Factoryと題して、国際園芸学会のコロキウム「園芸における革

新技術」の基調講演を500人超の聴衆を前に実施し（研究業績8）2011年9月には、米国・園芸学会のコロキウムで招待講演をおこなった。

他方、植物工場の研究は、環境制御による高付加価値植物の生産およびIT・ロボット・先端画像計測、LED利用等に関して近年大幅な進展があった。

2. 研究の目的

植物工場においては、本来、投入資源（光、水、CO₂、肥料、その他の資材）の量に対する価値創出量（光合成量、成長量、収量、品質、販売価格、純利益等）の比率（利用効率）が、その高度な環境調節により、一般温室に比較して高くなるべきである。ところが、実際の植物工場における投入資源量そのもの、また、その利用効率が定量的には明らかにされていない。当然、一般温室との比較もなされていない。さらに、この利用効率を向上させることにより、省資源・環境保全と高収量・高品質を両立させる各環境要因設定値の決定法が明らかでない。

その結果、上述の環境を達成・維持するための資源のコストが明らかでない。そこで、本研究では、植物工場における計測可能な投入資源の量および正味光合成速度（成長量）蒸散速度等を連続測定し、各投入資源に関する利用効率を算定し、その算定結果とそれぞれの資源コストを考慮して、最適な環境要因の組み合わせを見出す方法を、筆者の最近の基礎研究を援用して構築する。本研究は、植物工場における今後の合理的な統合環境制御の基礎となる。

植物工場（人工光型および太陽光型植物工場）の稼働時における資源（電気、水、光、CO₂、肥料等）の投入量とその植物成長・生産への効果（正味光合成速度、蒸発

散速度、収穫量)を計測し、その計測値にもとづき、それぞれの投入資源の利用効率、さらには投入資源の収量・品質等への貢献度(コスト・パフォーマンス)を定量的に解明する。

3. 研究の方法

植物工場はほぼ密閉系であるので、資源の投入量と産出量を経時的に計測することにより、上述の投入資源利用効率を経時に算出できることになる。あわせて、関連要因を計測し、投入量と算出量の因果関係を植物工場内の状態変化量を考慮して開式する。

4. 研究成果

実用規模の人工光型植物工場に関して、毎時における正味光合成速度、蒸散速度およびCO₂利用効率を算定に成功した。理論的最大値(光量子収率:約10%)に対して実際の効率は2~5%前後であり、今後の改善が見込まれた。水利用効率は、ヒートポンプ冷房時の結露水の循環利用により、95%を上回った。他方、太陽光型植物工場においては、電気ヒートポンプ暖房は、従来の重油暖房に比較してCO₂排出量を60-80%、暖房費を平均30%程度削減できた。要約すると、人工光型植物工場では、光・水・CO₂・肥料の利用効率が算定され、最適環境制御による利用効率の向上に関する方策が明らかにされた。また、太陽光型植物工場の最適環境条件とその制御法は、省資源・環境保全的な温室システム一般への統合環境管理への道を拓くことが示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

1)古在豊樹、2015. 植物工場の現状、動向

および背景、空気調和衛生工学、89(5)、3-8.

2)古在豊樹・糠谷綱希・渋谷俊彦・丸尾達、2014.施設園芸におけるゼロ濃度差CO₂施用(2)その原理と実際、農業および園芸、89(7)、749-758.

3)古在豊樹・糠谷綱希・渋谷俊彦・丸尾達、2014.施設園芸におけるゼロ濃度差CO₂施用(1)その原理と実際、農業および園芸、89(6)、643-652.

4)古在豊樹・丸尾達、2014.大規模施設園芸における環境制御システムの発展方向、施設と園芸、No.166.、44-55.

5)古在豊樹、2014.都市における生鮮食料生産の多面的意義、農業および園芸、89(10)、994-1006.

[学会発表](計5件)

1) Kozai, T. 2014. Plant Factory with Artificial Light and its Role under Climate Change. Forum on Mitigating Negative Effects of Climate Change on Agriculture, Bali, Indonesia. (招待講演). Oct. 2.

2) Kozai, T. 2014. Role of Plant Factory with Artificial Light in Urban Horticulture and Next Generation Lifestyle, International Conference on vertical farming and urban agriculture, Nottingham, England (招待講演). Sept. 9.

3) Kozai, T., Kubota, C., Takagaki, M and Mauro, T. 2014. Innovative greenhouse environment control for improving the sustainability of food production, IHC 2014, Brisbane, Australia, (招待講演). Aug. 22.

4) Kozai, T. 2014. Light Utilization Efficiency in Plant Production with Special Attention to Plant Factory with Artificial Light, First International Symposium on Efficient Utilization of Light in Plant Production, Beijing, China (招待講演). Jan. 24.

5) Kozai, T. 2014. Recent Trends in industries for Plant Factory, International Symposium on LED plant Factory, Ikusan, Korea (招

待講演). Jan. 15.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://npoplantfactory.org/kozai/contents.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古在 豊樹 (KOZAI, Toyoki)

千葉大学・環境健康フィールド科学センター・名誉教授

研究者番号: 90081570

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: