

氏名(本籍)	くろ やなぎ たけ し 畔 柳 武 司 (愛知県)
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	博 甲 第 3349 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	日光温室の熱環境形成機構に関する基礎的研究
主 査	筑波大学教授 農学博士 佐 竹 隆 顕
副 査	筑波大学教授 農学博士 前 川 孝 昭
副 査	筑波大学助教授 博士(農学) 山 口 智 治
副 査	筑波大学教授 農学博士 弦 間 洋

論 文 の 内 容 の 要 旨

中国における野菜生産量の急激な増加の背景には日光温室の急速な普及があった。この温室の透光面は南側のみで、東・西・北面は煉瓦などの固体壁によって構成される。現在、各地の緯度に対応した日光温室の寸法規格は提示されているが、それは採光性の保証を目的としたものであり、熱工学的な視点に基づいた設計基準とその根拠は未だに示されていない。本論文では、詳細かつ長期的な計測実験による熱環境形成機構の定量的な解析と、熱環境予測モデルの開発と検証を行い、これらの成果を用いて日光温室の構造因子が室内気温に与える影響について検討した。

栽植密度が疎の状態と実際に作物栽培の行われている日光温室を対象として、詳細かつ長期間にわたる計測実験を実施し、その熱環境特性の定量的な解析を行った。その結果、栽培作物の有無に関わらず、夜間の室内気温は無加温でも外気温より約 10℃ 以上高い温度を維持すること、夜間の室温維持に対する各部位の働きはその表面積に大きく依存し、床面土壌と北壁からの放熱量が全体の 9 割を占めることを明らかにした。

熱環境予測モデルの開発では、作物栽培の行われていない状態を想定した基本モデルを作成した後に、植被層の日射透過・熱収支モデルを導入し、作物栽培の行われている状態を想定した実用モデルを作成した。計算結果の信頼性は、IA (Index of agreement) および実測値との直接対比により検証した。基本モデルの検証では、室内気温と相対湿度の IA はそれぞれ 0.96, 0.81 であったが、適切な換気回数を与えることでそれぞれ 0.98, 0.91 まで向上し、直接対比からも良好な予測精度が示された。実用モデルの検証では、室内気温の IA は 0.97 と良好な結果が得られた一方で、相対湿度や床面土壌温度などの IA は 0.84 ~ 0.94 の範囲にあり、実測値との直接対比では多少の不一致が認められた。しかしながら、室内気温を除く項目の実測値は作物の存在によって複雑化した室内熱環境を代表するには測定点の数が不十分であったこと、逆に多数の測定点を用いて実測値を代表した室内気温では良好な一致が示されたことから、実用モデルは十分な予測精度を持つと判断した。

熱環境予測モデルと 12 月の北京の実測気象データを用いて、日光温室の構造が室内気温に及ぼす影響を検討した。その結果、保温カーテンの熱貫流抵抗を後屋根と同程度まで高めると室内気温は 5.4 ~ 6.6℃ 上昇することが示された。北壁では、厚さ 12cm の煉瓦壁の室外側に厚さ 5cm の断熱材を設置すると室内気

温は 1.8～2.5℃上昇するが、断熱材をさらに 5cm から 10cm と厚くしても室内気温は 0.1～0.3℃上昇するに止まることが示された。また断熱材の厚さを 10cm に固定し、煉瓦壁の厚さを増しても室内気温に変化は見られなかった。北京に建設される日光温室の北壁は、煉瓦壁 12cm を蓄熱材とし、その室外側には厚さ 5～10cm の断熱材を設置するだけで十分であることが示された。

日光温室の熱環境は床面土壌、固体壁、後屋根、透光面によって形成され、それぞれが複雑な熱挙動を示すことから、特に固体壁の熱工学的な構造設計ではその判断基準を経験に頼る傾向が強い。本論文は、詳細な環境計測によって日光温室の夜間における室温維持機構が床面土壌と北壁によって支えられていることを示した。そして日光温室の熱環境を精度よく予測する数値モデルを開発し、温室構造が室内気温に及ぼす影響を定量的に示した。これは、日光温室の構造設計に際して優先的に検討する部位の明示と、その構造決定に対する合理的な判断基準の提供を可能とし、様々な気候に応じた日光温室の設計指針の確立に寄与する成果であると考えている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、中国に広く普及している日光温室について、実測と理論による熱工学的な観点に基づいて合理的な設計基準を作成するための基礎的な方法論の確立を目指すものである。

実測面では、植栽密度が疎である条件下と実際に作物栽培が行われる条件下において詳細かつ長期にわたる計測実験を実施し、栽植密度の粗密に関らず、無加温でも夜間の内外気温差は約 10℃以上であること、またその夜間の室温維持に対しては床面土壌と北壁が中心的な役割を果たしていることを明らかにした。理論面では、栽培作物を想定しない状態から想定した状態へと段階的に熱環境予測モデルを開発し、綿密な検証を通じて、予測モデルは良好な予測精度を持つことを示した。そして、実測から得られた知見と開発した熱環境予測モデルを用いて、日光温室の構造が室内気温に与える影響を検討し、保温カーテンの断熱性が室内気温の向上に最も影響力を持つことを明らかにしたほか、熱工学的な観点に基づいた合理的な北壁の構造を提示した。これらの成果は、経験的な要素が多く残されている現在の日光温室の構造設計に対して、実測と理論の両面から得られた統合的な知見に基づいて、合理的かつ具体的な選択を行うための枠組みと裏付けを提供するものであり、日光温室の設計指針の確立に対して寄与するところが大きいと判断する。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。