

学 位 論 文 題 名

一貫作業型レタス収穫機の開発とその実用性

学位論文内容の要旨

日本におけるレタスの生産は平成 15 年度で年間 549,800t, 作付面積で 22,100ha であり, 現在の食生活に欠かせない品目である。この栽培はほとんどが手作業で行われており, 特に収穫作業は長時間しゃがみ姿勢を続けなくてはならず, 作業者の腰痛など健康被害も多く訴えられている。本研究では, このレタス収穫作業を省力・軽労化するために, 全面マルチで栽培されたレタスを, マルチフィルムを損傷せずに収穫することが可能で, 生産現地でも実用性が高い収穫機の開発を目的とした。

1 現状の作業分析による改善方策の策定

レタス栽培の現状と収穫作業について現地調査を行い, 作業時間と作業姿勢について, 工学的生産管理方法である IE(Industrial Engineering)と OWAS(Ovako Working Posture Analyzing System)の手法を用いて分析した。その結果, 慣行のレタス収穫作業時間のうち正味の加工作業時間は半分程度であること, 作業姿勢は切り取り作業, 箱詰め作業ともに, 筋骨格系に有害な体幹や下肢を屈しての作業が多く, 改善すべき姿勢が 90%以上に達することが明らかになった。以上から, 収穫機の開発によって工程を流れ作業化し, 作業レイアウトを検討することによって, 慣行以上の作業能率を確保しながら, 身体的負担を軽減させる改善方策を策定した。

2 レタス収穫機の開発

収穫機の開発は, 切断機構, 搬送機構, 乳汁処理装置の要素ごとに実験装置を作成し, 圃場実験により各要素の設計パラメータを決定して, 全体の機械を組み立てる手法を採用した。

1) 切断機構

最も重要な要素である切断機構においては, 切断位置合わせのためのガイドと切断刃の形式, 諸元, 相互位置関係などが主要な設計パラメータである。試験機を作製して圃場実験を行った結果, 自由回転するディスク 2 枚をガイドとしてレタスの株元に切断刃を追従させる方式が適正位置付近でレタスを切り取るのに有効であること, ディスクの前後方向傾斜角が安定的な切り取りに対して重要な要素であり, 適正值は水平から前傾 2° であることが明らかとなった。切断刃としては, 切断残渣が飛散する円盤鋸刃は不適と判断されたため, 固定刃を採用し, ガイドディスクと切断刃およびその支持部の位置関係について圃場実験を行った結果, 切断刃の支持部を極力ガイドディスクに近づけ, 外葉を逃がすように切断刃を配置することで, 精度良く連続的にレタスを切断することができた。また, 凹凸のある畝上でガイドディスクの前後方向傾斜角を一定とするため, ガイドディスクと切断刃を含む切断装置を平行リンクで支持する構造と

した。切断刃の高さを微調節することによって、適切割合を増加させることが可能であったが、同時に深切りの発生も増えるので、実用上は、レタスを浅切りで切り取った後、手作業で出荷の状態に調製するのが妥当と判断された。さらに、この「平行リンク型ディスクガイド方式」は全面マルチ栽培のハクサイの茎切断においてもガイドディスク間隔を調整することによって、深切り、損傷をほとんど発生させることなく切り取ることができた。本機構は、二、三の調節機構を付加することによって、全面マルチ栽培されたレタス、ハクサイ汎用型収穫機用の切断装置としても実用可能性を有することを確認した。

2) 搬送機構

切断後のレタスを調製作業部まで搬送する方式については、既往の結球野菜収穫機の搬送装置を検討した結果、ベルト挟持式を採用することとし、レタスの損傷が少ない搬送方法を見いだすために、レタスが搬送ベルトに接触してから完全に挟持されるまでの距離と搬送角度の関係について、実際のレタスと搬送装置を用いて実験を行った。その結果、取り込み時の搬送角度が水平の場合に、結球部がほとんど擦れずに搬送されることが明らかとなった。これらの結果をもとに、水平に取り込んだレタスを持ち上げる機構として、扇形ベルト搬送装置を開発し、圃場実験を行った結果、開発した搬送装置は切断されたレタスを円滑に取り込み、損傷なく搬送できることが確認された。

3) 乳汁処理装置

レタス切り取り後に切り口から染み出す乳汁の処理方法を検討するため、レタスを静置して乳汁を滲出させる時間を変え、滲出した乳汁を清拭した後、褐変程度を調査した。その結果、品種により程度差はあるが、静置時間が長いほど褐変を抑制でき、1分以上静置したのち、水を噴霧して洗い流す方式が実用的と判断された。

4) レタス収穫機のアーキテクチャ

開発した要素技術を組み立て、どのような収穫機を開発すべきかを決定するため、IEの手法により、作業工程の組み合わせを変えて4種の作業体系をつくり、作業人員を変えてシミュレーションを行った。その結果、工程が全て搬送装置でつながっていて、搬出を段ボール箱で行う体系が運搬効率、作業能率ともに高いことがわかった。

3 実用化収穫機の試作と実証

平行リンク型ディスクガイド方式の切断装置、扇形ベルト搬送装置、調製作業部、貯留・搬送装置、乳汁洗浄装置、箱詰め作業部を配置した2人作業用のトラクタ直装型実用化試作1号機を作製し、生産現地などで実証試験を行った。一般的なレタスにおいては作業速度 $0.02 \sim 0.27 \text{m/s}$ で機械的収穫損失もなく、安定した収穫ができた。しかし、トラクタによるマルチフィルム破損などのため、生産現地では普及し難いと判断された。このため、走行装置にHST駆動の細幅クローラを用いた自走式の実用化試作2号機を開発し、性能試験及びレタス産地で実証試験を行った。日中の炎天下など、外葉が垂れるような条件下では、切り取ったレタスが剥き玉になる傾向が見られたものの、通常条件では、作業速度 $0.03 \sim 0.09 \text{m/s}$ で機械的収穫損失が $1 \sim 2\%$ と、安定して精度良く収穫できた。また、細幅クローラによる走行は全面マルチのフィルムをほぼ痛めずに走行することができ、雨天でも作業が可能で、実用性が高いと判断された。能率は $12.0 \sim 12.6$ 箱/人時の作業が可能で、約 10 箱/人時の慣行作業能率に比べるとやや良い程度にとどまったが、作業姿勢は大幅に改善され、筋骨格

系に害のない姿勢は 90%程度になり、残りの姿勢も有害程度が軽くなった。以上から、本研究で開発したレタス収穫機は、全面マルチ栽培を行っているレタス産地で実用可能であり、収穫作業を大幅に軽労化できることが実証された。

学位論文審査の要旨

主査	教授	端	俊一
副査	教授	和田	龍彦
副査	教授	大澤	勝次
副査	助教授	片岡	崇

学位論文題名

一貫作業型レタス収穫機の開発とその実用性

本論文は 8 章からなり、図 38、表 29、引用文献 107 を含む、総ページ数 147 の和文論文であり、他に参考論文 4 編が添えられている。

日本におけるレタスの生産は平成 15 年度で年間 549,800t、作付面積で 22,100ha である。収穫作業はしゃがみ姿勢を長時間続ける手作業で、作業者の腰痛など健康被害も多く訴えられている。本研究は、このレタス収穫作業を省力・軽労化するために、全面マルチで栽培されたレタスを、マルチフィルムを損傷せずに収穫することが可能で、生産現地でも実用性が高い収穫機の開発を目的としたものである。

1 現状の作業分析による改善方策の策定

レタス栽培の現状と収穫作業について現地調査を行い、作業時間と作業姿勢について、工学的生産管理の手法を用いて分析した結果、慣行のレタス収穫作業時間のうち正味の加工作業時間は半分程度であること、作業姿勢は切り取り作業、箱詰め作業ともに、筋骨格系に有害な作業が多く、改善すべき姿勢が 90% 以上に達することを明らかにした。この結果から、各工程を流れ作業化し、作業レイアウトを検討することによって、慣行以上の作業能率を確保しながら、身体的負担を軽減させる収穫機の開発方針を策定した。

2 レタス収穫機の開発

収穫機の機能機構を、切断機構、搬送機構、乳汁処理装置の要素に分け、圃場実験によりこれら要素の設計パラメータを決定して、全体の機械を組み立てる手法を採用した。

切断機構においては、切断位置合わせのためのガイドと切断刃の形式、諸元、相互位置関係などの主要な設計パラメータについて圃場実験を行った結果、切断刃は固定刃で、自由回転するディスク 2 枚をガイドとする方式が有効であり、安定的な切り取りには、ディ

スクピッチ角（進行方向傾斜角）の範囲が水平から前傾 2° であること、および精度良い切断に重要なガイドディスクと切断刃およびその支持部の位置関係を明らかにし、これらを平行リンクで支持する構造の有効性を実証した。さらに、調節により適切割合の増加は可能であるが、同時に深切りも増加するので、浅切りで切り取った後、手作業で出荷の状態に調製するのが実用的と結論している。この「平行リンク型ディスクガイド方式」は、ハクサイ収穫用の切断装置としても実用可能性を有することも実験により確認している。

切断後のレタスを調製作業部まで搬送する方式については、レタスが搬送ベルトに接触してから完全に挟持されるまでの距離と搬送角度について検討し、レタスを水平に取り込んで、短距離で持ち上げる扇形ベルト搬送装置を独自に開発し、切断されたレタスを円滑に取り込み、損傷なく搬送できることを実証した。

レタス切り取り後に切り口から染み出す乳汁は褐変の原因となる。乳汁を滲出させる時間を変え、滲出した乳汁を清拭した後、褐変程度を調査した結果、品種により差はあるが、1 分以上静置したのち、水を噴霧して洗い流す方式が実用的と結論している。

開発すべき収穫機の仕様を決定するため、作業工程の組み合わせを変えた 4 種の作業体系につき、作業人員を変えてシミュレーションを行った結果、全ての工程を搬送装置でつなぎ、搬出を段ボール箱で行う体系が運搬効率、作業能率ともに高いことを明らかにした。

3 実用化収穫機の試作と実証

平行リンク型ディスクガイド方式の切断装置、扇形ベルト搬送装置、調製作業部、貯留・搬送装置、乳汁洗浄装置、箱詰め作業部を配置した 2 人作業用のトラクタ直装式と、HST 駆動の細幅クローラを用いた自走式の 2 種の実用化試作機を作製し、生産現地で実証試験を行った。トラクタ直装式は機械的収穫損失もなく、安定した収穫が可能であったが、トラクタによるマルチフィルムの破損がみられた。自走式は、マルチフィルムの破損もわずかで、炎天下などを除くと雨天でも作業が可能であり、実用的な作業精度と能率を実証した。作業姿勢は大幅に改善され、筋骨格系に害のない姿勢は 90%程度になり、収穫作業を大幅に軽労化できることを実証した。

以上のように、本研究はレタス収穫機の機能要素について作業精度に影響する機械的要因を明らかにし、それら要素の組み立てに工程管理手法を応用して、実用的な収穫機を完成させたものであり、学術的および実用的価値が高いと評価できる。

よって審査員一同は、鈴木尚俊が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。