

氏名	ちん 陳	はいたお 海 涛
学位の種類	博士（農学）	
学位記番号	甲第348号	
学位授与年月日	平成16年 9月24日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位論文題目	Study on the Cluster Separator for Automatically Planting Baker's Garlic in a Sandy Field (砂丘地におけるラッキョウ自動植付のための株分離装置に関する研究)	
学位論文審査委員	(主査) 岩崎正美	
	(副査) 唐橋 需	石束宣明 西山 壯一
	土肥 誠	

## 学位論文の内容の要旨

砂丘地特産物の一つであるラッキョウは、全国でも栽培面積2,000 haに満たない嗜好性の強い園芸作物であり、主に海岸砂丘地で栽培されている。

近年農業従事者の高齢化、後継者不足など深刻な労働力不足は、ラッキョウ栽培においても例外ではない。特に植付けと収穫後の調製作業の省力化・機械化が鳥取をはじめ鹿児島、福井、宮崎など全国の産地から要望されている。

ラッキョウの植付け作業は、7月下旬から9月上旬にかけて種球株を1球ずつ分離しながら、10a当たり40,000～50,000球を人力により植付けている。真夏の炎天下での腰を曲げての作業は、足に火傷を負うほどであり、雇用労働力の確保が困難な状況に至っている。

鳥取県岩美郡福部村ラッキョウ組合の依頼を受けて本研究室はトラクタアタッチメントのラッキョウ植付機を開発した。本機は耕うん、作条、植付けを同時に行え、且つトラクタ後部に座しての軽作業である。しかし、種球株の1球ずつの分離を人力に依存する植付け機構のため能率面で限界があり、普及するに至っていない。能率向上を図るには、現在人力に依存している株を1球ずつ分離する作業の機械化、すなわちラッキョウ株分離装置の開発を必要とする。ラッキョウ株分離装置の開発は、単に植付機の自動化への道を開くのみならず、現在包丁による根と茎を調製する洗いラッキョウ調製機の開発に直結するものである。

本研究は鳥取県岩美郡福部村ラッキョウ産地の生産機械化の現状分析から、ラッキョウの自動植付けシステムの開発と洗いラッキョウ調製作業の機械化を視野に入れてラッキョウ株分離装置

の設計、試作を行い、その理論分析と性能試験を実施したものである。

#### 1. ラッキョウの生物物理的特性の把握

鳥取県岩美郡福部村におけるラッキョウ（品種：ラクダ）種球の形状分布、株分離力に影響を及ぼす種球の含水率および及び盤茎における抵抗分離強度の力学的特性を把握した。分離強度を測定するための遠心力測定装置を製作し、3-D座標軸の数学モデルを開発した。

ラッキョウ種球の含水率は、収穫後12日間において、薬液中に浸漬消毒を想定した水溶液中の場合、0.7%/日の変化率で線形に増加し、無処理（室温 30~33℃）の場合、0.6%/日の変化率で線形に減少した。この間、種球の形状と寸法に有意な差は見られなかった。また、種球の含水率(w. b.)が66.0%から79.4%に増加した場合、株の分離の引張強度は $4.90 \pm 1.02$  MPaから $2.29 \pm 0.36$  MPaへ、せん断強度は $2.45 \pm 0.45$  MPaから $1.15 \pm 0.18$  MPaに、それぞれ減少した。

#### 2. 対称式水平軸流構造の株分離装置（Ⅰ）の設計開発及びパラメーターの最適化

種球株の機械的分離を図るため、回転シリンダーにゴム製、スパイク歯を備えた分離装置（Ⅰ）を設計、試作した。本試作装置の性能試験を行うにあたり、株分離率及び種球損傷率の最適条件を見出すため、株分離率と種球損傷率を目的変数とし、シリンダー回転速度(CRS)、吐出口のガイド板の傾斜角度(GPI)及び固定スパイク歯の長さ(STL)を説明変数として、応答曲面法(Response Surface Methodology-RSM)を用い、数学モデルを開発した上で、本試作装置に最適化分析を行い、その性能を評価した。

分離性能と損傷率に影響を及ぼすと考えられる3要素の最適組合せによる実験の結果：シリンダー回転速度(CRS) 175-240 rpm、吐出口のガイド板の傾斜角度(GPI) 30-48°及び固定スパイク歯の長さ(STL) 50 mmの時、株分離率は95%以上で、この時種球の損傷率は10%以下を得た。そして、3要素は全て分離率と種球の損傷率に影響を与え、寄与率はCRSが最も大きく、以下STL、GPIの順となった。

#### 3. 試作ラッキョウ種球株分離装置がラッキョウの生育に与える影響

試作種球株分離装置による損傷球がラッキョウの生育に与える影響を評価するため、2002年9月~2003年5月、鳥取県福部村における砂地実験圃場で損傷球を含む種球を植栽して発芽率など生育調査を行った。

検定の結果、4種類の処理間では、出芽率、生育速度において有意差を認めなかった。試作分離装置では種球株の機械的分離時に損傷球を生じるが、ラッキョウの生育には影響を及ぼさないことが明らかになった。

#### 4. 株分離装置（Ⅱ）の開発及びパラメーターの最適化

試作開発した株分離装置（Ⅰ）の分離性能の向上と種球損傷率の低下及び装置内でのラッキョウの滞流問題などの改善を図るため、新たに分離装置（Ⅱ）を試作した。

試作装置の主な改良点は、試作装置（I）のガイド装置とスパイク歯の形状及び配置角度を改良した。シリンダー回転速度 CRS、スパイク歯の個数 (NST)、株供給量 (FD) を説明変数とし、株分離率、種球損傷率、種球滞流率及び試作装置の処理能力を目的変数として、3 要素 5 レベルの最適化実験を行い、性能を評価した。その結果、 $CRS=210\sim 240\text{ rpm}/NST\geq 46/FD=520\text{ g/s}/STL=60\text{ mm}/GPI=35^\circ$  の最適組合せにより、分離率は 95%以上、種球損傷率は 12%以下（損傷程度は分離装置（I）より軽微）、滞流率は 0%、処理率は 200 g/s に達した。

## 5. 株供給装置の開発

分離装置を最適条件で運転するために、供給口の面積を可変式の羽根車供給装置を試作した。羽根車の回転速度 (FRS) と供給口調節板の長さ (FPL) を説明変数、株供給量 (FD)、球株の損傷率 (SBD)、株分離率 (SE) を目的変数とし、2 要素 5 レベルの実験を行い、性能を評価した。FD と FRS 及び FPL との数学モデルを開発した。その結果、FD と FRS 及び FPL の間に直線関係があり、株供給量は 300~750 g/s で、その株分離率の平均値は 13%となった。種球の損傷が見られなかった。

実験結果から、対称式水平軸流構造を持つ新たな株分離装置を開発した。その株分離率は 95%以上で、種球の損傷率は 12%以下で、処理能力は 200 g/s 以上であった。分離装置の開発により、植付機および洗いラッキョウ調整機に必要な一球ずつの供給が可能な道を拓いた。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は鳥取県岩美郡福部村ラッキョウ産地の生産機械化の現状分析をもとに、ラッキョウの自動植付けシステムの開発と洗いラッキョウ調製作業の機械化を視野に入れてラッキョウ株分離装置の設計、試作を行い、その理論分析と性能試験を実施したものである。

### 1. ラッキョウの生物物理的特性の把握

鳥取県岩美郡福部村におけるラッキョウ（品種：ラクダ）種球の形状分布、株分離力に影響を及ぼす種球の含水率および及び盤茎における抵抗分離強度の力学的特性を把握した。分離強度を測定するための遠心力測定装置を製作し、3-D 座標軸の数学モデルを開発した。

ラッキョウ種球の含水率は、収穫後 12 日間において、薬液中に浸漬消毒を想定した水溶液中の場合、0.7%/日の変化率で線形に増加し、無処理（室温 30~33℃）の場合、0.6%/日の変化率で線形に減少した。この間、種球の形状と寸法に有意な差は見られなかった。また、種球の含水率 (w.b.) が 66.0%から 79.4%に増加した場合、株の分離の引張強度は  $4.90\pm 1.02\text{ MPa}$  から  $2.29\pm 0.36\text{ MPa}$  へ、せん断強度は  $2.45\pm 0.45\text{ MPa}$  から  $1.15\pm 0.18\text{ MPa}$  に、それぞれ減少した。

### 2. 対称式水平軸流構造の株分離装置（I）の設計開発及びパラメーターの最適化

種球株の機械的分離を図るため、回転シリンダーにゴム製、スパイク歯を備えた分離装置（Ⅰ）を設計、試作した。本試作装置の性能試験を行うにあたり、株分離率及び種球損傷率の最適条件を見出すため、株分離率と種球損傷率を目的変数とし、シリンダー回転速度(CRS)、吐出口のガイド板の傾斜角度(GPI)及び固定スパイク歯の長さ(STL)を説明変数として、応答曲面法(Response Surface Methodology-RSM)を用い、数学モデルを開発し、その性能を評価した。

分離性能と損傷率に影響を及ぼすと考えられる 3 要素の最適組合せによる実験の結果は、シリンダー回転速度(CRS)175-240 rpm、吐出口のガイド板の傾斜角度(GPI)30-48° 及び固定スパイク歯の長さ(STL)50 mm の時、株分離率 95%以上、種球の損傷率 10%以下であった。寄与率は CRS が最も大きく、以下 STL、GPI の順となった。

### 3. 試作ラッキョウ種球株分離装置がラッキョウの生育に与える影響

損傷球がラッキョウの生育に与える影響を評価するため、2002 年 9 月～2003 年 5 月、鳥取県福部村実験圃場で損傷球を含む種球の発芽率など生育調査を行った。

検定の結果、4 種類の処理間では、出芽率、生育速度において有意差を認めなかった。

### 4. 株分離装置（Ⅱ）の開発及びパラメーターの最適化

試作開発した株分離装置（Ⅰ）の分離性能の向上と種球損傷率の低下及び装置内でのラッキョウの滞流問題などの改善を図るため、新たに分離装置（Ⅱ）を試作した。

試作装置の主な改良点は、試作装置（Ⅰ）のガイド装置とスパイク歯の形状及び配置角度を改良した。シリンダー回転速度 CRS、スパイク歯の個数(NST)、株供給量(FD)を説明変数とし、株分離率、種球損傷率、種球滞流率及び試作装置の処理能力を目的変数として、3 要素 5 レベルの最適化実験を行い、性能を評価した。その結果、 $CRS=210\sim 240\text{ rpm}/NST\geq 46/FD=520\text{ g/s}/STL=60\text{ mm}/GPI=35^\circ$  の最適組合せにより、分離率は 95%以上、種球損傷率は 12%以下（損傷程度は分離装置（Ⅰ）より軽微）、滞流率は 0%、処理率は 200 g/s に達した。

### 5. 株供給装置の開発

分離装置を最適条件で運転するために、供給口の面積を可変式の羽根車供給装置を試作した。羽根車の回転速度（FRS）と供給口調節板の長さ(FPL)を説明変数、株供給量(FD)、球株の損傷率(SBD)、株分離率(SE)を目的変数とし、2 要素 5 レベルの実験を行い、性能を評価した。FD と FRS 及び FPL との数学モデルを開発した。その結果、FD と FRS 及び FPL の間に直線関係があり、株供給量は 300～750 g/s で、その株分離率の平均値は 13%となった。本羽根車供給装置での種球の損傷は認められなかった。

以上の成果をもとに、株供給装置と組み合わせた対称式水平軸流構造を持つ株分離装置を開発した。性能試験の結果、株の分離率 95%以上、種球の損傷率 12%以下で、処理能力は 200 g/s 以上であった。本分離装置の開発により、人力に依存しているラッキョウ株の 1 球ずつの機械的分離が可能な道を拓いた。