

学 位 論 文 題 名

高精度水稻湛水条播技術に関する研究

学位論文内容の要旨

<研究の背景と目的>

現在の日本農業は外圧、内圧ともに厳しさが増し、大きな変曲点にさしかかっている。日本農業の根幹である稲作においても更なる低コスト化、省力化が求められている。その中で注目される直播技術は、収量の不安定性はもとより、資材、機械、技術等の投資も必要となり、移植から直播に移行するには相当の覚悟が必要となっている。しかし、省力化に伴う他作業への労力再配分は、全作業量の増加をもたらす、数値以上の効果を与える可能性がある。特に、集落営農、コントラクタなど、大規模作業を行う農業組織に見合った直播機の開発が望まれている。

種々の水稻直播技術がある中で、我が国の気候条件、従来の稲作機械化体系などを総合的に考慮すると、乾田直播に比べ湛水直播の普及可能性が高い。湛水直播においては、出芽・苗立ちの安定化と耐倒伏性向上が課題であり、湛水土壌中条播技術をベースとして開発を進めることとした。従来の湛水土壌中条播機は土壌の流動性の大小により覆土量が変化するため、播種深さが大きく変動し、出芽・苗立ちを不安定にしている。本論文は、この播種深さ精度を向上させることを目的に、土壌表面硬度の変化に応じて覆土機構を制御する高精度湛水播種技術の開発研究をまとめたものである。

<土壌表面硬度測定機器の開発>

播種機の覆土性能に大きく影響を及ぼす土壌表面硬度を高精度で測定する土壌表面硬度計と、連続的に表面硬度を検出する覆土機構制御用リアルタイム土壌硬度センサを開発し、従来法との比較実験により以下の結果を得た。

- 1) 土壌表面硬度計は、頂角 44.5° 、高さ 55mm、質量 115g の下げ振り先端を地表面に接する位置から自由落下させて、そのときの貫入深さを読み取る方式とした。下げ振り等を用いる従来法に比べて、操作性と測定精度が向上した結果、変動係数も小さく精度よく能率的に土壌表面の硬度を測定できることを明らかにした。この硬度計を用いて種々の条件のほ場を測定した結果、一筆のほ場内でも大きな硬度むらが存在することが確認された。
- 2) 土壌表面を追従する基準輪と土壌硬度に応じて沈下量が増加するセンサ輪によって、連続的に土壌表面硬度を検出するリアルタイム土壌表面硬度センサを開発し、速度によらず安定した検出が可能であり、土壌表面硬度計と高い相関を示すことを実験により明らかにした。

<高精度水稻湛水条播機と覆土量制御>

高精度水稻湛水条播機を設計試作し、新たに開発した覆土板角度制御機構について、覆土板の形状、

角度等を検討し、リアルタイム土壌表面硬度センサの出力値に基づく覆土機構制御法を検討した。

- 1) 水田ビークルに直装する条播機を設計試作した。従来機からの主な改良点は、①全長を長くして土壌表面への追従性を向上させ、強度アップによって覆土板の作用を確実にしたフロート、②播種深さを2段階に変えられる作溝器、③覆土板角度制御機構の付加などである。
- 2) 覆土板角度が覆土性能に及ぼす影響を調べ、土壌表面硬度が8～50mmの間で、適正な覆土状態を得るための土壌表面硬度と覆土板の進行方向に対する角度の関係を明らかにした。
- 3) 土壌表面硬度に応じて覆土板角度を制御するアルゴリズムを検討・試作し、土壌硬度、速度、滞水の有無などの条件を変えて実験した結果、いずれの条件下でも安定した覆土板制御が可能であることを確認した。

<作業性能、水稻の出芽・苗立ちと収量>

高精度水稻湛水条播機を供試し、播種作業性能試験及びその後の生育・収量調査等を、1997年及び1998年の2カ年にわたって延14地域で実施し、以下の結果を得た。

- 1) 播種作業は、代かき後3～10日目、平均土壌表面硬度が27～39mmの条件下で行い、作業速度0.8～1.0m/sで円滑に作業でき、覆土板角度制御機構も良好に作動した。
- 2) 覆土板を固定した対照機と開発機の播種精度を浅め作溝で比較した結果、出芽種子露出割合が24%から7%と1/3以下に減少し、適正深さ(3～12mm)の出芽種子割合が65%から72%に増加し、表面播種が減少して、播種深さの安定化が図られていることが確認できた。また、苗立調査における転び苗・浮苗率を平均すると、1997年、1998年でそれぞれ3.2%、2.8%であり、開発機の表面播種が減少して一定播種深度の確保による効果が認められた。
- 3) 2年間の収量を移植ほ場と比べると、比較的気温の低い地域並びにコシヒカリ栽培地域では、平均で20%低く、温暖な地域でコシヒカリ以外の品種を栽培した場合は平均で約12%高かった。
- 4) 開発機の平均ほ場作業量は約45a/hで、高能率であった。

<地域適応性と普及>

全国8地区で、開発した高精度水稻湛水条播機による開発促進評価試験を実施し、より多くの地域での適応性と大面積作業時の取扱性、耐久性などを検証して以下の結果を得、実用化を実現した。

- 1) 「コシヒカリ」直播が増加するとともに、播種時期は年々早まる傾向にあり、4月下旬から5月連休期間に集中した。乾籾播種量は、コシヒカリだけで見ても1.3～4kg/10aと、地域によって差があったが、全体としては減少傾向にあった。総作業面積約115haにおいて順調に作業を行い、利用農家から高い評価を得た。
- 2) 播種深さ精度は、「浅め作溝」で平均出芽深さ5.4mm、平均表面出芽割合7.2%、「深め作溝」で平均出芽深さ9.7mm、平均表面出芽割合1.8%となり、1998年度の試験結果と同等の、安定した播種深さを確保できた。ほ場作業量は平均0.42ha/h、1日当たりの作業面積は平均2.55haであった。
- 3) 落水出芽法の導入や好天により、安定した出芽苗立ちを確保して順調に生育し、倒伏程度も移植栽培と差がなかった。全地域、全品種を平均した対移植収量比は約90%程度と安定した収量となり、品質も移植に比べておおむね良好であった。
- 4) 利用農家から、取扱性、耐久性を中心とした供試機への改良要望が出された。この結果を反映さ

せて開発機に改良を加え、2000 年春から市販化された。

- 5) 市販された高精度水稻湛水条播機はすでに 120 台程度が導入され、自動コーティング装置の普及と相俟って、湛水直播栽培面積の拡大に寄与している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 端 俊 一

副 査 教 授 寺 尾 日出男

副 査 助教授 由 田 宏 一

(北海道大学北方生物圏フィールド科学
センター)

副 査 助教授 片 岡 崇

学 位 論 文 題 名

高精度水稻湛水条播技術に関する研究

本論文は7章からなり、図 37, 写真 29, 表 28, 引用文献 82 を含む、総ページ数 126 の和文論文であり、他に参考論文 4 編が添えられている。

稲作農業が更なる低コスト化、省力化を求められている中で、種々の試みがなされている。本研究は、水稻湛水直播栽培の安定化を目的として、出芽や耐倒伏性に影響を与える播種深さを適正に保つ高精度湛水条播技術の開発研究を行ったものである。最初に播種深さに影響を与える土壌表面硬度を精確に測定する測定器を開発し、次いで表面硬度変化に応じて覆土量を自動制御する播種機を開発してその制御法を検討し、ほ場試験と地域適応性試験を行って、実用化と技術普及を検討した。本研究の内容は以下のように要約される。

1. 土壌表面硬度計の開発

代かき後の軟らかい土壌表面の硬度変化を精確に測定し、播種条件を把握するため、下げ振り先端を地表面に接する位置から自由落下させる土壌表面硬度計を開発した。本硬度計は深さ 50 mm までの土壌硬度を 10~20%の変動係数で測定可能であり、従来法に比べて操作性も向上し、高精度・高能率で土壌表面の硬度を測定できた。この硬度計を用いて各地域の直播ほ場を測定した結果、一筆のほ場内でも貫入深で 10~50 mm という大きな硬度むらが存在することを明らかにした。

2. リアルタイム土壌硬度センサの開発

覆土量を自動制御するためには、ほ場表面の硬度変化を連続的に検出する必要がある。本研究では、土壌表面を追従する基準輪と土壌硬度に応じて沈下量が増加するセンサ輪という独自

の構造をもつリアルタイム土壌表面硬度センサを開発した。本センサは速度によらず安定した検出が可能であり、1秒間（20個）の移動平均により土壌表面硬度を精確に検出できることを実験により明らかにし、リアルタイムセンサとして実用可能なことを実証した。また、本センサで得られたデータにより、ほ場一面の土壌表面硬度マップが作成でき、代かき作業の精度改善にも利用できることを提示している。

3. 高精度水稻湛水条播機の開発

水田ビークルに直装する高精度水稻湛水条播機を設計試作し、新たに開発した覆土板角度制御機構について、覆土板の形状、角度およびリアルタイム土壌表面硬度センサの出力値に基づく覆土機構制御法を検討した結果、土壌表面硬度が8～50mmの間で、適正な覆土状態を得るための土壌表面硬度と覆土板の進行方向に対する角度の関係が得られ、土壌硬度、速度、滞水の有無などの条件によらず安定した覆土板制御が可能であることを実証した。

4. 高精度水稻湛水条播機の作業性能と地域適応性

播種作業性能試験及びその後の生育・収量調査等を2年にわたって延14地域で実施し、作業速度0.8～1.0 m/sで良好に作業できることを確認した。覆土板を固定した対照機と開発機を比較すると、出芽種子露出割合が24%から7%と1/3以下に減少し、適正深さ（3～12 mm）の出芽種子割合が65%から72%に増加し、転び苗・浮苗率は平均3%であり、表面播種が減少して一定播種深度確保による効果を実証した。

また、全国8地区で地域適応性評価試験を実施した結果、総作業面積約115haにおいて順調に作業を行い、利用農家から高い評価を得た。播種深さ精度は、「深め作溝」で平均出芽深さ9.7mm、平均表面出芽割合1.8%となり、前掲の性能試験結果と同等の安定した播種深さを確保できた。ほ場作業量は平均0.42ha/h、1日当たりの作業面積は平均2.55haと高能率であった。出芽・生育については、安定した出芽苗立ちを確保して順調に生育し、倒伏程度も移植栽培と差がなかった。全地域、全品種を平均した対移植収量比は約90%程度と安定した収量となり、品質もおおむね良好との結果を得ている。

以上のように、本研究は水稻湛水条播技術の高精度化を実現した研究で、開発された「土壌表面硬度計」と「高精度水稻湛水条播機」はそれぞれ1998年、2000年に市販されている。これらの成果は関係学会および関係業界でも実用レベルの技術開発として高く評価されている。よって審査員一同は、西村 洋が博士（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。