

学 位 論 文 題 名

テンサイ移植機の自動化に関する開発研究

学位論文内容の要旨

本論文は、7章21節で構成され、図82、表33、写真13、引用文献84を含む196頁の和文論文である。

日本のテンサイ栽培は紙筒による移植方式が広く定着している。この栽培方式の採用によって収量の増加とともに、より収量の安定した生産が可能となった。しかし、この移植方式は紙筒への土詰、播種、育苗及び移植などの関連した作業が必要となり、直播方式と比べ労働時間は著しく増加した。この労働時間増加の対応策として、省力化の努力が続けられ、今日では直播栽培とほぼ同等な能率となっている。移植機械についても、その改良に大きな進展がみられ、作業時間は半減している。しかし、人手により苗の補助供給を行う現状の半自動方式においては、その発展と向上に限界があり、大幅な省力化は期待できない。

そこで、本研究は移植の自動化と高速化を目標に、自動化に必須な苗供給部の無人化を計るため、紙筒の構造と移植機械の両面から考察し、新規発想のもとに連続した紙筒（チェーンポット）と、これを個々の苗に高速分離する装置、及び、上記分離装置の能力に対応する、機構が簡単で高速植付けに適する苗落下方式による新たな植付け装置を開発したものである。更に、これらの装置を搭載した移植機を試作し、実証実験を行い、省力性はもとより移植機としての基本性能においても実用に十分供し得る内容であることを確認したものである。

第1章はテンサイ移植機の変遷と既往の自動化研究の問題点を述べ、これに対応して本研究の目的と位置づけを行った。

第2章はテンサイ移植機の自動化について考察し、本研究の糸口となる提案を行った。1) 連続苗を用いた既往の自動化研究は苗間隔の狂い易い性質に宿命的に逆らって、無理にピッチを合せて個々の苗に分離しようとするところに基本的な誤りが認められた。そこで、苗間に分離誘導部と呼ぶ切込みを入れ、その上部を接続し、分離誘導部を手掛りに最初の接続部に応力を集中させて、順次接続部を切断することにより、小さな力で、かつ、苗間のピッチを合せずに分離可能と考察した。そして、この考えに基づく連続紙筒（チェーンポット）と高速処理を可能とするローラの組合せによる実用的な分離装置を考案した。

2) 植付け部は、機構が極めて簡単で、土中において可動部分がなく、分離機構に対応して自動化・高速化の可能な苗落下式植付け機構に着目した。しかし、従来の機構は移植機の進行に伴う苗の慣性力についてほとんど考慮されてなく、そのため植付けは不安定であり、かつ、作業速度を増し、能率を向上させるには大きな制約を受けていた。そこで、本機構を高速化するには、①苗が所要角度で所定位置に落下すること、②溝切り器の後方に発生する植付け穴の位置が作業条件にかかわらず一定であること、の2つの条件を満たすことが必須と考察し、上記の条件を満たす新たな植付け機構を考案した。

第3章は第2章の提案に基づきチェーンポット苗を個々の苗に分離するについて基礎実験を行い、チェーンポット設計のための基礎資料を得た。次に、これらの結果から実用的なチェーンポットと分離装置について検討した。1) チェーンポットの接続部の強度は苗の引出し距離に対応し、8~14Nを必要とすることが判った。2) 分離力の点から分離誘導部の長さは30mm以上あることが望ましく、この時の分離力は分離誘導部のない場合と比べ約1/5に減少することが判った。また、接続部の長さは正常な分離が行われる3mm以下が適当であった。3) 以上の結果を基に実用的なチェーンポットを試作するとともに、連続的に分離可能な実験装置を試作し、分離条件について検討したところ、分離角度は12~15°、速度比は6~7が最も許容度も高く、安定した分離の得られることが判明した。

第4章は第2章の提案に基づき苗落下式植付け機構の理論的検討を行うとともに、実験により実用機への適用に必要な基礎資料を得た。1) 溝切り器の後方に出現する植付け穴は溝切り器の進行に伴い定常的に発生し、この植付け穴に落下した苗は埋め戻される土壌により徐々に拘束され、苗の持つ慣性力と戻り土の保持力が平衡したときに苗は固定されるものと考察された。2) 溝切り器背面に沿って苗を落下させるのに必要な苗と苗落下管の動摩擦係数を求める関係式を導き、実験により本植付け機構に適用できる実用的な同係数0.8を求めた。また、苗の放出角度、放出速度、着地角度を算出する関係式も導出した。3) 溝切り器として半円柱を用いて、その後方に生じる開溝部の形状が半円柱の大きさや作業速度、土壌の種類によってどのように変化するかを実験により調べ、以下の知見を得た。①開溝部の長さは移動速度の増加に比例して長くなり、その増加割合は土質により異なること、②同一土壌での土壌水分による開溝部長さへの影響は極めて小さいこと、また、③開溝部の輪郭曲線を求める関係式が火山性壤土と沖積土のそれぞれについて得られた。

4) 側壁を設けた溝切り器により、目標とする開溝部形状の定常化設定が可能となった。

第5章は第4章の結果を基に植付け装置を試作し、苗が植付けられる条件とその精度について実験により検討を行い、実用機設計の資料を得た。

1) 移動速度が増すに伴い、植付け角度はほぼ直線的に減少した。そして、その減少割合は移動速度0.1m/sの増加に対して4~5°であった。

2) 背面角度が小さくなれば植付け角度は増大し、溝切り器の背面角度と植付け角度は逆比例の関係にあることが明らかとなった。そして、その減少割合は背面角度1°の増加に対して、植付け角度は約2°であった。

3) 土壌水分の違いによる植付け角度に大きな差はみられず、また、火山性壤土と沖積土との間にも差はみられなかった。

4) 植付け角度の標準偏差は3~7°の範囲で、在来移植機と同等であり、十分に実用範囲内であると判定された。

5) 本章と第4章から、植付け装置の設計が可能となった。

第6章は第3章~第5章の結果を基にチェーンボット及び2条用と6条用の移植機を試作して性能を調査し、実用性を検討した。

1) トラクタ直装型の2条用移植機を試作し、植付け精度を調査したところ、第5章の室内実験の結果とはほぼ同じ標準偏差6.9°であった。株間の変動係数は14-19.5°の範囲にあり、在来機種のカム板式とはほぼ同等であり、このことは栽培上、十分に許容範囲内であった。2) 5年間にわたり合計42.1haの実証実験を24農家圃場で試みたところ、在来機種と比べ1/2に省力化され、また、さまざまな移植条件に対する許容度も高く、十分な実用性を確認した。3) 欧米などの大規模圃場に対応するため、トラクタけん引型の6条用移植機を試作した。移植作業能率は1時間当たり0.54haであり、植付け精度は2条用移植機と同じであった。また、本機用の作業能率の算出式を導き、効率的な利用法についての提案を試みた。

以上のように、本論文はテンサイ移植機を自動化するための開発的な研究であり、ここに得られた成果はテンサイのみならず他作物にも適用可能で、省力化と合わせて移植技術の発展に大きく寄与するものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 寺 尾 日出男

副 査 教 授 伊 藤 和 彦

副 査 教 授 宮 本 啓 二 (帯広畜産大学)

副 査 助教授 高 井 宗 宏

学 位 論 文 題 名

テンサイ移植機の自動化に関する開発研究

本論文は7章21節から構成され、図82、表33、写真13、引用文献84を含む196頁の和文論文で、他に参考論文14編が添えられている。

日本のテンサイ栽培は紙筒による移植方式により、収量の増加とともにより安定した生産が可能となったものの、この方式は直播方式と比べ基本的に多くの労力を必要とするので、昨今の農業事情からこの点の一層の解決が迫られている。現状の半自動移植方式では、その発展と改良には限界があり、大幅な省力化は期待できない。

そこで、本研究は移植の全自動化と高速化を目標に、基礎研究から着手し、自動化に適應する連続した紙筒（チェーンポット）と、これを個々の苗に高速分離する装置、及び、上記分離装置の能力に対応する新たな植付け装置の開発を行ったものである。

第1章はテンサイ移植機の変遷と既往の自動化研究の問題点を述べ、本研究の目的と位置づけを行っている。

第2章はテンサイ移植機の自動化について考察し、本研究の糸口となる提案を行った。

1) 連続苗を用いた既往の自動化研究は、苗間隔の狂い易い宿命的な性質に逆らって、無理にピッチを合せて個々の苗に分離しようとするところに基本的な誤りが認められた。そこで、この点を解決したチェーンポットと高速処理を可能とする実用的な分離装置を考案した。

2) 従来の苗落下式植付け機構は、移植機の進行に伴う苗の慣性力についてほとんど配慮がなされておらず、そのため植付けは不安定であり、かつ、作業速度を増し、能率を向上させるには大きな制約を受けていた。そこで、これらの点を解決した新たな苗落下式植付け機構を考案した。

第3章はチェーンポット苗を個々の苗に分離するについて基礎実験を行い、次に、これらの結果から実用的なチェーンポットと分離装置について検討した。

- 1) 分離力の点から分離誘導部の長さは30mm以上あることが望ましく、この時の分離力は分離誘導部のない場合と比べ約1/5に減少することが判った。
- 2) 実用的なチェーンポットと連続的に分離可能な実験装置を試作し、分離条件について検討したところ、分離角度 $12\sim 15^\circ$ 、速度比6~7付近は最も許容度も高く、安定した分離の得られることが判明した。

第4章は苗落下式植付け機構の理論的検討を行うとともに、実験により実用機への適用に必要な基礎資料を得た。

- 1) 溝切り器背面に沿って苗を落下させるに必要な苗と、苗落下管の動摩擦係数を求める関係式を導き、本植付け機構に適用できる実用的な同係数0.8が実験により得られた。
- 2) 溝切り器として半円柱を用いて、その後方に生じる開溝部の形状の変化を実験により調べたところ、開溝部の長さは移動速度に比例して長くなり、その増加割合は土質により異なること、同一土壌での土壌水分による開溝部長さへの影響は極めて小さいことなどが判明し、これらを基に開溝部の輪郭曲線を求める関係式が火山性壤土と沖積土について得られた。
- 3) 側壁を設けることにより、定常化した目標とする開溝部形状の設定が可能となった。

第5章は植付け装置を試作し、苗が植付けられる条件とその精度について室内実験により検討を行い、実用機設計の基礎資料を得た。

- 1) 移動速度が0.1m/s増すに伴い、植付け角度はほぼ直線的に $4\sim 5^\circ$ 減少した。
- 2) 溝切り器の背面角度 1° の増加に対してと、植付け角度は約 2° 減少する逆比例の関係にあることが明らかとなった。
- 3) 植付け精度の標準偏差値は $3\sim 7^\circ$ の範囲で在来移植機と同等であり、十分に実用範囲内であると判定された。
- 4) 本章と第4章の結果から植付け装置の設計が可能となった。

第6章はチェーンポット及び2条用と6条用の移植機を試作して、性能を調査し、実用性を検討した。

- 1) 実圃場における植付け精度は標準偏差で 6.9° で、室内実験の結果とほぼ等しいことを確認した。また、株間の変動係数は $14\sim 19.5\%$ の範囲にあって在来機種のごム円板式とほぼ同値であり、栽培上、十分に許容範囲内であった。
- 2) 5年間にわたり合計42.1haの実証実験を24農家圃場で試みたところ、在来機種と比べ2条用で1/2に省力化されること、また、さまざまな移植条件に対する適応度も高く、十分な実用性のあることを確認した。

3) 欧米などの大規模圃場に対応するため、移植作業能率が毎時0.54haのトラクタけん引型6条用移植機を試作した。また、本機用の作業能率の算出式を導き、効率的な利用法についても提案を試みた。

以上のように、本論文はテンサイ移植機を完全自動化するための開発研究であり、ここに得られた結果は、テンサイのみならず他作物にも適用可能で、省力化と合わせて、移植技術の発展に大きく寄与するものである。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者である南部哲男は、博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。