

学 位 論 文 題 名

稲麦二毛作における麦藁処理技術の開発に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、総頁数122、図69、表22、参考文献75を含む5章からなる和文論文であり、別に13編の参考論文が添えられている。

本論文は、縦切断した麦藁が極めて速く水中に沈下することを示してロール形藁縦切り装置を開発し、それを自脱コンバインの排藁カッタに組込み、代掻き後に浮遊する麦藁量を慣行作業時の21%に削減できる、自脱コンバイン排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置として完成したものである。

1. 稲麦二毛作の課題

1章は稲麦二毛作の推移・課題と対応策の研究概要および研究目的である。稲麦二毛作（従来は水田二毛作と呼んだが、転作の普及によって稲麦以外の作物と組み合わせた二毛作が存在するため、稲麦二毛作との新語が慣用化された）は、春と秋の短い作付け切替え時に作業が集中するばかりか、稲への切替期には、田植機の普及と共に移植適期が早まって一層多忙になったこと、自脱コンバイン収穫で散布された麦藁が湛水面上に浮遊集積して苗を押倒したり、田植機の作業精度を低下させて、欠株を増大させることが大きな課題になっている。そこで収穫後の藁を焼却する手法が広まったが、煙公害や地力低下が顕在化し、麦藁を有機物資源として鋤込む技術開発が不可欠になった。従来の研究では、麦藁を鋤込むための深起し法、早く沈下させるための微細断法、地表に藁を付着させるための籠型ローラーの利用法などが開発・試験されたが、全生育藁に対する浮遊藁の比として浮遊率を定義すれば、いずれも3%を越えて不十分な結果であった。

2. 麦藁の浮遊と沈下

2章は麦藁の浮遊と沈下の特性を明らかにしている。代掻き後に水面上に浮遊した麦藁は、切断稈長が短い、質量/直径が小さければ1～3週間で沈下する。しかし、節有り藁は3週間経ても20%程度沈下するのみで最も障害となるばかりか、代掻き後浮遊する麦藁の約80%は節有り藁であるため問題が大きい。一方、これらを縦切断した麦藁は、いずれも3日間で95%以上が沈下して沈下促進効果が高い手法であることを示した。

3. 麦藁の浮遊と沈下の理論的解析

3章では麦藁の吸水・沈下過程を実比重と見かけ比重を計測して説明した。風乾麦藁の実比重は0.34～0.37、吸水開始後2日で実比重0.8以上、水分60%以上となり、完全吸水後には実比重1.08～1.09、水分74.4～76.8%となった。一方、縦切断した麦藁では実比重0.85以下ですべて浮上し、実比重1.01～1.1でほとんどが沈下した。また、吸水によって実比重が1.0以上になっても浮遊する藁は、稈内部に気泡を包み込んで見かけ比重が1.0以下となるためであり、これを縦切断すれば直ぐに沈下した。この結果、麦藁が長期間浮遊する理由は、麦藁の吸水速度の違いでなくて気泡による見かけ比重が支配していること、縦切断によって沈下が促進されるのは、稈の内部の気泡を包み込まないためであることを明らかにした。

4. 麦藁縦切断装置の開発

4章は溝状の切断刃を軸方向に多数付けたロールを2本組み合わせ、両者の周速度を変えて溝内の麦藁を縦に切断しようとする麦藁縦切断装置を考案した。試作の定置試験機を用いて連続切断試験を行った結果、20日経ても20%しか沈下しない節あり藁が、6日間で95%も沈下して本装置の有効性を確認した。そこで同様の機構を市販の自脱コンバインの排藁カッタに組込んだ試作1号機を製作して作業試験を行い、全生育藁に対する浮遊藁の比で示す浮遊率が無処理区で3.2%あったものを処理区では0.5%まで減らした。しかし、1号機は軸間距離に比べて両ロールの隙間が0.5mm程度と狭いため、軸と軸受けに過度の強度を要すること、縦切断刃の形状が複雑で加工に手間が掛かることが難点となり、実用化は無理と判断された。

5. 自脱コンバイン用麦藁縦切断装置の開発

5章は、1号機の難点を回避するため、2～6号機の自脱コンバインの排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置を開発し、次の知見を得て最適仕様を決定した。加工が容易な厚さ2mmの板状縦切断刃を用いた場合、板を8mm間隔として枚数を多くすれば縦切断性能が高まる。高速切断刃の突起部と低速切断刃の溝を向き合わせ、縦切断刃間の隙間を見かけ上広げたロール構造は、縦割り性能が1号機より劣るものの、代掻き前の湛水期間を長くすることにより浮遊率を1%まで下げ得る。これらの結果を総合すると、麦藁の直径を考慮して切断刃の溝深さを1.5～1.8mmとし、高速回転側ロールの縦溝と他方の低速ロールの突起部が向かい合うように配置して見かけの間隙を0～0.5mmにする5号機の構造が最適仕様と決定した。同機の圃場試験の結果は全生育藁に対する浮遊藁の比で示す浮遊率が0.5%に止まった。また、6号機は縦割り切断機能を解除してカッターのみが作動する機構を組み込み、麦收穫に縦割り切断を使い、稲收穫に使わないなど必要に応じて選択できる構造として完成品とした。また、麦藁縦切断装置として開発したが、生稲藁であっても縦切断できることを確認した。なお、本装置の性能を十分に発揮させるには、代掻き前の湛水期間を少なくとも3日確保して浮遊藁をできるだけ沈下させると共に、浅水で代掻きすることが重要である。

試作機の所要動力は、本装置を組み込むと市販ディスクカッターの3～6倍の所要動力を要するが、装置の回転数を倍加することによって所要動力が20～30%減少できることを示した。

稲麦二毛作は、稲麦の合計収量が10t/haにもなる高収量な土地利用方式であるため、その振興は日本農業を発展・維持し、21世紀の人口急増に備える有力な手法の一つである。本論文は、コンバイン排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置を開発して浮遊藁による障害を回避する実用技術を確立し、稲麦二毛作の振興・コスト低減・土作り等に役立つと共に、学術的にも高い成果を得ている。

学位論文審査の要旨

主査	教授	高井宗宏
副査	教授	寺尾日出男
副査	教授	中世古公男
副査	助教授	端俊一

学位論文題名

稲麦二毛作における麦藁処理技術の開発に関する研究

本論文は、総頁数122、図69、表22、参考文献75を含む5章からなる和文論文であり、別に13編の参考論文が添えられている。

稲麦二毛作は、春と秋の短い作付け切替え期間に作業が集中するばかりか、稲への切替期には、田植機の普及と共に移植適期が早まって一層多忙になったことと、コンバイン収穫で散布された麦藁が湛水面上に浮遊集積して田植機の作業精度を低下させることが大きな課題になっている。そこで藁を焼却する手法が広まったが、煙公害や地力低下が顕在化し、麦藁を有機物資源として効率的な技術開発が不可欠になった。本論文は、縦切断した麦藁が極めて速く水中に沈下することを示してロール形藁縦切り装置を開発し、それを自脱コンバインの排藁カッタに組み込み、代掻き後に浮遊する麦藁量を慣行作業時の21%に削減できる、自脱コンバイン排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置として完成したものである。

1. 麦藁の浮遊と沈下

代掻き後に水面上に浮遊した麦藁は、切断稈長が短い、質量/直径が小さければ1～3週間で沈下する。しかし、代かき後浮遊する麦藁の約80%は節有り藁であり、これは3週間経ても20%程度沈下するのみで最も障害となる。一方、縦切断した麦藁はいずれも3日間で95%以上が沈下し、沈下促進効果が高いことを示した。

2. 麦藁の浮遊と沈下の理論的解析

風乾麦藁の実比重は0.355、吸水開始後2日で実比重0.8以上、水分60%以上となり、完全吸水後には実比重1.085、水分75.5%となった。一方、縦切断した麦藁は実比重0.85以下ですべて浮上し、実比重1.01以上でほとんどが沈下した。また、実比重が1.0以上になっても浮遊する藁は、稈内部に

気泡を包み込んで見かけ比重が1.0以下となるためであり、これを縦切断すれば直ぐに沈下した。

この結果、麦藁が長期間浮遊する理由は、麦藁の吸水速度の違いでなくて気泡によるみかけ比重が支配していること、麦藁の縦切断法によって沈下が促進されるのは、稈の内部の気泡を包み込まないためであることを明らかにした。

3. 麦藁縦切断装置の開発

周速度の異なる二本のロールに溝状の切断刃を付けた麦藁縦切断装置を考案し、連続縦切断試験を行った結果、沈下し難い節あり藁が6日間で95%も沈下して本装置の有効性を確認した。そこで同種の機構を自脱コンバインの排藁カッタに組込んだ1号機を製作して作業試験を行い、全生育藁に対する浮遊藁の比で示す浮遊率が無処理区で3.2%あったものを処理区では0.5%まで減らした。しかし、1号機は軸間距離に比べて両ロールの隙間が0.5mm程度と狭く、軸と軸受けに強度を要すること、縦切断刃の形状が複雑で加工に手間がかかることが難点である。

4. 自脱コンバイン装着型麦藁縦切断装置の開発

1号機の難点を回避するため、2～6号機のコンバイン排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置を開発して多くの知見を得た。これらの知見を総合し、切断刃の溝深さを1.5～1.8mmとし、高速側ロールの縦溝と低速ロールの突起部を向かい合せて見かけの隙間を0～0.5mmにする構造が最適仕様と結論し、圃場試験において浮遊率を0.5%に止めた。これに縦割り切断機能を解除してカッターのみが作動する機構を組み込み、必要に応じて処理が選択できる構造として6号機を完成させた。なお、本装置の性能を十分に発揮させるには、代掻き前の湛水期間を最低3日確保して浮遊藁をできるだけ沈下させると共に、浅水で代掻きすることが重要である。

稲麦二毛作は、稲麦の合計収量が10t/haにもなる高収量な土地利用方式であるため、その振興は日本農業を発展させ、21世紀の人口急増に備える有力な手法の一つである。本論文は、コンバイン排藁カッタ併用型麦藁縦切断装置を開発して浮遊藁による障害を回避する実用技術を確立しており、稲麦二毛作の振興・コスト低減・土作り等に役立つばかりか、学術的にも高く評価できるものである。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、本論文の提出者田坂幸平は博士（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。