

(論文内容の要旨)

我が国の食料自給率は40%を切り食料自給率の向上が緊急の課題となっている。なかでも濃厚飼料は90%を輸入に頼っており濃厚飼料の自給率向上が必要である。その一方で我が国は減反政策により約100万haの水田でイネの作付けが行われていない。この水田でイネを作り、飼料として利用できれば食料自給率の向上がはかれる。しかし、飼料イネサイレージの籾は消化されにくい籾殻で覆われているため、無処理のまま給与した場合、未消化のまま排出される子実が多く、イネを飼料として使用するためにはこの子実を減らし、飼料としての利用効率を向上させることが必要である。

本論文は、破碎籾の消化率が高いことに着目し、画像処理による破碎状態の判定、新たに開発した籾破碎装置による飼料イネの籾殻剥離・籾破碎処理、及びこの処理を行った飼料を去勢牛に給与し、飼料イネサイレージ中の籾の未消化子実排泄率を低減させるための調製技術の開発を行ったもので、以下の5章からなっている。

第1章では、我が国の食料自給の現状とイネの生産について概観し、イネを飼料として使用することの必要性、及びイネを飼料として使用するためには籾殻剥離・籾破碎処理が必要なことを述べ、代表的な籾殻の破碎機械の方式や構造を比較した。この考察に基づいて飼料イネサイレージに適した破碎方式を検討し、本研究の目的について述べた。

第2章では、籾殻剥離・籾破碎の状態を客観的に識別するため色判別と形状解析の画像処理プログラムを開発した。色判別プログラムでは、籾殻が一部でも剥離または籾が破碎されているかどうかを識別した。これによりハレーションの影響による誤判定を回避するとともに、適切なしきい値を設定することにより、破碎籾と無処理籾とを確度90%以上で識別できることを明らかにした。また、形状解析プログラムにより、籾殻の外穎と内穎が開くなどして明らかに破碎籾であるにもかかわらず、籾殻の一部が剥離していないことにより画像中に乳白色部が存在しないために生じる誤判定を回避した。この結果、色判別と形状解析を組み合わせることにより破碎籾と無処理籾との識別確度は98%を達成した。

第3章では、飼料イネサイレージの籾殻破碎装置の開発を行うため、籾殻が剥離・破壊するのに要する力を測定した。この結果、引張力が最も有効で次にせん断力が効果的であった。籾殻に引張力を加えることは難しいので、せん断力を効果的に作用させるダブルロールミル方式の籾殻剥離・籾破碎機構を開発した。効率的に作用させるた

めには、シミュレーションによりローラ表面のV字型の溝は60°が適していること、さらにローラ周速度は0.2m/s、2つのローラ間周速度比は10%、及びローラ間初期圧縮力は1kN の条件が最適となることを明らかにした。この結果籾単体では、籾破碎率は80%、所要動力は0.3~0.4kW及び処理能力は1.1t/hを達成した。飼料イネサイレージに用いた場合、籾破碎率は93%、所要動力は0.4kW及び処理能力は0.8t/hで、この処理能力は実用的にも十分であることを明らかにした。

第4章では、開発した籾破碎装置を用いて、飼料イネサイレージの処理を行い、処理した飼料イネサイレージを去勢牛に給与し、栄養価や未消化子実の排泄率低減効果を確認した。籾破碎処理したイネは無処理イネに比べて細胞内容物(Organic Cell Contents)の消化率が有意に増加した。また、未消化子実排泄率は無処理イネで13.2%であったのに対して、籾破碎処理イネでは4.5%と有意に低減した。一方、乾物摂取量当たりの採食時間と反芻時間の和で示す咀嚼時間については、籾破碎処理と無処理の飼料イネサイレージで有意な差が認められなかった。これは籾破碎装置による処理により飼料イネサイレージの繊維の物理性が損なわれなかったことを意味しており、開発した籾破碎装置を用いることにより、繊維の物理性を損なうことなく未消化排泄率を低減させることが可能となった。

最終章の第5章では、本研究により得られた知見を総括し、画像処理により効率的に破碎状態が識別できること、ダブルロールミル方式の籾殻剥離・籾破碎機構が有効なこと、及びこれで処理した飼料イネサイレージを去勢牛に与えることで、未消化排泄率の低減が可能となることをまとめた。

(論文審査の結果の要旨)

我が国は減反政策により約100万haの水田でイネを作付けしておらず、一方で濃厚飼料の90%を輸入に頼っているため、イネを飼料として利用することは重要な課題である。飼料イネの品種改良・栽培法・調製法等の研究は進んでおり着実に定着しつつある。しかしイネは消化されにくい籾殻に覆われているため、そのままでは子実が未消化のまま排泄されてしまい、飼料イネの普及にはこの問題を解決することが必要である。

本研究は、飼料イネサイレージの消化率を向上させるためには籾殻の破碎が有効であることに着目し、画像処理による破碎状態の識別と籾破碎装置の開発を行い、この装置を用いて破碎した飼料イネサイレージを去勢牛に給与する実験を行って、その有用性を明らかにしたもので、評価すべき点は以下のとおりである。

- (1) 籾殻破碎状態を識別するため、色判別と形状解析の画像処理プログラムを開発した。色判別プログラムでは、籾殻が一部でも剥離または籾が破碎されているかどうかを識別可能とした。また、形状解析プログラムでは、籾殻の外穎と内穎が開くなどして明らかに破碎籾であるにもかかわらず、籾殻の一部が剥離していないため画像中に乳白色部が存在しないことによる誤判定を回避した。色判別と形状解析を組み合わせることにより、破碎籾と無処理籾との識別確度98%以上を確保し、かつ迅速な判定を可能とした。
- (2) 籾殻の破碎には引張力が最も有効であるが引張力は加えにくいいため、次に有効なせん断力を作用させるダブルロールミル方式の籾殻剥離・籾破碎機構を開発した。ローラ表面には籾にせん断力を作用させやすいようにシミュレーションにより最適となった60°のV字型の溝を設けた。開発した籾破碎装置の性能を籾単体及び飼料イネサイレージの実験で求め、籾単体では破碎率80%、処理能力1.1t/h、飼料イネサイレージでは破碎率93%、処理能力0.8t/hを達成した。
- (3) 開発した籾破碎装置により処理した飼料イネサイレージを去勢牛に給与し、籾破碎処理イネは無処理イネに比べて細胞内容物の消化率が有意に増加すること、及び未消化子実排泄率が13.2%から4.5%へと有意に低下することを明らかにした。一方咀嚼時間では籾破碎処理と無処理の飼料イネサイレージで有意な差がなく、籾破碎装置による処理は飼料イネサイレージの繊維の物理性を損なわないことを明らかにした。これにより開発した籾破碎装置による処理が飼料イネサイレージの繊維の物理性を損なうことなく未消化排泄率を低減できる調製技術の開発を達成した。

以上のように本論文は、粉砕機を開発して、この破砕装置で処理した飼料イネサイレージの有用性を実験によって明らかにしたもので、フィールドロボティクス、飼料作物学の発展、並びに我が国の飼料イネサイレージの普及による食料自給率向上に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成20年11月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。