

学位論文題名

反芻家畜における粗飼料の物理的特性と消化動態

学位論文内容の要旨

粗飼料の持つ種々の物理的特性は、反芻家畜における粗飼料の消化率および自由採食量を、規制する要因の一つと言われている。しかし、これまで繊維質飼料の物理的特性の評価方法に関して十分な検討が行われておらず、粗飼料の物理的特性と消化動態との関係および消化動態を介した消化率、自由採食量への影響については不明な点が多い。

そこで、本研究は飼料片の物理性と消化動態との関係を明らかにすることを目的に実施した。まず粗飼料粒子の破碎強度、粒子径、粒子形状、比表面積という物理的特性の評価方法について検討を行った。さらに、これらの物理的特性が反芻胃における粗飼料の分解、通過および微細化という消化動態にたいしどのように関与しているかを総合的に検討し、粗飼料の消化率および自由採食量を規制する物理的要因について考察した。

主な成果は以下のとおりである。

1) 摂取された粗飼料片粒子の消化管での微細化について、以下のことが明らかになった。

① 緬羊では摂取された粗飼料の大飼料片(篩別法で1.18mm以上の粒子)のうち採食時および反芻時の咀嚼によって微細化される割合がそれぞれ34-53%および42-50%を占め、咀嚼による微細化が大飼料片の反芻胃からの消失にとって主要な要因であることが示唆された。

② 緬羊の消化管各部位における飼料中の不消化成分である酸性デタージェントリグニンの粒度分布より、飼料粒子の微細化は第三胃以降の消化管では生じないことが明らかになった。また、反芻胃における微細化は反芻時の咀嚼時間にたいして一次の反応速度にしたがって進行した。

③ 反芻胃内微生物の消化により、培養48時間で大飼料片の約3割が微細化されて小粒子となるが、7割の粒子はその構造を維持された。また、この消化にともなう大飼料片の微細化は培養時間にたいし一次の速度で進行するが、微細化が起こるまでに4から14時間の遅滞時間を要した。

④ 牛では粗飼料の種類によって単位摂取量当たりには要する採食および反芻時間は異なるとともに、それぞれ自由採食量と有意な負の相関関係が認められた($r=-0.820$, $P<0.01$ および $r=-0.822$, $P<0.01$)。このことから、粗飼料の破碎抵抗性という物理的特性が粗飼料の採食量を左右する重要な要因であることが明らかになった。

2) 飼料片の破碎強度の計測方法を確立するため、遊星型ボールミルを用いた粗飼料

の破碎試験を行なったところ、咀嚼による微細化と同様、大飼料片の残存率が破碎時間に対して一次反応速度式に従い減少し、遊星型ボールミルによる粗飼料の破碎が口腔内における咀嚼のメカニズムと共通することが示された。また、この遊星型ボールミルの破碎にたいする抵抗性が高い粗飼料は、大飼料片を微細化するのに緬羊が要する採食時間ならびに反芻時間が長く、この遊星型ボールミルによる粗飼料の破碎強度測定値が咀嚼にたいする抵抗性を示す指標となることが明らかになった。

3) 飼料片粒子の粒子径および形状の測定に光学的測定方法の適用を検討したところ、従来の画像解析装置による自動計測では細長い粒子の測定の場合、誤差が生じ易く、また重なった粒子の処理に問題があった。この点を改善するため、パーソナルコンピュータと手動の図形入力装置を組み合わせた独自の計測装置を開発した。この計測装置で測定した緬羊消化管内飼料片の50%平均ヘイウッド径（投影面積円相当径）は反芻胃から第三胃にかけて急激に低下し、反芻胃内粒子が第三胃以降の消化管各部位に出現する確率は粒子のヘイウッド径により規制されることが明らかとなった。一方、内容物の粒子形状はいずれの消化管においても違いは見られず、粒子形状という物理性が反芻胃からの通過に関与している可能性は低いことが示唆された。

4) 流体透過法および窒素ガス吸着法により粗飼料の比表面積測定を行ったところ、微細化にともなう比表面積の増加は認められず、乾草などの繊維質飼料では内部に多くの微細な隙間が存在することが明らかとなった。窒素ガス吸着法による計測では、得られた値が液体透過法による計測値よりも5から10倍高く、より微細な空隙内の表面について計測できることが明らかになった。また、窒素ガス吸着法による比表面積が大きい乾草ほど乾物および細胞壁成分の反芻胃内における消化速度定数は高く、粗飼料の比表面積という物理的特性が反芻胃内における微生物の付着および分解作用と密接に関連することが示された。

以上のように、本研究では粗飼料の物理的特性が反芻胃内における消化動態のなかで重要な役割を果たすとともに、粗飼料の消化率や自由採食量を規制する要因となることを明らかにしており、ここで確立された飼料片粒子の破碎強度、粒子径、粒子形状ならびに比表面積という物理的特性の評価方法が、反芻胃内における消化動態を解析し、粗飼料の消化率や自由採食量について検討するうえで有効な手段となることを示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 朝日田 康 司
副 査 教 授 上 山 英 一
副 査 助 教 授 大久保 正 彦

学 位 論 文 題 名

反芻家畜における粗飼料の物理的特性と消化動態

本論文は、表27、図22および引用文献111を含む総ページ126の和文論文であり、7章に分けて論述されている。

粗飼料の持つ種々の物理的特性は反芻家畜における粗飼料の消化率および自由採食量を、規制する要因の一つと言われている。しかし、これまで繊維質飼料の物理的特性の評価方法に関して十分な検討が行われておらず、粗飼料の物理的特性と消化動態との関係および消化動態を介した消化率、自由採食量への影響については不明な点が多い。

そこで、著者は粗飼料の物理的特性と反芻家畜における消化動態との関係を明らかにすることを目的に本研究を行った。まず粗飼料粒子の破碎強度、粒子径、粒子形状、比表面積という物理的特性の評価方法に関して検討を行い、ついでこれらの物理的特性が反芻胃における粗飼料の分解、通過および微細化という消化動態にたいしどのように関与しているかを総合的に検討し、粗飼料の消化率および自由採食量を規制する物理的要因について考察した。

主な成果は以下のとおりである。

1) 摂取された粗飼料片の消化管での微細化について、以下のことが明かとなった。

① 摂取された大飼料片（篩別法で1.18mm以上）の全微細化に占める採食時および反芻時の咀嚼による割合は、それぞれ34-53%および42-50%で、咀嚼による微細化が大飼料片の反芻胃からの消失にとって主要な要因であった。また第3胃以降の消化管では、飼料片の微細化は生じなかった。

② 一方反芻胃内微生物消化に伴う微細化速度は、きわめて遅く、反芻胃内培養法で48時間培養した後も、約7割の大飼料片が、その組織構造を維持していた。

③ 単位採食量当たりの採食および反芻時間と自由採食量との間に負の相関関係が認められ、粗飼料の破碎抵抗性という物理的特性が採食量を左右する要因の一つであることが示唆された。

2) 飼料片の破碎強度を計測するため遊星型ボールミルを用いた粗飼料の破碎試験を行った結果、咀嚼による微細化と同様、大飼料片の残存率が破碎時間の進行に従い減少し、遊星型ボールミルによる粗飼料の破碎が口腔内における咀嚼のメカニズムと共通することが示された。また、この遊星型ボールミルの破碎にたいする抵抗性が高い粗飼料

は、大飼料片を微細化するのに要する採食時間ならびに反芻時間が長く、この遊星型ボールミルによる粗飼料の破碎強度測定値が咀嚼にたいする抵抗性を示す指標となることが明らかになった。

3) 飼料片の粒子径および形状の測定に光学的方法の適用を検討したところ、画像解析装置による自動計測では細長い粒子の測定において測定誤差が大きかった。この点を改善するため、パーソナルコンピュータと手動の図形入力装置を組み合わせた独自の計測装置を開発した。この計測装置による綿羊消化管内飼料片の粒子計測の結果、飼料片の粒子形状が反芻胃からの通過に関与する可能性は低く、反芻胃内粒子が第三胃以降の消化管各部に出現する確率は粒子径（ヘイウッド径）により規制されることが明らかとなった。

4) 飼料片の微細な空隙をふくめた比表面積の計測は窒素ガス吸着法により、可能となった。比表面積が大きい粗飼料ほど、乾物および細胞壁成分の反芻胃における消化速度定数は高く、粗飼料の比表面積という物理的特性が反芻胃内における微生物の付着および分解作用と密接に関連することが示された。

以上のように、本研究は粗飼料の物理的特性が反芻胃内における消化動態のなかで重要な役割を果たすとともに、粗飼料の消化率や自由採食量を規制する要因となることを明らかにしており、学術的に高く評価される。また、ここで確立された飼料片粒子の破碎強度、粒子径、粒子形状ならびに比表面積の評価方法は、反芻胃内における消化動態を解析し、粗飼料の消化率や自由採食量について検討するうえで有効な手段となることが示されており、実用面においても貢献するところが大きい。

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、本論文の提出者大浦良三は博士（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。