

学位論文題名

破碎処理技術を用いたトウモロコシサイレージの

高度利用に関する研究

学位論文内容の要旨

1. 緒言

飼料用トウモロコシは単位面積当たりの可消化養分総量 (TDN) 収量の高い粗飼料であり、高い飼料自給率で乳生産を得るためにはトウモロコシサイレージ (CS) の利用が有効と考えられる。しかし、高泌乳牛に対して CS を長期多給した実証試験はなく、登熟度の影響も十分明らかにされていない。特にルーメン内の養分利用率に関する情報は極めて少ない現状にある。CS 高度利用のため、破碎処理が北米を中心に導入されているが、その効果検証は黄熟期以降の CS に限定されており、CS の熟期に適した破碎処理条件は明らかではない。これらの課題に対応すべく一連の試験を実施した。

2. トウモロコシサイレージ主体飼養時の泌乳牛における摂取量および乳生産

CS を 305 日間の泌乳期間を通じて飽食給与したときの乳生産について検討した。粗飼料として CS のみを給与する区 (CS 区)、CS とグラスサイレージ (GS) の乾物比が 2 : 1 となるように分離給与する区 (対照区) に、それぞれ経産牛 5 頭および初産牛 3 頭を割り当てた。対照区に比べ、CS 区は乾物および TDN 摂取量が高く、経産牛の 305 日間乳量は CS 区 9,984kg、対照区 8,529kg で CS 区が高かった。CS 区は乳脂肪率および乳タンパク質率が低い傾向にあり、CS 多給体系における物理的な繊維効果の改善と併給飼料の給与法について検討が必要と考えられた。初産牛でも CS 区で乳量が多い傾向にあった (8,027kg vs. 7,010kg)。経産牛、初産牛ともにルーメン液および血液成分に異常はみられず、第四胃変位の発生もなかった。以上より、粗飼料として CS を単独給与すると、305 日間で約 10,000kg の乳生産が期待できることを実証した。

3. トウモロコシサイレージの熟期の違いが乳牛の炭水化物およびタンパク質利用に及ぼす影響

CS の熟期の違いが乳牛の養分利用に及ぼす影響を検討した。CS は乳熟期、黄熟期および完熟期に設定切断長 9.5 mm で調製した。飼料全体の粗タンパク質 (CP) 含量が 14%となるように、各 CS に大豆粕を混合し、ルーメンおよび十二指腸カニューレを装着した乾乳牛 3 頭に給与した (乳熟区、黄熟区、完熟区)。登熟に伴い、CS のデンプン含量は高まるが、ルーメン内のデンプン消化率は直線的に低下した。ルーメン内可消化デンプン量は黄熟期で最も多かった。ルーメン内および総消化管における NDF 消化率は、乳熟期に比べ黄熟期および完熟期で著しく低下し、完熟期では微生物体窒素合成効率も低下する傾向にあった。TDN は乳熟区 75.0%、黄熟区 72.0%、完熟区 67.6%で、乳熟期が高いが、乳熟期は乾物収量が低いため、TDN 収量は黄熟期収穫が最も高かった。以上より、TDN 収量のみならず、ルーメン内消化率の観点からも、CS は黄熟期に収穫することが望ましいと結論づけた。

4. 黄熟期トウモロコシサイレージにおける破碎処理が炭水化物およびタンパク質利用に及ぼ

す影響

CS における破碎処理の有無およびローラ間隔の違いが乳牛の養分利用に及ぼす影響を検討した。破碎処理の効果を検討するために、黄熟期に設定切断長 17 mm で調製した未破碎 CS、および切断長は同様とし、ローラ間隔 5 mm で破碎処理して調製した破碎 CS を供試した。飼料全体の CP 含量が 14% となるように大豆粕を混合し、ルーメンおよび十二指腸カニューレを装着した乾乳牛 3 頭に給与した（未破碎区、破碎区）。破碎処理は CS の化学成分に影響しなかったが、破碎区は未破碎区に比べ、乾物摂取量が高かった。ルーメン内のデンプン消化率は破碎区 86%、未破碎区 54% と、破碎処理により約 30% 高まったが、中性デタージェント繊維（NDF）消化率は変化しなかった。破碎区では総消化管においてもデンプンおよび非繊維性炭水化物消化率が高く、TDN は破碎区 71.2%、未破碎区 68.1% で破碎区が高かった。設定切断長を 17 mm と長くすることにより、ローラ間隔 5 mm で破碎処理をしても、総咀嚼時間や NDF 消化率を低下させずに、デンプンの利用亢進が可能となった。

適切な破碎強度を知るために、黄熟期にローラ間隔 5 mm または 1 mm で調製した CS（設定切断長 19 mm）を供試した。飼料全体の CP 含量が 14% となるように大豆粕を混合し、ルーメンおよび十二指腸カニューレを装着した乾乳牛 3 頭に給与した（CPR 区、FPR 区）。ルーメン内のデンプン消化率は CPR 区に比べ、FPR 区で高いものの（85.6% vs. 94.8%）、総消化管における養分消化率は区間の差が小さく、TDN は CPR 区 71.6%、FPR 区 71.3% で差はなかった。黄熟期のトウモロコシではローラ間隔を 5 mm から 1 mm にしても TDN のさらなる向上はみられず、ローラ間隔 5 mm で十分に破碎処理の効果が得られることを実証した。

5. 糊熟期および完熟期のトウモロコシサイレージにおける破碎処理の効果

糊熟期または完熟期の CS における破碎処理が乳牛の養分利用に及ぼす影響を検討した。糊熟期に設定切断長 9.5 mm で切断し、破碎処理しないもの、切断長 19 mm で破碎処理しないもの、または切断長 19 mm でローラ間隔 5 mm で破碎処理をしたものを調製した。飼料全体の CP 含量が 17% となるように大豆粕を混合し、ルーメンおよび十二指腸カニューレを装着した乾乳牛 3 頭に給与した（9UP 区、19UP 区、19PR 区）。19UP 区と 19PR 区でルーメン内および総消化管におけるデンプン消化率および TDN に差はなく、糊熟期では破碎処理の効果がなかった。19UP 区は NDF 消化率および TDN が低く、咀嚼時間は 9UP 区と同程度であった。糊熟期のトウモロコシでは、破碎処理は必要なく、設定切断長を 19 mm にしても物理性は向上しないことを明らかにした。

完熟期に設定切断長 9.5 mm で破碎処理なし、切断長 19 mm でローラ間隔 5 mm、3 mm または 1 mm で破碎処理をして CS を調製した。飼料全体の CP 含量が 17% となるように、各 CS に大豆粕を混合し、ルーメンおよび十二指腸カニューレを装着した乾乳牛 4 頭に給与した（対照区、CPR 区、MPR 区、FPR 区）。対照区および CPR 区に比べ、MPR 区および FPR 区でデンプン消化率は高く、対照区および CPR 区の TDN がそれぞれ 70.3%、69.9% であったのに対し、MPR 区および FPR 区は 73.4% と高かった。NDF 消化率および総咀嚼時間は区間に差がなかった。完熟期のトウモロコシで破碎処理の効果を得るためには、ローラ間隔を 3 mm 以下とし、破碎圧を高める必要があることを実証した。

6. 結論

CS を粗飼料として単独給与することにより高い乳生産を得ることが可能であり、ルーメン内消化率および TDN 収量の点から黄熟期収穫が望ましい。CS の栄養価をさらに高める方法として、破碎処理技術が利用できる。トウモロコシを黄熟期以前に収穫する場合には破碎処理は必要ないが、黄熟期はローラ間隔を 5 mm、完熟期は 3 mm 以下で破碎処理することにより、デンプン消化率および TDN を高められる。破碎処理では、設定切断長を 17~19 mm 程度と長くすることにより、総咀嚼時間やルーメン液の pH が適正に維持され、NDF 消化率を低下させずに、デンプンの利用亢進が可能となる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 林 泰 男
副 査 教 授 近 藤 誠 司
副 査 准教授 上 田 宏 一 郎
副 査 助 教 小 池 聡

学 位 論 文 題 名

破碎処理技術を用いたトウモロコシサイレージの 高度利用に関する研究

飼料用トウモロコシは単位面積当たりの可消化養分総量（TDN）収量の高い粗飼料であり、高い飼料自給率で乳生産を得るためにはトウモロコシサイレージ（CS）の利用が有効と考えられる。しかし、乳牛に対してCSを長期多給した実証試験はなく、登熟度の影響も十分明らかにされていない。特にルーメン内の養分利用性に関する情報は極めて少ない現状にある。一方、CS高度利用のため、破碎処理が北米を中心に導入されているが、その効果検証は十分でなく、熟期に適した破碎処理条件も明らかではない。本研究では、これらの課題に対応すべく一連の試験を実施しており、内容は以下に要約される。

CSを305日の泌乳期間を通じて飽食給与したときの乳生産について、8頭の泌乳牛を用いて検討した。対照（グラスサイレージ補給）に比べ、CS飽食時は乾物およびTDN摂取量が高く、経産牛の305日間乳量はCS区9,984kg、対照区8,529kgでCS区が高かった。CS区は乳脂肪率および乳タンパク質率が低い傾向にあり、CS多給体系における物理的な繊維効果の改善と併給飼料の給与法について検討が必要と考えられた。ルーメン液および血液成分に異常はみられず、第四胃変位の発生もなかった。以上より、粗飼料としてCSを単独給与すると、305日間で約10,000kgの乳生産が期待できることを明示した。

乳熟、黄熟および完熟期に調製したCSを乾乳牛3頭に給与した。登熟に伴い、CSのデンプン含量は高まるが、ルーメン内のデンプン消化率は直線的に低下した。ルーメン内可消化デンプン量は黄熟期で最も多かった。ルーメン内および総消化管における繊維消化率は、乳熟期に比べ黄熟期および完熟期で著しく低下した。TDN収量は黄熟期収穫が最も高かった。以上より、TDN収量のみならず、ルーメン内消化率の観点からも、CSは黄熟期に収穫することが望ましいことを実証した。

破碎処理およびそのローラ間隔の違いが乳牛の養分利用に及ぼす影響を検討した。

黄熟期の破碎および未破碎 C (双方とも切断長 17mm) を乾乳牛 3 頭に給与した。破碎時は未破碎に比べ、乾物摂取量が高かった。ルーメン内のデンプン消化率は破碎で 86%、未破碎で 54%と、破碎処理により顕著に高まった。破碎時は総消化管のデンプンおよび非繊維性炭水化物消化率が高く、TDN も破碎時が約 3% 高かった。すなわち、設定切断長を 17 mm と長くすることにより、ローラ間隔 5 mm で破碎しても、咀嚼時間や繊維消化率を低下させずに、デンプンの利用亢進が可能なことを実証した。

適切な破碎強度を知るために、黄熟期にローラ間隔 5 mm または 1 mm で調製した CS を乾乳牛 3 頭に給与した。ルーメン内のデンプン消化率は 5mm に比べ、1mm 破碎で高いものの (85.6% vs. 94.8%)、総消化管における養分消化率は差が小さく、TDN は 5mm でも 1mm でも差はなかった。黄熟期のトウモロコシではローラ間隔 5 mm で十分に破碎処理の効果が得られることを示した。

次に糊熟期に、未破碎とローラ間隔 5 mm で破碎した CS を調製し、乾乳牛 3 頭に給与したところ、ルーメン内および総消化管におけるデンプン消化率ならびに TDN 含量に差は認められなかった。よって、糊熟期のトウモロコシでは破碎処理は必要ないと判断できた。

さらに完熟期で未破碎のもの、ローラ間隔 5 mm、3 mm または 1 mm で破碎したものを乾乳牛 4 頭に給与した。未破碎および 5mm 破碎に比べ、3 および 1mm 破碎でデンプン消化率は高く、TDN も 3 および 1mm 破碎で 3-4% 高くなった。よって完熟期のトウモロコシで破碎処理効果を得るためには、ローラ間隔を 3 mm 以下とし、破碎圧を高める必要があることを実証した。

以上の結果から、CS を粗飼料として単独給与することにより高い乳生産を得ることが可能であり、ルーメン内消化率および TDN 収量の点から黄熟期収穫が望ましいこと、CS の栄養価をさらに高めるには破碎処理が有効なことが明らかとなった。ただし、黄熟期以前の収穫では破碎処理は不要だが、完熟期は破碎強度を上げる必要があることを提示した。本研究の成果は、現場に応用可能な技術に科学的根拠を与え、普及促進の基盤を提供するものである。

よって、審査員一同は、谷川珠子が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。