学位論文題名

泌乳牛のアミノ酸栄養改善による 窒素排泄量低減に関する研究

学位論文内容の要旨

乳牛の飼料中タンパク質の利用効率を高めることは、同時に窒素排泄量を減じ、環境への負荷を低減させる。乳牛のタンパク質栄養に関する研究では、飼料のルーメン内分解性や通過速度およびアミノ酸レベルでの養分充足が重要となっている。飼料中タンパク質はルーメン内分解性の違いにより、分解性タンパク質（RDP）と非分解性タンパク質（RUP）に分けられる。RDPはルーメン微生物により微生物タンパク質（MCP）に合成され、良質のタンパク源となるが、高泌乳牛ではMCPだけでは十分でなく、RUPからの供給も重要となる。

飼料中タンパク質の利用効率を高めるには、RDPと発酵性炭水化物の供給量を適正にしMCP合成量を最大にするとともに、RUP中のアミノ酸組成を考慮する必要がある。ルーメン保護アミノ酸（RPAA）製剤や高RUP飼料の添加は、乳合成を制限するメチオニンおよびリジンの供給量を高め、飼料中タンパク質の利用効率を高めるとともに、糞尿への窒素排泄量を低減することが期待される。

近年、酪農経営の規模拡大と個体乳量の増加にともない、家畜糞尿による環境負荷量の増大と環境汚染が重要な問題となっている。これらを軽減するには家畜側からは、窒素摂取量を低減するか、飼料中タンパク質の分解性およびアミノ酸組成を考慮し、窒素供給量の減少と窒素利用効率を高める必要がある。また、北海道の主たる自給粗飼料である牧草サイレージはタンパク質中のRDP割合が高く、その利用効率を高めるには易発酵性炭水化物の十分な供給と、アミノ酸バランスを考慮した高RUP飼料の補給が重要であろう。

以上の観点から本研究は、牧草サイレージ主体飼養において、乳牛の飼料タンパク質の利用効率を高めることにより、糞尿への窒素排出量をコントロールし、環境への窒素負荷量を低減することを目的に、牧草サイレージ主体給与下の泌乳牛において以下の点について検討した。

- 1) 窒素出納試験データに基づく糞尿量および窒素排泄量の飼料的要因の解析
- 2) RPAA製剤の添加あるいはRUP中のメチオニンおよびリジン含量が高い魚粉の給与による乳タンパク質生産の向上効果
- 3) タンパク質供給量およびアミノ酸栄養を考慮した窒素排泄量低減策

主な結果は次のように要約される。

- 1) 糞尿量および窒素排泄量の解析では、初産牛（128頭、平均乳量23.1kg/日）および2産以上のウシ（131頭、平均乳量31.5kg/日）の窒素出納試験データを用いて、牧草サイレージ主体飼養における泌乳牛の糞尿量および窒素排泄量を示すとともに、飼料摂取量との関連を検討した。糞量は初産

牛が 35.8kg/日、2産以上のウシが 51.4 kg/日、尿量は各々13.8、13.0kg/日であった。糞窒素量は初産牛が 146g/日、2産以上のウシが 179g/日、尿窒素量は各々78、110g/日、合計量は各々225、289g/日であった。摂取窒素量に対する糞尿窒素量の割合は、初産牛が 55.0%、2産以上のウシが 55.9%であった。糞量は NDF 摂取量と正の相関 ($P<0.001$)、糞窒素量は CP 摂取量と正の相関 ($P<0.001$)、尿量および尿窒素量は TDN/CP 比と負の相関 ($P<0.001$) がみられた。また、尿量は尿窒素量と正の相関 ($P<0.001$) がみられ、飼料中の TDN/CP 比を適正に保つことにより、尿窒素量の減少ばかりでなく、尿量も減少することを明らかにした。

2) 泌乳初期牛への RPAA 製剤および魚粉の添加試験では、牧草サイレージ主体飼養において、ルーメン保護メチオニン (RPM) およびルーメン保護リジン (RPL) の添加、あるいは魚粉の給与が乳タンパク質生産に及ぼす影響を検討した。RPAA 製剤添加試験では、試験 1 (供試牛 16 頭) で RPM (DL-メチオニン量で 30g) を分娩後 16 週間添加 (RPM 区) し、試験 2 (供試牛 14 頭) で RPM (同 15g) および RPL (L-リジン量で 20g) を分娩後 12 週間添加 (RPML 区) した。乾物摂取量および乳量は試験 1、2 とも処理間に差がなかったが、乳タンパク質率は試験 1 で対照区 2.87%、RPM 区 3.07%、試験 2 で対照区 2.80%、RPML 区 3.00%と、いずれも添加区が 0.20 ポイント高かった。血清遊離メチオニン濃度は、試験 1、2 とも添加区が対照区に比べ有意に高かった ($P<0.01$)。

魚粉給与試験 (供試牛 26 頭) では、混合飼料の乾物比率は牧草サイレージと圧ぺんとうもろこしと大豆粕と魚粉が、対照区で 50 : 38 : 12 : 0、魚粉区で 50 : 39 : 6 : 5、養分含量はともに CP 含量 15%、TDN 含量 77%とし、分娩後 6 日から 12 週まで給与した。乾物摂取量および乳量は差がなかった。乳タンパク質量は対照区が 1.07g/日、魚粉区が 1.17g/日と、魚粉区で高い傾向にあったが、乳タンパク質率は対照区が 2.86%、魚粉区が 3.04%と、魚粉区が有意に高かった ($P<0.05$)。血清遊離メチオニン濃度は対照区が $2.15 \mu\text{mol/dl}$ 、魚粉区が $2.43 \mu\text{mol/dl}$ ($P<0.05$)、血清遊離リジン濃度は各々 7.66 、 $8.90 \mu\text{mol/dl}$ ($P<0.01$) と、ともに魚粉区が有意に高かった。

以上の結果より、牧草サイレージ主体飼養では RPAA 製剤添加あるいは魚粉給与により、制限アミノ酸と考えられるメチオニンおよびリジンが効率的に補給され、乳タンパク質生産が高まると考えられた。

3) 窒素排泄量低減試験では、飼料中アミノ酸バランスを考慮して、乳生産を低下させずに窒素排泄量を低減し得る可能性について検討した。窒素出納試験 (供試牛 6 頭) は 3×3 ラテン方格法で実施した。供試飼料は混合飼料とし、牧草サイレージ、圧ぺんとうもろこし、大豆粕および魚粉の乾物比率は、13%CP 区で 55 : 39 : 4 : 2、15%CP 区で 55 : 34.6 : 8.4 : 2、17%CP 区で 55 : 30 : 17 : 0 とし、TDN 含量はいずれも 76%とした。乾物摂取量、乳量および乳タンパク質生産は処理間に差がなかった。糞窒素量は処理間に差がなかったが、尿窒素量は 17%CP 区が 125g/日、15%CP 区が 98g/日、13%CP 区が 69g/日と、飼料中 CP 含量の低下とともに著しい減少がみられた。乳中尿素窒素濃度は飼料中の CP 含量とともに低くなり、血中尿素窒素濃度とも高い相関 ($P<0.001$) がみられた。これらの濃度は尿窒素量とも相関が高く、尿窒素量低減の指標として有用と考えられた。

以上の結果から、乳合成の制限アミノ酸となるメチオニンおよびリジンを効率的に補給することにより、飼料中 CP 含量を低く設定しても乳生産を低下させずに、尿窒素量低減が可能と考えられた。

4) これらから、飼料中の TDN/CP 比を適正に保つことにより、尿窒素量ばかりでなく尿量も減少することが示唆され、同時に乳中および血中の尿素窒素濃度は、尿窒素量低減の指標として有用であることを示した。また、牧草サイレージ主体飼養において、RPAA 製剤あるいは魚粉の添加は、乳タンパク質合成の制限アミノ酸と考えられるメチオニンおよびリジンを補給し、乳タンパク質生産を高

めることを明らかにした。さらに、魚粉の添加により乳生産を低下させることなく、給与する飼料中 CP 含量を下げるのが可能であり、結果的に尿窒素量を低減できることを示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 近 藤 誠 司
副 査 教 授 田 中 桂 一
副 査 助 教 授 小 林 泰 男
副 査 講 師 中 辻 浩 喜

学 位 論 文 題 名

泌乳牛のアミノ酸栄養改善による 窒素排泄量低減に関する研究

本論文は6章からなり、図8、表18、引用文献75を含む総頁数69の和文論文であり、別に5編の参考論文が添えられている。

従来の乳牛のタンパク質栄養に関する研究では、飼料のルーメン内分解性や通過速度およびアミノ酸レベルでの養分充足が重要となっている。飼料中タンパク質の利用効率を高めるには、分解性タンパク質（RDP）と発酵性炭水化物の供給量を適正にし、微生物タンパク質合成量を最大にするとともに、非分解性タンパク質（RUP）中のアミノ酸組成を考慮する必要がある。ルーメン保護アミノ酸（RPAA）製剤や高RUP飼料の添加は、乳合成を制限するメチオニンおよびリジンの供給量を増加し、飼料中タンパク質の利用効率を高めるとともに、糞尿への窒素排泄量を低減することが期待される。

近年、家畜糞尿による環境負荷量の増大と環境汚染が重要な問題となっており、家畜側からも窒素の利用効率を高めることが求められている。北海道の主たる自給粗飼料である牧草サイレージはタンパク質中のRDP割合が高く、タンパク質の利用効率を高めるには易発酵性炭水化物の十分な供給とアミノ酸バランスを考慮した高RUP飼料の補給が重要である。

以上の観点から本研究は、牧草サイレージ主体飼養において、乳牛の飼料タンパク質の利用効率を高めることにより、糞尿への窒素排出量を制御し、環境への窒素負荷量を低減することを目的に行ったものであり、得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 泌乳牛における糞尿量および窒素排泄量の飼料的要因の解析

糞尿量および窒素排泄量の解析では、初産牛128頭および2産以上のウシ131頭の窒素出納試験成績を用いた。糞量は初産牛が35.8kg/日、2産以上のウシが51.4 kg/日、尿量は各々

13.8、13.0kg/日、糞窒素量は各々146、179g/日、尿窒素量は各々78、110g/日、摂取窒素量に対する糞尿窒素量の割合は各々55.0、55.9%であった。糞量は NDF 摂取量と正の相関、糞窒素量は CP 摂取量と正の相関、尿量および尿窒素量は TDN/CP 比と負の相関がみられた。尿量は尿窒素量と正の相関がみられ、飼料中の TDN/CP 比を適正に保つことにより、尿窒素量の減少ばかりでなく、尿量も減少することを明らかにした。

2. RPAА 製剤あるいは魚粉の添加による乳タンパク質生産の向上効果

泌乳初期牛への RPAА 製剤および魚粉の添加試験では、牧草サイレージ主体飼養において、ルーメン保護メチオニン (RPM) およびルーメン保護リジン (RPL) の添加、あるいは魚粉給与が乳タンパク質生産に及ぼす影響を検討した。RPAА 製剤添加試験では、試験 1 で RPM (DL-メチオニン量で 30g) を添加 (RPM 区) し、試験 2 で RPM (同 15g) および RPL (L-リジン量で 20g) を添加 (RPML 区) した。乳タンパク質率は試験 1 で対照区 2.87%、RPM 区 3.07%、試験 2 で対照区 2.80%、RPML 区 3.00%と、いずれも添加区が 0.20 ポイント高かった。魚粉給与試験では、魚粉区に全乾物中 5%の魚粉を給与した。乳タンパク質量は対照区が 1.07g/日、魚粉区が 1.17g/日、乳タンパク質率は各々2.86、3.04%と魚粉区が高かった。血清遊離メチオニンおよびリジン濃度は魚粉区が高かった。以上の結果より、牧草サイレージ主体飼養では RPAА 製剤あるいは魚粉の添加により、乳合成の制限アミノ酸となるメチオニンおよびリジンが効率的に補給され、乳タンパク質生産が高まるものと考えられた。

3. タンパク質供給量およびアミノ酸栄養を考慮した窒素排泄量低減策

飼料中 CP 水準は 13、15、17%の 3 水準とし、13、15%区には魚粉を全乾物中 2%添加した。ラテン方格法で窒素出納試験を実施した結果、乾物摂取量、乳生産および糞窒素量には差がなかったが、尿窒素量は 17%CP 区が 125g/日、15%CP 区が 98g/日、13%CP 区が 69g/日と、飼料中 CP 含量の低下とともに減少した。乳中尿素窒素 (MUN) および血中尿素窒素 (SUN) 濃度は尿窒素量と相関が高く、尿窒素量低減の指標となった。以上の結果から、乳合成における制限アミノ酸を効率的に補給することにより、飼料中 CP 含量を低く設定しても乳生産を低下させずに尿窒素量を低減できることが示され、このことは環境への窒素負荷量の低減ばかりでなく、タンパク質飼料の節減にもつながるものと考えられた。

以上のように本研究は、従来からの乳牛のタンパク質栄養にアミノ酸バランスの観点を導入し、それらを考慮することによる飼料タンパク質利用効率向上および窒素排出量減少による環境負荷量の低減効果を明らかにしており、学術面および実用面において高く評価される。

よって審査員一同は、扇 勉が博士 (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。