

	ヒツ セツ
氏 名	畢 雪
本籍（国籍）	中国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 647 号
学位授与年月日	平成 27 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	生物生産科学 動物生産学
学位論文題目	ヒツジにおける消化機能，血漿グルコースおよびロイシン代謝に及ぼすエノキタケ廃菌床給与の影響に関する研究 (Studies on the effects of feeding mushroom compost on digestive functions, plasma glucose and leucine metabolism in sheep)
学位審査委員	主査 教授 佐野 宏明 副査 教授 喜多 一美 副査 教授 堀口 健一 副査 教授 松崎 正敏

論文の内容の要旨

日本の飼料自給率は極めて低く，自給率向上のために未活用資源を飼料として有効利用することが推進されている。一方，エノキタケの出荷量はキノコ生産類の中で最も多く，菌床栽培が急速に増加している。そのため，エノキタケ廃菌床（MC）の処理が大きな問題となっている。そこで，本研究ではMCの有効利用のため，反芻家畜の飼料としての活用を目指し，MCを含む飼料をヒツジに給与し，その際の消化機能および栄養素代謝を明らかにするため，以下の実験を行った。

（実験 1）MC給与ヒツジにおける消化機能，血漿グルコースおよびロイシン代謝を測定した。ヒツジ 4 頭を供試し，処理区は対照区とMC給与区とした。対照区は混播乾草と配合飼料の給与割合を 5 : 5 とし，維持代謝エネルギーの 120% を給与した。MC給与区は総乾物給与量の 20% に相当する配合飼料をMCと代替した。実験は 1 期 21 日間のクロスオーバー法に従って実施した。実験開始 16 日目から 5 日間にわたり N 出納試験を行った。実験 20 日目に採食に伴って第一胃内容液を採取し，pH，揮発性脂肪酸（VFA）およびアンモニア濃度を測定した。21 日目には[U-¹³C]グルコースと[1-¹³C]ロイシンの同位元素希釈法を用いて血漿グルコースおよびロイシン代謝回転速度を測定した（それぞれGluTR, LeuTR）。MC給与区のN消化率は対照区より低かったが($P < 0.01$)，N保持量，第一胃内VFA濃度，血漿GluTR, LeuTRは飼料間に差がなかった。以上の結果から，MCをヒツジに給与しても第一胃発酵性状および栄養素代謝は影響を受けないことが示された。しかし，MCは水分割合が高いため，保存性の改善が課題となった。

（実験 2）サイレージは水分が高い飼料を保存する調製法の一つであり，乳酸発酵によって腐敗菌を抑え，栄養成分を保存することができる。そこで，エノキタケ廃菌床サイレージ(MCS)の嗜好性，消化性および栄養素代謝を測定した。ヒツジ 6 頭を供試し，対照区は実験 1 と同様

とし、MCS給与区は混播乾草、配合飼料、市販MCSの給与割合を5:3:2とした。実験は実験1と同様に実施した。MCS給与区のN摂取量は対照区より低く($P < 0.01$)、N保持量およびN消化率も低かったが($P = 0.02$, $P < 0.01$)、微生物態N供給量、第一胃内VFA濃度、血漿GluTR、LeuTRは飼料間に差がなかった。以上の結果から、MCのサイレージ化によって保存性が改善されたが、使用したMCSはpHが高く、独特の酸味臭があったため、MCSの品質改善が課題となった。

(実験3) 実験3の1ではMCSの品質を改善するため、炭水化物源として糖蜜、ビートパルプ、N源として尿素をMCに添加してサイレージを調製した。糖蜜、ビートパルプの添加割合は0, 3, 6, 9%とした。さらに、粗タンパク質含量が配合飼料と同等になるように尿素を添加し、14日間および28日間貯蔵した。MCSのpHはビートパルプ区が糖蜜区より低かった($P < 0.05$)。糖類の添加割合が増加するに伴って乳酸濃度は上昇したが($P < 0.05$)、VBN/TNは両飼料区とも添加割合による差がなかった。Vスコアは飼料間に差がなく、フリーク評点ではビートパルプ区が高かった($P < 0.05$)。以上の結果より、MCSの炭水化物源としてビートパルプ添加が適当であると判断された。

実験3の2ではMCSへのビートパルプの最適な添加割合を検討するため、MCにビートパルプをそれぞれ0, 10, 20, 30%添加し、サイレージの品質を評価した。尿素の添加割合および貯蔵期間は実験3の1と同様とした。MCSのpHはビートパルプの添加割合が増加するに伴い低下し($P < 0.05$)、乳酸濃度は上昇した($P < 0.05$)。VBN/TNはビートパルプ区が低かった($P < 0.05$)。Vスコアはビートパルプ添加によって上昇した($P < 0.05$)。

実験3の3では飼料へのMCSの最適な添加割合を検討するため、人工第一胃法を用いてガス生産量、第一胃発酵性状(pH、VFA、アンモニア濃度)を測定した。配合飼料の0, 10, 20, 40%をMCSで代替して培養した。その結果、配合飼料の40%までMCSで代替しても乾物消失率、pH、ガス生産量、VFAおよびアンモニア濃度は影響を受けなかった。

(実験4) 実験3で開発したMCSをヒツジに給与し、嗜好性、消化性および栄養素代謝を測定した。ヒツジ6頭を供試した。対照区は実験1と同様とし、実験区は総乾物給与量の20%に相当する配合飼料をエノキタケ廃菌床サイレージ(BU-MCS; 尿素、ビートパルプ20%添加、14日間保存)と代替した。実験は実験2と同様に実施した。サイレージ品質はフリーク評点が89点、Vスコアは93点であった。ヒツジは実験期間中BU-MCS給与量全量を摂取し、BU-MCSの嗜好性は良好であった。N摂取量、N保持量、N消化率、第一胃発酵性状、血漿GluTRおよびLeuTRは飼料間に差がなかった。

本研究では、ビートパルプと尿素を添加したエノキタケ廃菌床サイレージを調製すると、品質、嗜好性に優れ、ヒツジの消化機能や栄養素代謝は対照飼料給与時と差がないことを明らかにした。以上のことから、エノキタケ廃菌床は反芻家畜の飼料の一部として有効利用できることが示された。

論文審査の結果の要旨

日本の飼料自給率は極めて低く、飼料自給率向上のために未活用資源を飼料として有効利用することが推進されている。エノキタケの出荷量はキノコ生産類の中で最も多く、菌床栽培が急速に増加している。これに伴い、エノキタケ廃菌床(MC)の処理が大きな問

題となっている。本研究ではMCを反芻家畜の飼料として有効利用することを目指し、MCを含む飼料を給与したヒツジの消化機能および栄養素代謝を明らかにしようとした。

(実験1) ヒツジ4頭を供試し、MC給与時における消化機能、血漿グルコースおよびロイシン代謝を測定した。処理区は対照区とMC給与区とした。対照区は乾草と配合飼料とし、MC給与区は給与量の20%の配合飼料をMCと代替し、N出納、第一胃内pH、揮発性脂肪酸

(VFA) およびアンモニア濃度を測定した。さらに、 $[U-^{13}C]$ グルコースと $[1-^{13}C]$ ロイシンの同位元素希釈法を用いて血漿グルコースおよびロイシン代謝回転速度を測定した(それぞれ、GluTR、LeuTR)。MC給与区のN消化率は対照区より低かったが($P < 0.01$)、第一胃内VFA濃度、血漿GluTR、LeuTRは飼料間に差がなかった。したがって、MC給与は消化率が低いものの、第一胃発酵性状、栄養素代謝に影響を与えないことが示された。しかし、MCは水分割合が高く、保存性に課題があった。

(実験2) 実験1の課題を解決するため、市販のMCサイレージ(MCS)用い、嗜好性、消化性および栄養素代謝を測定した。ヒツジ6頭を供試し、対照区は実験1と同様とし、MCS給与区は給与量の20%の配合飼料を市販MCSと代替し、実験1と同様の実験を実施した。MCS給与区のN保持量およびN消化率は低かったが($P = 0.02$ 、 $P < 0.01$)、微生物態N供給量、第一胃内VFA濃度、血漿GluTR、LeuTRは飼料間に差がなかった。以上の結果から、MCのサイレージ化によって保存性が改善されたが、pHが高く、独特の酸味臭があったため、サイレージの品質改善が課題となった。

(実験3) MCSの品質を改善するため、炭水化物源として糖蜜、ビートパルプ、N源として尿素を用い、MCへの添加量を段階的に変更してサイレージを調製した。糖類添加割合の増加に伴って乳酸濃度は上昇したが($P < 0.05$)、MCSのpHはビートパルプ区が糖蜜区よりも低く($P < 0.05$)、フリーク評点が高かった($P < 0.05$)。次に、MCにビートパルプをそれぞれ0、10、20、30%添加してサイレージ調製し(BU-MCS)、品質を評価した。pHはビートパルプ添加の増加に伴い低下し($P < 0.05$)、乳酸濃度およびVスコアは上昇した($P < 0.05$)。さらに、人工第一胃法を用いて第一胃発酵性状を測定した。給与量の0、5、10、20%の配合飼料をBU-MCSで代替して培養した結果、20%までBU-MCSで代替しても乾物消失率、第一胃内pH、VFAおよびアンモニア濃度は影響を受けなかった。

(実験4) BU-MCSをヒツジに給与し、嗜好性、消化性および栄養素代謝を測定した。ヒツジ6頭を供試した。実験区は給与量の20%に相当する配合飼料をBU-MCSと代替し、実験2と同様に実施した。ヒツジは実験期間中BU-MCS給与量全量を摂取し、BU-MCSの嗜好性およびサイレージの品質は良好であった。N消化率をはじめとする測定項目は対照区と差がなかった。

本研究では、ビートパルプと尿素を添加して調製したエノキタケ廃菌床サイレージは、品質、嗜好性に優れ、ヒツジに給与してもヒツジの消化機能や栄養素代謝は通常の飼料に匹敵することを明らかにした。以上のことより、エノキタケ廃菌床は反芻家畜の飼料の一部として有効利用できることが示された。

以上、本審査委員会は「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. 畢 雪, 関口奈都美, 梁 曦, Md. Kamruzzaman, 佐々木茂子, 登丸 瑛, 佐野宏明 (2015) ヒツジにおける消化機能, 血漿グルコースおよびロイシン代謝に及ぼすエノキタケ廃菌床給与の影響. 東北畜産学会報, 64 : 32-40.
2. 畢 雪, 佐藤絢美, 梁 曦, 関口奈都美, D.W. Harjanti, M.M. Rahman, 登丸 瑛, 佐野宏明 (2015) ヒツジにおける微生物態窒素供給量, 血漿グルコースおよびロイシン代謝に及ぼすエノキタケ廃菌床サイレージ給与の影響. 東北畜産学会報, 65 : 22-30.

参考論文

1. Liang, X., K. Yamazaki, Md. Kamruzzaman, X. Bi, A. Panthee, H. Sano (2013) Effects of Chinese herbal medicine on plasma glucose, protein and energy metabolism in sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, No.51, 1-8.
2. Vinitchaikul, P., M.M. Rahman, A. Panthee, X. Liang, X. Bi, H. Sano (2015) Effects of replacing soybean meal with urea and negative energy balance on ruminal fermentation characteristics, kinetics of plasma glucose and urea in sheep. *Research Opinions in Animal Veterinary Sciences*, 5 : 247-255.
3. 関口奈都美, 沼澤穂奈美, 畢 雪, 千田広幸, 黒田榮喜, 佐野宏明 (2015) ヒツジにおける消化機能, 血漿グルコースおよびロイシン代謝に及ぼす飼料イネサイレージ給与の影響. 日本畜産学会報, 86 : 325-334.