

原 著

米ぬかを添加したカンショ茎葉サイレージを摂取した

肥育豚ふん尿からのアンモニアガス揮散濃度

祐森誠司、塩田祐馬、太田裕司、池田周平

東京農業大学農学部，神奈川県厚木市，243-0034

要 約 飼料自給率の向上とふん尿混合物由来のアンモニアガス揮散量の低減を目指して米ぬかを添加カンショ茎葉サイレージを調製した。LWD 去勢豚 8 頭を 2 連単飼の代謝ケージに 1 頭ずつ収容した。予備飼育では市販配合飼料を給与し、試験開始から試験区には乾物換算 5%相当の米ぬかを添加カンショ茎葉サイレージを添加した飼料を給与した。ふん尿の採取は試験開始から約 1 カ月の時点で行ない、採取後ただちにアンモニア揮散テストを実施した。ふんと尿を 10 g ずつ混合してポリエチレン袋に入れ、一度脱気を行い、6L の空気を注入した。その後、北川式ガス検知管で測定、これを 0 時間とし、室温 30±2°C に調整した調温室で 6 時間ごとに 24 時間まで計測した。ふんと尿の pH と全窒素を測定し、尿は尿素濃度をふんは有機酸組成を測定した。アンモニアガス揮散濃度は、測定開始 12 時間以降で試験区が有意 (P<0.05) に低い値を示した。ふんの全窒素量に有意差はなく、尿の全窒素量および尿素濃度は、試験区が有意 (P<0.05) に低い値を示した。ふんと尿の pH に有意差はなかった。ふんの有機酸組成にも区間に有意差はなかった。以上から、米ぬかを添加カンショ茎葉サイレージの給与による腸管内微生物叢に大きな変化はなく、米ぬかの添加によるアミノ酸バランスの補正が、生体内の窒素代謝を改善し、尿中尿素濃度が低下したことによりふん尿混合物のアンモニア揮散量が低下したと考えられた。

キーワード: カンショ茎葉、アンモニアガス揮散、尿素、去勢豚

受領: 28.04.2015. 受理: 18.05.2015.

日本畜産環境学会 No14 (1) pp40-46. 2015

緒 言

わが国において持続的な畜産業を営むために解決を求められる課題は多いが、そのなかで飼料の自給率向上と経営に起因する悪臭の苦情発生 [8] は早急の対策を図らねばならないと考えられる。飼料の自給率向上を目指して、未利用或いは低利用資源の有効活用が取り組まれており、著者らもカンショ（甘藷）やカンショ茎葉の飼

料利用について検討を行った [5, 10]。カンショの飼料利用は生産量の多い地域ではブランド品の生産を目指して取り組まれているが、飼料として利用されているのは消費量の 1% に過ぎない (http://www.jrt.gr.jp/stat/sweetpotato_201004.pdf#search)。さらに、カンショ茎葉となると粗飼料資源としてサイレージ化され、わずかにウシの飼料に用いられる程

度でそのほとんどは廃棄されている。肥育豚にカンショ茎葉を給与し、その飼料価値について検討した報告 [3, 10] では、それぞれ乾物 9%、風乾物 5%の添加では生産性にダメージを与えることなく利用できるとしている。著者らはカンショ茎葉サイレージの給与は、粗繊維源を多く与えることとなり、山本ら [12, 13] の提唱した腸内細菌による腸内余剰窒素の利用が促進され、排せつ物に由来するアンモニア臭が低減されると想定したが、肥育試験と同時にを行ったアンモニアガス揮散試験では対照区よりも多くのアンモニアガスが揮散した (未発表)。これは、微生物による消化管内窒素の利用が低下するよりもカンショ茎葉の給与による摂取アミノ酸バランスが崩れた事による余剰窒素が増加し、それが尿へ移行したためと推定した。

そこで、本試験はカンショ茎葉だけでは充足することができないと想定されるリジン等のアミノ酸の補充と水分調整を兼ねて脱脂米ぬかを添加して調製したカンショ茎葉サイレージを肥育後期豚に給与した際の排せつ物由来のアンモニアガス揮散濃度について検討することを目的とした。

材料と方法

本試験は、東京農業大学動物実験指針に則り実施された。

1) 供試豚

供試豚は、三元交雑種 (LWD) の去勢 8 頭を農事組合法人打戻種豚組合から導入し、用いた。各豚は 2 連単飼の代謝ケージ (W 150×D50×H80 cm) に 1 頭ずつ収容し、予備飼育の 7 日間は全頭に市販配合飼料を給与した。飼育環境はエアコンで室温を 20±2°C に設定し、湿度の調整は行わなかった。照明は午前 8 時から午後 8 時の 12

時間点灯とした。

飼料は朝と夕の 2 回給与し、体重の 3~5% を目安として、制限給与にならないように配慮し、定量給与した。なお、飲水は自由とした。

2) 米ぬか添加カンショ茎葉サイレージ調製

サイレージ調製はカンショ収穫と同時に得られたベニアズマの茎葉を、シリンダーカッター (IHI スター社製 SCR1600 型) で細断して、茎葉 85%、脱脂米ぬか 15% の割合でポリエチレン製のビニール袋に混合して入れ、掃除機で減圧して結束バンドで密封した後に封を下にして約 2 ヶ月間保存した。

3) 試験区分

予備飼育の終了後、供試豚は平均体重が等しくなるように 4 頭ずつ対照区と試験区に配分した。対照区には肥育後期豚用の市販配合飼料 ((株) 豊橋飼料) のみを給与し、試験区には市販配合飼料に米ぬか添加カンショ茎葉サイレージを乾物換算で 5% となるように外付け添加して給与した。給与時にはビニール袋から必要量を量りとり、その後に掃除機で脱気して結束バンドで再び密封し、好気的変敗を避けた。取り出したサイレージは、同量の市販配合飼料と混ぜ合わせて給与し、この混合飼料を完食した後、配合飼料を追加給与した。

4) ふん尿の採取とアンモニアガス揮散試験

新鮮ふん尿を同時に採取することが困難であったため、本試験の開始から 29 日目に尿を採取して冷凍保存し、ふんは尿採取の翌日となる本試験開始後 30 日目に採取し、解凍した尿と混合して直ちにアンモニアガス揮散試験に用いた。

5) アンモニアガス揮散濃度の測定

アンモニアガス揮散試験は先に実施し

甘藷茎葉摂取豚のふん尿由来 NH₃

たモデル試験[6]に準じ、ふんと尿を 1:1 となるようにそれぞれ 10 g ずつ混合したものをポリエチレン製の袋に入れ、各個体 3 袋ずつ(計 24 袋)用意した。袋はシーラーで閉じ、閉じた袋の角を切り落としてチューブ付きガラス管を輪ゴムで固定した。ガラス管と真空ポンプを繋ぎ、ベビコン(株)日立社製)を用いて一度脱気した後、6L の空気を注入した。その後、北川式ガス検知管((株)光明理化学工業アンモニア用 SB 型 50~900ppm)でアンモニアガス濃度を測定した。準備直後の測定値を 0 時間値として、室温 30±2°C に調整した調温室に運び入れ、6 時間ごとに 24 時間まで計測した。

6) ふんおよび尿の全窒素量ならびに尿中の尿素濃度の測定

ふんおよび尿の全窒素量は、それぞれ約 1g のサンプルを用いて、常法に基づきケルダール法で測定した。

尿中の尿素濃度測定は 50 倍に希釈した尿サンプルを用いて Urea Assay kit(フナコシ)と反応させ、紫外可視分光光度計((株)島津製作所)を用いた吸光度の差より測定した。

7) ふん・尿の pH 値

ふんの pH は、ふん:蒸留水が 1:4 となるように測りとり、よく攪拌した後、1 時間 1500rpm で遠心分離((株)日立工機)して夾雑物を取り除き、ガラス電極式水素イオン計((株)東亜電波工業)で測定した [1]。

尿の pH は、同様に 1 時間 1500rpm で遠心分離((株)日立工機)して夾雑物を取り除き、測定した。

8) ふんの有機酸組成

試験管にふんと蒸留水が 1:2 となるように測り取り、蓋をしてから振盪を繰り返し、冷蔵庫中で 24 時間保存し、有機酸を抽出した。抽出液は 2 重ガーゼを使い十分に絞った後に、冷凍保存した。有機酸の分析に

表1 有機酸定量におけるガスクロマトグラフィー昇温分析条件

初期温度	120°C	
	135°Cまで1°C/分上昇	
	160°Cまで10°C/分上昇	
最終温度	160°C	
サンプル気化室温度	230°C	
キャリアガス	窒素	60ml/分
	水素	0.8kg/m ²
	空気	0.5kg/m ²

は(株)島津製作所製ガスクロマトグラフィーGC-17AおよびクロマトパックC-R7Aを用いた。分析はガスクロマトグラフィー昇温分析による2点検量線(絶対定量法)で行った。分析条件の詳細は表1に示した。

なお、供試したカラムとその充填材は、GC-17A 2.5m×2.6mmのガラス製カラムで充填材はFAL-M10%shimaleteTPA30/6を用いた。

9) 統計処理

各測定項目における有意差検定は Excel 統計を用いて有意水準 5%での一元配置分析により行った。

結 果

1) アンモニアガス揮散濃度

アンモニアガス揮散濃度の推移は図1に示した。測定開始から 12 時間, 18 時間および 24 時間の時点で試験区は対照区に対し、5%水準で有意に低い値を示した。

2) ふんおよび尿の全窒素量ならびに尿中

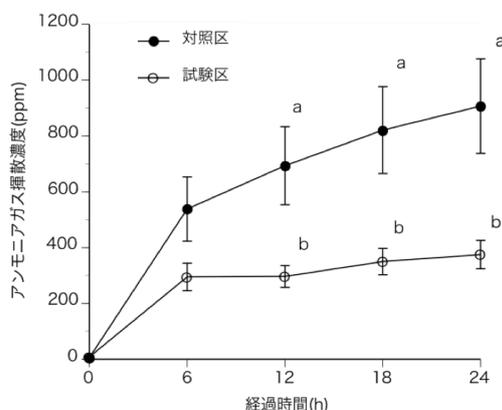


図1 アンモニア揮散試験における成績
経過時間ごとの異符号間に有意差(P<0.05)が認められた。

の尿素濃度

ふんおよび尿中の全窒素量は表2に示した。ふん中の全窒素量に有意差は見られなかったが、尿中の全窒素量は、試験区が有意(P<0.05)に低かった。同様に尿中の尿素濃度(図2)は試験区が有意(P<0.05)に低かった。

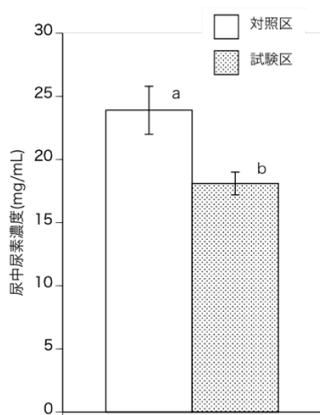


図2 尿中尿素濃度の成績
異符号間に有意差(P<0.05)が認められた。

表2 尿およびふんの全窒素量とpH値

	全窒素量(%)		pH	
	尿	ふん	尿	ふん
対照区	1.11±0.1	2.97±0.1	5.92±0.3	6.88±0.1
試験区	0.57±0.1	3.31±0.1	6.17±0.1	6.97±0.2

3) ふんと尿の pH

ふんと尿の pH は表2に示した。ふんと尿のいずれにおいても区間に有意差は見られなかった。

4) ふんの有機酸組成

ふん中有機酸組成は表3に示した。今回測定した各有機酸の割合において、区間に有意差は見られなかった。

考 察

カンショ茎葉は品種によって値は異なるものの、ビタミン類やポリフェノール類を豊富に含む[4, 7]、したがって肥育豚にカンショ茎葉サイレージを給与することで、摂取されるポリフェノール類は暑熱ストレスによる酸化を抑制する可能性があると同時に飼料コストの削減にも有益である可能性がこれまでに報告されている[1, 3-5]。また、粗繊維の摂取量が高まることで腸内細菌が活性化し、窒素代謝の工程で腸管内に余剰となる窒素が微生物に消費されることで尿に移行する余剰窒素が低減される事が知られている[12, 13]。そこで先にカンショ茎葉サイレージを給与した肥育豚の排せつ物に由来するアンモニアガス濃度を試験的に測定したところ、対照区よりも多くのアンモニアガスが揮散することが認められた(未発表)。発育成績や肉質に影響は認められなかったものの、カンショ茎葉に含まれるアミノ酸バランスがカンショと同様に低リジンであることに起因するアミノ酸バランスの崩れで、余剰窒素が尿素として尿に多く移行したことが原因と推定された。本試験では、カンショ茎葉の水分調整とリジンなどのアミノ酸補給を目的として脱脂米ぬかを添加してサイレージの調製を行った。本試験においてアンモニアガスの揮散濃度は、ふん尿の混合から12時間以降の18時間および24時間の測定時点で試験区が有意(P<0.05)に低い値を示した。山本ら[13]はふん尿混合物のpHがアンモニアガス揮散量に関係し、pHが酸性側であればアンモニアガスの揮散が少ないと報告している。今回の試験において、ふんと尿のpH

表3 ふん中の有機酸組成(%)

	カプロン酸	イソカプロン酸	吉草酸	イソ吉草酸	酪酸	酢酸	イソ酢酸	プロピオン酸
対照区	2.58±0.6	0.89±0.2	6.15±0.6	6.04±0.6	23.5±1.1	30.8±2.4	5.8±1.2	24.2±0.9
試験区	2.91±0.7	1.48±0.5	6.85±1.0	6.95±0.8	24.8±1.1	26.1±3.0	5.6±0.8	25.2±0.9

はともに有意差は認められなかったため、試験区でアンモニアガスの揮散濃度が低かったことは pH による影響ではないと考えられた。アンモニアガスの基質となる尿素濃度は試験区が有意 ($P < 0.05$) に低い値を示し、全窒素量も尿素量を反映して試験区が有意 ($P < 0.05$) に低かった。この結果は、坂井ら [9] がふん尿混合後、24 時間以内のアンモニア揮散量のほとんどは尿由来窒素量によって決定されると報告している点と一致しており、カンショ茎葉サイレージに脱脂米ぬかを添加して調製したサイレージの摂取で尿に移行する余剰窒素代謝物が少なくなったことが大きく関与していると考えられた。ただし、本試験で 1 日当たりの排尿量を測定していなかったため、試験区では逆に余剰窒素代謝物の排せつが多く、頻尿となり希釈した状態であったのではないかとこの疑問が生じるが、試験期間での飼育管理において試験区の飲水や排尿量が際立って多かったとの印象はなかった。また、供試飼料のアミノ酸組成を測定していないことから直接の証明が未完である。これらの点については、今後再確認する必要があると考える。

さらに、悪臭防止法により、有機酸の多くは悪臭物質に指定されており、臭気強度から考えるとわずかな濃度でも規制基準の値に達成することからふんから揮散する有機酸濃度も悪臭問題において重要な項目と考えられるが、本試験の結果としてふんの有機酸組成において区間に有意差は認められなかった。よって、有機酸比に差がないことから腸管内微生物叢による腸管内の発酵に大きな差はなく、ウレアーゼ活性の差がアンモニアガス揮散に影響したのではないと考えられた。この結果は先に茶カテキンを肥育豚の飼料に添加給与して排せつされた糞尿由来のアンモニアガス揮散濃度が低下した結果 [6] と同様に生体内の窒素代謝の改善が影

響していると考えられた。また、福安ら [2] は、ふん中の揮発性脂肪酸量と子豚の成長の関係からカプロン酸、吉草酸、酪酸の増加は成長に対する正の要因で、イソ吉草酸、イソ酪酸、プロピオン酸の増加は負の要因と推定しており、本試験での結果では成長との因果関係を確認していないが両要因が相殺しているものと考えられた。

以上のことより、本試験で得た結果から、カンショ茎葉をサイレージや乾燥品として給与する際には脱脂米ぬかや結晶アミノ酸を活用して摂取アミノ酸バランスを補正することで、尿中尿素濃度が低下し、ふん尿混合物由来のアンモニア揮散量が低下すると考えられた。

文 献

- [1] Canh, TT, MWA. Verstegen, AJA. Aarnink and JW. Schrama (1997) Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and compositions of urine and faeces of fattening pigs, *J. Anim. Sci.*, 75, 700-706.
- [2] 福安嗣昭, 押田敏雄, 芦田浄美 (1987) 子豚の成長と糞便中の細菌叢、腐敗物質および揮発性脂肪酸に及ぼすオリゴ糖類の影響、*家畜衛生研究会報*, 26, 15-22.
- [3] 石黒浩二, 森 弘, 垂水啓二郎, 黒木邦彦, 岩切正芳, 堀之内正次郎, 安藤忠弘, 長瀬朋子, 六車三治男, 竹之山慎一, 吉元 誠 (2009) カンショ茎葉添加飼料による家畜の酸化ストレス軽減効果、*日本作物学会九州支部会報*, 75, 41-43.
- [4] Islam, MS. M. Yoshimoto, S. Yahara, S. Okuno, K. Ishiguro and O. Yamanaka (2002) Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Genotypes, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 3718-3722.

甘藷茎葉摂取豚のふん尿由来 NH₃

- [5] 味埜美紀、祐森誠司、池田周平 (2013) カンショと緑茶屑を活用した飼料給与が梅山豚の肥育成績および血液性状に及ぼす影響、日豚会誌、50 (3)、119-127.
- [6] Mino, M. Sukemori, S. Ikeda, S. (2014) Effect of green tea catechin supplementation in diets for pigs on ammonia emissions from urine and feces mixture, Anim. prod. Environm. Soc. Jpn., 13, 28-35.
- [7] 奥野成倫、吉元 誠、山川 理 (2001) カンショ葉の総ポリフェノール含量およびポリフェノール組成、平成 13 年度 九州沖縄農業研究成果情報.
- [8] 羽賀清典 (2012) 新編畜産環境保全論、押田敏雄、柿市徳英、羽賀清典、31-33、養賢堂、東京.
- [9] 坂井隆宏、花島大、羽賀清典、鈴木直人 (2003) 豚ふんと尿の混合が 24 時間以内の悪臭物質揮散に与える影響、日豚会誌、40 (2)、39 - 47.
- [10] 祐森誠司、味埜美紀、池田周平 (2014) カンショ茎葉サイレージを用いた肥育豚用飼料の検討、日豚会誌、51 (3)、176-182.
- [11] 竹之山愼一、井本貴典、林ひとみ、河原 聡、岩切正芳、来間太志、吉元 誠、六車三治男 (2008) 肉用豚の産肉性および肉質に及ぼすカンショ茎葉添加飼料給与の影響、日畜会報、79 (4)、491-496.
- [12] 山本朱美 (2004) 豚における尿中窒素排泄量および糞尿からのアンモニア発生量の低減技術、日豚会誌、47 (3)、175 - 184.
- [13] 山本朱美、伊藤稔、古川智子、長峰孝文、亀岡俊則、古谷 修 (2003) 豚における低タンパク質飼料へのビートパルプ添加による尿中窒素排せつ量およびふん尿混合物からのアンモニア揮散量の低減、日豚会誌、40 (3)、135 - 140.

Original Article

Ammonia gas emissions from the feces and urine mixtures excreted by fattening pigs fed silage of sweet potato stalks and rice bran

Seizi Sukemori, Yuuma Shiota, Yuuji Ohta and Shuhei Ikeda

Tokyo University of Agriculture, Department of Agriculture, Kanagawa pref., Atsugi-city, 243-0034, Japan

Silage of sweet potato stalks and defatted rice bran was prepared to increase the feed self-sufficiency ratio in Japan and reduce ammonia gas emission from animal excreta. Eight barrows (LWD) were fed in separate metabolic cages and given commercial feed during the preliminary period. After the preliminary period, each four pigs of the control and experimental group were given commercial feed or commercial feed added with 5% silage in dry matter. Feces and urine were collected and ammonia emission test was carried out on 1 month of the experiment. Mixtures of 10g each of feces and urine from each pig were placed in polyethylene sample bags, vacuum-sealed, then inflated with 6 liters of air. Ammonia gas emission was determined at the start point and later at 30±2°C at 6, 12, 18, and 24 hrs. Percentage of nitrogen and pH of feces and urine and urea of urine and organic acids of feces were also determined. Ammonia gas emission of the experimental group was significantly ($P<0.05$) reduced after 12 hr. There was no difference in the nitrogen concentration of feces; however, concentration of nitrogen and urea were significantly ($P<0.05$) reduced. There was also no difference in pH value. In conclusion, it seemed that the addition of sweet potato stalks and defatted rice bran silage to pig feed had little effect on the activity of microorganisms in the digestive tract, but the defatted rice bran regulated amino acid balance in the feed thereby renewing nitrogen metabolism and reducing the urea level.

Key words: sweet potato stalks, ammonia gas emission, urea, barrow

Corresponding: Seizi Sukemori (e-mail: sukemori@nodai.ac.jp)