

## 目 次

### 一般論文

#### 【肉用牛】

不飽和脂肪酸カルシウムの長期給与が肉用牛の飼養成績および消化管からのメタン発生量に及ぼす影響

木村萌・大山真二・鈴木知之・松原夏月・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

黒毛和種繁殖雌牛の分娩前後における未利用資源を含む発酵TMR給与の検討

月足拓己・蓑毛将太・日高祐輝・福永又三・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

発酵TMRを活用した子牛育成技術の検討

蓑毛将太・月足拓己・福永又三・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

食品廃棄物を活用した麦焼酎粕発酵TMRにおける添加物代替の検討および繁殖雌牛への給与試験

松山来春美・阿萬尚弥・重永あゆみ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19  
受精卵移植における受胎率向上試験

高城葵・堀内早苗・重永あゆみ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24

黒毛和種繁殖雌牛における胞状卵胞数と繁殖性の関連性調査

高城葵・堀内早苗・重永あゆみ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29

#### 【乳用牛】

トウモロコシ子実を活用したTMR給与試験(第2報)

佐藤涼花・森弘・井上優子・廣津美和・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34

#### 【飼料草地】

ロボットトラクターの飼料作物への活用と省力化の検証

黒木邦彦・廣津美和・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38

#### 【養豚】

L-オルニチンの飼料添加が肥育豚の発育成績および繁殖母豚の繁殖成績に及ぼす影響

高橋京史・壺岐侑祐・小坂昭三・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44

乾燥キウイフルーツの給与が後期肥育豚の発育および肉質に及ぼす影響

壺岐侑祐・高橋京史・小坂昭三・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48

**【養鶏】**

トレハロース給与によるみやざき地頭鶏の夏期出荷体重改善の検討

垣内佳介・太田錬・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 1

みやざき地頭鶏の幼雛期の点灯技術の検討

垣内佳介・太田錬・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 5

**【環境衛生】**

地域資源を活用したアミノ酸バランス改善飼料の給与が肥育豚生産に及ぼす影響（第2報）

三角久志・高橋京史・壺岐侑祐・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 9

# 不飽和脂肪酸カルシウムの長期給与が肉用牛の飼養成績 および消化管からのメタン発生量に及ぼす影響

木村 萌<sup>1)</sup>・大山 真二・鈴木 知之<sup>2)</sup>・松原 夏月<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 西白杵支庁 <sup>2)</sup> (国研) 農研機構畜産研究部門 <sup>3)</sup> 株式会社ニチレイフレッシュ

Effects of long-term feeding of calcium unsaturated fatty acids on feeding performance and methane production from the digestive tract of beef cattle.

Moe KIMURA, Shinji OOHAMA, Tomoyuki SUZUKI, Kazuki MATSUBARA

<要約>黒毛和種去勢肥育牛において 23 ヶ月齢から 26 ヶ月齢までの期間、不飽和脂肪酸カルシウムを配合飼料の 4 %量添加した場合、高エネルギー飼料の多給によって乾物摂取量が低下し、給与期間中の呼気メタン排出量削減は認められなかった。脂肪酸カルシウムの長期間給与による影響は、胃液中揮発性脂肪酸組成、血液成分、格付成績および牛肉成分に認められなかったものの分析型官能評価では試験区が対照区に対して評価が高く、食味性の改善が図られる結果となった。

我が国の畜産業が将来にわたって持続的に発展していくためには、環境負荷の軽減を図ることが重要である。畜産業からは、主に家畜排せつ物管理に由来するメタン及び一酸化二窒素、消化管内発酵に由来するメタンの温室効果ガスが排出されており、農林水産業由来の温室効果ガスの約 1/3 を畜産業が占めている。

そこで本研究では、牛に給与することで消化管内発酵由来メタン（以下、メタンという）の発生を抑制する効果がある不飽和脂肪酸カルシウム（以下、脂肪酸カルシウムという）を、黒毛和種肥育牛の 23 ヶ月齢から 26 ヶ月齢までの期間、給与することによるメタン削減の効果、飼養成績への影響及び生産物への影響等を調査し、持続的な肥育牛生産体系の検討を行う。

終了時期を表 1 に示した。処理区は、場内の慣行で飼養し 26 ヶ月で出荷する対照区 (n=4)、試験開始 2 週間後から給与飼料に配合飼料給与量 4 %の脂肪酸カルシウムを添加し、26 ヶ月齢で出荷する試験区 (n=4) の 2 区とした。

表 1 供試牛の血統および試験時期

区分	種雄牛	生年月日	試験開始年月日	脂肪酸カルシウム添加開始日	試験終了年月日
試験区	宗守富士	R4.10.04			
試験区	宗守富士	R4.10.01		R6/8/19	
試験区	宗守富士	R4.10.07			
試験区	洋紀久	R4.10.21	R6/8/05		R6/11/25
対照区	宗守富士	R4.10.01			
対照区	宗守富士	R4.10.03			
対照区	宗守富士	R4.9.25			
対照区	宗守富士	R4.9.27			

## 試験方法

### 1 試験区分

試験は、当場で肥育する約 22 ヶ月齢の黒毛和種去勢牛 8 頭を用い、2024 年 8 月から 4 ヶ月間行った。供試牛の血統および試験開始時期、肥育

### 2 給与飼料および給与方法

濃厚飼料は試験期間を通して市販の肥育用配合飼料を用い、試験区に配合飼料 4 %量の脂肪酸カルシウム添加を行った。粗飼料は両区とも試験期間を通して稲わらを給与した。各区の飼料一般成分を表 2 に示した。

表2 飼料の一般成分

	配合飼料		稲わら
	試験区	対照区	
乾物	88.2	88.5	85.0
粗タンパク質	12.4	13.9	5.3
粗脂肪	6.4	2.7	1.3
粗灰分	6.2	4.9	17.1
NDF	11.9	16.4	63.2
ADF	4.1	6.8	44.5
TDN	87.0	80.0	50.0
でんぷん	53.6	52.6	9.0

### 3 飼養管理

供試牛は約8 m<sup>2</sup>の牛房で単飼による個別給餌で飼養した。

飼料給与時刻は9時および16時の2回とし、水は自由摂取とした。なお、牛床はコンクリート床にのこくずを敷き天井から直下型ファンで送風し、その他は当場の通常管理とした。

### 4 調査項目

- メタン (CH<sub>4</sub>) ・二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 濃度：1期あたりの測定を4日間として、脂肪酸カルシウム給与開始前、給与開始後1ヵ月、2ヵ月、3ヵ月の計4期測定した。なおガス測定は機械の都合上、供試牛を各処理区から2頭ずつの4頭×2グループ化し、2週にわたって測定を行うことで、8頭の測定を行った。各測定期間を表3に示した。測定はスニファー法にて行い、測定機器は農研機構が作成した測定装置を用いた。

表3 各測定日

区分	生年月日	測定開始年月日			
		開始前	1ヵ月後	2ヵ月後	3ヵ月後
試験区	R4.10.04	R6/8/05	R6/9/16	R6/10/14	R6.11.11
試験区	R4.10.01	R6/8/05	R6/9/16	R6/10/14	R6.11.11
試験区	R4.10.07	R6/8/12	R6/9/23	R6/10/21	R6.11.18
試験区	R4.10.21	R6/8/12	R6/9/23	R6/10/21	R6.11.18
対照区	R4.10.01	R6/8/05	R6/9/16	R6/10/14	R6.11.11
対照区	R4.10.03	R6/8/05	R6/9/16	R6/10/14	R6.11.11
対照区	R4.9.25	R6/8/12	R6/9/23	R6/10/21	R6.11.18
対照区	R4.9.27	R6/8/12	R6/9/23	R6/10/21	R6.11.18

- 飼料摂取量および養分要求率：濃厚飼料摂取量および粗飼料摂取量を毎日測定した。

- 体重：各期ガス測定最終日13時に測定した。
- 胃液：各期ガス測定最終日13時に経口チューブ（富士平産業株式会社）を用いて経口採取した。採取後は、4層ガーゼにて濾過したのちpHメーター（メトラー・トレド株式会社）にてpHを測定、分析まで-30℃で保存した。揮発性脂肪酸（VFA）は、胃液サンプルを高速液体クロマトグラフ（CDD-10AVP、島津製作所）にて測定した。
- 血液：各期ガス測定最終日13時に、頸静脈から真空採血管を用いて採取した。採取した血液は直ちに遮光保冷し、遠心分離（4℃、3000×g、10分）後血清を採取して、分析まで-30℃で凍結保存した。各血液成分（総タンパク質（TP）、尿素窒素（BUN）、クレアチニン（CRE）、総コレステロール（T-cho）、トリグリセリド（TG）、遊離脂肪酸（NEFA）、リン脂質、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、クロール（CL）、カルシウム（Ca）、無機リン（P）、マグネシウム（Mg）、アルカリホスファターゼ（ALP）、AST（GOT）、ALT（GPT）、LD、γ-GT、CK（CPK）、血糖、アルブミン/グロブリン（A/G）比、アルブミン（ALB）、総ケトン体、アセト酢酸、β-ヒドロキシ酪酸、および蛋白分画（ALB、G-1、G-2、G-3、A/G））の分析は、株式会社帯広臨床検査センターに委託した。
- 枝肉成績：（社）日本食肉格付協会の格付成績を用いた。
- 理化学分析、脂肪酸組成、官能評価：と畜後、各供試牛の胸最長筋を採取し、理化学分析、脂肪酸組成の測定および官能評価を行った。官能評価は、焼肉法で、対照区を0とし、試験区を+3（非常に強い）～-3（非常に弱い）の7段階評価で採点した。なお、牛肉の分析および官能評価は一般社団法人食肉科学技術研究所に委託した。

## 5 統計解析

官能評価以外のデータは、スチューデントの t 検定を用いて解析を行った。官能評価は、ウィルコクソンの順位和検定を用いて解析した。

## 試験結果

### 1 飼料摂取量

表 4 に各測定期および全期間を通じた乾物摂取量を示した。配合飼料において、試験区の摂取量が給与開始 1 ヶ月後から低下しており、試験終了まで対照区に比べ有意に低い値となっている。乾草摂取量に区間差はなく、総摂取量では配合飼料摂取量低下の影響で開始後 1 ヶ月時に試験区が有意に低い値となっている。試験期間全体を通じた乾物摂取量においても、試験区は対照区に対して有意に低い値であった。一方、全期間の TDN 摂取量に区間差は認められなかった。

表 4 飼料摂取量

	試験区	対照区	p値
配合飼料摂取量,kg/日	開始前	8.01 ± 0.86	8.02 ± 0.67 0.994
	1ヵ月後	6.80 ± 0.23	8.38 ± 0.43 <b>0.031</b>
	2ヵ月後	7.23 ± 0.38	8.63 ± 0.29 <b>0.044</b>
	3ヵ月後	7.55 ± 0.46	9.02 ± 0.12 <b>0.037</b>
乾草摂取量,kg/日	開始前	0.42 ± 0.09	0.33 ± 0.06 0.497
	1ヵ月後	0.54 ± 0.05	0.40 ± 0.07 0.222
	2ヵ月後	0.73 ± 0.06	0.49 ± 0.15 0.245
	3ヵ月後	0.71 ± 0.11	0.49 ± 0.10 0.255
総摂取量,kg/日	開始前	8.43 ± 0.82	8.35 ± 0.64 0.949
	1ヵ月後	7.34 ± 0.26	8.78 ± 0.43 <b>0.046</b>
	2ヵ月後	7.96 ± 0.44	9.12 ± 0.31 0.113
	3ヵ月後	8.26 ± 0.52	9.52 ± 0.13 0.087
全期間DM摂取量,kg	921.6 ± 32.0	1031 ± 22.0 <b>0.050</b>	
全期間TDN摂取量,kg	789.8 ± 26.2	772.9 ± 17.5 0.409	

### 2 増体および飼料効率

各測定期の体重および試験期間中の増体を表 5 に、各期の体重推移を図 1 に示した。開始時は両区、同程度の体重であったが試験開始後 1 ヶ月から試験区が低い値を示し、有意差はないものの試験終了まで試験区が低い値のまま推移した。試験区における増体の低下は、乾物摂取量減少の影響であると考えられる。

全期間 DM 摂取量および TDN 摂取量あたりの増体を表 6 に示した。両項目において処理区間差は認められなかった。

表 5 増体

	試験区	対照区	p値
体重,kg	開始前	690.0 ± 8.92	692.5 ± 16.0 0.910
	1ヵ月後	710.0 ± 10.7	724.5 ± 17.0 0.555
	2ヵ月後	734.5 ± 10.5	749.0 ± 17.5 0.561
	3ヵ月後	765.5 ± 13.6	775.5 ± 17.2 0.706
増体重,kg	75.5 ± 8.1	83.0 ± 2.06 0.467	
日増体量,kg/日	0.77 ± 0.08	0.85 ± 0.02 0.467	

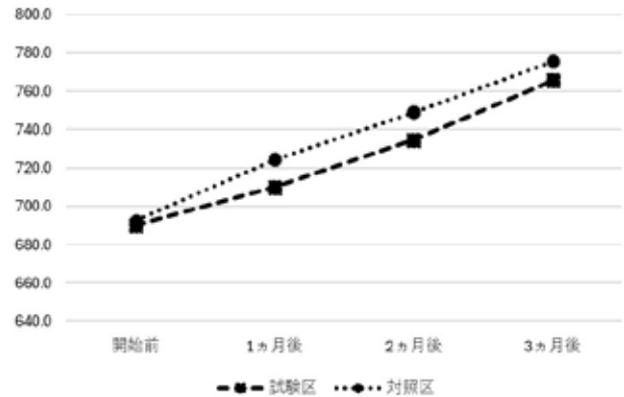


図 1 体重の推移

表 6 飼料摂取量あたりの増体

	試験区	対照区	p値
増体量/DMI,g/kg	81.2 ± 6.40	80.6 ± 2.06 0.527	
増体量/TDN摂取量,g/kg	95.9 ± 7.58	102.2 ± 2.63 0.401	

### 3 メタン排出量

各期間中のメタン二酸化炭素濃度比、メタン排出量および乾物摂取量、TDN 摂取量、増体量あたりの排出量を表 7 に示した。すべての項目において処理区間差はなく、また処理区間内での各測定期間の比較においても両区とも差がなかった。

表 7 メタンガス排出量

	試験区	対照区	p値
CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> 比	開始前	0.077 ± 0.00	0.084 ± 0.01 0.303
	1ヵ月後	0.076 ± 0.00	0.072 ± 0.01 0.629
	2ヵ月後	0.071 ± 0.00	0.069 ± 0.00 0.770
	3ヵ月後	0.070 ± 0.00	0.064 ± 0.01 0.398
CH <sub>4</sub> ,L/日	開始前	354.0 ± 13.8	397.8 ± 46.8 0.467
	1ヵ月後	337.7 ± 17.0	351.6 ± 36.7 0.776
	2ヵ月後	330.5 ± 10.5	346.8 ± 30.0 0.672
	3ヵ月後	340.6 ± 16.5	331.1 ± 30.0 0.817
CH <sub>4</sub> /乾物摂取量,L/kg	開始前	43.2 ± 3.10	47.0 ± 2.14 0.411
	1ヵ月後	46.1 ± 2.41	40.0 ± 3.40 0.247
	2ヵ月後	41.7 ± 1.02	37.9 ± 2.50 0.266
	3ヵ月後	41.7 ± 2.48	34.8 ± 3.05 0.178
CH <sub>4</sub> /TDN摂取量,L/kg	開始前	55.2 ± 4.30	59.7 ± 2.53 0.466
	1ヵ月後	54.7 ± 2.74	50.8 ± 4.18 0.523
	2ヵ月後	49.9 ± 1.16	48.3 ± 3.05 0.689
	3ヵ月後	49.8 ± 3.09	44.3 ± 3.79 0.369
CH <sub>4</sub> /増体量,L/kg	460.2 ± 42.0	419.5 ± 34.1 0.539	

4 胃液中揮発性脂肪酸組成

各期間における胃液 pH および胃液中揮発性脂肪酸組成を表8に示した。吉草酸において試験開始1ヵ月後に対照区が有意に高い値を示したものの、その他の項目においては、すべての期間において両区間に差はなかった。測定期間の比較では、対照区において総VFA濃度および酪酸において1ヵ月後と3ヵ月後の間に差があった。どちらもおなじ測定期間に差があるため、酪酸の差が総VFA濃度にも影響したと考えられる。

表8 胃液中揮発性脂肪酸組成

		試験区	対照区	p値
PH	開始前	6.70 ± 0.3542	6.43 ± 0.1029	0.55
	1ヵ月後	6.73 ± 0.1212	6.48 ± 0.1175	0.243
	2ヵ月後	6.82 ± 0.1142	6.70 ± 0.0461	0.459
	3ヵ月後	6.64 ± 0.0775	6.52 ± 0.1014	0.438
総VFA濃度,mmol/dl	開始前	5.65 ± 1.7088	6.80 ± 0.5291	0.598
	1ヵ月後	6.30 ± 0.6788	7.63 ± 0.4056 <sup>A</sup>	0.197
	2ヵ月後	5.68 ± 0.7457	5.85 ± 0.2756	0.855
	3ヵ月後	4.76 ± 0.4868	5.10 ± 0.1893 <sup>B</sup>	0.59
乳酸,mol%	開始前	0.90 ± 0.41	0.51 ± 0.22	0.495
	1ヵ月後	0.84 ± 0.21	0.36 ± 0.08	0.113
	2ヵ月後	0.89 ± 0.08	0.93 ± 0.12	0.828
	3ヵ月後	1.09 ± 0.18	0.78 ± 0.23	0.384
酢酸,mol%	開始前	57.9 ± 1.81	55.5 ± 2.38	0.506
	1ヵ月後	59.8 ± 1.26	55.1 ± 1.38	0.076
	2ヵ月後	59.1 ± 0.81	56.0 ± 1.67	0.199
	3ヵ月後	58.3 ± 0.65	54.7 ± 2.22	0.227
プロピオン酸,mol%	開始前	21.2 ± 2.38	25.8 ± 3.66	0.397
	1ヵ月後	20.9 ± 1.84	26.3 ± 2.65	0.196
	2ヵ月後	24.7 ± 0.47	26.6 ± 2.69	0.557
	3ヵ月後	24.3 ± 1.04	30.5 ± 3.26	0.172
イ酪酸,mol%	開始前	0.82 ± 0.02	0.86 ± 0.08	0.696
	1ヵ月後	0.97 ± 0.03	0.98 ± 0.07	0.905
	2ヵ月後	1.00 ± 0.02	1.18 ± 0.08	0.103
	3ヵ月後	1.00 ± 0.04	0.96 ± 0.10	0.770
酪酸,mol%	開始前	16.7 ± 0.49	14.5 ± 1.56	0.277
	1ヵ月後	15.3 ± 0.78	14.4 ± 1.46 <sup>A</sup>	0.681
	2ヵ月後	12.4 ± 0.77	12.4 ± 0.98	0.967
	3ヵ月後	13.4 ± 0.60	10.9 ± 1.07 <sup>B</sup>	0.122
イ吉草酸,mol%	開始前	1.99 ± 0.38	1.62 ± 0.25	0.501
	1ヵ月後	1.90 ± 0.29	1.57 ± 0.08	0.387
	2ヵ月後	1.68 ± 0.08	2.30 ± 0.35	0.188
	3ヵ月後	1.67 ± 0.14	1.58 ± 0.14	0.713
吉草酸,mol%	開始前	1.31 ± 0.09	1.75 ± 0.25	0.209
	1ヵ月後	1.24 ± 0.06	1.58 ± 0.10	<b>0.046</b>
	2ヵ月後	1.17 ± 0.10	1.44 ± 0.07	0.093
	3ヵ月後	1.27 ± 0.05	1.41 ± 0.13	0.413
酢酸プロピオン酸比	開始前	2.92 ± 0.43	2.41 ± 0.46	0.505
	1ヵ月後	2.98 ± 0.32	2.21 ± 0.28	0.172
	2ヵ月後	2.40 ± 0.06	2.22 ± 0.29	0.611
	3ヵ月後	2.42 ± 0.14	1.91 ± 0.28	0.210

5 血液成分

各期間における血液成分を表9に示した。NEFA、リン脂質、Na、K、ALB、G-3、A/G、ALT、LD および血糖において両区に差がある期間が認められた。しかしいずれの項目も、一時的もしくは開始前からの経時的な差の表れであり、今回の脂肪酸カルシウム給与による影響とは考えにくい。

表9-1 血液成分

		試験区	対照区	p値
TP,g/dl	開始前	6.8 ± 0.05	6.7 ± 0.15	0.606
	1ヵ月後	6.7 ± 0.10	6.7 ± 0.27	0.882
	2ヵ月後	6.5 ± 0.07	6.8 ± 0.23	0.377
	3ヵ月後	6.7 ± 0.04	6.7 ± 0.20	1.000
BUN,mg/dl	開始前	12.5 ± 0.80	11.9 ± 0.88	0.653
	1ヵ月後	11.0 ± 0.64	11.5 ± 0.82	0.626
	2ヵ月後	12.9 ± 0.53	14.3 ± 0.85	0.279
	3ヵ月後	14.5 ± 0.78	15.4 ± 1.20	0.588
CRE,mg/dl	開始前	1.3 ± 0.02	1.3 ± 0.08	0.961
	1ヵ月後	1.5 ± 0.04	1.4 ± 0.07	0.455
	2ヵ月後	1.5 ± 0.03	1.4 ± 0.08	0.159
	3ヵ月後	1.4 ± 0.01	1.3 ± 0.06	0.201
T-CHO,mg/dl	開始前	111.8 ± 5.19	98.5 ± 10.6	0.383
	1ヵ月後	146.8 ± 3.99	108.8 ± 11.8	0.064
	2ヵ月後	162.0 ± 5.33	124.5 ± 14.9	0.114
	3ヵ月後	163.0 ± 9.90	122.5 ± 16.1	0.124
TG,mg/dl	開始前	17.5 ± 4.10	14.8 ± 1.75	0.621
	1ヵ月後	16.8 ± 1.63	16.8 ± 2.01	0.874
	2ヵ月後	15.5 ± 1.60	14.5 ± 1.60	0.715
	3ヵ月後	19.0 ± 2.37	14.3 ± 0.82	0.182
NEFA,μmol/l	開始前	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.123
	1ヵ月後	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.01	<b>0.036</b>
	2ヵ月後	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.135
	3ヵ月後	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.131
リン脂質(PL),mg/dl	開始前	127.0 ± 6.37	109.3 ± 10.8	0.275
	1ヵ月後	166.3 ± 3.75	116.5 ± 11.5	<b>0.027</b>
	2ヵ月後	180.5 ± 4.21	136.0 ± 16.1	0.094
	3ヵ月後	181.8 ± 9.43	134.3 ± 15.9	0.077
Na,mEq/l	開始前	139.5 ± 0.56	140.5 ± 0.56	0.315
	1ヵ月後	141.5 ± 0.25	141.5 ± 0.56	0.796
	2ヵ月後	140.8 ± 0.22	139.5 ± 0.25	<b>0.017</b>
	3ヵ月後	140.3 ± 0.41	141.0 ± 0.50	0.357
K,mEq/l	開始前	4.2 ± 0.06	4.4 ± 0.05	<b>0.047</b>
	1ヵ月後	4.3 ± 0.08	4.5 ± 0.04	0.232
	2ヵ月後	4.4 ± 0.17	4.3 ± 0.32	0.607
	3ヵ月後	4.4 ± 0.11	4.5 ± 0.07	0.880
CL,mEq/l	開始前	102.0 ± 0.61	102.5 ± 0.75	0.671
	1ヵ月後	102.5 ± 0.43	103.5 ± 0.56	0.442
	2ヵ月後	102.0 ± 0.00	101.3 ± 0.22	0.058
	3ヵ月後	101.5 ± 0.56	101.5 ± 0.83	1.000

表 9-2 血液成分

		試験区	対照区	p値
A/G	開始前	1.09 ± 0.02	1.0 ± 0.04	0.104
	1ヵ月後	1.13 ± 0.03	1.0 ± 0.04	0.069
	2ヵ月後	1.27 ± 0.02	1.0 ± 0.06	<b>0.033</b>
	3ヵ月後	1.17 ± 0.04	1.1 ± 0.05	0.175
ALB,g/dl	開始前	3.55 ± 0.06	3.3 ± 0.13	0.237
	1ヵ月後	3.58 ± 0.08	3.4 ± 0.10	0.270
	2ヵ月後	3.63 ± 0.02	3.4 ± 0.07	0.097
	3ヵ月後	3.63 ± 0.04	3.5 ± 0.08	0.141
総蛋白,mmol/l	開始前	461.3 ± 40.5	470.3 ± 74.2	0.930
	1ヵ月後	422.8 ± 25.1	450.0 ± 32.4	0.889
	2ヵ月後	400.8 ± 37.6	386.0 ± 17.1	0.772
	3ヵ月後	457.8 ± 34.3	387.3 ± 38.4	0.281
アミノ酸,mmol/l	開始前	8.50 ± 1.25	16.3 ± 5.70	0.338
	1ヵ月後	9.33 ± 2.66	8.0 ± 2.00	0.886
	2ヵ月後	7.00 ± 1.84	10.3 ± 1.39	0.270
	3ヵ月後	14.00 ± 2.37	8.7 ± 0.85	0.148
3-ヒドロキシ酪酸, $\mu$ mol/l	開始前	456.8 ± 39.1	454.0 ± 68.7	0.977
	1ヵ月後	415.3 ± 25.8	445.8 ± 34.3	0.865
	2ヵ月後	393.8 ± 36.7	375.8 ± 16.0	0.717
	3ヵ月後	443.8 ± 34.1	380.8 ± 37.3	0.322
ALB,g/dl	開始前	49.7 ± 0.19	46.5 ± 0.75	<b>0.030</b>
	1ヵ月後	51.7 ± 0.46	49.0 ± 0.61	<b>0.017</b>
	2ヵ月後	51.4 ± 0.32	47.5 ± 0.84	<b>0.020</b>
	3ヵ月後	51.1 ± 0.64	47.6 ± 0.68	<b>0.019</b>
G-1,g/dl	開始前	10.9 ± 0.10	12.3 ± 0.58	0.133
	1ヵ月後	11.1 ± 0.08	11.1 ± 0.69	0.932
	2ヵ月後	10.4 ± 0.21	11.0 ± 0.58	0.486
	3ヵ月後	10.2 ± 0.21	10.7 ± 0.48	0.479
G-2,g/dl	開始前	11.4 ± 0.40	11.5 ± 0.31	0.935
	1ヵ月後	10.6 ± 0.49	10.8 ± 0.46	0.703
	2ヵ月後	11.3 ± 0.26	11.6 ± 0.53	0.706
	3ヵ月後	11.3 ± 0.35	11.7 ± 0.35	0.535
G-3,g/dl	開始前	28.1 ± 0.49	29.9 ± 0.21	<b>0.044</b>
	1ヵ月後	26.7 ± 0.27	29.2 ± 1.08	0.118
	2ヵ月後	30.0 ± 3.25	26.9 ± 0.92	0.146
	3ヵ月後	27.4 ± 0.81	30.0 ± 0.81	0.098
A/G	開始前	0.99 ± 0.01	0.9 ± 0.03	<b>0.025</b>
	1ヵ月後	1.07 ± 0.02	1.0 ± 0.02	<b>0.018</b>
	2ヵ月後	1.06 ± 0.01	0.9 ± 0.03	<b>0.018</b>
	3ヵ月後	1.04 ± 0.03	0.9 ± 0.03	<b>0.025</b>
Ca,mg/dl	開始前	9.2 ± 0.08	9.4 ± 0.09	0.322
	1ヵ月後	9.2 ± 0.04	9.5 ± 0.16	0.172
	2ヵ月後	9.1 ± 0.08	9.5 ± 0.10	0.069
	3ヵ月後	9.2 ± 0.15	9.5 ± 0.06	0.185
P,mg/dl	開始前	8.0 ± 0.26	8.0 ± 0.33	0.882
	1ヵ月後	7.8 ± 0.35	7.7 ± 0.18	0.695
	2ヵ月後	7.8 ± 0.09	7.8 ± 0.13	0.696
	3ヵ月後	7.6 ± 0.14	7.4 ± 0.29	0.663
Mg,mg/dl	開始前	3.0 ± 0.15	2.7 ± 0.11	0.210
	1ヵ月後	2.9 ± 0.13	2.8 ± 0.23	0.927
	2ヵ月後	2.8 ± 0.12	2.8 ± 0.14	1.000
	3ヵ月後	3.0 ± 0.09	2.9 ± 0.09	0.750
ALP,U/l	開始前	63.0 ± 13.6	74.5 ± 4.02	0.526
	1ヵ月後	55.5 ± 16.8	70.0 ± 2.02	0.504
	2ヵ月後	51.3 ± 14.8	69.5 ± 3.25	0.368
	3ヵ月後	55.3 ± 19.1	76.0 ± 2.97	0.418
AST(GOT),U/l	開始前	65.0 ± 2.22	52.8 ± 7.87	0.274
	1ヵ月後	58.3 ± 3.11	50.5 ± 3.05	0.143
	2ヵ月後	64.5 ± 2.51	52.5 ± 4.15	0.086
	3ヵ月後	68.3 ± 2.51	57.3 ± 5.16	0.167
ALT(GPT),U/l	開始前	22.5 ± 0.74	19.3 ± 1.30	0.121
	1ヵ月後	23.0 ± 0.96	18.8 ± 0.94	<b>0.027</b>
	2ヵ月後	24.3 ± 0.43	20.5 ± 1.56	0.126
	3ヵ月後	27.0 ± 0.75	21.5 ± 1.90	0.082

表 9-3 血液成分

		試験区	対照区	p値
LD(LDH),U/l	開始前	1746 ± 96.2	1666 ± 68.8	0.580
	1ヵ月後	1766 ± 77.0	1594 ± 61.9	0.185
	2ヵ月後	1790 ± 85.2	1493 ± 72.4	0.062
	3ヵ月後	1913 ± 92.9	1584 ± 57.2	<b>0.047</b>
$\gamma$ -GT,U/l	開始前	21.3 ± 2.21	25.0 ± 0.54	0.239
	1ヵ月後	19.8 ± 1.08	22.3 ± 0.89	0.246
	2ヵ月後	20.3 ± 0.74	20.8 ± 0.82	0.709
	3ヵ月後	20.5 ± 1.37	23.0 ± 1.03	0.257
CK(CPK),U/l	開始前	238.0 ± 15.1	158.3 ± 32.2	0.120
	1ヵ月後	282.8 ± 48.1	221.5 ± 48.5	0.377
	2ヵ月後	226.5 ± 35.9	185.8 ± 46.2	0.216
	3ヵ月後	260.8 ± 23.2	199.0 ± 29.7	0.209
血糖,mg/dl	開始前	67.0 ± 1.85	67.3 ± 1.62	0.933
	1ヵ月後	63.5 ± 1.66	65.0 ± 2.136	0.918
	2ヵ月後	67.8 ± 0.94	68.0 ± 2.724	0.944
	3ヵ月後	67.3 ± 0.94	71.0 ± 0.82	<b>0.041</b>

## 6 枝肉成績

枝肉成績を表 10 に示した。すべての項目において試験区および対照区間で差はなかった。枝肉重量は対照区が高い値を示したが、これは乾物摂取量減少による増体低下が枝肉重量に影響したと考えられる。

表 10 枝肉成績

	試験区	対照区	p値
枝肉重量,kg	472.6 ± 7.14	481.4 ± 11.5	0.592
胸最長筋面積,cm <sup>2</sup>	62.8 ± 3.73	62.8 ± 3.47	1.000
バラの厚さ,cm	8.3 ± 0.23	8.6 ± 0.23	0.451
皮下脂肪厚,cm	2.7 ± 0.11	3.0 ± 0.24	0.295
歩留基準値,%	74.8 ± 0.68	74.6 ± 0.54	0.811
脂肪交雑,BMSNo.	6.8 ± 0.65	6.3 ± 0.54	0.628
等級(脂肪交雑)	4.5 ± 0.25	4.3 ± 0.22	0.537
肉色,BCSNo.	4.0 ± 0.35	3.5 ± 0.25	0.356
光沢	4.5 ± 0.25	4.5 ± 0.25	1.000
等級(色沢)	4.5 ± 0.25	4.5 ± 0.25	1.000
しまり	4.5 ± 0.25	4.3 ± 0.22	0.537
きめ	4.5 ± 0.25	4.3 ± 0.22	0.537
等級(しまり及びきめ)	4.5 ± 0.25	4.3 ± 0.22	0.537
脂肪色,BFSNo.	3.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00	-
光沢と質	5.0 ± 0.00	5.0 ± 0.00	-
等級(脂肪の色沢と質)	5.0 ± 0.00	5.0 ± 0.00	-

## 7 理化学分析および脂肪酸組成

理化学分析の結果を表 11 に、脂肪酸組成の結果を表 12 および図 2 に示した。理化学分析および脂肪酸組成のどちらも処理区間に差は認められ

なかった。脂肪酸カルシウムのような高油脂製剤はオレイン酸等の一価不飽和脂肪酸を向上させる場合があるが本試験では脂肪酸カルシウム添加による脂肪酸組成への影響は確認されなかった。

表 11 理化学分析

	試験区	対照区	p値
水分, %	45.0 ± 0.5	44.8 ± 2.0	0.911
粗たんぱく質, %	14.2 ± 0.2	15.0 ± 0.5	0.245
粗脂肪, %	41.0 ± 0.8	40.9 ± 3.2	0.985
pH	5.5 ± 0.0	5.5 ± 0.0	0.356
せん断力値, kgf	1.6 ± 0.2	1.7 ± 0.2	0.713
ドロップロス, %	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.0	0.766
加熱損失 (ドロップ率), %	13.8 ± 0.9	14.8 ± 1.1	0.563
色調(脂肪) L*	78.8 ± 0.8	74.8 ± 1.6	0.090
色調(脂肪) a*	6.5 ± 0.7	8.7 ± 1.2	0.221
色調(脂肪) b*	9.6 ± 0.9	12.1 ± 0.5	0.076
色調 L*	50.5 ± 1.7	49.8 ± 2.3	0.829
a*	26.2 ± 1.2	26.7 ± 1.9	0.863
b*	23.1 ± 1.2	23.6 ± 1.5	0.848
T B A 値, mgMDA/kg	0.7 ± 0.3	0.3 ± 0.0	0.167
脂肪の融点, °C	25.8 ± 1.1	23.6 ± 2.1	0.447

表 12 脂肪酸組成

(単位: %)

	脂肪酸	試験区	対照区	p値
'C12:0	ラウリン酸	0.10 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.356
C14:0	ミリスチン酸	3.00 ± 0.00	2.88 ± 0.10	0.743
C14:1(n9)	ミリストレイン酸	1.30 ± 0.00	1.23 ± 0.00	0.711
C15:0	ペンタデカン酸	0.30 ± 0.03	0.30 ± 0.03	1.000
C16:0	パルミチン酸	27.7 ± 0.00	26.8 ± 0.00	0.626
C16:1(n7)	パルミトレイン酸	5.15 ± 0.00	5.03 ± 0.33	0.805
C17:0	ヘプタデカン酸	0.68 ± 0.03	0.65 ± 0.00	0.537
C18:0	ステアリン酸	9.75 ± 0.00	10.2 ± 0.00	0.732
C18:1(n9)	オレイン酸	46.5 ± 0.00	47.2 ± 0.00	0.779
C18:2(n6)	リノール酸	1.48 ± 0.00	1.33 ± 0.00	0.143
C18:3(n3)	α-リノレン酸	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	-
C20:0	アラキジン酸	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	-
C20:1(n9)	イコセン酸	0.38 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.040
C20:3(n6)	イコサトリエン酸	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	-
C20:4(n6)	アラキドン酸	0.00 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.134
C22:4(n6)	ドコサテトラエン酸	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.356

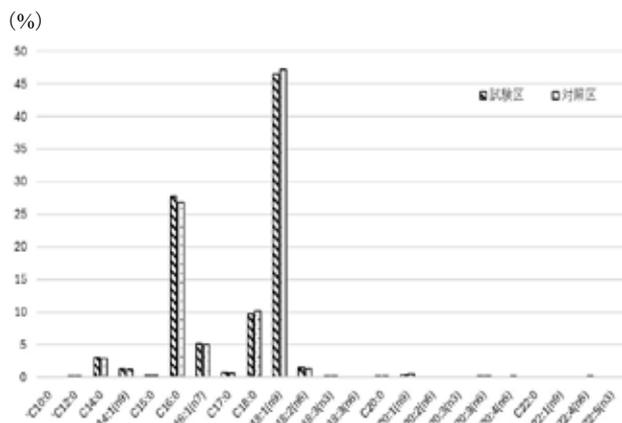


図 2 脂肪酸組成

## 8 官能評価

対照区を 0 とした試験区の評価結果を表 13 に示した。多汁性、甘味、こく味、脂肪の味の強さ(こく)、肉の好ましい香りおよび総合評価において試験区が対照区に対して有意に高い値を示した。

表 13 官能評価

	試験区	p値
軟らかさ	0.10	0.750
多汁性	0.55	<b>0.001</b>
甘味	0.35	<b>0.011</b>
うま味	0.55	0.104
こく味	0.65	<b>0.002</b>
脂肪の口溶け	0.15	0.711
脂肪の甘味の強さ	0.45	0.072
脂肪の味の強さ(こく)	0.75	<b>0.002</b>
牛肉の好ましい香り	0.85	<b>0.003</b>
総合評価	0.85	<b>0.006</b>

## 考 察

本試験は黒毛和種去勢肥育牛において、肥育後期に不飽和脂肪酸カルシウムを配合飼料の 4%量添加した場合の飼養成績および消化管由来メタンガス発生量へ及ぼす影響を検討した。

飼料摂取量について、試験区が脂肪酸カルシウム給与 1 ヶ月後から配合飼料摂取量が低下しており、試験終了まで対照区に比べ有意に低い値となった。本試験における配合飼料摂取量低下は、脂肪酸カルシウムが要因であると考えられる。脂肪酸カルシウムは乳牛への給与が一般的であり、黒毛和種肥育牛への給与事例は少ない。古川 (2005) は、乳用牛でのバイパス油脂の利用に際し、飼料中の脂肪含量は乾物中 6~7%以内とすることと記載しており、本試験の飼料中脂肪含量は試験区で 6.6%とこの範囲内である。しかし先述のとおり、脂肪酸カルシウムの黒毛和種肥育牛での給与事例は少なく、乳用牛と同じ濃度で脂肪酸カルシウムを添加した場合の影響は明らかではない。本試験においては、脂肪酸カルシウム添加後から配合飼料摂取量の低下が認められ、肥育後期におけるバイパ

ス油脂をはじめとした高エネルギー飼料の添加は、飼料摂取量を低下させる可能性が示唆された。

増体について、試験開始1ヵ月後から試験区が低い値で推移した。これは、配合飼料摂取量と同様の推移となっており、乾物摂取量の低下が発育に影響を及ぼしたと考えられる。

メタン排出量について、本試験での乾物摂取量あたりメタン排出量は30~50L/日/頭であり、これは45/ (Harrisら1982)、32/ (Kuriharaら1999)、36 (Shibataら1993)の報告と一致する。柴ら(2002)は褐毛和種去勢肥育牛においてアマニ油脂肪酸カルシウムを4%添加した場合、有意ではないものの乾物摂取量あたりのメタン発生量が低下したとの報告をしている。本試験も先行研究と同程度の4%添加ではあったが、メタン削減はみられない結果となった。一般的に、乾物摂取量とメタン排出量は正の相関関係にある。本試験においても、乾物摂取量の多い対照区がメタン排出量も高値を示す場合が多かったが、乾物当たりの排出量に直した場合、試験区の乾物摂取量低下の影響で試験区の排出量が多い結果となっている。

血液成分について、玉城(1993)は乳用牛に1日1頭あたり330gの脂肪酸カルシウムを給与した場合、総脂質、リン脂質、中性脂肪等で値が増加する傾向を示し、遊離脂肪酸は有意に増加したと報告している。本試験においては、一時的に数値の上昇が確認された項目があったものの、脂肪酸カルシウムを給与してからの経時的な変化は確認出来なかった。

枝肉成績、理化学分析および脂肪酸組成について、枝肉成績は各項目で差が無かったものの枝肉重量において試験区が対照区より低い値となった。これは、乾物摂取量低下による増体量減少が影響していると考えられる。脂肪酸カルシウム給与が脂肪酸組成へ及ぼす影響について小林ら(2011)は、1日1頭200gの脂肪酸カルシウムを黒毛和種去勢肥育牛の出荷前3ヵ月間給与した場合、オレイン酸が増加したと報告している。一方、田淵ら(2024)は、同じく出荷3ヵ月前から1日1頭150gの脂肪酸カルシウムを給与しても牛肉中の

オレイン酸は向上しなかったとしている。本試験においては、田淵らと同じく脂肪酸カルシウム添加の影響が脂肪酸組成に現れなかった。

官能評価について、総合評価をはじめとする6項目で試験区が有意に高い評価を得たことから、黒毛和種において脂肪酸カルシウムを給与した場合、食味の改善が図られることが示唆された。

以上より、黒毛和種去勢肥育牛に22ヵ月齢から26ヵ月齢の期間において不飽和脂肪酸カルシウム配合飼料の4%量給与した場合、高エネルギー飼料の多給により乾物摂取量は減少し、メタン排出量は給与しない場合と同程度であった。

## 参 考 文 献

- Harris JM, Shirley RL, Palmer AZ. 1982. Nutritive value of methane fermentation residue in diets fed to feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 55:1293-1302.
- Kurihara M, Magner T, Hunter RA, McCrabb GJ. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, 81:227-234.
- Shibata M, Terada F, Kurihara M, Nishida T, Iwasaki K. 1993. Estimation of methane production in ruminants. *Animal Science and Technology*, 64:790-796
- 柴伸弥、常石英作、松崎正敏、塩谷繁. 2002. 褐毛和種肥育牛に対するアマニ油脂肪酸カルシウムの給与がメタン発生と肥育成績に及ぼす効果  
玉城政信. 高温時における脂肪酸カルシウム給与による乳脂質向上に関する研究. *西日本畜産学会報* 36,1~7 (1993)
- 小林正和、石崎重信. 2011. 肥育後期における生米ぬかおよび脂肪酸カルシウムの給与が黒毛和種去勢牛の肉質に及ぼす影響. *千葉県畜産総合研究センター研究報告*
- 田淵雅彦、可児宏章、中川もも、吉田和輝. 2024. 出荷3ヵ月前からのオレイン酸を高含有する脂肪酸カルシウムの給与が黒毛和種肥育牛の肉質に及

ぼす影響 (1) .

徳島県立農林水産総合技術支援センター畜産研究  
課研究報告.

# 黒毛和種繁殖雌牛の分娩前後における未利用資源を含む 発酵 TMR 給与の検討

月足 拓己・蓑毛 将太<sup>1)</sup>・日高 祐輝<sup>2)</sup>・福永 又三

<sup>1)</sup> 東白杵農林振興局、<sup>2)</sup> 農業大学校

Examination of feeding fermented TMR containing unused resources  
to Japanese Black breeding cows before and after parturition

Takumi TSUKIASHI, Shota MINOMO, Yuki HIDAKA, Yuzo FUKUNAGA

**<要約>**未利用資源を用いた発酵 TMR を分娩前後の黒毛和種繁殖雌牛に給与した結果、えのき茸菌床を用いた TMR における血液性状について、ALB と T-CHO に有意な差が認められたものの、両区ともに適正範囲内であった。また、人参粕及びえのき茸菌床を発酵 TMR 原料の一部代替として利用することで飼料費の削減も可能であった。

近年、国際情勢や円安の影響により飼料価格が高騰している一方で、子牛販売価格は低迷しており、繁殖農家の経営を圧迫している。このような中、繁殖農家は飼料用米や未利用資源など国内の飼料原料を活用して飼料費の低減を図っており、コントラクターや TMR センターなどを整備して、地域内で粗飼料を活用する動きもみられる。コントラクターや TMR センターを利用することは、畜産農家における労働力の負担低減にもつながることから、国などが利用推進を促している。

TMR については、濃厚飼料と粗飼料を混合していることから「完全飼料」などと呼ばれている。特に、酪農家をはじめ、和牛繁殖農家でも利用されている発酵 TMR は、発酵による栄養損失が少なく、梱包・ラッピングにより保存性を高めることで、長期間の保存が可能となる。これらのことから発酵 TMR は、食品残さや未利用資源の活用には有用な調製法であると報告されている（塩谷ら 2007）。しかし、繁殖雌牛の分娩前後において未利用資源を活用した発酵 TMR を給与した報告は少ない。

そこで今回、未利用資源を活用した発酵 TMR 給与の検討を行う。本報においては、えのき茸菌床及び人参粕を含んだ発酵 TMR の給与試験を行った。

## 材料および方法

### 試験 1：人参粕を含んだ発酵 TMR の給与試験

#### (1) 調査期間

2021 年 9 月～2023 年 3 月

#### (2) 供試牛

供試牛は黒毛和種繁殖雌牛 14 頭（対照区 6 頭、試験区 8 頭）を用いて、分娩 2 ヶ月前から分娩後 3 ヶ月の計 5 ヶ月間、給与試験を実施した。

#### (3) 供試材料および試験区分

材料は、場内で生産されたイタリアンサイレージ（イタリアン）、ソルガムサイレージ（ソルガム）、市販の繁殖用濃厚飼料（繁殖用）、大豆粕および人参粕を含む発酵 TMR（人参粕発酵 TMR）を調製し、ラップで梱包した（表 1）。試験区分について、対照区はイタリアン、ソルガム、繁殖用、大豆粕を給与し、試験区は人参粕発酵 TMR、イタリアン、繁殖用、大豆粕を給与した。飼料設計については、乾物摂取量（DM）、可消化養分総量（TDN）、粗タンパク質（CP）の充足率が 100～120%の間になるよう設定した。

表 1 人参粕発酵 TMR の配合割合および飼料成分

項目 (現物割合)	人参粕発酵 TMR				
	イタリアン	ソルガム	繁殖用	大豆粕	人参粕
配合割合 (%)	39.1	35.3	32	26	19.9
飼料成分 (%)	水分	CP	TDN	CA	EE
	69.9	15	25.6	21	0.8

## (4) 調査項目および分析方法

調査項目について、体重、血液性状、第一胃液性状とし、測定やサンプル採取を約 1 ヶ月ごとに実施した。血液成分の 9 項目 (総タンパク質 (TP)、アルブミン (ALB)、AST、 $\gamma$ -GTP、尿素窒素 (BUN)、総コレステロール (T-CHO)、中性脂肪 (TG)、カルシウム (Ca)、リン (IP)) については、専門機関へ分析を依頼した。第一胃液の pH については、pH メーターで測定した。第一胃液の分析について、融解した胃液を遠心分離後、その上清を用いた。揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度は、高速クロマトグラフによる BTB ポストラベル法により測定した (自給飼料利用研究会 2009)。また対照区と試験区でそれぞれ飼料費の試算を行った。

## (5) 統計処理

統計処理は EZR (Kanda 2012) を用いて行った。有意差の検定は、採血タイミングごとに t 検定を行い、各区分を比較した。

## 試験 2 : えのき茸菌床を含んだ発酵 TMR の給与試験

## (1) 調査期間

2022 年 7 月～2023 年 9 月

## (2) 供試牛

供試牛は黒毛和種繁殖雌牛 13 頭 (対照区 6 頭、試験区 7 頭) を用いて、分娩 2 ヶ月前から分娩後 3 ヶ月の計 5 ヶ月間、給与試験を実施した。

## (3) 供試材料および試験区分

材料は、場内で生産されたイタリアンサイレージ (イタリアン)、ソルガムサイレージ (ソルガム)、市販の繁殖用濃厚飼料 (繁殖用)、大豆粕およびえのき茸菌床を含む発酵 TMR (えのき茸発酵 TMR) を

調製し、ラップで梱包した (表 2)。試験区分について、対照区はイタリアン、ソルガム、繁殖用、大豆粕を給与し、試験区はえのき茸発酵 TMR、イタリアン、繁殖用、大豆粕を給与した。飼料設計については、乾物摂取量 (DM)、可消化養分総量 (TDN)、粗タンパク質 (CP) の充足率が 100～120%の間になるよう設定した。

表 2 えのき茸発酵 TMR の配合割合および飼料成分

項目 (現物割合)	えのき茸発酵 TMR				
	イタリアン	ソルガム	繁殖用	大豆粕	人参粕
配合割合 (%)	41.3	45.2	9.7	0.6	3.2
飼料成分 (%)	水分	CP	TDN	CA	EE
	69.1	3.8	18.0	2.9	1.1

## (4) 調査項目および分析方法

調査項目について、体重、血液性状、第一胃液性状とし、測定やサンプル採取を約 1 ヶ月ごとに実施した。血液成分の 9 項目 (総タンパク質 (TP)、アルブミン (ALB)、AST、 $\gamma$ -GTP、尿素窒素 (BUN)、総コレステロール (T-CHO)、中性脂肪 (TG)、カルシウム (Ca)、リン (IP)) については、専門機関へ分析を依頼した。第一胃液の pH については、pH メーターで測定した。第一胃液の分析について、融解した胃液を遠心分離後、その上清を用いた。揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度は、高速クロマトグラフによる BTB ポストラベル法により測定した (自給飼料利用研究会 2009)。また対照区と試験区でそれぞれ飼料費の試算を行った。

## (5) 統計処理

統計処理は EZR (Kanda 2012) を用いて行った。有意差の検定は、採血タイミングごとに t 検定を行い、各区分を比較した。

## 結 果

## 試験 1 : 人参粕を含んだ発酵 TMR の給与試験

## 1 体重

体重の推移について図1に示した。どの区間においても対照区と試験区に有意差な差は認められなかった。

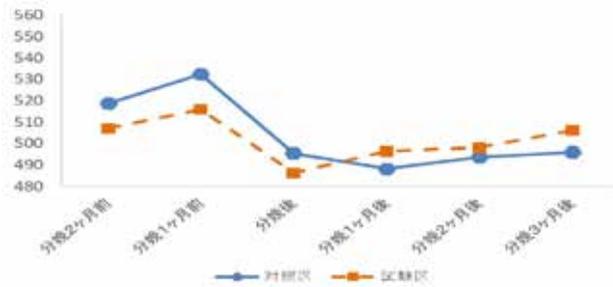


図1 体重の推移

表3 血液性状

項目	区分	分娩2ヶ月前	分娩1ヶ月前	分娩時	分娩1ヶ月後	分娩2ヶ月後	分娩3ヶ月後
TP (g/dL)	対照区	7.8 ± 0.2	7.5 ± 0.4	7.5 ± 0.3	8.1 ± 0.3	7.6 ± 0.3	7.5 ± 0.4
	試験区	7.3 ± 0.2	7.2 ± 0.6	7.7 ± 0.7	7.7 ± 0.3	7.4 ± 0.2	7.6 ± 0.6
ALB (g/dL)	対照区	48.4 ± 7.0	50.5 ± 3.4	51.2 ± 2.5	49.7 ± 3.2	52.3 ± 2.1	52.2 ± 1.3
	試験区	49.5 ± 0.3	48.6 ± 3.5	45.9 ± 5.6	48.5 ± 3.0	50.7 ± 3.7	49.8 ± 3.0
AST (U/L)	対照区	47.3 ± 1.2	47.0 ± 2.4	133.3 ± 113.0	50.0 ± 12.7	47.5 ± 11.5	51.4 ± 12.3
	試験区	49.5 ± 12.5	58.3 ± 15.6	70.0 ± 13.9	58.8 ± 7.8	56.3 ± 9.2	60.8 ± 3.4
γ-GTP (U/L)	対照区	17.7 ± 2.9	17.8 ± 2.5	16.3 ± 2.6	18.0 ± 5.1	18.0 ± 4.1	21.4 ± 7.0
	試験区	17.0 ± 4.0	21.3 ± 6.2	23.3 ± 5.5	25.3 ± 6.2	23.3 ± 6.1	24.3 ± 7.4
BUN (mg/dL)	対照区	12.0 ± 2.0	14.2 ± 2.1	8.2 ± 2.5	11.1 ± 0.3	10.0 ± 2.6	10.0 ± 2.2
	試験区	10.5 ± 4.9	13.6 ± 3.8	13.4 ± 3.1	13.0 ± 2.7	13.9 ± 1.7	14.6 ± 2.0
T-CHO (mg/dL)	対照区	109.7 ± 19.2	114.0 ± 9.6	109.7 ± 13.0	133.0 ± 32.6	118.3 ± 25.3	127.2 ± 45.9
	試験区	91.0 ± 9.0	106.7 ± 20.2	117.8 ± 25.5	132.5 ± 23.4	132.5 ± 25.0	133.0 ± 28.9
TG (mg/dL)	対照区	12.7 ± 3.3	14.3 ± 2.9	6.3 ± 2.9	7.7 ± 1.2	12.0 ± 6.6	9.4 ± 4.2
	試験区	16.5 ± 7.5	18.7 ± 4.1	13.0 ± 3.5	13.8 ± 4.9	13.0 ± 8.0	12.3 ± 4.8
Ca (mg/dL)	対照区	9.3 ± 0.3	9.2 ± 0.4	9.5 ± 0.4	9.7 ± 0.2	9.5 ± 0.3	9.5 ± 0.7
	試験区	9.1 ± 0.1	9.2 ± 0.6	9.3 ± 0.7	9.1 ± 0.6	9.5 ± 0.5	9.4 ± 0.6
IP (mg/dL)	対照区	6.7 ± 0.7	6.5 ± 0.5	4.5 ± 0.5	5.8 ± 1.4	5.8 ± 0.7	5.8 ± 1.6
	試験区	6.3 ± 0.8	6.6 ± 1.0	6.4 ± 0.2	6.5 ± 1.0	6.6 ± 1.1	6.4 ± 1.5

### 3 pH (第一胃液)

pH (第一胃液) の推移について図2に示した。対照区、試験区ともに全ての期間において pH は 6.9 ~ 7.2 の間で推移し、有意差は認められなかった。

### 4 第一胃液性状

第一胃液性状について表4に示した。どの項目においても対照区と試験区で有意差は認められなかった。酢酸及びプロピオン酸においては、対照区の濃度割合がやや高い数値を示していた。

## 2 血液性状

血液性状について表3に示した。対照区と試験区の間有意差は認められなかった。



図2 pH(第一胃液)の推移

表4 第一胃液性状

項目	試験区分	採材タイミング					
		分娩2ヵ月前	分娩1ヵ月前	分娩後	分娩後1ヵ月	分娩後2ヵ月	分娩後3ヵ月
酢酸 (%)	対照区	0.13	0.16	0.18	0.18	0.15	0.14
	試験区	0.10	0.16	0.13	0.11	0.13	0.13
プロピオン酸 (%)	対照区	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
	試験区	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04
i-酪酸 (%)	対照区	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	試験区	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
n-酪酸 (%)	対照区	0.04	0.05	0.07	0.06	0.05	0.07
	試験区	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04

5 飼料費

飼料費について、粗飼料は農業経営管理指針、濃厚飼料は購入実績値（令和4年度平均）の単価を参考に試算を行った。500kgの繁殖雌牛で想定した場合、1日1頭当たりの飼料費は、対照区が621円、試験区が533円となり、試験区が88円飼料費を削減できると試算された（表5）。繁殖雌牛50頭規模とすると、1日当たり4,400円飼料費を削減できることが試算された。

表5 飼料費の試算

飼料費	対照区	試験区	差額
1頭当たり (円/日)	621	533	△88
50頭規模 (円/日)	31,050	26,650	△4,400

試験2：えのき茸菌床を含んだ発酵TMR給与試験

1 体重

体重の推移について図3に示した。どの区間においても対照区と試験区に有意差は認められなかった。

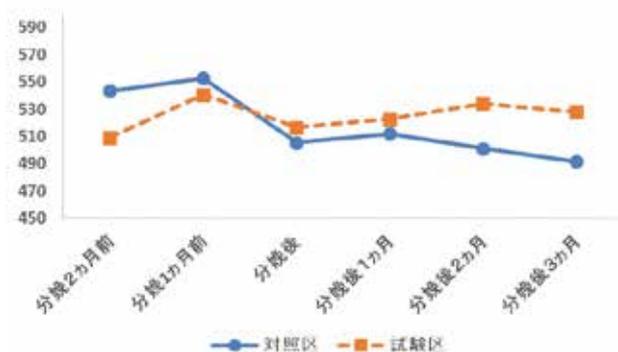


図3 体重の推移

2 血液性状

血液性状について表6に示した。ALB、T-CHOの2項目において、対照区と試験区間に有意な差が認められ、試験区が高く推移していた。

3 pH(第一胃液)

pH(第一胃液)の推移について図4に示した。分娩2ヵ月前と分娩後2ヵ月において、対照区と試験区間に有意な差が認められた。その他の期間においては有意な差が認められなかった。

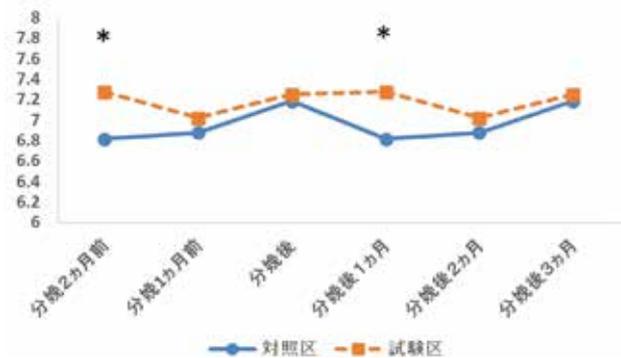


図4 pH(第一胃液)の推移

4 第一胃液性状

第一胃液性状について表7に示した。どの区間においても対照区と試験区間に有意差は認められなかった。

表7 第一胃液性状

項目	試験区分	採取タイミング					
		分娩2ヵ月前	分娩1ヵ月前	分娩後	分娩後1ヵ月	分娩後2ヵ月	分娩後3ヵ月
酢酸 (%)	対照区	0.17	0.17	0.19	0.20	0.18	0.18
	試験区	0.17	0.19	0.17	0.16	0.18	0.16
プロピオン酸 (%)	対照区	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
	試験区	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05
i-酪酸 (%)	対照区	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	試験区	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
n-酪酸 (%)	対照区	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05
	試験区	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05

## 5 飼料費

飼料費について、粗飼料は農業経営管理指針、濃厚飼料は購入実績値（令和4年度平均）の単価を参考に試算を行った。500kg の繁殖雌牛で想定した場合、1日1頭当たりの飼料費は、対照区が621円、

試験区が601円となり、試験区が20円飼料費を削減できると試算された（表8）。繁殖雌牛50頭規模とすると、1日当たり1,000円飼料費を削減できることが試算された。

表6 血液性状

項目	区分	分娩2ヵ月前		分娩1ヵ月前		分娩後		分娩後1ヵ月		分娩後2ヵ月		分娩後3ヵ月	
TP (g/dL)	対照区	7.6 ± 0.5	7.4 ± 0.7	7.8 ± 0.6	7.5 ± 0.4	7.7 ± 0.4	7.7 ± 0.4						
	試験区	7.3 ± 0.7	7.3 ± 0.4	7.8 ± 0.4	7.6 ± 0.6	7.6 ± 0.7	7.4 ± 0.6						
ALB (g/dL)	対照区	3.7 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.7 ± 0.1	3.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.3	3.7 ± 0.3						
	試験区	3.7 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2						
AST (U/L)	対照区	46.2 ± 9.4	44.7 ± 9.5	60.8 ± 7.4	50.3 ± 5.4	54.3 ± 9.4	54.5 ± 7.4						
	試験区	40.6 ± 4.9	45.6 ± 7.7	60.7 ± 14.2	53.0 ± 9.7	52.3 ± 7.0	51.7 ± 5.7						
γ-GTP (U/L)	対照区	16.4 ± 3.9	16.3 ± 3.3	18.5 ± 3.8	18.0 ± 4.5	19.3 ± 5.0	20.0 ± 4.4						
	試験区	22.2 ± 13.1	18.7 ± 3.8	22.6 ± 5.6	22.3 ± 5.3	23.0 ± 6.5	23.1 ± 6.8						
BUN (mg/dL)	対照区	12.5 ± 2.6	11.9 ± 3.7	11.2 ± 3.4	10.0 ± 2.0	11.3 ± 2.5	10.7 ± 2.2						
	試験区	7.6 ± 2.2	11.9 ± 2.5	11.9 ± 2.0	12.6 ± 2.2	11.0 ± 3.0	11.3 ± 3.2						
T-CHO (mg/dL)	対照区	90.6 ± 5.2 <sup>a</sup>	94.5 ± 13.5 <sup>a</sup>	90.7 ± 9.7 <sup>a</sup>	104.2 ± 17.7 <sup>a</sup>	112.5 ± 22.2	108.2 ± 17.1						
	試験区	106.8 ± 9.3 <sup>b</sup>	122.7 ± 21.7 <sup>b</sup>	130.7 ± 28.5 <sup>b</sup>	149.9 ± 36.0 <sup>b</sup>	147.4 ± 30.9	130.7 ± 23.5						
TG (mg/dL)	対照区	14.2 ± 3.2	16.2 ± 3.6	11.2 ± 7.2	12.0 ± 5.4	14.5 ± 3.0	15.8 ± 5.3						
	試験区	16.6 ± 6.7	18.7 ± 4.9	8.3 ± 3.1	12.6 ± 5.5	16.0 ± 5.3	17.0 ± 6.2						
Ca (mg/dL)	対照区	9.5 ± 0.3	9.6 ± 0.5	9.7 ± 0.2	9.2 ± 0.4	9.4 ± 0.5	9.4 ± 0.5						
	試験区	9.8 ± 0.4	9.7 ± 0.3	9.6 ± 0.2	9.5 ± 0.3	9.3 ± 0.4	9.4 ± 0.4						
IP (mg/dL)	対照区	6.4 ± 0.5	6.7 ± 1.1	6.1 ± 1.2	5.9 ± 0.8	6.1 ± 0.7	5.6 ± 1.0						
	試験区	6.8 ± 0.4	6.0 ± 0.4	5.6 ± 1.0	6.1 ± 0.8	5.9 ± 1.3	5.9 ± 0.6						

※異符号間で有意差あり (ab:p<0.05)

表8 飼料費の試算

飼料費	対照区	試験区	差額
1頭当たり (円/日)	621	601	△ 20
50頭規模 (円/日)	31,050	30,050	△ 1,000

## 考 察

試験2の血液性状で有意な差が認められたT-CHO、ALBについて、T-CHOはエネルギー代謝の指標であり、ALBは肝機能の評価に用いられる。渡邊ら(2014)は、生産性が高い牛群において、繁殖ステージ毎の血液性状適正範囲を示している。今回の試験におけるT-CHO、ALBの値について、有意な差は認められたものの、対照区および試験区ともに渡邊ら(2014)が示した適正範囲内であったことから、栄養管理に大きな問題はなかったと思われる。体重について、ばらつきがみられ、有意な差が認められ

なかったが、分娩後から試験区が高く推移している。エネルギーの指標とされるT-CHOについても全期間で試験区が高く推移していることから、対照区と比べると試験区のエネルギーがやや多かった可能性が考えられる。また、分娩した産子の出生体重について、試験1においては、対照区6頭（雄：3頭、雌：3頭）の平均は38.6±4.0(kg)、試験区8頭（雄：4頭、雌：4頭）の平均は33.6±4.5(kg)であり、対照区の方がやや大きい値を示したが、有意差は認められなかった。試験2においては、対照区6頭（雄：3頭、雌：3頭）の平均は34.5±5.7(kg)、試験区7頭（雄：3頭、雌：4頭）の平均は34.0±5.5(kg)であり、両区に大きな差はみられなかった。

第一胃液のpHについて、試験1、2ともに7.0前後で推移していることから、発酵TMRを給与した場合でも問題はないと考えられる。

飼料費について、未利用資源を用いることで飼料費の低減に繋がると報告されている(平井2004、大賀2013)。今回、人参粕及びえのき茸菌床を活用し

た発酵 TMR の飼料費について試算した結果、これまでの報告と同様に試験区の飼料費が削減できると試算された。

これらのことから、人参粕及びえのき茸菌床を発酵 TMR 原料の一部として利用することは可能であり、分娩前後の繁殖雌牛に給与しても問題ないことが示唆された。今後は未利用資源の配合割合を増加させるなどの飼料設計を検討することや濃厚飼料の一部をトウモロコシサイレーズ等に代替することで、更なる飼料費低減が期待できる。また、人参粕やえのき茸菌床以外の未利用資源にも着目して発酵 TMR の給与を検討することで、さらなるコスト削減等が期待できる。

## 文 献

平井洋次. 2004. 未利用資源の活用によるセミコン & 発酵 TMR 飼料 (現場からの情報). 日獣会誌第 57 巻 11 号, 682-688.

大賀祥治. 2013. キノコ廃菌床の家畜飼料としての利用. 農業および園芸 88 巻 7 号, 700-704.

塩谷繁, 細田謙次, 松山裕城. 2007. 発酵 TMR の飼料特性と利用の展望. 栄養生理研究会報第 51 巻 2 号, 1-5.

渡邊貴之, 小西一之, 熊谷周一郎, 野口浩正, 武井直樹. 2014. 良好な生産性を保つ黒毛和種繁殖牛群における代謝プロファイルテストの値. 日本畜産学会報第 85 巻 3 号, 295-300.

自給飼料利用研究会編. 2009. 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 64-78.

# 発酵 TMR を活用した子牛育成技術の検討

月足 拓己・蓑毛 将太<sup>1)</sup>・福永 又三

<sup>1)</sup> 東白杵農林振興局

## Investigation of Calf Rearing Techniques Using Fermented TMR

Takumi TSUKIASHI, Shota MINOMO, Yuzo FUKUNAGA

**<要約>**子牛へ発酵 TMR を給与した場合、有意差は認められなかったが対照区よりも増体良好な傾向があった。作業時間や飼料費等のコストについては、当場の飼養管理方法と比較して約 42%の時間短縮、1日1頭あたり約 94 円の飼料費削減が可能であった。これらのことから、発酵 TMR を給与することにより増体の向上及びコストの削減が期待される。

近年、国際情勢や円安の影響により飼料価格が高騰している一方で、子牛販売価格は低迷しており、繁殖農家の経営を圧迫している。一方、肉用牛繁殖経営は大規模化が進んでおり、省力化・軽労化を実現した給与体系が求められている。繁殖雌牛については、地域内で粗飼料を活用し、コントラクターや TMR センターなど利用する動きも見られる。TMR については、濃厚飼料と粗飼料を混合していることから「完全飼料」などと呼ばれている。特に、酪農家をはじめ、和牛繁殖農家でも利用されている発酵 TMR は、発酵による栄養損失が少なく、梱包・ラッピングにより保存性を高めることで、長期間の保存が可能となる。すでに子牛へのドライ TMR が販売されているが、今試験は自給飼料を主体とした発行 TMR の給与を行い、発育良好な子牛生産を行うとともに労働時間の削減等、コスト削減を目的とする。

## 材料および方法

### 1 供試牛

供試牛は黒毛和種子牛 10 頭（対照区 5 頭、試験区 5 頭）を用い、試験区には 100 日齢から乾草及び配合飼料に発酵 TMR を混ぜて給与し、120 日齢から発酵 TMR のみの給与を行った。

雄については、約 5 ヶ月齢時に捻転式による去勢を実施した。

### 2 供試材料および試験区分

材料は、試験区において、自給粗飼料（イタリアンサイレージ及びトウモロコシサイレージ）、市販の育成用配合飼料（配合飼料）、乳酸菌、ブドウ糖を含む発酵 TMR（発酵 TMR）を調製し、ラップで梱包した（表 1）。対照区においては輸入乾草（チモシー及びオーツヘイ）、市販の育成用配合飼料を給与した。飼料設計については、乾物摂取量（DM）、可消化養分総量（TDN）の充足率が 100~120%の間になるよう設定した。

表 1 発酵 TMR の配合割合および飼料成分

項目（現物割合）	発酵 TMR				
	イタリアン トウモロコシ	配合飼料	ブドウ糖	乳酸菌	
配合割合（%）	32.6	3.4	59.0	4.9	0.1
飼料成分（%）	DM	CP	TDN	aNDF	EE
	47.36	14.5	71	33.8	4.5

### 3 調査項目および分析方法

調査項目について、体型測定（体重、体高、胸囲）、血液性状とし、体型測定は 2 週間ごと、採血を約 1 ヶ月ごとに実施した。血液成分の 9 項目（総タンパク質（TP）、アルブミン（ALB）、AST、 $\gamma$ -GTP、尿素窒素（BUN）、総コレステロール（T-CHO）、中性脂肪（TG）、カルシウム（Ca）、リン（IP））については、専門機関へ分析を依頼した。また対照区と試験区でそれぞれ飼料費の試算を行った。

#### 4 統計処理

統計処理はEZR (Kanda 2012) を用いて行った。有意差の検定は、データ採取タイミングごとに t 検定を行い、各区分を比較した。

### 結 果

#### 1 体重

体重の推移について図1及び表2に示した。どの区間においても対照区と試験区に有意差な差は認められなかった。対照区と比較すると、試験区においてやや増体が良い傾向が見られた。特に雌において、対照区のDGが0.94であるのに対して、試験区のDGは1.17であり、去勢牛よりも増体が良好であった。

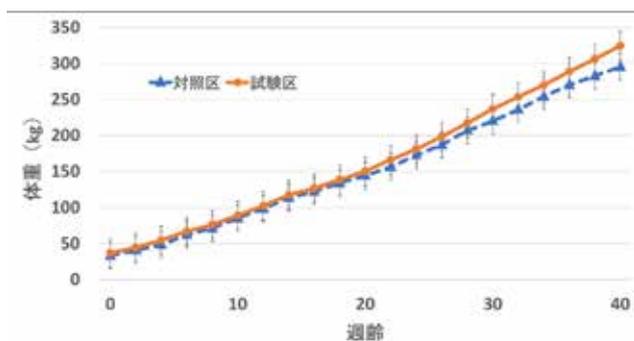


図1 体重推移

表2 対照区と試験区の体重比較

	雄		雌		計	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
供試頭数(頭)	2	3	2	2	4	5
生時体重(kg)	35.5	37.7	31.3	35.8	33.4	36.9
16週齢時体重(kg)	127.8	129.8	117.5	121.8	122.6	126.6
38週齢時体重(kg)	304.0	308.7	261.5	302.5	282.8	306.2
DG(kg/日)※	1.14	1.16	0.94	1.17	1.04	1.17

※DGについては、完全にTMR給与へ切り替える直前の16週齢時体重から38週齢時の体重をもとに算出

#### 2 体高

体高の推移について図2に、対照区と試験区の体高比較を表3に示した。38週齢時において対照区が141.1cmであるのに対し、試験区が117.7cmと試験区が有意に高かった。雄の試験区と対照区を比較すると、生時体高は対照区73.0cmに対し、試験区が72.5cmと対照区においてやや高い値を示したが、16週齢時及び38週齢時においては試験区の

方が高い数値を示した。

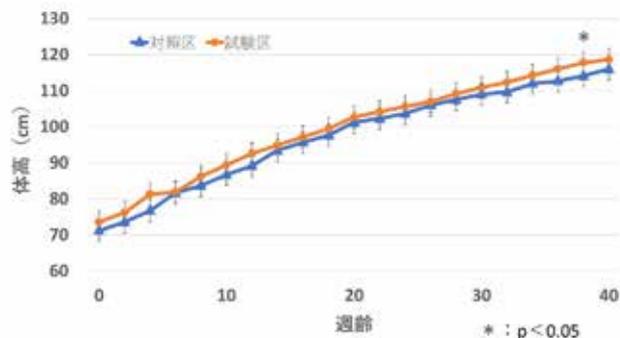


図2 体高推移

表3 対照区と試験区の体高比較

	雄		雌		計	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
供試頭数(頭)	2	3	2	2	4	5
生時体高(cm)	73.0	72.5	69.4	74.6	71.2	73.6
16週齢時体高(cm)	95.3	96.9	96.0	97.4	95.7	97.1
38週齢時体高(cm)	113.6	117.7	114.6	117.8	114.1 <sup>a</sup>	117.7 <sup>b</sup>

※異英字間に有意差あり (P<0.05)

#### 3 胸囲

胸囲の推移について図3に、対照区と試験区の胸囲比較を表4に示した。胸囲についても、対照区と比較すると、試験区においてやや大きくなる傾向が見られたが、有意差は認められなかった。

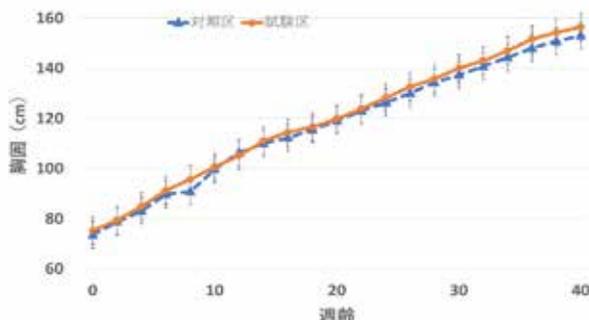


図3 胸囲推移

表4 対照区と試験区の胸囲比較

	雄		雌		計	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
供試頭数(頭)	2	3	2	2	4	5
生時胸囲(cm)	75.0	75.0	72.0	75.5	73.5	75.3
16週齢時胸囲(cm)	112.0	115.0	112.5	113.5	112.2	114.4
38週齢時胸囲(cm)	152.0	154.7	149.5	153.5	150.8	154.2

#### 4 血液性状

血液性状について表 5 に示した。6 ヶ月齢時の Ca において、対照区と試験区の間に有意な差が認

められ、試験区が高い値を示したが、それ以降では有意差は認められなかった。

表5 血液性状

項目	区分	4カ月		5カ月		6カ月		7カ月		8カ月		9カ月	
TP (g/dL)	対照区	6.1 ± 0.2	6.2 ± 0.1	6.4 ± 0.3	6.3 ± 0.2	6.5 ± 0.3	6.5 ± 0.1	6.3 ± 0.3	6.1 ± 0.1	6.3 ± 0.1	6.5 ± 0.1	6.3 ± 0.1	
	試験区	6.1 ± 0.4	6.1 ± 0.1	6.1 ± 0.2	6.1 ± 0.3	6.1 ± 0.3	6.1 ± 0.3	6.1 ± 0.1	6.3 ± 0.3	6.1 ± 0.1	6.3 ± 0.3	6.3 ± 0.3	
ALB (g/dL)	対照区	49.7 ± 0.4	49.4 ± 3.6	53.4 ± 5.8	55.8 ± 2.1	57.2 ± 3.0	58.7 ± 1.7	56.2 ± 4.4	55.0 ± 4.3	57.7 ± 3.5	58.8 ± 2.5	59.9 ± 3.0	60.1 ± 0.5
	試験区	56.2 ± 4.4	55.0 ± 4.3	57.7 ± 3.5	58.8 ± 2.5	59.9 ± 3.0	60.1 ± 0.5	56.5 ± 7.5	68.3 ± 10.6	57.0 ± 7.0	56.8 ± 6.1	60.3 ± 6.5	57.0 ± 9.1
AST (U/L)	対照区	56.5 ± 7.5	68.3 ± 10.6	57.0 ± 7.0	56.8 ± 6.1	60.3 ± 6.5	57.0 ± 9.1	66.0 ± 14.0	55.3 ± 1.3	54.0 ± 4.6	52.6 ± 3.9	53.8 ± 10.3	59.8 ± 16.3
	試験区	66.0 ± 14.0	55.3 ± 1.3	54.0 ± 4.6	52.6 ± 3.9	53.8 ± 10.3	59.8 ± 16.3	17.0 ± 1.0	18.0 ± 2.1	18.8 ± 2.3	18.3 ± 2.8	18.3 ± 1.9	20.8 ± 2.9
γ-GTP (U/L)	対照区	17.0 ± 1.0	18.0 ± 2.1	18.8 ± 2.3	18.3 ± 2.8	18.3 ± 1.9	20.8 ± 2.9	17.8 ± 3.3	16.5 ± 1.8	16.0 ± 2.8	16.8 ± 3.2	22.2 ± 11.0	24.3 ± 11.9
	試験区	17.8 ± 3.3	16.5 ± 1.8	16.0 ± 2.8	16.8 ± 3.2	22.2 ± 11.0	24.3 ± 11.9	4.9 ± 0.4	4.9 ± 1.2	6.3 ± 1.6	8.1 ± 3.4	9.6 ± 1.1	10.4 ± 1.6
BUN (mg/dL)	対照区	4.9 ± 0.4	4.9 ± 1.2	6.3 ± 1.6	8.1 ± 3.4	9.6 ± 1.1	10.4 ± 1.6	7.7 ± 2.5	6.1 ± 2.1	7.9 ± 2.0	7.9 ± 1.9	9.1 ± 2.8	12.2 ± 3.1
	試験区	7.7 ± 2.5	6.1 ± 2.1	7.9 ± 2.0	7.9 ± 1.9	9.1 ± 2.8	12.2 ± 3.1	85.5 ± 7.5	86.0 ± 10.2	99.3 ± 11.7	92.5 ± 20.7	108.3 ± 23.8	121.3 ± 23.8
T-CHO (mg/dL)	対照区	85.5 ± 7.5	86.0 ± 10.2	99.3 ± 11.7	92.5 ± 20.7	108.3 ± 23.8	121.3 ± 23.8	111.5 ± 34.6	93.5 ± 15.0	109.6 ± 31.2	103.0 ± 35.1	118.8 ± 44.8	124.0 ± 65.6
	試験区	111.5 ± 34.6	93.5 ± 15.0	109.6 ± 31.2	103.0 ± 35.1	118.8 ± 44.8	124.0 ± 65.6	19.0 ± 7.0	14.3 ± 5.9	16.8 ± 2.4	13.3 ± 2.9	12.5 ± 2.2	12.3 ± 2.2
TG (mg/dL)	対照区	19.0 ± 7.0	14.3 ± 5.9	16.8 ± 2.4	13.3 ± 2.9	12.5 ± 2.2	12.3 ± 2.2	14.8 ± 4.0	11.5 ± 2.9	11.3 ± 4.6	12.8 ± 7.4	15.0 ± 5.9	11.3 ± 2.8
	試験区	14.8 ± 4.0	11.5 ± 2.9	11.3 ± 4.6	12.8 ± 7.4	15.0 ± 5.9	11.3 ± 2.8	10.2 ± 0.0	10.3 ± 0.8	10.7 ± 0.1 a	10.3 ± 0.2	10.4 ± 0.2	10.4 ± 0.4
Ca (mg/dL)	対照区	10.2 ± 0.0	10.3 ± 0.8	10.7 ± 0.1 a	10.3 ± 0.2	10.4 ± 0.2	10.4 ± 0.4	10.5 ± 0.2	10.3 ± 0.5	10.2 ± 0.2 b	10.2 ± 0.2	10.4 ± 0.3	10.2 ± 0.4
	試験区	10.5 ± 0.2	10.3 ± 0.5	10.2 ± 0.2 b	10.2 ± 0.2	10.4 ± 0.3	10.2 ± 0.4	8.3 ± 0.1	7.9 ± 0.8	9.2 ± 0.4	9.0 ± 0.6	8.7 ± 0.2	7.8 ± 0.3
IP (mg/dL)	対照区	8.3 ± 0.1	7.9 ± 0.8	9.2 ± 0.4	9.0 ± 0.6	8.7 ± 0.2	7.8 ± 0.3	8.6 ± 0.5	9.0 ± 0.7	8.9 ± 0.9	8.5 ± 0.3	8.7 ± 0.5	8.2 ± 0.7
	試験区	8.6 ± 0.5	9.0 ± 0.7	8.9 ± 0.9	8.5 ± 0.3	8.7 ± 0.5	8.2 ± 0.7						

※異符号間で有意差あり (ab:p<0.01)

#### 5 飼料摂取量

期間中の総飼料摂取量について表 6 に、1 日当たりの飼料摂取量について表 7 に示した。発酵 TMR については個体によって嗜好性が異なっており、残飼のある個体の方が多かった。

表6 試験期間中の飼料総摂取量

	雄		雌		計	
	乾草(kg)	配合(kg)	乾草(kg)	配合(kg)	乾草(kg)	配合(kg)
対照区	428.2	492.7	376.7	451.6	402.5	472.2
試験区	発酵TMR(kg)		発酵TMR(kg)		発酵TMR(kg)	
	1521.3		1568.0		1539.9	

表7 試験期間中の 1 日当たりの飼料摂取量

	雄		雌		計	
	乾草(kg)	配合(kg)	乾草(kg)	配合(kg)	乾草(kg)	配合(kg)
対照区	29	34	26	31	28	32
試験区	発酵TMR(kg)		発酵TMR(kg)		発酵TMR(kg)	
	10.4		10.7		10.5	

#### 6 飼料費と作業時間

飼料費について、表 8 に示した。粗飼料は場内で生産した場合は生産にかかった費用から算出した単価、購入粗飼料及び配合飼料は購入実績値（令和 4 年度平均）の単価を参考に試算を行った。給与量を表 7 に記載している飼料摂取量とした場合、対照区が 616 円、試験区が 522 円となり、試験区が 94 円飼料費を削減できると試算された。今回の試験期間である 16 週齢から 38 週齢時まで発酵 TMR を給与した場合、対照区と比較して 13,818 円の削減が可能と試算された。

また、作業時間の比較を図 4 に示した。當場での飼養管理方法（餌の計量から給与、片付け）において比較した場合、対照区において約 108 秒/頭、試験区において約 62 秒/頭であり、1 頭当たり約 42 %の削減が可能であった。

表8 飼料費の試算

飼料費	対照区	試験区	差額
1頭当たり (円/日)	616	522	△ 94
120日齢～266日齢で 給与した場合 (147日間)	90,552	76,734	△13,818

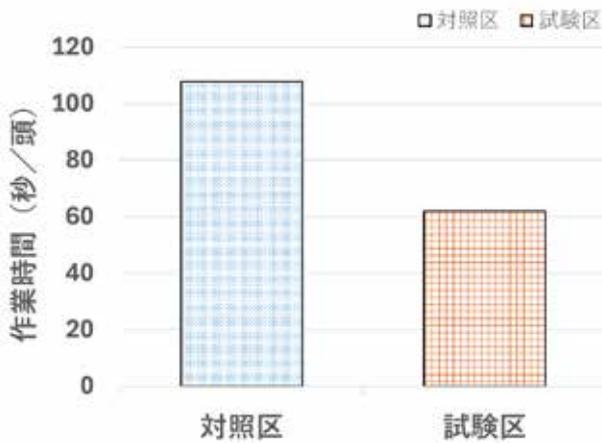


図4 作業時間の比較

## 考 察

体型測定について、38 週齢時の体高でのみ試験区が有意に高い結果が得られ、そのほかの測定項目や時期においても試験区の増体がいい傾向がみられた。子牛に乾草と濃厚飼料を同時に給与すると、濃厚飼料だけを選んで食べる選び食いをする場合があるが、発酵 TMR は混合されているために選び食いができず、濃厚飼料と一緒に粗飼料を食べるため、採食量が増えることによって増体のいい傾向が見られたと考えられる。また、他の研究成果において子牛育成期の粗飼料をエンバク乾草とクレイングラス乾草を混合した輸入乾草から飼料用サトウキビを混合した発酵 TMR に置き換えても良好な増体成績であった (神谷ら 2016) とあり、自給飼料を活用した発酵 TMR の活用が可能であるとの報告もある。当該においても輸入飼料 (チモシー及びオーツ

ヘイ) から自給飼料 (イタリアンサイレージ及びトウモロコシサイレージ) を発酵 TMR の材料として活用したため、同様に自給飼料率の向上にも繋がった。血液成分について、他の研究報告においては、7 ヶ月齢と 10 ヶ月齢に発酵 TMR を給与した試験区の T-CHO 値が有意に高くなったとの報告があるが (浅田ら 2014)、今回の試験においても同様に T-CHO 値に有意差は認められないものの、試験区の方が高い数値を示していた。これは発酵 TMR の材料としてトウモロコシサイレージ等を使用したため、接種したエネルギー量が多くなったことに起因すると考えられる。

生産コストについて、育成期から肥育までの発酵 TMR を給与した場合、1 頭当たりの飼料費が約 26 千円低減できたとの報告もある (浅田ら 2014)。今回の試験においても試算した場合、この報告と同様に試験区の飼料費が削減できると試算された。

これらのことから、発酵 TMR を育成牛へ給与した場合、増体が良好な傾向が見られるとともに飼料費や作業時間の削減など、生産コストの低減にもつなげることが可能であると分かった。

## 文 献

岩手県農業研究センター畜産研究所. 2021 黒毛和種育成牛への TMR 給与技術マニュアル  
 神谷充. 服部育男. 永吉輝彦. 西村直人. 春日久志. 吉田広和. 川田隆博. 井将也. 常石英作. 林義朗. 2016. 飼料用サトウキビサイレージ, 輸入エンバク乾草, トウモロコシ圧片, 大豆粕を混合した発酵 TMR の給与が黒毛和種子牛育成期の増体成績に及ぼす影響. 日本暖地畜産学会報 59 (1) : 33-35  
 浅田勉. 大川清充. 櫻井由美. 小林正和. 林征和 2014. 黒毛和種去勢牛の育成期における飼料構成の違いが産肉性に及ぼす影響. 群馬県畜産試験場研究報告

# 食品廃棄物を活用した麦焼酎粕発酵 TMR における 添加物代替の検討および繁殖雌牛への給与試験

松山 来春美・阿萬 尚弥<sup>1)</sup>・重永 あゆみ

<sup>1)</sup> 小林保健所

## Investigation of Additive Alternatives in Shochu Lees Fermented TMR Utilizing Food Waste and Feeding Trial for Breeding Cows

Kurumi MATSUYAMA, Aman NAOYA, Ayumi SHIGENAGA

**<要約>** 麦焼酎粕発酵飼料の添加物（プロテアーゼ）の代替として、安価な麦麴を添加し調製した麦焼酎粕発酵 TMR の品質評価および繁殖雌牛への給与影響について検討した。麦焼酎粕発酵 TMR は高い発酵品質を有し、保存性、発酵品質も良好であったことから、黒毛和種繁殖雌牛 6 頭に対してオルニチンを 1,000mg/kg 含有する麦焼酎粕発酵 TMR 4 kg/日 を 3 週間給与したところ、GOT が有意に低下 ( $p < 0.05$ ) し、肝機能改善効果が示唆された。

近年、国際情勢や物価高騰の影響で飼料・燃料・資材費が高騰、牛肉消費減退による枝肉価格下落も加わり肉用牛経営は厳しい状況にある。そのような中、宮崎県では飼料費低減策の 1 つとして笹サイレージや焼酎粕を肉用牛へ給与することで県内未利用資源の有効活用に取り組んでいる。数多くの未利用資源の中でも、出荷量日本一（2023 酒造年度）（宮崎県 2025）を誇る本格焼酎の製造過程で排出される年間 20 万 kL 以上（阿萬ら 2023）の焼酎粕は、タンパク質が豊富で低コスト飼料として有用だが、水分が多く、そのままでは腐敗しやすい点が課題である。この課題の解決に関して、宮崎県食品開発センターは乳酸菌 ML530 株で焼酎粕を乳酸発酵させることで保存性が向上し、GABA・オルニチンといった機能性成分が生成され、飼料として利用可能であると報告している（阿萬ら 2021）。しかし、プロテアーゼ添加による製造法はコストが高く、実用化への障壁となっていた。

そこで本研究では、プロテアーゼの代替として安価な麦麴を添加した麦焼酎粕発酵飼料を用いて調製した TMR の品質評価を実施するとともに、繁殖雌牛に給与した場合の影響について調査したので報告する。

## 材料および方法

### 1 添加剤の異なる麦焼酎粕発酵飼料の調製

使用した麦焼酎粕は、都城市の柳田酒造合名会社で減圧蒸留後の残渣を用い、一度 100 度以上に加熱後、常温まで放冷したものを使用した。調製までの間の腐敗を防ぐ目的で、乳酸菌で保存性を高める処理（森永ら 2010）を排出翌日の 2024 年 7 月 26 日に実施した。トウフ粕は、都城市の有限会社財部とうふ店より 2024 年 7 月 30 日に排出されたものを使用した。5000 容量のポリタンクを用い、2024 年 7 月 31 日にプロテアーゼ添加区を 2 タンク、麦麴添加区を 1 タンク調製した。ポリタンク内で材料を十分攪拌した後、密閉し屋外に静置した。調製後 1～7 日目まで毎日 1 回攪拌後サンプリング、調製後 14 日、21 日、28 日、42 日経過後にサンプリングし、pH、GABA、オルニチンの濃度を測定した。

表 1 各区における麦焼酎粕発酵飼料配合量

区分	麦焼酎粕 (kg)	トウフ粕 (kg)	ML530 粉末 (kg)	プロテアーゼ (g)	麦麴 (kg)	乳酸菌 (g)	ブドウ糖 (kg)
Lot.1	333	67	1.0	400	-	6.8	1.1
Lot.2	333	67	1.0	400	-	6.8	1.1
Lot.3	333	67	1.0	-	4.0	6.8	1.1

## 2 麦焼酎粕発酵 TMR の調製

TMR 調製は 2024 年 9 月 12 日に行った。表 1 の配合割合で調製した添加物の異なる 2 種類の 3 区の麦焼酎粕発酵飼料に、当試験場産のイタリアンライグラス乾草を 1 : 1 (250kg : 250kg) でミキサーに投入し十分攪拌した後、細断型ロールペーラで成形、フィルムでラッピングし、計 3 ロットの TMR ロールを調製した。TMR ロールは屋外で保管し、ラップ開封時にサンプリングした。なお、今回調製した麦焼酎粕発酵飼料からはオルニチンが検出されなかったため、既報 (須崎ら 2022) の含有量を参考に、麦焼酎粕発酵飼料 1 kg に対し、オルニチン (富士フイルム和光純薬 (株)、L (+) オルニチン-酸塩酸) を 1,000mg 添加して使用した。

## 3 パウチサイロにおける草種、添加物の異なる麦焼酎粕発酵 TMR の調製

2024 年 9 月 12 日に、表 2 の 10 区をパウチ法により調製した。1 で調製した割合で各草種を 100 g、麦焼酎粕発酵飼料を 100 g 秤量しパウチへ投入、混合し、パウチをシーラー ((株)HAKKO, FV-801) により真空状態にし、2 重閉じて密閉した。TMR サイレージは合計 20 袋 (各 2 袋×10 区) 調製した。調製後は常温で保存、2024 年 10 月 16 日にパウチを開封し、飼料分析を全国酪農業協同組合連合会分析センターに依頼し、近赤外線分析法により分析した。

表 2 草種、添加物の異なる麦焼酎粕発酵 TMR 区

区分(区)	草種	添加物
A	イタリアンライグラス	プロテアーゼ
B		麦麴
C	バヒアグラス	プロテアーゼ
D		麦麴
E	オーツヘイ	プロテアーゼ
F		麦麴
G	ワラ	プロテアーゼ
H		麦麴
I	野草	プロテアーゼ
J		麦麴

## 4 繁殖牛における麦焼酎粕発酵 TMR の給与

試験方法は 1 期 21 日間の 2 期間とし、クロスオーバー法 (表 3) で行った。各期の 1 ~ 7 日目を馴致期間とし、8 ~ 21 日目を試験期間とした。試験は、2024 年 11 月 5 日 ~ 11 月 25 日および 2024 年 12 月 3

日 ~ 12 月 23 日に実施した。供試牛は、場内で飼養している黒毛和種繁殖雌牛の中から、GOT 値が基準値内で高めの個体 6 頭 (10 ~ 16 才) を用いた。試験区分は各牛群 3 頭とし、TDN ベース換算で同等となるよう、麦焼酎粕発酵 TMR を給与した区 (以下、試験区) と対照区の 2 区で試験を実施した。

表 3 試験区分

試験期間	供試牛	試験区分	給与飼料
11/5~11/25 (21日間)	1, 2, 3	対照区	AM イタリアンライグラス(乾草) 2kg
			バヒアグラス(乾草) 2kg
			PM ソルガムサイレージ 8kg
	4, 5, 6	試験区	AM イタリアンライグラス(乾草) 2kg
			バヒアグラス(乾草) 3kg
			PM 麦焼酎粕発酵TMR 4kg
12/3~12/23 (21日間)	4, 5, 6	対照区	AM イタリアンライグラス(乾草) 2kg
			バヒアグラス(乾草) 2kg
			PM ソルガムサイレージ 8kg
	1, 2, 3	試験区	AM イタリアンライグラス(乾草) 2kg
			バヒアグラス(乾草) 3kg
			PM 麦焼酎粕発酵TMR 4kg

表 4 ソルガムサイレージと麦焼酎粕発酵 TMR の飼料成分

飼料成分 (DM%)	ソルガムサイレージ	麦焼酎粕発酵TMR
DM	30.9	50.3
CP	9.7	11.0
NDF	75.1	59.6
ADF	46.0	41.9
TDN	57.3	60.0

## 結果および考察

### 1 添加剤の異なる麦焼酎粕発酵飼料の調製

プロテアーゼ添加区と麦麴添加区との間で発酵過程における pH の推移 (図 1)、最終的な GABA (図 2)、オルニチンの生成量 (図 3) に差は認められなかった。pH は発酵開始から 42 日で 4.4 に、GABA は 5,000mg/kg に安定した。pH は 1 ヶ月ほど経過した時点で変化していないため、保存性も問題ないと考えられた。今回の麦焼酎粕発酵飼料からは調製 4 日目以降オルニチンが全く検出されなかったが、既報 (須崎ら 2022) では 25 日目でオルニチン生成量がプラトーに達し麦焼酎粕発酵飼料 1 g あたり 1 mg のオルニチン生成が確認されている。オルニチン生成量は、基質であるアルギニン含有量に相関し、こ

これらの基質の濃度は、トウモロコシや焼酎粕中に含まれるタンパク質がプロテアーゼによって分解されることで増加する。検出されなかった要因として、サンプルからはアルギニンも7日目には枯渇していたことから、オルニチンを生成しない特定の微生物がアルギニンを分解して大量に消費したと推察したが、原因を特定するには、経時的かつ詳細な微生物解析が必要であり、今回は十分な生サンプルが入手できなかったため、その解明には至らなかった。

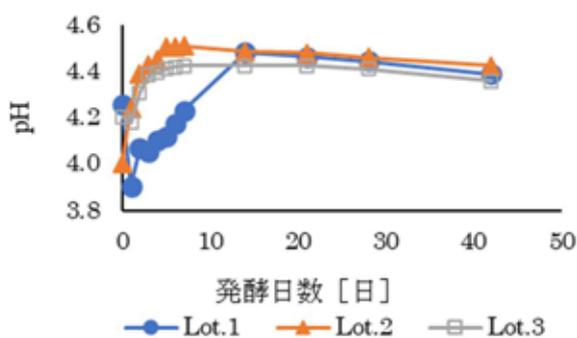


図1 麦焼酎粕発酵飼料における pH の推移

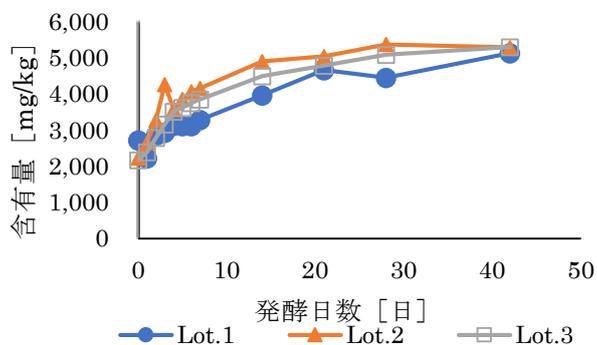


図2 麦焼酎粕発酵飼料における GABA の推移

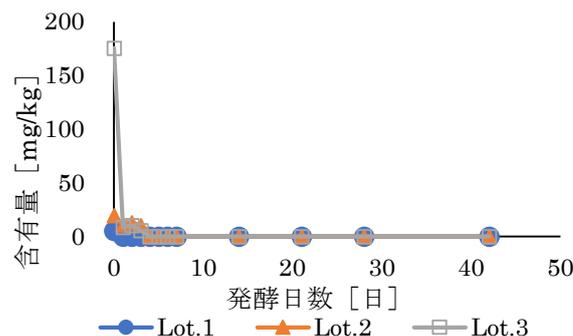


図3 麦焼酎粕発酵飼料におけるオルニチン生成量の推移

## 2 麦焼酎粕発酵 TMR の調製

GABA の含有量はプロテアーゼ添加区で多くなった(図4)。麦焼酎粕発酵飼料は GABA が 5000 mg/kg 含まれており、麦焼酎粕発酵 TMR を調製した際、イタリアンライグラスと重量比 1:1 で混合しているため、含有量の増減がなければ麦焼酎粕発酵 TMR の GABA 含有量は 2500 mg/kg 程度になると考えられたが、実際の含有量は 2500 mg/kg よりも多くなっていることから、TMR の保管中にさらに発酵が進み、機能性成分が増加したと推察された。

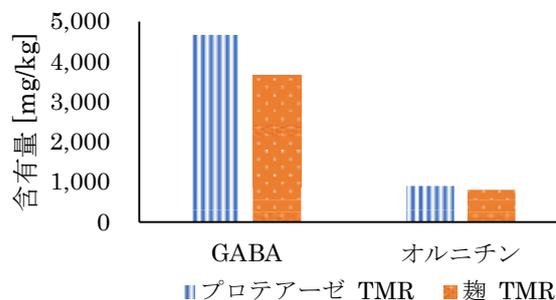


図4 添加物の異なる麦焼酎粕発酵 TMR における GABA、オルニチンの最終生成量

表5 草種および添加物の異なる麦焼酎粕発酵 TMR の発酵品質および飼料性状

草種	添加物	区分 (区)	発酵品質					飼料性状			
			水分 (%FM)	乳酸	酢酸 (%DM)	酪酸	VFAスコア	CP	NDF	ADF (%DM)	TDN
イタリアンライグラス	プロテアーゼ	A	51.6	6.69	2.32	0.35	8	11.10	63.1	44.8	56
	麦麹	B	49.7	7.27	1.87	0.01	9	11.00	59.6	41.9	60
バヒアグラス	プロテアーゼ	C	51.8	4.43	2.47	0.25	7	12.20	63.3	43.2	54
	麦麹	D	54.3	5.43	3.06	0.82	8	13.10	61.0	41.9	53
オーツヘイ	プロテアーゼ	E	53.5	6.85	0.97	0.00	9	14.20	50.9	33.5	66
	麦麹	F	55.4	8.33	1.80	0.09	9	14.90	49.9	33.3	66
ワラ	プロテアーゼ	G	52.7	—*	—*	—*	—*	11.20	64.3	43.5	56
	麦麹	H	52.6	—*	—*	—*	—*	12.10	61.2	39.9	59
野草	プロテアーゼ	I	57.2	8.39	2.30	0.70	9	15.20	52.5	36.6	66
	麦麹	J	51.8	5.52	2.05	0.43	8	13.30	55.9	38.1	62

\* 近赤外線分析法では測定不能 (検量線無し)

### 3 パウチサイロにおける草種、添加物の異なる麦焼酎粕発酵 TMR の調製

開封した全てのパウチにおいて、かびの発生や腐敗等は見られず、良好な発酵の香りを有していた。草種の予乾程度にもばらつきがあったため、水分含量はイタリアンライグラスの麦麴添加区が最も低く49.7%、野草のプロテアーゼ添加区が最も高く57.2%であった。有機酸含量の内訳は、各区とも乳酸が主体（総有機酸の約60%）で、VFAスコアは7点以上といずれも良好な発酵品質であった。飼料性状として、CP含量、TDNはオーツヘイと野草の草種で高かった。NDF、ADFはこれらの草種で低い傾向を示したが、プロテアーゼ添加区と麦麴区との間で差は見られなかった。以上から、草種や添加物を置き換えても発酵品質に影響しないことが示された。

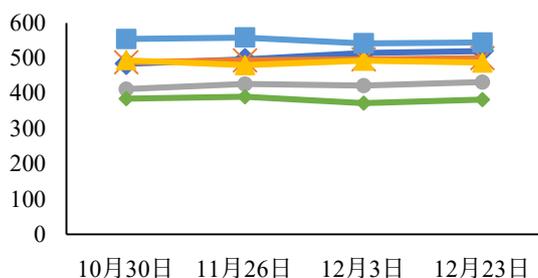


図5 繁殖雌牛における試験期間中の体重推移

### 4 繁殖雌牛における麦焼酎粕発酵 TMR の給与

麦焼酎粕発酵飼料 TMR の給与前後で体重の増減は認められなかった（図5）。コルチゾール、Glu、T-cho、BUN、GGTについては両群ともに差は認められなかったが、GOTについては有意に低下（ $p < 0.05$ ）した（表6）。これは、麦焼酎粕発酵 TMR に含まれるオルニチンが影響した可能性が考えられ、繁殖雌牛に給与することで肝機能改善効果が期待できると考えられた。ストレスの指標としたコルチゾールは、対照区、試験区のどちらにおいても検出されず、麦焼酎粕発酵 TMR 給与によるストレス軽減効果は確認できなかった。

表6 血液性状

	対照区	試験区
頭数	6	6
コルチゾール (mg/dl)	0.2µg/dl未満	0.2µg/dl未満
Glu (mg/dl)	68.0±11.2	60.0± 9.6
T-cho (mg/dl)	100.1±27.6	81.0±14.2
BUN (mg/dl)	8.5± 1.4	9.8± 1.8
GOT (mg/dl)	84.3±16.2 <sup>a</sup>	54.8± 5.8 <sup>b</sup>
GGT (mg/dl)	29.8± 5.8	28.3± 6.5

平均±標準偏差

※異符号間に  $p < 0.05$  で有意差あり

本研究では、麦焼酎粕発酵飼料の添加物であるプロテアーゼの代替として麦麴を添加した麦焼酎粕発酵 TMR を調製した。その結果、麦麴区とプロテアーゼ添加区では、発酵品質に差はみられず、コストも19%削減可能で、高品質な TMR が製造可能であることが示された。

表7 麦焼酎粕発酵 TMR 1 t 当たりのコスト試算

	材料費(円)	
	プロテアーゼ添加区	麦麴添加区
プロテアーゼ	9,900	—
麦麴	—	595
その他材料		
イタリアンライグラス		
麦焼酎粕		
トウモロコシ		
ML530粉末		
乳酸菌		
ブドウ糖		
	38,512	38,512
計	48,412	39,107

※人件費、輸送費等は除く

※税込み表記

**飼料費削減効果 -9,305**

今回の調製ではオルニチンが生成されなかったが、令和2年4月製造期間中にも4ロット中1ロットでオルニチンが生成されず、原因も特定できなかった事例が確認されている。低頻度ながら生成されない事例が確認された以上、原因究明、再発防止策の確立が求められる。調製した TMR は保存性および嗜好性も良好であり、肝機能改善効果も期待できる結果となったことから、安定した製造方法を確立することで麦焼酎粕発酵 TMR の給与は食品残さの有効活用にも貢献できると考える。

## 文 献

宮崎県：宮崎の1番（令和7年3月改訂版），2025年，2025年6月引用，

阿萬尚弥，越智洋，福良奈津子，橋谷薫，壺岐侑祐：宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，68，39-45(2023)

阿萬尚弥，喜田珠光、水谷政美，山本英樹，超智洋，福良奈津子，金井祐基，須崎哲也，橋谷薫，壺岐侑祐：宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，66，57-64(2021)

森永樹，水谷政美，高山清子，山本英樹，越智洋，工藤哲三：宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告，55，95-100(2010)

須崎哲也，橋谷薫，松尾麻未，阿萬尚弥，喜田珠光，山本英樹：宮崎県畜産試験場試験研究報告，33，6-12(2022)

# 受精卵移植における受胎率向上試験

高城 葵・堀内 早苗<sup>1)</sup>・重永 あゆみ

<sup>1)</sup>延岡家畜保健衛生所

Study on improving the conception rate in embryo transfer

Aoi TAKAJO, Sanae HORIUCHI, Ayumi SHIGENAGA

**<要約>**現場で活用可能な簡易的受卵牛選定手法を検討するため、ホルスタイン種において発情前日、発情日、受精卵移植日(以下 ET 日)の頸管粘液 pH や膈内電気抵抗値(以下 VER 値)について調査し、受胎に影響する要因について調査を行った。その結果、受胎牛と不受胎牛において、頸管粘液 pH と VER 値には有意差や特異的傾向は確認されず、頸管粘液 pH および VER 値を簡易的な受卵牛選定に用いることは困難であると考えられた。

県内の受精卵移植による受胎率は、体内胚移植が 40~45%程度、体外胚移植が 30%前後で推移しており、その向上が課題となっている。生産現場においては、受精卵移植の可否に関する判断は移植時の黄体の状態による選定が主流で、移植者の経験値や主観的要素に頼る部分が多い。そのため、受胎の成否に関わる要因を可視化し、現場で活用可能な簡易的受卵牛選定手法を確立できれば利用価値は高い。

黒毛和種および褐毛和種において、発情期に頸管粘液 pH が低下し、黄体期に上昇すると森らにより報告されているが、pH が変動する原因については明らかにされていない。また、黒毛和種雌牛の VER 値は性周期に伴って変動することおよびプロゲステロンと正の相関が確認されていることから、発情発見および授精適期が判別できる可能性が鍋西らにより示唆されている。そこで、ホルスタイン種受卵牛の発情前日、発情日、ET 日の頸管粘液 pH や VER 値、血中プロゲステロン濃度について調査を実施し、受胎牛と不受胎牛の比較を行うことで、受胎に影響する要因について調査し、簡易的な受卵牛選定手法として利用可能かについて検討した。

## 材料および方法

### 1 供試動物

当試験場および一般社団法人宮崎県酪農公社で飼養されているホルスタイン種 11 頭(37.5±14.1 カ月齢、1.5±1.2 産)を供した。

### 2 調査期間

2024 年 5 月 18 日から 2024 年 11 月 21 日

### 3 受精卵移植スケジュール

受精卵移植スケジュールは青木らの方法を参考に設計した(図 1)。

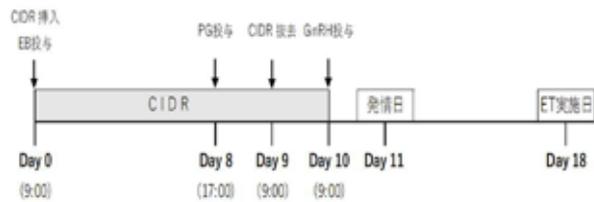
#### (1) 卵胞ウェーブの調整

発情の直前直後を避けた任意の日に膈内留置型黄体ホルモン製剤(CIDR : Controlled Internal Drug Release)挿入(Day 0)、同時に EB 1 ml(エストラジオール安息香酸エステルとして 2 mg)を筋肉内に投与し、優勢卵胞を退行させた。

#### (2) 発情の同期化

Day 8 に PG 3 ml(クロプロステノール 2.25mg)を投与、Day 9 に CIDR を除去し発情を誘起した。Day 10 に GnRH 2 ml(酢酸フェルチレリンとして 100 μg)を投与して排卵を促進し、Day 18 に宮崎シンプル法(ワンステップ変法)で凍結された体内胚の移

植を行った。



EB: オバホルモン 1ml、PG: ダルマジン 3ml  
GnRH: スポルネン 2ml

図1 受精卵移植プログラム

#### 4 調査項目

調査は表1のとおり実施した。

##### (1) 頸管粘液 pH

Day10の9時と15時、Day11と18の9時に子宮頸管粘液除去器(富士平工業株式会社 NJ カテーテル)を用いて頸管粘液を採取し、カテーテルの先端部分にガラス電極式水素イオン濃度指示計(HORIBA LAQUA 9618S)の電極を差し込み計測した。

##### (2) VER 値

Day10の9時と15時、Day11と18の9時に膈内粘液電気抵抗測定器(チヨダエレクトリック株式会社 ブリードテスタ PIT-1)を用い、センサー部分を約18cm膈内に挿入して測定した。なお、1回の調査では3回ずつ測定を行い、その平均値をデータとして用いた。

##### (3) 採血

Day11とDay18の9時に頸静脈よりEDTA管を使用して血液を採取した。遠心分離(3,000rpm、11分間、5℃)を行い、血清を分離した。

##### (4) 黄体の面積

超音波装置(本多電子株式会社 HS-1600V)を用いて黄体の長軸と短軸を計測し、面積を算出した。

##### (5) 血中プロゲステロンの測定

EDTA管で採血した血液を遠心分離後、-20℃で凍結保存した血清をオリエンタル酵母株式会社に委託し、ECLIA法で測定した。

表1 調査項目

調査項目	Day10	Day11	Day18
	9:00 / 15:00	9:00	9:00
頸管粘液pH	○	○	○
VER値	○	○	○
血液性状(採血)		○	○
黄体(超音波検査)		○	○

#### 5 統計処理

得られたデータは、2群の比較はMann-Whitney U検定、3群以上の比較はKruskal-Wallis検定、Spearmanの相関分析を用いて統計処理を行い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。統計解析はEZR(Easy R)により実施した。

## 結果

ホルスタイン種11頭中、2頭(23.5±3.5カ月齢、0.5±0.5産)が受胎し、9頭(40.6±13.7カ月齢、1.8±1.2産)が不受胎であった(表2)。

##### 1 頸管粘液 pH の変動

発情日前日の午前、午後、発情日、ET日の頸管粘液pHを測定したところ、いずれの採取日においても受胎牛と不受胎牛のpHに有意差はみられなかった。採取日間においても有意差はなかった(図2)。なお、ET日の受胎牛のデータは、頸管粘液を採取できた1頭分の値である。

表 2 供試牛の頸管粘液 pH、VER 値、血中プロゲステロン濃度、黄体面積

No.	受胎	頸管粘液 pH				VER(Q)				血中プロゲステロン濃度(ng/ml)		黄体面積(mm <sup>2</sup> )
		発情前日 AM	発情前日 PM	発情日	ET日	発情前日 AM	発情前日 PM	発情日	ET日	発情日	ET日	
1	-	7.21	7.21	7.56	7.61	210	240	213	243	0.3	6.6	339.6
2	-	7.6	8.32	7.65	7.56	193	200	210	233	4.1	6.1	37.9
3	-	7.55	7.15	7.03	7.42	217	217	233	257	0.3	3.3	342.9
4	-	ND	7.47	7.33	7.45	203	173	210	233	0.2	9.1	232.2
5	-	6.74	7.25	6.77	7.34	193	223	213	237	0.5	4.2	950.7
6	-	7.35	7.89	8.31	ND	223	207	230	207	0.1	3.1	455.9
7	-	7.11	7.12	6.95	7.24	243	237	223	280	0.2	2.5	307.8
8	-	7.77	7.58	7.46	7.46	263	237	223	263	0.1	4.6	367.9
9	-	6.77	7.02	7.32	7.62	183	217	210	230	0.1	3.7	555.4
10	+	6.95	7.24	7.39	ND	230	247	240	233	0.3	5.9	364.6
11	+	7.15	7.39	7.39	8.37	187	197	193	230	0.2	3.0	488.7

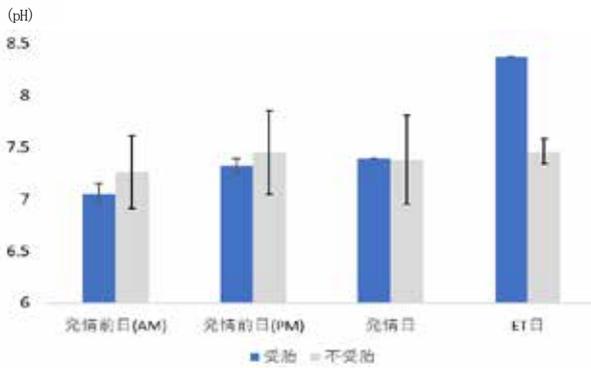
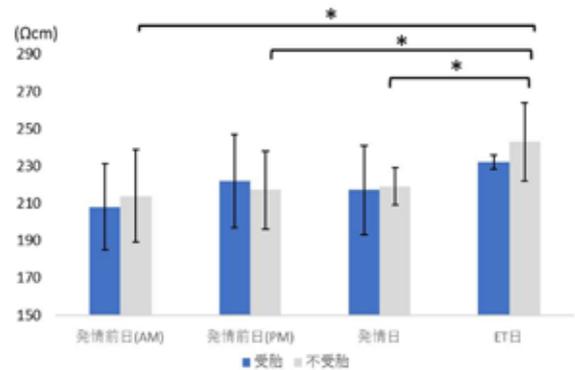


図 2 頸管粘液 pH の推移



\*  $p < 0.05$  で有意差あり

図 3 VER 値の推移

## 2 VER 値の変動

発情日前日の午前、午後、発情日、ET 日の VER 値を測定したところ、いずれの採取日においても受胎牛と不受胎牛の VER 値に有意差はみられなかった。

受胎牛と不受胎牛別に測定日間の VER 値の比較を行ったところ、不受胎牛において、ET 日の VER 値がその他の測定日と比較して有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ ) (図 3)。

## 3 血中プロゲステロン濃度の推移

受胎牛と不受胎牛において発情日と ET 日の血中プロゲステロン濃度に有意差はなかった (図 4)。また、発情日から ET 日にかけての血中プロゲステロン濃度の増加率においても有意差はなかった (図 5)。

発情日および ET 日の頸管粘液 pH と血中プロゲステロン濃度に相関関係はみられなかった (発情日 :  $r = -0.14$ ,  $p = 0.69$ , ET 日 :  $r = -0.15$ ,  $p = 0.71$ ) (図 6)。また、発情日および ET 日の VER 値と血中プロゲステロン濃度にも相関関係はみられなかった (発情日 :  $r = -0.03$ ,  $p = 0.94$ , ET 日 :  $r = -0.03$ ,  $p = 0.93$ ) (図 7)。

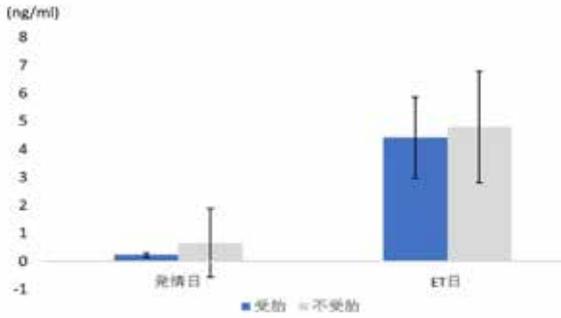


図4 血中プロゲステロン濃度推移

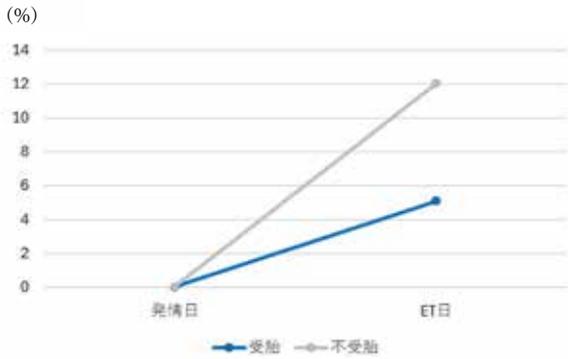


図5 血中プロゲステロン濃度の増加率

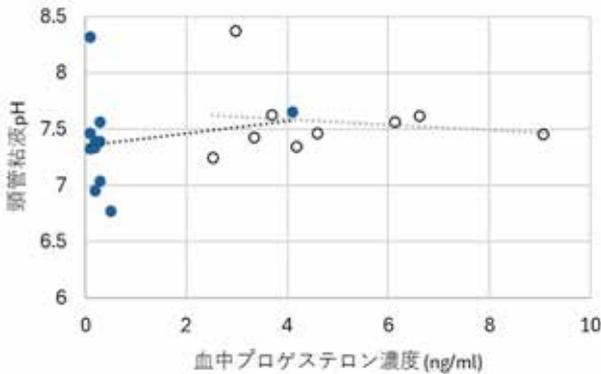


図6 頸管粘液 pH と血中プロゲステロン濃度の関係 (●: 発情日、○: ET 日)

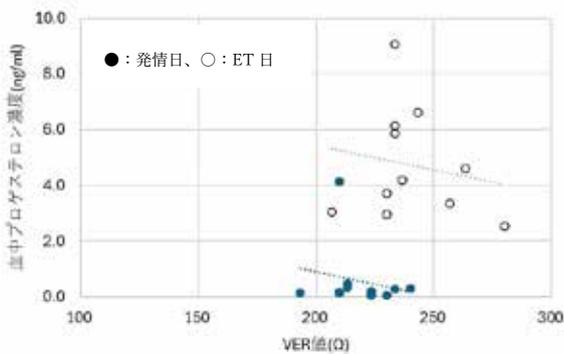


図7 VER 値と血中プロゲステロン濃度の関係 (●: 発情日、○: ET 日)

#### 4 黄体の面積

受胎牛と不受胎牛において、ET 日に計測した黄体の面積に有意差はなかった(図8)。

また、ET 日における黄体の面積と血中プロゲステロン濃度には、受胎牛に強い負の相関関係がみられた( $t=-1, p=1$ )が、サンプル数が2であるため、統計的信頼性は低い。不受胎牛においては弱い負の相関関係がみられた( $r=-0.38, p=0.31$ )(図9)。

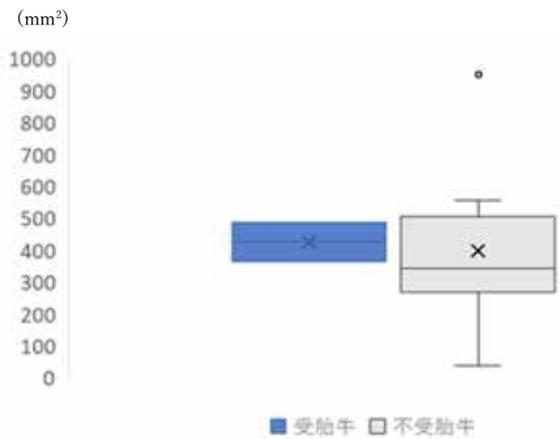


図8 黄体面積

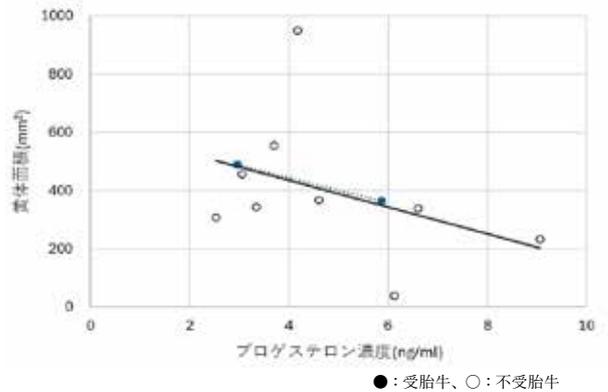


図9 ET 日の黄体面積とプロゲステロン濃度の関係 (●: 受胎牛、○: 不受胎牛)

#### 考 察

発情日前日と発情日に採取した頸管粘液 pH には有意差がなかった。森らの子宮頸管粘液の測定は、計測器の電極を子宮外口部の粘液に直接接触させる方法で行われたが、本試験では、カテーテ

ルを用いて粘液を体外に取り出し測定を行ったため、pHに差異が生じた可能性も考えられた。しかし、森らの報告においてもET日が含まれる黄体期(day 5~13)の子宮頸管粘液pHは、発情日(day 0)およびday 1におけるpHの低下ほどの著しい差異はみられなかったとされている。さらに、発情日とET日のいずれも頸管粘液pHと血中プロゲステロン濃度に相関関係がみられなかったことから、頸管粘液pHは血中プロゲステロン濃度を反映しないことが示唆された。

また、本試験におけるVER値測定においても、発情前日および発情日、ET日において有意差はなく、発情日におけるVER値と血中プロゲステロン濃度にも相関関係は認められなかった。鍋西らは、VER値は非発情日と比較して発情日に有意に低下し、その要因として膈内粘液の塩化ナトリウム濃度が関与した可能性があることおよび、VER値と血中プロゲステロン値に正の相関があることを報告しているが、今回既報と一致しなかった要因については不明であった。血中プロゲステロン濃度は、黄体組織面積と正の相関があると金子らにより報告されており、本試験でも同様の傾向が認められたものの、受胎牛と不受胎牛における黄体面積および血中プロゲステロン濃度に有意差はなく、今回の受胎の有無には血中プロゲステロン濃度以外の要因が関与した可能性が示唆された。

以上のことから、頸管粘液pHやVER値は、簡易的な受卵牛選定手法として用いることは困難と考えられた。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、調査にご協力いただいた一般社団法人宮崎県酪農公社の皆様には感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- 宮崎県農政水産部畜産局, 2024, 宮崎県, 宮崎県庁, 宮崎県宮崎市, 2024年6月19日
- 森純一, 富塚常夫, 広木政昭, 仮屋堯由. 1979, 牛の性周期中における子宮頸管粘液のpHならびに電気伝導度の変化—生体内測定による検討. 家畜繁殖学雑誌, 25, 6-11
- 鍋西久, 杉野文章. 2021, 繁殖雌牛におけるVER値と発情周期および受胎率との関係. 畜産の情報, 4, 58-72
- 青木亜紀子, 久利生正邦, 稲葉浩子. 2016, 性別別精液に適した人工授精適期の検討. 栃木県畜産酪農研究センター試験研究成果集, 2-3
- 金子一幸, 町出郁子, 壹岐直史, 澤田治紀, 川上静夫. 2004, 超音波画像診断装置によるホルスタイン種乳牛における黄体機能の評価. 日本産業動物獣医学会誌, 57, 431-434

# 黒毛和種繁殖雌牛における胞状卵胞数と繁殖性の関連性調査

高城 葵・堀内 早苗<sup>1)</sup>・重永 あゆみ

<sup>1)</sup>延岡家畜保健衛生所

Investigation of the relationship between Antral Follicle Count (AFC) and reproductive performance in Black Japanese cattle.

Aoi TAKAJO, Sanae HORIUCHI, Ayumi SHIGENAGA

＜要約＞黒毛和種繁殖雌牛において、卵胞数の指標として有用であると報告されている抗ミュラー管ホルモン(以下 AMH)と胞状卵胞数(以下 AFC)の相関関係、AMH 値および AFC と繁殖性との関連、母娘間における AMH 値と AFC の相関関係について調査を実施した。その結果、AMH 値と AFC に正の相関関係が確認されたが、AMH 値と分娩間隔に明確な相関関係は確認されず、AFC と分娩間隔の相関関係は弱く、さらに AMH 値および AFC と受胎率には相関関係が認められなかった。また、母娘間の AMH 値に関連性はやや弱いながらも正の相関関係が確認されたものの、母娘間の AFC に相関関係はなかった。以上のことから、本試験の結果においては AFC と繁殖性に関して特異的な傾向は確認できず、AFC を繁殖性に優れた母牛の選抜指標として活用することは困難であると考えられた。

肉用牛繁殖経営において、長期不受胎牛は、子牛生産効率の低下や繁殖遅延による経済的損失をもたらす。子牛を効率的に生産するためには、繁殖性に優れた黒毛和種繁殖雌牛を選抜することが重要である。

AMH 値は、卵巣における卵胞の発育や卵胞数を反映し、卵巣機能を評価する指標として用いられている。しかし、AMH 値を測定するには採血が必要であり、検査費用が高額であることから生産現場において簡便かつ実用的な繁殖雌牛の選抜手段とは言えない。

AFC は、卵巣内で直径 3mm 以上の卵胞数を指し、卵巣予備能の評価指標の一つとして経産牛における AMH 値と高い相関関係が報告されている (Kayla ら 2021)。また、乳用種においては、AFC が低い牛は AFC が高い牛と比較して受胎率が低く、空胎日数が長く、繁殖期間中の交配回数が多いといった報告 (F. Mossa ら 2012)があり、その要因として血中プロゲステロン濃度の低さが示

唆されている。AFC は、超音波装置を用いることで計測が可能であるため、生産現場においても比較的簡便に導入できると考えられる。しかし、黒毛和種においては AFC と繁殖性の関連性についての報告が少なく、不明な点が多い。

そこで、本試験では、繁殖性を評価する指標として分娩間隔と受胎率を用い、AFC との関連性について調査し、黒毛和種繁殖雌牛において AFC を繁殖性の予測および母牛選抜の指標に用いることが可能であるか検討した。また、母娘牛間における AFC とその繁殖性の相関関係についても調査を行った。

## 材料および方法

調査期間は 2022 年 4 月 10 日から 2025 年 2 月 18 日である。

## 1 AMH と AFC の関連性調査

### (1) 供試動物

当試験場および協力農場で飼養されている黒毛和種未経産牛 17 頭 (15±2.0 カ月齢) を供した。

### (2) 採血

頸静脈より血清用真空採血管を使用して血液を採取し、遠心分離 (3,000rpm、11 分間、5℃) を行い、血清を分離した。

### (3) AFC の計測

12~19 ヶ月齢の間に超音波装置 (本多電子株式会社 HS-1600V、HS-2100) を用いて行い、左右の卵巣に認められる卵胞を 3mm 以上 5mm 以下 (小卵胞)、6mm 以上 9mm 以下 (中卵胞) および 10mm 以上 (大卵胞) に区分し、それぞれの卵胞数を計測した。

### (4) AMH 値の測定

血液の遠心分離後、約 5℃ で保存した血清を株式会社 BML に委託し、CLEIA 法で測定した。

### (5) 統計処理

得られたデータは、Spearman の相関係数を用いて解析した。なお、統計解析には EZR (Easy R) を用いた。

## 2 AMH 値および AFC と繁殖性に関連する調査

### (1) 供試動物

10 頭の黒毛和種経産牛 (産歴 2.3±0.46 回、39.3±4.9 カ月齢) を供した。

### (2) 採血

1 の (2) の方法で実施した。

### (3) AFC の計測

任意の日に 1 の (3) の方法で実施した。

### (4) 繁殖に関わる調査

供試牛の分娩日、人工授精実施日について聞き取り調査を行い、分娩間隔、受胎率を算出した。

### (5) AMH 値の測定

1 の (4) の方法で実施した。

### (6) 統計処理

得られたデータは、Spearman の相関係数および一元配置分散分析を用いて解析した。

一元配置分散分析は  $p < 0.05$  を有意差ありとした。統計解析は、Spearman の相関係数が EZR (Easy R)、一元配置分散分析は Microsoft Excel により実施した。

## 3 母娘間における AMH 値と AFC の関連性調査

### (1) 供試動物

黒毛和種繁殖雌牛 8 組 16 頭 (母牛 40.9±18.5 カ月齢、娘牛 21.8±11.2 カ月齢) の親子を供した。

### (2) 採血

1 の (2) の方法で実施した。

### (3) AFC の計測

1 の (3) の方法で実施した。

### (4) AMH 値の測定

1 の (4) の方法で実施した。

### (5) 統計処理

1 の (5) の方法で実施した。

## 結 果

### 1 AMH 値と AFC の関連性調査

17 頭の未経産牛の AFC および AMH 値を表 1 に示した。AMH 値と AFC には正の相関関係がみられ ( $r=0.76$ 、 $p=0.00045$ ) (図 1)、小卵胞数と AMH 値にも関連性はやや弱い正の相関関係がみられた ( $r=0.60$ 、 $p=0.01$ )。

表 1 供試牛の AFC および AMH 値

No.	測定時 満月齢	AFC				AMH (ng/mL)
		小卵胞	中卵胞	大卵胞	合計	
1	16	2	1	11	14	0.29
2	16	16	0	1	17	0.31
3	13	13	3	2	18	0.07
4	15	18	3	0	21	0.56
5	16	19	1	2	22	1.99
6	16	22	0	1	23	0.55
7	14	48	0	1	49	1.38
8	11	56	0	1	57	0.67
9	17	9	0	1	10	0.27
10	19	20	2	1	23	0.69
11	12	60	1	1	62	1.70
12	16	2	0	20	22	0.63
13	14	29	1	2	32	0.45
14	14	20	0	1	21	0.29
15	13	18	1	1	20	0.36
16	16	24	4	1	29	0.47
17	12	50	2	1	53	1.77

AFC の個数に応じて高度(25 個以上)、中程度(16~24 個)、低度(15 個以下)に分類し、各群の受胎率を比較したが、有意差はなかった(図 4)。

表 2 供試牛の AFC および AMH 値、産歴、分娩間隔および受胎率の平均

No.	AFC				AMH (ng/mL)	産歴	分娩間隔 平均日数	受胎率 (%)
	小卵胞	中卵胞	大卵胞	合計				
1	9	0	1	10	0.27	3	407.5	50
2	22	0	1	23	0.55	3	335.5	100
3	29	1	2	32	0.45	2	358.0	41.7
4	13	3	2	18	0.07	3	345.5	100
5	60	1	1	62	1.70	2	343.0	75
6	2	0	20	22	0.63	2	362.0	33.3
7	2	1	11	14	0.29	2	399.0	75
8	16	0	1	17	0.31	2	419.0	75
9	18	3	0	21	0.56	2	398.0	100
10	48	0	1	49	1.38	2	395.0	100

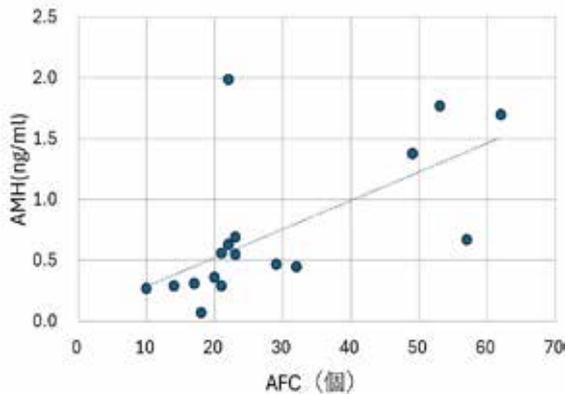


図 1 AFC と AMH 値の関連性

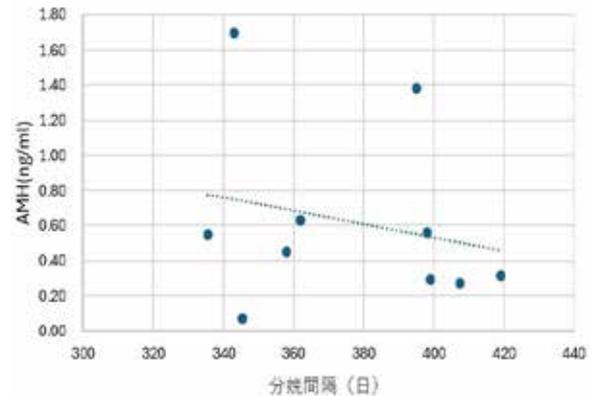


図 2 AMH 値と分娩間隔の関連性

## 2 AMH 値および AFC と繁殖性との関連性調査

供試した 10 頭の経産牛(産歴  $2.3 \pm 0.46$  回、 $39.3 \pm 4.9$  カ月齢)について表 2 に示した。分娩間隔の平均と AMH 値および AFC の関連性について調査し、AMH 値と分娩間隔の平均には明確な相関関係はなかった( $r=-0.25$ ,  $p=0.49$ ) (図 2)。また、AFC と分娩間隔の平均には、関連性はやや弱い負の相関関係があった( $r=-0.58$ ,  $p=0.08$ ) (図 3)。

AMH 値および AFC と受胎率についてはいずれも相関関係はなかった (AMH 値:  $r=0.03$ ,  $p=0.95$ 、AFC:  $r=0.13$ ,  $p=0.73$ )。

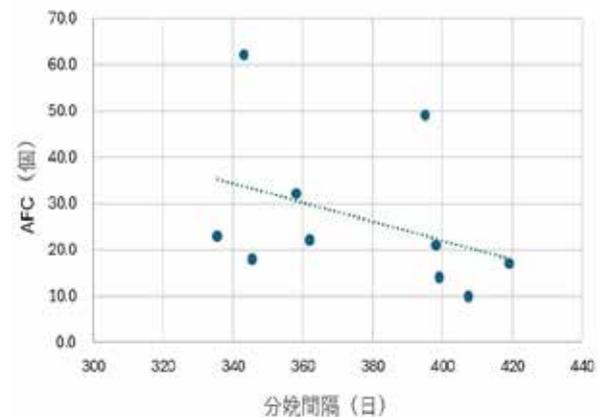


図 3 AFC と分娩間隔の関連性

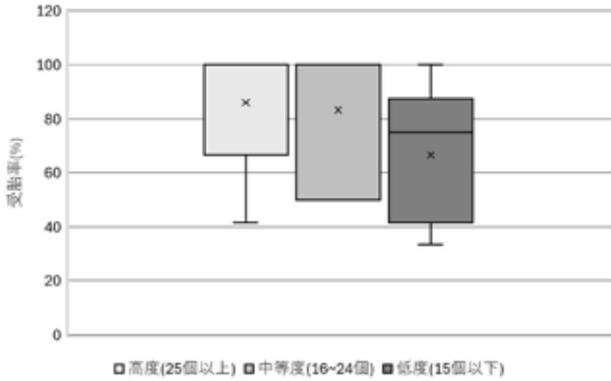


図4 AFCの個数別に見た受胎率

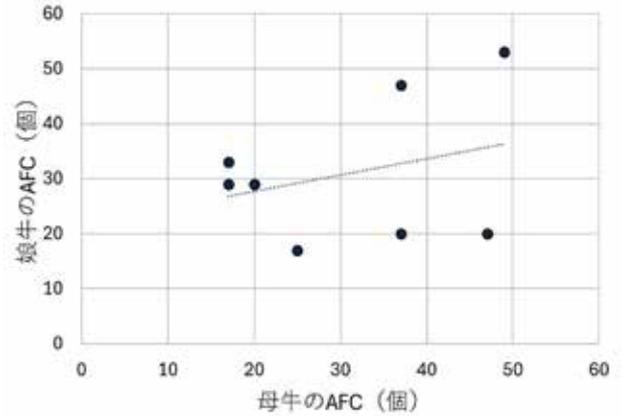


図6 母牛と娘牛のAFCの関連性

### 3 母娘間におけるAMH値とAFCの関連性調査

供試した8組16頭の母娘牛を表2に示した。母娘間において、AMH値に関連性はやや弱いながら正の相関関係がみられ( $r=0.58, p=0.14$ ) (図5)、AFCに相関関係はなかった( $r=0.12, p=0.77$ ) (図6)。

表3 母牛の産歴および母娘牛のAMH値とAFC

No.	母牛			娘牛	
	産歴	AMH (ng/ml)	AFC	AMH (ng/ml)	AFC
1	1	0.61	37	0.29	20
2	1	0.64	17	0.64	33
3	1	0.49	25	0.24	17
4	2	0.61	37	0.69	47
5	1	0.29	20	0.18	29
6	2	2.06	49	1.77	53
7	1	0.24	17	0.47	29
8	1	0.69	47	0.36	20

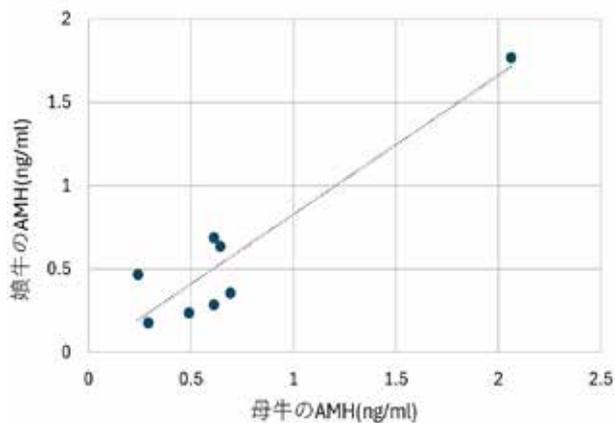


図5 母牛と娘牛のAMH値の関連性

## 考察

本試験では、黒毛和種繁殖雌牛において、AFCが繁殖性に優れた個体の選抜指標となり得るかについて調査を行った。

AMH値とAFCには正の相関関係があったことから、AFCを計測することでその個体のAMH値を推定可能であることが示唆された。しかし、AMH値と分娩間隔には明確な相関関係は確認されず、AFCと分娩間隔の相関関係は弱く、受胎率とは相関関係が認められなかった。

母娘牛間のAMH値には関連性はやや弱いながら相関関係が確認され、AFCには相関関係は認められなかった。古山は、親子間のAFCの相関関係について、母牛が経産牛の場合は正の相関があり、母牛が未経産牛の場合は有意な相関がなく、母牛の産次の違いによって母子間のAFCの関係性が異なることを報告している。本試験で供試した8頭の母牛のうち、6頭が未経産牛であり、古山の報告と一致した可能性もある。加えて、超音波装置を用いて行うAFCの計測は、超音波装置の性能や計測者によって計測個数が増減し、簡便な指標として用いるには難易度が高いと考えられた。

以上のことから、AFCは個体ごとのAMH値の推測には活用できるものの、繁殖性に優れた黒毛和種繁殖雌牛の選抜指標とすることは困難であると考えられた。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、調査にご協力いただいた奥野農場の奥野純一郎氏に深謝いたします。

## 参 考 文 献

Kayla j. Alward, William M. Graves, Roberto A. Palomares, Lane O Ely, Jillian F. Bohlen. 2021. Characterizing Anti-Müllerian Hormone (AMH) concentration and change over time in Holstein dairy cattle. *Theriogenology* 168, 83-89

F. Mossa, S.W. Walsh, S. T Bitler, D. P. Berry, F. Carter, P. Lonergan, G. W. Smith, J. J. Ireland, A. C. O. Evans. 2012. Low numbers of ovarian follicles  $\geq 3\text{mm}$  in diameter are associated with low fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95, 2355-2361.

古山敬祐. 2019. 母体テストステロンを介した産子の卵巣予備能低下機構に関する研究. 科学研究費助成事業研究成果報告書

## トウモロコシ子実を活用した TMR 給与試験 (第 2 報)

佐藤 涼花・森 弘・井上 優子<sup>1)</sup>・廣津 美和<sup>1)</sup> 西諸県農林振興局

## Fermentation TMR salary test utilizing Grain Corn (vol2)

Suzuka SATO, Hiromu MORI, Yuko INOUE, Miwa HIROTSU

<要約>飼料コスト低減を目的として、場内で生産された飼料用トウモロコシから収穫したトウモロコシ子実を乾燥貯蔵したもの（以下、乾燥子実）とサイレージ貯蔵したもの（以下、子実サイレージ）を用いて発酵 TMR 調製し、ホルスタイン種泌乳中後期牛での乳生産性への影響について調査した結果、乾物摂取量及び乳生産性に影響はなく、どちらも問題なく利用可能であることが示唆された。

近年、異常気象や世界情勢の影響により飼料価格が高騰しており、酪農経営は厳しい状況である。また、日本の飼料自給率は約 26%と低く、外国からの輸入に依存している状況である。こうした現状から自給飼料の増産が求められる。

国産トウモロコシ子実を乾燥貯蔵したものとサイレージ貯蔵したもののそれぞれを用いて、発酵 TMR 調製し、ホルスタイン種泌乳中後期牛へ給与した際の乳生産性へ与える影響を調査した。

## 試験方法

## 1 試験方法及び試験期間

試験方法は 1 期 14 日間の 3 期間としクロスオーバー法 (表 1) で行った。各期の 1 日目～11 日目を馴致期間とし、12 日目～14 日目を試験期間とした。試験は、2024 年 3 月 21 日～2024 年 5 月 1 日に実施した。

表 1 試験区分

牛番号	1期 3/21～4/3	2期 4/4～4/17	3期 4/18～5/1
63 43	乾燥子実区	サイレージ区	乾燥子実区
57 44	サイレージ区	乾燥子実区	サイレージ区

## 2 供試牛及び試験区分

供試牛は、場内で飼養しているホルスタイン種搾乳牛 4 頭を用いた。平均産次数は、 $2.5 \pm 0.5$  産、試験開始時の平均搾乳日数は、 $134 \pm 17$  日、平均乳量は  $29.6 \pm 6.0$  kg であった。

試験区分は各牛群 2 頭とし、トウモロコシ子実サイレージ（以下、子実サイレージ）を混合した発酵 TMR を給与した区（以下、サイレージ区）、乾燥トウモロコシ子実（以下、乾燥子実）を混合した発酵 TMR を給与した区（以下、乾燥子実区）との 2 区で比較試験を行った。

子実サイレージについては、場内で生産したものに乳酸菌を添加し、フレコンラップ法で保存し TMR 調製に使用した。乾燥子実については、場内で生産したものを乾燥機で水分率が約 13%まで

乾燥したものをフレコンバックで保存し、TMR 調製前日に粉碎したものを使用した。発酵 TMR においては、調製後約 1.5 か月以上保存したものを使用した。給与量については、自由飽食とした。

発酵 TMR の配合割合、飼料成分及び飼料費を表 2 に示した。配合割合については、乾燥子実及び子実サイレージを使用し、各区の飼料成分が同等程度になるよう調製を行った。また、飼料費は、令和 6 年度の作業料金表（JA みやざき小林地区本部）を参照し、子実サイレージを 80.2 円/kg、乾燥子実を 122.0 円/kg とし、1 日給与量を乾物で子実サイレージ区を 20.2kg、乾燥子実区を 20.1kg として算出した。乾燥子実区についてサイレージ区より 1 日あたりの飼料コストが約 2 円高くなった。

表 2 配合割合、飼料成分及び飼料費

飼料名	乾物%	
	サイレージ区	乾燥子実区
トウモロコシサイレージ	14.81%	14.89%
イタリアンヘイレージ	21.25%	21.37%
配合飼料	17.83%	17.93%
大豆粕	4.46%	4.48%
乾燥トウモロコシ子実	0.00%	4.48%
トウモロコシ子実サイレージ	5.01%	0.00%
ビートパルプ	8.92%	8.97%
アルファルファ	13.37%	13.45%
オーツヘイ	11.14%	11.21%
炭カル	1.43%	1.43%
リンカル	1.43%	1.43%
マグネシウム	0.36%	0.36%
飼料成分（DM%）		
DM	50.7%	48.6%
CP	15.5%	15.9%
aNDF	36.4%	38.2%
TDN	65.0%	63.0%
飼料費（円/日/頭）	1,379	1,381

### 3 調査項目

#### (1) 乾物摂取量

乾物摂取量は、各試験期間 12～14 日目の午後 4 時と翌日午前 9 時に分けて給与し、各群の残餌を

翌日午後 4 時に重量計測した後、給与飼料及び残餌の乾物率を 60℃で恒量になるまで通風乾燥し求めた。各期 3 日間の給与時及び残餌計測時の乾物率を乗じたものを差し引き、その期間の乾物摂取量とした。

#### (2) 体重、BCS 及び血液成分

体重、BCS 及び血液成分は、本試験各期間の 14 日目の午前 9 時に測定及び採血を行った。

血液成分については、採取後速やかに遠心分離し、血清を用いて富士ドライケム(4000V)で、グルコース（以下 Glu）、総コレステロール（以下 T-cho）、総タンパク（以下 TP）、尿素窒素（以下 BUN）、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ（以下 GOT）、γ-グルタミルトランスフェラーゼ（以下 GGT）、アルブミン（以下 ALB）について測定を行った。

#### (3) 乳量及び乳成分

乳量については、各試験期間 12～14 日目における乳量を個体毎に 8 時 30 分と 16 時の 2 回の搾乳時に計量し、1 日の乳量とした。

また乳成分については、各試験期間 12～14 日目のいずれかにおける 8 時 30 分と 16 時の 2 回の搾乳時に採材し、乳成分とした。なお乳成分の分析はミルコスキャンによる外部委託とした。

## 4 統計処理

EZR を使用した（Kanda Y 2013）。乳成分の体細胞についてはウェルチの T 検定、その他の項目はスチューデントの T 検定で統計処理を行った。

## 試験結果

### 1 飼料摂取量

乾物摂取量を図 1 に示した。

サイレージ区で 24.92kg、乾燥子実区で 23.81kg となり両区間に有意差は認められなかった。

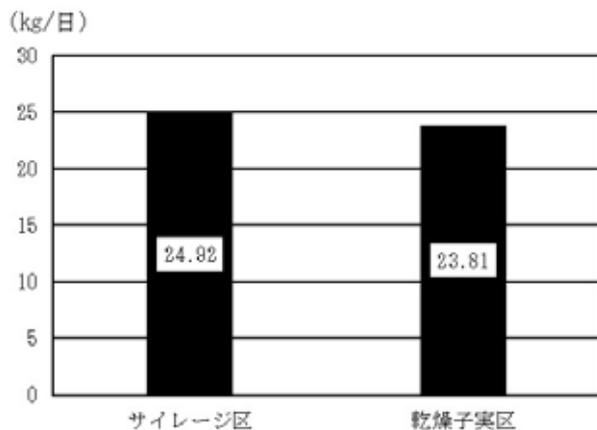


図1 乾物摂取量

## 2 体重及びBCSの推移

試験期間中の平均体重及びBCSの推移を図2と図3に示した。

体重及びBCSに大きな変化は無く、各期における各区間に有意差は認められなかった。

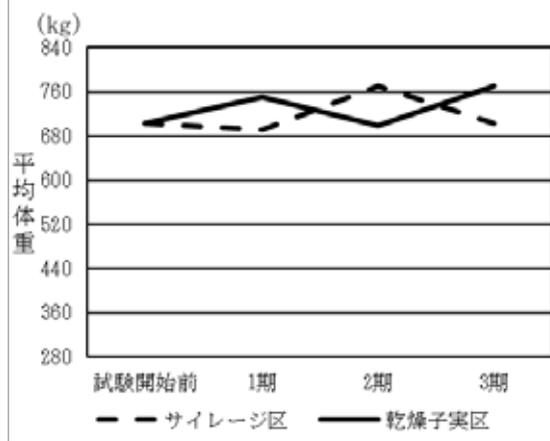


図2 平均体重の推移

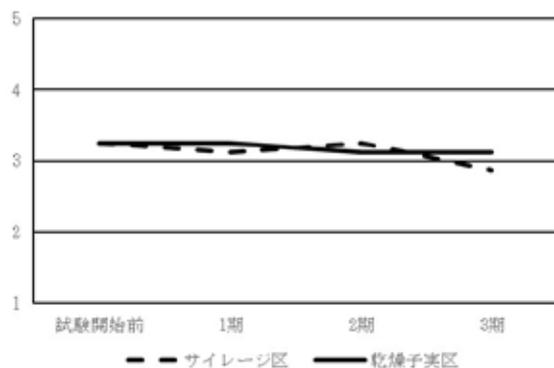


図3 平均BCSの推移

## 3 血液成分

血液性状を表3に示した。

すべての血液成分について正常値の範囲内で、各区間に有意差は認められなかった。

乾燥子実区に比較してサイレージ区では、血中BUN値が小さかった。このことから、サイレージ区でエネルギー利用効率が高くなると考えられた。

表3 血液性状

	サイレージ区	乾燥子実区
Glu(mg/l)	56.7±6.4	61.7±6.4
T-cho(mg/l)	219.5±54.0	233.7±81.2
TP(g/dl)	8.6±0.6	8.5±0.7
BUN(mg/l)	10.9±2.7	12.2±2.1
GOT(U/l)	87.7±21.1	81.2±15.4
GGT(U/l)	69.0±50.3	62.3±37.0
ALB(g/dl)	3.6±0.1	3.7±0.1

## 4 乳量及び乳成分

乳量を図4、乳成分を表4に示した。

乳量は、サイレージ区 29.60kg、乾燥子実区 28.67kg となり、各区間に有意差は認められなかった。

乳成分においても、各区間に有意差は認められなかった。

乾燥子実区に比較してサイレージ区では、MUN値が小さかった。このことから、サイレージ区でエネルギー利用効率が高くなると考えられた。

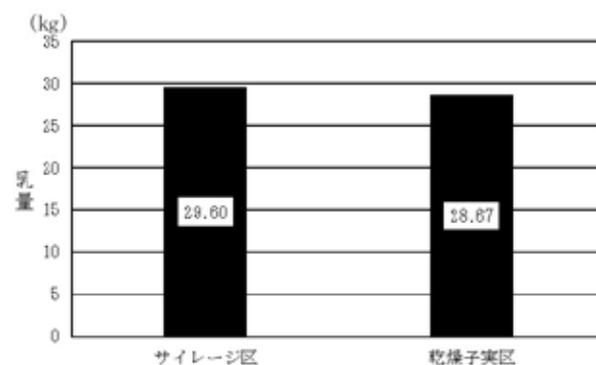


図4 乳量

表4 乳成分

	サイレージ区	乾燥子実区
乳脂肪率 (%)	4.2±0.5	4.3±0.3
乳蛋白質 (%)	3.5±0.3	3.7±0.3
乳糖 (%)	4.7±0.1	4.7±0.1
無脂固形率 (%)	9.2±0.4	9.3±0.3
全固形率 (%)	13.3±0.8	13.5±0.5
MUN (mg/dl)	9.9±1.9	11.3±4.0

## 参 考 文 献

Kanda Y. 2013. Investigation of the freely Available easy-to-use software 'EZ R' for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 2013. 48, 452-8.  
 令和6年度 農作業料金表 (JA みやざき 小林地区本部)

## 考 察

飼料価格の高騰が続いている中、コスト低減を図るうえでトウモロコシ子実を利用することが想定されたことから、今回の試験を行った。

泌乳中後期搾乳牛への給与では、血液性状や乾物摂取量、乳生産性については差が見られなかったことから、問題なく利用可能であることが示唆された。BUN 及び MUN がともにサイレージ区で乾燥子実区よりも小さくなることから、飼料中のエネルギー効率がサイレージ区で良くなると考えられた。さらに、飼料費もサイレージ区で低くなることから、国産トウモロコシ子実を利用する際は、サイレージ貯蔵が最適であると考えられた。

今後生産現場での利用については、年間の TMR の原料となるトウモロコシ子実の量や質の安定的供給、保管方法について十分検討した上で活用する必要がある。また、コーンハーベスターや粉砕機といった専用の機械が必要となる点にも注意が必要である。

## 謝 辞

今回のトウモロコシ子実を活用した発酵 TMR の給与試験を実施するにあたり、ご協力いただいたヤンマーアグリジャパン株式会社の皆様に感謝申し上げます。

# ロボットトラクターの飼料作物への活用と省力化の検証

黒木 邦彦・廣津 美和

Use of robotic tractors in forage production

Kunihiko KUROKI, Miwa HIROTSU

**<要約>** 自給飼料コスト低減のためには効率的な飼料生産が必要である。効率化を目指す上で、ロボットトラクター（以下ロボトラ）を飼料生産作業に活用するため、場内で各種作業の検証を行った。耕運から播種、収穫まで多くの作業で活用が可能であった。一方で、ロボトラの特性上運用できない作業もあることから、ロボトラの特性を踏まえて作業計画を策定する必要がある。また、ガイドラインの変更により運用方法に変化がある場合があるため、常に最新の情報を把握しておく必要がある。

近年の酪農や肉用牛経営は、経営戸数が減少傾向にある一方、飼養頭数は増加傾向にあり経営あたりの平均飼養頭数は増加している。また、資材費の高騰、世界情勢の不安定化などで輸入飼料価格の相場が高騰しており、畜産経営のコスト増大の要因となっている。これらの要因から自給飼料の増産は畜産農家にとって喫緊の課題となっている。

また、限られた耕作地や労働力を有効に活用するためには、飼料生産に係る作業の効率化、省力化を図ることが求められている。

そこで、当场ではロボトラを活用した自給飼料生産におけるオートメーション化のデータ集積や実証化に向けた技術の確立を図る試験を実施した。

## 試験方法及び期間

試験には、ヤンマーYT5113Aで、GNSS【Global Navigation Satellite System】（衛星測位システムの総称）からの電波と基地局からの補正情報により高精度測位が可能で、自動で作業経路を作成し、オペレーターによる近距離監視のもと無人自動作業（直進・旋回・作業機昇降・PTO入切）が可能な機

種を使用した。

試験は令和3年4月から令和6年3月に実施した。

### 試験1 飼料生産作業の可否

場内の飼料作物生産作業において、これまでの飼料生産作業からロボトラによる無人作業に置き換えが可能な作業機械の抽出を行った。また、無人作業が可能であった作業機械ごとの特性や注意点を記録し、今後の有人機との協調作業に向けたデータの蓄積を行った。

作業一覧（表1）の作業項目による作業の可否を検証した。

調査項目は以下の通りとした。

- (1) 各作業における無人作業の可否
- (2) 各作業における特性や注意点の抽出

### 試験2 飼料生産作業の省力化

ロボトラを用いた協調作業による播種作業の省力効果を検証した。

播種作業は、ブロードキャスター（株式会社ビコンジャパン PS507）を接続したロボトラで、イタリンライグラスを3kg/10a播種し、その後方から有人トラクターで通常の鎮圧作

業を行った。試験は、当场 34 号圃の 2.45ha で行い、作業時間の計測を行った。

表 1 作業一覧

作業機械	作業内容
ロータリー	耕運
バーチカルハロー	整地
ブロードキャスター	種子・肥料散布
ジェットシーダー	播種
ブームスプレイヤー	薬剤散布
コーンハーベスタ	トウモロコシ刈取り
ディスクモア	イタリアンライグラス刈取
テッター	牧草反転
マニュアスプレッダ	堆肥散布
ローラー	鎮圧
(細断型)ロールベアラー	ロールベアル成形
プラウ	土壌反転

## 試験結果及び考察

### 試験 1 飼料生産作業の可否

各作業機械の運用の可否は表 2 に示した。

ロボットによる作業は、ほ場の形状に合わせてオペレーターによる作業ほ場運転による形状を登録する必要があり、この範囲内での作業となることから、ほ場全体を作業することは困難である。

このことから、作業できるほ場の形状や面積を考慮し、活用する必要がある。

#### 【耕運】

ロータリー（松山株式会社 DXR2420）を用いた耕運作業について検証を行った。

この作業では、飼料作物に限らず基本となる作業であり作業領域内を耕すことが可能であった。また、作業の重複幅も調整可能であり、作業の漏れや過剰な重複作業もなく効率的に作業することが可能であった。

#### 【整地】

バーチカルハロー（スガノ農機株式会社 バーチカルハロー）を用いて耕運後のほ場を整地した場合であっても耕運と同じく作業が可能であった。

#### 【牧草播種】

ブロードキャスター（株式会社ビコンジャパン PS507）を用いて牧草種子や化成肥料の散布を行った。

散布に当たっては、作業前に散布物の飛散する範囲をあらかじめ測定し、散布物ごとの適切な作業幅を決定する必要がある。

#### 【トウモロコシ播種】

ジェットシーダー（株式会社タカキタ JS4108）を用いて子実用及び飼料用トウモロコシの播種作業について検証を行った。

播種にあたっては、ロボトラと通常作業の比較を行い、位置情報を活用した直進性を検証するため、発芽後のトウモロコシの条の両端に水糸を張り、両端の中心線から株のズレを計測し、表 3、図 1、図 2 に示した。

播種における直進性については、ロボトラによる中心からのズレの平均は 8.2cm、最も中心からずれた株で 20.5cm、左右のズレの幅は 21.5cm となった。一方、通常播種による株のズレの平均は 10.6cm、最も中心からずれた株で 25.0cm、左右のズレの幅は 38.0cm となった。

ロボトラによるズレは中心から一方方向へのズレが多く左右の振れ幅は少ない状況となった。有人作業では中心から左右どちらにもずれたことから、ズレの平均以上に株の振れ幅が大きく収穫時のロスが発生する可能性が示唆された。

播種作業においては、有人作業と比較してロボトラの直進性が良好な結果となった。

表2 ロボトラによる運用の可否

作業機械	作業内容	可否	備考
		(○×)	
ロータリー	耕運	○	
バーチカルハロー	整地	○	
ブロードキャスター	種子・肥料散布	○	散布幅を事前に記録する必要あり
ジェットシーダー	播種	○	条蒔き時の直進性が良好
ブームスプレーヤー	薬剤散布	○	散布漏れや過剰散布が発生しない
コーンハーベスタ	トウモロコシ刈取り	○	ロボットトラクターによる播種が望ましい
ディスクモア	イタリアンライグラス刈取	○	
テッター	牧草反転	○	反転の漏れ・重複がない
マニユアスプレッダ	堆肥散布	×	牽引不可
ローラー	鎮圧	×	牽引不可
(細断型)ロールペーラー	ロールペール成形	×	牽引不可
プラウ	土壌反転	×	作業時に傾きが発生、GPSエラー

表3 トウモロコシ播種における直進性の比較

	株数 (本)	ズレの平均 (cm)	左最大 (cm)	右最大 (cm)	ズレの両端の幅 (cm)
ロボットトラクター	880	8.20	20.50	1.00	21.50
有人トラクター	780	10.60	13.00	25.00	38.00

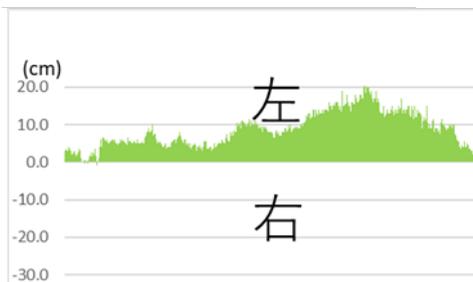


図1 ロボトラの直進性

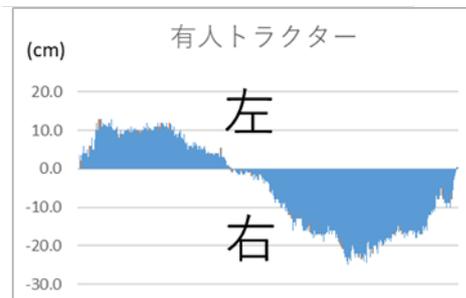


図2 有人トラクターの直進性

【薬剤散布】

ブームスプレーヤー（株式会社 IHI MSP810）を用いてトウモロコシ播種後の雑草防除で土壌処理剤を散布について検証を行った。

当場のブームスプレーヤーでの薬剤散布では散布幅が9.3メートルとなっているが、ロボトラに作業機の情報に登録しており、広い作業幅でもそれに対応した作業経路を設定することが可能となり、無駄のない散布作業が可能であった。

また、この作業では作業幅の広さから散布モレや重複等を防ぐことができ、作業の効率化とは別のメリットも得られる可能性が示唆された。



写真1 薬剤散布（ブームスプレーヤー）

【飼料用トウモロコシ収穫】

ロボトラとコーンハーベスター（株式会社 IHI MFH4000）を使用して、飼料用トウモロコシのサイレージ調製に係る刈取り作業について検証を行った。

無人作業であっても有人作業同等の作業が可能であり、有人トラクターがけん引する細断型ローバレーターとの協調作業で収穫を行うことができた。

ロボトラでの刈取りにあたって、トウモロコシの条に合わせて刈取りを実施することから、当場のコーンハーベスターでは直線的に播種することが非常に重要であり、播種時の歪みにより刈取り不良や機械による踏み付けが発生したことから、ロボトラによる播種と収穫はセットでの作業が必須であると考えられた。

一方でロボトラによる刈取りにおける注意点は、機械に過剰な負荷が掛かっていても一定の作業を継続することから、雑草の多いほ場等で収穫機の詰まりに対処できない場合があり、収穫作業の中断が発生した。これは、PTO の回転数や作業速度が一定のため雑草等により負荷がかかったことが原因であった。

通常作業ではオペレーターの操作により、エンジン回転の上昇や速度を落とすなどの対処が可能であるが、雑草等の多い圃場での収穫作業はロボトラには不向きであると考えられた。

この作業に関しては、検証後にガイドラインが変更となり、障害物センサーを停止させての無人作業が実施できなくなったことから、現時点では運用することができない。



写真2 飼料用トウモロコシ収穫作業（コーンハーベスター）

【牧草刈取】

イタリアンライグラスにおける刈取作業につ

いて検証を行った。

使用したモアコンディショナー（FRLLA AMOS270-P）はトラクターの右側にオフセットされた状態で車体右側の牧草を刈取る機械を使用した。刈取り前の植物株を踏みつけるとディスク部分に触れず刈取られない株が発生することから、刈取り工程は右旋回のみで、時計回りの作業経路となった。

これらの条件であれば、イタリアンライグラスの刈取りについては、ロボトラで作業できることが確認された。

一方でロボトラで刈取る場合に注意すべきことは、牧草の茂り具合や倒伏具合により刈取り機に大きな負荷がかかった場合にも一定の回転数とスピードで作業を進めることから、過負荷が掛かり機械の破損を防ぐためシャーピンの破断が発生し作業中断が起こる可能性があった。

スムーズな作業遂行のためには、作業速度や回転数などトラクター・作業機両方に余裕を持った作業を設定することが必要である。この作業に関しては、検証後にガイドラインが変更となり、障害物センサーを停止させての無人作業が実施できなくなったことから、現時点では運用することができない。

【牧草反転】

イタリアンライグラス刈取後の反転作業について検証を行った。

テッター（ヤンマーアグリジャパン株式会社 GRV3210N）による反転作業は無人トラクターでの作業が可能であり、反転のモレや重複がないことから有人作業と比較しても優れた作業性が確認できた。

有人作業の反転作業では、反転作業完了の有無が目視で判断しづらくなり、作業のモレや作業の重複による乾燥不足や作業の無駄が発生する場合があるが、ロボトラでは作業幅に応じた作業経路の設定と、作業のオーバーラップを任意の値で設定できることから上記のような問題は発生せず、効率的で無駄のない作業が可能である。

【牽引の作業機】

牽引作業は、内輪差の計算の困難さや、バック時のハンドル操作の複雑さからロボトラでの作業はできないことから、マニアスプレッダ、鎮圧ローラー、細断型ロールベラー等の飼料生産機器は使用できない。ロボトラの作業に当たっては直装の作業機のみが対応可能となっていることは留意すべき点である。

【反転耕起】

土壌反転耕起作業には耕起した土壌の溝にトラクターの片側のタイヤを落とし、耕運するため、車体が傾いていた状態で作業することから、GNSSとの位置関係に誤差が生じることから、当场保有のロボトラでは作業ができなかった。

しかしながら、現在販売されているロボトラにおいては、傾きを補正して作業することができない機種もあり、実際に運用する前に確認する必要がある。

試験2 飼料生産作業の省力化

イタリアンライグラスの播種と播種後の鎮圧作業の設定を表4に示した。

また、播種と鎮圧作業の作業時間を表5に、協調作業による短縮時間を図3に示した。

それぞれの作業時間は、播種作業で48分21秒、鎮圧作業で1時間51分となり、別々に作業を行うと約2時間40分の作業時間が必要となるが、ロボトラを用いてオペレーター1人で2台のトラクターの監視と作業による協調作業を行った結果、作業時間が約30%削減され、播種作業による省力化が示唆された。



写真3 牧草刈取（ディスクモア）

表4 各作業機の設定

	作業速度	作業幅
ブロードキャスター	8.4km/h	5.5m
鎮圧ローラー	6.0km/h	2.2m

表5 作業時間

	作業面積	作業時間	1haあたり作業時間
ブロードキャスター	2.45ha	48m21s	19m21s
鎮圧ローラー	2.45ha	1h51m00s	45m18s

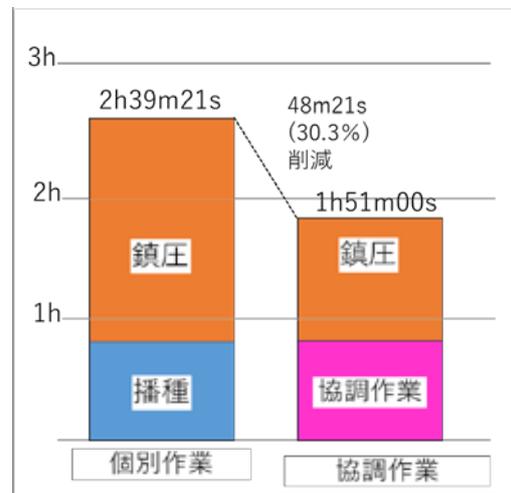


図3 トウモロコシの播種作業における作業の削減時間

近年の畜産経営は農家戸数の減少に対して、経営あたりの平均飼養頭数の増加が進んでいることから、自給飼料生産拡大が必要となってきた。今後、ほ場の効率的利用や作業の効率化、省力化を目指していく上では、ロボトラやドローンを始めとしたスマート農業を利用した機械が作業をサポートすることが不可欠となっている。

また、オペレーター不足による人件費も高騰しており大規模経営や多くの面積を耕作する経営体にとっては、省力化がこれまで以上に重要となってくるものと考えられる。

多くの作業面積が必要となる飼料作物栽培においては、ロボトラの正確性、直進性、省力化の効果は非常に高い。また、高精度に運用できること

から作業性、安全性の向上はもちろんのこと、適期収穫による飼料の品質向上が見込まれる。

更に、経営にロボトラを導入するにあたっては、通常のトラクター導入費に加えて追加のコストが発生することとなる一方で、オペレーターの人件費の削減効果が見込まれるため、イニシャルコスト上乗せ分の価値を見いだせるかがポイントになってくる。

特に、多くのほ場を耕作する大規模畜産農家やコントラクター、集落営農組織などは特にメリットを得ることが可能であると考えられる。

一方で、ロボトラの技術は、現在も進化しており、機械の性能やそれを運用するガイドラインも日々改訂が行われており、安全で効率的な作業を続けるためにも常に最新の情報を把握する必要があると考えることから、畜産県である本県での自給飼料生産のためには今後とも農家へ向けた最新情報を発信する必要であり、当场においても様々な角度から検証を行うことで活用の幅は今後広がるものと考えられる。

## 謝 辞

今回の試験を実施するにあたり、ご協力いただいたヤンマーアグリジャパン株式会社の皆様に感謝申し上げます。

# L-オルニチンの飼料添加が肥育豚の発育成績および繁殖母豚の繁殖成績に及ぼす影響

高橋 京史・壱岐 侑祐<sup>1)</sup>・小坂 昭三<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 児湯農林振興局・<sup>2)</sup> 北諸県農業改良普及センター

Effect of adding L-ornithine to pig feed on growth performance in finishing pigs and reproductive performance in breeding sows

Atsushi TAKAHASHI, Yusuke IKI, Shozoh KOSAKA

**<要約>**市販飼料に対してL-オルニチンを0.5%添加した飼料を肥育豚へ1ヶ月間給与したところ、日増体量の有意な増加が確認された。加えて、肝機能に係る指標であるASTについて、試験区でばらつきが抑えられたことから、L-オルニチンが肝機能を改善させ、肥育豚の増体につながった可能性が考えられた。また、市販飼料に対してL-オルニチンを1.0%添加した飼料を繁殖母豚に妊娠85日目から離乳まで給与させたところ、繁殖成績への悪影響はみられず、21日齢体重のわずかな増加がみられた。加えて、哺乳中の飼料摂取量は、対照区で食い止まりがみられたが、試験区ではみられなかった。そして、肝機能に係る指標であるALTについて、対照区と比較して、試験区で離乳時の値が有意に低くなった。このことから、L-オルニチンが肝機能を改善させ、哺乳中の食欲の改善、子豚の21日齢体重のわずかな増加につながった可能性が考えられた。

本県の焼酎出荷量は、約15万キロリットル（2014年酒造年度）で全国1位となっている。一方で、焼酎粕も約27万キロリットル排出されている。

焼酎粕は、水分含量が高く腐敗しやすい特徴を持つが、乳酸菌添加によりサイレージ化することで発酵焼酎粕になり保存性を高めることが知られており、北諸県地域や西臼杵地域で、発酵焼酎粕の給与が牛を中心に行われている。

宮崎県食品開発センターで作出された特殊な乳酸菌ML-530を発酵焼酎粕の調製時に用いることでオルニチンを高含有する焼酎粕（以下、「機能的焼酎粕」）が生産されることが報告されている（藤田ら、2014）。また、壱岐ら（2020）は、肥育豚に対して、機能的焼酎粕を30%代替給与したところ、発育および枝肉成績に悪影響がなかったことを報告している。さらに、壱岐（2021）は、繁殖母豚に交配から離乳までの間、市販飼料に機能的焼酎粕を10%添加して給与したところ、1頭当たりの離乳時

体重が増加したと報告している。

L-オルニチンは、尿素サイクルの代謝中間体であり、肝臓での尿素生成に関与することで肝機能改善が期待できることが知られている（浅桐 2016）。ヒトにおいては、Brocknerら（1994）が高齢者を対象にL-オルニチン10g/日を2ヵ月間経口摂取させたところ、体重増加など栄養状態の改善、食欲指数、QOLの改善が認められている（Brockner P, 1994）。しかしながら、豚におけるL-オルニチンの効果に関する知見は少ない。

そこで、本試験ではL-オルニチンを飼料に添加し、肥育豚の発育成績および繁殖母豚の繁殖成績に及ぼす影響を検証した。

## 材料および方法

**試験 1 飼料へのL-オルニチン添加が肥育豚の発育成績および肝機能に及ぼす影響**

試験は2022年12月22日から2023年1月23日

までの1ヶ月間実施した。試験区分は、市販飼料のみを給与する対照区と市販飼料にL-オルニチンを飼料重量当たり0.5%で添加し給与する試験区を設置した。供試豚はLWD種(雌、平均体重91.0±7.7kg、平均日齢126.5±1.9日)で8頭を選抜し、各区に4頭ずつ配置した。試験は、不断給餌、自由飲水で飼養した。調査項目は、体重、飼料摂取量、日増体量、飼料要求率とした。また、肝機能の指標として、血中成分であるAST(アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ)、 $\gamma$ -GTを調査した。血液採取は、試験前、試験開始2週間後、試験開始4週間後の3回実施した。

## 試験2 飼料へのL-オルニチン添加が繁殖母豚の繁殖成績および肝機能に及ぼす影響

試験は、2024年1月2日から2024年4月18日に実施した。試験区分は、市販飼料のみを給与する対照区および市販飼料にL-オルニチンを飼料重量当たり1.0%で添加し給与する試験区を設置した。試験期間は、試験豚毎に妊娠85日目から離乳までとし、授乳期間を23日から28日まで設けた。供試品種はLW種で、各区に3頭ずつ、計6頭配置した。試験は、自由飲水、給餌は朝夕2回行い、分娩前は制限給餌、分娩当日は給餌せず、分娩翌日から徐々に増やし、7日目から飽食させた。また、離乳日の3日前から給与量を減らした。調査項目は、飼料摂取量、総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、生時体重、21日齢時体重、血中成分であるALP(アルカリフォスファターゼ)、 $\gamma$ -GPとした。また、血液採取は、給与前、給与中(給与開始3週間経過後)、給与後(離乳時)の3回実施した。

### 統計解析

統計解析にはMicrosoft Excelを用いて行った。

## 結果および考察

### 試験1 飼料へのL-オルニチン添加が肥育豚の発育成績および肝機能に及ぼす影響

発育成績を表1に示した。開始体重および終了体重に有意差はなかった。日増体量は、対照区と比較

し、試験区で有意に高くなった( $p < 0.05$ )。全期間を通しての飼料摂取量は、対照区と比較し、試験区で多かったが、試験区の増体量が高かったため、飼料要求率は試験区で低い値を示した。

表1 発育成績

	試験区		対照区	
開始体重(kg)	92.0	± 3.08	90.0	± 10.3
終了体重(kg)	128.5	± 4.39	120.5	± 9.07
日増体量(g/日)	1140.6	± 78.12 <sup>a</sup>	953.1	± 100.04 <sup>b</sup>
飼料摂取量(kg)	118.1		110.7	
飼料要求率	3.2		3.6	

※異符号間に $p < 0.05$ で有意差あり

血中成分(AST,  $\gamma$ -GT)を図1と図2に示した。ASTは、区間の有意差は確認されなかったが、対照区では、プレと比較し、4週目でばらつきが有意に大きくなる傾向があった( $p = 0.09793$ )。一方で、試験区では、ばらつきに差はなかった。 $\gamma$ -GTは、対照区と比較し、試験区で常に有意に低くなった( $p < 0.05$ )。

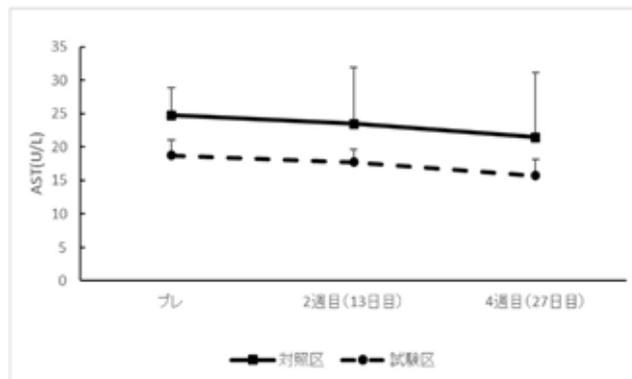


図1 ASTの推移

※異符号間に $p < 0.05$ で有意差あり

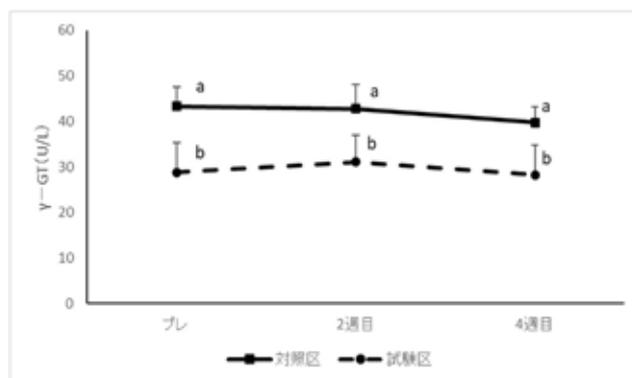


図2  $\gamma$ -GTの推移

AST と  $\gamma$ -GT は、肝機能の健康状態を評価する指標であり、値の上昇は肝機能の低下が考えられる。AST において、対照区のばらつきが大きくなった傾向から、オルニチンの添加によって、試験区のばらつきが抑えられた可能性がある。

また、 $\gamma$ -GT において、予備試験の段階で対照区より試験区が有意に少なく、区間における個体差が考えられたため、その後の推移についてオルニチンによる肝機能改善の効果の評価はできなかった。

このことから、L-オルニチンを0.5%飼料に添加し、肥育後期豚へ給与すると、日増体量の増加が見込まれる可能性が示唆された。また、試験区でASTのばらつきが抑えられる傾向にあったことから、L-オルニチンが肝機能の改善に寄与した可能性が示唆された。

## 試験2 飼料へのL-オルニチン添加が繁殖母豚の繁殖成績および肝機能に及ぼす影響

繁殖成績を表2に示した。哺乳開始頭数は、試験区で7.3頭、対照区で9.0頭であり、試験区が1.7頭少なかった。離乳頭数は、試験区で7.3頭、対照区で8.7頭であり、対照区で1頭の圧死事故があった。生時体重は、試験区で1.7kg、対照区で1.8kgであり、21日齢体重は、試験区で8.6kg、対照区で7.0kgであった。対照区と比較し、試験区で増体が良い結果となったが、統計的な有意差は確認できなかった。哺乳中飼料摂取量は、試験区で4.9kg、対照区で4.8kgであった。また、図3に哺乳期間中の飼料摂取量の推移を示した。試験区では、1日目から14日目まで堅調に増加しており、15日目から横ばいで推移したのに対し、対照区では、10日目まで堅調に推移したが、11日目から12日目にかけて減少し、食い止まりが確認された。

表2 繁殖成績

	試験区		対照区		p値
総産子数 (頭)	10.3	± 3.4	12.3	± 5.6	0.6866
哺乳開始頭数 (頭)	7.3	± 2.9	9.0	± 2.2	0.5473
離乳頭数 (頭)	7.3	± 2.9	8.7	± 2.1	0.6213
生時体重 (kg/頭)	1.7	± 0.2	1.8	± 0.1	0.7471
21日齢体重 (kg/頭)	8.6	± 1.2	7.0	± 0.3	0.1345
哺乳中飼料摂取量 (kg/日)	4.9	± 1.2	4.8	± 0.3	0.9211

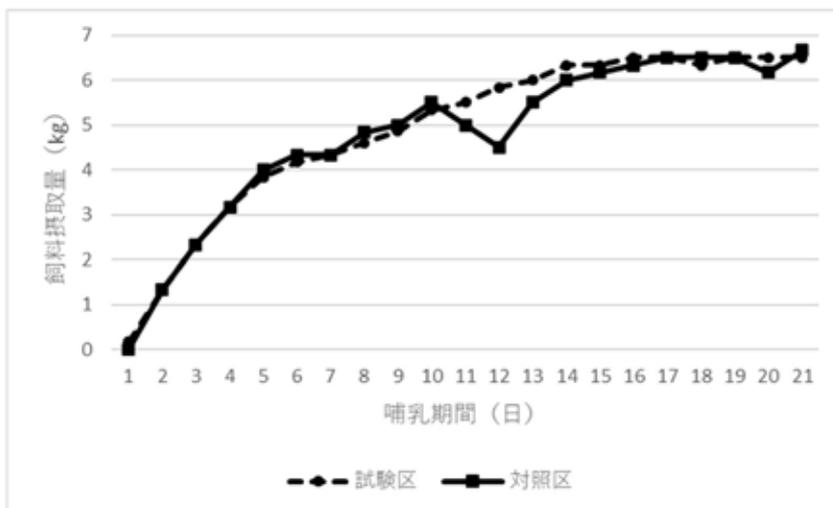


図3 哺乳期間中の飼料摂取量の推移

文 献

藤田 衣里、山田 和史、水谷 政美、山本 英樹他 2 名.2014.微生物による食品廃棄物の栄養成分生産技術の開発に関する研究.宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告 59,57-60.

壱岐 侑祐、岩切 正芳、岐本 博紀、喜田 珠光、山本 英樹、水谷 政美.2020.肥育豚への機能性焼酎粕給与試験（第 1 報）.宮崎畜試研報第 31 号,29-33

壱岐 侑祐、岩切 正芳、岐本 博紀、喜田 珠光、山本 英樹、水谷 政美.2021.機能性焼酎粕の繁殖母豚への給与が繁殖成績に及ぼす影響.宮崎畜試研報第 32 号,20-22

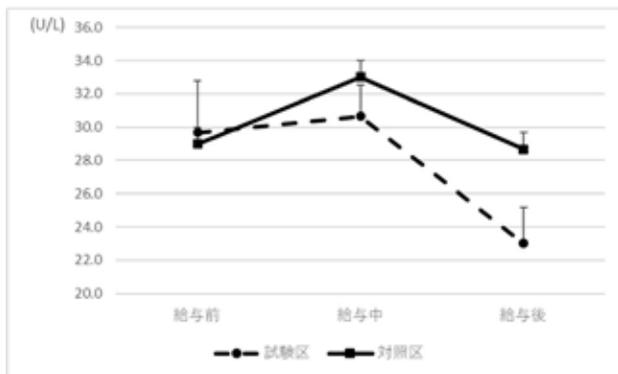
浅桐 公男.2016.オルニチン.外科と代謝・栄養 50 巻 2 号,185-187

Brocker P, Vellas B, Albarede JL et al.1994. A two-centre, randomized double-blind trial of ornithine oxoglutarate in 194 elderly, ambulatory, convalescent subjects. Age and Aging 23:303

血中成分 (ALT,  $\gamma$ -GT) を図 4 と図 5 に示した。ALT は、給与前、給与中の時点で区間に統計的な差は確認されなかったが、離乳時にあたる給与後に対照区と比較して、試験区で有意に低くなった ( $p < 0.05$ )。

L-オルニチンは、先述のとおり、ヒトでの食欲指数の改善が報告されており、本試験において、哺乳期間における食い止まりが対照区に比べて試験区で少なかったことから、豚の食欲を改善する可能性が示唆された。また、試験区で食い止まりが少なかったことで、乳汁を対照区よりも多く産生でき、21 日齢体重がわずかに増加した可能性が考えられた。

このことから、繁殖母豚に妊娠 85 日目から離乳まで L-オルニチンを 1.0%飼料に添加して、給与させると、哺乳期間中の食い止まり予防、また、ALT の減少が確認されたことから、L-オルニチンが食欲の改善および肝機能の改善に寄与した可能性が示唆された。



※異符号間に  $p < 0.05$  で有意差あり

図 4 ALT の推移

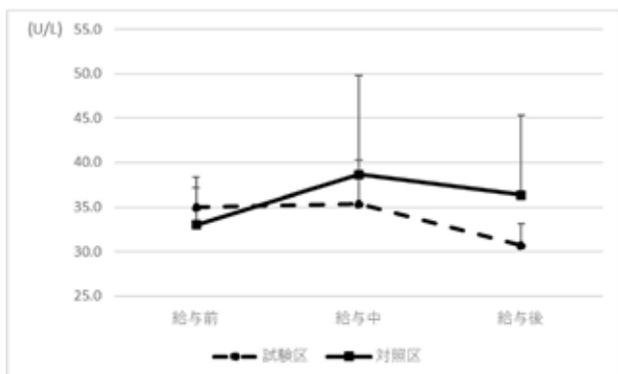


図 5  $\gamma$ -GT の推移

# 乾燥キウイフルーツの給与が後期肥育豚の発育 および肉質に及ぼす影響

壺岐 侑祐<sup>1)</sup>・高橋 京史・小坂 昭三<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 児湯農林振興局・<sup>2)</sup> 北諸県農業改良普及センター

Effect of feeding dried kiwifruit on the growth performance and meat quality of finishing pigs.

Yusuke IKI, Atsushi TAKAHASHI, Shozoh KOSAKA

<要約>選果漏れのキウイフルーツを高温乾燥し（以下、「キウイ」）、自家配合飼料（TDN77.4%、CP13.4%）に対して1%および3%で添加して肥育後期豚に給与した。発育は、添加割合が増加するにつれて低下したが、有意な影響はなかった。肉質では、キウイ3%添加で保水性の改善が示唆された。

都農町では、農業の活性化を図るために、キウイの生産販売の拡大を目指しているが、果実並びに加工品の生産時には、大量の選果漏れ果実や加工品残さが発生するため、それらの有効活用が模索されている。そのような中、当試験場では、日向夏のジュース粕やへべ酢粕等の豚への給与試験（西ら,2016、内山ら,2019）を行い、飼料化に結びつけた実績があることから、キウイの飼料化について町からの試験依頼があった。

そこで、これまでに実施されたキウイの給与試験の報告（K.S.Hanら,2011、CA Montoyaら,2016）を参考に、肥育後期の飼料にキウイを1%と3%の割合で添加し、肥育後期豚への発育及び肉質に及ぼす影響について検討した。

## 材料および方法

### 1 供試豚と飼養環境

試験は、2022年11月から2023年3月にかけて実施した。選果漏れのキウイを真空高温乾燥（90℃、26時間）後に粉碎したものをキウイとして飼料に添加した。基礎飼料は表1の配合割合で、飼料会社に依頼して、調製した。試験区分は、基礎飼料のみを給与する対照区および基礎飼料にキウイを飼料重量

当たり1%、3%で添加し給与する試験区1、試験区2を設置した。

供試品種はLWD種（去勢および雌、平均体重87.2±6.60kg、平均日齢125.1±3.9日）で30頭を選抜し、各区に10頭ずつ配置した。

供試豚は、目標体重110kgで出荷した。

表1 飼料設計および飼料成分

原料	配合割合 (%)
トウモロコシ	81.75
大豆粕	16.00
第三リン酸カルシウム	0.50
炭酸カルシウム	0.15
食塩（上質塩）	0.20
ビタミンADEプレミックス	0.05
ミネラルプレミックス	0.90
ビタミンB群プレミックス	0.45

成分組成	現物 (%)
水分	13.7
乾物	84.0
粗蛋白質	13.4
可消化養分総量	77.4
可消化エネルギー	3.4
カルシウム	0.6
全リン	0.4
非フィチンリン	0.2

## 2 豚肉の肉質評価

豚肉は、各区から去勢および雌の出荷順が早い豚と遅い豚1頭ずつを除外した、計24頭を用いた。ロース肉中の水分含量は、加熱乾燥法(135℃、2時間)、粗脂肪含量は、エーテルによるソックスレー抽出法により測定した。ドリップロス、ナイロンバック法により測定した。加熱損失は、冷凍状態でロース肉の繊維が縦に走るように2cm×2cm×5cmにカットしたサンプルを70℃で1時間湯煎し、30分間流水により放冷後、紙タオルで表面を拭き上げ重量減少率を測定した。剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを用いて、インストロンによる Warner-Bratzler 剪断力価の測定をした。脂肪融点は、常法により測定した。肉色、脂肪色は色査計を用いてL値、a値、b値を測定した。

## 結果および考察

### 1 発育成績

発育成績を表2に示した。開始体重および終了体重に有意差はなかった。飼料要求率は、対照区に比べて各試験区で高くなった。これは、試験期間中の飼料摂取量が対照区に比べて試験区で多くなったこと、出荷日齢が対照区に比べて試験区で長かったことが影響したと考えられる。日増体量はキウイの添加量が増えるにつれて低下する傾向がみられた。これは、キウイの繊維は消化性が低いため、添加量が増加すると発育が低下したとする報告(CA Montoyaら,2016)と一致する。また、果物の高温乾燥処理飼料の添加給与により発育が低下する傾向は、ヘベス粕でも同様の報告がみられている(西ら,2016)。枝肉重量および背脂肪厚に各区間に有意差はなかった。しかしながら、キウイの添加量を増加するにつれて背脂肪は低い値を示し、枝肉重量は重い値を示した。

### 2 肉質成績

肉質成績を表3に示した。加熱損失では、試験区1に比べて試験区2で有意に低くなった( $p<0.05$ )。また、対照区に比べて試験区2で低い傾向を示した( $p<0.1$ )。加熱損失は、加熱した際に流れ出る肉汁の量で小さいほど肉汁を保持することが知られている(独立行政法人家畜改良センター,2010)。さらに、ドリップロスでは、全ての区の中で、試験区2が最も低い値を示した。加熱損失とドリップロスは、肉の保水性に関連していることから、キウイの3%添加は、保水性が向上する可能性がある。肉色および脂肪色の48時間後の変化では、全ての区間に有意な差はなかった。

以上の結果から、キウイの配合飼料への添加は、発育性に差はないが、添加量の増加に伴い、日増体量が低下する傾向がみられており、生産性を低下させないためのキウイの添加割合は3%程度と考えられる。肉質では、キウイの3%添加で保水性に関連する加熱損失およびドリップロスの改善が示唆された。養豚農業実態調査報告書では、肥育豚の平均出荷日齢は187日、平均出荷体重は114kgであり、一般農場は、試験場よりも飼育期間が長く飼料の影響を受けやすいと考えられ、添加量を増やすと発育の低下が懸念される。このことから、キウイの飼料への添加は3%が妥当ではないかと判断した。今後の試験では、肉質の影響を官能評価等も行いながら、総合的に評価する必要がある。また、実証農場でキウイを給与し、農場規模での生産に与える影響を評価する必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、供試材料の調整、調達に御協力いただいた都農町役場産業振興課の皆様に深く感謝いたします。

表2 発育成績

	対照区	試験区1	試験区2
開始体重(kg)	85.4 ± 6.97	88.2 ± 6.24	87.9 ± 7.30
出荷体重(kg)	110.7 ± 2.55	111.3 ± 2.00	110.1 ± 2.57
出荷日齢(日)	147.1 ± 5.93	147.6 ± 10.00	155.0 ± 10.19
日増体量(kg/日)	1.05 ± 0.12	0.96 ± 0.18	0.93 ± 0.20
飼料摂取量(kg/頭)	85.8	89.6	88.0
飼料要求率	3.40	3.88	3.96
枝肉重量(kg)	70.3 ± 2.08	70.6 ± 1.44	71.5 ± 3.57
背脂肪厚(cm)	1.6 ± 0.34	1.6 ± 0.30	1.5 ± 0.19
上物率(%)	77.8	90.0	90.0

表3 肉質成績

	対照区	試験区1	試験区2
水分(%)	73.0 ± 0.75	74.0 ± 1.67	73.4 ± 1.75
粗脂肪(%)	3.4 ± 0.89	2.9 ± 0.64	3.5 ± 0.83
ドリップロス(%)			
24時間	2.1 ± 0.72	2.6 ± 1.25	1.3 ± 1.02
48時間	4.0 ± 0.90	4.2 ± 1.50	2.5 ± 1.41
加熱損失(%)	24.3 ± 0.91 <sup>ab</sup>	24.8 ± 0.65 <sup>b</sup>	22.8 ± 1.36 <sup>a</sup>
剪断力価(g)	4724.8 ± 691.74	5200.7 ± 1379.88	4741.6 ± 1722.75
肉色(48h)			
L値	53.7 ± 3.02	52.5 ± 5.17	53.7 ± 1.56
a値	10.7 ± 3.01	11.1 ± 1.38	11.6 ± 2.23
b値	10.1 ± 1.84	9.7 ± 3.01	10.1 ± 1.53
脂肪色(48h)			
L値	74.0 ± 4.15	75.2 ± 0.76	74.8 ± 1.41
a値	4.6 ± 1.13	4.5 ± 0.92	5.2 ± 0.80
b値	7.7 ± 0.56	7.5 ± 0.38	7.5 ± 0.36

※肩文字の異符号間に  $p < 0.05$  で有意差あり

## 文 献

Green kiwifruit modulates the colonic microbiota in growing pigs, K.S. Han, P. Balan, F. Molist Gasa, M. Boland., Applied Microbiology International. Volume52, Issue4 April 2011, Pages 379-385

乾燥日向夏粕の肥育豚への給与試験, 宮崎県畜産試験場試験研究報告 第29号 (2019年) 内山伸二, 宮崎涼子, 竹之山慎一.

乾燥へべす粕の肥育豚への給与試験, 宮崎県畜産試験場試験研究報告 第28号 (2016年) 西礼華, 宮崎涼子, 内山伸二, 岩切正芳, 竹之山慎一.

キウイフルーツの品種及び成熟段階の違いが抗酸

化成分に及ぼす影響, 近中四農研報 15, 35-48 (2016)

食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル (2010) 独立行政法人家畜改良センター

The digestion of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) fibre and the effect of kiwifruit on the digestibility of other dietary nutrients., CA Montoya, S Saigeman, SM Rutherford, PJ Moughan., Food Chemistry Volume 197, Part A, 15 April 2016, Pages 539-545

養豚農業実態調査報告書 (2021年), 一般社団法人 全日本畜産経営者協会. 試験場研究報告 32, 64-69

# トレハロース給与による みやざき地頭鶏の夏期出荷体重改善の検討

垣内 佳介・太田 錬

Examination of improvement of summer shipping weight of Miyazaki Jidori chicken by feeding trehalose

Keisuke KAKIUCHI, Ren OTA

**<要約>**みやざき地頭鶏のひなを用いて、無添加区を対照区とし、3つの試験区（幼雛期区、中雛期区、全期区）それぞれで、日齢に応じてトレハロースを 0.5% 飼料添加した。その結果、雄鶏においては全試験区で対照区と比較して出荷体重および増体量の増加が認められた。雌鶏では、中雛期区および全期区で対照区と比較して出荷体重の増加が認められた。これらの結果から、飼料へのトレハロース添加がみやざき地頭鶏の発育を促進する可能性が示唆された。

みやざき地頭鶏の増体は季節変動が大きく（畜産試験場川南支場 2021 調べ）、夏期と冬期の出荷体重には雌雄間で 200 g 以上の差が生じ、特に夏期の出荷体重は冬期と比較して低い傾向にある。夏期の出荷体重の増加は農家所得向上に直結する重要な課題である。みやざき地頭鶏は雄鶏で約 120 日齢、雌鶏で約 150 日齢と JAS 規格で定められる地鶏の飼養期間 75 日齢よりも長期間の飼養期間を要する特徴がある。また、長期間の飼養期間における暑熱ストレスは、体重や増体量といった生産性指標に大きな影響を及ぼすことが知られている。

本研究では、夏期における出荷体重の改善を目指し、飼料へのトレハロース 0.5% 添加がみやざき地頭鶏の増体に及ぼす影響を検討した。

## 試 験 方 法

### 1 試験期間

2024 年 6 月 18 日から 2024 年 10 月 16 日

### 2 材料および方法

2024 年 6 月 18 日に川南支場で発生したみやざき地頭鶏を試験に供した。飼養条件はみやざき地頭鶏飼養管理マニュアルに準じ、保温には 4 週齢時

でチックガードおよびガスブルダーを用いて保温を行った。発生日から 3 週齢時まで、対照区として雄 50 羽、雌 50 羽の計 100 羽、試験区として雄 150 羽、雌 150 羽の計 300 羽を肉用試験鶏で飼養した。3 週齢時の体重に基づき、各区から雄雌各 22 羽を選抜し、試験区は、幼雛期区、中雛期区、全期区の 3 つのグループに分け、出荷日齢まで飼養した。トレハロースの給与期間は以下の通りである。幼雛期区は発日から 3 週齢まで、中雛期区は発日から出荷 3 週齢前まで、全期区は発日から出荷日齢まで設定し、添加率は全試験区で 0.5% とした。試験期間中の給餌飼料は、0 日齢から 3 週齢までの前期飼料（CP22%、ME3000Kcal）、3 週齢から出荷 3 週齢までに給与する後期飼料（CP18%、ME3230Kcal）および出荷前 3 週間に給与する仕上げ飼料（CP18%、ME3230Kcal）を用いた。

試験鶏の体重測定は、0 日齢、1 週齢から 5 週齢、7、9、11、13、14、15、16、17 週齢時に実施した。週齢間増体量は、各週齢における体重差として算出した。雄鶏は 14 週齢時、雌鶏は 17 週齢時に各区の測定した試験鶏から 10 羽を選抜し、解体調査に供した。

解体調査項目はと体重、モモ肉重、ムネ肉重、ササミ重、腹腔内脂肪重、筋胃重とした。肉色は、畜

試式鶏標準肉色（（社）日本食鳥協会監修）を用いて視覚的に評価し、数値化した。

## 試験結果

表 1 に雄の体重推移を示した。雄の体重は、7 週齢まで対照区の体重が幼雛期区および中雛期区より高い傾向にあり、全期区のみ対照区を上回った。しかし、9 週齢以降は、全試験区の体重が対照区の体重を上回る結果であった。最終出荷体重において、幼雛期区が対照区を 182 g、中雛期区が 83.9 g、全期区が 11.9 g それぞれ上回った。

雄の週齢間増体量（表 2）については、週齢間増体量の推移は、体重推移と同様に、7 週齢まで各区分での同程度の増体量（285.4 g、7 から 9 週齢の間では対照区を 285.4 g）と比較し、9 週齢以降の増体では、中雛期区（508.7 g）、全期区（491.3 g）の全てで有意な増体が認められた。特に中雛期区および全期区では有意な増加が見られた。

表 3 に雌の体重推移を示した。雌の体重は、各区分で大きな差は認められなかった。最終出荷体重において、雌鶏で最も成績が良かった幼雛区は雌鶏では対照区を下回る結果となった。

雌の週齢間増体量（表 4）については、体重同様、各区分で大きな差は認められなかった。試験区の増体量については、対照区と比較して増減の差が大きかった。

表 5 に雄の解体成績を示した。雄鶏では、全試験区において対照区と比較して、と体重、モモ肉重、ムネ肉重、ササミ重、筋胃重が増加した。幼雛期区では、対照区と比較して内臓脂肪重が 26 g 増加した。歩留率については、各区分で有意な差は認められなかった。

表 6 に雌の解体成績を示した。雌鶏の解体成績では、と体重が対照区を上回る結果となったが、モモ肉重は中雛期区で、ムネ肉重、ササミ重、筋胃重は対照区で最も高い値を示した。

表 1 雄の体重推移 (単位: g)

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
0 週齢	40.8 ± 2.9	40.0 ± 3.0	38.4 ± 2.2	42.8 ± 3.2
1 週齢	126.8 ± 5.9	124.6 ± 5.3	126.0 ± 6.4	128.7 ± 6.5
2 週齢	277.3 ± 10.9	270.0 ± 7.3	271.8 ± 7.2	290.0 ± 7.1
3 週齢	465.6 ± 19.7	451.1 ± 14.5	459.8 ± 15.2	480.0 ± 13.1
4 週齢	688.3 ± 34.4	678.2 ± 45.0	690.8 ± 46.1	720.8 ± 23.5
5 週齢	1024.5 ± 54.7	1002.7 ± 74.9	1021.0 ± 73.1	1063.8 ± 36.9
7 週齢	1567.7 ± 88.9	1517.4 ± 123.7	1457.1 ± 113.5	1587.9 ± 67.3
9 週齢	1853.4 ± 215.5	1941.7 ± 197.9	1965.8 ± 171.2	2079.2 ± 111.4 *
11 週齢	2522.6 ± 192.2	2726.3 ± 227.0 *	2592.7 ± 231.3	2640.6 ± 151.8 *
13 週齢	3062.9 ± 206.1	3131.8 ± 276.7 *	3143.3 ± 217.8	3073.1 ± 241.5
14 週齢	3339.2 ± 226.5	3521.2 ± 313.5	3423.1 ± 219.8	3351.1 ± 283.8

\*: p < 0.05

表 2 雄の増体推移 (単位: g/日)

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
1 週齢	86.0 ± 5.4	84.6 ± 5.3	87.6 ± 5.9	85.9 ± 6.0
2 週齢	150.5 ± 7.3	145.4 ± 5.3	145.8 ± 6.3	161.3 ± 3.7
3 週齢	188.3 ± 14.0	181.1 ± 11.9	188.0 ± 9.6	190.0 ± 11.5
4 週齢	222.7 ± 25.0	227.1 ± 36.4	231.0 ± 37.1	240.8 ± 17.0
5 週齢	336.2 ± 26.1	324.5 ± 37.8	330.2 ± 30.2	343.0 ± 18.5
7 週齢	543.2 ± 54.2	514.7 ± 68.0	436.1 ± 72.4	524.1 ± 42.7
9 週齢	285.7 ± 159.0	424.3 ± 124.0	508.7 ± 134.6 *	491.3 ± 76.2 *
11 週齢	669.2 ± 143.3	784.6 ± 207.9	626.9 ± 188.1	561.4 ± 122.0
13 週齢	540.3 ± 130.5	505.5 ± 137.8	550.6 ± 114.8	432.5 ± 148.3
14 週齢	276.3 ± 92.2	289.4 ± 57.8	279.8 ± 45.4	278.0 ± 58.3

\*: p < 0.05

表 3 雌の体重推移 (単位: g)

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
0 週齢	40.6 ± 2.7	37.8 ± 2.8	38.7 ± 2.6	41.1 ± 3.0
1 週齢	121.9 ± 6.3	122.5 ± 4.9	118.0 ± 6.2	120.0 ± 7.3
2 週齢	256.6 ± 7.7	256.4 ± 8.0	244.5 ± 8.4	254.1 ± 9.9
3 週齢	417.8 ± 20.0	416.7 ± 18.9	401.7 ± 18.1	406.6 ± 21.5
4 週齢	617.8 ± 32.0	611.3 ± 36.7	597.1 ± 38.3	616.5 ± 44.6
5 週齢	877.0 ± 46.8	884.8 ± 59.3	829.7 ± 67.8	865.1 ± 67.0
7 週齢	1252.9 ± 57.8	1274.9 ± 106.1	1245.4 ± 95.7	1279.0 ± 109.9
9 週齢	1653.5 ± 88.0	1606.3 ± 128.9	1607.8 ± 106.5	1641.2 ± 130.9
11 週齢	2001.3 ± 108.4	2086.1 ± 157.6	1993.5 ± 145.4	1992.3 ± 159.3
13 週齢	2244.1 ± 132.6	2317.6 ± 229.7	2257.0 ± 180.3	2246.0 ± 153.0
15 週齢	2593.3 ± 128.3	2588.6 ± 209.4	2605.0 ± 199.6	2614.6 ± 180.4
17 週齢	2903.6 ± 145.8	2888.1 ± 245.8	2918.3 ± 225.7	2908.5 ± 216.9

表4 雌の増体推移

(単位: g/日)

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
1週齢	81.3 ± 5.4	84.7 ± 4.2	79.3 ± 6.3	78.9 ± 7.0
2週齢	134.7 ± 6.5	133.9 ± 6.1	126.5 ± 5.8	134.1 ± 6.2
3週齢	161.2 ± 14.9	160.3 ± 12.9	157.2 ± 15.5	152.5 ± 16.1
4週齢	200.0 ± 17.7	194.6 ± 20.5	195.4 ± 25.4	209.9 ± 21.6
5週齢	259.2 ± 21.7	273.5 ± 27.0	232.6 ± 34.3	248.6 ± 28.9
7週齢	375.9 ± 124.0	390.1 ± 52.5	415.7 ± 48.5	413.9 ± 40.1
9週齢	400.6 ± 133.4	331.4 ± 72.9	362.4 ± 51.1	362.2 ± 70.2
11週齢	347.8 ± 71.5	479.8 ± 81.5	385.7 ± 78.6	351.1 ± 114.8
13週齢	242.8 ± 110.5	231.5 ± 189.5	263.5 ± 108.4	253.7 ± 85.7
15週齢	349.2 ± 173.3	271.0 ± 202.1	348.0 ± 68.8	368.6 ± 60.0
17週齢	310.3 ± 63.7	299.5 ± 55.9	313.3 ± 68.6	293.9 ± 53.3

表6 雌の解体成績

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
生体重(g)	2860.0 ± 100.8	2893.8 ± 92.7	2950.5 ± 97.4	3061.7 ± 336.1
と体重(g)	2637.4 ± 100.3	2665.6 ± 87.6	2717.4 ± 91.0	2839.0 ± 334.8
モモ肉重(g)	539.4 ± 45.3	533.0 ± 44.9	556.8 ± 56.9	543.0 ± 31.3
モモ肉色	3.7 ± 0.5	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.4	3.8 ± 0.4
ムネ肉重(g)	393.6 ± 44.6	392.9 ± 35.0	375.2 ± 51.6	388.6 ± 48.9
ムネ肉色	3.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0
ササミ重(g)	106.0 ± 7.5	101.6 ± 8.6	102.6 ± 14.9	104.0 ± 7.0
内臓脂肪重(g)	125.8 ± 19.3	136.6 ± 23.3	128.2 ± 27.3	149.0 ± 33.0
筋胃重(g)	56.4 ± 6.4	51.2 ± 8.1	52.2 ± 5.8	49.4 ± 6.0
歩留				
と体重/生体重(%)	92.2 ± 0.8	92.1 ± 0.8	92.1 ± 0.9	92.7 ± 1.2
モモ肉重/と体重(%)	20.5 ± 1.1	20.0 ± 1.3	20.5 ± 1.7	19.1 ± 2.2
ムネ肉重/と体重(%)	14.9 ± 1.3	14.7 ± 1.2	13.8 ± 1.7	13.7 ± 2.3
ササミ重/と体重(%)	4.0 ± 0.3	3.8 ± 0.3	3.8 ± 0.5	3.7 ± 0.5
筋胃重/と体重(%)	2.1 ± 0.3	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.3	1.7 ± 0.2

表5 雄の解体成績

	対照区	幼雛期区	中雛期区	全期区
生体重(g)	3318.0 ± 100.9	3506.5 ± 209.6	3388.5 ± 92.4	3413.0 ± 93.5
と体重(g)	3058.6 ± 101.9	3205.2 ± 191.4	3107.8 ± 113.8	3163.0 ± 78.6
モモ肉重(g)	638.6 ± 58.0	666.4 ± 80.9	661.6 ± 46.1	661.4 ± 42.1
モモ肉色	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.4	3.7 ± 0.5	3.6 ± 0.5
ムネ肉重(g)	377.2 ± 53.1	397.2 ± 54.0	407.6 ± 34.5	409.2 ± 42.6
ムネ肉色	3.0 ± 3.0	3.0 ± 3.0	3.0 ± 3.0	3.0 ± 3.0
ササミ重(g)	105.0 ± 9.9	107.4 ± 7.7	107.4 ± 9.9	106.6 ± 12.7
内臓脂肪重(g)	55.0 ± 34.5	81.2 ± 25.1	55.0 ± 11.8	73.4 ± 34.8
筋胃重(g)	62.6 ± 6.5	69.0 ± 5.9	71.0 ± 8.2	66.6 ± 11.8
歩留				
と体重/生体重(%)	92.2 ± 1.2	91.4 ± 1.3	91.7 ± 1.4	92.7 ± 1.6
モモ肉重/と体重(%)	20.9 ± 1.4	20.8 ± 1.5	21.3 ± 1.3	20.9 ± 1.3
ムネ肉重/と体重(%)	12.3 ± 1.6	12.4 ± 1.3	13.1 ± 1.2	12.9 ± 1.4
ササミ重/と体重(%)	3.4 ± 0.3	3.4 ± 0.2	3.5 ± 0.3	3.4 ± 0.4
筋胃重/と体重(%)	2.0 ± 0.2	2.2 ± 0.2	2.3 ± 0.2	2.1 ± 0.4

## 考 察

本研究における体重および週齢間増体量の結果から、飼料へのトレハロース添加がみやざき地頭鶏の増体を促進する可能性が示唆された。特に、雄鶏の幼雛期(0~6週齢)において、出荷体重が対照区と比較して有意に高く、その差は顕著であった。この結果は、ブロイラーにおいてトレハロースが体重増加に正の影響を与えるという先行研究(松下ら, 2018)と一致するものであり、みやざき地頭鶏においても同様の効果が期待できる可能性を示している。

さらに、雄鶏の7週齢から9週齢における増体量においても、対照区と比較して試験区で有意な向上が認められた。この期間は、本研究の調査期間中において最も気温が高く、暑熱ストレスが懸念される時期であったことを考慮すると、トレハロースが夏季の高温環境下における暑熱ストレスを軽減し、結果として増体を促進した可能性が示唆される。トレハロースは、細胞保護作用や抗ストレス作用を有することが知られており、これが暑熱ストレス下での動物の生理機能維持に寄与したと考えられる。

一方、雌鶏においては、雄鶏と比較してトレハロース添加による顕著な増体促進効果は認められなかった。この雌雄差は、トレハロースに対する生理的感受性、代謝経路、あるいは飼養環境への適応能力

の違いに起因する可能性が考えられる。したがって、今後、雌鶏におけるトレハロースの効果およびその作用機序について、性差の観点を含めたさらなる詳細な検証が求められる。

試験区の鶏において、トレハロース給与との関連が疑われる脱水症状による死亡が1羽確認された。泉川ら (2012) は、ブロイラーへの混合糖液給与により脱水症状が発現したと報告しており、本試験で認められた脱水症状も、トレハロース給与と関連している可能性が示唆される。この事象は、トレハロースの適切な添加量および添加期間の決定が重要であることを示唆している。過剰な糖質給与は、浸透圧性の問題を引き起こし、脱水症状を誘発するリスクがあるため、今後はトレハロースの最適な添加プロトコル (添加量、期間、給与方法など) について、増体効果と副作用のバランスを考慮したさらなる検討が必要である。

堀之内ら (2018, 2019) は、みやざき地頭鶏の発育において幼雛期の管理が極めて重要であることを繰り返し指摘している。本研究においても、特に雄鶏における幼雛期のトレハロース給与がその後の出荷体重に大きく影響を与えたことから、幼雛期管理の重要性が改めて裏付けられた。この知見は、「みやざき地頭鶏飼養マニュアル」の改訂において、幼雛期における栄養管理および環境管理の項目をさらに明確化し、その重要性を生産者および指導員に周知するための具体的な根拠となり得ると考える。

## 参 考 文 献

松下浩一・小林那美香 (山梨畜酪セ)・喜久里基 (東北大院農)・向井和久 (株)林原) : ブロイラーにおける抗菌性剤無添加飼料下でのトレハロースの給与効果 : 日本家禽学会誌 第 55 卷 (2018) 22  
 泉川康弘・大西美弥 : 鶏への混合糖液給与試験 : 香川畜試報告 47 (2012) 、29-37  
 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり : 幼雛期飼料の CP 含量がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響 : 宮崎県畜産試験場研究報告 第 29 号(2018)、54-59  
 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり : 練り餌処理

した幼雛期飼料がみやざき地頭鶏の発育および体重バラツキに及ぼす影響 : 宮崎県畜産試験場研究報告 第 29 号(2018)、60-64

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり : 幼雛期の飼槽面積の違いがみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響 : 宮崎県畜産試験場研究報告 第 30 号(2019)、75-79  
 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり : 幼雛期における高 CP 飼料の給与期間がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響 : 宮崎県畜産試験場研究報告 第 30 号(2019)、80-85

## みやざき地頭鶏の幼雛期の点灯技術の検討

垣内 佳介・太田 錬

## Examination of lighting techniques for Miyazaki-Jitokko chicken

Keisuke KAKIUCHI, Ren OTA

＜要約＞みやざき地頭鶏のひなを用いた本研究では、通常の点灯プログラムで飼育した対照区と、4週齢まで消灯時間帯に間欠点灯プログラムを適用した試験区を設定し、みやざき地頭鶏の生産性に与える影響を検討した。その結果、出荷体重および週間増体量において、雄雌ともに試験区で対照区と比較して有意な増加が認められた。これらの結果は、幼雛期における間欠点灯がみやざき地頭鶏の増体を促進する可能性を示唆している。

肉用鶏の飼養管理において、光線管理は生産性に影響を及ぼす重要な要因の一つである。特にブロイラー鶏では、一般的に点灯プログラムが設定され、光管理が行われている。しかし、みやざき地頭鶏の飼養管理マニュアルでは、生後3日間程度までは24時間点灯と記載されているものの、それ以降の光管理に関する明確な指針は示されていない。本研究では、みやざき地頭鶏の発生から4週齢までの幼雛期において、異なる点灯プログラムが鶏の発育および生産性に与える影響を検討した。

## 試験方法

## 1 試験期間

2024年11月14日から2025年3月14日

## 2 材料および方法

2024年11月14日、川南支場で発生したみやざき地頭鶏を本試験に供した。飼養条件はみやざき地頭鶏飼養管理マニュアルに準拠し、4週齢時まではチックガードとガスブルーダーを用いて保温を行った発生日から4週齢時までは、対照区（雄50羽、雌50羽）を肉用鶏試験舎で飼養し、試験区（雄65羽、雌65羽）計130羽を隔離鶏舎で飼養した。

本試験は、鶏肉用鶏試験鶏舎と隔離鶏舎で実施した。飼養密度は同一に保つため、前述の羽数で試験

を行った。4週齢時までの点灯プログラムを表1に示した。対照区には通常の点灯プログラムを、試験区には消灯時間帯に間欠点灯プログラムをそれぞれ適用した。

4週齢時に、対照区および試験区から雌雄各88羽を、3週齢時の体側結果に基づいて選抜し、出荷日齢まで肉用鶏試験鶏舎で飼養した。なお、飼料および飲用水は試験期間中、自由に摂取させた。

使用した飼料は、0日齢から3週齢まで前期飼料（CP22%、ME3000 kcal）、3週齢から出荷3週齢までは後期飼料（CP18%、ME3230 kcal）、および出荷前3週齢は仕上げ飼料（CP18%、ME3230 kcal）を給与した。

試験鶏の体重測定は、発生日（0日齢）、1週齢から5週齢、7、9、11、13、14、15、16、17週齢時に実施した。週齢間増体量は、週齢間の体重差とした。

表1 点灯プログラム

	点灯プログラム
対照区	0-7日齢 : 0~23時点灯
	8-25日齢 : 3~21時点灯
	26日齢 : 4~20時点灯
	27日齢 : 5~19時点灯
	28日齢以降 : 自然光（日中のみ）
試験区	0-7日齢 : 0~23時点灯
	8-25日齢 : 3~17時/19~21時/23~1時点灯
	26日齢 : 3~17時/23~1時点灯
	27日齢 : 3~17時点灯
	28日齢以降 : 自然光（日中のみ）

試験鶏の体重測定は、発生日（0日齢）、1週齢から5週齢、7、9、11、13、14、15、16、17週齢時に実施した。週齢間増体量は、週齢間の体重差とした。

雄鶏は14週齢時、雌鶏が17週齢時の体重定日に川南支場でと殺解体を行った。各区の体重測定鶏から10羽を選抜し、解体調査に供した。解体調査項目はと体重、モモ肉重、ムネ肉重、ササミ重、腹腔内脂肪重、筋胃重とした。肉色は、畜試式鶏標準肉色（（社）日本食鳥協会監修）を用いて視覚的に評価し、数値化した。

## 試験結果

雌雄の体重推移を表2に示した。雌雄の体重は、1週齢から14週齢まですべての週齢において、試験区が対照区を上回る結果を示した。特に、1週齢および7週齢では、試験区の体重が対照区と比較して有意に高かった。

増体推移（表3）においても、試験区と対照区で同様の傾向を示したが、統計的な有意差は認められなかった。

雌雄の体重推移を表4に示した。雌雄の体重は、雄鶏と同様に1週齢から17週齢まですべての週齢において、試験区が対照区を上回る結果を示した。特に、1、2、5、11週齢では、試験区の体重が対照区と比較して有意に高かった。

雌雄の増体推移（表5）については、1週齢から7週齢までは試験区が増加傾向を示したが、9週齢以降は対照区で増加傾向を示した。出荷体重は雌雄ともに、試験区が対照区を上回る結果となった。

雌雄の解体成績を表6と表7に示した。雄鶏では体重において試験区が対照区を上回る高い値を示したが、その他の各部位においては、対照区が試験区を上回る高い値を示した。

雌鶏では、すべての各部位において試験区が対照区を上回る高い値を示したものの、統計的な有意差は認められなかった。

表2 雄の体重推移 (単位: g)

	対照区	試験区	
0週齢	37.1 ± 2.0	36.8 ± 1.96	
1週齢	108.5 ± 21.2	115.2 ± 8.4	*
2週齢	231.1 ± 14.6	242.6 ± 18.8	*
3週齢	416.6 ± 28.6	443.0 ± 35.4	
4週齢	619.9 ± 49.2	660.0 ± 65.7	
5週齢	859.5 ± 54.7	911.6 ± 59.2	*
7週齢	1429.0 ± 82.4	1515.7 ± 101.7	
9週齢	1985.6 ± 102.5	2072.3 ± 133.1	
11週齢	2447.8 ± 140.0	2533.0 ± 169.3	*
13週齢	2803.2 ± 203.0	2886.2 ± 273.3	
15週齢	3038.1 ± 196.9	3074.6 ± 242.5	
17週齢	3217.0 ± 216.8	3261.9 ± 288.3	

\*: p < 0.05

表3 雄の増体推移 (単位: g/日)

	対照区	試験区
1週齢	69.0 ± 14.1	83.0 ± 9.0
2週齢	143.0 ± 20.6	142.0 ± 21.8
3週齢	216.0 ± 43.9	242.0 ± 50.2
4週齢	248.0 ± 52.8	250.0 ± 130.7
5週齢	308.7 ± 47.2	325.5 ± 35.0
7週齢	832.9 ± 85.8	829.6 ± 80.7
9週齢	844.2 ± 132.1	857.4 ± 93.9
11週齢	813.4 ± 154.3	841.3 ± 175.6
13週齢	597.7 ± 216.8	587.8 ± 187.0
14週齢	197.8 ± 61.2	210.9 ± 119.3

表4 雌の体重推移 (単位: g)

	対照区	試験区	
0週齢	39.2 ± 3.1	38.8 ± 2.4	
1週齢	109.6 ± 8.8	121.4 ± 9.6	
2週齢	253.9 ± 20.5	265.7 ± 21.2	*
3週齢	475.0 ± 44.9	502.0 ± 38.7	
4週齢	727.6 ± 65.1	778.0 ± 67.2	
5週齢	1055.7 ± 70.1	1104.4 ± 56.4	
7週齢	1888.6 ± 115.7	1934.0 ± 115.0	
9週齢	2728.4 ± 206.6	2768.7 ± 213.8	
11週齢	3561.1 ± 192.0	3632.7 ± 256.6	*
13週齢	4173.3 ± 267.3	4220.5 ± 245.0	
14週齢	4375.7 ± 277.3	4431.5 ± 241.8	

\*: p < 0.05

表5 雌の増体推移

(単位:g/日)

	対照区	試験区
1週齢	75.0 ± 20.7	78.0 ± 8.0
2週齢	119.0 ± 20.5	128.0 ± 13.2
3週齢	177.0 ± 40.4	198.0 ± 61.7
4週齢	196.0 ± 48.4	205.0 ± 69.4
5週齢	238.8 ± 39.9	252.3 ± 28.7
7週齢	569.5 ± 48.9	604.0 ± 53.8
9週齢	556.7 ± 46.4	558.8 ± 50.3
11週齢	462.2 ± 137.0	461.5 ± 49.6
13週齢	347.2 ± 222.8	346.0 ± 217.9
15週齢	255.6 ± 72.5	238.1 ± 79.4
17週齢	188.1 ± 68.7	187.8 ± 70.0

表6 雄の解体成績

	対照区	試験区
生体重(g)	4381.0 ± 92.4	4386.5 ± 132.0
と体重(g)	4023.6 ± 80.6	4078.6 ± 224.5
モモ肉重(g)	853.6 ± 61.3	825.2 ± 64.5
モモ肉色	4.3 ± 0.7	4.2 ± 0.6
ムネ肉重(g)	580.2 ± 52.7	559.3 ± 68.8
ムネ肉色	4.5 ± 0.8	4.4 ± 0.5
ササミ重(g)	140.0 ± 9.9	135.8 ± 10.5
内臓脂肪重(g)	130.6 ± 36.7	117.6 ± 45.7
筋胃重(g)	70.8 ± 13.8	72.2 ± 19.1
歩留		
と体重/生体重(%)	91.8 ± 0.8	93.0 ± 4.0
モモ肉重/と体重(%)	21.2 ± 1.6	20.2 ± 1.4
ムネ肉重/と体重(%)	14.4 ± 1.3	13.7 ± 1.7
ササミ重/と体重(%)	3.5 ± 0.2	3.3 ± 0.3
筋胃重/と体重(%)	1.8 ± 0.3	1.8 ± 0.5

表7 雌の解体成績

	対照区	試験区
生体重(g)	3221.2 ± 131.1	3249.7 ± 132.2
と体重(g)	3030.8 ± 126.7	3047.8 ± 130.1
モモ肉重(g)	581.3 ± 60.8	606.4 ± 43.6
モモ肉色	4.1 ± 0.4	4.0 ± 0.5
ムネ肉重(g)	459.2 ± 40.7	471.9 ± 39.9
ムネ肉色	3.45 ± 0.7	3.5 ± 0.6
ササミ重(g)	110.9 ± 11.7	111.7 ± 10.4
内臓脂肪重(g)	195.4 ± 58.1	207.3 ± 44.6
筋胃重(g)	54.7 ± 11.2	54.3 ± 9.5
歩留		
と体重/生体重(%)	94.1 ± 0.6	93.8 ± 0.7
モモ肉重/と体重(%)	19.2 ± 1.5	19.9 ± 1.1
ムネ肉重/と体重(%)	15.2 ± 1.1	15.5 ± 1.2
ササミ重/と体重(%)	3.7 ± 0.3	3.7 ± 0.3
筋胃重/と体重(%)	1.8 ± 0.4	1.8 ± 0.3

## 考 察

本試験において間欠点灯プログラムは、通常の点灯プログラムと比較して、みやざき地頭鶏の増体に良好な影響を与える可能性が示唆された。ブロイラーにおいては、採食後の腸管輸送が約4時間とされており、6時間以上の連続消灯は増体に悪影響を及ぼすと言われている(日本チャンキー協会:ブロイラー飼養マニュアル)。本研究の点灯期間に間欠点灯プログラムを導入したことで、通常の点灯プログラムと比較して連続消灯時間が短縮され、これにより雄雌ともに幼雛期の増体量が向上したと考えられる。本試験では、4週齢まで点灯プログラムを実施し、それ以降は自然光のみで飼育したため、4週齢以降の対照区と試験区の体重差は減少傾向が見られ、最終的な出荷体重に有意差は認められなかった。

今後は、点灯プログラムの実施期間を延長することで、出荷体重に与える影響をさらに詳細に検証する必要がある。

堀之内ら(2018、2019)は、みやざき地頭鶏の発育において幼雛期の管理が重要であることを繰り返し指摘している。本研究でも幼雛期の重要性が改めて示唆されたため、今後は幼雛期の管理方法をさらに明確化し、「みやざき地頭鶏飼養マニュアル」の改訂を通じて、生産者および指導員への情報周知に努める必要がある。

## 参 考 文 献

- 日本チャンキー協会:ブロイラー管理マニュアル(2009)、68
- 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり:幼雛期飼料のCP含量がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響:宮崎県畜産試験場研究報告 第29号(2018)、54-59
- 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり:練り餌処理した幼雛期飼料がみやざき地頭鶏の発育および体重バラツキに及ぼす影響:宮崎県畜産試験場研究報告 第29号(2018)、60-64
- 堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり:幼雛期の飼槽面積の違いがみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響

:宮崎県畜産試験場研究報告 第 30 号(2019)、75-79  
堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり：幼雛期における高 CP 飼料の給与期間がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響：宮崎県畜産試験場研究報告 第 30 号(2019)、80-85

## 地域資源を活用したアミノ酸バランス改善飼料の給与が肥育豚生産に及ぼす影響（第2報）

三角 久志・高橋 京史・壺岐 侑祐<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 児湯農林振興局

Effects of Feeding a Utilizing Local Feed Resources and Amino Acid-supplemented Lower Protein Diet in Fattening Pigs Production (vol2) .

Hisashi MISUMI, Atsushi TAKAHASHI, Yusuke IKI

＜要約＞肥育豚に、本県産の地域資源を活用した低タンパク質アミノ酸バランス改善飼料（以下低CPバランス飼料）を給与し肥育を行ったところ、マッシュ形状（試験1）およびクランブル形状（試験2）の市販配合飼料を給与した対照区との間に、日増体量、飼料要求率、枝肉成績、ロース肉の肉質への影響は認められなかった。一方で、低CPバランス飼料を給与した試験区の1頭当たりの総窒素排せつ量は、有意に低下し環境負荷の低減が図られた（試験1： $P<0.001$ 、試験2： $P<0.01$ ）。さらに、地域資源を活用した低CPバランス飼料の給与が経営収支に及ぼす影響を検討したところ、肥育豚1頭当たりの飼料費は、有意（試験1： $P<0.001$ 、試験2： $P<0.05$ ）に低くなり、枝肉販売額に大差がなかったことから、枝肉販売額から飼料費を差し引いた肥育豚1頭当たりの枝肉販売差額（販売差額）は、試験区が、試験1で29,558円、試験2で31,766円となった。

農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」の具体的な取組においては、「地域・未利用資源の一層の活用に向けた取組」の推進や、「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」が示されている。

宮崎県の養豚生産では、地域・未利用資源を活用する農家の一部で、給与飼料の栄養バランスが悪く、肥育豚の肥育豚の出荷日齢が延長しており、生産性の改善が求められている。

また、「みどりの食料システム戦略」で示す課題の一つである「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」については、養豚経営から排出される窒素を削減し、温室効果ガス（GHG）の排出抑制につなげる技術の普及が必要となっている。

そのような中、低CPバランス飼料を給与することで、発育を低下させることなく、糞尿由来の窒素排せつ量が低減し、養豚排水処理における負荷軽減、臭気低減効果およびGHG削減効果が期待できると報告されている（山本ら2002、尾上ら2010、大森ら

2013、須藤ら2016）。また、2020年から2022年にかけて、当场で実施した、本県産の地域資源（食品残さ混合飼料）を活用した低CPバランス飼料を肥育豚に給与した試験（柴田ら2021、三角ら2022、三角ら2023）においても、これらの報告と同様の結果が得られるとともに、地域資源の活用により、飼料費の削減が期待できるとの結果が得られている。

そこで本研究では、本県産の地域資源（米粉、菓子屑、食品残さ）を配合した低CPバランス飼料と形状が異なる（マッシュ形状とクランブル形状）二種類の市販配合飼料を肥育豚に給与した場合の発育成績、出荷成績および肉質への影響、窒素排せつ量の削減効果、さらには、養豚経営の経営収支に及ぼす影響を検討した。

## 材料および方法

### 1 試験期間

試験1の試験期間は、2023年10月25日から2024年1月22日までの90日間とした。また、肥育前期（前期）を5週間とし、その後は、肥育後期（後期）として体重120kgまで肥育を行い、終了体重に到達した時点で食肉処理場に出荷し、と畜を行った後に、供試豚のロース肉を肉質分析に供した。

試験2では、2024年10月23日から2025年1月16日までの85日間とした。また、肥育前期（前期）を4週間とし、その後は、肥育後期（後期）として、試験1と同様に体重120kgを基準に食肉処理場に出荷した。なお、発育が良好な供試豚においては、年末年始に基準体重に到達することが予想されたため、体重110kg以上に達したものは早期に出荷を行った。

### 2 供試豚および試験区分

供試豚および試験区分を表1に示した。

#### (1) 供試豚

試験1の供試豚は、2023年8月6日から8月16日の間に当場で生産されたLWD種子豚から、母豚が均等になるように、対照区と試験区に、それぞれ去

勢豚6頭と雌豚5頭を6部屋に配置した。また、配置した供試豚は基本的に雌雄別に2頭群飼を行い、各区とも一週間の馴致飼育を行った後に試験を開始した。

試験2では、2024年8月9日から8月16日の間に当場で生産されたLWD種子豚から、試験1と同様に母豚が均等になるように、対照区と試験区に、それぞれ去勢豚9頭、雌豚3頭を3部屋に配置した。また、配置した供試豚は4頭群飼を行い、試験1と同様の馴致飼育を行った後に試験を開始した。

#### (2) 試験区分

試験1の試験区分は、マッシュ形状の市販配合飼料（前期CP16%、後期CP14%）を給与する対照区と、地域資源を配合した低CPバランス飼料（前期CP12.4%、後期CP10.8%）を給与する試験区とした。

また、試験開始体重は、対照区が37.2kg、試験区が37.9kgと両区の体重をそろえて試験を開始した。

試験2では、クランブル形状の市販配合飼料（前期CP15.5%、後期CP13.5%）を給与する対照区と、地域資源を配合した低CPバランス飼料（前期CP12.0%、後期CP10.9%）を給与する試験区とした。

開始体重は、試験1では対照区が37.2kg、試験区が37.9kgで、試験2では同様に43.5kgと42.5kgであった。

表1 供試豚および試験区分

区分	供試豚		開始体重 (kg)	供試飼料	時期	CP含量 (%)	地域資源 割合(%)
	品種	性別・頭数					
試験1	対照区	LWD種	37.2±4.9	市販配合飼料 (マッシュ)	前期	16.0	—
					後期	14.0	—
	試験区	LWD種	37.9±5.9	低CPバランス飼料 (マッシュ)	前期	12.4	35
					後期	10.8	35
試験2	対照区	LWD種	43.5±2.9	市販配合飼料 (クランブル)	前期	15.5	—
					後期	13.5	—
	試験区	LWD種	42.5±2.6	低CPバランス飼料 (マッシュ)	前期	12.0	43.3
					後期	10.9	43.3

※開始体重は平均値±標準偏差

### 3 供試飼料

供試飼料の飼料原料、成分量および1kg当たり飼料単価（消費税込み）を表2に示した。

対照区の飼料原料および成分量は、飼料メーカーの表示値であり、試験1の対照区飼料の成分値は、前期ではCPが16%、可消化養分総量（TDN）が78%、後期では同様に14%と78%であった。また、試験2では、前期が15.5%と78%、後期が13.5%と77%であった。

試験1の試験区の飼料には、地域資源として米粉20%、菓子屑10%、食品残さ5%を配合し、前期と後期でそれぞれ二種混合トウモロコシ、大豆粕を主原料として、アミノ酸が充足するように配合設計を行った。また、試験2では前期、後期ともに米粉33.3%、菓子粉10%を配合し、試験1と同様の方法で配合設計を行った

試験区飼料の成分量（飼料設計値）は、試験1の前期ではCPが12.4%、TDNが78.5%であり、後期では同様に10.8%と78.5%であり、試験2では、前期が79.3%と12.1%、後期が79.7%と10.9%であった。なお、表には示していないが、飼料中のアミノ酸含量

は、前期がリジン（Lys）：0.90%、トレオニン（Thr）：0.58%、メチオニン（Met）＋シスチン（Cys）：0.54%、トリプトファン（Trp）：0.16%であり、後期が、同様に0.64%、0.41%、0.37%および0.12%と、前期および後期において、これらのアミノ酸要求量は充足されていた。

試験1の1kg当たり飼料単価は、対照区が前期103.3円、後期101.9円であったのに対し、試験区では同様に80.3円と78.7円と、原料単価が安い地域資源を配合した試験区が安かった。なお、供試飼料は、マッシュの飼料を両区とも使い、養豚農家の主な流通形態であるバラ飼料と比較して、飼料単価が約15円高かった。

試験2では、対照区が前期89.1円、後期85.8円であったのに対し、試験区は前期70.6円、後期64.7円と試験1と同様に試験区の飼料単価が安かった。なお、試験2の対照区飼料は、市販配合飼料で一般的なクランブル形状の配合飼料を供試し、マッシュ形状の低CPバランス飼料との比較を行った。

表2 供試飼料

飼料原料および成分量	試験1				試験2			
	肥育前期用		肥育後期用		肥育前期用		肥育後期用	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
穀類	64.0%	51.0%	66.0%	58.7%	69.0%	43.2%	82.0%	49.4%
植物性油かす類	21.0%	10.0%	19.0%	3.0%	21.0%	10.0%	15.0%	5.0%
そうこう類	6.0%	—	7.0%	—	3.0%	—	1.0%	—
動物性油脂	1.0%	1.0%	—	1.2%	—	0.3%	—	—
その他（菓子粉・ミネラル等）	8.0%	3.0%	8.0%	2.1%	7.0%	3.2%	2.0%	2.3%
米粉	—	20.0%	—	20.0%	—	33.3%	—	33.3%
菓子屑	—	10.0%	—	10.0%	—	10.0%	—	10.0%
食品残さ	—	5.0%	—	5.0%	—	—	—	—
粗蛋白質（CP）	16.0%	12.4%	14.0%	10.8%	15.5%	12.1%	13.5%	10.9%
粗脂肪（EE）	4.0%	4.2%	3.0%	4.3%	2.5%	3.5%	2.0%	3.5%
粗繊維（CF）	6.0%	4.9%	5.0%	5.8%	4.0%	2.0%	4.0%	3.3%
カルシウム（Ca）	0.50%	0.61%	0.50%	0.52%	0.50%	0.64%	0.50%	0.51%
リン（P）	0.35%	0.47%	0.40%	0.42%	0.40%	0.44%	0.40%	0.37%
可消化養分総量（TDN）	78.0%	78.8%	78.0%	79.3%	78.0%	79.3%	77.0%	79.7%
1kg当たり飼料単価（消費税込み）	103.3円	80.3円	101.9円	78.7円	89.1円	70.6円	85.8円	64.7円

※成分量は、対照区ではメーカー表示値、試験区では飼料設計値を示した。

#### 4 飼料成分分析

飼料の一般成分およびアミノ酸分析は、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所（北海道帯広市）に依頼した。

なお、可消化養分総量 (TDN) は、飼料成分分析値を基に、主要原料であるトウモロコシの日本標準飼料成分表：豚（中央畜産会 2009）の可溶無窒素物 (NFE)、CP、粗脂肪 (EE) および粗繊維 (CF) の各消化率を乗じて、TDN 計算式により算出した。

#### 5 飼養管理

飼養管理は、試験 1 では各区とも去勢豚と雌豚に分けて、2 頭 1 群で管理し、試験 2 では、去勢豚 3 頭、雌豚 1 頭の 4 頭一群で管理した。また、両試験ともに、飼料は自由摂取、水は自由飲水により行った。

#### 6 調査項目

調査項目は、試験 1 と試験 2 とともに、発育成績、枝肉成績、総窒素排せつ量、肉質分析および経営収支とした。

##### (1) 発育成績および枝肉成績

発育成績は、試験開始から前期終了および出荷までの日数、日増体量 (DG)、飼料摂取量および飼料要求率 (FC) とした。

体重測定は、週 1 回の間隔で行い、前期終了時および出荷までの増体量を日数で割ることで DG を求めた。

飼料摂取量は、試験期間の飼料給与量を記録し、体重測定時に計量・記録した残飼との差から求めた。また、FC は飼料摂取量を前期終了時および出荷までの増体量で割ることで算出した。

枝肉成績は、出荷日齢、出荷体重、枝肉重量、背脂肪厚 (BF) および格付等級とした。なお、格付等級は、各供試豚の日本食肉格付協会豚枝肉格付結果から、極上を 5、上を 4、中を 3、並を 2、等外を 1 として数値に変換した。

##### (2) 総窒素排せつ量

総窒素排せつ量の予測は、当該において 2021 年から 2023 年にかけて実施した試験で得られた下記の予測式（三角ら 2023）を用い、それぞれの供試豚の飼料摂取量と飼料中 CP 含量から求められる窒素摂取量を変数として算出した。

$$\text{総窒素排せつ量} = (0.6903 \times \text{窒素摂取量 } g^{*1}) - (\text{飼養日数} \times 15.317)$$

※1 窒素摂取量 (g) = 飼料摂取量 g × 飼料中 CP% / 6.25

##### (3) 肉質分析

ロース肉の肉質分析は、外観評価、肉色、脂肪色、水分含量、粗脂肪含量、遠心保水性、加熱損失率、剪断力価および脂肪融点とした。

外観評価は、ロース肉の第 7-8 胸椎間をカットし、ロース断面の脂肪交雑では豚肉の脂肪交雑標準 (PMS)、肉色では畜試式豚標準肉色 (PCS)、脂肪色では畜試式豚標準脂肪色 (PFS) を用いて、目視による評価を行った。

肉色および脂肪色は、第 7-8 胸椎部のロース断面および皮下脂肪断面について、色差計を用いて測定した。

水分含量および粗脂肪含量は、第 6 胸椎部のロース肉を用い、水分含量は加熱乾燥法 (135°C で 2 時間)、粗脂肪含量はエーテルによるソックスレー抽出法で測定した。

遠心保水性は、第 7-8 胸椎部のロース赤肉部分を用いて、家畜改良センター技術マニュアル 21 (家畜改良センター) に示す方法で行った。

加熱損失率は、第 9-11 胸椎部のロース赤肉部分から、供試豚 1 頭当たり約 25g、4 本を筋繊維に水平に 1.5cm 角に切り出し、重量測定後に 70°C の恒温槽内で 60 分間加熱して取り出し、30 分間の放冷後に重量を測定して損失率を求めた。また、加熱損失率測定後のサンプルを 1cm 角に切り出し、そのサンプルを用いてインストロンによる Warner-Bratzler 剪断力価の測定を行った。

脂肪融点は、第 9-11 胸椎部の皮下内層脂肪を 100°C で 2 時間抽出したサンプルを用い、ガラス毛细管を用いた上昇融点法により測定した。

(4) 経営収支（消費税込み）

飼料費は、前期および後期の飼料摂取量と1kg当たり飼料単価から肥育豚1頭当たりの飼料費を求めた。また、枝肉販売額は、枝肉重量と1kg当たり枝肉単価から求め、それに内蔵価格を加えた。なお、枝肉単価は、枝肉相場の影響を除くために、東京・大阪食肉市場における直近二カ年の格付別平均単価を用いた。さらに、枝肉販売額と飼料費の差を枝肉販売差額として求め、経営収支を評価した。

7 統計処理

統計処理は、試験1、試験2それぞれで、マイクロソフトExcelのデータ分析を用い、分散が等しくないと仮定した二標本によるT検定を行った。

結果および考察

1 供試飼料の成分分析値

供試飼料の成分分析値を表3に示した。なお、成分分析値は、各区3サンプルの平均値である。

給与した飼料中のCP含量（原物中）は、試験1では、対照区では前期15.8%、後期13.5%とメーカー表示値と大差はなく、試験区においても、同様に12.1%と10.2%と、飼料設計のCP含量との差が0.3%と0.6%で、設計値と差はなかった。試験2では、対照区が前期16.3%、後期が14.1%とメーカー表示値より0.6~0.8%高く、試験区においては、同様に13.2%と11.1%と、前期で設計値より1.1%高かった。

TDN含量は、試験1では、対照区が前期76.9%、後期76.6%であったのに対して、試験区では同様に78.5%と79.4%と、試験区が1.6%と2.2%高い値となった。試験2では対照区が前期78.1%、後期75.4%と、後期でメーカー表示値より1.6%低く、試験区においては、同様に78.1%と76.7%と、設計値より1.2%と1.2%と3.0%低かった。

試験区飼料のLys、MetおよびThr含量は、試験1および試験2ともに、結晶アミノ酸添加により対照区と大差はなく、これらのアミノ酸は、前期および後期における肥育豚のアミノ酸要求量を充足していた。

表3 供試飼料の成分分析値

試験区分	時期		DM (%)	TDN (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)	NFC (%)	Ca (%)	P (%)	Lys (%)	Met+Cys (%)	Thr (%)	
試験1	対照区	前期	原物	87.4	76.9	15.8	4.8	12.6	49.2	0.48	0.47	1.09	0.25	0.67
		乾物	-	87.9	18.0	5.5	14.4	56.3	0.55	0.53	1.24	0.29	0.77	
	試験区	前期	原物	87.2	76.6	13.5	4.2	9.4	53.8	0.58	0.49	0.88	0.41	0.62
		乾物	-	87.9	15.5	4.9	10.8	61.7	0.67	0.57	1.01	0.47	0.71	
	対照区	後期	原物	86.8	78.5	12.1	4.2	9.1	57.9	0.55	0.44	0.86	0.37	0.55
		乾物	-	90.5	14.0	4.9	10.5	66.7	0.63	0.50	1.00	0.42	0.64	
試験2	対照区	前期	原物	87.0	79.4	10.2	4.3	7.5	60.2	0.68	0.46	0.65	0.43	0.37
		乾物	-	91.3	11.7	4.9	8.6	69.2	0.78	0.53	0.75	0.50	0.43	
	試験区	前期	原物	86.4	78.1	16.3	4.8	14.1	50.5	0.53	0.51	1.00	0.17	0.79
		乾物	-	90.4	18.9	5.6	16.3	58.4	0.61	0.59	1.16	0.20	0.91	
	対照区	後期	原物	86.4	75.4	14.1	1.9	9.2	59.5	0.62	0.49	0.90	0.08	0.52
		乾物	-	87.3	16.3	2.2	10.6	68.9	0.72	0.57	1.04	0.09	0.60	
試験区	前期	原物	86.8	78.1	13.2	2.5	4.5	60.6	1.11	0.67	0.79	0.33	0.63	
	乾物	-	90.0	15.2	2.9	5.2	69.8	1.28	0.77	0.91	0.38	0.73		
対照区	後期	原物	86.3	76.7	11.1	2.8	9.7	60.9	0.65	0.33	0.69	0.15	0.49	
	乾物	-	88.9	12.9	3.2	11.2	70.6	0.75	0.38	0.80	0.17	0.57		

## 2 飼料摂取量

飼料摂取量を表4に示した。

飼料摂取量は、試験1の前期では、対照区が103.1kg、試験区が100.2kgと差はなく、後期では、同様に168.5kgと157.8kgで、肥育期間が短かった試験区が少なくなったが、その差は有意ではなかった。一方で、試験2では、対照区が85.5kgと93.4kg、試験区が93.4kgと125.1kgと、前期で、試験区が有意( $P<0.001$ )に多く、全期間では、対照区が196.1kg、

試験区が218.4kg ( $P=0.123$ )と、有意ではなかったものの、試験区が22.3kg多くなった。これは、対照区飼料がクランブル形状の飼料であり、飼料形状の影響が認められた。

なお、地域資源として、米粉、菓子屑等の地域資源を試験1では、35%、試験2では43.3%配合した試験区飼料の嗜好性は、市販配合飼料に比較して遜色ないものであり、飼料自給率の向上に大きく寄与できるものと思われる。

表4 飼料摂取量

(単位: kg)

時期	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
肥育前期	103.1 ± 6.6	100.2 ± 6.7	n.s	85.5 ± 3.2	93.4 ± 4.9	****
肥育後期	168.5 ± 17.1	157.8 ± 28.1	n.s	110.6 ± 29.9	125.1 ± 39.5	n.s
全期間	271.6 ± 18.0	258.6 ± 23.3	n.s	196.1 ± 29.5	218.4 ± 36.8	n.s

※ 平均値 ± 標準偏差

※ n.s: 有意差なし、\*\*\*\*  $P<0.001$

## 3 発育および飼料効率

### (1) 体重およびDGの推移

平均体重の推移を図1と図2に、DGの推移を図3と図4に示した。

平均体重は、図1のとおり、試験1では開始以降、前期終了の5週後、出荷開始前の9週後まで試験区が上回る体重で推移し、差が若干広がる傾向にあったが、両区とも順調に体重が増加した。また、試験2では、図2のとおりほぼ同等の体重で推移した。

両区の平均DGは、試験1では、図3のとおり、前期終了の5週まで1,000g/日以上で推移し、特に試験区では良好な増体を示しその後の後期は1,000g/日前後で推移した。また、試験2では、図4のとおり、前期終了の4週までは、両区ともに1,200g/日前後の高い発育を示し、その後の後期は、若干の低下傾向はみられたが、いずれも1,000g/日程度で推移しており、飼料中のCP含量の影響は認められなかった。このことは、配合飼料中のCP含量を低くしても、Lys、Met等の不足するアミノ酸を添加して、アミノ酸バランスを改善すれば、発育に影響がないとする報告(須藤ら2016)と一致する結果となった。

また、これまでに、食品残さ等を給与する県内の一部の養豚農家では、飼料中のCP含量が低く、そのことを要因とした肥育豚の発育低下や出荷日齢の延長がみられている。これらの農家では、アミノ酸含量等の飼料分析を行った上で、給与飼料のアミノ酸バランスを調整することにより、発育の低下を防ぐことができ、農家の生産性向上と経営改善につながるものと考えられる。

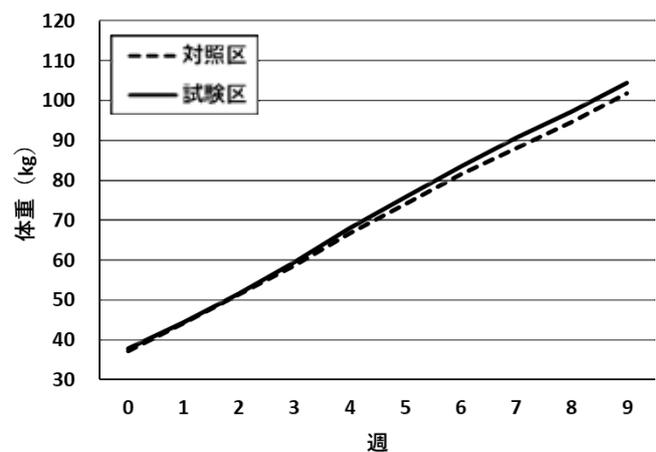


図1 体重の推移 (試験1)

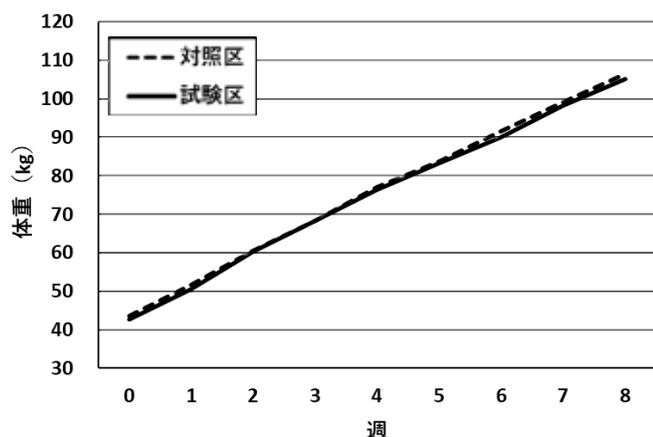


図2 体重の推移（試験2）

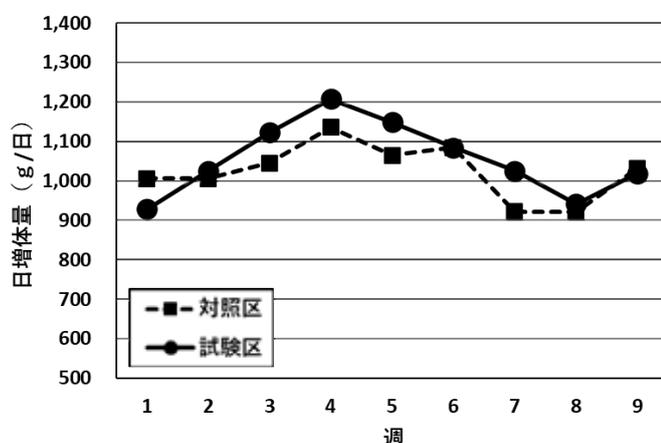


図3 日増体量の推移（試験1）

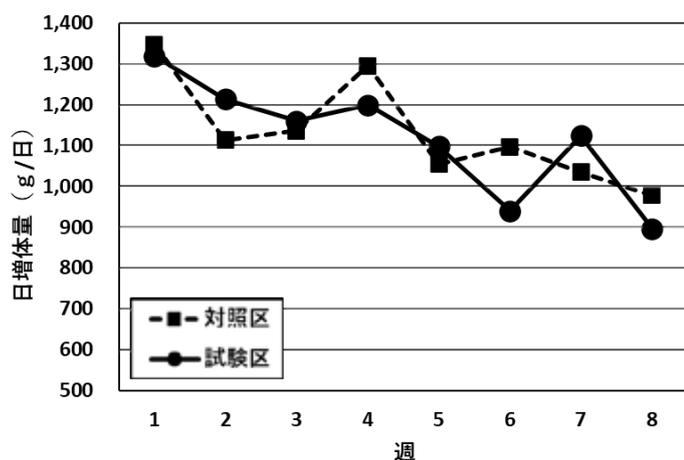


図4 日増体量の推移（試験2）

(2) 発育成績および飼料要求率

発育成績および飼料要求率を表5に示した。

体重は、試験1では、開始時が対照区37.2kg、試験区37.9kgで、前期終了時が同様に74.0kgと76.0kg、試験終了時が122.0kgと121.8kgで両区に差はなかった。また、試験2では、開始時が対照区43.5kg、試験区42.5kgで、前期終了時が同様に77.1kgと76.4kg、試験終了時が117.4kgと116.5kgと試験1と同様に、各時期の体重、差は認められなかった。なお、試験2では食肉処理場の受入に伴う早期出荷の実施により、終了時体重が、試験1より4.6kgと5.3kg低くなっているが、給与飼料の影響ではなかった。

DGは、試験1では、前期が対照区1,052g/日、試験区1,087g/日 ( $P=0.256$ )で、後期が同様に984g/日と1,022g/日と大差 ( $P=0.439$ ) はなかったが、試験区の肥育期間が短い傾向 ( $P=0.088$ ) にあった。また、試験2では、前期が対照区1,200g/日、試験区1,210g/日 ( $P=0.835$ )、後期が同様に1,060g/日と985g/日と大差 ( $P=0.226$ ) はなかったが、試験1とは逆に試験区の肥育期間が3.6日長くなったが、その差 ( $P=0.444$ ) は有意ではなかった。以上、試験1と試験2の結果から、低CPバランス飼料給与による発育への悪影響は認められなかった。

FCは、試験1では、前期が対照区2.81、試験区2.64と試験区が有意 ( $P<0.05$ ) に低く、後期では3.53と3.57と差 ( $P=0.771$ ) はなく、全期間でも3.20と3.14で同等 ( $P=0.442$ ) の飼料効率であった。一方、クランブル形状の配合飼料を対照区飼料とした試験2では、前期が対照区2.56、試験区2.78 ( $P<0.1$ )、後期が同様に2.72と3.06 ( $P<0.1$ )、全期間では2.65と2.94と、有意 ( $P=0.05$ ) に対照区の飼料効率が上回る結果となった。しかし、試験1の結果と比較して、試験2の試験区の飼料効率が上回っており、低CPバランス飼料の給与による影響と考えるよりも、飼料形状の影響が大きかったと考えられた。

また、試験1で無薬飼料を給与した試験区の一部でタール様便が発生したことから、試験2ではその対策として、生菌剤の飼料添加を行ったこともあり、試験1でみられたタール様便等の疾病の発生は認められなかった。

表5 発育成績及び飼料要求率

項目	試験1			試験2			
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果	
体重 (kg)	開始時	37.2 ± 4.9	37.9 ± 5.9	n.s	43.5 ± 2.3	42.5 ± 2.6	n.s
	前期終了時	74.0 ± 6.3	76.0 ± 6.3	n.s	77.1 ± 3.4	76.4 ± 5.0	n.s
	終了時	122.0 ± 2.5	121.8 ± 4.1	n.s	117.4 ± 5.7	116.5 ± 4.1	n.s
日増体量 (g/日)	肥育前期	1,052 ± 81	1,087 ± 57	n.s	1,200 ± 87	1,210 ± 139	n.s
	肥育後期	984 ± 99	1,022 ± 114	n.s	1,060 ± 109	985 ± 172	n.s
	全期間	1,012 ± 60	1,053 ± 73	n.s	1,118 ± 105	1,071 ± 147	n.s
飼料要求率 (FC)	肥育前期	2.81 ± 0.16	2.64 ± 0.21	**	2.56 ± 0.21	2.78 ± 0.31	*
	肥育後期	3.53 ± 0.30	3.57 ± 0.33	n.s	2.72 ± 0.30	3.06 ± 0.56	*
	全期間	3.20 ± 0.13	3.14 ± 0.21	n.s	2.65 ± 0.24	2.94 ± 0.36	**

※ 平均値±標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*P&lt;0.1、\*\* : P&lt;0.05

#### 4 総窒素排せつ量

総窒素排せつ量の予測値を表6に示した。

試験1の1頭当たりの総窒素排せつ量の予測値は、前期では対照区が1,241g、試験区が815g、後期では同様に1,735gと1,107g、肥育全期間では2,976gと1,921gと、いずれも試験区が有意(P<0.001)に低く、これまでの報告(山本ら2002、尾上ら2010、須藤ら2016、柴田ら2021、三角ら2022)と同様の結果を示し、低CPバランス飼料の給与により総窒素排せつ量が35.5%削減された。

なお、試験1における糞尿中への窒素排せつ量の削減率は、低CPバランス飼料を体重40kgから110kgまで肥育豚に給与した場合の窒素排せつ量の削減予

測値37.2%(家入ら2000)と、ほぼ同等の削減率となった。

試験2は、前期では対照区が1,111g、試験区が932gと、試験区が有意(P<0.001)に低かったものの、後期では、1,055gと883gと差(P=0.206)がなく、全期間では2,166gと1,816gと有意(P<0.01)と有意ではあったものの、総窒素排せつ量の削減率は16.6%と、試験1と比較して低CPバランス飼料給与の効果は半減された。しかし、これはクランブル形状の飼料給与による飼料効率の影響が大きかったと考えられ、肥育豚用配合飼料にクランブル形状の飼料が広く利用されている要因の一つであると考え

表6 総窒素排せつ量

項目	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
肥育前期 (g/頭)	1,241 ± 119	815 ± 83	****	1,111 ± 58	932 ± 71	****
肥育後期 (g/頭)	1,735 ± 240	1,107 ± 211	****	1,055 ± 299	883 ± 333	n.s
全期間 (g/頭)	2,976 ± 206	1,921 ± 155	****	2,166 ± 292	1,816 ± 288	***

※ 平均値±標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*\*\*P&lt;0.01、\*\*\*\*P&lt;0.001

## 5 枝肉成績

枝肉成績を表7に示した。

出荷日齢は、試験1では対照区が158.0日、試験区が154.1日と、試験区が3.9日短く（ $P=0.156$ ）、試験2では、142.5日と145.8日と、試験区が3.3日長かった。しかし、その差（ $P=0.777$ ）は僅かで、低CPバランス飼料給与の出荷日齢への悪影響は認められなかった。

枝肉重量は、試験1では、対照区が80.4kg、試験区が80.6kgと両区に差（ $P=0.935$ ）はなく、両区とも目標とした枝肉重量80kgを達成する良好な結果であった。また、試験2では、対照区が76.7kg、試験区が75.5kgと、試験区が若干低かった（ $P=0.488$ ）が、低CP飼料給与の影響ではなく、大貫を防ぐために早期出荷を行った影響があったと考えられた。

枝肉歩留は、試験1では対照区が65.8%、試験区が66.2%と、枝肉重量と同様に、両区に差（ $P=0.526$ ）はなく、体重120kgを基準とした出荷豚の選畜により、目標とした枝肉重量80kgに平準化することができた。また、試験2では、対照区が65.3%、試験区が64.7%（ $P=0.329$ ）と、試験1と比較して若干枝肉歩留が低くなった。これは、体重測定を試験1では飼料給与前に行ったのに対して、試験2では、飼料給与後に行ったことが影響したと思われた。

BFは、試験1では、対照区2.20cm、試験区2.42cm（ $P=0.493$ ）で、試験2では同様に2.29cmと2.58cmと試験区が厚い傾向（ $P<0.1$ ）にあった。本試験では、

米粉と菓子粉を試験1では30%、試験2では43.3%配合しており、これらの飼料の多給が影響したこともBFが厚かった要因の一つであると考えられた。なお、飼料用米や玄米を多給したこれまでの報告

（小林ら2010、島田ら2010）では、多給区のBFが厚い傾向が認められることから、玄米等のデンプン質飼料原料の配合割合は30%以下とした方がよいと考えられた。

枝肉格付等級は、試験1では、対照区3.4、試験区3.0（ $P=0.433$ ）、試験2では同様に3.55と2.92とBFの結果が反映されて、試験区が低い傾向（ $P<0.1$ ）にあった。なお、試験2において、厚脂による格落ち割合が、対照区の27.3%に対して、試験区が66.7%と高く、枝肉単価を下げる大きな原因となった。

以上、枝肉成績をまとめると、特に試験2の試験区においては、平均枝肉重量は試験1より約5kg小さいにもかかわらず、BFが厚い傾向にあり、配合設計を行う際には、玄米等のデンプン質飼料原料の配合割合を十分に考慮する必要がある。

表7 枝肉成績

項目	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
出荷体重 (kg/頭)	122.0 ± 2.5	121.8 ± 4.1	n.s	117.4 ± 5.7	116.5 ± 4.1	n.s
出荷日齢 (日)	158.0 ± 5.9	154.1 ± 5.8	n.s	142.5 ± 10.6	145.8 ± 12.4	n.s
枝肉重量 (kg/頭)	80.4 ± 2.7	80.6 ± 3.2	n.s	76.7 ± 4.1	75.5 ± 4.1	n.s
枝肉歩留 (%)	65.8 ± 1.4	66.2 ± 1.2	n.s	65.3 ± 0.8	64.7 ± 1.6	n.s
背脂肪厚 (cm)	2.20 ± 0.55	2.42 ± 0.66	n.s	2.29 ± 0.36	2.58 ± 0.33	*
枝肉格付等級	3.36 ± 0.81	3.00 ± 1.00	n.s	3.55 ± 0.69	2.92 ± 0.79	*

※ 平均値 ± 標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*  $P<0.1$

※ 枝肉格付等級は、(社)日本食肉格付協会の格付結果に基づき、極上：5、上：4、中：3、並：2、として評価した。

## 6 肉質分析結果

### (1) 肉の外観および肉色

ロース肉の外観と色差計を用いた肉色および脂肪色について表 8 に示した。

PMS は、試験 1 では、対照区が 3.18、試験区が 3.11 ( $P=0.580$ )、試験 2 では、同様に 3.27 と 3.63 ( $P=0.201$ ) と、試験 2 の試験区で脂肪交雑が良好なものが多かったが、一定の傾向は認められなかった。また、目視判定による PCS と PFS については、試験 2 の PCS で対照区 2.36、試験区 2.75 と試験区が濃い傾向 ( $P<0.1$ ) にあった。

肉色は、試験 1 では、L 値が対照区 57.6、試験区 55.5、a 値が同様に 10.7 と 10.9、b 値が 9.8 と 9.9 で、試験 2 では、L 値が 56.7 と 55.5、a 値が 9.2 と

10.3、b 値が 8.9 と 9.2 で、試験 2 の a 値で試験区が有意 ( $P<0.05$ ) に高かった。

脂肪色は、試験 1 では、L 値が対照区 74.9、試験区 76.2、a 値が同様に 4.5 と 4.5、b 値が 7.3 と 7.4 で、試験 2 では、L 値が 73.2 と 74.0、a 値が 4.7 と 4.6、b 値が 7.0 と 7.1 と、いずれも大差は認められなかった。

なお、過去に当场で分析した LWD 種の肉色と脂肪色の値 (宮崎ら 2018、壱岐ら 2020) も同程度の数値であり、低 CP バランス飼料給与による肉色および脂肪色への影響は認められなかった。

表 8 肉の外観と肉色および脂肪色

項目	試験1			試験2			
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果	
脂肪交雑 (PMS)	3.18 ± 0.34	3.11 ± 0.22	n.s	3.27 ± 0.56	3.63 ± 0.71	n.s	
肉の外観	肉色 (PCS)	2.95 ± 0.42	3.06 ± 0.53	n.s	2.36 ± 0.55	2.75 ± 0.45	*
	脂肪色 (PFS)	1.77 ± 0.26	1.56 ± 0.30	n.s	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.21	n.s
	L値	57.6 ± 3.7	55.5 ± 6.0	n.s	56.7 ± 1.9	55.5 ± 2.9	n.s
肉色 (色差計)	a値	10.7 ± 1.2	10.9 ± 1.7	n.s	9.2 ± 1.1	10.3 ± 0.7	**
	b値	9.8 ± 1.1	9.9 ± 1.3	n.s	8.9 ± 0.5	9.2 ± 0.6	n.s
	L値	74.9 ± 1.4	76.2 ± 2.3	n.s	73.2 ± 5.1	74.0 ± 4.7	n.s
脂肪色 (色差計)	a値	4.5 ± 1.2	4.5 ± 0.9	n.s	4.7 ± 0.7	4.6 ± 1.2	n.s
	b値	7.3 ± 1.0	7.4 ± 1.0	n.s	7.0 ± 1.2	7.1 ± 0.7	n.s

※ 平均値 ± 標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*  $P<0.1$ 、\*\* :  $P<0.05$

### (2) ロース肉の理化学特性

ロース肉の理化学特性の結果を表 9 に示した。

遠心保水性は、試験 1 では対照区 74.0%、試験区 75.4% ( $P=0.297$ )、試験 2 が同様に 71.3% と 71.0% ( $P=0.769$ ) と、両区とも良好な保水性を示し、低 CP バランス飼料給与の影響は認められなかった。なお、アミノ酸バランス法によるデュロック種を用いた遠心保水性の数値 (前田ら 2019) は、71.77% と 74.06% であり、この結果と比較して、両区とも遜色ない保水性を示した。

加熱損失率は、試験 1 では対照区 21.3%、試験区 22.4% と、試験区で高い傾向 ( $P=0.062$ ) にあったが、試験 2 では、同様に 23.4% と 23.6% ( $P=0.765$ ) と差

はなく、当场で分析した LWD 種の平均値である 26.5% (堀之内ら 2010)、23.3% (宮崎ら 2018)、27.3% (壱岐ら 2021) と比較しても、加熱損失率はいずれも同等の数値であった。

剪断力価は、試験 1 では対照区 3.91kg、試験区 3.33kg ( $P=0.178$ )、試験 2 では、同様に 4.90kg と 4.87kg ( $P=0.923$ ) と一定の傾向は認められなかった。なお、当场で測定した LWD 種の平均値である 5.0kg (堀之内ら 2010)、5.27kg (宮崎ら 2018)、5.49kg (壱岐ら 2021) と比較して、試験 1 および試験 2 の各区とも同等の値であり、低 CP バランス飼料の給与が肉の物理性に影響を与えることはなかった。

脂肪融点は、試験1では、対照区 40.4℃、試験区 39.8℃ ( $P=0.592$ )、試験2では、同様に 34.6℃と 38.7℃と、試験2の対照区で有意 ( $P<0.001$ ) に低かった。なお、当场で分析したLWD種の平均値である 30.6℃ (堀之内ら 2010)、32.1℃ (宮崎ら 2018)、34.5℃ (老岐ら) と比較して、いずれも同等か高い値であり、低CPバランス飼料の給与が脂肪融点に悪影響を与えることはなかった。

水分含量は、試験1では、対照区 71.2%、試験区 72.5%と試験区が有意 ( $P<0.01$ ) に高かったが、試験2では、同様に 72.0%と 71.3% ( $P=0.281$ ) と、試験区が若干低くなった。なお、当场で分析したLWD種の平均値である 68.1% (堀之内ら 2010)、71.7% (宮崎ら 2018)、73.3% (老岐ら 2021) と比較して、いずれも遜色ない水分含量であった。

粗脂肪含量は、試験1では、対照区 4.66%、試験区 4.32% ( $P=0.301$ )、試験2では、同様に 4.68%と 5.74% ( $P=0.117$ ) で、いずれも良好な粗脂肪含量であった。なお、当场で分析したLWD種の平均値である 3.4% (堀之内ら 2010)、5.1% (宮崎ら 2018)、3.0% (老岐ら 2021) と比較すると、両区ともに、これらと同程度か上回る数値であり、地域資源を活用した低CPバランス飼料の給与による悪影響は認められなかった。さらに、試験2の試験区では、霜降りの目安といわれる粗脂肪含量 4.0%以上の割合が 83.3% (対照区 63.3%)、6.0%以上の割合が 41.7% (対照区 0.9%) と良好な肉質を示した。これは、米粉と菓子粉の配合割合が 43.3%と高かったことも影響したのではないかと推察された。

表9 ローソ肉の理化学特性

項目	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
遠心保水性 (%)	74.0 ± 3.9	75.4 ± 3.2	n.s	71.3 ± 1.8	71.0 ± 2.1	n.s
加熱損失率 (%)	21.3 ± 1.1	22.4 ± 1.3	*	23.4 ± 1.4	23.6 ± 2.5	n.s
剪断力価 (kg/cm <sup>2</sup> )	3.91 ± 1.20	3.33 ± 0.60	n.s	4.91 ± 0.97	4.87 ± 0.93	n.s
脂肪融点 (°C)	40.4 ± 2.0	39.8 ± 2.5	n.s	34.6 ± 2.0	38.7 ± 2.8	***
水分含量 (%)	71.2 ± 1.1	72.5 ± 0.8	***	72.0 ± 0.8	71.3 ± 2.0	n.s
粗脂肪含量 (%)	4.66 ± 1.28	4.32 ± 1.26	n.s	4.68 ± 1.01	5.74 ± 1.96	n.s

※ 平均値 ± 標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*  $P<0.1$ 、\*\*\* :  $P<0.01$ 、\*\*\*\* :  $P<0.001$

## 7 経営評価

### (1) 飼料費

肥育豚1頭当たりの飼料費を表10に示した。

飼料費は、試験1では、前期が対照区 10,651円、試験区 8,094円、後期が 17,169円と 12,417円、全期間が 27,820円と 20,511円で、いずれも試験区が有意 ( $P<0.001$ ) に 7,309円低くなり、飼料単価が安い地域資源の活用と、肥育期間が短かったことにより飼料費が 26.3%低減された。

一方で、試験2では、前期が対照区 7,619円、試験区 6,591円と試験区が有意 ( $P<0.001$ ) に低かったものの、試験区の飼料摂取量が多かった後期では、

9,493円と 8,091円と差 ( $P=0.182$ ) がなかった。

これにより、全期間では、17,111円と 14,682円と有意 ( $P=0.028$ ) ではあったものの、試験1よりの削減幅が縮小し、飼料費は、2,429円、削減率で 14.2%であった。なお、試験2では、一部の豚で早期出荷を行ったことによる飼料費の削減効果もあった。

さらに、供試飼料には、袋体飼料を供試しており、1kg当たりの飼料単価がバラ飼料に比べて約15円高くなっている。養豚農家に一般的に供給されるバラ飼料を利用すれば、それぞれの区で、さらに飼料費は下がると考えられる。

表10 飼料費

(消費税込み金額)

項目	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
肥育前期 (円)	10,651 ± 684	8,043 ± 540	****	7,619 ± 286	6,591 ± 343	****
肥育後期 (円)	17,169 ± 1,743	12,417 ± 2,212	****	9,493 ± 2,569	8,091 ± 2,558	n.s
全期間 (円)	27,820 ± 1,840	20,511 ± 1,830	****	17,111 ± 2,530	14,682 ± 2,364	**

※ 平均値±標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*\* P&lt;0.05、\*\*\*\* P&lt;0.001

## (2) 経営収支

経営収支について表11に示した。

肥育豚1頭当たりの枝肉販売額は、試験1では、対照区が50,675円、試験区が50,069円と、枝肉等級の差により対照区が606円高かったが、その差 ( $P=0.5499$ ) は有意ではなかった。一方で、試験2では、同様に48,314円と46,448円で、枝肉等級の影響により有意差 ( $P=0.131$ ) 対照区が1,866円高くなった。なお、試験2では、一部の豚で早期出荷を行った影響で、平均枝肉重量が試験1より対照区が4kg、試験区が5kg低くなっており、試験1と同等の枝肉重量であれば、飼料費が若干増加するものの、2,300円～3,000円枝肉販売額が増加すると考えられた。

また、枝肉販売額から飼料費を差し引いた枝肉販売差額(販売差額)は、試験1では、対照区が22,854円、試験区が29,558円と、試験区が有意 ( $P<0.001$ ) に6,704円高く、飼料費の差が経営収支に大きく影

響した。また、試験2の枝肉販売差額は、対照区が31,203円、試験区が31,766円と、試験区の飼料費の削減額が2,429円、対照区の枝肉販売額の増加が1,866円であったことにより、販売差額に差 ( $P=0.621$ ) は認められなかった。

宮崎県農業経営管理指針作目別指標(県営農支援課2015)の肥育豚常時800頭養豚肥育専業経営における肥育豚1頭当たりの飼料費以外の経費(その他経費)は、22,527円であり、販売差額との差額は、試験1では、対照区が327円、試験区が7,031円、試験2では、同様に8,676円と9,239円と、試験1の対照区以外は高い収益を上げることが示された。なお、本試験では紙袋飼料を供試しており、養豚農家で一般的に供給されるバラ飼料を利用すれば、さらに販売の増加が期待できる。

表11 経営収支

(消費税込み金額)

項目	試験1			試験2		
	対照区	試験区	統計処理結果	対照区	試験区	統計処理結果
飼料費 (円/頭)	27,820 ± 1,840	20,511 ± 1,830	****	17,111 ± 2,530	14,682 ± 2,364	**
枝肉販売額 (円/頭)	50,675 ± 1,681	50,069 ± 2,542	n.s	48,314 ± 2,712	46,448 ± 2,979	n.s
枝肉販売差額 (円/頭)	22,854 ± 1,476	29,558 ± 2,598	****	31,203 ± 1,649	31,766 ± 3,461	n.s

※ 平均値±標準偏差

※ n.s : 有意差なし、\*\* : P&lt;0.05、\*\*\*\* : P&lt;0.001

※ 枝肉販売額算出に用いた枝肉単価は、東京・大阪食肉市場の2023年4月～2025年3月までの格付等級別平均単価とした。

## 8 まとめ

本研究では、肥育豚の肥育前期および後期において試験を実施し、低 CP バランス飼料の給与によって、これまでの報告（山本ら 2002、尾上ら 2010、須藤ら 2016、柴田ら 2021、三角ら 2022、2023）と同様に、発育と飼料効率に影響を与えることなく、窒素排泄量を削減できると推察される。

また、枝肉成績および肉質においても、市販配合飼料給与と大差がなく、米粉や菓子粉等の原料単価が安い地域資源を配合した飼料を給与することにより飼料費が削減され、経営収支においても収益の増加することが期待できる。

さらには、肥育豚の飼料に、国産飼料である地域資源を活用することにより、飼料自給率が低い国内の養豚経営の飼料自給率を向上することができる。

これらの結果は、地域資源を活用した低 CP バランス飼料の給与によって、窒素排泄量等の環境負荷の軽減とあわせて、飼料費の低減と飼料自給率の向上に大きく寄与するものと考えられる。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、供試材料の調製や調達に御協力いただいた株式会社綾豚会の皆様に深く感謝いたします。

## 文 献

堀之内正次郎, 中塩屋正志, 岩切正芳, 船ヶ山裕二, 山崎紀子. 2010. 肥育豚に対する飼料用米給与試験. 宮崎県畜産試験場研究報告 22, 72-87.

家入誠二, 古閑護博, 村上忠勝. 2000. アミノ酸を添加した低タンパク質飼料の給与が肉豚の赤肉生産性に与える影響. 西日本畜産学会報 43, 67-73.

壺岐侑祐, 岩切正芳, 岐本博紀. 2021. 多産系産子の肉質向上試験(第2報). 宮崎県畜産試験場研究報告 32, 13-16.

家畜改良センター. 技術マニュアル 21, 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル. 16-17.

小林直樹, 辻本賢二郎, 伊達毅. 2010. 玄米給与割

合が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響. 福井県畜産試験場研究報告 23, 36-40.

前田恵助, 齊藤智美, 楠川翔悟, 齊藤薫, 入江正和. 高タンパク質含量でリジン/タンパク質比が低い飼料の給与がデュロック種肥育豚の生産性, 肉質, 官能特性に及ぼす影響. 2019. 日本養豚学会誌 56(2), 33-48.

守屋和幸, 広岡博之. 2017. Rパッケージを用いた最小二乗分散分析と最小二乗平均値の算出. 日本畜産学会報 89(1), 1-6.

三角久志, 甲斐敬康, 鍋倉弘良, 柴田翔平. 2022. 地域資源を活用した環境負荷低減型配合飼料の効果実証(第2報). 宮崎県畜産試験場研究報告 33, 65-71.

三角久志, 甲斐敬康, 柴田翔平. 2023. 地域資源を活用した環境負荷低減型配合飼料の効果実証(第3報). 宮崎県畜産試験場研究報告 34, 78-86.

宮崎涼子, 内山伸二, 西礼華, 竹之山慎一. 2018. 新生みやざき豚の創出試験(第1報). 宮崎県畜産試験場研究報告 29, 38-45.

宮崎県営農支援課. 2015. 宮崎県農業経営管理指針作目別指標, No204 養豚一貫経営 120 頭.

宮崎県営農支援課. 2015. 宮崎県農業経営管理指針作目別指標, No205 養豚肥育経営 800 頭.

島田芳子, 大賀友英, 秋友一郎, 岡村由香, 岡崎亮. 2010. 肥育豚への飼料用米給与が発育及び肉質に及ぼす影響(第1報). 山口県畜産試験場研究報告 25, 23-27.

Ohmori H, Nonaka I, Ohtani F, Tajima K, Kawashima T, Kaji Y, Terada F. 2013. An improved dry ash procedure for the detection of titanium dioxide in cattle feces. *Animal Science Journal*, 84:726-731

尾上武, 立花文夫, 鮫ヶ井靖雄, 小山太, 手島信貴, 山口昇一郎, 浅田研一. 2010. アミノ酸添加低タンパク質飼料の肥育豚への給与が季節別の尿量および窒素排泄量に与える低減効果. 日本養豚学会誌 47(1), 1-7.

尾上武, 立花文夫, 鮫ヶ井靖雄, 小山太, 手島信貴, 山口昇一郎, 浅田研一. 2010. 低タンパク質飼料を給与した肥育豚の堆肥化過程における窒素動態とアンモニアの発生状況. 日本養豚学会誌 47(1), 8-15.

柴田翔平, 甲斐敬康, 鍋倉弘良. 2021. 地域資源を活用した環境負荷低減型配合飼料の効果実証(第1報). 宮崎県畜産試験場研究報告 32, 64-69.

須藤立, 長田隆, 荻野暁史, 羽成勤. 2016. アミノ酸添加低タンパク質飼料を給与した肥育豚尿の汚水処理過程から発生する環境負荷ガスの排出量低減効果. 日本畜産学会報 87 (4), 373-380.

中央畜産会. 日本標準飼料成分表(2009年版). 3章 3.2

Wheeler T L, M Koohmaraie, Cundiff L V, M E Dikeman. 1994, Effects of Cooking and Shearing Methodology on Variation in Warner-Bratzler Shear Force Values in Beef, Journal of Animal Science, 72:2325-2330.

山本朱美, 高橋栄二, 古川智子, 伊藤稔, 石川雄治, 山内克彦, 山田未知, 古屋修. 2002. 肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量, 窒素排せつ量およびアンモニア発生量の低減効果. 日本養豚学会誌 39(1), 1-7.