

## 乳酸発酵処理した食品残さ飼料による黒毛和種肥育試験

水宅清二・秋山清・折原健太郎・鈴木貢<sup>1</sup>・福山欣晃<sup>1</sup>・江口淳<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中央カンセー株式会社、<sup>2</sup>株式会社バクファージャパン)

Examination of Fattening Japanese Black Bulls by Feeding By-products fermented Diets

Seiji MIZUYA, Kiyoshi AKIYAMA, Kentarou ORIHARA,  
Mitsugu SUZUKI, Yoshiaki HUKUYAMA and Jun EGUCHI

パンくず、生トウフ粕及び白菜を原料として乳酸発酵処理した食品残さ飼料による肉用牛肥育の可能性を検討するため、黒毛和種去勢牛を対象に給与試験を実施した。濃厚飼料として食品残さ飼料のみを給与する試験区、及び市販肉用牛用配合飼料を給与する対照区を設け、30ヶ月齢まで肥育試験を実施して両区を比較した。その結果、体重及び乾物TDN摂取量について差は認められなかったが、枝肉成績は試験区が対照区を下回った。また、試験区で肥育後期に第一胃内容液のpH低下及びプロトゾアの消失が認められた。

このことから、消化速度の早い食品残さ飼料を給与する場合は、濃厚飼料中の代替率や粗飼料との給与割合に留意し、第一胃の恒常性を保つ必要があると考えられた。

キーワード：乳酸発酵処理、食品残さ飼料、黒毛和種、消化速度

近年、資源リサイクルによる廃棄物の減量化及び飼料自給率向上の観点から、食品廃棄物の再利用が全国で推進されている。

当所においても、平成13～18年度に食品製造残さを高温乾燥処理した飼料を用いて、交雑種肉用牛に対する給与試験を実施した。その結果、食品残さ飼料を市販配合飼料の25%、50%及び100%代替した場合、市販配合飼料を100%給与した場合と比べて同等以上の肥育成績となり、食品残さ飼料の有用性が確認された(水宅ら 2005,2009)。

そこで、熱エネルギーを使用しない乳酸発酵処理により食品残さ飼料を調製し、これを濃厚飼料として100%給与した場合の黒毛和種肥育の可能性を検討した。

### 材料および方法

#### 試験1 食品残さ飼料の調製に関する検討

試験は平成19年4月～平成20年3月に実施した。

##### 1 食品残さ飼料の原料及び配合割合の検討

飼料原料は、安定的に入手可能かつ植物性食品残さとして分別されたパンくず、生トウフ粕、乾

燥トウフ粕及び白菜の4種類を用いた。

原料の配合割合については、乾物中粗脂肪割合が6%以下となるよう、さらに飼料攪拌機への負荷を考慮し、水分割合が50～60%になるよう検討した。

##### 2 嗜好性に関する検討

飼料原料及び配合割合の検討結果をもとに、嗜好性検討のため4種類の試作飼料を調製した(表1)。調製については、1ロット(120kg)分を均一に攪拌した後容器に密閉し、2週間乳酸発酵処理した。飼料攪拌機はPB-60EK(バクファージャパン社製)、飼料調製・保存用容器はパウードラムPOM-120(デイリーマン社製)を用いた。

嗜好性評価は4頭の黒毛和種を対象とし、一対比較法により2種類ずつ総当たりで試作飼料の乾物摂取量を比較し、採食比率をもとに5点法により評価した(渡辺 2000)(表2)。

#### 試験2 食品残さ飼料による黒毛和種肥育試験

試験は平成20年4月～平成23年3月に実施した。

試験牛は黒毛和種去勢牛を各試験区4頭ずつ計

8頭とした。肥育期間は8～16ヶ月齢を肥育前期、17～30ヶ月齢を肥育後期とした。なお、8ヶ月齢の1ヶ月間については市販育成牛用配合飼料から試験用飼料への切替の馴致期間とした。

試験区は、濃厚飼料として食品残さ飼料のみを給与する試験区と、濃厚飼料として市販肉用牛用配合飼料のみを給与する対照区の2区を設けた。食品残さ飼料の配合内容は嗜好性試験の結果に基づいて決定した。飼料の給与割合は、日本標準飼料成分表（中央畜産会 2009）の値を用いて計算した両区の乾物TDN割合が等しくなるよう設定した（表3）。

給与量については、肥育前期は2週間毎の体重に対して、日本飼養標準・肉用牛（中央畜産会 2008）の値を用いて計算した日増体量1.0のTDN要求量を給与する制限給餌とし、肥育後期は不断給餌とした。飼料は、選択採食を防止するため濃厚飼料と粗飼料を均一に混合し給与した。また、ミネラル補給のため鈣塩を常置した。さらに、25ヶ月齢以降はすべての供試牛に対して1日1頭当たり10,000IUのビタミンAを給与した。

#### 試験調査項目

##### 1. 飼料成分

食品残さ飼料はロット毎（1ロットは120kg）にサンプリングし、水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分については飼料分析基準に基づく公定法により、粗繊維、NDFは同公定法に準じた自動分析装置（ファイバーバックシステム、ゲルハルト社）により分析した。

##### 2. 飼料摂取量

給与量及び残飼料を毎日測定して算出した。

##### 3. 発育状況

2週間毎に体重及び体高を測定した。

##### 4. 血液性状

3ヶ月毎に頸静脈より血液を採取し、ビタミンAについては血漿を分離後、高速液体クロマトグラフ（SCL-10A<sup>VP</sup>、島津製作所）を用いて紫外可

視分光検出器により測定波長325nmにて測定した。カラムはShim-pack CLC-ODS（島津製作所）を、移動層はメタノールを用いた。一般生化学検査については血清に分離後、血液検査測定器（VetTest、（株）アイテックス製）により測定した。

##### 5. 第一胃内容液性状

3ヶ月毎に第一胃内容液を経口カテーテル（三紳工業）を用いて採取し、4重ガーゼでろ過した後、pHについてはpHメーター（村田製作所）により測定した。揮発性脂肪酸（VFA）については高速液体クロマトグラフ（SCL-10A<sup>VP</sup>、島津製作所）を用いて電気伝導度検出器により測定した。カラムはULTRON PS-80H及びPS-80H.G（島津製作所）を、移動層はp-トルエンスルホン酸、Bis-Tris及びEDTAの混合水溶液を用いた。

##### 6. 枝肉成績

（社）日本食肉格付協会によると畜時の枝肉格付により評価した。

##### 7. 肉質性状

第6～7胸椎間の胸最長筋をミンチ状に処理し、水分、粗脂肪及び粗蛋白質を飼料分析基準に基づく公定法を参考に分析した。また、胸最長筋一僧帽筋間の筋間脂肪をサンプリング後凍結保存し、（財）日本食品分析センターにガスクロマトグラフ法による脂肪酸組成分析を委託した。

## 結 果

### 試験 1

#### 1. 食品残さ飼料の原料及び配合割合

4種類の食品製造残さを原料とし、材料および方法で述べた条件を満たすNo.1～No.4の配合割合で試作飼料を調製した（表1）。

#### 2. 嗜好性評価

試作飼料No.1～No.4について、5点法により評価した嗜好性評点を表4に示す。供試牛4以外はいずれも試作飼料No.3が最も嗜好性が高く、評点総計も試作飼料No.3が最も高かった。

表1 試作飼料（No.1～No.4）の栄養成分及び配合割合（%）

	栄養成分								配合割合			
	水分	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	NDF	粗灰分	TDN	乾燥トウフ粕	生トウフ粕	パンくず	白菜
No. 1	56.8	18.4	4.2	67.5	6.1	20.6	3.8	94.8	15	—	40	45
No. 2	57.5	17.4	3.9	71.2	3.8	18.3	3.7	95.8	10	—	45	45
No. 3	52.5	16.8	3.9	72.9	3.2	17.7	3.0	97.2	—	35	55	10
No. 4	55.0	17.3	4.3	71.2	4.1	18.6	3.1	96.8	—	40	50	10

※栄養成分は、水分以外は乾物重量%、配合割合は現物重量%

表2 5点法による評点

採食比率 (乾物重量%)	嗜好性評点
0 ~ 20	-2
20 ~ 40	-1
40 ~ 60	0
60 ~ 80	+1
80 ~ 100	+2

試験2

最も嗜好性評価の高かった試作飼料No.3の食品残さ飼料を用いて肥育試験を実施した。

1. 飼料成分

飼料成分については、試験期間を通してロット間のばらつきが小さく安定しており、また設計値に近い値であった (表5)。

2. 飼料摂取量

各区の給与割合を反映し、粗飼料摂取量は試験区が、濃厚飼料摂取量は対照区が高い値となったが、合計飼料摂取量及びTDN摂取量について両区に有意な差は認められなかった (表6)。

ただし、23~25ヶ月齢において、試験区でTDN摂取量の低下が認められ (図1)、また肥育後期に試験区で粗飼料の残飼が多く見られた。

3. 発育状況

体重及び体高について、肥育前期開始時及び終了時、肥育後期終了時でいずれも両区に有意な差は認められなかった。また日増体量についても、

肥育前期、肥育後期及び肥育全期間でいずれも両区に有意な差は認められなかった (表7)。

ただし、23~25ヶ月齢において、試験区で増体の停滞が認められた (図2)。

表4 試作飼料No.1~No.4の嗜好性評点

飼料No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	
供試牛1	-2	+2			
	-2		+2		
	-2			+2	
		-2	+2		
		-2		+2	
供試牛2			+2	-2	
	計	-6	-2	+6	+2
		0	0		
		0	0		
		-2		+2	+2
供試牛3		-2	+2		
		-1		+1	
			+1	-1	
	計	-2	-3	+3	+2
		+1	-1		
供試牛4			+1	-1	
				+1	
			-2	+2	
			0	0	
			+1	-1	
供試牛3	計	+1	-3	+4	-2
		-2	+2		
		+2		-2	
		+2			-2
			+1	-1	-2
供試牛4	計	+2	+5	-1	-6
	評点総計	-5	-3	+12	-4

表3 試験区の構成及び給与飼料成分 (乾物重量%)

	給与飼料	給与割合	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	NDF	粗灰分	TDN
試験区 (肥育前期)	食品残さ飼料	46 (63)							
	スーダングラス	48 (33)	11.2	3.3	61.6	17.2	43.3	6.7	74.4
	アルファルファ	6 (4)							
対照区 (肥育前期)	市販配合飼料	73 (74)	11.9	3.2	66.5	11.5	44.1	6.9	74.3
	スーダングラス	27 (26)							
試験区 (肥育後期)	食品残さ飼料	64 (78)							
	稲わら	36 (22)	13.0	3.7	60.7	12.4	33.9	10.1	76.6
対照区 (肥育後期)	市販配合飼料	88 (89)	13.5	3.5	67.7	7.4	38.4	7.8	76.6
	稲わら	12 (11)							

※給与割合の ( ) 内は原物重量%

表5 食品残さ飼料の成分 (乾物重量%)

	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	NDF	粗灰分	TDN
設計値 <sup>1)</sup>	17.0	5.0	70.7	4.4	17.7	2.8	97.2
分析値 <sup>2)</sup>	17.5±0.4	4.9±0.6	72.1±0.9	2.7±0.4	16.8±0.9	2.9±0.1	

1) 原料の成分分析値に基づき計算した値

2) 試験期間中のロット毎の成分分析値の平均±標準偏差

表6 飼料摂取量（1頭当たり、乾物kg）

		飼料摂取量			TDN摂取量
		粗飼料	濃厚飼料	合計	
肥育前期 (9~16ヶ月齢)	試験区	868±15	766±16	1634±29	1217±22
	対照区	457±60	1266±169	1724±229	1282±171
肥育後期 (17~30ヶ月齢)	試験区	786±64	1792±184	2578±244	2053±202
	対照区	310±87	2427±581	2737±667	2100±507
肥育全期間 (9~30ヶ月齢)	試験区	1654±64	2558±192	4212±251	3269±208
	対照区	768±142	3693±735	4461±876	3382±663

※8ヶ月齢の馴致期間を除く

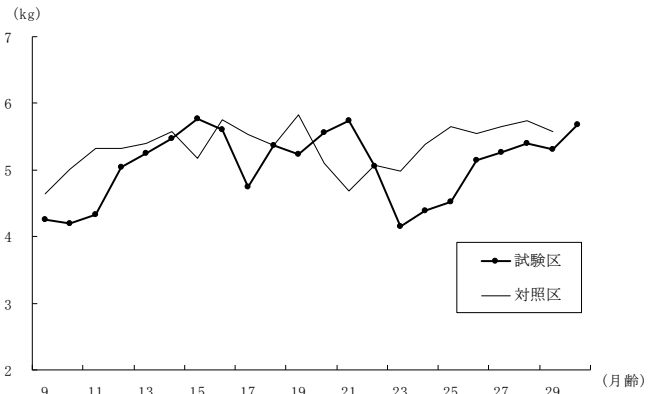


図1 TDN摂取量（乾物kg/日・頭）

表7 体重、日増体量及び体高

	試験区	対照区
体重(kg)		
8ヶ月齢(前期開始)	233±10	212±37
16ヶ月齢(前期終了)	444±12	434±62
30ヶ月齢(後期終了)	647±79	653±138
日増体量(kg)		
8~16ヶ月齢(肥育前期)	0.87±0.14	0.89±0.12
17~30ヶ月齢(肥育後期)	0.46±0.16	0.53±0.22
8~30ヶ月齢(肥育全期)	0.62±0.12	0.66±0.15
体高(cm)		
8ヶ月齢(前期開始)	109±2	107±4
16ヶ月齢(前期終了)	127±2	128±4
30ヶ月齢(後期終了)	139±4	140±4

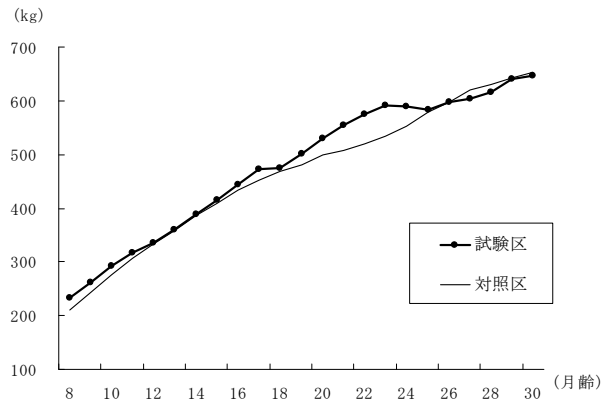


図2 体重推移

表8 血液生化学成分及び血漿中ビタミンA

	TP (g/dl)	GLU (mg/dl)	BUN (mg/dl)	CHOL (mg/dl)	AST (U/L)	GGT (U/L)	Ca (mg/dl)	Mg (mg/dl)	PHOS (mg/dl)	ビタミンA (IU/dl)
8ヶ月齢(前期開始)	試験区 7.1±0.1	106±9	13±2 <sup>a</sup>	117±20	64±5	18±5	10.4±0.1	2.3±0.2	8.6±0.4	92.6±10.1
	対照区 6.6±0.5	100±10	18±3 <sup>b</sup>	127±12	64±18	22±6	10.4±0.1	2.6±0.2	8.5±0.7	99.7±17.9
16ヶ月齢(前期終了)	試験区 6.8±0.1	83±5	14±3	219±28 <sup>a</sup>	45±10	33±6	10.5±0.3	2.5±0.1	6.5±1.0	62.5±7.6
	対照区 7.0±0.5	94±7	12±1	177±17 <sup>b</sup>	55±13	36±8	10.1±0.1	2.7±0.5	7.5±1.3	73.5±22.4
30ヶ月齢(後期終了)	試験区 6.7±0.5	73±3 <sup>a</sup>	13±2	131±51	82±33	57±37	9.8±0.3	1.8±0.2	6.2±0.7	78.2±31.0
	対照区 6.9±0.4	83±6 <sup>b</sup>	14±2	167±46	68±9	45±9	9.3±0.2	2.7±0.5	6.9±0.5	77.8±15.4
標準値	5.8~8.0	46~93	7~17	76~227	0~91	0~80	7.8~10.5	1.3~2.4	4.3~7.9	

TP：総蛋白、GLU：グルコース、BUN：尿素窒素、CHOL：コレステロール、AST：アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、

GGT：ガンマーグルタミルトランスフェラーゼ、Ca：カルシウム、Mg：マグネシウム、PHOS：無機リン

※異符号間に有意差あり (p<0.05)

#### 4. 血液性状

血液生化学成分及び血漿中ビタミンAについて両区に顕著な差や異状は認められなかった(表8)

#### 5. 第一胃内容液性状(表9)

pHについては、試験区で22ヶ月齢以降、健康牛の値とされる6.5~7.5(清水ら1988)を大きく下

回る値で推移した。

酢酸/プロピオン酸比(A/P比)については16~22ヶ月齢の間、試験区が対照区に比べ有意に低かった。

プロトゾア数については、試験区で19ヶ月齢以降僅少もしくは観察されなかった。

## 6. 枝肉成績及び肉質性状

枝肉成績については、格付、枝肉重量をはじめ多くの項目で試験区が対照区を下回った(表10)。脂肪酸組成については、試験区の一価不飽和脂

肪酸が対照区より低く、また胸最長筋の成分については、試験区が対照区に比べ水分割合が高く粗脂肪割合が低かったが、いずれも有意な差ではなかった(表11)。

表9 第一胃内容液性状

		pH	総VFA濃度 (mmol/dl)	A/P比	プロトゾア (千匹/ml)
8ヶ月齢	試験区	6.8±0.1	8.4±1.8	3.2±0.2	
(前期開始)	対照区	7.1±0.2	7.1±0.7	3.1±0.3	
16ヶ月齢	試験区	7.1±0.2	7.5±1.6	2.9±0.3 <sup>a</sup>	980±566
(前期終了)	対照区	7.0±0.2	6.8±1.0	3.8±0.2 <sup>b</sup>	1364±377
19ヶ月齢	試験区	6.4±0.5	9.8±1.1	1.2±0.1 <sup>a</sup>	0
	対照区	6.3±0.4	8.5±2.4	2.2±0.5 <sup>b</sup>	520±272
22ヶ月齢	試験区	6.0±0.6	9.5±1.5	1.3±0.0 <sup>a</sup>	0
	対照区	6.7±0.5	8.4±2.6	1.8±0.3 <sup>b</sup>	636±449
25ヶ月齢	試験区	5.8±0.5	8.6±0.7	1.4±0.4	28±56
	対照区	6.3±0.3	9.0±1.2	1.6±0.2	344±407
28ヶ月齢	試験区	5.8±0.5	9.1±1.2	1.6±0.7	0
	対照区	6.4±0.2	7.7±1.3	2.2±0.8	417±359
30ヶ月齢	試験区	6.1±0.5	8.7±0.7	1.4±0.6	0
(後期終了)	対照区	6.5±0.4	7.4±1.8	2.2±0.8	368±300

※異符号間に有意差あり (p<0.05)

表11 肉質性状

脂肪酸組成 (筋間脂肪)	試験区	対照区
ミリスチン酸 (14:0)	2.6±0.5	2.9±0.4
ミリスチン酸 (14:1)	0.8±0.3	1.4±0.2
パルミチン酸 (16:0)	24.2±1.7	25.1±0.3
パルミトリン酸 (16:1)	3.7±0.4	5.0±0.8
ステアリン酸 (18:0)	12.2±1.8 <sup>a</sup>	9.6±0.6 <sup>b</sup>
オレイン酸 (18:1)	44.7±5.0	47.9±2.3
リノール酸 (18:2)	2.6±0.7	2.2±0.5
α-リノレン酸 (18:3)	0.3±0.1	0.0
飽和脂肪酸	40.5±3.7	38.6±0.8
不飽和脂肪酸	53.1±4.6	57.6±1.1
一価	50.2±4.9	55.4±1.5
多価	2.9±0.8	2.2±0.6
水分 (胸最長筋)	52.9±2.7	47.1±9.1
粗蛋白質 (胸最長筋)	15.9±1.3	14.6±3.3
粗脂肪 (胸最長筋)	30.2±4.1	37.7±12.4

※異符号間に有意差あり (p<0.05)

表10 枝肉成績

試験区	枝肉格付	歩留 基準値	枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	BMS No.	BCS No.	縮まり きめ等級	枝肉単価 (円)	販売金額 (千円)
試験区	A3, B3, B3, B2	71.9±1.2	385.5±50.2	40.3±11.9	6.8±0.7	2.7±0.7	3.3±1.0	4.0	2.8±0.5	1252±72	529±68
対照区	A5, A4, A4, B2	72.7±1.1	415.3±103.5	50.8±13.9	6.6±1.8	2.8±0.8	6.0±2.9	3.8±0.5	3.8±1.3	1534±263	708±259

## 考 察

本試験は、黒毛和種肥育牛を対象とし、熱エネルギーを使用しない乳酸発酵処理により調製した食品残さ飼料を用いて肥育の可能性を検討したものである。

食品残さ飼料の原料は、本県で安定的に入手可能かつ分別された食品製造残さを対象としたためパンくず、生トウフ粕及び白菜と限定された原料となった。さらにTDN割合の高いパンくずと生トウフ粕の配合割合を高くしたため、調製後の食品残さ飼料の乾物TDN割合も97.2%と高くなり、消化速度についてもこれまでの研究結果(小野内栄治ら 1999)より速いと推測された。

この食品残さ飼料を用いて、試験区と対照区の乾物TDN割合が同一となるよう給与設計し、肥育前期は制限給餌、肥育後期は不断給餌により肥育試験を実施した。

その結果、肥育前期は体重推移や乾物TDN摂取量など両区に大きな差は認められず、また健康状態に異状も認められなかった。よって、本試験の条件で給与した場合、肥育前期については食品残さ飼料は市販肉用牛用配合飼料と同様に使用できると考えられる。

一方、肥育後期では試験区の供試牛で第一胃内容液のpH低下やプロトゾアの消失が認められた。

これに関しては、試験区で粗飼料の残飼が多く

見られたことから、粗濃比の設計値と飼料摂取状況に基づく実測値を比較してみた。その結果、対照区では設計値の11.6：88.4に対して実測値も11.3：88.7とほぼ同一であったのに対し、試験区では設計値の35.8：64.2に対して実測値は30.5：69.5となった。

つまり試験区では、消化速度の速い食品残さ飼料を、設計した給与割合より高率で摂取しており、このため急速なpH低下やプロトゾア消失等の異状が発生して第一胃の恒常性が損なわれ、ルーメンアシドーシスを起こした可能性が推測される。

一方、両区の枝肉成績におけるロース芯面積やBMS.No.等の差については、その原因は不明である。しかしながら、試験区では肥育後期における第一胃のpH低下、および23～25ヶ月齢における摂取量の低下及び増体の停滞が認められたことから、このことが最終的な肥育結果である枝肉成績に影響を及ぼした可能性が推測される。

本試験では食品残さ飼料を最大限活用することが目的の1つであり、平成16～18年度に水宅らが実施した、交雑種肉用牛を対象に高温乾燥処理した食品残さ飼料を給与した試験結果をふまえて実施した。そのため前試験同様に濃厚飼料をすべて食品残さ飼料で代替する給与設計とした。しかしながら本試験結果より、消化速度が速いと推定される食品残さ飼料を肉用牛に給与する場合は、消化速度の遅い濃厚飼料と組み合わせたり、粗飼料との給与割合を考慮する等、食品残さ飼料の摂取量が多くなりすぎないように注意し、pHやプロトゾア数が適正に維持できるよう第一胃内の恒常性を保つことが必要であると考えられる。

## 謝 辞

本試験の実施にあたりご指導・ご協力を頂いた日本大学生物資源科学部 動物資源科学科 動物栄養科学研究室 梶川 博准教授ならびに(社)日本科学飼料協会 米持千里技術部長、また肉質分析のための胸最長筋採取に際しご協力を頂いた横浜食肉市場株式会社の皆様に深く感謝の意を表します。

## 引用文献

小野内栄治, 片山信也. 1999. 食品製造副産物の飼料特性を活用した乳用種肥育牛の良質肉低コスト生産技術. 北陸地域重要新技術開発促進事業報告書, 11-15.

農業・食品産業技術総合研究機構. 2008. 日本飼養標準 肉用牛. 2008年版. 中央畜産会, 東

京  
農業・食品産業技術総合研究機構. 2009. 日本標準飼料成分表. 2009年版. 46-47,84-85,90-91. 中央畜産会, 東京

水宅清二・秋山清・折原健太郎・鈴木貢・江口淳. 2009. 食品残さ飼料の交雑種肉用牛に対する給与効果の検討. 神奈川県畜産技術センター研究報告, 2:6-11.

水宅清二・平原敏史・折原健太郎・秋山清・丹波義彰・鈴木貢・西村勝志. 2005. 食品残さ飼料の交雑種肉用牛給与試験. 神奈川県畜産研究所研究報告, 90:72-76.

元井霞子, 清水高正. 1988. 牛病学. 第2版. 62-66. 近代出版, 東京

渡辺晴彦. 2000. 黒毛和種が示す嗜好性と消化性による飼料用ソルガムの品質評価に関する研究. 長野県畜産試験場研究報告, 28:19-36.