

和牛産肉能力間接検定成績（2003年度）

運天和彦 真喜志修 棚原武毅 千葉好夫

I 緒 言

沖縄県畜産試験場では、1983年度より種雄牛の遺伝的能力を判定し、産肉性の向上を行なう目的で和牛種雄牛産肉能力検定を実施している。そこで、2003年度に終了した3頭の種雄牛について、その成績を報告する。

II 検定種雄牛および検定方法

検定を実施した種雄牛は、大分県より導入した糸幸福（いとさちふく）、肉用牛群改良基地育成事業により本県で生産した勝海邦（かつかいほう）および平勝美（ひらかつみ）の3頭で、その概要は表1のとおりである。

検定期間は、糸幸福が2002年11月25日から2003年11月24日、勝海邦が2003年1月27日から2004年1月26日、平勝美が2003年2月24日から2004年2月23日である。

検定方法は、全国和牛登録協会の和牛種雄牛産肉能力検定法¹⁾（間接法）により実施した。間接法は、検定する雄牛についてその産子（去勢牛）を364日間肥育し、その間の増体量、飼料要求率および肉質等を調査するもので、今回の検定材料牛は糸幸福および平勝美は8頭、勝海邦は7頭の産子を用いて検定を行なった。

表1 検定種雄牛の概要

名 号		糸幸福	勝海邦	平勝美
登録番号		黒原3961	黒原3958	黒原3960
生年月日		1999.7.25	1999.10.16	1999.7.1
審査得点		84.4	82.2	83.1
産 地		大分県	今帰仁村	伊江村
父		糸 福	平茂勝	平茂勝
母		たまづる7	かつこの1	まさやす
血 統	父方祖父	第7糸桜	第20平茂	第20平茂
	母方祖父	八重福	忠 福	紋次郎
体 高 (cm)		149.6	142.2	144.6
十字部高 (cm)		143.0	139.8	137.6
体 長 (cm)		178.0	171.0	174.2
胸 囲 (cm)		221.0	219.0	220.0
体型測定値	胸 深 (cm)	84.0	80.0	81.0
	胸 幅 (cm)	54.0	58.0	57.0
	尻 長 (cm)	62.0	58.0	59.0
	腰角幅 (cm)	57.0	55.0	53.0
	かん幅 (cm)	52.0	53.0	53.0
	坐骨幅 (cm)	36.0	37.0	37.0
	体 重 (kg)	818.0	834.0	780.0
	測定時年齢 (歳)	3.8	3.6	3.9

注) 体型測定値は糸幸福、勝海邦および平勝美とも2003年5月27日の数値である。

Ⅲ 検 定 成 績

検定成績は表2のとおりである。

1. 増体成績

全期間の1日増体量 (DG) は、糸幸福が1.05kg, 勝海邦が1.01kg, 平勝美が1.00kgであり2001年度 (平成13年度) の全国平均値²⁾ のDG0.94kgに比べて、糸幸福が0.11kg, 勝海邦が0.07kg, 平勝美が0.06kg重い。

2. 飼料要求率

飼料要求率 (TDN) は、糸幸福が6.40, 勝海邦が6.65, 平勝美が6.93で糸幸福が全国平均値の6.61より0.21優れ, 勝海邦および平勝美が0.04および0.32劣る。

3. 枝肉成績

枝肉重量は、糸幸福が410kg, 勝海邦が382kg, 平勝美が382kgで3頭とも全国平均値の360kgより重い。ロース芯面積は、糸幸福が48cm², 勝海邦が46cm², 平勝美が50cm²で全国平均値の48cm²より平勝美が2cm²大きく, 勝海邦が2cm²小さい。

バラの厚さは、糸幸福が7.7cm, 勝海邦が6.9cm, 平勝美が7.0cmで3頭とも全国平均値の6.4cmに比べて厚い。

皮下脂肪厚は、糸幸福が2.6cm, 勝海邦が2.2cm, 平勝美が1.7cmで全国平均値の2.2cmに比べて、糸幸福が0.4cm厚く, 平勝美が0.5cm薄い。

筋間脂肪厚は、糸幸福が6.8cm, 勝海邦が7.0cm, 平勝美が6.7cmで3頭とも全国平均値の5.9cmより厚い。

歩留基準値は、糸幸福が73.3%, 勝海邦が73.2%, 平勝美が74.3%で平勝美が全国平均値の73.5%より0.8ポイント高く, 糸幸福および勝海邦が0.02および0.03ポイント低い。

脂肪交雑 (BMS) は、糸幸福が3.0, 勝海邦が3.4, 平勝美が3.0で3頭とも全国平均値の2.9に比べて優れている。

表2 検定成績 (検定材料牛の平均値)

名 号		糸幸福	勝海邦	平勝美	全国平均値(2001)
日 齢	開 始 時 (日)	278.4	277.3	276.4	
	終 了 時 (日)	642.4	641.3	640.4	631.7
体 重	開 始 時 (kg)	280.8	264.1	263.3	
	終 了 時 (kg)	663.0	631.7	627.8	602.4
1日増体量	全 期 間 (kg)	1.05	1.01	1.00	0.94
終了時の 体型測定値	体 高 (cm)	136.6	134.6	138.1	
	体 長 (cm)	160.1	159.7	159.5	
	胸 囲 (cm)	220.0	215.8	215.4	
飼料摂取量 (現物)	濃 厚 飼 料 (kg)	2675	2718	2809	2561
	粗 飼 料 計 (kg)	845	792	819	830
飼料要求率	T D N	6.40	6.65	6.93	6.61
枝 肉 成 績	枝 肉 重 量 (kg)	410	382	382	360
	ロース芯面積 (cm ²)	48	46	50	48
	バラの厚さ (cm)	7.7	6.9	7.0	6.4
	皮下脂肪厚 (cm)	2.6	2.2	1.7	2.2
	歩留基準値 (%)	73.3	73.2	74.3	73.5
	筋間脂肪厚 (cm)	6.8	7.0	6.7	5.9
	脂肪交雑 (BMS)	3.0	3.4	3.0	2.9

IV 引用文献

- 1) 全国和牛登録協会，2000，和牛登録事務必携，58-66，148-151
- 2) 全国和牛登録協会，2003，和牛種雄牛産肉能力検定成績，3

検定補助：赤嶺圭作，伊藝博志

付属資料1

和牛産肉能力間接検定成績一覧表 (2003年度)

「糸幸福」

1. 登録番号：黒原3961 (84.4)
2. 生年月日：1999年7月25日
3. 産地：大分県

4. 血統：

父牛 糸 福 (大分・玖珠)	{	祖父牛 第7系桜	—	第14茂
		(島根・仁多)		(岡山・苫田)
	}	祖母牛 第6ふくしげ	—	千代
		(大分・玖珠)		(大分・直入)
母牛 たまづる7 (大分・直入)	{	祖父牛 八重福	—	安美土井
		(兵庫・美方)		(兵庫・美方)
	}	祖母牛 たまづる53	—	第6福久
		(大分・玖珠)		(大分・玖珠)

5. 検定材料牛名簿

番 号	1	2	3	4	5	
名 号	福太郎	福 恵	清糸幸	糸 幸	福 照	
生年月日	2002. 3. 8	2002. 3. 5	2002. 2. 25	2002. 2. 15	2002. 2. 14	
血 統	母	さとこ	さざえ	ゆみこ	はるえ	てるこ7
	母の父	糸富士	紋次郎	晴 姫	中部6	神高福
	祖母の父	晴 姫	糸富士	安波土井	安 金	第20平茂
産 地	石垣市	伊江村	今帰仁村	下地町	城辺町	

6	7	8
糸幸福	幸 姫	糸 山
2002. 2. 13	2002. 2. 11	2002. 2. 10
たかたにふく	つるこ	はるやま
福谷福	姫 桜	晴 姫
数重波	金 鶴	北国7の3
今帰仁村	竹富町	伊江村

6. 検定成績

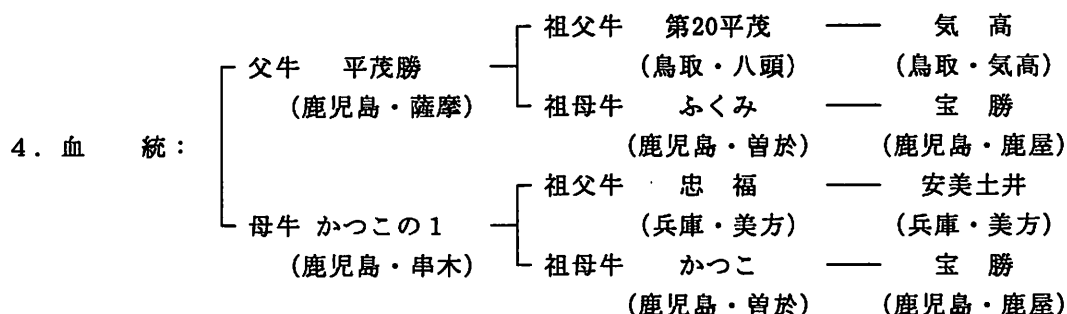
材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
開始時日令	262	265	273	283	284	285	287	288	278.4
開始時体重(kg)	214	245	303	311	287	285	276	325	280.8
終了時体重(kg)	580	560	722	676	640	686	710	730	663.0
1日平均増体量(kg)	1.01	0.87	1.15	1.00	0.97	1.10	1.19	1.11	1.05
枝 肉 重 量(kg)	359.3	346.3	453.2	427.8	386.3	419.0	428.0	460.4	410.0
ロース芯面積(cm ²)	37	52	51	36	53	50	47	56	48
バラの厚さ(cm)	7.0	7.0	8.4	8.0	7.0	7.9	8.0	8.5	7.7
皮下脂肪厚(cm)	2.6	1.8	2.5	3.4	3.1	2.7	2.3	2.5	2.6
歩留基準値(%)	72.1	74.9	73.7	71.0	73.3	73.5	73.4	74.3	73.3
脂肪交雑(BMS)	2.33	2.67	2.67	2.33	4.00	2.67	3.00	4.00	3.0
格 付	A-4	A-3	A-4	B-4	A-5	A-4	A-4	A-4	

付属資料2

和牛産肉能力間接検定成績一覧表(2003年度)

「勝海邦」

1. 登録番号：黒原3958 (82.2)
2. 生年月日：1999年10月16日
3. 産地：今帰仁村



5. 検定材料牛名簿

番 号	1	2	3	4	5	
名 号	鈴 海	勝 助	勝桜山	花 園	高 海	
生年月日	2002. 5. 8	2002. 5. 2	2002. 4. 29	2002. 4. 21	2002. 4. 19	
血 統	母	すずか	さすけ	たかやなぎ	はなこ	たかえい
	母の父	中部6	豊 喜	隆 桜	美津福	高 栄
	祖母の父	第8糸晴	谷 水	糸 晴	北国7の8	神高福
産 地	伊江村	伊江村	宜野座村	城辺町	多良間村	

6	7
春 勝	石川14の11
2002. 4. 19	2002. 4. 15
のりみ	しげみ
高 栄	谷吉土井
北国7の8	晴 茂
多良間村	今帰仁村

6. 検定成績

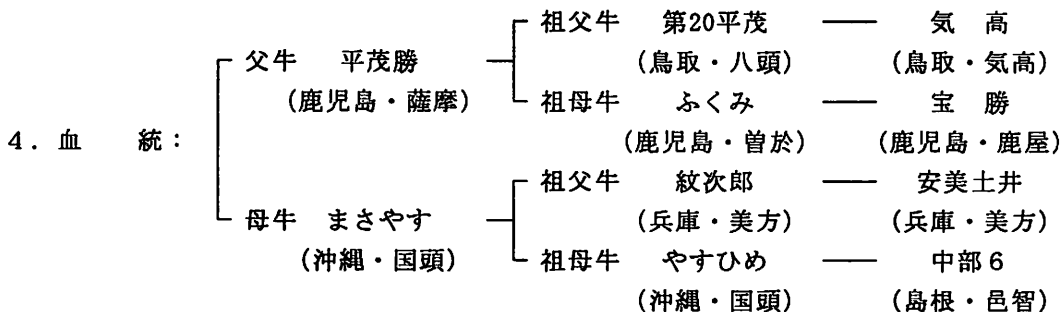
材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	平均
開始時日令	264	270	273	281	283	283	287	277.3
開始時体重(kg)	236	256	239	283	256	283	296	264.1
終了時体重(kg)	632	634	630	634	636	634	622	631.7
1日平均増体量(kg)	1.07	1.04	1.07	0.96	1.04	0.96	0.90	1.01
枝肉重量(kg)	385.1	377.5	379.7	374.6	377.9	384.7	393.8	381.9
ロース芯面積(cm ²)	46	55	38	39	53	42	46	46
バラの厚さ(cm)	6.9	6.4	6.2	7.1	7.1	7.3	7.5	6.9
皮下脂肪厚(cm)	1.8	2.2	2.3	2.3	2.0	3.1	1.7	2.2
歩留基準値(%)	73.5	74.1	71.7	72.4	74.4	72.1	73.9	73.2
脂肪交雑(BMS)	4.00	4.00	4.00	2.33	2.33	3.00	4.00	3.4
格 付	8	A-5	A-5	B-5	A-4	A-3	A-5	A-5

付属資料3

和牛産肉能力間接検定成績一覧表 (2003年度)

「平勝美」

1. 登録番号：黒原3960 (83.1)
2. 生年月日：1999年7月1日
3. 産地：伊江村



5. 検定材料牛名簿

番号	1	2	3	4	5	
名号	和 姫	平 晴	金平勝	平土井	勝 美	
生年月日	2002. 6. 1	2002. 5. 31	2002. 5. 26	2002. 5. 24	2002. 5. 21	
血統	母	かずみ4	まどか	いわひで	やすひかり	もとこ
	母の父	晴 姫	晴 茂	金秀土井	安福土井	神高福
	祖母の父	安波土井	岩牡丹	晴 姫	糸 光	金 山
産地	伊江村	伊江村	今帰仁村	宜野座村	平良市	

6	7	8
狩勝美	勝 夫	平 貝
2002. 5. 21	2002. 5. 18	2002. 5. 16
ゆかり	るみこ	かいこ
中部6	藤 波	中部6
安波土井	晴 姫	安波土井
伊江村	今帰仁村	伊江村

6. 検定成績

材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
開始時日令	268	269	274	276	279	279	282	284	276.4
開始時体重(kg)	273	276	261	215	275	235	244	327	263.3
終了時体重(kg)	654	634	576	590	640	566	652	710	627.8
1日平均増体量(kg)	1.05	0.98	0.87	1.03	1.00	0.91	1.12	1.05	1.00
枝肉重量(kg)	392.5	387.2	344.0	345.5	385.1	344.2	410.9	442.5	381.5
ロース芯面積(cm ²)	49	61	43	40	48	54	55	48	50
バラの厚さ(cm)	7.4	7.4	6.0	6.3	7.7	6.8	7.5	6.7	7.0
皮下脂肪厚(cm)	1.5	1.5	1.3	1.4	1.6	2.0	1.9	2.1	1.7
歩留基準値(%)	74.5	76.1	73.5	73.2	74.5	74.9	74.7	72.6	74.3
脂肪交雑(BMS)	2.00	3.00	5.00	2.33	2.67	5.00	3.00	1.00	3.0
格付	A-4	A-5	A-5	A-4	A-4	A-5	A-5	A-3	

琉球在来豚（アグー）を活用した銘柄豚の確立

(2) アグーの繁殖性および哺育・育成成績への近親交配による影響

大城まどか 仲村敏 鈴木直人 太田克之
渡久地政康

I 要 約

琉球在来豚アグーは復元や保存の過程において、小集団の中での近親交配が継続的に行なわれた。そこで、近親交配による影響を検討するため、アグーの繁殖性および哺育・育成成績を調査した。分娩成績調査は、沖縄県畜産試験場でこれまで飼養したアグー繁殖豚12頭30産の成績および比較対照としてアグーの分娩前後10日以内に分娩した一般豚33頭48産について行ない、哺育・育成成績調査は、上記母豚の子豚について行なった。アグー繁殖豚については発情状況調査、アグー産子については奇形率の調査も行なった。またアグーについては、当場に初めて導入された個体を第1世代として世代別の調査も行なった。

1. 総産子数はアグーが5.0頭で一般豚の10.9頭に比べ有意に少なかった。アグーの世代別総産子数は第3世代で8.0頭と最も多く、第1世代で5.1頭、第2世代で3.4頭であった。死産産子数は世代の経過とともに有意に増加した。

2. アグー繁殖豚のうち発情異常豚の割合は46.7%であった。アグーの世代別発情異常豚頭数割合は第2世代で66.7%と最も多く、第1世代で33.3%、第3世代目で0.0%であった。

3. アグー総産子の奇形率は、12.0%であった。アグーの世代別産子奇形率は、第2世代で22.6%と最も高く、第1世代で10.3%、第3世代で6.3%であった。

4. 1週目哺育・育成率はアグーが72.2%で一般豚の88.5%に比べ有意に低く、その後も9週目までアグーが有意に低く推移した。体重は生時から6週目までアグーが有意に軽く推移した。

II 結 言

近年、食肉に対する消費者のニーズは食生活の向上に伴い、高品質、安全性などへと多様化している。いっぽう、生産者側は養豚経営の体質強化を図るためこのような消費者ニーズにあった豚肉の生産をめざし、肉質等に特色のある品種および系統豚等を利用した銘柄豚肉の生産への取り組みが多くの県で行なわれている¹⁾。沖縄県においても、養豚経営の活性化や養豚振興を図る観点から、琉球在来豚（アグー）²⁾を活用した独自性のある銘柄豚の確立を望む声が多い。しかしながら、アグーについての調査、研究は少なく不明な点が多い。また、アグーは復元や保存の過程において、小集団の中での近親交配が継続的に行われた²⁾。そこで、近親交配による影響を検討するため、アグーの繁殖性および哺育・育成成績を調査した。

III 材料および方法

1. 調査期間

調査期間は、沖縄県畜産試験場にアグーが導入された1996年1月から2003年1月までとした。

2. 供試豚

1) 分娩成績

供試豚は調査期間内に分娩したアグー12頭30産、比較対照（一般豚）としてアグーの分娩前後10日以内に分娩したランドレース（L）2頭2産、大ヨークシャー（W）5頭6産、デュロック4頭5産、交雑種（LW, WL）22頭35産の計33頭48産とした。

2) 発情状況

供試豚は調査期間内に当場で飼養したアグー繁殖豚15頭とした。

3) 産子状況

供試豚は分娩成績の調査に供試したアグー12頭30産の産子とした。

4) 哺育・育成率および育成体重の推移

供試豚は分娩成績の調査に供試したアグー12頭30産，一般豚33頭48産の産子とした。

3. 調査方法および調査項目

1) 分娩成績

調査項目は，妊娠期間，1腹あたりの総産子数，死産産子数，生存産子数および生時体重とした。生時体重は生後24時間以内に測定を行なった。アグーに関しては，当場に初めて導入された個体を第1世代，その後代を順に第2，第3世代として世代別の調査も行なった。アグーの交配は，第1世代の雌は第1世代の雄との交配で，第2世代の雌は第1および第2世代の雄との交配，第3世代の雌は第2世代の雄との交配である。

2) 発情状況

3回以上自然交配しても受胎せず発情を繰り返す豚を再発豚，発情徴候が微弱または認められない豚を発情微弱または無発情豚，正常に発情し受胎する豚を正常豚とし，世代別に調査した。

3) 産子状況

奇形の発現内容により，指が5本ある個体を多指症，陰茎包皮の入り口がたるんでいる個体を包皮異常，眼球がないまたは眼球を含めた周辺組織に異常がある個体を眼球異常，頭部に水腫がある個体を脳水腫，後肢がない個体を後肢なしとし，世代別に調査した。

4) 哺育・育成率および育成体重の推移

アグーと一般豚における育成率の比較はカイ二乗検定を用いた。なお，本調査成績においてアグーは6週齢離乳，一般豚は3週齢離乳の成績である。

IV 結 果

1. 分娩成績

表1に分娩成績を示した。アグーの総産子数は5.0頭と一般豚の10.9頭に比べ1%水準で有意に少なく，生存産子数もアグーは4.2頭と一般豚に比べ有意に少なかった。ミイラ胎児頭数はアグーで有意に多かった。アグーの世代別成績において，総産子数および生存産子数は第3世代で最も多く，次いで第1世代，第2世代の順であった。死産産子数は世代の経過とともに有意に増加した。

表1 分娩成績

(日, 頭, kg)

	腹	妊娠 期間	総産子数	死産産子数				生存産子 数	生時 体重
				白子	黒子	ミイラ胎児	合計		
アグー	30	114±4	5.0±2.2	0.37±0.61	0.17±0.53	0.27±0.69	0.80±1.10	4.2±2.2	1.0±0.3
一般豚	48	115±2	10.9±2.9	0.54±0.87	0.04±0.20	0.04±0.29	0.63±1.06	10.2±2.9	1.4±0.4
有意差		NS	**	NS	NS	*	NS	**	**
アグー									
第1世代	17	114±4	5.1±1.9 ^{ab}	0.12±0.33 ^a	0.12±0.49	0	0.24±0.75 ^{ab}	4.9±2.2 ^a	1.0±1.1
第2世代	9	115±6	3.4±1.7 ^a	0.78±0.83 ^b	0.11±0.33	0.22±0.44 ^{ab}	1.11±0.60 ^{ab}	2.3±1.6 ^b	1.1±0.3
第3世代	4	112±2	8.0±1.2 ^c	0.50±0.58 ^a	0.50±1.00	1.50±1.29 ^b	2.50±1.29 ^{bc}	5.5±0.6 ^a	0.9±0.2

注1) NS: 有意差なし, *: p<0.05, **: p<0.01。

2) 異なる大文字間に1%水準で有意差あり，異なる小文字間に5%水準で有意差あり。

2. 発情状況

表2に発情状況を示した。アグー繁殖豚のうち発情異常豚の割合は46.7%であった。発情異常豚の世代別頭数割合は第2世代で66.7%と最も多く，第1世代で33.3%，第3世代目で0.0%であった。

表2 アグー繁殖豚の発情状況 (頭,%)

	全体 頭数	発情異常豚					正常豚
		再発豚			微弱または 無発情豚	合計	
		0産	1産後	2産後			
第1世代	3	0	0	1(33.3)	0	1(33.3)	2(66.7)
第2世代	9	1(11.1)	2(22.2)	1(11.1)	2(22.2)	6(66.7)	3(33.3)
第3世代	3	0	0	0	0	0	3(100.0)
合計	15	1(6.7)	2(13.3)	2(13.3)	2(13.3)	7(46.7)	8(53.3)

注) () 内は割合。

3. 産子状況

表3に奇形産子頭数および奇形率を示した。アグー総産子の奇形率は12.0%であった。世代別の産子奇形率は、第2世代で22.6%と最も高く、第1世代で10.3%、第3世代で6.3%であった。奇形種類別では、多指が4.7%と最も高く、包皮異常が3.3%、眼球異常が2.7%であった。

表3 アグーの奇形産子頭数および奇形率 (頭,%)

	総産子数	奇形					合計
		多指	包皮異常	眼球異常	脳水腫	後肢なし	
第1世代	87	6(6.9)	3(3.4)	0	0	0	9(10.3)
第2世代	31	0	2(6.5)	3(9.7)	1(3.2)	1(3.2)	7(22.6)
第3世代	32	1(3.1)	0	1(3.1)	0	0	2(6.3)
合計	150	7(4.7)	5(3.3)	4(2.7)	1(0.7)	1(0.7)	18(12.0)

注) () 内は割合。

4. 哺育・育成率および体重の推移

図3に哺育・育成率の推移、図4に育成体重の推移を示した。アグーの1週目哺育・育成率は72.2%と一般豚の88.5%に比べ有意に低く、2週目以降もアグーが有意に低く推移した。育成体重は生時から6週目までアグーが有意に軽かった。

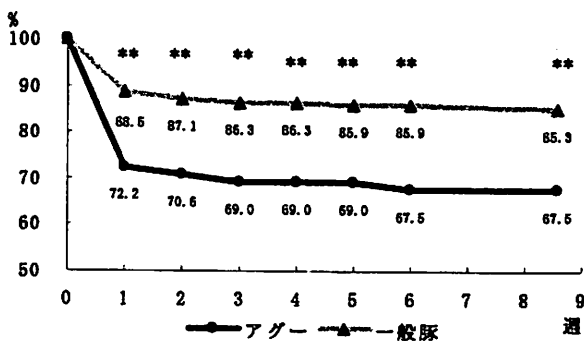


図3 哺育・育成率の推移

注)**: p<0.01

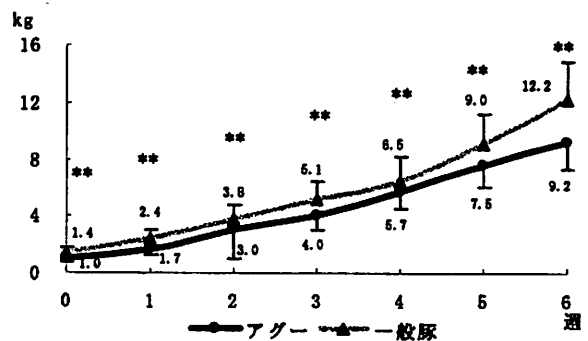


図4 育成体重の推移

注)**: p<0.01

V 考 察

アグーは、中国系の沖縄古来の島豚を洋種であるパークシャー種で改良した交雑種が基礎となり成立してきた在来豚²⁾とされている。現存するアグーは、戦後の養豚情勢の変化により消滅または雑種化しかけたものを戻し交配を重ね、戦前に近い状態に復元したものである²⁾。1935年に古堅によって沖縄県にパークシャー種が導入される以前の島豚と思われる豚に関する調査報告がなされており、その報告に

よると島豚の産子数は7~8頭で少ない時は4頭以下であったとしている³⁾。また、バークシャー種は、産子数が8.5頭⁴⁾であることやアグーが島豚とバークシャー種の血縁系であると考え、今回調査された1腹総産子数5.0頭という成績はアグー本来の能力より少ないと推察された。豚の繁殖の実態調査⁶⁾によると、種雌豚の廃用状況の中で、無発情、微弱発情および低受胎(リピートブリーダー)による廃用率は12.1%となっており、アグーの発情異常の割合である46.7%はかなり高い値だと考えられた。また、豚繁殖農場を対象に行われた豚新生子の先天異常(奇形)発生状況調査⁶⁾によると、奇形発生率は、0.25%となっており、アグー産子の奇形率12.0%はかなり高い値だと考えられた。アグーは戻し交配による復元後も、保存や維持の過程で小集団の中での近親交配が継続的に行われた。近親交配の継続により近交度が上昇すると近交退化により、産子能力、強健性の低下、致死因子のホモ化の進行、奇形の増加等が起こる⁷⁾ことが知られている。アグーのミイラ胎児頭数が一般豚より多いことや、発情異常豚の割合が半数近いこと、様々な奇形産子が発現していることは、近交退化によるものと推察された。

アグーの世代別の成績において、ミイラ胎児頭数が第3世代で増加し、逆に奇形率が減少していることや、第2世代で発情異常豚が多くみられたが第3世代ではみられていないことから、不良遺伝子や致死遺伝子をもった個体は、世代経過とともに淘汰され、正常な個体が多く残ったためではないかと考えられた。しかし、第3世代はまだ頭数や産歴も少ないため、今後も継続調査が必要である。

アグーを活用した銘柄豚の確立をめざす上で、近交退化の問題は大きな課題であり、今後は、近交度をあまり上昇させない効率的交配を行なう必要があると考えられた。

VI 引用文献

- 1) 日本食肉消費総合センター, 2002, 銘柄豚肉ハンドブック改訂版, 日本食品消費総合センター
- 2) 宮城吉通, 1998, 沖縄在来豚「アグー」の復元と沖縄の食文化(1), 畜産コンサルタント, 407, 46-50
- 3) 古堅宗唱, 1935, 琉球在来種豚の形態と性能, 沖縄博物学会報, 1(1), 23-25
- 4) 水間豊・猪貴義・岡田育穂, 1987, 家畜育種学, 41, 朝倉書店
- 5) 農林水産省畜産試験場, 1986, 豚の繁殖の実態調査, 55-60, 農林水産省畜産試験場
- 6) 河田啓一郎, 1987, 先天異常, 熊谷哲夫・東量三・柏崎守・河田啓一郎・清水悠紀臣・波岡茂郎・吉本正・渡辺昭三編, 近代出版, 豚病学, 517-519
- 7) 水間豊・猪貴義・岡田育穂, 1987, 家畜育種学, 134, 朝倉書店

研究補助: 仲程正巳, 又吉博樹

付表 アグー繁殖豚の近交係数

第1世代		第2世代		第3世代	
個体番号	近交係数	個体番号	近交係数	個体番号	近交係数
32	0.25	36(32×31)	0.3125	50(40×34)	-
33	-	37(32×31)	0.3125	131(49×34)	-
35	-	39(32×31)	0.3125	132(49×34)	-
		40(32×31)	0.3125		
		43(32×31)	0.3125		
		44(32×31)	0.3125		
		49(33×31)	-		
		55(32×31)	0.3125		
		108(35×34)	-		

注) 第1世代の32番(♀)と31番(♂)については、当場に導入される以前の3代祖までの血縁関係が判明しており、近交係数を算出した。その他の個体については、当場に導入される以前の血縁関係が不明であるため、近交係数の算出は行わなかった。

琉球在来豚（アグー）を活用した銘柄豚の確立

(3)アグーの肥育試験および肉質評価

大城まどか 仲村敏 鈴木直人 太田克之
渡久地政康

I 要 約

当場で生産されたアグー1腹3頭および3元交雑種(LWD)2腹4頭を体重約35kgから豚産肉能力検定用飼料(TDN74.5%, CP14.5%)を不断給餌し肥育試験を行ない, 同期間肥育後LWDの平均体重が106.0kg, アグーの平均体重が76.9kgでと殺し, 肉質調査および官能検査を行なった。

1. 1日平均増体重は, アグーが468.2gでLWDの798.9gに比べ有意に劣り, 飼料要求率はアグーが4.2でLWDの3.0に比べ有意に劣った。
2. 枝肉重量はアグーが54.2kgでLWDの76.5kgに比べ有意に劣った。と体長, 背腰長 I および背腰長 II もアグーがLWDに比べ有意に劣った。背脂肪厚(平均)はアグーが4.9cmでLWDの3.5cmに比べ有意に厚く, ロース断面積はアグーが12.8cm²でLWDの18.8cm²に比べ有意に小さかった。
3. かたロース, うで, ロース, ヒレおよびもも重量はLWDに比べアグーが有意に軽かった。
4. 筋肉内脂肪含量はアグーが5.0%でLWDの2.4%に比べ有意に高く, 内層脂肪融点はアグーが有意に低かった。
5. 焼き肉(ロース)の官能検査において脂のうま味および甘み, 柔らかさ, 総合評価は有意差は認められないもののアグーの評価が高かった。

以上のことから, アグーはLWDに比べ発育性および産肉性は劣るが, 肉質では筋肉内脂肪含量が高く脂肪融点が低い特徴があり, 焼き肉の官能検査で総合評価, 脂のうま味および甘み, 柔らかさの評価が高かった。

II 結 言

近年, 豚肉の国内生産量は減少しており, 海外からの輸入量は国内生産の減少を反映し増加傾向で推移しているため, 自給率は低下傾向にある¹⁾。また, 食肉に対する消費者ニーズが多様化しており安全でおいしい豚肉を求める消費者が多く, 全国的に系統豚や肉質等に特色のある品種を活用して銘柄化を行ない差別化商品の開発を進めている²⁾。沖縄県においても, 養豚経営の活性化や養豚振興を図る観点から, 琉球在来豚(アグー)³⁾を活用した独自性のある銘柄豚の確立を望む声が多い。

そこで, 基礎調査としてアグーの肥育試験および肉質評価を実施したので報告する。

III 材料および方法

試験は調査 I で肥育試験, 調査 II で肉質評価を実施した。

調査 I

1. 試験場所および期間

試験は沖縄県畜産試験場で2003年6月から同年10月にかけて実施した。

2. 供試豚および飼養管理

供試豚は当場で生産された体重約35kg, 98日齢のアグー去勢1腹3頭および対照として体重約35kg, 約79日齢の3元交雑種(LWD)2腹4頭(雌2頭, 去勢2頭)を用いた。供試飼料は豚産肉能力検定用飼料(TDN 74.5%, CP14.5%)を用い, 試験開始時から出荷時まで給与した。飼養管理は当場の間口1.2m奥行き2.7mの豚房に単飼し, 不断給餌, 自由飲水とした。と殺はLWDの平均体重が105kgに達した時点でLWDおよびアグー全頭をと殺した。

3. 調査方法および調査項目

1) 発育成績

飼料摂取量および体重の測定は1週間隔で行ない、背脂肪厚の測定は豚産肉能力検定実施方法⁴⁾に基づき2週間隔で行なった。体型の測定は日本種豚登録協会の測定要領⁵⁾に基づき2週間隔で行なった。

調査項目は、飼料摂取量、体重、背脂肪厚の推移、体長、胸囲、体高、前幅、胸幅、後幅、胸深の推移、肥育日数、1日平均増体重(DG)、飼料摂取量、飼料要求率とした。

2) 枝肉成績および部分肉重量

枝肉の解体および測定は豚産肉能力検定実務書⁶⁾に準拠して行ない、部分肉の分割および整形は牛・豚部分肉取引規格の解説書⁷⁾に準拠して行なった。

枝肉成績の調査項目は、枝肉重量、と体長、背腰長Ⅰ、背腰長Ⅱ、と体幅、背脂肪厚、ロース断面積、肉色および椎骨数とした。部分肉重量の調査項目は、かたロース、うで、ロース、ばら、ヒレおよびもも重量とした。

3) 内臓重量および長さの測定

臓器および消化管については、内容物および脂肪を除去し重量および長さを測定し、それぞれの測定値を試験終了時体重あたりの割合として算出した。

調査項目は、試験終了時体重に対する頭部、心臓、肺、肝臓、脾臓、胃、腎臓、小腸、大腸重量割合および小腸、大腸の長さの割合とした。

調査Ⅱ

1. 調査方法および調査項目

1) 理化学的性状および成分

理化学的性状の調査は胸最長筋、皮下内層脂肪および腎臓周囲脂肪を用い、豚肉の肉質改善に関する研究実施要領⁸⁾に準拠して行なった。成分の調査は-20℃で冷凍保存した胸最長筋を用いた。グルタミン酸の測定は、試料を5%過塩素酸中でホモジナイズし、20分間の振とう、3000回転12分遠心分離後、上清をpH2.2クエン酸バッファーで希釈し、アミノ酸分析計(日立L8800)で分析した。

理化学的性状の調査項目は、水分含量、粗タンパク質含量、筋肉内脂肪含量、脂肪融点、加圧保水力、伸展率、加熱損失、破断応力および肉色とした。成分の調査項目はグルタミン酸、イノシン酸、コレステロールおよびビタミンB₁とした。

2) 官能検査

官能検査は、アグー、LWDともに1頭ずつのロースを厚さ2mmにスライス後-20℃で冷凍保存したものを解凍し用いた。当場職員31人(男23人、女8人)を対象に検査を行なった。焼き肉は、穴あきホットプレートで、それぞれの肉を同条件で同時間適度に加熱し検査に供した。しゃぶしゃぶは、鍋にお湯を沸騰させ、それぞれの肉を同条件で同時間適度にぐらせて検査に供した。統計処理は2点比較法⁹⁾で行なった。

検査項目は、肉のうま味および甘み、脂のうま味および甘み、香り、柔らかさ、総合評価(総合的な好ましき)の7項目とした。

IV 結 果

調査Ⅰ(肥育試験)

1. 発育成績

飼料摂取量の推移を図1、体重の推移を図2、背脂肪厚の推移を図3に示した。飼料摂取量は全期間をとおしてアグーがLWDに比べ低く、4週目からその差が顕著となり、5、10、11、12週で有意となった。体重は2週目から徐々に差が開き始め9週以降でアグーが有意に低い値となった。背脂肪厚は、全期間を通してアグーの方が有意に厚かった。

体型測定値の推移を図4に示した。体長は4週目以降アグーがLWDに比べ有意に短かった。体高は、全期間を通してアグーが有意に低かった。後幅は試験終了時でアグーが有意に細かった。胸囲、前幅、胸幅および胸深は全期間を通して有意差は認められなかった。

発育成績を表1に示した。アグーの終了時体重は76.9kgとLWDの106.0kgに比べて1%水準で有意に劣った。DGも同様にアグーで468.2g、LWDで798.9gとアグーが有意に劣った。飼料摂取量は有意差は認められないもののアグーの方が低く、飼料要求率はアグーが4.2とLWDの3.0に比べて有意に劣った。

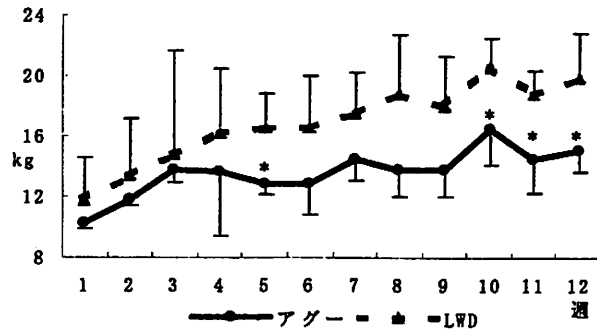


図1 飼料摂取量の推移
注) *:p<0.05

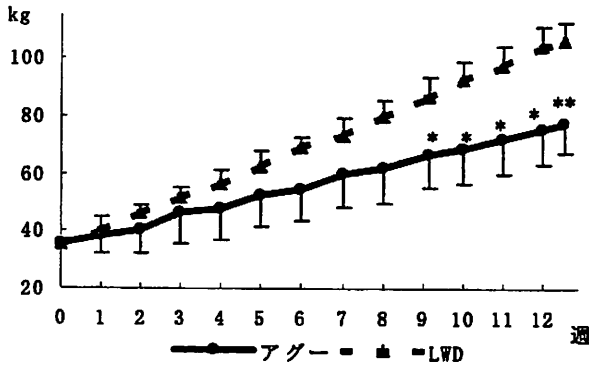


図2 体重の推移
注) **:p<0.01, *:p<0.05

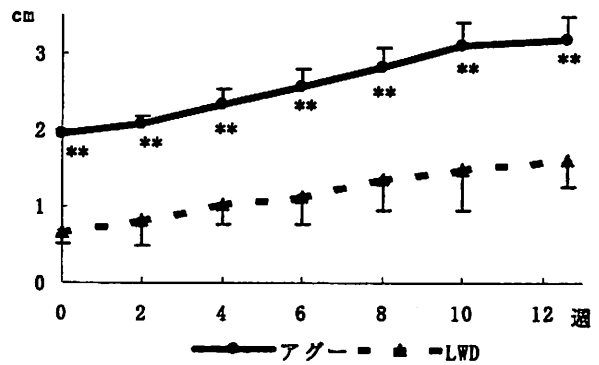
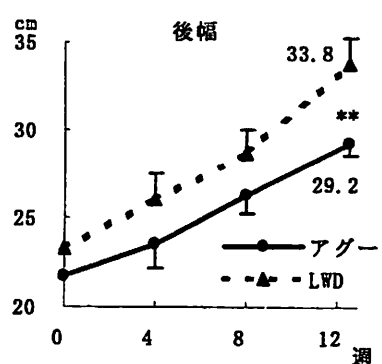
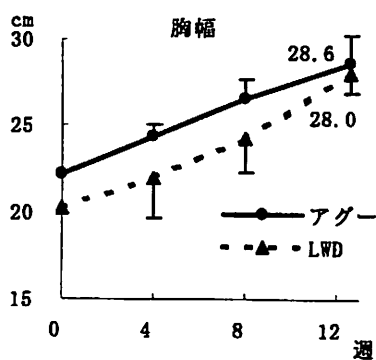
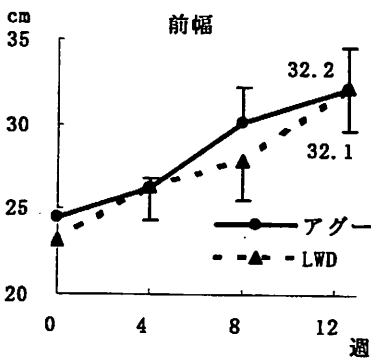
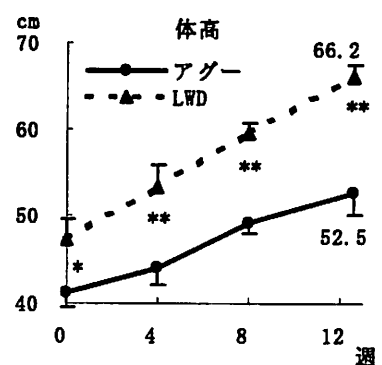
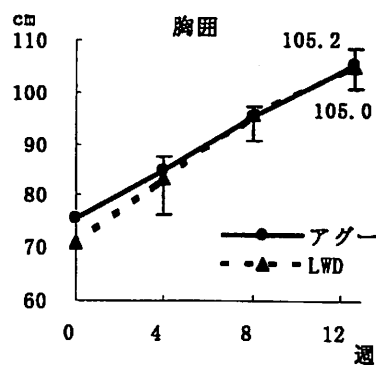
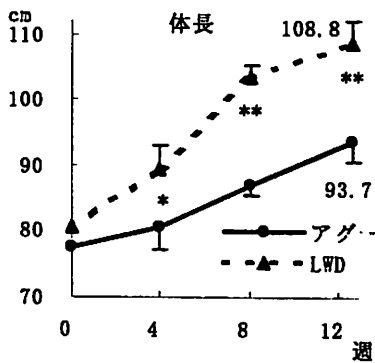


図3 背脂肪厚の推移
注) **:p<0.01, *:p<0.05



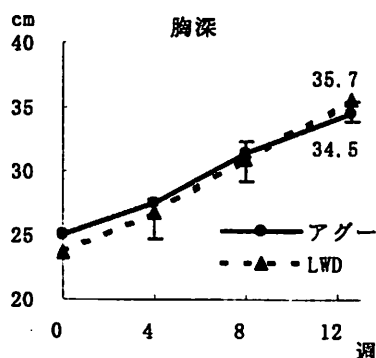


図4 体型測定値の推移

注) **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表1 発育成績

	供試 頭数 (頭)	開始時		終了時 体重 (kg)	肥育 日数 (日)	D G (g/日)	飼料 摂取量 (kg/日)	飼料 要求率
		日 齢 (日)	体 重 (kg)					
アグー	3	98.0	35.7±4.0	76.9±6.2	88	468.2±60.4	2.0±0.2	4.2±0.2
LWD	4	78.8±3.5	35.7±4.7	106.0±9.8	88	798.9±63.3	2.4±0.4	3.0±0.3
有意差			NS	**		**	NS	**

注) NS: 有意差なし, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

2. 枝肉成績および部分肉重量

表2に枝肉成績を示した。アグーの枝肉重量は54.2kgとLWDの76.5kgに比べて5%水準で有意に劣った。と体長、背腰長 I および背腰長 II もアグーがLWDに比べ有意に劣った。アグーの背脂肪厚(平均)は4.9cmとLWDの3.5cmに比べて有意に厚く、ロース断面積はアグーが12.8cm²と有意に小さかった。

表3に部分肉重量を示した。かたロース、うで、ロース、ヒレおよびもも重量はLWDに比べアグーが有意に軽かった。

表2 枝肉成績

	枝肉 重量 (kg)	と体長 (cm)	背腰長		と体幅 (cm)	背脂肪厚				ロース 断面積 (cm ²)	肉色	椎骨数 (個)
			I (cm)	II (cm)		肩 (cm)	背 (cm)	腰 (cm)	平均 (cm)			
アグー	54.2 ±5.3	76.8 ±2.3	64.0 ±1.0	54.8 ±1.8	32.0 ±1.3	5.6 ±0.4	4.2 ±0.3	5.0 ±0.4	4.9 ±0.7	12.8 ±1.3	3.2 ±0.3	20.0 ±1.0
LWD	76.5 ±8.7	93.5 ±3.7	80.4 ±2.5	70.3 ±2.1	33.4 ±1.8	4.3 ±0.5	2.3 ±0.5	3.9 ±0.5	3.5 ±1.0	18.8 ±2.9	3.1 ±0.3	21.5 ±0.6
有意差	*	**	**	**	NS	*	**	*	**	*	NS	NS

注1) NS: 有意差なし, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

2) 肉色は畜試式豚肉色標準模型(PSC)による数値。

表3 部分肉重量

	(kg)					
	かたロース	うで	ロース	ばら	ヒレ	もも
アグー	2.9±0.2	6.1±0.7	4.3±0.6	6.6±0.9	0.6±0.1	7.8±0.8
LWD	4.1±0.6	9.4±0.8	8.6±1.3	8.0±1.3	1.0±0.1	14.4±0.9
有意差	*	**	**	NS	**	**

注) NS: 有意差なし, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

3. 内臓重量および長さ

表4に内臓重量および長さの試験終了時体重に対する割合を示した。アグーの小腸の長さの終了時体重に対する割合は、22.6cm/kgとLWDの16.8cm/kgに比べて有意に高かった。肝臓、胃、腎臓重量割合はアグーが有意に高かった。

表4 内臓重量および長さの試験終了時体重に対する割合 (% , cm/kg)

	終了時 体重	頭	心臓	肺	肝臓	脾臓	胃	腎臓	小腸		大腸	
									重量	長さ	重量	長さ
アグー	76.9 ±6.2	6.8 ±0.1	0.30 ±0.04	0.79 ±0.03	1.50 ±0.05	0.14 ±0.02	0.49 ±0.04	0.30 ±0.01	1.61 ±0.09	22.6 ±1.3	1.66 ±0.19	4.8 ±0.6
LWD	106.0 ±9.8	7.1 ±0.7	0.31 ±0.01	0.82 ±0.09	1.24 ±0.04	0.13 ±0.01	0.41 ±0.03	0.26 ±0.02	1.31 ±0.19	16.8 ±1.0	1.44 ±0.14	5.4 ±0.2
有意差	**	NS	NS	NS	**	NS	*	*	NS	**	NS	NS

注)NS：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01。

調査Ⅱ（肉質評価）

1. 理化学的性状および成分

表5に肉および脂肪の理化学的性状を示した。アグーの筋肉内脂肪含量は5.0%とLWDの2.4%に比べて1%水準で有意に高かった。アグーの内層脂肪融点は38.1℃とLWDの39.9℃に比べて1%水準で有意に低かった。水分含量および粗タンパク質含量，加圧保水力はアグーがLWDに比べ有意に低かった。腎臓周囲脂肪融点，伸展率，加熱損失，破断応力および肉色は有意差は認められなかった。

表6に肉の成分を示した。イノシン酸はLWDに比べアグーが有意に低く，コレステロールはアグーが有意に高かった。グルタミン酸およびビタミンB₁は有意差は認められなかった。

表5 肉および脂肪の理化学的性状

	水分 (%)	粗タン パク質 (%)	筋肉内 脂肪 (%)	脂肪融点		加 圧 保水力 (%)	伸 展 率 (cm/g)	加 熱 損 失 (%)	破 断 応 力 (kg/cm ²)	肉 色		
				腎臓 (°C)	内層 (°C)					L 明度	a 赤色度	b 黄色度
アグー	70.0 ±2.0	21.1 ±0.5	5.0 ±1.0	40.4 ±0.2	38.1 ±0.2	74.7 ±1.7	22.2 ±1.9	37.5 ±3.6	46.1 ±3.0	45.9 ±1.5	5.7 ±0.8	7.2 ±0.4
LWD	73.3 ±1.1	22.3 ±0.6	2.4 ±0.4	41.9 ±1.7	39.9 ±0.6	79.8 ±2.4	19.7 ±2.7	32.3 ±2.0	56.0 ±17.5	44.9 ±2.4	4.2 ±1.4	6.2 ±0.9
有意差	*	*	**	NS	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注)NS：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01。

表6 肉の成分

	グルタミン酸 (mg/100g)	イノシン酸 (g/100g)	コレステロール (mg/100g)	ビタミンB ₁ (mg/100g)
アグー	10.8±1.4	0.11±0.01	59.0±1.7	1.08±0.09
LWD	10.1±2.3	0.15±0.01	49.8±1.7	1.01±0.04
有意差	NS	**	**	NS

注)NS：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01。

4. 官能検査

表7にロースを焼き肉した場合の官能検査結果を示した。脂のうま味および甘み，柔らかさ，総合評価は有意差は認められないもののアグーの評価が高かった。肉のうま味は有意差は認められないもののアグーがやや劣った。

表8にロースをしゃぶしゃぶした場合の官能検査結果を示した。柔らかさはLWDに比べアグーが有意に

劣り、脂のうま味、香りおよび総合評価は有意差は認められないもののアグーの評価が低かった。

表7 焼き肉（ロース）の官能検査結果 (人)

	肉		脂		香り	柔らかさ	総合評価
	うま味	甘み	うま味	甘み			
アグー	13	15	18	20	15	17	17
LWD	17	16	13	10	16	14	13
有意差	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注)NS：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01。

表8 しゃぶしゃぶ（ロース）の官能検査結果 (人)

	肉		脂		香り	柔らかさ	総合評価
	うま味	甘み	うま味	甘み			
アグー	16	15	12	14	13	6	14
LWD	15	14	16	14	17	23	17
有意差	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS

注)NS：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01。

V 考 察

調査 I (肥育試験)

発育成績において、飼料摂取量はアグーの方がLWDに比べやや少なく、DGおよび飼料要求率はアグーが有意に劣っており、枝肉成績において、枝肉重量はアグーがLWDに比べ有意に軽いが背脂肪厚はアグーが有意に厚かった。これらのことから、アグーはLWDに比べて発育性、産肉性ともに劣っていると考えられた。アグーは、中国から導入された豚が原型である沖縄古来の島豚を、洋種であるパークシャー種で改良した交雑種が基礎となり成立してきた在来豚³⁾とされている。また、中国豚の発育性に関する特徴は、肥育期間に蓄積する脂肪が外国品種よりも多く、飼料効率、肥育期のDGは外国品種に及ばないところで、産肉性に関する特徴は、と肉歩留は低く枝肉中に脂肪が多く赤肉は少ないところである¹⁰⁾。発育性および産肉性について、アグーは中国豚と同様の特徴を示すと考えられた。また、中国豚である梅山豚の増体量や飼料要求率が交雑種に比べ劣る要因として飼料摂取量が交雑種よりも少ないこと、赤肉生産量が低いことが要因である¹¹⁾といわれている。飼料摂取量の多いものは、維持エネルギーが一定であるので、増体も良く、飼料要求率も優れる¹¹⁾。また、赤肉1kg生産に要するエネルギー量は脂肪1kg生産に要するエネルギー量の約3.5分の1であり、梅山豚では交雑種に比べ赤肉の生産量は少ないが脂肪の生産量は多く、増体に対するエネルギー効率が劣り、1kg増体に要するエネルギー量を交雑種よりも多く必要とする¹¹⁾。アグーがLWDに比べ増体および飼料要求率が劣っていたことは、梅山豚と同様の理由によるものであると考えられた。

内臓の調査において、アグーの試験終了時体重に対する小腸の長さの割合は、LWDに比べ有意に高かった。このことからアグーの飼料消化能力が優れていることが考えられるため、今後検討が必要である。

調査 II (肉質評価)

理化学的性状において、筋肉内脂肪含量はアグーが5.0%でLWDの2.4%に比べ有意に高く、水分、内層脂肪融点、加圧保水力はアグーが有意に低かった。筋肉内脂肪含量を高めた系統豚であるトウキョウXやしもふりレッドの筋肉内脂肪割合は約5%^{12, 13)}であり、アグーも同等の成績であった。肉類では、脂肪の多い分だけ一般的には水分が少なくなる¹⁴⁾ため、アグーの水分含量が少なかったことは、筋肉内脂肪含量が多かったためと考えられた。脂肪融点は飼料の影響を受けやすいが今回はLWDと同じ飼料を同期間給与しているため、アグーの脂肪融点が低かったことは品種特性であると考えられた。また、脂肪融点が低いことから、脂肪酸組成に違いがあることも考えられるため現在調査中である。アグーの加圧保水力がLWDに比べて低いことから、アグーの生肉は保水性に欠けるが、加熱損失でLWDと有意差が認

められなかったため、加熱後の肉の保水性(ジューシーさ)はLWDと変わらないと考えられた。

コレステロールがアグーで高かったことは、コレステロールは脂質の一部であり、アグーの筋肉内脂肪含量が多かったため相対的に多くなったのではないかと考えられた。

ロースを焼き肉した場合の官能評価では、脂のうま味および甘み、柔らかさ、総合評価は有意差は認められないもののアグーの評価が高かった。脂質はエマルジョン(乳濁液)となったり皮膜となったりして口内を覆い、滑らかな触感を与えたり、呈味成分の味蓄(味覚器)への到達を遅らせるか、辛味やえぐみなどの刺激を緩和して味をマイルドにする¹⁵⁾。アグーの内層脂肪融点はLWDに比べ低く人間の体温に近いので、脂が口内で溶け出し肉の味をマイルドにしたのではないかと考えられた。また、魚油には苦みを抑制するとともにうま味の後味を持続させる効果がある¹⁶⁾としており、アグーの場合もうま味成分であるイノシン酸はLWDに比べ少なかったが、うま味の後味を持続させる脂質の効果により、脂のうま味に対する評価が高くなったのではないかと考えられた。Whittmoreらは赤肉の食味性は脂肪含量と正の相関があるとし、筋肉内脂肪含量が多いと豚肉に特殊なフレーバー、柔らかさ、多汁性を与える¹⁷⁾としており、Satherらは、筋肉内脂肪含量が2.5%以下だと食味性が減少する¹⁸⁾としている。今回の試験においてLWDの筋肉内脂肪含量が2.4%と低かったため食味性が減少し、逆にアグーの筋肉内脂肪含量が5.0%と高かったことでアグーの食味性が増加し総合評価が高かったのではないかと考えられた。

ロースをしゃぶしゃぶした場合の官能評価では、焼き肉の場合と異なり、柔らかさはアグーの方が有意に劣り、脂のうま味および総合評価もアグーの方が低かった。脂肪組織は他の構造体より物理的な強度が小さいため、脂肪交雑が入るほど肉質は柔らかくなる¹⁹⁾といわれており、しゃぶしゃぶでは、肉を湯にくぐらせることで肉中の脂が減少し、アグーの肉が硬くなったと考えられた。また、肉中の脂の減少で脂のうま味および総合評価も低かったのではないかと考えられた。今後、焼いたロースとしゃぶしゃぶしたロースの脂肪含量の測定を行なう必要がある。今回の試験においてアグーのロースはしゃぶしゃぶよりも焼き肉にむいていると考えられた。脂肪含量の多いバラ肉部においては、しゃぶしゃぶの方が適している可能性もあり、またその他の部位の肉についても適した料理法の検討が必要であると考えられた。

以上のことから、アグーはLWDに比べ発育性および産肉性が劣り、肉質では筋肉内脂肪含量が多く脂肪融点が低い特徴があるため、今後、アグーの肉質特性を活かし発育性および産肉性を改善した銘柄豚および肥育技術の確立が必要である。また、アグーは粗食に耐える³⁾といわれており、濃厚飼料ではアグーの肉質特性が十分に発揮されないことも考えられるため、今後は、甘藷やその葉、蔓などを用いた昔ながらの飼料による肥育試験を行い、今回の肥育試験と肉質等の比較を行なう必要があると考えられた。

謝 辞

遊離アミノ酸の分析にご協力いただきました九州沖縄農研センター畜産飼料作研究部豚飼養研究室の勝俣昌也主任研究官に感謝申し上げます。

VI 引用文献

- 1) 農林水産省, 2003, 我が国の食料自給率, 54, 農林水産省
- 2) 日本食肉消費総合センター, 2002, 銘柄豚肉ハンドブック改訂版, 日本食品消費総合センター
- 3) 宮城吉通, 1998, 沖縄在来豚「アグー」の復元と沖縄の食文化(1), 畜産コンサルタント, 407, 46-50
- 4) 日本種豚登録協会, 2001, 登録関係諸規程, 68, 日本種豚登録協会
- 5) 日本種豚登録協会, 2001, 登録委員必携, 13-14, 日本種豚登録協会
- 6) 日本種豚登録協会, 1991, 豚産肉能力検定実務書, 24-33, 日本種豚登録協会
- 7) 日本食肉格付協会, 1979, 牛・豚部分肉取引規格の解説書, 44-54, 日本食肉格付協会
- 8) 農林水産省畜産試験場, 豚肉の肉質改善に関する研究実施要領, 1990, 農林水産省畜産試験場
- 9) 澤山茂, 1995, 官能検査法, 川端昌子・大羽昌子編, 学建書院, 調理学実験, 103-105

-
- 10) 全国養豚協会, 1990, 中国豚品種誌, 16-17, 全国養豚協会
 - 11) 農林水産省畜産試験場, 1993, 動物遺伝資源の特性調査成績(2)梅山豚の特性調査成績, 59, 農林水産省畜産試験場
 - 12) 坂田雅史・小島禎夫・兵頭勲, 1997, 系統豚「トウキョウX」について, 獣医畜産新報, 50(12), 1009-1014
 - 13) 鈴木啓一, 2002, 「しもふりレッド」の選抜と性能, 養豚の友, 399, 37-40
 - 14) 沖谷明紘, 1996, 肉の科学, 88, 朝倉書店
 - 15) 伏木亨, 2003, 食品と味, 71-73, 光琳
 - 16) 伏木亨, 2003, 食品と味, 73-74, 光琳
 - 17) Whittmore C. T., 1992, ピッグサイエンス, チクサン出版社, 64-65
 - 18) Sather A. P., Bailey D. R. C. and Jones S. D. M., 1995, Real-time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality, *Can. J. Anim. Sci.*, 75, 55-62
 - 19) 沖谷明紘, 1996, 肉の科学, 60, 朝倉書店

研究補助：仲程正巳，又吉博樹

環境保全型高品質豚肉生産技術の確立

(1) アミノ酸添加低タンパク質飼料と消化酵素による豚のふんおよび尿排せつ量低減効果

鈴木直人 大城まどか 仲村敏 太田克之
伊禮判* 渡久地政康

I 要 約

豚のふんおよび尿排せつ量を低減することを目的として、代謝試験および肥育試験を行なった。肥育豚に日本飼養標準に準拠し調製した対照飼料を給与した対照区、アミノ酸添加低タンパク質飼料を給与した低CP区、対照飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素を0.5%添加した飼料を給与した酵素区、アミノ酸添加低タンパク質飼料に同複合酵素を0.5%添加した飼料を給与した低CP+酵素区を設け、比較検討したところ以下のとおりであった。

1. 代謝試験において、総窒素排せつ量は、対照区に比べ低CP区、低CP+酵素区で有意差が認められ、それぞれ27.0%、34.8%低減した。尿排せつ量、飲水量も対照区と比較して低CP区、低CP+酵素区で低減する傾向にあった。
2. 各区間に生ふん排せつ量、ふん乾物量ともに有意差は認められず、ほぼ同じ値であった。
3. 発育成績、枝肉成績ともに有意差は認められないが、低CP区と低CP+酵素区で肥育日数が長くなる傾向にあった。

以上のことから、アミノ酸添加低タンパク質飼料の給与により豚からの窒素排せつ量を低減することができ、飲水量と尿排せつ量についても低減することが示唆された。また、ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素添加によるふん排せつ量低減効果は認められなかった。

II 緒 言

近年、沖縄県内養豚農家一戸当たりの飼養規模拡大¹⁾による1農家からの排せつ物発生量の増大や、水質汚濁防止法の排水基準値改正等により、自己経営内での家畜排せつ物処理はますます困難ものとなってきており、排せつ物の絶対量を低減させる技術の開発が求められている。尿排せつ量を低減させる方法として粗タンパク質含量を下げ、要求量に対して不足するアミノ酸を添加した飼料(低CP+AA飼料)による技術²⁾、ふん排せつ量を低減させる方法としては、ペクチナーゼ、キシラナーゼ等消化酵素の飼料添加により、消化率が比較的低い³⁾粗繊維の消化を改善し、ふん排泄量を低減させる技術³⁾が報告されている。そこで、低CP+AA飼料に消化酵素を添加した飼料の肥育豚への給与が、ふんおよび尿排せつ量低減および産肉性に与える影響について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験区分および供試飼料

試験区分を表1、供試飼料の配合割合を表2、成分組成を表3に示した。供試飼料は体重30~70kgの肥育前期用および体重70~110kgの肥育後期用を調製した。日本飼養標準⁴⁾に準拠し調製した対照飼料を給与した対照区、対照飼料に対して、粗タンパク質含量を3%程度低下し、要求量に対して不足する3種のアミノ酸(リジン、トレオニン、メチオニン)を添加し調製した低CP+AA飼料を給与した低CP区、対照飼料に消化酵素0.5%添加した酵素区、低CP+AA飼料に消化酵素を0.5%添加し給与した低CP+酵素区に区分した。消化酵素はペクチナーゼ・キシラナーゼ主体の複合酵素で、酵素区および低CP+酵素区にそれぞれ0.5%添加した。消化酵素のペクチン糖化力は800単位/g以上、キシラン糖化力は25単位/g以上である。

*：現宮古家畜保健衛生所

表1 試験区分

区 分	給 与 飼 料
対照区	対照飼料
低CP区	低CP+AA飼料
酵素区	対照飼料+消化酵素0.5%添加
低CP+酵素区	低CP+AA飼料+消化酵素0.5%添加

表2 供試飼料の配合割合

単位：%

	肥育前期用 (30~70kg)				肥育後期用 (70~110kg)			
	対照区	低CP区	酵素区	低CP+酵素区	対照区	低CP区	酵素区	低CP+酵素区
二種混	72.50	78.92	83.40	89.50	83.90	90.00	72.00	78.42
大豆粕	2.10	9.50	14.50	3.50	14.50	3.50	22.10	9.50
ふすま	3.40	9.00	—	4.36	—	4.36	3.40	9.00
第3リン酸カル	1.00	1.00	0.60	0.80	0.60	0.80	1.00	1.00
炭酸カルシウム	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50
塩酸L-リジン	—	0.37	—	0.33	—	0.33	—	0.37
L-トレオニン	—	0.11	—	0.07	—	0.07	—	0.11
DL-メチオニン	—	0.10	—	0.04	—	0.04	—	0.10
消化酵素	—	—	0.50	0.50	—	—	0.50	0.50
ビタミン・ミネラル	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

表3 供試飼料の成分組成

単位：%

	肥育前期用 (30~70kg)				肥育後期用 (70~110kg)			
	対照区	低CP区	酵素区	低CP+酵素区	対照区	低CP区	酵素区	低CP+酵素区
TDN	76.00	76.00	75.60	75.60	77.80	77.80	77.40	77.40
CP	17.21	13.46	17.16	13.41	14.21	10.86	14.17	10.81
〈必須アミノ酸〉								
アルギニン	1.39	0.99	1.39	0.99	1.11	0.75	1.11	0.75
ヒスチジン	0.51	0.37	0.51	0.37	0.42	0.30	0.42	0.29
イソロイシン	0.64	0.45	0.64	0.45	0.52	0.36	0.52	0.36
ロイシン	1.48	1.20	1.47	1.20	1.34	1.10	1.33	1.09
リジン	0.83	0.84	0.83	0.84	0.64	0.65	0.64	0.65
メチオン+シスチン	0.53	0.51	0.53	0.51	0.46	0.40	0.45	0.39
フェニルアラニン+チロシン	1.41	1.04	1.41	1.04	1.17	0.85	1.17	0.85
トレオニン	0.61	0.55	0.61	0.54	0.50	0.42	0.50	0.42
トリプトファン	0.23	0.17	0.23	0.17	0.19	0.13	0.19	0.13
バリン	0.71	0.54	0.71	0.54	0.60	0.45	0.60	0.45

注) TDN：可消化養分総量，CP：粗タンパク質含量。

2. 試験方法

1) 代謝試験

試験は、2001年8月から同年10月まで沖縄県畜産試験場で行なった。供試豚は、三元交雑種 (LWD) の同腹去勢豚4頭とした。

試験は、豚の開始体重を40kgとし、1頭ずつを代謝ケージに収容し、4×4のラテン方格法により実施した。また、試験開始前に、環境に慣らすための期間を1週間、供試飼料に慣らすための予備期間を5日間設けた後、4日間を本試験の期間とした。飼料給与は、肥育前期用飼料を1日3回に分けて制限給餌し、自由飲水とした。調査項目は、採食量、飲水量、ふん排せつ量、ふん乾物量、尿排せつ量、ふん中窒素、尿中窒素、総窒素排せつ量とした。ふんおよび尿排せつ量は、本試験期間中毎日1日分を全量採

取し、重量を測定後直ちに分析に供した。窒素分析は常法⁶⁾により行なった。

2) 肥育試験

試験は2001年8月から2002年3月まで沖縄県畜産試験場で行なった。供試豚は三元交雑種(LWD)で、同腹去勢2頭、雌2頭を各区に配置した。

試験は、単飼豚房(間口1.2m、奥行き2.7m)に1頭ずつ収容し、開始体重30kgから出荷体重110kgまで行なった。飼料給与は、体重30~70kgで肥育前期用飼料、70~110kgで肥育後期用飼料を不断給餌し、自由飲水とした。調査項目は、飼料摂取量、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率、枝肉成績(枝肉重量、ロース芯断面積、肉色、背脂肪厚)とした。

IV 結 果

1) 代謝試験

代謝試験の結果を表4に示した。飲水量、尿排せつ量は各区有意差は認められなかったが、低CP区と低CP+酵素区は対照区に比べ低減する傾向にあった。ふん排せつ量は、各区有意な差は認められずほぼ同じ値で、ふん乾物量も同様であった。ふん中窒素と尿窒素排せつ量は対照区に比べ、低CP区と低CP+酵素区で有意に低減し、総窒素排せつ量は、低CP+酵素区が26.79g/日で最も少なく、次いで低CP区23.97g/日、酵素区40.72g/日、対照区41.10g/日であり、対照区に対して低CP区と低CP+酵素区で有意な差($P<0.01$)が認められ、それぞれ27.0%、34.8%低減した。また、酵素区は、対照区とほぼ同じ値となった。1日当たりの窒素蓄積は、酵素区21.14g/日、低CP+酵素区21.05g/日、対照区19.54g/日、低CP区17.86g/日の順に高い値を示した。

表4 代謝試験結果

		対照区	低CP区	酵素区	低CP+酵素区
採食量	(kg/日)	2.24±0.25	2.28±0.22	2.29±0.27	2.29±0.24
飲水量	(l/日)	4.30±1.11	3.30±1.34	3.96±1.72	3.49±1.00
ふん排せつ量	(kg/日)	0.48±0.27	0.49±0.19	0.51±0.18	0.55±0.23
ふん乾物量	(kg/日)	0.17±0.09	0.17±0.07	0.18±0.06	0.19±0.07
尿排せつ量	(kg/日)	3.14±0.95	2.68±0.88	3.08±1.29	2.59±0.89
窒素摂取量	(g/日)	60.64±6.37	47.86±4.82	61.86±7.85	47.84±5.73
ふん中窒素排せつ量	(g/日)	7.18±3.40 ^a	6.03±2.80 ^b	6.80±3.48	5.99±2.66 ^b
尿中窒素排せつ量	(g/日)	33.92±9.37 ^a	23.97±5.00 ^b	33.91±4.40 ^a	20.80±6.07 ^b
総窒素排せつ量	(g/日)	41.10±10.15 ^a	30.00±6.23 ^b	40.72±6.38 ^a	26.79±7.16 ^b

注1) 小文字異符号間に $P<0.05$ 、大文字異符号間に $P<0.01$ で有意差あり。

2) $n=4$ 。

2) 肥育試験

発育成績を表5に示した。各区飼料摂取量、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率に有意な差は認められなかった。低CP区と低CP+酵素区は、対照区に対して肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率で劣る傾向にあった。

表5 発育成績

区 分	飼料摂取量 (kg/日)	肥育日数 (日)	1日平均増体量 (kg/日)	飼料要求率
対照区	2.60±0.41	100±7	0.82±0.16	3.20±0.16
低CP区	2.60±0.37	106±13	0.76±0.15	3.47±0.38
酵素区	2.51±0.14	100±10	0.81±0.05	3.09±0.08
低CP+酵素区	2.41±0.19	107±14	0.75±0.11	3.23±0.25

注) $n=4$ 。

表6に枝肉成績を示した。ロース芯断面積，肉色，背脂肪厚に有意な差は認められなかった。ロース芯断面積は，対照区に比べ低CP+酵素区でやや大きくなる傾向にあった。

表6 枝肉成績

区 分	枝肉重量 (kg)	ロース芯断面積 (cm ²)	肉色	背 脂 肪 厚			3部位平均 (cm)
				肩 (cm)	背 (cm)	腰 (cm)	
対照区	83.1±7.7	18.0±1.80	2.9±0.6	4.5±0.5	2.4±0.5	4.3±0.4	3.7±0.3
低CP区	82.1±4.7	18.8±2.07	3.0±0.7	4.5±0.8	2.5±0.2	4.1±0.1	3.7±0.3
酵素区	80.9±3.8	18.9±1.73	3.0±0.4	4.4±0.4	2.4±0.3	4.0±0.5	3.6±0.3
低CP+酵素区	81.5±2.3	20.3±2.14	2.9±0.6	4.7±0.5	2.7±0.4	3.9±0.7	3.7±0.5

注1) 肉色は畜試式豚肉色標準模型 (PSC) による数値。

2) n = 4.

V 考 察

飲水量について，徐ら⁶⁾は低タンパク質飼料を肉豚に給与することにより飲水量を減少したとしている。代謝試験において飲水量に有意差は認められないものの対照区に比べ，低CP区と低CP+酵素区で低減する傾向にあり，それに伴い尿排せつ量も有意差は認められなかったが同様に低減する傾向にあった。古谷¹⁾は，タンパク質の多量摂取によって水分要求量が高まる理由としてタンパク質が体内で分解される場合の熱増加やタンパク質の分解・排せつ物質である尿素の血中濃度を一定以下に抑えるのに水分が必要であることが考えられ，低タンパク質飼料の給与により飲水量，その結果として尿排せつ量の低減が期待できるとしており，本試験においても低CP+AA飼料による飲水量，尿排せつ量低減の可能性が示唆された。

ふん排せつ量低減について，大和ら³⁾は，飼料へのペクチナーゼ主体酵素0.5%添加により，乾物消化率が5.7%向上し，ふん排せつ量は41%低減したと報告している。本試験においてふん排せつ量，ふん乾物量はともに各区ほぼ同じ値であり有意な差は認められず，ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素によるふん排せつ量低減効果は認められなかった。本試験ではトウモロコシおよび大豆を飼料の主要材料としたが，比較的繊維分の多いヌカ類を材料として使用したことが考えられ，今後検討が必要である。

窒素排せつ量について，家入ら⁷⁾は，低タンパク質飼料に不足するアミノ酸を加えた飼料は，豚のふん尿中への窒素の尿中排せつ量とふん中排せつ量をそれぞれ38.1%，37.2%低減できたと報告している。本試験においてもふん中窒素および尿中窒素排せつ量は対照区に比べ低CP区と低CP+酵素区で有意に低減し，総窒素排せつ量についても同様な結果を得た。また，酵素区における窒素排せつ量低減は認められなかった。このことから，豚からの窒素排せつ量低減は低CP+AA飼料によるものであり，その効果は主に尿からの低減が大きいと考えられた。

肥育試験において，発育成績は有意差は認められないものの低CP+AA飼料を主要材料とした低CP区および低CP+酵素区で肥育期間が長くなる傾向にあった。総窒素排せつ量については低減できたものの，肥育日数が長くなることにより，肥育期間中における窒素排せつ総量については検討が必要である。また，枝肉成績において，背脂肪厚等に有意な差は認められなかった。低CP+AA飼料については肥育豚への給与により厚脂になる傾向が懸念されている¹⁾が本試験では，各区差が認められなかった。

以上のことから，低CP+AA飼料の給与により豚からの窒素排せつ量を低減することができ，飲水量と尿排せつ量についても低減する可能性が示唆された。しかしながら，ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素添加によるふん排せつ量低減効果は認められなかった。

VI 引 用 文 献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課, 2003, 85, おきなわの畜産
- 2) 古谷修, 1996, 飼育技術からの畜産環境対策, 日豚会誌, 33(4), 144-151
- 3) 大和碩哉・山本英二・佐藤充徳, 1999, 酵素添加飼料給与による肥育豚のふん排せつ量の低減, 福岡農総試研報, 18, 126-130
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局, 1998, 日本飼養標準・豚(1998年版), 12-45, 中央畜産会
- 5) 土壤環境分析法編集委員会編, 1997, 土壤環境分析法, 233-239, 博友社
- 6) 徐春城・鈴木啓一・鹿野裕志・清水俊郎, 1997, 豚の低蛋白質飼料給与が糞尿中窒素排せつ量に及ぼす影響, 日豚会誌, 34(2), 70
- 7) 家入誠二・古閑護博・村上忠勝・早田繁伸, 1999, 豚からの窒素排せつ量低減試験, 熊本農研センター報告, 8, 34-38

研究補助：又吉博樹, 仲程正巳

環境保全型高品質豚肉生産技術の確立

(2) アミノ酸添加低タンパク質飼料への消化酵素添加による 厚脂防止およびふん排せつ量の低減

鈴木直人 大城まどか 仲村敏 太田克之
伊禮判* 渡久地政康

I 要 約

アミノ酸添加低タンパク質飼料で懸念される厚脂対策およびふん排せつ量低減を目的として、肥育豚に、日本飼養標準に準拠して調製した対照飼料を給与した対照区、アミノ酸添加低タンパク質飼料を給与した低CP区、アミノ酸添加飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素を0.3%とセルラーゼを0.07%添加し調製した飼料を給与した低CP+酵素0.3%区、アミノ酸添加飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素を0.5%とセルラーゼを0.12%添加し調製した飼料を給与した低CP+酵素0.5%区を設定して、厚脂防止効果および乾物消化率の向上について比較検討したところ以下のとおりであった。

1. 発育成績は各区に有意な差は認められなかったが、低CP+酵素0.5%区は対照区に比べ肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率で良好な傾向にあった。
2. 枝肉成績は各区に有意な差は認められなかったが、背脂肪厚3部位（肩、背、腰）平均値は、低CP区が最も高い値を示し、低CP+酵素0.3%区および0.5%区は低CP区に比べ低い値を示す傾向にあった。
3. 乾物消化率は、対照区82.16%に比べ、低CP+酵素0.5%区84.26%となり1.87ポイント有意に向上した。また、酵素の添加割合が増えるごとに乾物消化率は上昇する傾向にあった。

以上のことから、肥育豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料給与は、厚脂になる傾向にあるが、消化酵素のペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素およびセルラーゼの添加により、厚脂傾向を抑えられ、乾物消化率の向上によるふん排せつ量低減の可能性が示唆された。

II 緒 言

筆者ら¹⁾は、アミノ酸添加低タンパク質飼料（低CP+AA飼料）により窒素排せつ量の低減効果が認められたが、ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素の飼料添加によるふん排せつ量低減効果は認められなかったことを報告した。低CP+AA飼料の給与は豚の背脂肪を厚くする傾向にある²⁾ことが報告されており、その対策を検討する必要がある。厚脂防止技術としては、ペクチナーゼ主体の消化酵素による技術³⁾が報告されている。そこで、肥育豚へ低CP+AA飼料給与による厚脂防止とふん排せつ量の低減を図るため、低CP+AA飼料にペクチナーゼ、キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼをそれぞれ添加割合を変えて調製し、同飼料の肥育豚へ給与による厚脂防止効果および乾物消化率への影響について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および場所

試験は、2002年10月から2003年3月まで沖縄県畜産試験場で実施した。

2. 試験区分および供試飼料

試験区分を表1に示した。日本飼養標準⁴⁾に基づいて調製した対照飼料を給与した対照区、低CP+AA飼料を給与した低CP区、低CP+AA飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素を0.3%とセルラーゼを0.07%添加し調製した飼料を給与した低CP+酵素0.3%区、低CP+AA飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素を0.5%とセルラーゼを0.12%添加し調製した飼料を給与した低CP+酵素0.5%区をそれぞれ区分した。

*：現宮古家畜保健衛生所

表1 試験区分

区分	給与飼料内容		
	主要飼料	ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素	セルラーゼ
対照区	対照飼料	—	—
低CP区	低CP+AA飼料	—	—
低CP+酵素0.3%区	〃	0.3%添加	0.07%添加
低CP+酵素0.5%区	〃	0.5%添加	0.12%添加

供試飼料の配合割合，成分組成を表2,3に示した。供試飼料は，体重30～70kgの肥育前期用と70～110kgの肥育後期用飼料を調製した。日本飼養標準¹⁾に基づいて調製した対照飼料に対して低CP+AA飼料は，粗タンパク質含量を肥育前期用，後期用ともに3%程度低下し，要求量に対して不足するアミノ酸3種（リジン，トレオニン，メチオニン）を添加した。また，消化酵素はペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼを添加した。ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素のペクチン糖化力は800単位/g以上，キシラン糖化力は25単位/g以上である。セルラーゼは，繊維崩壊力250単位/g以上である。

表2 供試飼料の配合割合

単位：%

	肥育前期用 (30～70kg)				肥育後期用 (70kg～110kg)			
	対照区	低CP区	低CP+酵素0.3%区	低CP+酵素0.5%区	対照区	低CP区	低CP+酵素0.3%区	低CP+酵素0.5%区
二種混	71.25	77.76	77.76	77.76	82.15	86.85	86.85	86.85
大豆粕	22.90	12.00	12.00	12.00	13.50	4.90	4.90	4.90
ふすま	3.45	7.82	7.82	7.82	2.60	6.15	6.15	6.15
第3リン酸カル	0.65	0.70	0.70	0.70	0.45	0.50	0.50	0.50
炭酸カルシウム	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80
塩酸L-リジン	—	0.31	0.31	0.31	—	0.24	0.24	0.24
L-トレオニン	—	0.09	0.09	0.09	—	0.05	0.05	0.05
DL-メチオニン	—	0.07	0.07	0.07	—	0.01	0.01	0.01
ビタミン・ミネラル	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ペクチナーゼ・キシラナーゼ	—	—	0.30	0.50	—	—	0.30	0.50
セルラーゼ	—	—	0.07	0.12	—	—	0.07	0.12

表3 供試飼料の成分組成

単位：%

	肥育前期用 (30～70kg)				肥育後期用 (70kg～110kg)			
	対照区	低CP区	低CP+酵素0.3%区	低CP+酵素0.5%区	対照区	低CP区	低CP+酵素0.3%区	低CP+酵素0.5%区
TDN	6.00	76.00	76.00	76.00	77.20	77.20	77.20	77.20
CP	6.80	13.40	13.40	13.40	13.20	10.50	10.50	10.50
(必須アミノ酸)								
アルギニン	1.04	0.75	0.75	0.75	0.76	0.54	0.54	0.54
ヒスチジン	0.45	0.35	0.35	0.35	0.36	0.28	0.28	0.28
イソロイシン	0.63	0.46	0.46	0.46	0.48	0.34	0.34	0.34
ロイシン	1.37	1.09	1.09	1.09	1.13	0.90	0.90	0.90
リジン	0.83	0.83	0.83	0.83	0.61	0.61	0.61	0.61
メチオニン+シスチン	0.56	0.52	0.52	0.52	0.46	0.38	0.38	0.38
フェニルアラニン+チロシン	1.33	0.98	0.98	0.98	1.02	0.74	0.74	0.74
トレオニン	0.60	0.55	0.55	0.55	0.47	0.41	0.41	0.41
トリプトファン	0.21	0.16	0.16	0.16	0.17	0.13	0.13	0.13
バリン	0.69	0.54	0.54	0.54	0.55	0.43	0.43	0.43

注) TDN：可消化養分総量，CP：粗タンパク質含量。

3. 供試豚

供試豚は三元交雑種 (LWD) で、同腹去勢2頭および雌2頭を各区に配置した。

4. 飼養管理

試験は、単飼豚房 (間口1.2m×奥行き2.7m) に1頭ずつ収容して行なった。飼料給与は不断給餌で体重30kg~70kg時に肥育前期用飼料、70kg~110kg時に肥育後期用飼料を給与し、自由飲水とした。

5. 調査項目

調査項目は、飼料摂取量、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率、乾物消化率、枝肉成績 (枝肉重量、肉色、背脂肪厚) とした。乾物消化率は、試験豚体重の60kg到達時と90kg到達時に各供試飼料に指示物質として酸化クロムを0.1%均一に添加した飼料を給与し、飼料にならすため5日間の予備期間の後、4日間を本試験期間として測定した。本試験期間の4日間、毎日排せつふんの一部を採取した。採取ふんは、60℃で48時間乾燥後粉碎し分析に供した。分析は常法⁵⁾により行なった。

IV 結 果

発育成績を表4に示した。肥育日数、飼料摂取量、1日平均増体量、飼料要求率に有意な差は認められなかった。対照区に対して低CP+酵素0.5%区は、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率で良好な傾向にあった。

表4 発育成績

区分	肥育日数 (日)	飼料摂取量 (kg/日)	1日平均増体量 (kg/日)	飼料要求率
対照区	90.8±5.4	2.63±0.14	0.84±0.04	3.14±0.40
低CP区	95.5±11.6	2.55±0.17	0.82±0.09	3.15±0.19
低CP+酵素0.3%区	98.8±20.8	2.44±0.17	0.79±0.12	3.12±0.33
低CP+酵素0.5%区	86.3±4.6	2.60±0.06	0.87±0.05	3.00±0.17

注) n=4。

枝肉成績を表5に示した。背脂肪厚に有意な差は認められなかった。背脂肪厚3部位平均は低CP区が3.8cmと最も厚く、消化酵素を添加した低CP+酵素0.3%区および低CP+酵素0.5%区は、3.3cm、3.4cmとなり、低CP区に比べ薄くなる傾向にあった。

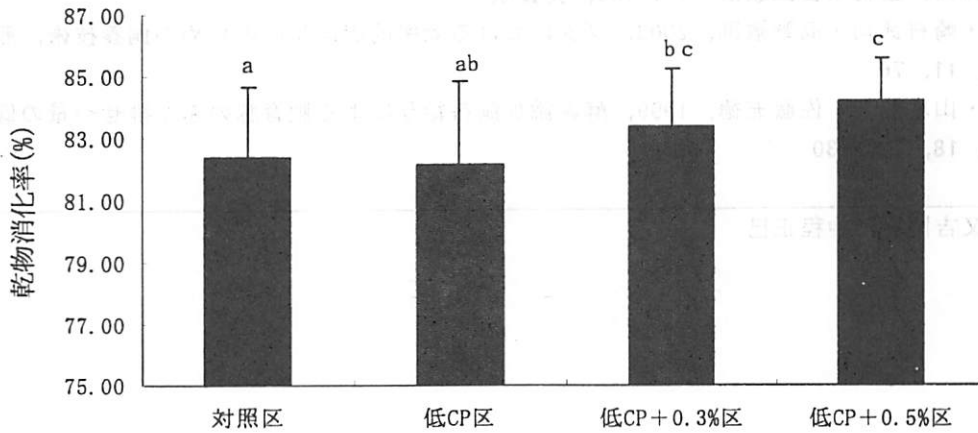
表5 枝肉成績

区分	枝肉重量 (kg)	肉色	背 脂 肪 厚			
			背 (cm)	肩 (cm)	腰 (cm)	3部位平均 (cm)
対照区	78.1±0.9	3.3±0.6	3.8±0.3	2.2±0.4	3.5±0.5	3.1±0.3
低CP区	77.4±2.1	3.3±0.6	4.2±0.7	3.0±0.5	4.3±0.8	3.8±0.3
低CP+酵素0.3%区	77.5±1.2	3.5±0.4	4.3±0.8	2.3±0.4	3.4±0.5	3.3±0.5
低CP+酵素0.5%区	76.8±2.2	3.1±0.8	4.0±0.8	2.6±0.2	3.5±0.3	3.4±0.4

注1) n=4。

2) 肉色は畜試式豚肉色標準模型 (PSC) による数値。

試験豚の60kg到達時と90kg到達時の乾物消化率の平均を図1に示した。乾物消化率は対照区82.25%、低CP区82.16%、低CP+酵素0.3%区83.39%、低CP+酵素0.5%区84.26%となり、対照区に対して低CP+酵素0.5%区で1.87ポイント有意 (P<0.05) に乾物消化率は向上した。また、酵素添加割合が増えるごとに乾物消化率は上昇する傾向にあった。



注) 異符号間に $P < 0.05$ で有意差あり。

図1 乾物消化率

V 考 察

枝肉成績における背脂肪厚について、古谷²⁾は低CP+AA飼料の給与により、と体の背脂肪が厚くなる傾向が認められると報告している。家入ら⁶⁾は厚脂傾向の原因として豚のアミノ酸要求量が豚の遺伝的能力や環境によって変化し、その変化に対応した最適のエネルギーとアミノ酸バランスを持つ飼料が給与されていないことが考えられるとしている。また、村上³⁾はゴマ油粕配合飼料にペクチナーゼ・キシラナーゼ主体の酵素を添加して給与すると背脂肪厚とロース内脂肪含量は、酵素の添加割合の増加とともに減少すると報告している。本試験においても有意差は認められなかったものの、低CP区において最も背脂肪が厚く、消化酵素を添加した低CP+酵素0.3%区および酵素0.5%区で厚脂が抑えられる傾向にあった。このことは、豚の違いや環境の変化等の影響により、要求量ぎりぎりまで設定しているリジン、トレオニン、メチオニン等の必須アミノ酸の要求量に対する不足が起こり脂肪が蓄積したが、消化酵素の添加により飼料中の植物膜が崩壊し不足した必須アミノ酸が補われ脂肪蓄積が抑えられたことが考えられた。

乾物消化率について、本試験では低CP+酵素0.5%区が対照区に比べ1.87ポイント有意に高い値を示し、消化酵素の添加割合が増える毎に乾物消化率は高まる傾向にあった。また、低CP+酵素0.5%区が対照区に比べ肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率で良好な傾向にあったことから、ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼの飼料添加により乾物消化率が上昇し、産肉性にも影響したと考えられた。大和ら⁷⁾はセルラーゼ複合酵素を0.2%飼料添加することにより、乾物消化率が1.1%向上し、ふん量は11%低減したと報告しており、ペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素0.5%とセルラーゼ0.12%の飼料添加により、豚のふん排せつ量は10%以上低減すると考えられた。

以上のことから、肥育豚への低CP+AA飼料給与は、厚脂になる傾向にあるが、消化酵素のペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼの添加により、厚脂傾向が抑えられ、乾物消化率の向上によりふん排せつ量を低減させることが示唆された。

VI 引 用 文 献

- 1) 鈴木直人・大城まどか・仲村敏・太田克之・伊禮判・渡久地政康, 2003, 環境保全型高品質豚肉生産技術の確立(1), 沖縄畜試研報, 41,
- 2) 古谷修, 1996, 飼育技術からの畜産環境対策, 日豚会誌, 33(4), 144-151
- 3) 村上徹哉, 1999, 系統豚「フクオカヨーク」利用による良食味豚肉生産技術の確立, 福岡農研センター試験成績書, 91-92
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局, 1998, 日本飼養標準・豚(1998年版), 12-45, 中央畜産会

-
- 5) 森本宏, 1971, 動物栄養試験法, 181-185, 養賢堂
 - 6) 家入誠二・崎村武司・高野敏則, 2003, プタにおける効率的赤肉生産のための飼養技術, 熊本農研センター報告, 11, 76
 - 7) 大和碩哉・山本英二・佐藤充徳, 1999, 酵素添加飼料給与による肥育豚のふん排せつ量の低減, 福岡農総試研報, 18, 126-130
-

研究補助：又吉博樹, 仲程正巳

環境保全型高品質豚肉生産技術の確立

(3) 肥育豚のふん尿および環境負荷物質排せつ量低減飼料の開発

鈴木直人 大城まどか 仲村敏 太田克之
渡久地政康

I 要 約

産肉性を維持しつつ豚のふん尿および窒素、リン、銅、亜鉛等環境負荷物質排せつ量を低減させることを目的として、代謝試験および肥育試験を行った。肥育豚に日本飼養標準に準拠し、無機態の銅および亜鉛を自主規制上限量まで添加し調製した飼料を給与した対照区、対照区の飼料に対して粗タンパク含量、リン、銅、亜鉛含量を下げ、要求量に対して不足するアミノ酸、消化酵素フィターゼ500単位/kgおよびペクチナーゼ・セルラーゼ複合酵素0.05%をそれぞれ添加した飼料を給与した低減区を設け、比較検討したところ、以下の通りであった。

1. 低減区は、対照区に比べ窒素、リン、銅排せつ量で有意な差が認められ、窒素で21.3%、リンで23.1%、銅で79.0%それぞれ低減した。また、尿排せつ量は低減する傾向にあった。
2. 代謝試験の血清成分に有意な差は認められなかった。
3. 発育成績、枝肉成績に有意な差は認められなかった。

以上のことから、肥育豚に低減飼料を給与することにより産肉性を維持しつつ、豚からの窒素、リン、銅排せつ量が低減された。また、ふん、尿およびふん中亜鉛排せつ量についても低減されることが示唆された。

II 結 言

水質汚濁防止法における窒素、リン等排水基準値の改正や肥料取締法における堆肥中の銅、亜鉛等成分表示義務規定の制定により、家畜のふん尿処理はますます困難なものとなっている。家畜ふん尿処理は処理技術だけでなく、ふん尿の量や成分を低減するため飼料面からの検討も必要であり、産肉性を維持しつつ、豚からの環境負荷を低減させることが重要な課題となっている。これまで、豚からの尿、窒素排せつ量を低減させる技術¹⁾、リン、銅および亜鉛排せつ量低減させる技術^{2, 3)}、ふん排せつ量低減させる技術⁴⁾がそれぞれ報告されており、筆者ら⁵⁾も肥育豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料給与による窒素排せつ量低減効果およびペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼ添加による乾物消化率の向上について報告している。しかし、これらの技術を併用した飼料の効果についての報告は少ない。そこで、豚のふん尿量およびふん尿中の環境負荷物質の同時低減効果を目的とした飼料（低減飼料）を調製し、同飼料の肥育豚へ給与による効果について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験区分および供試飼料

試験区分は対照飼料を給与した対照区および低減飼料を給与した低減区とした。供試飼料の配合割合および成分組成を表1, 2に示した。供試飼料は、体重30~70kgの肥育前期用、体重70~110kgの肥育後期用を調製した。対照飼料は日本飼養標準⁶⁾に準拠し、銅および亜鉛については飼料製造業界が行なっている9自主規制⁷⁾の上限添加量（体重30~70kgの肥育前期用で銅45ppm、亜鉛55ppm、70kg以上の肥育後期用で銅10ppm、亜鉛80ppm）まで添加し調製した。対照飼料に対して、低減飼料は粗タンパク質含量を2%程度、非フィチンリン含量、銅および亜鉛含量をそれぞれ下げ、不足する4種のアミノ酸（リジン、トレオニン、メチオニン、トリプトファン）を要求量の110%程度となるように添加し、さらに消化酵素のフィターゼ500単位/kg、ペクチナーゼ・セルラーゼ主体酵素を0.05%それぞれ添加して調製した。ペクチナーゼ・セルラーゼ主体酵素はペクチナーゼ5000単位/g、セルラーゼ120単位/g以上である。

表1 供試飼料の配合割合

単位：%

	肥育前期 (30~70kg)		肥育後期 (70~110kg)	
	対照飼料	低減飼料	対照飼料	低減飼料
二種混	71.85	71.16	79.46	86.34
大豆粕	22.40	16.00	14.40	7.50
フスマ	3.40	3.40	4.00	4.00
第3リン酸カル	0.70	0.35	0.50	0.14
炭酸カルシウム	0.58	0.90	0.63	0.95
食塩	0.20	0.20	0.20	0.20
ビタミン・ミネラル	0.50	0.50	0.40	0.40
植物性油脂	0.35	—	0.40	—
塩酸L-リジン	—	0.21	—	0.22
L-トレオニン	—	0.05	—	0.02
DL-メチオニン	—	0.05	—	—
L-トリプトファン	—	0.03	—	0.03
硫酸銅(無水)	0.0106	—	0.0018	—
硫酸亜鉛(無水)	0.011	0.0027	0.01	0.0027
フィターゼ	—	0.10	—	0.10
セルラーゼ主体酵素	—	0.05	—	0.05

表2 供試飼料の成分値

成分	肥育前期 (30~70kg)			肥育後期 (70~110kg)		
	対照飼料	低減飼料	要求量	対照飼料	低減飼料	要求量
TDN (%)	76.70	76.49	75.00	77.63	77.46	75.00
CP (%)	17.09	15.05	15.00	14.25	12.00	13.00
全リン (%)	0.53	0.45	0.45	0.48	0.39	0.40
非フィチンリン (%)	0.28	0.20	0.25	0.22	0.14	0.20
銅 (mg/kg)	51.39	9.25	3.50	15.29	7.24	3.00
亜鉛 (mg/kg)	85.44	51.31	55.00	76.68	46.24	50.00
リジン (%)	0.85	0.85	0.75	0.65	0.65	0.55
メチオン+システイン (%)	0.54	0.53	0.46	0.47	0.41	0.34
トレオニン (%)	0.65	0.60	0.49	0.52	0.44	0.36
トリプトファン (%)	0.17	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11

注) TDN：可消化養分総量，CP：粗タンパク質含量。

2. 試験方法

1) 代謝試験

試験は、2003年8月から同年10月まで、沖縄県畜産試験場で実施した。供試豚は、三元交雑種 (LWD) で、ふん中リン、銅および亜鉛排せつ量については、去勢4頭ずつ配置し、他尿排せつ量、窒素排せつ量等については個体差が大きいため去勢豚2頭ずつを2×2のクロスオーバー法で配置した。

試験は、亜鉛どぶ付けメッキの影響を防ぐため無鉛のペンキを塗布した代謝ケージに、体重40kgの去勢雄豚を1頭ずつ収容して行なった。最初の2週間は環境にならすための馴致期間として銅、亜鉛含量を要求量水準まで下げた子豚用試験飼料を不断給餌した。次の5日間を供試飼料に慣らすための予備期間、その後の4日間を本試験期間としてサンプル採取等行なった。

飼養管理は、肥育前期用飼料1.65kgを550gずつ1日3回に分けて制限給餌し、飲水は自由飲水とした。

調査項目は飼料摂取量、飲水量、ふん排せつ量、ふん乾物量、尿排せつ量、窒素、リン、銅および亜鉛排せつ量、血清成分とした。飼料摂取量は、飼料給与量から残飼量を差し引いた量とした。ふんおよび尿は、本試験期間の4日間毎日1日分を全量採取し重量を測定後、一部を直ちに窒素分析に供した。採

取ふんの残りは60℃で48時間乾燥後粉碎し、分析に供した。窒素、ふん中リン、銅、亜鉛排せつ量は常法⁷⁾により行なった。採血は、本試験期間終了後1日間絶食し、採血して分析に供した。血清分析は血清分析キット(和光純薬工業社製)により行なった。血清成分分析項目は、尿素窒素濃度、リン濃度、銅濃度、亜鉛濃度とした。

2) 肥育試験

試験は2003年7月から同年11月まで沖縄県畜産試験場で実施した。供試豚は三元交雑種(LWD)で同腹去勢2頭、雌2頭を各区に配置した。

試験は、開始体重30kgから出荷体重110kgまで単飼豚房(間口1.2m×奥行2.7m)に收容して行なった。

飼料給与は、体重30kg~70kgに肥育前期用飼料、70~110kgに肥育後期用飼料を不断給餌し、飲水は自由飲水とした。

調査項目は飼料摂取量、肥育期間、1日平均増体量、飼料要求率、枝肉成績(枝肉重量、背脂肪厚、ロース芯断面積、肉色)、血清成分とした。血清成分は、体重70kg到達時と出荷時に1日絶食後採血し、分析に供した。

IV 結 果

1. 代謝試験

代謝試験の結果を表3に示した。飼料摂取量、飲水量、ふん排せつ量、ふん乾物量、尿排せつ量、ふん中亜鉛排せつ量に有意な差は認められなかった。ふん中窒素と尿中窒素排せつ量を合計した総窒素排せつ量、ふん中リン、銅排せつ量について、対照区が総窒素21.20g/日、ふん中リン1.21g/日およびふん中銅排せつ量0.78mg/日であったのに対し低減区は総窒素16.69g/日、ふん中リン0.93g/日およびふん中銅排せつ量0.16mg/日であり、有意な差(総窒素、リン $P<0.05$ 、銅 $P<0.01$)が認められ、総窒素で21.3%、リンで23.1%、銅で79.0%それぞれ低減した。また、飲水量、ふん乾物量、尿排せつ量、ふん中亜鉛排せつ量については対照区に比べ低減区で低減する傾向にあった。供試豚の窒素蓄積量は、対照区で22.1g/日、低減区で21.38g/日であった。

表3 代謝試験結果

		対照区	低減区
飼料摂取量	(kg/日)	1.61±0.07	1.62±0.08
飲水量	(L/日)	6.23±1.27	5.93±1.41
ふん排せつ量	(kg/日)	0.418±0.102	0.415±0.161
ふん乾物量	(kg/日)	0.145±0.035	0.138±0.049
尿排せつ量	(kg/日)	3.49±1.13	2.97±1.43
窒素摂取量	(g/日)	43.30±0.19	38.07±0.19
ふん中窒素排せつ量	(g/日)	5.06±1.22	4.34±1.10
尿中窒素排せつ量	(g/日)	16.13±3.12	12.35±2.78
総窒素排せつ量	(g/日)	21.20±3.56 ^a	16.69±3.29 ^b
リン摂取量	(g/日)	5.56±0.24	3.81±0.19
※ふん中リン排せつ量	(g/日)	1.21±0.38 ^a	0.93±0.34 ^b
銅摂取量	(mg/日)	170.53±7.55	40.16±1.92
※ふん中銅排せつ量	(mg/日)	77.98±34.19 ^a	15.94±8.26 ^b
亜鉛摂取量	(mg/日)	220.10±10.96	160.68±8.75
※ふん中亜鉛排せつ量	(mg/日)	34.24±15.08	30.51±13.84

注1) 小文字異符号間 $P<0.05$ 、大文字異符号間 $P<0.01$ で有意差。

2) ※は $n=4$ 、その他の項目は2頭ずつ2×2のクロスオーバー法により配置。

代謝試験の血清成分を表4に示した。血液成分に有意な差は認められなかった。各血清成分は、対照区に比べ低減区で濃度が高い傾向にあった。

表4 代謝試験の血清成分

血清成分		対照区	低減区
尿素濃度	(mg/dl)	8.4±2.7	9.9±1.5
無機リン濃度	(mg/dl)	8.0±2.0	9.5±4.3
銅濃度	(ug/dl)	239.1±32.9	260.9±42.0
亜鉛濃度	(ug/dl)	122.2±37.4	125.8±28.1

注) n=4。

2. 肥育試験

発育成績を表5に示した。飼料摂取量、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率に有意な差は認められなかったが、対照区に対して低減区は各項目において良好な傾向にあった。

表5 発育成績

区分	飼料摂取量 (kg/日)	肥育日数 (日)	1日平均増体量 (kg/日)	飼料要求率
対照区	2.74±0.30	104±3	0.77±0.05	3.56±0.50
低減区	2.87±0.23	98±9	0.79±0.06	3.64±0.43

注) n=4。

枝肉成績を表6に示した。ロース芯断面積、肉色、背脂肪厚に有意な差は認められなかったが、背脂肪厚について低減区は対照区に比べ肩、背、腰、3部位平均はそれぞれ薄くなる傾向にあった。

表6 枝肉成績

区分	枝肉重量 (kg)	ロース芯断面積 (cm ²)	肉色	背脂肪厚 (cm)			
				肩	背	腰	3部位平均
対照区	80.5±3.0	18.0±3.4	3.6±0.5	4.5±0.6	2.6±0.5	4.1±0.4	3.7±0.5
低減区	79.0±3.3	18.5±2.3	3.6±0.5	4.2±0.7	2.3±0.5	3.4±0.8	3.3±0.6

注1) 肉色は畜試式豚肉色標準模型 (PSC) による数値。

2) n=4。

肥育試験の血清成分を表7に示した。体重70kg到達時の血清中亜鉛濃度は、対照区84.7ug/dlに対し低減区133.3ug/dlで有意 (P<0.05) に高い値を示した。

表7 肥育試験の血清成分

血清成分	体重70kg到達時		出荷時	
	対照区	低減区	対照区	低減区
尿素窒素濃度 (mg/dl)	10.1±2.0	11.7±3.2	8.1±2.3	10.2±3.1
無機リン濃度 (mg/dl)	9.1±2.8	7.1±2.0	6.7±0.6	7.7±1.3
銅濃度 (ug/dl)	272.9±15.9	278.6±17.1	317.7±67.4	335.4±51.9
亜鉛濃度 (ug/dl)	84.7±22.0 ^a	133.3±8.3 ^b	124.4±28.6	108.3±17.4

注1) 異符号間にP<0.05で有意差あり。

2) n=4。

V 考 察

筆者ら⁶⁾は、アミノ酸添加低タンパク質飼料の給与により豚からの窒素排せつ量を低減したことを報告した。家入らは、フィターゼを豚の飼料中に添加することによって、豚からのリン排せつ量を 23.5

%低減できた³⁾報告している。また、山本らはセルラーゼ、プロテアーゼおよびペクチナーゼ複合酵素とフィターゼの飼料添加により、リン、銅、亜鉛排せつ量は21%、10%、16%低減した²⁾と報告している。本試験の代謝試験においても、低減区は窒素、リン、銅排せつ量で対照区に比べて有意に低減し、低減飼料は豚からの窒素、リン、銅排せつ量を低減できるものと考えられた。飲水量、尿排せつ量については有意差は認められないものの低減する傾向にあり、低減飼料は飲水量、尿排せつ量についても低減できることが示唆された。ふん排せつ量については有意差は認められず、低減する傾向にあったものの、平均値で5%程度と大きく低減しなかった。筆者ら⁵⁾はペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素0.5%とセルラーゼ0.12%の飼料添加により乾物消化率1.87ポイントの向上がみられ、10%以上のふん排せつ量低減が見込まると報告した。本試験において表3のふん乾物量、飼料摂取量と供試飼料の乾物量から乾物消化率を算出したところ、対照区に対する低減区の乾物消化率の向上は0.5%程度にとどまっており、本試験のふん排せつ量を反映するものとなっていた。セルラーゼ等の消化酵素はコスト面で課題があるが、乾物消化率向上のため添加量をさらに高く設定することは困難であり、今後検討が必要である。

亜鉛排せつ量については、有意差は認められず、平均値で10%程度の低減にとどまった。原因について亜鉛は微量成分であり、飼料原料中の成分のばらつきが原因として考えられた。

血清中のリン、銅および亜鉛濃度について、フィターゼの使用により豚が体内に吸収しにくいフィチン酸からリン、銅、亜鉛が遊離し吸収率が高まる⁶⁾とされている。本試験では代謝試験、肥育試験ともに、各血清成分濃度はやや高い傾向にあり、効果的に豚の体内に取り込まれたことが示唆された。

肥育試験における発育成績、枝肉成績は対照区と低減区に有意差は認められなかった。しかし、発育成績は対照区に比べ低減区で良好な傾向にあり、枝肉成績の背脂肪厚については、背、肩、腰ともに薄くなる傾向にあった。このことから、低減飼料は対照飼料と遜色なく豚の産肉性を維持できるものと考えられた。本試験において、対照飼料に対して低減飼料は粗タンパク質含量を2%程度とやや押さえ気味に下げ、要求量に対して110%程度のアミノ酸含量としたことも厚脂傾向を抑えることができた原因と考えられた。

以上のことから、低減飼料は、対照飼料に比べ豚の産肉性を維持しつつ環境負荷物質の窒素、リン、銅排せつ量を同時に低減することができると考えられた。また、ふん尿およびふん中亜鉛排せつ量についても低減することが示唆された。本試験において飼料コストはアミノ酸や酵素添加により増加しており、今後検討が必要である。

VI 引用文献

- 1)古谷修, 1996, 飼育技術からの畜産環境対策, 日豚会誌, 33(4), 144-151
- 2)山本哲也・八谷純一・岩井俊暁, 2001, 酵素・アミノ酸利用による豚ふん中の環境負荷物質の低減, 京都畜研試験成績, 41, 78-86
- 3)家入誠二・古閑護博・村上忠勝・早田繁伸・木庭研二・中島吉直, 1998, 豚からのリン排せつ量低減試験(第1報), 9, 73-77
- 4)大和碩哉・山本英二・佐藤充徳, 1999, 酵素添加飼料給与による肥育豚のふん排せつ量の低減, 福岡農総試研報, 18, 126-130
- 5)鈴木直人・大城まどか・仲村敏・太田克之・伊禮判・渡久地政康, 2003, 環境保全型高品質豚肉生産技術の確立(1), 沖縄畜試研報, 41,
- 6)農林水産省農林水産技術会議事務局, 1998, 日本飼養標準・豚(1998年版), 12-45, 中央畜産会
- 7)森本宏, 1971, 動物栄養試験法, 507-512, 養賢堂

畜産公害対策試験

(16) 酸化溝型回分式活性汚泥浄化槽における間欠運転の窒素低減効果

太田克之 仲村敏 鈴木直人 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

酸化溝型回分式活性汚泥浄化槽(酸化溝)¹⁾における間欠運転の窒素低減効果を検討するため、処理水排出時の全窒素(T-N)濃度が100mg/l以下になることを目標とし、現場実証試験を行なった。試験は、酸化溝に1日あたり1.5m³の汚水を毎日投入し、24時間タイマーでばっ気時間を制御して間欠運転を行なった。間欠運転のパターンは、汚水投入2時間後にばっ気を始め、2時間ごとに間欠的なばっ気を4回くりかえし、最後のばっ気を3時間行なった後、3時間の沈殿時間を設けた。処理水の性状を調査し、処理に要する電気料について算出した。また、T-Nについて21時間連続運転(連続運転)における測定値と比較したところ、結果は以下のとおりであった。

1. 処理水のT-N濃度は34.0mg/lであり、T-N除去率は、連続運転が92.5%であったのに対し、間欠運転は97.5%であった。
2. 間欠運転における処理水の生物学的酸素要求量(BOD)は31mg/l、化学的酸素要求量(COD)は75mg/l、浮遊物質(SS)は126mg/lであった。
3. 電気料金は連続運転が6,490円/月、間欠運転が4,396円/月であった。

今回の供試汚水はBOD容積負荷の変動が大きく、TN/BOD比が平均で0.18であった。これは農家における汚水と同様に窒素の処理が困難な条件^{2~4)}であった。しかしながら間欠運転における処理水のT-Nは目標とした100mg/l以下となり、間欠運転により除去率が向上した。また、間欠運転における処理水は、測定した全ての項目において排水基準値以下であった。

II 結 言

養豚廃水中の窒素は、ヒトのし尿や食品工場等の諸廃水と比較して極めて多い⁵⁾。窒素は植物にとって重要な肥料成分であるが、湖や内海に多量に流入すると、植物性プランクトンが急激に増殖し、その連鎖で動物性プランクトンも増殖し、赤潮、酸欠、悪臭等を引き起こす⁶⁾。

2001年に水質汚濁防止法の改正があり、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素および硝酸性窒素が有害項目に指定され、排水基準は100mg/lとなった⁶⁾。畜産業は暫定基準として1500mg/lとなっているが、いずれ上記のような規制に取り込まれることと予測される⁶⁾ため、浄化効率の向上が求められている。

前報⁷⁾では室内試験により、間欠運転の窒素低減効果を確認したが、今回の試験では酸化溝において処理水排出時のT-N濃度が100mg/l以下となることを目標とし、間欠運転による窒素低減効果の実証試験を行なったので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および場所

試験は2003年7月から2004年2月までの期間とし、沖縄県畜産試験場内の酸化溝¹⁾で実施した。

2. 供試汚水

供試汚水は、当場の肥育豚の汚水を用いた。1日あたりの投入汚水量は1.5m³とした。

3. 試験方法

前報⁷⁾では、家畜尿汚水は窒素量に対し有機物量が不足するため、汚水投入により有機物を補った直後は、ばっ気を停止状態とし、富栄養条件と嫌気条件を同時に作り出すことにより、高い窒素除去率が得られた。そこで今回の試験では、次の様な間欠運転を行なった。

間欠運転のタイムチャートを図1に示した。酸化溝におけるばっ気は24時間タイマーでばっ気時間を

制御して行なった。汚水投入2時間後にばっ気を始め、2時間ごとに間欠的なばっ気を4回くりかえし、最後のばっ気を3時間行なった後、3時間の沈殿時間を設けた。

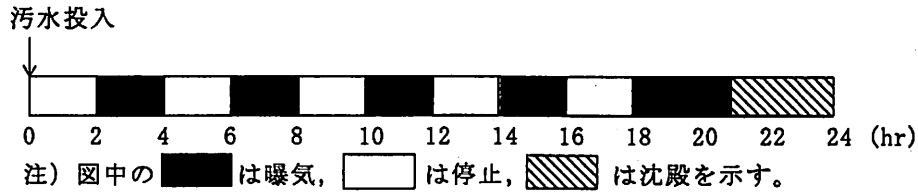


図1 間欠運転のタイムチャート

4. 調査項目および測定方法

沈殿により得られた上清を毎月1回採取し処理水とした。浄化処理性能を調査するため、投入汚水および処理水中のT-N, BOD, CODおよびSSを測定し、処理に要する電気料を調査した。

測定項目および測定法を表1に示した。

表1 測定項目および測定法

測定項目	測定法
全窒素(T-N)	アルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法
生物学的酸素要求量(BOD)	BOD自動測定器(BODtrak, セントラル科学社製)
化学的酸素要求量(COD)	COD METER(C-331-S, 飯島電子工業社製)
浮遊物質(SS)	ガラス繊維ろ紙法

IV 結果および考察

1. 投入汚水および処理水の性状

投入汚水および処理水の性状を表2に示した。投入汚水のBOD濃度は2160~18740mg/lの範囲で変動しその平均は10500mg/l, COD濃度は720~7080mg/lの範囲で変動しその平均は3424mg/l, SS濃度は3133~28767mg/lの範囲で変動しその平均は13608mg/lであった。

処理水のBOD濃度は12~94mg/lの範囲で変動しその平均は31mg/l, COD濃度は40~145mg/lの範囲で変動しその平均は75mg/l, SS濃度は90~165mg/lの範囲で変動しその平均は126mg/lであった。

豚の体格, 頭数, 畜舎洗浄水量等の違いから, 試験期間全体にわたる投入汚水のBOD容積負荷の変動は0.06~0.48kg/m³とかなり大きく, 汚水の質的变化は活性汚泥の状態を悪くする要因である¹⁾ことから, 活性汚泥を良い状態に保つことが難しい状況であったといえる。また, 酸化溝はBOD容積負荷を0.2 kg/m³で設計しているが, 投入汚水のBOD容積負荷は平均0.27kg/m³であり, 酸化溝の設計よりやや高かった。しかしながら処理水の性状は, 測定した全ての項目において排水基準値以下であった。

表2 投入汚水および処理水の性状

	投入汚水				処理水		
	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	BOD容積負荷 (kg/m ³)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
7月	18320	4700	23433	0.47	12	145	115
8月	3440	7080	6733	0.09	18	40	90
9月	2160	720	3133	0.06	29	73	160
10月	5660	2145	9923	0.15	24	66	90
11月	17100	3240	16167	0.44	16	53	105
12月	8080	1400	7100	0.21	94	71	165
1月	18740	4680	28767	0.48	24	76	160
平均	10500	3424	13608	0.27	31	75	126
	排水基準値				160(120)	160(120)	200(150)

注1)排水基準値は水質汚濁防止法による。

2)排水基準値は上限値を示し, ()内の数字は1日の平均値の上限を示す。

2. 間欠運転および連続運転におけるT-N

間欠運転におけるT-N濃度、除去率および投入汚水のTN/BOD比を表3に示し、これまで当場で行なってきた連続運転におけるT-N濃度、除去率および投入汚水のTN/BOD比を表4に示した。

間欠運転において、投入汚水のT-N濃度は581.6~2383.1mg/lの範囲で変動しその平均は1569.2mg/l、処理水のT-N濃度は2.2~78.1mg/lの範囲で変動しその平均は34.0mg/l、T-N除去率は94.3~99.9%の範囲で変動しその平均は97.5%、投入汚水のTN/BOD比は0.13~0.27の範囲で変動しその平均は0.18であった。

連続運転において、投入汚水のT-N濃度は440.0~2730.0mg/lの範囲で変動しその平均は1107.7mg/l、処理水のT-N濃度は5.6~168.0mg/lの範囲で変動しその平均は69.9mg/l、T-N除去率は73.2~99.5%の範囲で変動しその平均は92.5%、投入汚水のTN/BOD比は0.04~0.41の範囲で変動しその平均は0.16であった。

これまでの知見^{2~4)}では、窒素の浄化処理においてTN/BOD比は0.05が処理に適しており0.15までは浄化処理が可能であるが、家畜尿汚水中のTN/BOD比は0.2~0.4であり処理が容易ではないとされている。

このことから、間欠運転および連続運転における投入汚水のTN/BOD比は、窒素の浄化処理を行なうには難しい条件であった。

処理水のT-N濃度は、連続運転では平均値が100mg/lを下回るものの変動範囲が大きく、100mg/lを超えることがしばしばあった。しかし間欠運転では変動範囲が比較的小さく、調査期間中に100mg/lを超えることはなかった。

またT-N除去率は、間欠運転において最低でも94.3%と高く、平均では連続運転に比べ5.0ポイント高かった。

表3 間欠運転におけるT-N濃度、T-N除去率および投入汚水のTN/BOD比

	投入汚水 (mg/l)	処理水 (mg/l)	除去率 (%)	投入汚水の TN/BOD比
7月	2383.1	46.4	98.1	0.13
8月	746.1	6.4	99.1	0.22
9月	581.6	32.9	94.3	0.27
10月	1187.4	11.6	99.0	0.21
11月	2290.8	2.2	99.9	0.13
12月	1424.2	78.1	94.5	0.18
1月	2371.1	60.5	97.4	0.13
平均	1569.2	34.0	97.5	0.18

表4 連続運転におけるT-N濃度、T-N除去率および投入汚水のTN/BOD比

	投入汚水 (mg/l)	処理水 (mg/l)	除去率 (%)	投入汚水の TN/BOD比
平均	1107.7	69.9	92.5	0.16
最大値	2730.0	168.0	99.5	0.41
最小値	440.0	5.6	73.2	0.04

注)表の値は2000年2月から2002年4月まで沖縄県畜産試験場内の酸化溝にて連続運転を行ない測定した。

3. 処理に要する電気料金

連続運転および間欠運転における処理に要する電気料金を表5に示した。連続運転では6,490円/月であったのに対し、間欠運転では4,396円/月であった。間欠運転はばっ気停止時の水平エアレータの電気料金が削減されたため、連続運転に比べ1月あたり2,094円安かった。

表5 連続運転および間欠運転における処理に要する電気料金

連続運転		kw数	台数	稼働時間	使用電力量	1日使用料金
		(kw)	(台)	(時間)	(kw/日)	(円/日)
①	水平エアレータ	0.40	2	21.0	13.44	146.5
②	汚水搬送用ポンプ	0.40	1	0.5	0.16	1.7
③	振動機	0.01	1	1.0	0.01	0.1
④	汲み上げポンプ	0.40	1	1.0	0.32	3.5
						計151.8
月額使用料金			151.8円/日×30日		4,554円/月	
月額基本料金			1,210円×1.6kw		1,936円/月	
-----						月額電気料金
						6,490円/月
間欠運転		kw数	台数	稼働時間	使用電力量	1日使用料金
		(kw)	(台)	(時間)	(kw/日)	(円/日)
①	水平エアレータ	0.40	2	11.0	7.04	76.7
②	汚水搬送用ポンプ	0.40	1	0.5	0.16	1.7
③	振動機	0.01	1	1.0	0.01	0.1
④	汲み上げポンプ	0.40	1	1.0	0.32	3.5
						計 82.0
月額使用料金			82.0円/日×30日		2,460円/月	
月額基本料金			1,210円×1.6kw		1,936円/月	
-----						月額電気料金
						4,396円/月

家畜尿汚水中の窒素濃度は高く、窒素除去の主役である生物学的脱窒に必要な有機物(BOD)が尿汚水中の窒素濃度に比較して不足しがちであるため、一般的には処理が困難^{2~4)}とされている。しかしながら今回の試験では、酸化溝において間欠運転を行なうことにより脱窒が促進されることが確認された。

ここで重要と思われたのは、前報¹⁾の室内試験でT-N除去率が高かった、汚水投入直後にばっ気を行なわないパターンを間欠運転に用いたことである。これにより、脱窒菌がより脱窒を行ないやすい条件が整い、汚水性状の変動が激しい実際の現場においても、脱窒を促進できたものと考えられた。

また、間欠運転における処理水のT-N、BOD、CODおよびSSは放流基準値以下であり、間欠運転により放流に十分な処理が行なえることが確認された。

間欠運転のパターンについては、更に詳細な検討をすることにより能力が向上する可能性があるため今後の検討が必要と思われた。

謝 辞

本研究において、投入汚水および処理水の分析にご協力をして頂きました沖縄大学・宇井純博士、金城由美子氏ならびに学生の皆様に感謝申し上げます。

V 引 用 文 献

- 1) 伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實, 1999, 畜産公害対策試験(6)酸化溝型回分式活性汚泥法による高濃度豚舎汚水の低コスト処理試験, 沖縄畜試研報, 37, 78-83
- 2) 長田隆, 1994, 2. 尿汚水の浄化処理技術, 農林水産技術会議事務局編, 財団法人農林統計協会, 家畜ふん尿処理・利用技術, 33
- 3) 羽賀清典, 1998, 廃棄物と資源, 押田敏雄編, 養賢堂, 畜産環境保全論, 33
- 4) 社団法人農山漁村文化協会, 1995, 畜産環境対策大事典, 20, 社団法人農山漁村文化協会
- 5) 中村作二郎, 2003, 養豚場の廃水処理, 29-30, 有限会社ベネット
- 6) 中村作二郎, 2003, 養豚場の廃水処理, 8, 有限会社ベネット

-
- 7) 伊禮判・鈴木直人・太田克之・大城まどか・渡久地政康, 2002, 畜産公害対策試験(12)回分式活性汚泥浄化処理における間欠曝気の窒素低減効果, 沖縄畜試研報, 40, 71-74
- 8) 中村作二郎, 2003, 養豚場の廃水処理, 82-83, 有限会社ベネット
-

研究補助: 又吉博樹, 仲程正巳

栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討

(1) 栄養茎からの発根率および根の生育状況

望月智代 守川信夫 真境名元次*

I 要 約

セルトレイ苗を利用した、栄養系繁殖牧草の草地造成法および更新法を確立するため、パンゴラグラス「トランスパーラ」(Tr)とジャイアントスターグラス(Gs)の栄養茎を用いて、園芸用セルトレイに1本ずつ茎挿しを行ない育苗した。その発根率と根の生育状況を調査したところ以下のとおりであった。

1. Trの発根率は、夏期では茎挿し後25から30日目の間で96.8%に達し最大値を示した。春期、冬期では35日目、秋期では35から40日目の間で最大値を示し、それぞれ73.3%、68.8%、35.5%の発根率であった。

2. Gsの発根率は、春期では茎挿し後30日目で93.8%に達し最大値を示した。冬期、秋期および夏期では25日目で最大値を示し、それぞれ90.6%、81.3%、59.4%の発根率であった。

3. Trの最長根の長さは、夏期では茎挿し後30日目で、春期、秋期および冬期では40日目で最も高い値を示し、それぞれ201mm、155mm、60mm、48mmであった。

4. Gsの最長根の長さは、夏期、春期および秋期では茎挿し後35日目で、冬期では40日目で最も高い値を示し、それぞれ116mm、104mm、56mm、76mmであった。

II 緒 言

TrおよびGsは種子繁殖せず、ほふく茎の伸長により増殖していく栄養系繁殖牧草である。両草種は沖縄県の奨励品種に選定¹⁾されており、特にTrは生産性、栄養価また永続性に優れている^{2, 3)}ことから、普及拡大が有望視されている品種である。これらは草地造成の際、栄養茎を散播しロータリーで鋤き込んで、鎮圧ローラーで鎮圧する方法が主な増殖法となっている⁴⁾。しかしこの方法は栄養茎散播後の土壌の水分状態が、散播苗の定着に影響を与える。また、大型機械などの使用により泥ねい化してしまうような場合や草地更新の際に栄養系繁殖牧草を導入する場合などにおいて、上記の方法では植付けが難しい。そのため、このような欠点を補う新たな植付け方法を検討し、場所や土壌条件に幅広く適応した草地造成法や更新法を確立する必要がある。

そこで、TrとGsについて市販の園芸用セルトレイを用いた育苗⁵⁾を行ない、その発根率および根の生育状況を調査したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間

試験は2003年1月から12月まで実施した。

2. 供試牧草

当試験場内にて栽培した、パンゴラグラス「トランスパーラ」およびジャイアントスターグラスを用いた。

3. 試験方法

セルトレイは1穴のサイズが縦3cm×横3cm×深さ4cmの128穴のものを使用し、培養土として、市販の播種用倍土(タキイ種苗株式会社)を使用した。

上記のセルトレイに培養土を敷き詰め、茎を挿しやすいうちにあらかじめかん水した。次にTrおよびGsの栄養茎を、茎の中間部から2節つけて切り出した後、下部節が培養土に約1cm埋まるようにセルトレイへ1本ずつ茎挿しして(図1)、露地にて育苗した。かん水は培養土が保湿状態を保つように、1日

*沖縄県農業試験場

当たり 2mm 行なった。

冬期は1月15日、春期は4月17日、夏期は7月15日、秋期は11月20日に茎挿しを行ない、それぞれ256株ずつを植付けた。調査は茎挿し後5日ごとに40日間(計8回/期)、セルトレイから32株ずつ取り出して発根率および根の伸長を調査した。

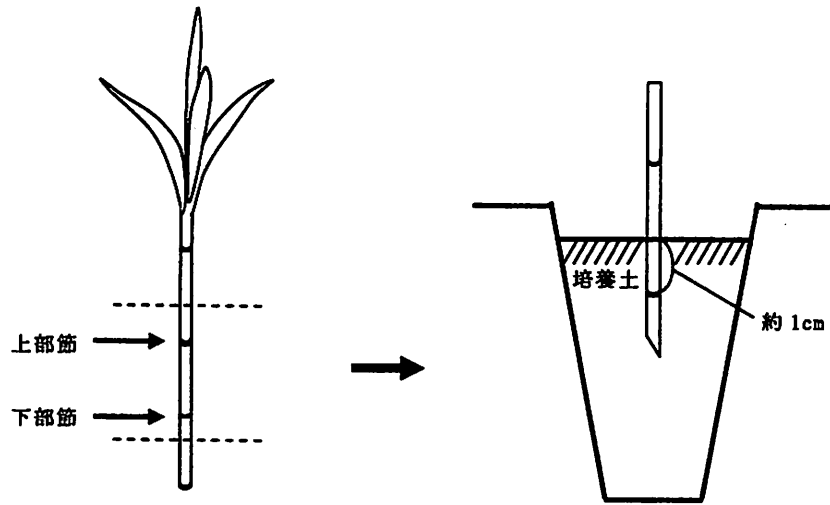


図1 栄養茎の切り出しと茎挿し

3. 調査方法

下部節から少しでも根が出ているものを発根しているとし、その苗数より発根率を算出した。またそれぞれの苗において、最も長く伸長した根を最長根とし、節からの長さを測定した。さらに育苗期間中は気温と培養土温度を調査した。

IV 結果および考察

図2に調査期間中の気温および培養土温度を示した。春期は20℃以上となり、夏期では25℃以上の気温を示した。また、秋期と冬期においては20℃以下となった。培養土温度は土量が少なく、外気の影響を受けたため、気温とほぼ連動した。

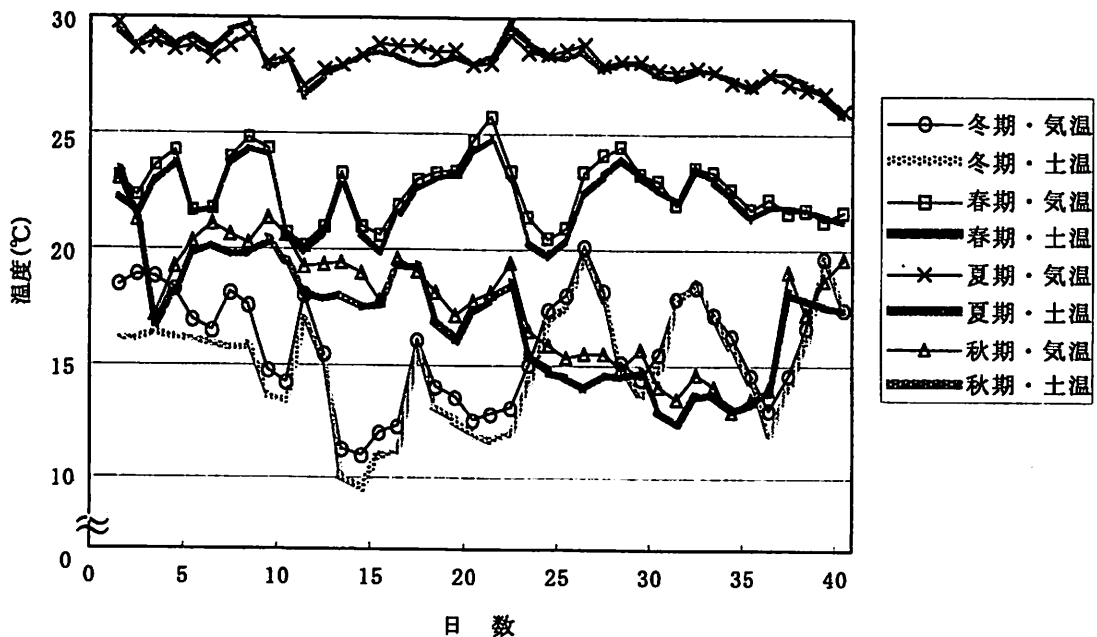


図2 調査期間中の気温および培養土温度

図3にTrおよびGsの発根率を示した。Trの発根率は気温が25℃以上になる夏期において高く、茎挿し後25から30日目の間に96.8%に達し最大値を示した。春期、冬期では35日目、秋期では35から40日目の間で最大の発根率を示し、それぞれ73.3%、68.8%、35.5%であった。また冬期、春期、夏期の40日目において、発根率の低下が見られたが、これは発根後の枯死によるものである。Gsの発根率は春期では茎挿し後30日目で、冬期、秋期および夏期では25日目で最大値を示し、それぞれ93.8%、90.6%、81.3%、59.4%であった。

以上のことから、1日当たり2mm程度のかん水条件下では、Trは夏期で、Gsは春期に発根率が高いという特徴が見られた。さらにGsでは、気温が低下する秋期および冬期においても高い発根率が得られたことから、Trよりも低温に強いことが示唆された。またGsの夏期において発根率が低くなった原因は不明であり、再度夏期における調査が必要である。

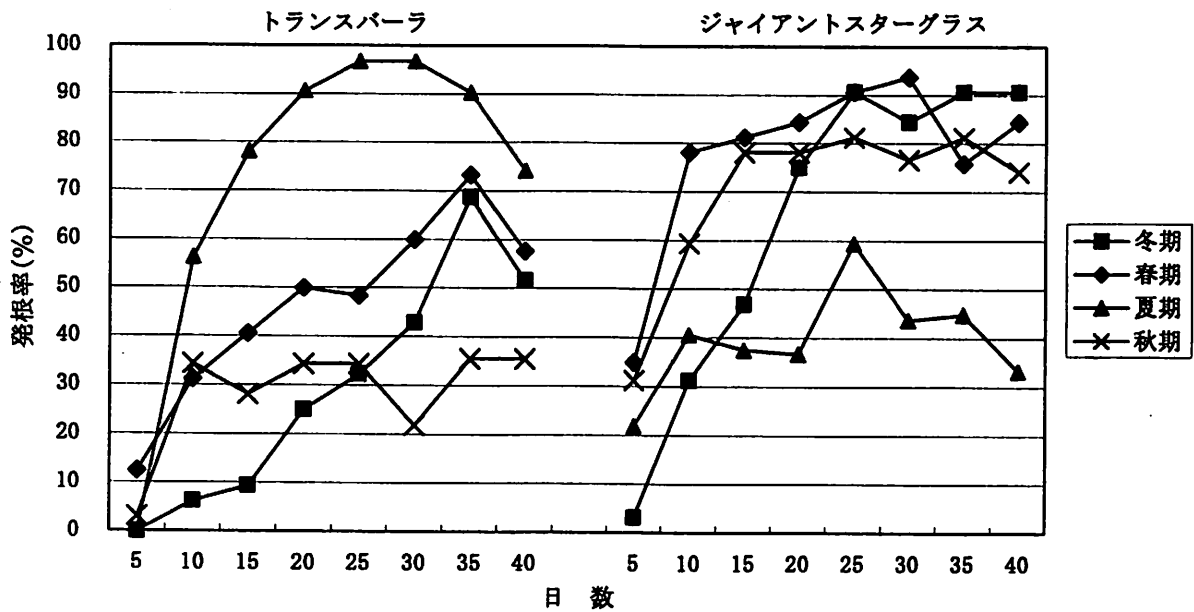


図3 トランスパーラおよびジャイアントスターグラスにおける発根率

図4に最長根の長さの平均を示した。Trの最長根の長さは、夏期においては茎挿し後30日目で、春期、秋期および冬期では40日目で最も高い値を示し、それぞれ201mm、155mm、60mm、48mmであった。Gsでは夏期、春期および秋期において茎挿し後35日目で、冬期では40日目で最も高い値を示し、それぞれ116mm、104mm、56mm、76mmであった。気温が20℃以下となる秋期と冬期は、TrとGsともに低い値を推移した。

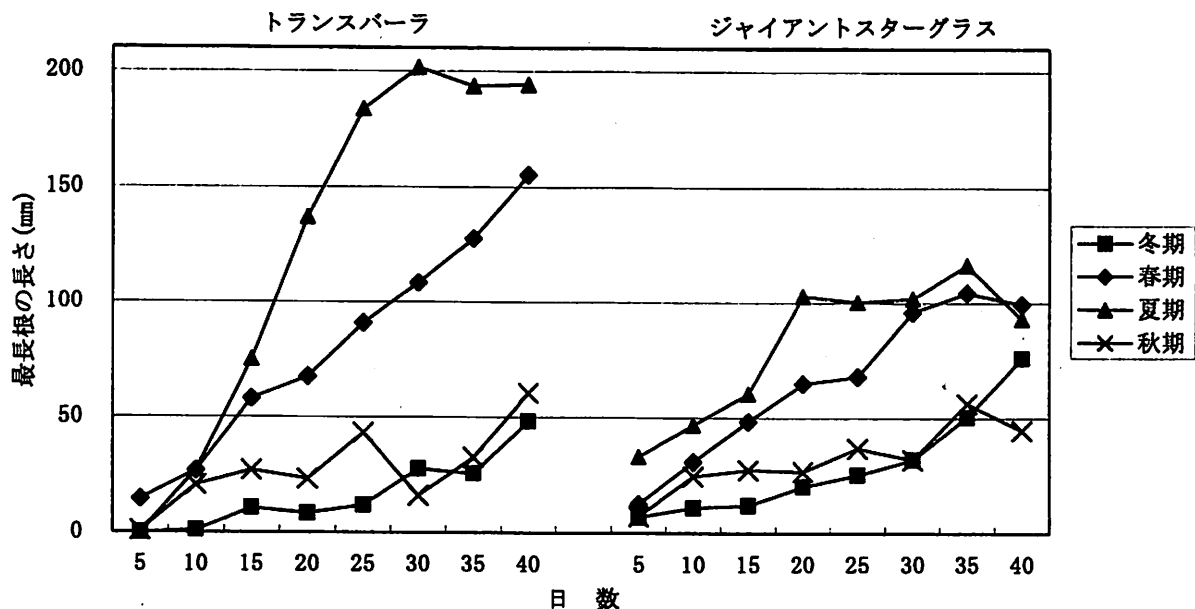


図4 セルトレイ苗における最長根の長さ

今回の試験では、切り出した栄養茎を1本挿してその発根率を調査したが、実際に圃場へ移植するためのセルトレイ苗を効率良く作るためには、茎挿しの本数や適正な切り出し部位などを検討することによりセルトレイ苗作りの条件を探り、さらに圃場へ移植する際の植付密度や被度増加率を調査する必要がある。

VI 引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課, 1998, 沖縄県牧草飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 1
- 2) 嘉陽稔・川本康博・庄司一成, 1996, *Digitaria* 属の3草種の生育特性と生産性の比較, 沖縄畜試研報, 34, 145-168
- 3) 嘉陽稔・川本康博・庄司一成, 1997, *Digitaria* 属の3草種の草高の違いによる栄養価の比較, 沖縄畜試研報, 35, 113-117
- 4) 沖縄県畜産試験場, 1999, 牧草・飼料作物栽培の手引き, 46
- 5) 高知県草地飼料協会, 2000, シバポット移植法を用いたシバ草地造成マニュアル, 25-28

研究補助：平良樹史, 竹内千夏, 具志堅興司

暖地型牧草付着乳酸菌発酵液添加がサイレージ発酵品質 に及ぼす影響

眞嗣平 守川信夫 長利真幸 望月智代
嘉陽稔*

I 要 約

暖地型牧草付着乳酸菌発酵液(FJLB)のサイレージへの添加効果を調査するため、FJLB中の乳酸菌数(colony forming unit;cfu)の確認を行なった。さらにローズグラス、ギニアグラス、パンゴラグラスおよびジャイアントスターグラスを無予乾ならびに予乾処理後、FJLB無添加、0.1%添加および1.0%添加する処理を行いサイレージの発酵品質を調査したところ結果は以下のとおりであった。

1. 暖地型牧草付着乳酸菌数は5月、8月および11月において $10^5 \sim 10^6$ cfu/gFMであった。
2. FJLB中の乳酸菌数は5月、8月および11月において $10^8 \sim 10^{10}$ cfu/mlであり、材料草に対し0.1%および1.0%添加することにより、サイレージ発酵に必要とされている材料草1g当たり 10^6 cfu/gFM以上の乳酸菌を常に確保することができる。
3. FJLB添加によりpHが有意に低下した。
4. 予乾処理後、FJLBを添加することで乳酸発酵が有意に促進された。
5. 無予乾サイレージにおいてはFJLB添加による乳酸発酵の促進、酪酸発酵の抑制および揮発性塩基態窒素(VBN)含量の低下はみられなかった。

以上のことからFJLBは予乾処理と併用し、0.1%および1.0%添加することで添加効果を得られることが示唆された。

II 結 言

サイレージの発酵品質向上のために市販の乳酸菌添加剤を利用する方法があるが、乳酸菌製剤は数種類の純粋培養した菌の混合物であるため、それらの菌に適した環境条件が与えられないと添加効果を発揮しない場合がある^{1, 2)}。

大島ら^{1~3)}は、牧草と水をミキサーで磨砕して手軽に得られるFJLBをサイレージ材料に0.1%添加することで、多種類の土着乳酸菌を補い、良質なサイレージが得られることを報告している。暖地型牧草においては、嘉陽ら^{4, 5)}がセタリアグラスとギニアグラスにFJLBを添加することにより乳酸発酵の促進、酪酸発酵の抑制、pHおよび総窒素中の揮発性塩基態窒素(VBN/TN)の低下を報告しているが、FJLB中の乳酸菌数は確認されておらず、草種、添加量など要因は検討されていない。また、ギニアグラスにおいて、予乾処理と添加効果が検討⁶⁾されているが、他の暖地型牧草を用いた知見はない。そこで、沖縄県の主要牧草である、ローズグラス、ギニアグラス、パンゴラグラスおよびジャイアントスターグラスを用いて、暖地型牧草付着乳酸菌数、FJLB中乳酸菌数の確認ならびに予乾処理と添加効果の関係を草種ごとに調査したので報告する。

III 材料および方法

1. 供試草種

供試草種は、ローズグラス(品種:カタンボラ)、ギニアグラス(品種:ガットンパニック)、パンゴラグラス(品種:トランスバーラ)およびジャイアントスターグラスを用いた。

2. FJLB の調製

それぞれの新鮮草 100g と水 500ml をミキサーにかけ、得られた緑汁をガーゼで濾過し、2.0%のグルコースを添加後、嫌気条件下約 30°C で 2 日間培養し調製した。

3. サイレージの調製

サイレージ原料草は、2003 年 5 月 13 日(再生 40 日目)に刈取り、それぞれの草種を天日で約 4 時間予乾処理をした。その後、約 1cm に細断し、約 300g をプラスチックフィルム(パウチ)⁷⁾に入れ、FJLB 無添加、材料草に対し FJLB を 0.1% 添加および 1.0% 添加する処理を行ない吸引脱気した後、密封した。続いて 2003 年 11 月 12 日(再生 40 日目)に刈取り後、無予乾で直ちにサンプルを採取し先に述べた方法で FJLB を添加後密封した。これらを室温で 30 日間保存後、サイレージ発酵品質の分析に供試した。

サイレージの分析は、水分含量を加熱乾燥法、pH はガラス電極法、VBN 含量は水蒸気蒸留法⁸⁾ および有機酸組成を高速クロマトグラフ法(島津製作所 SPD-10A)によりそれぞれ測定した。

4. 乳酸菌数の確認

牧草付着乳酸菌数と FJLB 中の乳酸菌数の調査は、2003 年 5 月 13 日(再生 40 日目)、2003 年 8 月 14 日(再生 40 日目)および 2003 年 11 月 12 日(再生 40 日目)の計 3 回行ない、Bromo Cresol Purple Plate Count Agar 培地(BCP 加プレートカウント寒天培地)を用い、37°C で 3 日間嫌気培養後、コロニー数を計測した。

IV 結果および考察

表 1 に牧草付着乳酸菌数と FJLB の培養後における乳酸菌数を示した。牧草付着乳酸菌は 8 月に多い傾向がみられたが、5 月、8 月、11 月においていずれも $10^5 \sim 10^6$ cfu/gFM であった。蔡⁹⁾ はサイレージ発酵において、乳酸菌が素早く増殖して不良微生物の増殖を圧倒的に抑えるためには、材料草 1g 当たり 10^6 cfu/gFM 以上の乳酸菌を必要としている。今試験では 8 月のローズグラス、パンゴラグラスおよびジャイアントスターグラスを除いては 10^6 cfu/gFM 以上を満たしていなかった。このことから乳酸菌発酵型の安定した良質サイレージを得るためには、調製時に乳酸菌の添加が必要であることが示唆された。

FJLB の乳酸菌数は $10^8 \sim 10^{10}$ cfu/ml であり、チモシーとオーチャードグラス¹⁰⁾、アルファルファ^{2, 3)} およびギニアグラス¹¹⁾ による報告と同様であった。よって、これらを材料草に対し 0.1% および 1.0% 添加することにより常に、 10^6 cfu/gFM 以上の乳酸菌が確保することができる。

表 1 暖地型牧草付着乳酸菌数および FJLB 中の乳酸菌数

	草種	牧草付着乳酸菌数	FJLB 中乳酸菌数
		cfu/gFM	cfu/ml
5月	ローズグラス	5.0×10^5	3.0×10^9
	ギニアグラス	5.0×10^5	5.0×10^8
	パンゴラグラス	5.0×10^5	1.0×10^8
	ジャイアントスターグラス	2.0×10^5	2.0×10^8
8月	ローズグラス	3.0×10^6	2.0×10^9
	ギニアグラス	2.0×10^5	1.0×10^9
	パンゴラグラス	1.0×10^6	1.0×10^9
	ジャイアントスターグラス	2.0×10^6	1.0×10^{10}
11月	ローズグラス	5.0×10^5	2.0×10^9
	ギニアグラス	5.0×10^5	1.5×10^9
	パンゴラグラス	5.0×10^5	1.0×10^8
	ジャイアントスターグラス	2.0×10^5	8.0×10^8

注) cfu: colony forming unit.

表 2 に予乾処理を行なったサイレージの発酵品質を示した。サイレージの水分含量は平均 64.5% であ

った。ギニアグラスを除く3草種について、添加区が無添加区に比べ有意に乳酸産生割合が増加し、0.1%添加区よりも1.0%添加区で大きい傾向がみられた。さらにギニアグラスを除いてFJLBを添加することによりpH、VBN含量の低下傾向がみられた。V2スコアは、無添加区、添加区ともに酪酸などがほとんど生成されなかったため高得点であった。

表2 予乾処理におけるサイレージ発酵品質

草種	添加量	水分含量(%)	pH	VFA含量(新鮮物中%)					VBN mg/新鮮物 100g	V2スコア
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸		
ローズグラス	無添加	63.7	5.37	0.47 ^B	0.51	nd	nd	nd	37.4	92.4
	0.1%	63.7	4.63	1.61 ^A	0.11	nd	nd	nd	30.3	97.1
	1.0%	63.6	4.39	1.81 ^A	0.11	nd	nd	nd	30.1	97.2
ギニアグラス	無添加	69.9	5.21 ^C	0.69	0.18	nd	nd	nd	49.7 ^B	91.7
	0.1%	71.0	5.45 ^B	0.38	0.29	nd	nd	nd	58.8 ^{AB}	88.4
	1.0%	70.6	5.53 ^A	0.28	0.30	0.02	0.03	nd	72.4 ^A	82.1
パンゴラグラス	無添加	60.1	5.39 ^A	0.53 ^C	0.10	nd	nd	nd	57.0	89.7
	0.1%	64.3	5.18 ^B	1.17 ^B	0.21	nd	nd	nd	60.3	88.5
	1.0%	64.0	4.52 ^C	1.76 ^A	0.14	nd	nd	nd	53.2	90.8
ジャイアント スターグラス	無添加	61.1	5.31	0.55 ^B	0.06	nd	nd	nd	35.7	95.6
	0.1%	60.6	4.43	1.23 ^{AB}	0.15	nd	nd	nd	31.8	96.7
	1.0%	61.6	4.74	1.75 ^A	0.16	nd	nd	nd	26.2	98.3

注 1) 同草種内で同列の異符号間に有意差あり(P<0.01)。
 2) nd:非検出を示す。
 3) V2スコアの評価は80点以上が良, 60~80点が可, 60点以下が不良。

表3に無予乾サイレージの発酵品質を示した。水分含量は平均77.2%であり、高水分サイレージであった。乳酸含量はパンゴラグラスの1.0%添加区においてわずかに検出されたものの、他の区においては検出されなかった。酪酸発酵の抑制およびVBN含量の低下効果はみられずFJLBの添加効果は得られなかった。

表3 無予乾におけるサイレージ発酵品質

草種	添加量	水分含量(%)	pH	VFA含量(新鮮物中%)					VBN mg/新鮮物 100g	V2スコア
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸		
ローズグラス	無添加	76.2	5.73	nd	0.35	0.06	0.37	nd	106.6	54.3
	0.1%	76.3	5.70	nd	0.43	0.04	nd	nd	94.4	77.3
	1.0%	76.7	5.71	nd	0.53	0.05	nd	nd	94.6	76.4
ギニアグラス	無添加	77.5	5.66	nd	0.32	0.03	nd	nd	83.9	81.1
	0.1%	77.8	5.62	nd	0.32	0.06	nd	nd	82.9	81.2
	1.0%	78.7	5.55	nd	0.33	0.06	nd	nd	84.1	80.7
パンゴラグラス	無添加	78.8	5.63	nd	0.23	0.03	nd	nd	76.2	83.7
	0.1%	78.6	5.45	nd	0.30	0.02	nd	nd	75.5	83.6
	1.0%	78.8	5.37	0.06	0.23	0.02	0.04	nd	71.0	82.4
ジャイアント スターグラス	無添加	75.1	5.80	nd	0.38	0.07	0.03	nd	158.1	57.1
	0.1%	75.8	5.88	nd	0.38	0.03	0.02	nd	154.2	59.1
	1.0%	75.5	5.79	nd	0.36	0.07	0.04	nd	142.6	61.2

注 1) nd:非検出を示す。
 2) V2スコアの評価は80点以上が良, 60~80点が可, 60点以下が不良。

表2, 表3の結果を基に草種と予乾処理および添加量の影響を検討するため、これら3つを要因として分散分析したのが表4である。pHと乳酸含量にFJLB添加による影響がみられた。VBNとV2スコアは草種と予乾の影響がみられた。

表4 サイレージ発酵品質の分散分析表

要因	自由度	水分	pH	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	VBN(mg) FM100g中	V2スコア
草種	3	**	ns	*	**	**	ns	ns	**	**
予乾	1	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**
添加量	2	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
草種×予乾	3	*	**	*	ns	ns	ns	ns	**	**
草種×添加量	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
予乾×添加量	2	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
草種×予乾×添加量	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
誤差	36	5.98	0.08	0.11	0.03	0.001	0.03	0.01	255.9	31.3

注) **: P<0.01 * : P<0.05

pHにおいては、添加量の主効果が有意であったため、添加量間の比較を表5に示す。添加量が増すごとにpHが低下しFJLB1.0%添加区と無添加区において有意差がみられた。

表5 サイレージのpH

区	無添加区	0.1%区	1.0%区
pH	5.47 ^A	5.32 ^{AB}	5.10 ^B

注) 異符号間に有意差あり(P<0.01)。

乳酸については予乾処理と添加量との間に交互作用が有意であった。このことは、予乾処理を行った場合と行わない場合とでは、添加効果が異なることを意味するため、表6において予乾処理と無予乾処理でFJLBの添加効果を検討した。予乾処理した場合、FJLBを添加することにより乳酸生成が有意に促進された。しかし無予乾の場合はFJLBの添加効果はみられなかった。

表6 サイレージの乳酸含量(新鮮物中%)

区	無添加区	0.1%区	1.0%区
予乾	0.56 ^A	1.09 ^B	1.40 ^B
無予乾	0.14	0.09	0.11

注) 異符号間に有意差あり(P<0.01)。

以上のことから、暖地型牧草4草種にFJLBの添加試験を実施し、サイレージを調製した結果、pHにおいては予乾有無を問わずFJLB添加による低下傾向がみられた。さらに予乾処理し添加することにより、乳酸発酵が有意に促進され添加効果がみられた。しかし、無予乾の場合は乳酸発酵促進や酪酸発酵抑制およびVBN含量低下などの添加効果はみられず、大島ら¹²⁾や嘉陽ら⁶⁾の報告とは異なる結果になった。玉田ら¹³⁾やブリーノら¹⁰⁾はFJLB単独添加ではサイレージ発酵品質を高める効果は低く糖分を添加することにより効果がみられたと報告している。本試験においては、予乾処理をすることにより材料草の水分が減少し糖分濃度が高まった¹⁴⁾と考えられる。さらにFJLB添加によって増加した乳酸菌がこの糖分を発酵基質として利用した結果、添加効果があらわれたと推察される。よってFJLBは単独では効果は低く、予乾処理と併用し、0.1%および1.0%添加することで高い効果が得られることが示唆された。

V 引用文献

- 1) 大島光昭, 1999, 新しいサイレージ用自家製乳酸菌添加剤 - 緑汁発酵液の提案 -, 畜産の研究, 53, (3), 45-49

- 2) Ohshima M., Kimura E. and Yokota H., 1997, A Method of Making Good Quality Silage From Direct Cut Alfalfa by Spraying Previously Fermented Juice, *Animal Feed Science Technology*, **66**, 129-137
- 3) Ohshima M., Ohshima Y., Kimura E. and Yokota H., 1997, Fermented Quality of Italian Ryegrass Silages Treated with Previously Fermented Juice Prepared from both The Herbage, *Anim. Sci. Technol. (Jpn)* **68**, 41-44
- 4) 嘉陽稔・与古田稔・国吉祥子・伊村嘉美・川本康博, 1999, 緑汁発酵液 (FGJ) および糖蜜添加による暖地型牧草サイレージの発酵品質 (1) パウチ法による試験, 沖縄畜試研報, **37**, 84-86
- 5) 嘉陽稔・与古田稔・伊村嘉美・国吉祥子・後藤正和・川本康博, 2000, 緑汁発酵液 (FGJ) および糖蜜添加による暖地型牧草サイレージの発酵品質 (2) ロールペールラップサイレージへの添加効果, 沖縄畜試研報, **38**, 60-63
- 6) 嘉陽稔・与古田稔・後藤正和・伊村嘉美・川本康博, 2000, 緑汁発酵液 (FGJ) および糖蜜添加による暖地型牧草サイレージの発酵品質 (3) ギニアグラスへの添加と予乾による効果, 沖縄畜試研報, **38**, 64-67
- 7) 田中治・大桃定洋, 1995, プラスチックフィルムを用いた小規模サイレージの発酵試験法 (パウチ法) の開発, 日草誌, **41**, 55-59
- 8) 自給飼料品質評価研究会編, 2001, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 91-101
- 9) 蔡義民, 2001, サイレージ乳酸菌の役割と高品質化の調製, 日草誌, **47**, 527-533
- 10) Masuko T., Hariyama Y., Takahashi Y., L M CAO., Goto M. and Ohshima M., 2002, Effect of Fermented Juice of Epiphytic Lactic Acid bacteria Prepared from Timothy and Orchardgrass on Fermentation Quality of Silages, *Grassland Science*, **48**, 120-125
- 11) ブリーノ スマジャイ・川本康博, 2002, サイレージ発酵品質に及ぼすギニアグラス付着乳酸菌発酵液の添加の影響, 日草誌, **48**(別), 224-225
- 12) Ohshima M., L M CAO., Kimura E., Ohshima Y. and Yokota H., 1997, Influence of Addition of Previously Fermented Juice to Alfalfa Ensiled at Different moisture Contents, *Grassland Science*, **43**, 56-58
- 13) Tamada J., Yokota H., Ohshima M. and Tamaki M., 1999, Effect of Additives, Storage Temperature and Regional Difference of Ensiling on the Fermentation Quality of Napier Grass (*Pennisetum purpureum Schum.*) Silage, *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **12**, 28-35
- 14) 安藤文桜・越智茂登一, 1977, サイレージのすべて, 132, 酪農事情社

研究補助：平良樹史，竹内千夏，具志堅興司

トランスバーラとジャイアントスターグラスの放牧利用における 特性比較

(1) 草地利用率と採食量および牧養力の比較

眞嗣平 守川信夫 長利真幸 望月智代
知念司* 与古田稔** 眞境名元次***

I 要 約

効率的な輪換放牧体系を確立するためトランスバーラ(Tr)とジャイアントスターグラス(Gs)の輪換放牧試験を2年間実施し、TrとGsの放牧特性を比較したところ結果は以下のとおりであった。

1. 1年目の平均草地利用率は、Trが55.3%、Gsが44.2%でTrが有意に高い値であった。
2. 2年目の平均草地利用率は、Trが65.2%、Gsが48.8%でTrが有意に高い値であった。
3. 1年目の1頭当たりの採食量(DMkg/日)はTrが7.42kg、Gsが6.75kgでTrが高い傾向であった。
4. 2年目の1頭当たりの採食量(DMkg/日)はTrが7.04kg、Gsが6.52kgでTrが高い傾向であった。
5. 1年目は、延べ放牧日数228日、延べ放牧頭数が1745頭/haであり、Trが1702CD、Gsが1601CDであった。
6. 2年目は、延べ放牧日数301日、延べ放牧頭数が2213頭/haであり、Trが2121CD、Gsが2138CDであった。

以上のことからTrは、放牧基幹草種であるGsと比較して草地利用率、採食性に優れた品種であることが明らかになり、高い牧養力を示すことから本県の放牧草種として期待できる。

II 緒 言

肉用牛黒毛和種繁殖経営において生産コストの低減、労働力の節減のためには放牧利用が有効である。Trは生産性¹⁾、栄養価²⁾に優れていること、栄養基の伸長により密な草地を形成することから放牧草種としての活用が期待される。嘉陽³⁾はTrを用いて放牧試験を実施した結果、被度の低下はみられず、牧養力は1340CDと比較的高い値であったことから放牧草種として有望であると報告している。しかし、Tr草地において長期間放牧し牧養力を追求した報告はない。そこでTrと本県の放牧基幹草種であるGsの放牧特性を比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間

1年目は、2002年4月15日から2003年2月9日まで実施し、延べ放牧日数は228日であった。2002年11月15日から2003年1月9日の間は草量が不足したため休牧した。2年目は2003年4月1日から2004年2月6日まで実施し、連続放牧で延べ放牧日数は301日であった。期の区別を4月から5月を春期、6月から9月を夏期、10月から11月を秋期、12月から2月を冬期とした。

2. 放牧方法

供試牛は黒毛和種繁殖牛(維持水準)としTr、Gsそれぞれ1牧区9.4aの区を4牧区ずつ設け、電気牧柵を利用し輪換放牧を行った。牧草再生日数は冬期と秋期を除いて35日前後とした。また、本試験は2草種の放牧特性を比較することが目的であるため、同条件下で試験を行うこととし転牧時期、放牧頭数は両草種同様に実施した。放牧頭数は1年目は2頭から3頭、2年目は草量に合わせて1頭から4頭を増減させた。

3. 施肥管理

各牧区とも転牧後に化成肥料(N, P₂O₅, K₂O=18, 10, 14%)を、a当たりN成分で0.5kgとなるように施肥を行なった。

4. 調査方法

入退牧時草量と入退牧時草丈、草地利用率、採食量、被度および株数は、1牧区ごとに調査した。入牧時は1m

×1m コドラート枠を用い枠内の被度と草丈を測定した後、地上 10cm で刈取った。退牧時には、草丈を測定した後、草量を同様に刈取り、20cm×20cm コドラートを用いて、株数の調査を同時に行なった。調査は入退牧時ともに 3 から 5 ヶ所で行なった。草地利用率は(入牧時草量-退牧後草量/入牧時草量×100)から求め、採食量(DMkg/頭/日)は {入牧時草量-退牧後草量/(放牧頭数×放牧日数)} から求めた。

延べ放牧頭数は放牧頭数に放牧日数を乗じて求めた。CD(体重 500kg 換算カウデー)は、入牧時体重と退牧時体重の平均を放牧時体重とし、{(放牧時体重/500kg)×放牧頭数×放牧日数} から求めた。

IV 結果および考察

表 1 に 1 年目および 2 年目の放牧強度、平均牧草再生日数、平均滞牧日数および期別の放牧日数を示した。放牧強度は 1 年目において、春期は 6.6 頭/ha、夏期、秋期および冬期は 8 頭/ha であった。

2 年目の放牧強度は草量に応じて頭数を調節したため 2.7 頭/ha から 10.4 頭/ha と大きく変動した。平均再生日数は 1 年目、2 年目とも 35 日前後であったが、1 年目の冬期においては、休牧期間が含まれるため再生日数が長くなった。平均滞牧日数は、冬期における放牧日数の長期化により 2 年目が長くなった。

表 1 放牧強度、平均再生日数および平均滞牧日数

年次	期別	放牧強度(頭/ha)	平均牧草再生日数	平均滞牧日数	放牧日数
1年目	春期	6.6	35.7(26~42)	8.8(7~11)	53
	夏期	8.0	28.0(25~31)	8.2(6~10)	107
	秋期	8.0	21.7(20~27)	6.7(5~8)	40
	冬期	8.0	80.3(79~81)	7.0(6~8)	28
	平均	7.7	35.5	7.9	228
2年目	春期	8.6	55.6(23~74)	8.6(7~11)	60
	夏期	10.4	29.5(24~31)	9.2(7~11)	119
	秋期	5.0	22.3(17~27)	9.2(4~17)	55
	冬期	2.7	49.0(35~60)	22.3(21~24)	67
	平均	7.3	36.3	10.4	301

表 2 に 1 年目の入牧時草量、草地利用率、草丈および採食量を示した。

Tr, Gs とともに春期の入牧時草量が最も多く、その後減少する傾向を示した。平均入牧時草量は Gs が Tr よりも有意に高い値を示した。草地利用率は、両草種とも草量が最も多かった春期において 30%台と低かった。しかし、Tr は夏期、秋期および冬期においてそれぞれ 60.0%、76.6%および 77.4%の高い利用率を示した。

いっぽう、Gs の草地利用率は、夏期、秋期および冬期において 49.3%、41.2%および 54.7%であり、Tr より低い値を示した。全期間をとおしての平均草地利用率は、Gs が 44.2%に対し Tr は 55.3%と有意に高い値を示した。

入退牧時草丈はいずれも Gs が有意に高く、供試牛 1 頭当たりの採食量(DMkg/日)は Gs6.75kg に対し Tr は 7.42kg と有意差はないものの Tr が多い傾向であった。

表2 1年目の入牧時草量, 草地利用率, 草丈および採食量

期別	草種	放牧強度 (頭/ha)	入牧時草量 (DMkg/10a)	草地利用率 (%)	草丈(cm)		採食量 (DMkg/頭/日)
					入牧時	退牧時	
春期	Tr	6.6	512.6	35.3	53.2	-	7.65
	Gs		479.4	30.4	68.9	-	5.46
夏期	Tr	8.0	314.8	60.0	44.9	27.1	7.39
	Gs		437.3	49.3	86.5	45.4	8.00
秋期	Tr	8.0	202.9	76.6	34.0	16.8	7.71
	Gs		238.2	41.2	73.7	39.9	4.93
冬期	Tr	8.0	194.6	77.4	36.8	17.6	6.75
	Gs		288.2	54.7	60.0	29.3	7.39
平均	Tr	7.7	316.0 ^B	55.3 ^A	43.3 ^B	22.4 ^B	7.42
	Gs		384.3 ^A	44.2 ^B	78.5 ^A	40.7 ^A	6.75

注) 同列の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

表3に2年目の入牧時草量, 草地利用率, 草丈および採食量を示した。入牧時草量は, 夏期の草量が最も多く2年目においてもGsがTrよりも有意に多かった。草地利用率においては, 1年目と同様に春期の値がGsは37.0%, Trは39.3%と低い値であった。しかし, 放牧強度を草量に合わせ増減させたため, 夏期, 秋期および冬期にかけてTrはそれぞれ76.2%, 73.4%および63.9%, Gsについては秋期を除き夏期56.0%および冬期64.4%の高い値を示した。平均草地利用率もTrは65.2%, Gsは48.8%とそれぞれ1年目と比較して, 9.9ポイント, 4.6ポイント上昇した。

入退牧時草丈は2年目もGsが有意に高く, 供試牛1頭当たりの採食量(DMkg/日)はGsの6.52kgに対しTrは7.04kgとTrが多い傾向であった。

本村ら⁴⁾はTrは, 水溶性糖類含有率が高く, 葉幅や茎幅が細く食べやすいため嗜好性が高いと報告している。また, 守川ら⁵⁾はTrの高い乾物摂取量を報告していることから, TrはGsと比べて入牧時草量は低いが, 嗜好性が高く, 採食量が多いため草地利用率が高くなったと考えられる。

1年目および2年目ともに春期における草地利用率が低いため, 4月から5月は放牧強度を8.6頭/ha以上にすることで, 草地利用率の向上が可能であると考えられる。

平均入牧時草量は, Trの1年目は316kg/10a, 2年目は336.2kg/10a, Gsの1年目は384.3kg/10a, 2年目は403.0kg/10aとともに年次間で有意差はみられなかった。

表3 2年目の入牧時草量, 草地利用率, 草丈および採食量

期別	草種	放牧強度 (頭/ha)	入牧時草量 (DMkg/10a)	草地利用率 (%)	草丈(cm)		採食量 (DMkg/頭/日)
					入牧時	退牧時	
春期	Tr	8.6	375.1	39.3	47.9	25.8	5.24
	Gs		425.3	37.0	64.0	33.8	5.44
夏期	Tr	10.4	419.4	76.2	53.1	24.3	8.37
	Gs		486.7	56.0	80.0	36.4	7.42
秋期	Tr	5.0	172.4	73.4	30.7	16.3	6.96
	Gs		253.5	29.0	56.2	33.8	4.76
冬期	Tr	2.7	212.4	63.9	38.9	20.9	5.68
	Gs		287.1	64.4	57.3	25.0	8.00
平均	Tr	7.3	336.2 ^B	65.2 ^A	45.7 ^B	22.6 ^B	7.04
	Gs		403.0 ^A	48.8 ^B	68.9 ^A	34.0 ^A	6.52

注) 同列の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

表4に1年目の被度と株数を示した。被度はTrが平均92%, Gsが87%であり, TrがGsよりも有意に高かった。株数はTrが平均179株, Gsが115株でTrが有意に多かった。

表4 1年目の被度と株数

期別	草種	放牧強度 (頭/ha)	被度 (%)	株数 本/m ²
春期	Tr	6.6	92	112
	Gs		80	64
夏期	Tr	8.0	91	189
	Gs		89	123
秋期	Tr	8.0	91	182
	Gs		84	142
冬期	Tr	8.0	92	179
	Gs		91	112
平均	Tr	7.7	92 ^A	179 ^A
	Gs		87 ^B	115 ^B

注) 同列の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

表5に2年目の被度と株数を示した。被度はTrが平均95%、Gsが84%でありTrがGsよりも有意に高かった。株数はTrが平均181株、Gsは107株でTrが有意に多かった。1年目、2年目ともTrがGsに比べ被度が高く、株数が多かった。

知念ら⁶⁾は両草種の生育調査において、TrはGsに比べ被度が高く、株数が多いと報告している、今試験においてもTrがGsに比べ被度が高く、株数が多かったことから、牛の踏圧がある放牧利用においてもTrはGsよりも密な草地を形成するものと考えられた。

また、それぞれの草種について1年目と2年目の年次間において被度と株数に有意差はみられなかった。

以上のことから両草種とも年間7.3頭/haから7.7頭/haの放牧強度で放牧しても草量、被度、株数の衰退はみられなかった。

表5 2年目の被度と株数

期別	草種	放牧強度 (頭/ha)	被度 (%)	株数 本/m ²
春期	Tr	8.6	96	181
	Gs		84	109
夏期	Tr	10.4	98	173
	Gs		89	106
秋期	Tr	5.0	86	198
	Gs		68	114
冬期	Tr	2.7	99	187
	Gs		92	90
平均	Tr	7.3	95 ^A	180 ^A
	Gs		84 ^B	107 ^B

注) 同列の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

表6に1年目の牧養力と延べ放牧頭数を示した。1年目の試験で供試した延べ放牧頭数はha当たり1745頭であり、牧養力(CD)はTrが1702CD、Gsが1601CDであり、両草種とも夏期が最も高かった。

表6 1年目の牧養力と延べ放牧頭数

草種	牧養力(CD/ha, 体重500kg換算)					延べ放牧頭数(ha当たり)
	春期	夏期	秋期	冬期	計	
Tr	342	856	275	230	1702	1745
Gs	335	788	235	244	1601	

注) 延べ放牧日数228日。

表7に2年目の牧養力と延べ放牧頭数を示した。延べ放牧頭数はha当たり2213頭であり、Trが2121CD、Gs

が2138CDであった。Gsの供試牛群の体重がTrよりも重かったため、Gsが若干高い値になった。2年目は、草量に合わせて頭数を増減させたため、春期、夏期の牧養力が向上した。冬期は放牧日数の長期化をねらい頭数を調節したため1年目に比べ減少した。

表7 2年目の牧養力と延べ放牧頭数

草種	牧養力(CD/ha, 体重500kg換算)					計	延べ放牧頭数(ha当たり)
	春期	夏期	秋期	冬期			
Tr	503	1220	255	143	2121	2213	
Gs	518	1201	254	166	2138		

注)延べ放牧日数301日。

TrのCDについて嘉陽ら³⁾は4.9aの草地において繁殖牛4頭を4日間放牧する試験を計8回行なった結果、1340CDであったと報告している。今回は4牧区で集約的輪換放牧を行ない牧養力を追求した結果、1年目は1702CD、2年目は2121CDと大きく向上した。また、沖縄県畜産経営技術指標から算出した牧養力は、1314CD⁷⁾であり、Trはこれを大きく上回ることが明らかになった。

以上のことからTrは放牧基幹草種であるGsと比較して草地利用率、採食性に優れた品種であることが明らかになった。さらに放牧利用を行なっても密な草地を維持し、衰退はみられなかったことからTrは放牧用草種としても優れていると考えられた。

V 引用文献

- 1) 嘉陽稔・川本康博・庄子一成, 1996, *Digitaria* 属の3草種の生育特性と生産性の比較, 沖縄畜試研報, 34, 145-168
- 2) 嘉陽稔・川本康博・庄子一成, 1997, *Digitaria* 属の3草種の草高の違いによる栄養価の比較, 沖縄畜試研報, 35, 113-117
- 3) 嘉陽稔・与古田稔, 1999, トランスパーラの放牧適応性, 沖縄畜試研報, 37, 87-91
- 4) 本村琢・水町進・川本康博, 2002, パンゴラグラス品種トランスパーラ (*Digitaria decumbens* Stent. cv. *transvalla*) の嗜好性の要因について, 沖縄畜産, 37, 21-24
- 5) 守川信夫・真境名元次・与古田稔, 2001, 暖地型牧草の乾物摂取量と消化管通過速度および栄養成分との関係, 沖縄畜試研報(1)トランスパーラの乾物摂取量と乾物消化率, 39, 67-69
- 6) 知念司・嘉陽稔・細井伸裕・与古田稔, 2001, 竹富町黒島における適性草種の検討, 沖縄畜試研報, 39, 78-83
- 7) 沖縄県農林水産部, 2002, 沖縄県畜産経営技術指標, 50

研究補助：平良樹史, 竹内千夏, 具志堅興司

近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定

(1) ギニアグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成

長利真幸 守川信夫 當眞嗣平 望月智代

I 要 約

暖地型牧草の成分と栄養価を迅速に測定するために、ギニアグラスの粗タンパク質含有率(CP)と乾物消化率について、近赤外分析法(NIRS)を用いて検量線の作成を行なった。試料サイズでは粉碎試料(1 mm)と未粉碎試料(200~300 mm)、検量線の作成方法については線形重回帰分析(MLR)と部分最小二乗法による回帰分析(PLS)を用いて比較検討し、推定精度の検証を行なった。

1. CP について、MLR を用いた検量線の推定精度は粉碎試料で $r=0.985$, $SDP=0.70$, $EI=9.15\%$, 未粉碎試料で $r=0.974$, $SDP=0.92$, $EI=12.70\%$ となった。PLS を用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.994$, $SDP=0.45$, $EI=6.21\%$, 未粉碎試料で $r=0.982$, $SDP=0.75$, $EI=10.41\%$ となり、PLS が MLR より高い推定精度を得た。

2. 乾物消化率について、MLR を用いた検量線の推定精度は粉碎試料で $r=0.981$, $SDP=1.62$, $EI=11.42\%$ 未粉碎試料で $r=0.964$, $SDP=2.22$, $EI=15.65\%$ となった。PLS を用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.988$, $SDP=1.31$, $EI=9.24\%$, 未粉碎試料で $r=0.976$, $SDP=1.81$, $EI=12.76\%$ となり、PLS が MLR より高い推定精度を得た。

3. 試料サイズについては、CP, 乾物消化率ともに粉碎試料を用いた検量線がより高い精度を示したが、未粉碎試料においても十分な精度を得ることができた。

II 緒 言

NIRS は非破壊的な分析法であることから、迅速かつ同時に多成分の分析が可能であること、試薬・薬品が不要であり安価であること、化学分析に比べて高度な分析技術を必要としないことなど多くの利点を持つため、早くから飼料分析に応用され実用化されている。しかし、NIRS は光学的なデータを変数とした重回帰分析等による推定であり、飼料成分は数種の化学的性質の類似した物質群であることから、NIRS 推定値と化学分析値は必ずしも一致するとは限らない。また、各種成分を構成する主要物質の化学的特徴の違いにより、分析精度および適用範囲が異なる¹⁾ ので、試料の種類や分析項目毎に検量線を作成する必要がある。

現在、NIRS を利用しての寒地型牧草およびサイレージの成分および栄養価について多くの研究が報告されている^{2~4)}。しかし、沖縄で栽培されている暖地型牧草での報告は少なく、特にペブシンセルラーゼ法による乾物消化率(*in vitro*)との関係についての報告は行なわれていない。そこで本報では、沖縄で奨励品種に選定されている⁵⁾ ギニアグラスを用いて CP と乾物消化率についての検量線を作成し、その推定精度を検証する。加えてサンプルの粉碎作業を省力化するために粉碎試料と、未粉碎試料について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 供試試料および調製

供試試料であるギニアグラスは本試験場(国頭マージ土壤)で、圃場、刈取ステージ、刈取間隔を変えて採取した 100 点(ナツユタカ 61 点, ガットン 39 点)を用い、化学分析値の成分範囲が同程度になるように検量線作成用試料 60 点と検定用試料 40 点に分けた。試料は 200~300 mm に細断し、縮分したものを 2 つに分け 72°C で 48 時間乾燥させた後、片方はカッティングミル(1 mm メッシュ)にて粉碎し、もう一方はそのまま未粉碎試料とした。

2. 分析方法

乾物消化率はペプシンセルラーゼ法⁶⁾、CPはケルダール法⁷⁾により求めた。

3. 検量線の作成

近赤外分光光度計はNIRSystem社 Model-6500型を用いて1,100nm~2,500nmの波長のスペクトルを測定し、得られた原スペクトルについては2次微分処理(微分条件:GAPO, Segment20)を行なった。粉碎試料は標準セルを用いた反射法による2回の反復測定、未粉碎試料は長方形型セルを用いた反射法による3回の反復測定^{7, 8)}を行なった。検量線作成についてはNSASソフトウェアを用い、MLRとPLSの2種類の方法で行なった。

MLRは成分由来の官能基が持つ吸収波長を説明変数として用いる重回帰分析である。波長については、尖突なピークは避け、波長の変化に対して安定した幅の広い吸収帯を選択⁹⁾した。また、補正のための波長を追加していき、第1波長から第4波長までの組み合わせにて、検量線の候補を作成した。

PLSは多変量解析法である主成分分析法を応用した方法で、全波長域における少数の無相関な主成分(因子)を説明変数として用いる解析法である。因子の選択についてはNSASソフトウェアを用いた。

4. 検量線の検定

作成した検量線は検定用試料40点により推定精度の検証を行ない、最適な検量線を決定した。推定精度の検証は、検定試料を未知飼料とした検量線の推定値と化学分析値の相関係数(r)、推定誤差の標準偏差(SDP)、および推定精度の評価指数であるEI¹⁰⁾を用いて比較した。

IV 結果および考察

供試試料の成分範囲を表1に示した。一般に、検量線の検定においては、検量線を作成した試料と同様な種類・レンジを持った試料群を用いることが最良とされている。今回の供試試料では、CPでの検量線作成用および検定用試料の成分レンジについては16.75%、14.47%と幅広いものであり、乾物消化率での成分レンジについても同様に34.48%、28.37%と幅広いレンジが得られ、供試試料としての条件を満たしていたと考えられる。

表1 供試試料の成分範囲(%/DM)

分析項目	検量線作成用試料						検定用試料					
	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD
CP	60	4.68	21.43	16.75	10.97	4.30	40	4.88	19.35	14.47	10.93	4.01
IVDMD	60	39.16	73.64	34.48	55.09	8.92	40	39.16	73.64	28.37	54.38	8.30

注1) CP:粗タンパク質含有率。

2) IVDMD:乾物消化率(*in vitro*)。

3) レンジ:最大値-最小値。

MLRおよびPLSによる検量線作成結果を表2に示した。MLRによる検量線ではCP、乾物消化率ともに、4波長を選択したものが最良の検量線となった。CPについては粉碎試料では2164nm、未粉碎試料では2187nmを第1波長に選択しており、これらはタンパク質の代表的な吸収がある^{11, 12)}とされている波長付近であった。乾物消化率については、粉碎試料でリグニンの吸収波長^{12, 13)}付近である2263nmを第1波長として選択した。リグニンは粗繊維の主たる構成物質で、植物の生長が進むとともに増大し、消化率とは負の相関を示すとされていること¹⁴⁾から乾物消化率と密接に関係があると思われる。未粉碎試料ではタンパク質の吸収波長付近とされる2186nmを第1波長とし、第2波長にはリグニンの吸収波長付近とされる1686nmを選択した。一般にタンパク質の少ない飼料では消化率が低下する¹⁵⁾とされており、実際にNIRSによるTDN推定やサイレージのIVDMD推定においても、タンパク質に由来する波長が使われている例がある^{16, 17)}。また、暖地型牧草において刈取間隔が長くなるに従って乾物消化率が低下していくとともに、CPも同様に低下していくことが報告されており^{18, 19)}、タンパク質の吸収波長域が乾物消化率推定の一つの要因となったと考えられる。

PLSによる検量線においては、CPでは粉碎試料、未粉碎試料ともに因子数は10、乾物消化率では粉碎試料で因子数8、未粉碎試料で因子数7を選択した検量線が最良であった。

表2 MLRおよびPLSによる検量線の作成結果

項目	試料サイズ	MLR法						PLS法		
		使用波長 (nm)				r	SEC	因子数	r	SEC
1	2	3	4							
CP	粉碎	2164	2082	2342	1534	0.996	0.42	10	0.998	0.29
CP	未粉碎	2187	2152	1354	1812	0.983	0.81	10	0.996	0.43
IVDMD	粉碎	2263	1150	2200	2316	0.986	1.56	8	0.991	1.26
IVDMD	未粉碎	2186	1686	1810	2150	0.972	2.18	7	0.978	2.00

- 注1) MLR：線形重回帰分析。
- 2) PLS：部分最小二乗法による回帰分析。
- 3) r：検量線作成における相関係数。
- 4) SEC：検量線における標準誤差。

MLRおよびPLSにより作成した検量線の推定精度を表3に示した。MLRを用いたCPでの検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.985$ 、 $SDP=0.70$ 、未粉碎試料で $r=0.974$ 、 $SDP=0.92$ 、乾物消化率では、粉碎試料で $r=0.981$ 、 $SDP=1.62$ 、未粉碎試料で $r=0.964$ 、 $SDP=2.22$ となった。

MLRにおいては推定する目的成分の吸収波長とされる波長を選択することが重要であり、CPについてはこれに準じる結果で、高い推定精度を得た。乾物消化率のように多くの物質が関与したものは、検量線に用いる波長の特定は難しいとされているが、今回の検量線作成では、リグニンを中心とした繊維成分、またはタンパク質等の消化性と関連のあるいくつかの波長を選択する事によって十分な推定精度を得ることができた。

PLSを用いたCPでの検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.994$ 、 $SDP=0.45$ 、未粉碎試料で $r=0.982$ 、 $SDP=0.75$ 、乾物消化率では粉碎試料で $r=0.988$ 、 $SDP=1.31$ 、未粉碎試料で $r=0.976$ 、 $SDP=1.81$ となった。MLRに比べPLSでは解析に用いる情報量を飛躍的に増やすことができ、物質由来の吸収とノイズを分離し易く、オーバーフィッティングが避けられる²⁰⁾等の利点が挙げられている。そのため、牧草の栄養成分項目に関係なくPLSを用いた検量線の報告は多数あり^{21~23)}、比較的精度の高い検量線が作成できるとされている。

MLRとPLSを推定精度で比較すると、試料サイズ(粉碎・未粉碎)や測定項目(CP・乾物消化率)において、PLSで作成した検量線がSDP、rともに優れた結果となった。PLSにおいて作成した検量線におけるNIR値と化学分析値との関係を図1に示した。図1のようにCP、乾物消化率について、NIRS推定値と化学分析値との間に高い相関が確認できた。

表3 検定試料におけるMLRおよびPLSによる検量線の推定精度

項目	試料サイズ	MLR				PLS			
		r	SDP	EI	評価	r	SDP	EI	評価
CP	粉碎	0.985	0.70	9.15	A	0.994	0.45	6.21	A
CP	未粉碎	0.974	0.92	12.70	B	0.982	0.75	10.41	A
IVDMD	粉碎	0.981	1.62	11.42	A	0.988	1.31	9.24	A
IVDMD	未粉碎	0.964	2.22	15.65	B	0.976	1.81	12.76	B

- 注1) MLR：線形重回帰分析。
- 2) PLS：部分最小二乗法による回帰分析。
- 3) r：検量線検定における相関係数。
- 4) SDP：検量線の検定における標準誤差。
- 5) $EI=2 \times SDP / \text{レンジ} \times 100$ (%)。
 A=very good (~12.4) B=good (12.5~24.9) C=fair (25.0~37.4) D=poor (37.5~49.9)
 E=very poor (50.0~)。

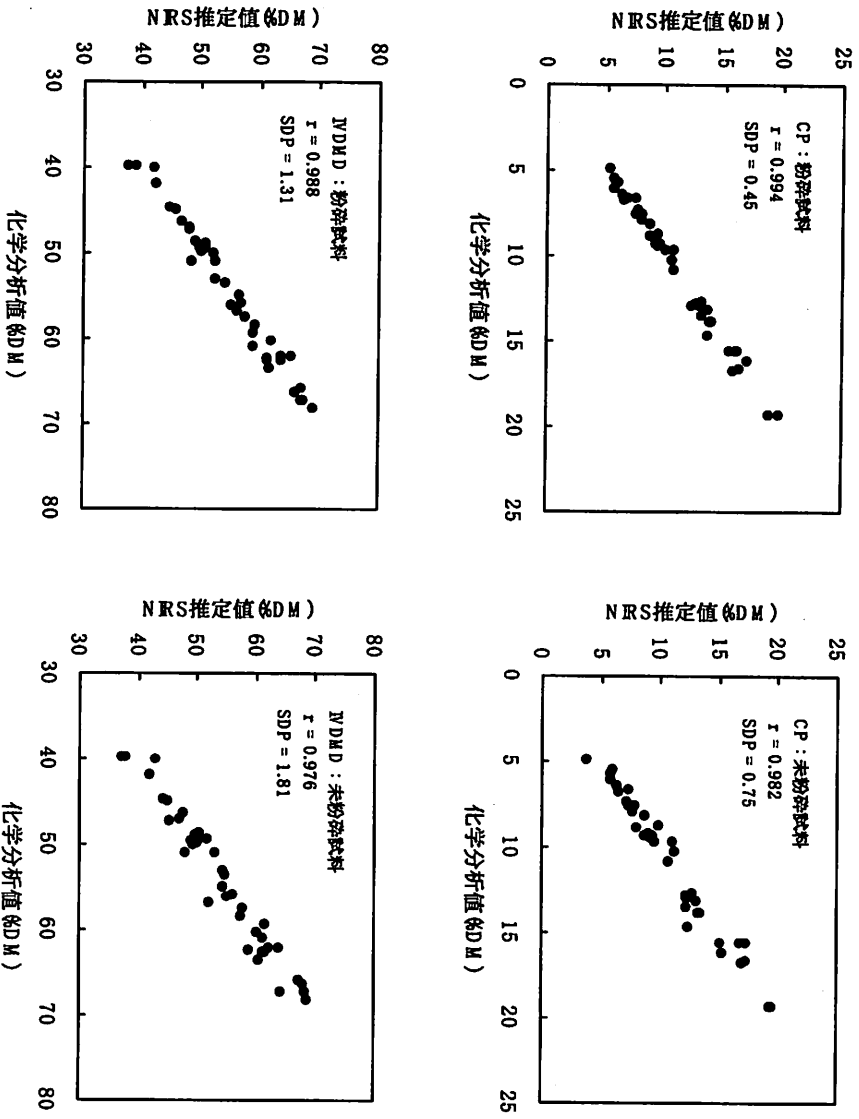


図1 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS値と化学分析値との関係

推定精度の評価指数であるEIにおいて、粉碎試料によるCPの検量線ではMLRで9.15%、PLSでは6.21%とともにA評価であった。未粉碎試料においてはMLRで12.70%のB評価、PLSでは10.41%のA評価となった。粉碎試料による乾物消化率については、MLRで11.42%、PLSでは9.24%とともにA評価であった。未粉碎試料においてはMLRで15.65%、PLSでは12.76%とともにB評価であった。以上のことから今回作成した検量線では、粉碎試料についてはCP、乾物消化率ともに高い推定精度が得られ、未粉碎試料についても粉碎試料よりは若干劣るが、十分な推定精度が得られることが分かり、試料サイズにあった検量線を作成することによって粉碎作業の省力化が可能になると考えられた。

V 引 用 文 献

- 1) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 53-54
- 2) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定Ⅱ. 推定精度に及ぼす草種構成の影響および推定に有効な波長の検討, 草地試験場研究報告, 38, 48-54
- 3) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定Ⅲ. 栄養価の推定方法としての近赤外線反射率測定法と化学分析法の比較—オーチャードグラスについて—, 草地試験場研究報告, 38, 56-60
- 4) 垣内一明・脇大作・町田豊・千葉昭弘, 2000, 飼料作物の品質評価法の確立 第1報. 近赤外分析における一般成分, 繊維成分の検量線作成, 鹿児島県畜産試験場研究報告, 33, 52-54
- 5) 沖繩県農林水産部畜産課, 1998, 沖繩県牧草飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 1
- 6) Goto, I. and D. J. Minson, Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and Technology*, 2, 247-253

- 7) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 8-9, 68-69
- 8) 水野和彦・榊原敏之・杉田紳一・中山貞夫, 1998, 近赤外線反射測定法 (NIRS) によるオーチャードグラス未粉碎試料の化学分析および分解率の簡易推定法, 日本草地学会誌, 44(別), 266-267
- 9) 甘利雅弘・阿部亮・田野良衛・榎木茂彦・芹沢駿治・古賀照章, 1987, 近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法 I. キャリブレーションの精度と未知飼料の推定精度, 日本草地学会誌, 33(3), 219-226
- 10) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定 I. 成分および栄養価の推定精度とその評価, 草地試験場研究報告, 38, 35-46
- 11) ニレコ-NIRS システムズ, 1994, 近赤外分光分析法技術資料Ⅲ, 18-19
- 12) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 61
- 13) 甘利雅弘・阿部亮・河野澄夫・趙夾光, 1991, 近赤外スペクトルにおける粗飼料中の繊維性成分の吸収特性, 畜産試験場研究報告, 51, 17-27
- 14) 阿部亮, 1988, 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用 3) 酸性デタージェント繊維とリグニン定量, 畜産試験場研究資料第2号, 23-29
- 15) 田先威和夫・大谷勲・吉原一郎・松本達郎, 1973, 2, 朝倉書店, 家畜飼養学, 78-79
- 16) 甘利雅弘・榎木茂彦・阿部亮, 1998, 近赤外分析法による乾草および牧草サイレージの TDN 推定, 日本草地学会誌, 44, 61-66
- 17) Michael O' Keefe・Gerard Downey and James C Brogan, 1987, The Use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy for Predicting the Quality of Grass Silage, *J. Sci. Food. Agric*, 38, 209-216
- 18) 眞境名元次・知念司・嘉陽稔・与古田稔・守川信夫・眞境名元次, 2002, パンゴラグラス(品種: トランスパーラ)とジャイアントスターグラスの生産性の比較(2)窒素施肥量と刈取間隔が栄養価に及ぼす影響, 沖縄畜試研報, 40, 98-103
- 19) 森山高広・仲宗根一哉・長崎祐二・庄子一成・安谷屋兼二・玉代勢秀正・池田正治, 1990, ギニアグラスの刈取適期, 沖縄畜試研報, 28, 85-94
- 20) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 54
- 21) 垣内一明・脇大作・町田豊・千葉明宏, 2000, 飼料作物の品質評価法の確立 第2報. 近赤外分析におけるローズグラス中の硝酸態窒素の検量線作成, 鹿児島県畜産試験場研究報告, 33, 55-57
- 22) 梅田剛利・小山太・高椋久次郎, 2001, 近赤外分光法による肉牛ふん堆肥の無機塩類含量の推定, 福岡県農業総合試験場研究報告, 20, 105-108
- 23) 金谷千津子・丸山富美子・清水雅代・赤江静雄・斉藤堅伸・石崎和彦・土屋いずみ・清水政浩・平尾賢一, 1999, 近赤外分析法による粗飼料の中性デタージェント繊維 (NDF) の推定精度, 富山県畜産試験場研究報告, 14, 29-31

研究補助：平良樹史，竹内千夏，具志堅興司

近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定

(2) パンゴラグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成

長利真幸 守川信夫 當眞嗣平 望月智代

I 要 約

暖地型牧草の成分と栄養価を迅速に測定するために、パンゴラグラス(品種:トランスパーラ)の粗タンパク質含有率(CP)と乾物消化率について、近赤外分析法(NIRS)を用いて検量線の作成を行なった。試料サイズでは粉碎試料(1 mm)と未粉碎試料(200~300 mm)、検量線の作成方法については線形重回帰分析(MLR)と部分最小二乗法による回帰分析(PLS)を用いて比較検討し、推定精度の検証を行なった。

1. CPについて、MLRを用いた検量線の推定精度は粉碎試料で $r=0.985$, $SDP=0.61$, $EI=9.82\%$, 未粉碎試料で $r=0.983$, $SDP=0.62$, $EI=10.08\%$ となった。PLSを用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.993$, $SDP=0.39$, $EI=6.24\%$, 未粉碎試料で $r=0.993$, $SDP=0.42$, $EI=6.74\%$ となり、PLSがMLRより高い推定精度を得た。

2. 乾物消化率について、MLRを用いた検量線の推定精度は粉碎試料で $r=0.967$, $SDP=1.72$, $EI=13.61\%$ 未粉碎試料で $r=0.949$, $SDP=2.12$, $EI=16.78\%$ となった。PLSを用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.969$, $SDP=1.66$, $EI=13.14\%$, 未粉碎試料で $r=0.962$, $SDP=1.86$, $EI=14.72\%$ となり、PLSがMLRより高い推定精度を得た。

3. 試料サイズについては、CP, 乾物消化率ともに粉碎試料を用いた検量線がより高い精度を示したが、未粉碎試料においても十分な精度を得ることができた。

II 緒 言

NIRSは非破壊的な分析法であることから、迅速かつ同時に多成分の分析が可能であること、試薬・薬品が不要であり安価であること、化学分析に比べて高度な分析技術を必要としないことなど多くの利点を持つため、早くから飼料分析に応用され実用化されている。しかし、NIRSは光学的なデータを変数とした重回帰分析等による推定であり、飼料成分は数種の化学的性質の類似した物質群であることから、NIRS推定値と化学分析値は必ずしも一致するとは限らない。また、各種成分を構成する主要物質の化学的特徴の違いにより、分析精度および適用範囲が異なる¹⁾ので、試料の種類や分析項目毎に検量線を作成する必要がある。

現在、NIRSを利用しての寒地型牧草およびサイレージの成分および栄養価について多くの研究が報告されている^{2~4)}。しかし、沖縄で栽培されている暖地型牧草での報告は少なく、特にペプシンセルラーゼ法による乾物消化率(*in vitro*)との関係についての報告は行なわれていない。そこで本報では、沖縄で奨励品種に選定されている⁵⁾トランスパーラを用いてCPと乾物消化率についての検量線を作成し、その推定精度を検証する。加えてサンプルの粉碎作業を省力化するために粉碎試料と、未粉碎試料について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 供試試料および調製

供試試料であるトランスパーラは本試験場(国頭マージ土壤)で、圃場、刈取ステージ、刈取間隔を変えて採取した100点を用い、化学分析値の成分範囲が同程度になるように検量線作成用試料60点と検定用試料40点に分けた。試料は200~300 mmに細断し、縮分したものを2つに分け72℃で48時間乾燥させた後、片方はカッティングミル(1 mmメッシュ)にて粉碎し、もう一方はそのまま未粉碎試料とした。

2. 分析方法

乾物消化率はペプシンセルラーゼ法⁶⁾、粗タンパク質はケルダール法⁷⁾により求めた。

3. 検量線の作成

近赤外分光光度計はNIRSystem社 Model-6500型を用いて1,100nm~2,500nmの波長のスペクトルを測定し、得られた原スペクトルについては2次微分処理(微分条件:GAPO, Segment20)を行なった。粉碎試料は標準セルを用いた反射法による2回の反復測定、未粉碎試料は長方形型セルを用いた反射法による3回の反復測定^{7, 8)}を行なった。検量線作成についてはNSASソフトウェアを用い、MLRとPLSの2種類の方法で行なった。

MLRは成分由来の官能基が持つ吸収波長を説明変数として用いる重回帰分析である。波長については、尖突なピークは避け、波長の変化に対して安定した幅の広い吸収帯を選択⁹⁾した。また、補正のための波長を追加していき、第1波長から第4波長までの組み合わせにて、検量線の候補を作成した。

PLSは多変量解析法である主成分分析法を応用した方法で、全波長域における少数の無相関な主成分(因子)を説明変数として用いる解析法である。因子の選択についてはNSASソフトウェアを用いた。

4. 検量線の検定

作成した検量線は検定用試料40点により推定精度の検証を行ない、最適な検量線を決定した。推定精度の検証は、検定試料を未知飼料とした検量線の推定値と化学分析値の相関係数(r)、推定誤差の標準偏差(SDP)、および推定精度の評価指数であるEI¹⁰⁾を用いて比較した。

IV 結果および考察

供試試料の成分範囲を表1に示した。一般に、検量線の検定においては、検量線を作成した試料と同様な種類・レンジを持った試料群を用いることが最良とされている。今回の供試試料では、CPでの検量線作成用および検定用試料の成分レンジについては13.24%、12.34%と幅広いものであり、乾物消化率での成分レンジについても同様に26.21%、25.27%と幅広いレンジが得られ、供試試料としての条件を満たしていたと考えられる。

表1 供試試料の成分範囲(%/DM)

分析項目	検量線作成用試料						検定用試料					
	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD
CP	60	5.86	19.10	13.24	10.51	3.25	40	6.38	18.72	12.34	10.61	3.36
IVDMD	60	45.70	71.90	26.21	55.73	6.83	40	46.26	71.53	25.27	55.61	6.68

注1) CP:粗タンパク質含有率。

2) IVDMD:乾物消化率(*in vitro*)。

3) レンジ:最大値-最小値。

MLRおよびPLSによる検量線作成結果を表2に示した。MLRによる検量線ではCP、乾物消化率ともに、3波長を選択したものが最良の検量線となった。CPについては粉碎試料では2185nm、未粉碎試料では2169nmを第1波長に選択しており、これらはタンパク質の代表的な吸収がある^{11, 12)}とされている波長付近であった。乾物消化率についても、粉碎試料では2182nm、未粉碎試料で2184nmとタンパク質の吸収波長付近を第1波長に選択した。一般にタンパク質の少ない飼料では消化率が低下する¹³⁾とされており、実際にNIRSによるTDN推定やサイレージのIVDMD推定においても、タンパク質に由来する波長が使われている例がある^{14, 15)}。また、暖地型牧草において刈取間隔が長くなるに従って乾物消化率が低下していくとともに、CPも同様に低下していくことが報告されており^{16, 17)}、タンパク質の吸収波長域が乾物消化率推定の一つの要因となったと考えられる。また、粉碎試料で1686nm、未粉碎試料で2254nmとリグニンの吸収波長¹⁸⁾付近も選択した。リグニンは粗繊維の主たる構成物質で、植物の生長が進むとともに増大し、消化率とは負の相関を示すとされていること¹⁹⁾から乾物消化率と密接に関係があると思われる。

PLS による検量線においては、CP では粉碎試料で因子数 10、未粉碎試料で因子数 11、乾物消化率では粉碎試料、未粉碎試料ともに因子数 9 を選択した検量線が最良であった。

表2 MLRおよびPLSによる検量線の作成結果

項目	試料サイズ	MLR法				PLS法				
		使用波長 (nm)				r	SEC	因子数	r	SEC
1	2	3	4							
CP	粉碎	2185	1532	1690		0.987	0.54	10	0.996	0.31
CP	未粉碎	2169	1608	2296		0.988	0.51	11	0.998	0.24
IVDMD	粉碎	2182	1764	1686	2316	0.967	1.81	9	0.980	1.47
IVDMD	未粉碎	2184	2254	2196	1958	0.943	2.36	9	0.974	1.69

注1) MLR: 線形重回帰分析。

2) PLS: 部分最小二乗法による回帰分析。

3) r: 検量線作成における相関係数。

4) SEC: 検量線における標準誤差。

MLR および PLS により作成した検量線の推定精度を表 3 に示した。MLR を用いた CP での検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.985$, $SDP=0.61$, 未粉碎試料で $r=0.983$, $SDP=0.62$, 乾物消化率では、 $r=0.967$, $SDP=1.72$, 未粉碎試料で $r=0.949$, $SDP=2.12$ となった。

MLR においては推定する目的成分の吸収波長とされる波長を選択することが重要であり、CP についてはこれに準じる結果で、高い推定精度を得た。乾物消化率のように多くの物質が関与したものは、検量線に用いる波長の特定は難しいとされているが、今回の検量線作成では、リグニンを中心とした繊維成分、またはタンパク質等の消化性と関連のあるいくつかの波長を選択する事によって十分な推定精度を得ることができた。

PLS を用いた CP での検量線の推定精度は、粉碎試料で $r=0.993$, $SDP=0.39$, 未粉碎試料で $r=0.993$, $SDP=0.42$, 乾物消化率では、粉碎試料で $r=0.969$, $SDP=1.66$, 未粉碎試料で $r=0.962$, $SDP=1.86$ となった。MLR に比べ PLS では解析に用いる情報量を飛躍的に増やすことができ、物質由来の吸収とノイズを分離し易く、オーバーフィッティングが避けられる²⁰⁾等の利点が挙げられている。そのため、牧草の栄養成分項目に関係なく PLS を用いた検量線の報告は多数あり^{21~23)}、比較的精度の高い検量線が作成できるとされている。

MLR と PLS を推定精度で比較すると、試料サイズ(粉碎・未粉碎)や測定項目(CP・乾物消化率)において、PLS で作成した検量線が SDP , r ともに優れた結果となった。PLS において作成した検量線における NIR 値と化学分析値との関係を図 1 に示した。図 1 のように CP, 乾物消化率について、NIRS 推定値と化学分析値との間に高い相関が確認できた。

表3 検定試料におけるMLRおよびPLSによる検量線の推定精度

項目	試料サイズ	MLR				PLS			
		r	SDP	EI	評価	r	SDP	EI	評価
CP	粉碎	0.985	0.61	9.82	A	0.993	0.39	6.24	A
CP	未粉碎	0.983	0.62	10.08	A	0.993	0.42	6.74	A
IVDMD	粉碎	0.967	1.72	13.61	B	0.969	1.66	13.14	B
IVDMD	未粉碎	0.949	2.12	16.78	B	0.962	1.86	14.72	B

注1) MLR: 線形重回帰分析。

2) PLS: 部分最小二乗法による回帰分析。

3) r: 検量線検定における相関係数。

4) SDP: 検量線の検定における標準誤差。

5) $EI=2 \times SDP / \text{レンジ} \times 100$ (%)。

A=very good (~12.4) B=good (12.5~24.9) C=fair (25.0~37.4) D=poor (37.5~49.9)

E=very poor (50.0~)。

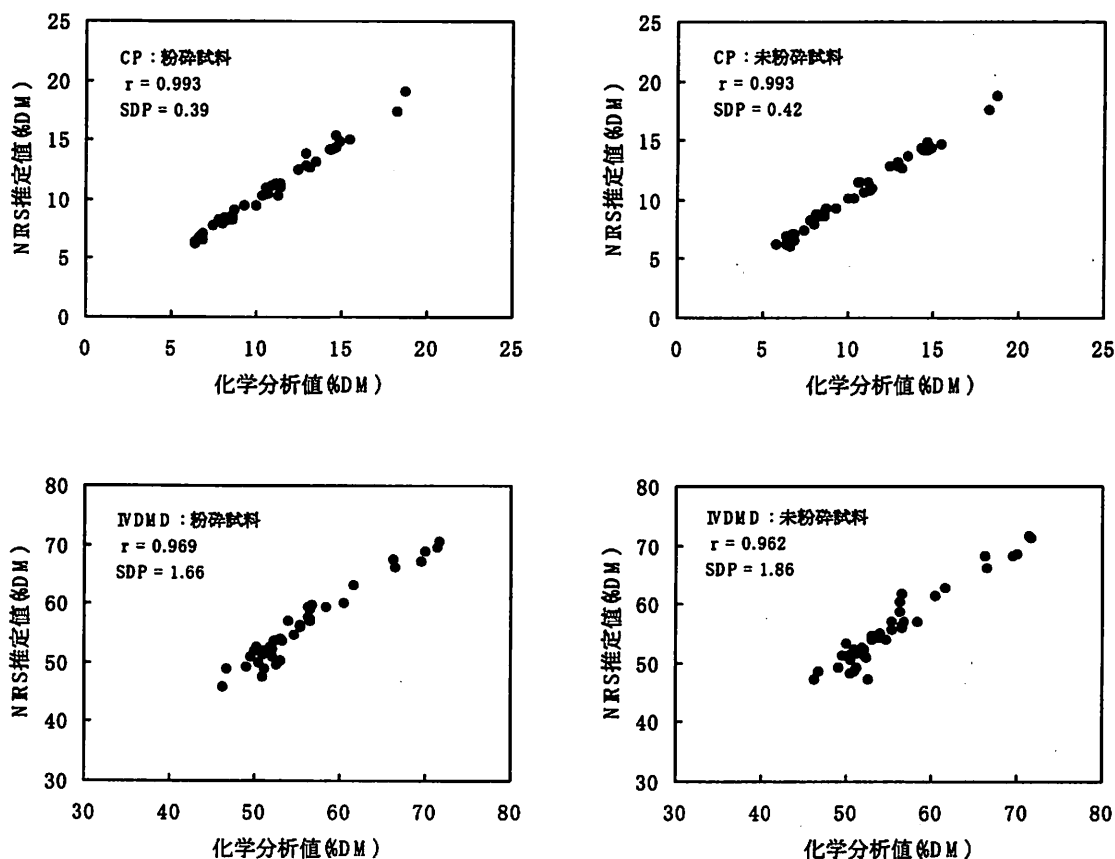


図1 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS値と化学分析値との関係

推定精度の評価指数であるEIにおいて、粉碎試料によるCPの検量線ではMLRで9.82%、PLSでは6.24%とともにA評価であった。未粉碎試料においてもMLRで10.08%、PLSでも6.74%とA評価となった。粉碎試料による乾物消化率については、MLRで13.61%、PLSでは13.14%とともにB評価であった。未粉碎試料においてもMLRで16.78%、PLSで14.72%とともにB評価であった。以上のことから今回作成した検量線では、粉碎試料についてはCP、乾物消化率ともに高い推定精度が得られ、未粉碎試料についても粉碎試料よりは若干劣るが、十分な推定精度が得られることが分かり、試料サイズにあった検量線を作成することによって粉碎作業の省力化が可能になると考えられた。

V 引用文献

- 1) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 53-54
- 2) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定Ⅱ. 推定精度に及ぼす草種構成の影響および推定に有効な波長の検討, 草地試験場研究報告, 38, 48-54
- 3) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定Ⅲ. 栄養価の推定方法としての近赤外線反射率測定法と化学分析法の比較—オーチャードグラスについて—, 草地試験場研究報告, 38, 56-60
- 4) 垣内一明・脇大作・町田豊・千葉昭弘, 2000, 飼料作物の品質評価法の確立 第1報. 近赤外分析における一般成分, 繊維成分の検量線作成, 鹿児島県畜産試験場研究報告, 33, 52-54
- 5) 沖縄県農林水産部畜産課, 1998, 沖縄県牧草飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 1
- 6) Goto, I. and D. J. Minson, Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and Technology*, 2, 247-253

- 7) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 8-9, 68-69
- 8) 水野和彦・榊原敏之・杉田紳一・中山貞夫, 1998, 近赤外線反射測定法(NIRS)によるオーチャードグラス末粉碎試料の化学分析および分解率の簡易推定法, 日本草地学会誌, 44(別), 266-267
- 9) 甘利雅弘・阿部亮・田野良衛・榎木茂彦・芹沢駿治・古賀照章, 1987, 近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法 I. キャリブレーションの精度と未知飼料の推定精度, 日本草地学会誌, 33(3), 219-226
- 10) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988, 近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定 I. 成分および栄養価の推定精度とその評価, 草地試験場研究報告, 38, 35-46
- 11) ニレコ-NIRS システムズ, 1994, 近赤外分光分析法技術資料Ⅲ, 18-19
- 12) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 61
- 13) 田先威和夫・大谷勲・吉原一郎・松本達郎, 1973, 2, 朝倉書店, 家畜飼養学, 78-79
- 14) 甘利雅弘・榎木茂彦・阿部亮, 1998, 近赤外分析法による乾草および牧草サイレージの TDN 推定, 日本草地学会誌, 44, 61-66
- 15) Michael O' Keffe・Gerard Downey and James C Brogan, 1987, The Use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy for Predicting the Quality of Grass Silage, *J. Sci. Food. Agric.*, 38, 209-216
- 16) 眞境名元次・知念司・嘉陽稔・与古田稔・守川信夫・眞境名元次, 2002, パンゴラグラス(品種:トランスパーラ)とジャイアントスターグラスの生産性の比較(2)窒素施肥量と刈取間隔が栄養価に及ぼす影響, 沖縄畜試研報, 40, 98-103
- 17) 森山高広・仲宗根一哉・長崎祐二・庄子一成・安谷屋兼二・玉代勢秀正・池田正治, 1990, ギニアグラスの刈取適期, 沖縄畜試研報, 28, 85-94
- 18) 甘利雅弘・阿部亮・河野澄夫・趙夾光, 1991, 近赤外スペクトルにおける粗飼料中の繊維性成分の吸収特性, 畜産試験場研究報告, 51, 17-27
- 19) 阿部亮, 1988, 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用 3) 酸性デタージェント繊維とリグニン定量, 畜産試験場研究資料第2号, 23-29
- 20) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 54
- 21) 垣内一明・脇大作・町田豊・千葉明宏, 2000, 飼料作物の品質評価法の確立 第2報. 近赤外分析におけるローズグラス中の硝酸態窒素の検量線作成, 鹿児島県畜産試験場研究報告, 33, 55-57
- 22) 梅田剛利・小山太・高椋久次郎, 2001, 近赤外分光法による肉牛ふん堆肥の無機塩類含量の推定, 福岡県農業総合試験場研究報告, 20, 105-108
- 23) 金谷千津子・丸山富美子・清水雅代・赤江静雄・斉藤堅伸・石崎和彦・土屋いずみ・清水政浩・平尾賢一, 1999, 近赤外分析法による粗飼料の中性デタージェント繊維(NDF)の推定精度, 富山県畜産試験場研究報告, 14, 29-31

研究補助: 平良樹史, 竹内千夏, 具志堅興司