

有機亜鉛給与による黒毛和種去勢牛の肥育成績に及ぼす影響

柏木敏孝・谷口俊仁¹・志茂順子・長谷川正彦

和歌山県農林水産総合技術センター畜産試験場

Effect of Organic Forms Zinc Administration on the Fattening, the Meat Quality in Japanese Black Steers

Toshitaka Kashiwagi, Shunji Taniguchi¹, Junko Simo, Masahiko Hasegawa

Livestock Experiment Station Wakayama Reserch Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒 言

ミネラルは体の機能を正常に保つ大切な栄養素で、その一種である亜鉛は、創傷の早期治癒、生殖器の発達、免疫防御や有害なカドニウム、水銀などの吸収を助け、排泄を促す働き等があると言われ、人の健康面においても注目されている。また最近、培養細胞レベルで、マウス由来の脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化を促進する事が報告されている。

そこで、実際の黒毛和種の去勢牛に有機亜鉛製剤を給与し、肥育成績に及ぼす影響を調査し、高品質牛肉の生産を検討した。

材料及び方法

試験は試験1と試験2の2つの設定で実施した。

1. 試験期間

1) 試験1

平成14年1月から平成15年7月までの間とした。

2) 試験2

平成15年4月から平成16年10月までの間とした。

2. 供試牛

供試牛は第1表に示したとおり、試験1では約10～11ヶ月齢の県内産黒毛和種去勢牛8頭、試験2では約9～10ヶ月齢の県内産黒毛和種去勢牛8頭を供した。

3. 試験区分

試験1と2の試験区分を、第2表に示した。

第1表 供試牛

1) 試験1				
区 分	頭 数 (頭)	開始日齢 (日)	開始体重 (kg)	父牛名
亜鉛添加区				美津福
平均値±	4	299.8±9.03	262.5±20.1	福栄
標準偏差				美津福
				鶴長
対照区				美津福
平均値±	4	321.8±13.9	284.0±31.3	美津福
標準偏差				金鶴
				福栄
2) 試験2				
区 分	頭 数 (頭)	開始日齢 (日)	開始体重 (kg)	父牛名
亜鉛添加区				第7安福
平均値±	4	289.8±10.2	275.8±16.5	鶴長
標準偏差				北国7の8
				北国7の8
対照区				北仁
平均値±	4	308.5±28.1	282.8±14.3	北仁
標準偏差				北仁
				松美津

1 : 現在 : 財団法人わかやま産業振興財団

1) 試験1

肥育中期と後期(約14~26ヶ月齢)の濃厚飼料中に、亜鉛を40g/kg含む硫酸亜鉛メチオニン製剤を0.2%添加する亜鉛添加区(4頭)と無添加の対照区(4頭)を設定した。両区ともビタミンA製剤は肥育前期の濃厚飼料中に0.1%添加、中期は無添加、後期は0.05%添加した。

2) 試験2

肥育中期と後期の途中まで(約14~24ヶ月齢)の濃厚飼料中に、亜鉛を100g/kg含む硫酸亜鉛メチオニン製剤を0.05%添加する亜鉛添加区(4頭)と無添加の対照区(4頭)を設定した。両区とも試験1と同じビタミンA製剤を肥育前期の濃厚飼料中に0.1%添加、中期は無添加、後期は10倍濃度が高いビタミンA製剤を0.5%添加した。

4. 肥育期間

試験1と2の肥育期間は、第3表に示した。

1) 試験1

亜鉛添加区の肥育開始時の平均日齢は299.8日で490日間の肥育期間とした。対照区の肥育開始時の平均日齢は321.8日で541日間の肥育期間とした。よって亜鉛添加区は肥育期間が51日間短く、肥育終了時平均月齢も約2ヶ月間若齢となった。

2) 試験2

亜鉛添加区の肥育開始時の平均日齢は289.8日で499日間の肥育期間とした。対照区の肥育開始時の平均日齢は308.5日で518日間の肥育期間とした。よって亜鉛添加区は肥育期間が19日間短く、肥育終了時平均月齢も約1ヶ月間若齢となった。

第2表 試験区分

1) 試験1			
区 分	肥育前期 (約10~14ヶ月齢)	肥育中期 (約15~20ヶ月齢)	肥育後期 (約21~26or28ヶ月齢)
亜鉛添加区	-	亜鉛製剤添加(0.2%)	亜鉛製剤添加(0.2%)
対照区	ビタミンA製剤添加(0.1%)	-	ビタミンA製剤添加(0.05%)
対照区	ビタミンA製剤添加(0.1%)	-	ビタミンA製剤添加(0.05%)
2) 試験2			
区 分	肥育前期 (約10~14ヶ月齢)	肥育中期 (約15~20ヶ月齢)	肥育後期 (約21~26or27ヶ月齢)
亜鉛添加区	-	亜鉛製剤添加(0.05%)	亜鉛製剤添加(0.05%)24ヶ月齢まで
対照区	ビタミンA製剤添加(0.1%)	-	ビタミンA製剤添加(0.5%)*
対照区	ビタミンA製剤添加(0.1%)	-	ビタミンA製剤添加(0.5%)*

*: 試験1肥育前期、後期及び試験2の肥育前期で使用した
ビタミンA製剤より高濃度の製剤(10倍濃度高い)を使用

第3表 肥育期間(日)

1) 試験1

区 分	前 期	中 期	後 期	計
亜鉛添加区	133	173	184	490
対 照 区	125	155	261	541

2) 試験2

区 分	前 期	中 期	後 期	計
亜鉛添加区	125	179	195	499
対 照 区	128	193	197	518

5. 給与飼料の構成及び組成

試験1と2の給与飼料の構成及び組成は第4表に示した。

6. 飼養管理

試験1, 2ともに開放牛舎の4×8mの牛房に4頭ずつ群飼した。飼料は不断給餌, 自由飲水とし, ミネラル混合固型塩を設置, 敷料としてオガ粉を使用した。

7. 調査項目

1) 試験1

体重を4週毎に測定して増体成績を調査した。飼料摂取量は飼料補給日に補給量と残飼量を記録して調査した。枝肉成績の判定は牛枝肉取引規格に基づき研究員が実施した。ロース芯面積は第6～7肋間の断面をトレーシングペーパーに写し取りプランニメーターを用いて測定した。血清中の亜鉛濃度は原子吸光で測定した。枝肉ロース芯部分の脂肪酸組成については液体クロマトグラフィーで分析した。

2) 試験2

増体成績及び飼料摂取量は試験1と同様に調査した。枝肉成績は大阪南港市場の枝肉格付員が判定した。血清中の亜鉛濃度は試験1と同様に原子吸光で測定した。枝肉ロース芯部分の脂肪酸組成については, ガスクロマトグラフィーで分析した。

第4表 給与飼料の構成及び組成

1) 濃厚飼料(%)

	試験1					試験2				
	前期	中期 Zinc0.2%	中期 cont	後期 Zinc0.2%	後期 cont	前期	中期 Zinc0.05%	中期 cont	後期 Zinc0.05%	後期 cont
トウモロコシ	33.4	40.0	40.0	28.6	28.6	33.4	40.0	40.0	28.6	28.6
大麦	20.8	25.0	25.0	35.7	35.7	20.8	25.0	25.0	35.7	35.7
一般フスマ	27.5	18.0	18.0	12.9	12.9	27.5	18.0	18.0	12.4	12.9
大豆粕	10.0	7.0	7.0	5.0	5.0	10.0	7.0	7.0	5.0	5.0
ホニフィード	7.5	9.0	9.0	17.1	17.1	7.5	9.0	9.0	17.1	17.1
VitAD	0.1	0.0	0.0	0.05	0.05	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
亜鉛製剤	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.05	0.0	0.05	0.0
第3リンカル	0.7	0.8	1.0	0.45	0.65	0.7	0.95	1.0	0.65	0.7
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
原物中										
TDN	73.3	74.6	74.6	75.4	75.4	73.3	74.6	74.6	75.1	75.4
CP	14.7	13.0	13.0	12.2	12.2	14.7	13.0	13.0	12.2	12.2
DM中										
TDN	83.9	85.6	85.4	86.4	86.1	83.9	85.5	85.4	85.8	85.8
CP	16.8	15.0	14.9	14.0	14.0	16.8	14.9	14.9	13.9	13.9

2) 混合飼料の組成(%)

	試験1					試験2				
	前期	中期 Zinc0.2%	中期 cont	後期 Zinc0.2%	後期 cont	前期	中期 Zinc0.05%	中期 cont	後期 Zinc0.05%	後期 cont
濃厚飼料	80.0	80.0	80.0	90.0	90.0	80.0	80.0	80.0	90.0	90.0
チモシー	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0
稲ワラ	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
原物中										
TDN	67.4	68.4	68.4	71.6	71.6	67.4	68.4	68.4	71.3	71.3
CP	13.1	11.7	11.7	11.5	11.5	13.1	11.7	11.7	11.4	11.4
DM中										
TDN	77.4	78.8	78.7	82.0	81.8	77.4	78.7	78.7	81.5	81.4
CP	15.0	13.5	13.5	13.1	13.1	15.0	13.5	13.5	13.0	13.0

結 果

第5表 飼料摂取量(DM, TDN, CP:kg/日・頭)

1. 飼料摂取量

試験1と2の飼料摂取量を第5表に示した。

1) 試験1

肥育前期では亜鉛添加区の1日当たりDM, TDN, CP摂取量は6.69, 5.41, 1.07となり対照区の6.52, 5.28, 1.04に比べて多くなった。亜鉛製剤を添加し始めた肥育中期以降では亜鉛添加区が、中期の1日当たりDM, TDN, CP摂取量6.93, 5.73, 0.99で、後期は6.20, 5.16, 0.83となり、対照区の中期の6.27, 5.20, 0.90, 後期の5.97, 4.91, 0.79より多くなった。

2) 試験2

肥育前期では亜鉛添加区の1日当たりDM, TDN, CP摂取量は7.03, 5.67, 1.12となり対照区の6.83, 5.51, 1.09に比べて多かったものの、亜鉛製剤を添加し始めた中期では亜鉛添加区が7.51, 6.14, 1.07となり対照区の7.57, 6.22, 1.07に比べて摂取量が若干少なくなった。しかし後期になって亜鉛添加区が7.21, 5.93, 0.95となり対照区の7.12, 5.86, 0.94より再び多くなった。

2. 増体成績

試験1と2の増体成績を第6表に示した。

1) 試験1

肥育前期の平均体重, 平均増体量, 平均DGは, 亜鉛添加区では379.0 ± 23.7kg, 116.5 ± 9.9kg, 0.88 ± 0.08kgで, 対照区は412.8 ± 47.0kg, 128.8 ± 16.3kg, 1.03 ± 0.13kgとなり対照

区の方が成績が良好だったものの, 亜鉛製剤を添加し始めた肥育中期では亜鉛添加区の方が良好で, 平均増体量と平均DGが125.5 ± 15.8kg, 0.73 ± 0.09kgとなり, 対照区の77.8 ± 26.4kg, 0.50 ± 0.17kgとの間に統計的に有意な差が認められた(P<0.05)。よって全期間の平均増体量, 平均DGは亜鉛添加区が365.0 ± 42.3kg, 0.75 ± 0.09kgとなり対照区の344.5 ± 61.0kg, 0.64 ± 0.12kgより良好な成績となったため, 肥育開始時に亜鉛添加区の方が対照区より平均体重が少し軽かったものの, 肥育終了時の平

1) 試験1

成分	肥育前期		肥育中期		肥育後期	
	亜鉛添加区	対照区	亜鉛添加区	対照区	亜鉛添加区	対照区
DM	6.69	6.52	6.93	6.27	6.20	5.97
TDN	5.41	5.28	5.73	5.20	5.16	4.91
CP	1.07	1.04	0.99	0.90	0.83	0.79

2) 試験2

成分	肥育前期		肥育中期		肥育後期	
	亜鉛添加区	対照区	亜鉛添加区	対照区	亜鉛添加区	対照区
DM	7.03	6.83	7.51	7.57	7.21	7.12
TDN	5.67	5.51	6.14	6.22	5.93	5.86
CP	1.12	1.09	1.06	1.07	0.95	0.94

第6表 増体成績(平均体重、平均増体量、平均DG:kg)

1) 試験1

		亜鉛添加区	対照区
		体重(kg)	開始時
体重(kg)	前期末	379.0 (23.7)	412.8 (47.0)
	中期末	504.5 (31.4)	490.5 (73.4)
	終了時	627.5 (57.8)	628.5 (91.8)
	前期	116.5 (9.9)	128.8 (16.3)
増体量(kg)	中期	125.5 (15.8) *	77.8 (26.4) *
	後期	123.0 (28.1)	138.0 (19.0)
	全期間	365.0 (42.3)	344.5 (61.0)
	前期	0.88 (0.08)	1.03 (0.13)
DG(kg)	中期	0.73 (0.09) *	0.50 (0.17) *
	後期	0.67 (0.15)	0.53 (0.07)
	全期間	0.75 (0.09)	0.64 (0.12)

平均値(標準偏差)

*P<0.05

2) 試験2

		亜鉛添加区	対照区
		体重(kg)	開始時
体重(kg)	前期末	389.5 (11.7)	400.8 (25.9)
	中期末	566.5 (36.7)	573.5 (58.6)
	終了時	666.5 (50.3)	669.5 (45.3)
	前期	113.8 (10.3)	118.0 (12.7)
増体量(kg)	中期	177.0 (45.7)	172.8 (39.5)
	後期	100.0 (37.0)	96.0 (35.0)
	全期間	390.7 (48.4)	386.8 (59.1)
	前期	0.91 (0.08)	0.92 (0.10)
DG(kg)	中期	0.99 (0.26)	0.90 (0.20)
	後期	0.51 (0.19)	0.49 (0.17)
	全期間	0.77 (0.10)	0.75 (0.12)

平均値(標準偏差)

均体重は亜鉛添加区が $627.5 \pm 57.8\text{kg}$ 、対照区は $628.5 \pm 91.8\text{kg}$ となり両区でほとんど差がなかった。

2) 試験 2

肥育前期の平均体重、平均増体量、平均 DG は、亜鉛添加区では $389.5 \pm 11.7\text{kg}$ 、 $113.8 \pm 10.3\text{kg}$ 、 $0.91 \pm 0.08\text{kg}$ で、対照区は $400.8 \pm 25.9\text{kg}$ 、 $118.0 \pm 12.7\text{kg}$ 、 $0.92 \pm 0.10\text{kg}$ となり対照区の方が良かったものの、肥育中期の亜鉛添加区の平均増体量、平均 DG は $177.0 \pm 45.7\text{kg}$ 、 $0.99 \pm 0.26\text{kg}$ 、後期の平均増体量、平均 DG は $100.0 \pm 37.0\text{kg}$ 、 $0.51 \pm 0.19\text{kg}$ で、対照区の中期は $172.8 \pm 39.5\text{kg}$ 、 $0.90 \pm 0.20\text{kg}$ 、後期は $96.0 \pm 35.0\text{kg}$ 、 $0.49 \pm 0.17\text{kg}$ となり、両区間に統計的な有意差はなかったものの、亜鉛添加区の方が対照区より良くなった。全期間の平均増体量、平均 DG も亜鉛添加区は $390.7 \pm 48.4\text{kg}$ 、 $0.77 \pm 0.10\text{kg}$ で、対照区は $386.8 \pm 59.1\text{kg}$ 、 $0.75 \pm 0.12\text{kg}$ となり亜鉛添加区の方が良好な成績となった。よって肥育開始時に亜鉛添加区の方が対照区より平均体重が少し軽かったものの、肥育終了時の平均体重は亜鉛添加区は $666.5 \pm 50.3\text{kg}$ で、対照区は $669.5 \pm 45.3\text{kg}$ となり両区でほとんど差がなかった。

3. 飼料要求率

試験 1 と 2 の飼料要求率を第 7 表に示した。

1) 試験 1

肥育前期の DM, TDN, CP は、亜鉛添加区で 7.64, 6.18, 1.22 となり、対照区は 6.33, 5.12, 1.01 で、対照区の方が良かったものの、肥育中期以降では亜鉛添加区の中期中で DM, TDN, CP は 9.55, 7.90, 1.37, 後期の DM, TDN, CP は 9.28, 7.72, 1.24 となり、対照区の中期の 12.50, 10.40, 1.79, 後期の 11.30, 9.29, 1.49 よりも良くなり、全期間を通じて亜鉛添加区は 8.85, 7.29, 1.28 で、対照区は 9.71, 7.98, 1.38 となり亜鉛添加区の方が対照区より良好な成績となった。

2) 試験 2

試験 1 と同様に DM, TDN, CP は、肥育前期では亜鉛添加区 7.72, 6.23, 1.23 で、対照区 7.41, 5.97, 1.18 となり対照区の方が良かったものの、肥育中期は亜鉛添加区で 7.60, 6.21, 1.07 となり、対照区の 8.45, 6.94, 1.20 より良く、肥育後期も亜鉛添加区で 14.10, 11.60, 1.85 となり、対照区の 14.60, 11.80, 1.89 より若干良くなった。よって全期間を通じて亜鉛添加区は 9.38, 7.65, 1.33 となり、対照区の 9.67, 7.86, 1.36 より良好な成績となった。

第 7 表 飼料要求率(DM,TDN,CP)

1) 試験 1		亜鉛添加区	対照区
DM	前期	7.64	6.33
	中期	9.55	12.50
	後期	9.28	11.30
	全期間	8.85	9.71
TDN	前期	6.18	5.12
	中期	7.90	10.40
	後期	7.72	9.29
	全期間	7.29	7.98
CP	前期	1.22	1.01
	中期	1.37	1.79
	後期	1.24	1.49
	全期間	1.28	1.38

2) 試験 2		亜鉛添加区	対照区
DM	前期	7.72	7.41
	中期	7.60	8.45
	後期	14.10	14.60
	全期間	9.38	9.67
TDN	前期	6.23	5.97
	中期	6.21	6.94
	後期	11.60	11.80
	全期間	7.65	7.86
CP	前期	1.23	1.18
	中期	1.07	1.20
	後期	1.85	1.89
	全期間	1.33	1.36

4. 枝肉成績

試験 1 と 2 の枝肉成績を第 8 表に示した。試験 1 は各区 1 頭ずつと殺解体の時期がずれたため、データから除外し各区 3 頭の成績となった。

1) 試験 1

歩留面、肉質面の各項目の平均値には統計的に有意差が認められなかった。しかし BMS の平均値は亜鉛添加区は 7.0 ± 1.0 で対照区は 6.0 ± 2.0 となり、BCS の平均値は亜鉛添加区は 3.7 ± 0.58 で対照区は 4.3

± 0.58 となって、亜鉛添加区の方が対照区より肉質面は若干良い成績だった。

2) 試験2

歩留面、肉質面の各項目の平均値は亜鉛添加区より対照区の方が若干良い成績で、統計的には歩留面のバラ厚で亜鉛添加区は 5.9 ± 0.88cm で対照区 6.9 ± 0.88cm となり、皮下脂肪厚は亜鉛添加区 2.38 ± 0.33 で対照区 3.08 ± 0.57 となって、両区の間で有意差が認められ、対照区が大きくなった。

5. 脂肪酸組成

試験1と2の脂肪酸組成を第9表に示した。試験1のデータは枝肉成績のところでも述べたとおり各区3頭ずつの成績となっている。

1) 試験1

亜鉛添加区の供試牛と対照区の供試牛を比べると、亜鉛添加区の供試牛のオレイン酸は 28.4%, 30.3%, 25.5%で対照区の供試牛は 28.4%, 29.4%, 20.7%となり、亜鉛添加区の供試牛のパルミトリン酸は 2.2%, 1.8%, 0.7%で対照区の供試牛は 1.2%, 0.7%, 1.6%となって、亜鉛添加区の方が対照区より不飽和脂肪酸の割合が若干高い比率となった。

2) 試験2

亜鉛添加区の供試牛と対照区の供試牛の不飽和脂肪酸割合を比べると、亜鉛添加区の供試牛は 57.9%, 54.9%, 51.0%, 57.1%で、対照区の供試牛は 46.7%, 46.0%, 53.5%, 56.8%となり、亜鉛添加区の方が対照区より不飽和脂肪酸の割合が若干高い比率となった。

第8表 枝肉成績

1) 試験1	亜鉛添加区	対照区
歩留面		
枝肉重量(kg)	387.2±48.6	394.3±63.8
ロース芯面積(cm ²)	44.2±5.06	51.1±3.40
バラ厚(cm)	8.2±1.15	7.3±1.45
皮下脂肪厚(cm)	2.37±0.23	2.93±0.76
筋間脂肪厚(cm)	6.8±0.56	6.97±1.22
歩留基準値(%)	73.7±0.47	73.4±1.25
肉質面		
BMS(No)	7.0±1.00	6.0±2.00
脂肪交雑等級	4.3±0.58	4.0±1.00
BCS(No)	3.7±0.58	4.3±0.58
肉色等級	3.3±0.58	3.0±0.00
しまり・きめ	3.3±0.58	3.0±0.00
しまりきめ等級	3.3±0.58	3.0±0.00
BFS(No)	3.0±0.00	3.3±0.58
BFS等級	3.3±0.58	3.0±0.00

平均値±標準偏差

2) 試験2	亜鉛添加区	対照区
歩留面		
枝肉重量(kg)	402.1±37.7	424.6±39.3
ロース芯面積(cm ²)	44.3±4.43	45.5±4.43
バラ厚(cm)	5.9±0.88 *	6.9±0.88
皮下脂肪厚(cm)	2.38±0.33 *	3.08±0.57
歩留基準値(%)	71.9±1.45	71.9±0.92
肉質面		
BMS(No)	3.5±0.58	4.0±0.82
脂肪交雑等級	3.0±0.00	3.3±0.50
BCS(No)	4.3±0.50	3.5±0.58
光沢	3.0±0.00	3.5±1.00
肉色等級	3.0±0.00	3.5±1.00
しまり	2.5±0.58	3.5±1.00
きめ	3.0±0.00	3.8±0.50
しまりきめ等級	2.5±0.58	3.5±1.00
BFS(No)	3.0±0.00	3.0±0.00
光沢と質	4.5±0.58	4.8±0.50
BFS等級	4.5±0.58	4.8±0.50

平均値±標準偏差
*P<0.05

第9表 脂肪酸組成(枝肉ロース芯部分)

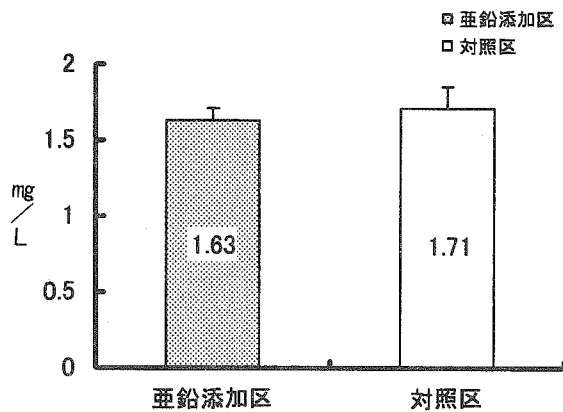
1) 試験1(液体クロマトグラフィーで分析: %)

区分	検体NO.	C12	C14:1	C18:3	C14	C16:1	C18:2	C16	C18:1	C18	その他
亜鉛添加区	1	1.7	0.8	0.3	7.4	2.2	6.5	26.3	28.4	19.8	6.5
	2	1.4	0.3	0.2	7.6	1.8	8.3	24.6	30.3	18.3	7.2
	3	0.7	0.2	0.2	6.7	0.7	14.1	35.0	25.5	14.5	2.3
対照区	4	0.6	0.5	0.3	4.7	1.2	7.3	37.9	28.4	17.0	2.1
	5	0.2	0.4	0.1	4.2	0.7	7.3	36.7	29.4	18.7	2.2
	6	0.5	0.2	0.1	2.6	1.6	5.7	42.0	20.7	24.6	1.8

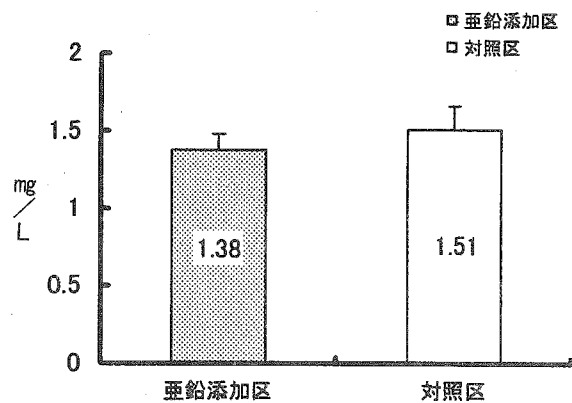
2) 試験2(ガスクロマトグラフィーで分析: %)

区分	検体NO.	C14	C15	C16	C17	C18	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1	C18:1	C20:1	tC18:	C18:2	USF
亜鉛添加区	1	3.1	0.4	26.7	1.2	10.6	1.0	4.3	1.0	42.4	2.1	0.2	3.8	3.0	57.9
	2	2.9	0.3	26.4	0.9	14.6	0.7	3.8	0.6	44.8	1.9	0.3	1.1	1.7	54.9
	3	4.3	0.4	30.1	1.0	13.2	0.7	4.8	0.7	39.0	1.7	0.1	1.4	2.6	51.0
	4	2.9	0.4	26.8	1.0	11.8	0.6	4.5	0.9	43.6	2.1	0.3	2.6	2.6	57.1
対照区	5	5.2	0.5	34.9	1.1	11.5	1.1	4.7	0.7	34.4	1.5	0.2	2.4	1.7	46.7
	6	4.8	0.4	35.2	1.1	12.5	1.0	4.7	0.7	35.4	1.3	0.2	1.3	1.4	46.0
	7	4.3	0.4	30.5	1.0	10.3	1.3	5.4	0.8	39.9	1.9	0.2	2.0	1.7	53.5
	8	3.0	0.4	27.4	1.4	10.9	0.7	4.1	1.0	42.2	2.0	0.3	3.5	3.1	56.8

USF: 不飽和脂肪酸



第1図 試験1 肥育中期の血清中亜鉛濃度



2図 試験2 肥育中期の血清中亜鉛濃度

6. 血清中の亜鉛濃度

試験1の亜鉛添加区と対照区の血清中亜鉛濃度を第1図に、試験2の亜鉛添加区と対照区の血清中亜鉛濃度を第2図に示した。

1) 試験1

亜鉛製剤添加時の亜鉛添加区の血清中亜鉛濃度は $1.63 \pm 0.08 \text{mg/L}$ で対照区は $1.71 \pm 0.14 \text{mg/L}$ となり、亜鉛製剤添加による血清中亜鉛濃度の有意な上昇は認められなかった。

2) 試験2

試験1と同様に、亜鉛製剤添加時の亜鉛添加区の血清中亜鉛濃度は $1.38 \pm 0.10 \text{mg/L}$ で対照区は $1.51 \pm 0.15 \text{mg/L}$ となり、亜鉛製剤添加による血清中亜鉛濃度の有意な上昇は認められなかった。

考 察

ミネラルは骨格、歯および軟組織の構成成分として必要であるばかりでなく、体液の浸透圧、酸塩基平衡の保持、種々の酵素反応の活性化など、生体機能に欠くことのできない役割を演じている。その中の一種である亜鉛は創傷の早期治癒、生殖器の発達、免疫防御や有害なカドニウム、水銀、などの吸収を妨げ、排泄を促す働き等があるとわれ、人の健康面においても注目されている。家畜でも皮膚や毛に多く存在し、その欠乏によって成長の低下、脱毛、羽や骨の異常が起き、豚の皮膚の不全角化症 (parakeratosis) が有名である。牛における亜鉛要求量は飼料1 kg 当たり 30mg であるとされているが、我が国の 85%の地域で牧草中亜鉛含量は不足していると言われている。また、穀類中の亜鉛濃度は 20 ~ 30mg/kg であり牛に対して亜鉛は補給すべき元素であることが報告されている。また最近、培養細胞レベルで、亜鉛添加によりマウス由来の脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化を促進することが報告されている (高橋ら, 1998)。そこで、実際の黒毛和種の去勢の肥育牛に亜鉛を給与することにより、肥育成績への影響を調査し、高品質牛肉の生産を検討した。

給与した亜鉛製剤だが、有機態の亜鉛製剤を使用した。亜鉛の利用性はその形態の影響を受けることが報告されている。豚においてアミノ酸キレート亜鉛の利用性が無機亜鉛と比較して高いことが示されており (Susaki,H.ら, 1999)、ニワトリ、牛においても有機態の亜鉛は高い利用性を示すことが報告されている (Kincaid,R.L.ら, 1997)。無機態の亜鉛および有機態の亜鉛はどちらも腸管から吸収されるチャンネル：経路を持つのだが、無機態亜鉛の吸収が阻害されるストレス等の要因を受けたとしても、有

機態亜鉛の吸収経路には影響がほとんどないと考えられるため、有機態亜鉛の方が利用性が高いと推察されている。今回の試験1および2では硫酸亜鉛メチオニン製剤を使用した。試験1と2では含有されている亜鉛の濃度が違うものの、試験1では添加した亜鉛が1日1頭当たり400mg～800mg摂取されるように給与した。試験2では添加した亜鉛が1日1頭当たり300mg～500mg摂取されるように給与した。

飼料摂取量は1頭1日当たりのDM, TDN, CPで表した。試験1, 2ともに肥育前期では、亜鉛添加区の方が対照区より多くなり、亜鉛製剤を給与し始めた肥育中期以降では、試験1は中期、後期ともに亜鉛添加区が対照区より多くなった。試験2では中期で若干亜鉛添加区が対照区より少なくなったものの、後期で再び亜鉛添加区が対照区より多くなった。亜鉛製剤を給与する前からすでに両区に差があったことから、亜鉛による飼料摂取量の増加作用は明確に確認できなかった。試験2の中期で若干亜鉛添加区の摂取量が対照区に比べて少なくなったことから使用した亜鉛製剤の嗜好性の問題が生じてくるが、後期に再び摂取量が対照区より増えていることから、今回の添加量および添加方法では嗜好性にそれほど問題がないと考えられる。亜鉛製剤添加より環境等の別要因による牛個体毎の反応の差がこのような結果になったと考えられる。

増体成績だが、試験1では平均体重、平均増体量、平均DGとも肥育前期には亜鉛添加区より対照区の方が良かったものの、亜鉛製剤を添加し始めた中期では亜鉛添加区の方が良好で、平均増体量と平均DGで対照区との間で有意差があった。全肥育期間を通じての各平均値も亜鉛添加区の方が良く、試験開始時平均体重は亜鉛添加区が対照区より少し軽かったものの、試験終了時ほとんど差がなかった。試験2でも平均体重、平均増体量、平均DGは肥育前期では亜鉛添加区より対照区が良かったが、亜鉛製剤を添加し始めた中期以降の平均増体量、平均DGは統計的に有意差がないものの、亜鉛添加区の方が対照区より良好な成績となった。よって試験1と同様に全肥育期間を通じての各平均値も亜鉛添加区の方が良く、試験開始時平均体重は亜鉛添加区が対照区より少し軽かったものの、試験終了時ほとんど差がなかった。既報によると亜鉛は筋肉蛋白質の代謝に影響を及ぼすといわれている(T.E.Engleら, 1997)。ホルスタイン種去勢牛を使用し、亜鉛の給与を制限し臨界的欠乏状態にした群と亜鉛を補充した群とを比べた場合、筋肉蛋白質の分解速度、合成速度、蓄積速度が亜鉛を補充した群の方で有意に上昇することが報告されている。よって黒毛和種去勢牛を使った今回の試験でも、亜鉛を添加した区の方が無添加の区より筋肉蛋白質の分解速度、合成速度が上昇し、その差の蓄積速度も上昇したため筋肉量が増加し、亜鉛添加区の増体成績は対照区より良好になったと推察される。試験1の中期では平均増体量、平均DGに有意な差が出るほどの成績差だったが、これは上述した筋肉蛋白質の代謝の影響だけでなく他の要因も関連していると推察される。この中期の飼養環境は夏場の高温が特に厳しく、熱射病や肺炎等を発症した牛が多数見られた。しかし発症した牛はいずれも対照区の牛で、亜鉛添加区の牛では発症が見られなかった。有機態の亜鉛添加により免疫反応が増強されることは前述したT.E.Engleらにより報告されていることから、試験1の中期で亜鉛添加区において免疫反応増強の影響があり、それが増体成績が良好になった一要因であると推察される。

飼料要求率だが、試験1, 2でDM, TDN, CPともに、肥育前期には亜鉛添加区より対照区の方が良い成績だったが、亜鉛製剤を添加し始めた中期以降亜鉛添加区の方が良く、全肥育期間を通じても亜鉛添加区の方が良好な成績となった。これは亜鉛添加区が筋肉蛋白質の代謝が促進され、筋肉量の増加があったと推察されることから増体成績が良好であったため、その影響が出たと考えられる。有機態の亜鉛添加により飼料要求率が良好となることは前述したT.E.EngleCらの研究により報告されている。

枝肉成績だが、試験1では歩留面、肉質面の各項目の平均値には統計的に有意な差はなかった。しかし亜鉛添加区の方が対照区より若干肉質面の各項目の平均値が良かった。一方試験2では歩留面のバラ厚と皮下脂肪厚で亜鉛添加区と対照区の間で統計的に有意な差が認められ、対照区の方が厚くなった。また肉質面の各項目の平均値も亜鉛添加区よりも対照区の方が良好な成績だった。よって試験1と2では相反する結果になり、亜鉛添加による枝肉肉質面への明確な影響はわからなかった。前述した高橋ら

の研究によると、培養細胞レベルで亜鉛添加によりマウス由来の脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化を促進することが報告されている。亜鉛の作用としては、インスリン様作用およびインスリン増強作用があると示唆されている。また亜鉛の生体への影響としては、米国で実施された研究によると、アンガス種の去勢牛に有機態の亜鉛を添加し肥育した場合、無添加のものより内蔵脂肪量や脂肪交雑が有意に増加することが報告されている (L.W.Greene ら, 1988)。無機態の亜鉛添加では内蔵脂肪量や脂肪交雑に影響を及ぼさなかったことから、有機態の亜鉛と無機態の亜鉛では吸収後の代謝が異なっていると推察される。今回の試験 1 の枝肉肉質面の成績は L.W.Greene らの報告に類似するものであるが、試験 2 の枝肉肉質面の成績は相反する。一方、血清中の亜鉛濃度と脂肪交雑との間には有意な相関関係は認められなかったという報告もある (高橋ら, 1999)。また試験 1 と 2 の相違点は、1 日 1 頭当たり摂取する亜鉛の量と摂取期間である。試験 2 は試験 1 より摂取量は少なく、摂取期間が短かった。よって筋肉内で脂肪細胞数が特に増加すると言われていた約 11 ~ 15 ヶ月齢をピークとして約 20 ヶ月齢までの血清中亜鉛濃度と脂肪交雑やこの時期の亜鉛給与量を検討する必要があると考えられる。それから亜鉛添加により血清中のビタミン A 濃度が上昇するという報告もある (S.P.Arora)。亜鉛を添加していた期間は、脂肪交雑が盛んに発達する時期が含まれていた。ビタミン A は脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化を抑制するため (鳥居ら, 1995)、この時期のビタミン A 濃度はある程度の低い濃度の方が脂肪交雑を増加させるには良いと考えられる。今回の試験では、血中のビタミン A 濃度の推移を調査していなかったが、今後の試験では調査の必要があると考えられる。

枝肉のロース芯部分の脂肪酸組成だが、試験 1 と 2 ともに亜鉛添加区の方が対照区より不飽和脂肪酸の割合が若干高い比率となった。脂肪が軟らかく口触りと風味が良いおいしい牛肉は、脂肪中の不飽和脂肪酸の割合が高いことが報告されている (木村, 2001)。特に 1 価の不飽和脂肪酸であるオレイン酸が多いほど風味が良いと言われている。今回の試験 1 と 2 の亜鉛添加区もオレイン酸の割合が対照区より高い傾向にある。よって亜鉛添加区の牛肉の方が、対照区の牛肉より風味の良いおいしい牛肉になっている可能性が高いと考えられる。

血清中の亜鉛濃度だが、試験 1, 2 ともに亜鉛製剤給与による有意な上昇は認められなかった。血中の亜鉛濃度の上昇がないと、亜鉛が生体内の標的となる細胞等へ循環していかない様に思えるが、前述したアンガス種の去勢牛に有機態の亜鉛を添加し肥育した場合、無添加のものより内蔵脂肪量や脂肪交雑が有意に増加することが示された L.W.Greene らの報告でも、有機態の亜鉛の添加により血清中の亜鉛濃度は上昇しなかった。よって添加された有機態の亜鉛は、筋肉蛋白質や脂肪交雑を増加させるための酵素類等の生産、活性化等に積極的に利用されるため、血清中の亜鉛濃度は容易には上昇しないと推察される。

以上の結果から、有機態の亜鉛を黒毛和種去勢牛生体へ給与することによって、増体成績を向上させる影響が示唆される結果となった。一方、枝肉の肉質面への影響は明確な結果は得られなかった。増体成績については、2 回の試験で成績に有意な差が出た試験、出なかった試験があることから、亜鉛の添加量、添加期間等をさらに検討していく必要があると考えられる。肉質面については、良好な影響が出る亜鉛の添加量、添加時期、添加期間を調査してだけでなく、ビタミン A 濃度との関連性も検討していく必要があると考えられる。亜鉛には多数の機能や作用があるが、全ての機能や作用が一度に現われるとは考えにくく、環境等の様々な条件により発現する機能や作用が違ってくると推察できる。よって今後も、肥育成績に有益な影響が出る亜鉛製剤添加技術、飼養管理等の検討が必要と考えられる。

摘 要

ミネラルの一種である亜鉛は様々な機能を有し人の健康面でも注目されているが、培養細胞レベルでマウス由来の脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化を促進することも報告されている。そこで黒毛和種去勢

牛に有機態の亜鉛を給与し肥育成績に及ぼす影響を検討した。

1. 肥育中期と後期(約14～26ヶ月齢)の濃厚飼料中に、亜鉛を40g/kg含む硫酸亜鉛メチオニン製剤を0.2%添加する区とその対照区を設定した試験1と、肥育中期と後期(約14～24ヶ月齢)の濃厚飼料中に、亜鉛を100g/kg含む硫酸亜鉛メチオニン製剤を0.05%添加する区とその対照区を設定した試験2を実施した。
2. 飼料摂取量は、試験1, 2ともに亜鉛製剤添加による明確な増加は認められなかったものの、亜鉛製剤の嗜好性については問題がないと考えられる。
3. 増体成績は、試験1で亜鉛製剤を添加し始めた肥育中期で亜鉛添加区が対照区に比べて平均増体量、平均DGが良く統計的に有意な差があった。試験2でも統計的な差はなかったものの、亜鉛製剤を添加し始めた肥育中期以降で亜鉛添加区が対照区に比べて平均増体量、平均DGが良好な成績となった。よって試験1, 2ともに試験開始時平均体重は亜鉛添加区が対照区より少し軽かったものの、試験終了時平均体重はほとんど差がなかった。
4. 飼料要求率は、試験1, 2でDM, TDN, CPともに肥育前期には亜鉛添加区より対照区の方が良い成績だったが、亜鉛製剤を添加し始めた中期以降は亜鉛添加区が良く、全肥育期間を通じて亜鉛添加区の方が良好な成績となった。
5. 枝肉成績は、試験1では歩留面、肉質面の各項目の平均値には統計的に有意な差はなかったものの、亜鉛添加区の方が対照区より若干肉質面の各項目の平均値が良かった。試験2では歩留面のバラ厚と皮下脂肪厚で亜鉛添加区と対照区間に統計的に有意な差が認められ、対照区の方が厚くなった。また肉質面の各項目の平均値も亜鉛添加区よりも対照区の方が良好な成績だった。よって試験1と2では相反する結果となり、亜鉛による肉質面への明確な影響は確認できなかった。
6. 枝肉ロース芯部分の脂肪酸組成は、試験1と2ともに亜鉛添加区の方が対照区より不飽和脂肪酸の割合が若干高い比率となった。

以上の結果から、有機態の亜鉛を黒毛和種去勢牛へ給与することによって、増体成績を向上させる影響が示唆される結果となった。これは亜鉛による筋肉蛋白質の代謝の促進等が関連していると推察される。

引用文献

- Kincaid, R.L., B.P. Chew and J.D. Cronrath. 1997. Zinc oxide and amino acids as sources of dietary zinc for calves: Effects on uptake and immunity. *J. Dairy Sci.* 80: 1381-1388.
- 木村信照. 2001. おいしい牛肉の生産. 畜産コンサルタント. 5月号: 17-23.
- L.W. Greene, D.K. Lunt, F.M. Byers, N.K. Chrise, C.E. Richmond, R.E. Knutson and G.T. Schelling. 1988. Performance and Carcass Quality of Steers Supplemented with Zinc Oxide or Zinc Methionine. *J. Anim. Sci.* 66: 1818-1823.
- S.P. Arora. Zinc and Vitamin A Interrelationship in Metabolism. National Dairy Research Institute, Karnal, Haryana, 132001. India: 572-574.
- Susaki, H., T. Matui, K.-Y. Ashida, S. Fjita, T. Nakajima and H. Yano. 1999. Availability of a zinc amino acid chelate for growing pigs. *Anim. Sci. J.* 70: 124-128.
- 鳥居伸一郎・松田恭子・大山路世・松井徹・矢野秀雄. 1995. 黒毛和種から単離した脂肪前駆細胞の脂肪細胞への分化におけるビタミン及び脂肪酸の影響. 肉用牛研究会報. 60: 27-28.
- T.E. Engle, C.F. Nockels, C.V. Kimberlings, D.L. Weaver and A.B. Johnson. 1997. Zinc Repletion with Organic or Inorganic Forms of Zinc and Protein Turnover in Marginally Zinc-Deficient Calves. *J. Anim. Sci.* 75: 3074-3081.

- 高橋栄二・鳥居伸一郎・松井徹・矢野秀雄. 1998. 3T3-L1 脂肪細胞分化における亜鉛およびバナジウムの影響. 微量栄養素研究. 第15集: 47-51.
- 高橋栄二・田中真哉・松井徹. 1999. 微量栄養素 (亜鉛, クロム, バナジウム) と脂肪細胞分化. 栄養生理研究会報. 43(2): 91-105.

