

거세와 rbST 투여 시기가 Holstein 수소의 건물 및 영양분 섭취량에 미치는 영향

권응기 · 김현섭 · 윤상기 · 강우성 · 김병완* · 김종복* · 홍병주*

Effects of Castration and Injection Time of rbST on Dry Matter and Nutrient Intake in Holstein Bulls

U. G. Kweon, H. S. Kim, S. K. Yun, W. S. Kang, B. W. Kim*, J. B. Kim* and B. J. Hong*

Summary

This research was carried out to investigate the effect of castration and injection time of sustained release recombinant bovine somatotropin(SR-rbST) on dry matter intake(DMI) and nutrient intake of surgically castrated 32 Holstein young bulls by growth stage. The main results were as follows:

1. DM intakes were not different between in bull and steer groups, but those in rbST1 and rbST2 were 7.88 and 7.65kg, respectively, which were lower 6~9% compared to bull and steer groups.
2. Actual DM intake to DM requirement of Beef cattle(NRC) was 88.5~97.7%, while net energy intake was sufficient for NE requirement in all groups during all growth stage except rbST group during finishing stage.
3. Overall mean concentrate intake to body weight in steer group was the highest as 1.94%, and then those in rbST groups were 1.87~1.89%, which were higher 0.07~0.09% unit than in bull group.
4. Feed conversion ratios(DM) in bull, rbST1 and rbST2 groups were 8.29, 8.18 and 7.60kg, respectively, which were improved 12.4, 13.9 and 22.6%, respectively, compared to steer group.

I. 서 론

Holstein종은 증체율과 사료 이용성이 좋고 적육 생산량이 많아 육용종으로서의 자질은 충분히 갖추고 있지만 육질이 저하되는 단점(Nichols 등, 1964; Ntunde, 1977; Seideman 등, 1982)을 갖고 있다. 육질 개선을 위하여 거세가 이용되고 있으나(Gregory 등, 1983; Anderson 등, 1987; Worrell, 1987) 성장율이나 사료 이용성이 저하(Silbermann, 1983; Martin, 1989) 되기 때문에 이를 방지하기 위한 방법으로 비육촉진

제 투여에 대한 연구(Dalke 등, 1992; Moseley 등, 1992; Schwarz 등, 1993; McLaughlin 등, 1994)가 많이 진행되었다. 그러나 국내 비육농가에서 이용되고 있는 비육촉진제는 여러 종류가 있지만 비육촉진제 투여에 따른 사양관리 기준이 명확히 제시되어 있지 않다.

따라서 본 시험은 Holstein종 수소를 조기에 외과 적 거세후 유전자 재조합 기술로 생산된 SR-rbST (Sustained release-recombinant bovine somatotropin)를 투여시 사육 단계별 건물 및 영양분 섭취량 변화를

축산기술연구소(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

* 강원대학교 낙농학과(Department of Dairy Science, Kangwon National University)

구명하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험장소 및 기간

사양 시험은 '95. 1월부터 '96년 9월까지 약 20개월 동안 개방식 유우사에서 처리별로 군사를 실시하였다.

2. 공시축

경기도 일대에서 구입한 것과 축산기술연구소 자체 생산축종 생후 7~10일령의 Holstein 수송아지 32두를 이용하였으며, 거세는 생후 50~60일령(체중 60~70kg경)에 외과적 방법으로 실시하였다.

3. 시험설계

비거세, 거세, 거세후 체중 80kg경과 300kg경부터 rbST를 투여한 4처리를 두었고, 각 처리당 8두씩 완전임의 배치법으로 하였다.

4. rbST 처리방법

본 시험에서 사용된 rbST는 LG 바이오텍 연구소

에서 제조한 50, 100, 150, 200 및 250mg 용량을 생체중 1kg당 일일 0.03mg 기준으로 환산하여 14일 간격으로 투여하였다. 그리고 투여부위는 rbST1구의 경우 좌우 미근부에, rbST2구는 좌우 견갑부에 번갈아서 투여하였다.

5. 사료급여 기준

축산기술연구소 자체 사료공장에서 배합한 농후사료는 볏짚을 자유채식 시킨다는 조건하에서 월 2회 측정된 체중과 일당 증체량을 이용하여 육성기와 비육전기에 각각 일일 증체 목표량인 0.9kg과 1.3kg을 기준으로 하여 정미 에너지 요구량(NRC of Beef Cattle, 1984)이 충족되도록 조절 급여하였다. 그리고 사육 단계별 농후사료의 비율을 육성기인 생후 3~6개월까지는 60%, 7~12개월까지는 70%, 비육전기인 13~17개월까지는 80%로 급여하였으며, 비육 후기인 18개월 이후에는 자유채식을 시켰고, 무기물 첨가제와 요결석 방지제를 전기간 자유 채식시켰다.

시험축에 이용된 농후사료의 배합비는 표 1, 그리고 시험사료의 성분 함량 및 정미 에너지가는 표 2에 표시되어 있다.

Table 1. Formula of experimental concentrates for various growing stages(% , as-fed basis)¹⁾.

Index	Growing	Fattening	Finishing
Ingredient composition (%)			
Corn	30.0	50.0	64.5
Wheat bran	41.0	29.1	18.5
Soybean meal	9.4	4.3	1.0
Whole cottonseed	2.0	2.0	1.0
Soybean hull	5.0	2.0	1.0
Beet pulp	10.0	10.0	11.4
Salt	0.5	0.5	0.5
Limestone	1.3	1.3	1.3
Calcium phosphate	0.5	0.5	0.5
Grobig DC ²⁾	0.3	0.3	0.3
Total	100.0	100.0	100.0

¹⁾ Concentrates for the beef cattle at growing stage(less than 300kg of body weight), fattening stage(300~450kg) and finishing stage (more than 450kg).

²⁾ Additives-Vit A: 2,650,000 IU, Vit D₃: 530,000 IU, Vit E: 1,050 IU, Mn: 4,400mg, Zn: 4,4mg, Fe: 13,200mg, Cu: 2,200mg, I: 440mg, Co: 440mg, Ao: 10,000mg

Table 2. Chemical composition of experimental diets(% , as-fed basis).

Items	Concentrates ¹⁾			Rice straw		
	Growing	Fattening	Finishing	Growing	Fattening	Finishing
Chemical composition						
Moisture (%)	15.25	14.1	14.4	12.91	17.81	12.55
Crude protein (%)	14.59	12.62	10.87	4.25	4.78	4.67
Crude fat (%)	3.01	3.57	4.53	1.72	1.36	1.96
Crude fiber (%)	8.81	7.13	7.07	27.08	25.88	29.94
Crude ash (%)	4.59	4.51	4.31	11.71	11.13	11.01
Calcium (%)	0.81	0.86	0.83	0.37	0.37	0.35
Phosphorus (%)	0.52	0.49	0.44	0.14	0.17	0.13
NE _m , Mcal/kg ²⁾	1.66	1.71	1.75	0.66	0.63	0.68
NE _g , Mcal/kg	1.05	1.09	1.13	0.13	0.10	0.15
NE _{m+p} , Mcal/kg	2.71	2.80	2.88	0.79	0.73	0.83

¹⁾ Concentrates for the beef cattle at growing stage(less than 300kg of body weight), fattening stage(300~450kg) and finishing stage (more than 450kg).

²⁾ Calculated from NRC of Beef Cattle(1984).

6. 주요 조사항목 및 조사방법

사료 섭취량은 매일 오전 사료 급여전 잔량을 평량하고, 그룹별로 전일 급여한 사료량에서 잔량을 공제하여 계산하였으며, 사료의 일반 조성분은 AOAC 방법(1990)에 준하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건물 섭취량

사육 단계별로 처리별 시험축들의 평균 건물 섭취량과 NRC 비육우의 건물 요구량(1984) 대비 섭취율은 표 3과 같다.

육성기의 건물 섭취량은 거세 후 rbST를 투여한 rbST1구와 rbST2구가 각각 4.89kg과 4.72kg으로서 비거세구와 거세구의 5.06kg과 5.25kg에 비해 적었으며, 비육 전기에서는 거세구의 건물 섭취량이 비거세구와 다른 처리구들보다 약간 많았고, 농후사료를 자유 채식시킨 비육 후기에서는 rbST 투여구들이 비거세구나 거세구에 비해 건물섭취량이 적었다. 전

체 시험기간중 건물 섭취량은 rbST1구와 rbST2구가 각각 7.88kg과 7.65kg으로 비거세구와 거세구의 8.36kg과 8.43kg에 비해 6~9% 정도 적었는데(표 3), 이와같이 rbST 투여구들의 사료 섭취량이 적었던 이유는 성장 호르몬의 효율적인 영양분 분배효과(Bines 등, 1980) 때문인 것으로 사료된다.

시험기간중 시험축들의 NRC 비육우의 건물요구량 대비 섭취율은 표 3에서 보는 바와 같이 육성기의 경우 82.9~88.1%, 비육 전기에는 89.3~93.3%를 섭취하여 처리간에 큰 차이가 없었다. 그러나 비육 후기에서는 농후사료의 자유채식으로 NRC 비육우 요구량의 91.1~109.8%를 섭취하여 rbST 투여구들을 제외한 비거세구와 거세구는 건물 요구량이 충족되었다. 전체 시험기간 동안의 NRC 비육우 요구량 대비 건물 섭취율은 88.5~97.7%로서 모든 처리구들의 요구량이 완전히 충족되지 못했는데, 이와같은 결과는 사육 단계별 적정 조 : 농 비율을 감안한 농후사료의 제한 급여와 이유 후 어린시기부터 급여한 볏짚의 기호성이 떨어졌기 때문에 사료 섭취량이 감소된 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of recombinant bovine somatotropin(rbST) on dry matter intake during various feeding systems in Holstein bulls and steers.

(unit: DM, kg)

Items	Bulls	Steers	Steers	
			rbST1 ²⁾	rbST2 ³⁾
Growing stage¹⁾				
Concentrate	3.41	3.54	3.51	3.37
Rice straw	1.65	1.71	1.38	1.35
Subtotal (A)	5.06	5.25	4.89	4.72
NRC requirement (B)	5.76	5.96	5.90	5.69
A/B × 100	87.90	88.10	82.9	83.00
Fattening stage				
Concentrate	8.17	8.50	8.63	8.82
Rice straw	1.96	2.06	1.70	1.24
Subtotal (A)	10.13	10.56	10.33	10.06
NRC requirement (B)	11.00	11.38	11.57	10.78
A/B × 100	92.10	92.80	89.30	93.30
Finishing stage				
Concentrate	12.09	11.57	10.43	9.97
Rice straw	0.79	0.82	0.72	1.04
Subtotal (A)	12.88	12.39	11.15	11.01
NRC requirement (B)	11.73	11.60	12.24	11.48
A/B × 100	109.80	106.80	91.10	95.90
Overall period				
Concentrate	6.86	6.87	6.59	6.31
Rice straw	1.50	1.56	1.29	1.34
Subtotal (A)	8.36	8.43	7.88	7.65
NRC requirement (B)	8.56	8.73	8.90	8.34
A/B × 100	97.70	96.60	88.50	91.70

¹⁾ Growing stage = 3~12 month of age; Fattening stage = 13~17 month of age; Finishing stage = 18~20 month of age.

²⁾ rbST1: recombinant bovine Somatotropin injection at about BW of 80kg after castration.

³⁾ rbST2: recombinant bovine Somatotropin injection at about of BW 300kg after castration.

2. 농후사료 섭취율 및 조 : 농비율

표 4에는 처리별 생체중 대비 평균 농후사료 섭취율 및 평균 조사료 : 농후사료의 섭취 비율이 사육 단계별로 표시되어 있다.

육성기동안 각 처리별 생체중 대비 평균 농후사료의 섭취율은 1.68~1.86%의 범위였고, 비육 전기에는 1.91~2.11% 범위였는데 거세구와 rbST구들이 육성과 비육 전기에서 동일 사육 단계별로 다른 처리구들과 비교했을 때 비교적 높은 편이었다. 농후

사료를 자유 채식시킨 비육후기 때는 rbST 투여구들의 체중대비 농후사료의 섭취율이 1.72~1.77%로 비거세구와 거세구의 1.92%와 2.05%에 비해 낮은 편이었다. 그리고 전체 시험기간 동안에는 거세구가 1.94%로 가장 높았고 rbST1구와 rbST2구는 각각 1.87%와 1.89%를 섭취하여 비거세구의 1.80% 보다

높은 편이었다. 한편 시험축들이 섭취한 조 : 농비율은 육성기의 경우 28.9~34.3 : 65.7~71.1, 비육 전기에서는 16.4~19.6 : 80.4~83.6, 비육 후기에서는 5.9~9.6 : 90.4~94.1로서 모든 처리구들의 농후사료 섭취 비율이 사육 단계가 진행될수록 증가하였다.

Table 4. Effects of recombinant bovine somatotropin(rbST) on concentrate intake ratio to body weight and roughage : concentrate ratio during various feeding systems in Holstein bulls and steers.

Items	Bulls	Steers	Steers	
			rbST1 ²⁾	rbST2 ³⁾
Growing stage ¹⁾				
Concentrate intake to body weight (%)	1.68	1.82	1.82	1.86
Roughage : Concentrate ratio	34.3 : 65.7	34.1 : 65.9	29.5 : 70.5	28.9 : 71.1
Fattening stage				
Concentrate intake to body weight (%)	1.91	2.08	2.06	2.11
Roughage : Concentrate ratio	19.4 : 80.6	19.6 : 80.4	16.4 : 83.6	16.8 : 83.2
Finishing stage				
Concentrate intake to body weight (%)	1.92	2.05	1.77	1.72
Roughage : Concentrate ratio	6.0 : 94.0	6.6 : 93.4	5.9 : 94.1	9.6 : 90.4
Overall period				
Concentrate intake to body weight (%)	1.80	1.94	1.87	1.89
Roughage : Concentrate ratio	18.0 : 82.0	18.5 : 81.5	16.3 : 83.7	17.5 : 82.5

^{1,2,3)} See footnotes of Table 3.

3. 정미 에너지 섭취량

표 5에는 처리별 평균 정미 에너지 섭취량이 사육 단계별로 표시되어 있다.

시험기간동안 사육 단계별 평균 정미 에너지 섭취량은 육성기에 9.81~10.65Mcal, 그리고 비육 전기에는 24.33~25.94Mcal의 범위로서 처리구간에 큰 차이가 없었으나 농후사료를 완전 자유 채식시킨 비육 후기의 경우 비거세구와 거세구의 정미 에너지 섭취량은 각각 35.49Mcal와 33.96Mcal로서 rbST1구와

rbST2구의 30.61Mcal 및 29.25Mcal에 비해 많은 편이었다. 한편 NRC 요구량 대비 정미 에너지의 섭취율은 농후사료의 에너지가 높아서 벗짚 섭취량이 감소하였음에도 불구하고 대부분의 처리구들이 NRC 비육우의 정미 에너지 요구량에 100% 이상 충족되어 시험축들의 에너지 부족 현상은 없었던 것으로 사료되지만 rbST 투여구들이 요구량에 약간 미달하였는데 이것은 건물 섭취량의 경우와 마찬가지로 bST의 적절한 영양분 분배 효과 때문인 것으로 사료된다.

Table 5. Effect of recombinant bovine somatotropin(rbST) on net energy intake during various feeding systems in Holstein bulls and steers.

(unit : Mcal)

Items	Bulls	Steers	Steers	
			rbST1 ²⁾	rbST2 ³⁾
Growing stage¹⁾				
Concentrate	9.19	9.57	9.49	8.78
Rice straw	1.05	1.08	0.90	1.03
Subtotal (A)	10.24	10.65	10.39	9.81
NRC Requirement (B)	10.06	10.43	10.34	9.82
B/A × 100	101.8	102.1	100.5	99.9
Fattening stage				
Concentrate	22.92	23.79	24.16	24.70
Rice straw	1.41	1.48	1.23	1.24
Subtotal (A)	24.33	25.27	25.39	25.94
NRC Requirement (B)	22.72	23.57	23.94	23.29
B/A × 100	107.1	107.2	106.1	111.4
Finishing stage				
Concentrate	34.82	33.27	30.05	28.55
Rice straw	0.67	0.69	0.56	0.70
Subtotal (A)	35.49	33.96	30.61	29.25
NRC Requirement (B)	31.38	31.31	32.73	30.73
B/A × 100	113.1	108.5	93.5	95.2
Overall period				
Concentrate	19.30	19.29	18.50	17.02
Rice straw	1.04	1.08	0.89	0.98
Subtotal (A)	20.34	20.37	19.39	18.71
NRC Requirement (B)	18.53	18.94	19.75	18.42
B/A × 100	109.8	107.6	98.2	101.6

^{1,2,3)} See footnotes of Table 3.

4. 사료 및 정미 에너지 이용효율

표 6에는 처리별 평균 사료 및 정미 에너지 이용효율이 사육 단계별로 표시되어 있다.

육성기동안 사료 건물이용 효율은 rbST 투여구들이 5.94~5.95kg으로 거세구의 7.00kg 보다 양호하였으며, 비거세구는 6.03kg으로 rbST 투여구와는 큰 차이가 없었다. 비육 전기에는 체중 300kg경부터 rbST를 투여한 rbST2구가 사료 섭취량 감소와 증체

로 인해 사료 건물이용 효율이 6.40kg으로 다른 처리구들의 9.41~9.49kg 보다 크게 양호하였으며, 비육 후기에는 비거세구, rbST1구 및 rbST2구가 각각 10.20kg, 10.09kg 및 9.49kg으로 거세구의 12.52kg에 비해 양호하였다. 전체 시험기간 동안에는 거세구가 농후사료와 볏짚의 섭취량은 증가한 반면 증체가 지연된 관계로 사료 이용 효율이 9.32kg으로 가장 불량하였고, rbST2구는 건물 섭취량 감소와 증체 때문에 7.60kg으로 가장 양호하였으며 비거세구와 rbST1

Table 6. Effects of recombinant bovine somatotropin(rbST) on feed and net energy conversion ratio during various feeding systems in Holstein bulls and steers.

Items	Bulls	Steers	Steers	
			rbST1 ²⁾	rbST2 ³⁾
Growing stage¹⁾				
Feed conversion ratio (DM, kg)	6.03	7.00	5.94	5.95
NE conversion ratio (DM, Mcal)	12.20	14.18	12.59	12.40
Fattening stage				
Feed conversion ratio (DM, kg)	9.41	9.41	9.49	6.40
NE conversion ratio (DM, Mcal)	22.59	22.52	23.32	15.75
Finishing stage				
Feed conversion ratio (DM, kg)	10.20	12.52	10.09	9.49
NE conversion ratio (DM, Mcal)	28.13	34.30	27.68	25.21
Overall period				
Feed conversion ratio (DM, kg)	8.29	9.32	8.18	7.60
NE conversion ratio (DM, Mcal)	20.15	22.50	20.13	17.90

^{1,2,3)} See footnotes of Table 3.

구간에는 큰 차이가 없었다. 이와같은 결과로 볼 때 비거세구나 거세 후 rbST 투여구들이 거세구보다 사료 건물이용 효율이 개선되는 것은 여러 보고자들의 결과와도 일치하는 경향이었는데, Galbraith 등(1978)도 Friesian종 수소와 거세우에 충분한 에너지와 건물을 공급시 사료 이용효율은 수소와 거세우가 각각 6.8kg과 8.2kg으로 수소에서 유의하게 개선되었다고 보고 한 바 있다. 특히, rbST 투여시 사료 건물이용 효율이 개선되는 것은 섭취한 사료내 영양소를 적절하게 분배하여 이용효율이 개선된 것으로 판단되며, 전체 시험기간중 정미 에너지 이용 효율은 사료건물 이용 효율과 비슷하게 거세구가 22.50Mcal로 가장 나빴던 반면에 체중 300kg경부터 rbST를 투여한 rbST2구가 17.90Mcal로 가장 좋았고 비거세구와 rbST1구간에는 큰 차이가 없었다.

이상의 결과로 볼 때 Holstein종 수소와 거세우 및 조기 거세후 단백질계 성장 호르몬인 rbST 투여시 건물 섭취량은 거세구, 비거세구, rbST1구, rbST2구 순으로 많았고, 사료 및 정미 에너지 이용 효율 역시 건물 섭취량과 비슷하였다. 육성기 사양 관리면에서 주의할 점은 생후 3~6개월령 사이 특히 겨울철에 벗짚과 같은 저질 조사료 급여 조건하에서의 농후사

료 제한 급여는 건물 섭취율을 충족시킬 수 없으므로 반드시 양질의 조사료를 급여하여 비육후기 에너지 섭취 능력을 최대한 유도하기 위한 반추위 발달을 극대화시켜야 할 것으로 판단되었다.

IV. 적 요

본 시험은 Holstein종 수소를 조기에 외과적 거세 후 SR-rbST 투여시 사육 단계별 건물 및 영양분 섭취량 변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Holstein 수소 32두를 공시하여 얻어진 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건물 섭취량은 비거세구와 거세구는 큰 차이가 없었지만 rbST1구와 rbST2구는 각각 7.88kg과 7.65kg으로 비거세구와 거세구에 비해 6~9% 정도 건물 섭취량이 적었다.

2. NRC 비육우 요구량 대비 건물 섭취율은 전체 시험 기간동안 88.5~97.7%로서 요구량을 완전히 충족시키지 못하였지만, 정미 에너지 섭취율은 건물과 달리 rbST 투여구들이 비육 후기에만 약간 부족한 반면 비거세구와 거세구는 전기간 요구량에 충족되었다.

3. 체중대비 농후사료 섭취 비율은 전체 시험기간 동안 거세구가 1.94%로 가장 높았고 rbST 투여구들이 1.87~1.89%를 섭취하여 비거세구의 1.80% 보다 높은 편이었다.

4. 사료 이용 효율은 비거세구, rbST1구 및 rbST2구가 각각 8.29kg, 8.18kg 및 7.60kg으로 거세구의 9.32kg 보다 12.4%, 13.9% 및 22.6%가 개선되었다.

V. 인용 문헌

- Anderson, J.M.L., and G.M. Webster. 1987. The Effect of castration and ewe proximity on the behaviour, growth, carcass composition and meat quality of male lambs reared outdoors. *Proceedings of the British Society of animal Science*. 62:660.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.
- Bines, J.A., I.C. Hart, and S.V. Morant. 1980. Endocrine control of energy metabolism in the cow : the effect on milk yield and levels of some blood constituents of injecting growth hormone and growth hormone fragments. *Br. J. Nutr.* 43:179.
- Dalke, B.S., R.A. Roeder., T.R. Kasser, J.J. Veenhuizen, C.W. Hunt, D.D. Hinman, and G.T. Schelling. 1992. Dose-Response effect of recombinant bovine somatotropin implant on feedlot performance in steers. *J. Anim. Sci.* 70:2130.
- Galbraith, H., D.G. Dempster, and T.B. Miller. 1978. A Note on the effect of castration on the growth performance and concentrations of some blood metabolites and hormones in British Friesian male cattle. *Anim. Prod.* 26:339.
- Gregory, K.E., S.C. Seideman, and J.J. Ford. 1983. Effects of late castration, zeranol and breed group on composition and palatability characteristics of longissimus muscle of bovine males. *J. Anim. Sci.* 56:781.
- Martin, R.J., J.L. Beverly, and G.E. Truett. 1989. Energy balance regulation. Plenum Press. New York.
- McLaughlin, C.L., H.B. Hedrick, J.J. Veenhuizen, R.L. Hintz, L. Munyakazi, T.R. Kasser, and C.A. Baile. 1994. Performance, Clinical chemistry, and carcass responses of finishing lambs to formulated sometribove(Methionyl Bovine Somatotropin). *J. Anim. Sci.* 72:2544.
- Moseley, W.M., J.B. Paulissen, M.C. Goodwin, G. R. Alaniz, and W.H. Clafin. 1992. Recombinant bovine somatotropin improves growth performance in finishing beef sters. *J. Anim. Sci.* 70:412.
- Nichols, J.R., J.H. Ziegler, J.M. White, E.M. Kesler, and J.L. Watkins. 1964. Production and carcass characteristics of holstein-friesian bulls and steers slaughtered at 800 or 1,000 pounds. *J. Dairy Sci.* 47:179.
- Ntunde, B.N., W.R. Osborne, and G.C. Ashton. Response in meat characteristics of Holstein-Friesian males to castration and diet. 1977. *Can. J. Anim. Sci.* 57:449.
- Nutrient Requirements of Domestic Animals. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 6th rev Ed. National Academy of Science. Washington, D.C.
- Schwarz, F.J., D. Schams, R. Ropke, M. Kirchgessner, J. Kogel, and P. Matzke. 1993. Effects of somatotropin treatment on growth performance, car-cass, traits, and the endocrine system in finishing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 71:2721.
- Seideman, S.C., H.R. Cross, R.R. Oltjen, and B.D. Schonbacher. 1982. Utilization of the intact male for red meat production. A review. *J. Anim. Sci.* 55:826.
- Silbermann, M. 1983. Hormones and cartilage. In : B. K. Hall(Ed.) *Cartilage*. 2:327. Academic Press. New York.
- Worrell, M.A., D.C. Clanton, and C.R. Calkins. 1987. Effect of weight at castration on steer performance in the feedlot. *J. Anim. Sci.* 64:343.
- 林兼六・照屋善吉・伊澤. 1974. 去勢牛の育成肥育におはる代償性發育の生育期別. *日畜會報*. 45:618.