

한우 종모우의 소 성장호르몬 유전자 다형과 정액성상과의 관계

이성수 · 김진호 · 정 준 · 박노형

농협중앙회 가축개량사업소

Relationships Between Bovine Growth Hormone Gene Polymorphism and Semen Characteristics in Hanwoo Bull

S. S. Lee, J. H. Kim, J. Jeong and N. H. Park

Livestock Improvement Center, NACF

ABSTRACT

The objects of this study were to estimate gene frequencies of the bovine growth hormone(bGH), and to investigate the relationship between the bGH polymorphism and semen characteristics in Hanwoo bull. One hundred nine heads of Hanwoo bulls were used to identify bGH genotypes by the PCR-RFLP, followed by digestion with Alu I restriction enzyme. The frequencies of leucine(Leu) and Valine(Val) alleles were 0.88 and 0.12, respectively. Observed number of LL, LV and VV genotypes were 83, 25 and 1, respectively. Semen characteristics(semen volume, sperm concentration) were analyzed by GH genotypes in 25,559 ejaculates of 109 heads. Although bGH genotypes showed no significant effects on semen characteristics, those of bulls with VV genotype were tended to be lower than those of other bulls with LL or LV genotypes. And, in 1998, total sperm number(60.47×10^8) of VV bulls were significantly lower($P < 0.05$) than those($86.21 \sim 92.22 \times 10^8$) of other genotypes bulls. This results provide that the VV bull in bGH locus may be worse, under the LL and LV bulls on semen characteristics. However, the number of examined VV bulls was only one and further investigations are needed to confirm the results.

(Key words : Hanwoo, Bovine growth hormone gene, PCR-RFLP, Semen)

I. 서 론

가축의 정자생성은 호르몬과 insulin-like growth factor I 및 II와 같은 성장인자에 의하여 영향을 받는 복잡한 과정이다(Spiteri-Grech과 Nieschlag, 1992). 정자생성에 영향을 미치는 호르몬 중 성장호르몬은 수용체와 결합단백질이 쥐의 암컷

및 수컷의 번식기관에 널리 분포하고 있다(Lobie 등, 1990). 성장호르몬은 유전적으로 영향을 받는 형질로서(Grochowska 등, 2001) 조직에 따라 특이적인 작용을 하며(Hoj 등, 1993) 사람과 소의 정장에서는 부분적인 IGF-I의 매개에 의하여 그 작용을 나타낸다(Glander 등, 1996, Henricks 등, 1998). 사람에게 있어 IGF-I의

Corresponding author : S. S. Lee, Livestock Improvement Center, NACF, 6-10, Wonbul, Unsan, ChungNam 356-831. Tel : 041-663-4665. Fax : 041-663-4995.

수용체는 정소 및 정자세포 등에 분포하며 소에서는 사출된 정자 인트론의 침체부위에 존재한다(Glander 등, 1996).

소 성장호르몬은 191개의 아미노산 잔기로 구성되어 있으며 그 중 127번 아미노산 잔기에 있어 Leucine(Leu)과 Valine(Val)의 치환에 따른 소 성장호르몬 유전자의 exon V 부위에 변이가 있다(Lucy 등, 1991). 소 성장호르몬의 대립유전자 및 유전자형 분포는 품종에 따라 달라 유우종에서는 Leu 대립유전자의 빈도가 높게 나타나며 육우종에서는 Val 대립유전자의 빈도가 높게 나타난다(Lucy 등, 1993). 소 성장호르몬의 유전자형에 따라 성장호르몬 및 IGF-I의 농도가 달라지고 최근에는 생산형질간의 상호관계가 밝혀지고 있어 소 성장호르몬의 유전자형이 유량(Lucy 등, 1993; Grochowska 등, 2001), 유단백(Sabour 등, 1997; Grochowska 등, 2001), 유지방(Sabour 등, 1997), 정유량(Lucy 등, 1993), 증체량(Lucy 등, 1993) 및 소 성장호르몬과 IGF-I 농도(Grochowska 등, 2001) 등에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

Lechniak 등(1999)은 소 성장호르몬 유전자형과 수소의 번식능력간의 관계를 조사하여 유전자형이 정액량, 정자농도, 동결전 정자활력, 기형을 및 수태율 등에 영향을 미치며 육우종은 유우종에 비해 정자농도와 수태율이 높고 유우종은 육우종에 비해 신선정액의 활력이 높다고 하였다.

종모우의 가치는 경제형질의 유전능력에 주로 좌우되지만 최종적으로는 그 종모우의 정액생산능력과 정액의 질에 의존한다. 따라서 본 연구의 목적은 한우 종모우 소 성장호르몬 유전자의 다형을 분석하고 이들 유전자 다형과 정액성상의 연관성을 살펴 한우 종모우 선발시 기초자료로 이용가능한지를 알아보고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 종모우

한우 보증종모우 109두에 대한 소 성장호르몬의 유전자형을 분석하였으며 정액성상은 종모우로부터 3~5일 간격으로 채취한 정액 총 25,559개를 이용하였다.

2. 실험방법

(1) Genomic DNA의 분리 및 PCR 기법에 의한 DNA 증폭

공시된 각 종모우의 경정맥에서 10ml의 혈액을 채혈한 후 원심분리하여 상층의 백혈구로부터 genomic DNA 분리 추출하였다.

bGH 유전자는 제4 exon에서 제5 exon사이를 code하는 염기서열 부위의 652bp 단편을 증폭하기 위한 primer로서 sense primer는 5'-TAT-GAGAAGCTGAAGGACCTGGAGGAA-3'(27mer) 그리고 antisense primer는 5'-AGAATAGAATG-ACACCTACTCAGACAAT-3'(28mer)의 염기배열을 합성하여 사용하였다.

bGH 유전자 증폭을 위하여 정 등(1996)이 적용한 PCR 조건을 이용하였으며 GeneAmp 2000(Perkin-Elmer Cetus, USA)를 사용하였고, 반응액은 0.5ml tube에 template DNA 100ng, primer 각 50 μ M, dNTPs 200 μ M, 10 \times PCR buffer 5 μ l 그리고 Taq DNA polymerase 1.5 units를 첨가하여 PCR 반응액을 총 50 μ l로 조절하였다. 그리고 반응조건은 최초 95 $^{\circ}$ C에서 45초, 60 $^{\circ}$ C 1분 그리고 72 $^{\circ}$ C에서 45초의 사이클을 35회 반복하였다.

(2) 제한효소 처리에 의한 DNA 절단

PCR법으로 증폭된 bGH 유전자의 제한효소 처리는 10 μ l의 증폭산물에 6 units의 Alu I 제

한효소를 첨가하여 37℃에서 2시간 이상 반응 시켰다.

(3) 전기영동법에 의한 RFLP 검출

제한효소로 절단하여 얻어진 DNA 단편은 12% polyacryamide gel을 제작하여 TBE buffer system(0.09M Tris-borate, 2.5M EDTA, pH 8.5)에서 20mA 정전류로 3시간 통전하여 전기영동하였다. 전기영동 후 gel은 ethidium bromide 용액으로 염색하여 UV상에 발현된 DNA band를 관찰하여 각 개체별 bGH의 유전자형을 판정하였다.

3. bGH의 유전자형과 종모우 정액성상간의 통계 분석

한우 종모우의 소 성장호르몬의 유전자형이 정액성상에 미치는 영향을 구명하기 위하여 SAS의 GLM 분석을 하였으며(SAS/STAT, 1988), model식은 아래와 같다.

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + Z_j + e_{ijk}$$

여기서

Y_{ijk} = 각 정액성상에 대한 측정치,

μ = 정액성상에 대한 평균치,

C_i = 소 성장호르몬의 유전자형 효과($i=1, 2, 3$),

Z_j = 채취순번 혹은 채취년도 효과($j=1, 2$ or $1, 2, 3, 4, 5$)

그리고 e_{ijk} 는 임의의 오차이다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

가축에 있어 정자발생은 testosterone, 성장호르몬 등의 호르몬과 IGF-I과 IGF-II 등과 같은 인자들에 의해 영향을 받는다(Spiteri-Grech과 Nieschlag, 1992). 성장호르몬은 암, 수 번식기 계통에 수용체와 결합단백질이 널리 분포하고

Fig. 1. Electrophoregram of PCR products with bGH specific primers by agarose gel(2.5%) electrophoresis in Hanwoo bull. Lanes 2, 3 and 4 are PCR products(652bp). Lane 1(M) is molecular weight marker II (Boehringer mannheim).

Fig. 2. Electrophoretic patterns of bGH DNA digested with Alu I by polyacrylamide gel(12%, 1× TBE) electrophoresis in Hanwoo bull. Type LL : 265, 185, 142, 51 and 9bp, type VV : 265, 236, 142 and 9bp, and type LV : 265, 236, 185, 142, 51 and 9bp. M is molecular weight marker V (Boehringer mannheim).

있으며(Lobie 등, 1990) 정장(seminal plasma)에서 혈장보다 32배 정도 높은 농도를 유지하면서(Davis 등, 1985) 수컷에서는 IGF-I를 부분적으로 매개하여(Glander 등, 1996 ; Henricks 등,

1998) 작용을 한다. bGH는 191개의 아미노산 잔기로 구성되어 있는데 그 중 127번 아미노산 잔기에 있어 Leucine과 Valine의 치환에 따른 변이가 보고되어 있다.

Lucy 등(1991)은 126두의 Holstein 종 암소집단에서 LL와 LV의 유전자형 출현율이 85% 및 15% 그리고 대립유전자 빈도가 0.92와 0.08로 보고하였으며 또한 주요 젖소품종에서 Lucy 등(1993)은 Holstein 종 0.93과 0.07, Brown Swiss 종 1.0과 0.0, Guernsey종 0.92와 0.08, Aryshire 종 0.79와 0.21, Jersey 종 0.56과 0.44로 보고하였다. 정 등(1996)은 Holstein 종 124두를 가지고 분석한 결과에서 LL형과 LV형, 그리고 VV형이 각각 62두(50.0%), 60두(48.4%) 및 2두(1.6%)이었고 대립유전자 빈도는 L 유전자가 0.742로 약 74% 정도의 높은 출현율을 보였고 V유전자는 0.258로 약 26%의 출현율을 보였다고 하였다. Chikuni 등(1991)은 일본의 Holstein, Japanese Black, Hereford 및 Aberdeen Angus종에서 L와 V 대립유전자 빈도를 각각 0.78와 0.22, 0.44와 0.56, 0.80과 0.20 그리고 0.59와 0.41로 보고하였다.

한우 종모우 109두에 대한 소 성장호르몬의 유전자형 분포를 조사한 결과 LL형 83두(76.1%), LV형 25두(23.0%) 그리고 VV형 1두(0.9%)로 나타났으며 대립유전자 출현빈도는 L 유전자 및 V 유전자 각각 88% 및 12%로 조사되어 한우 종모우는 L 유전자의 비율이 높았다 (Table 1).

한우에서 정 등(1996)은 대립유전자 빈도가 L 유전자가 0.755이고 V 유전자가 0.225라고 하였는데 본 실험에서는 한우 종모우 109두에 대한 대립유전자 출현빈도는 L유전자 및 V 유전자 각각 88% 및 12%로 조사되어 V 유전자의 출현빈도가 다소 낮게 조사되었다. 또한 유우종에서는 L 유전자가 우세하고 육우종에서는 V 유전자가 출현빈도가 높다고 보고한 Lucy 등(1993), Lee 등(1993) 및 Lechniak 등(1999)의 결과와는 상이하였으나 Chikuni 등(1991)이 Hereford에서 보고한 결과와는 일치하였다.

소 성장호르몬의 유전자형이 경제형질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 L 유전자는 유량 및 증체에 긍정적인 영향을 미치고 V 유전자는 정육생산에 관계하며 L 유전자를 지닌 소에 비해 체중이 적으며(Lucy 등, 1993), LV 유전자형은 유지방 및 유단백질의 농도에 영향을 미친다(Sabour, 1997)고 하였다. Grochowska 등(2001)은 214두의 Friesian종 젖소에서 VV 유전자를 가진 소가 다른 유전자를 지닌 소보다 소 성장호르몬의 분비양상에 있어 높은 기저농도, 최고농도 그리고 분비율을 보인다고 하였으며 IGF-I의 농도는 LL 유전자를 지닌 소에서 보다 높았다고 하였지만 Schlee 등(1994)은 이와 상이하게 LL 유전자형을 지닌 개체가 LV 유전자형을 지닌 개체보다 혈중 성장호르몬의 농도는 높았고 IGF-I 농도는 LV 유전자형을 지닌 개체가 높았다고 하였으며 정장내의 GH 과 IGF-I 농도가 높을수록 정자성상도 좋다고

Table 1. Genotype distribution and gene frequencies of growth hormone in Hanwoo Bull

Locus	No. of bull	Genotype			Allele	
		LL	LV	VV	L	V
bGH*	109	83 (76.1)**	25 (23.0)	1 (0.9)	0.88	0.12

* bGH : bovine growth hormone.

** Numbers in parentheses represent percentage.

하였다. 그러나 Davis 등(1985)은 혈장내 성장호르몬 농도와 정장내의 성장호르몬 농도와는 상관관계가 낮고($\gamma = 0.418$) 유의성도 없었다고 하여 혈장내 성장호르몬의 농도가 정액성상에는 영향을 미치지 않을 것을 암시하였다.

Lechniak 등(1999)은 주로 유우종으로 구성된 113두에 대한 소 성장호르몬의 유전자형과 번식형질의 관계를 조사하여 VV 유전자형의 수소가 정액량, 60일 비발정재귀율, 정자농도, 동결전 정자활력 그리고 기형을 등이 LL 및 LV 유전자형의 수소보다 좋다고 하였으며 LV 유전자형의 수소는 LL 및 VV 유전자형의 수소보다 정액의 질이 떨어진다고 하였다.

한우 종모우의 소 성장호르몬 유전자형에 따른 정액성상, 즉 정액량, 정자농도 그리고 총정자수 모두 유의적인 차이는 없었지만, LL형, LV형 및 VV형순으로 정액성상이 좋은 것으로 나타났다. 정액량 및 정자농도에 있어 VV형 종모우가 4.87ml, 13.81억으로 LL형 종모우 5.31ml, 16.34억, LV형 종모우 5.26ml, 16.05억에 비해 다소 낮게 나타났고 이에 따라 총정자수도 LL형 종모우 86.08억, LV형 종모우 84.77억 그리고 VV형 종모우 67.56억으로 나타나 총정자수도 VV형 종모우가 LL형 및 LV형 종모우보다 각각 18.52 및 17.21억 적게 나타나 전반적으로 VV 유전자형을 지닌 종모우가 다른 유전자형을 지닌 종모우보다 정액성상이 떨

어지는 경향이 있어 Lechniak 등(1999)이 유우종에서 보고한 결과와는 상이한 것으로 나타났다(Table 2).

정액성상은 종모우 개체의 유전능력(Everett 등, 1978; Everett와 Bean, 1982)에 좌우되지만 계절(Rhynes와 Ewing, 1973; Everett 등, 1978)과 영양수준(Flipse와 Almqvist, 1961) 등과 같은 환경조건 및 정액채취 빈도(Everett 등, 1978; Everett와 Bean, 1982)와 채취전의 성적 흥분정도(Almqvist, 1973) 등과 같은 정액채취 상황에 따라서도 정액의 양적, 질적 변화가 크게 나타났다. 이에 본 실험에서는 소 성장호르몬 유전자형과 채취순번 및 채취년도와의 상호관계에 따른 정액성상을 살펴보았다.

소 성장호르몬 유전자형과 채취순번에 따른 정액성상에 있어서는 1차 및 2차 채취 정액 모두 유전자형에 따른 정액성상에 있어 유의적인 차이는 없었지만($P > 0.05$) 1차 및 2차 채취 정액에서 VV형 종모우의 정액량, 정자농도 및 총정자수가 LL형 및 LV형 종모우보다 떨어지는 것으로 나타났다(Table 3).

소 성장호르몬 유전자형과 채취년도에 따른 정액성상은 1998년 VV형 종모우의 정자농도가 2001년 LV형 종모우의 정자농도보다 낮았으며 총정자수는 1998년 LL형, LV형 그리고 2000년 및 2001년 LV형 종모우보다 적었다($P < 0.05$). 1997년~2001년까지 LL형 종모우와 VV형 종

Table 2. Semen characteristics according to genotype of bovine growth hormone in Hanwoo Bull

Genotype	n	Semen vol. (ml)	Sperm concentration ($\times 10^8/ml$)	Total sperm no. ($\times 10^8/eja.$)
		P=0.56	P=0.34	P=0.26
LL	83	5.31 \pm 0.04*	16.34 \pm 0.18	86.08 \pm 1.08
LV	25	5.26 \pm 0.08	16.05 \pm 0.33	84.77 \pm 2.00
VV	1	4.87 \pm 0.46	13.81 \pm 1.96	67.56 \pm 11.82

* LSM \pm S.E.

Table 3. Semen characteristics according to genotypes of bovine growth hormone and ejaculation times in Hanwoo Bull

Ejaculation time	Genotype	n	Semen vol. (ml)	Sperm concentration ($\times 10^8/\text{ml}$)	Total sperm no. ($\times 10^8/\text{eja.}$)
			P = 0.92	P = 0.37	P = 0.42
1	LL	83	5.46 \pm 0.06*	17.78 \pm 0.25	96.20 \pm 1.56
	LV	25	5.44 \pm 0.11	17.42 \pm 0.47	95.02 \pm 2.87
	VV	1	5.20 \pm 0.67	14.25 \pm 2.76	74.43 \pm 16.99
			P=0.53	P=0.73	P=0.44
2	LL	83	5.16 \pm 0.06	14.91 \pm 0.22	75.97 \pm 1.19
	LV	25	5.08 \pm 0.11	14.68 \pm 0.41	74.51 \pm 2.20
	VV	1	4.54 \pm 0.63	13.38 \pm 2.41	60.70 \pm 13.00

* LSM \pm S.E.

Table 4. Semen characteristics according to genotypes of bovine growth hormone and years in Hanwoo Bull

Year	Genotype	n	Semen vol. (ml)	Sperm concentration ($\times 10^8/\text{ml}$)	Total sperm no. ($\times 10^8/\text{eja.}$)
			P=0.12	P=0.13	P<0.05
1997	LL	42	5.39 \pm 0.10*	16.37 \pm 0.43 ^{ab}	88.35 \pm 2.56 ^a
	LV	16	5.35 \pm 0.16	15.35 \pm 0.69 ^{ab}	82.32 \pm 4.14 ^{ab}
	VV	1	5.16 \pm 0.65	14.36 \pm 2.76 ^{ab}	74.65 \pm 16.56 ^{ab}
1998	LL	60	5.39 \pm 0.08	17.22 \pm 0.36 ^{ab}	92.22 \pm 2.14 ^a
	LV	19	5.19 \pm 0.15	16.63 \pm 0.63 ^{ab}	86.21 \pm 3.80 ^a
	VV	1	4.56 \pm 0.65	13.26 \pm 2.76 ^b	60.47 \pm 16.56 ^b
1999	LL	53	5.31 \pm 0.09	15.91 \pm 0.38 ^{ab}	84.11 \pm 2.28 ^{ab}
	LV	17	5.24 \pm 0.16	15.41 \pm 0.67 ^{ab}	80.91 \pm 4.02 ^{ab}
2000	LL	47	5.38 \pm 0.10	15.84 \pm 0.40 ^{ab}	83.76 \pm 2.42 ^{ab}
	LV	10	5.51 \pm 0.21	16.00 \pm 0.87 ^{ab}	89.58 \pm 5.24 ^a
2001	LL	36	4.97 \pm 0.11	16.17 \pm 0.46 ^{ab}	79.15 \pm 2.76 ^{ab}
	LV	8	5.00 \pm 0.23	17.49 \pm 0.98 ^a	88.42 \pm 5.86 ^a

^{a, b} Means with different superscripts with same column are significantly different at P<0.05.* LSM \pm S.E.

모우 간에는 정액성상에 있어 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 1998년에는 VV형 유전자형을 지닌 종모우 정액의 총정자수가 LL형 및 LV형 유전자형 종모우 정액의 총정자수보다 높았으며($P<0.05$) 정자농도가 2001년 LV 유전자형 종모우보다 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$)(Table 4).

IV. 요약

한우 종모우에 있어 소 성장호르몬 유전자의 출현빈도를 알아보고 소 성장호르몬 다형과 정액성상과의 관계를 살펴보기 위하여 실시하였다. 한우 종모우 109두의 소 성장호르몬 유전자를 Alu I 제한효소로 처리하여 PCR-RFLP로 분석하였다. Leucine(Leu)과 valine(Val) 유전자의 출현빈도는 각각 0.88과 0.12이었다. 소 성장호르몬 VV 유전자형을 지닌 한우 종모우가 다른 유전자형을 지닌 종모우보다 정액성상(정액량, 정자농도, 총정자수)이 떨어지는 경향을 보였지만 소 성장호르몬의 유전자형이 정액성상에 유의적인 영향은 미치지 못하였다. 채취순번에 따른 영향에 있어서도 VV 유전자형을 지닌 종모우가 다른 유전자형을 지닌 종모우보다 정액성상이 떨어지는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 나타내지는 못하였으며 다만 년도에 따른 영향에 있어 1998년도 VV 유전자형을 지닌 종모우가 다른 유전자형을 지닌 종모우보다 총정자수에 있어 유의적으로 적게 나타났다($P<0.05$).

전체적으로 소 성장호르몬 유전자의 VV 유전자형을 지닌 종모우의 정액성상이 다른 유전자를 지닌 종모우의 정액성상보다 낮은 경향을 보였지만, 조사한 109두의 한우 종모우 중 VV 유전자형을 지닌 종모우가 1두로 분석되어 이 종모우의 정액성상만을 이용하여 소 성장호르몬 유전자다형이 정액성상에 미치는 영향을 살펴보기에 종모우 선발시 기초자료로 이용하

기에는 추가적인 시험이 필요할 것으로 사료된다.

V. 인용문헌

1. Almquist, J. O. 1973. Effects of sexual preparations on sperm output, semen characteristics and sexual activity of beef bulls with a comparison to dairy bulls. *J. Anim. Sci.* 36:331.
2. Chikuni, K., Terada, F., Kageyama, S., Koishigawa, T., Kato, S. and Ozutsumi, K. 1991. Identification of DNA sequence variants for amino acid residue 127 of bovine growth hormone using the polymerase chain reaction method. *Anim. Sci. Technol.(Jpn.)*. 62:660.
3. Davis, S. L., Senger, P. L., Ohlson, D. L. and Hossner, K. L. 1985. Temporal patterns of growth hormone and seminal plasma of mature dairy bulls. *J. Anim. Sci.* 60:35.
4. Everett, R. E., Bean, B. and Foote, R. H. 1978. Sources of variation of semen output. *J. Dairy Sci.* 61:90.
5. Everett, R. E. and Bean, B. 1982. Environmental influences on semen output. *J. Dairy Sci.* 65:1303.
6. Flipse, R. J. and Almquist, J. O. 1961. Effect of total digestible nutrient intake to four years of age on growth and reproductive development and performance of dairy bull. *J. Dairy Sci.* 44:905.
7. Glanders, H. J., Kratzsch, J., Weisbrich, C. H. and Birkenmeier, G. 1996. Insulin-like growth factor I in bovine seminal plasma correlate with semen quality. *Human Reprod.* 11:2454.
8. Grochowska, R., Sorensen, P., Zwierzchowski, L., Snochowski, M. and Lovendahl, P. 2001. Genetic variation in stimulated GH release and in IGF-I of young dairy cattle and their associations with the leucine/valine polymorphism in the GH gene. *J. Anim. Sci.* 79:470.
9. Hoj, S., Fredholm, M., Larsen, N. J. and Nielsen, V. H. 1993. Growth hormone gene polymorphism associated with selection for milk fat production in lines of cattle. *Animal Genetics.* 24:91.
10. Henricks, D. M., Kouba, A. J., Lackey, B. R., Boone, W. R. and Gray, S. L. 1998. Identification of insulin-like growth factor I in bovine seminal

- plasma and its receptor on spermatozoa : influence on sperm motility. *Biol. Reprod.* 59:330.
11. Lechniak, D., Machnik, G., Szydlowski, M. and Switonski, M. 1999. Growth hormone gene polymorphism and reproductive performance of AI bulls. *Theriogenology.* 52:1145.
 12. Lechniak, D., Machnik, G., Szydlowski, M. and Switonski, M. 1999. Relationship between growth hormone(GH) gene polymorphism and sperm characteristics in AI bulls. *Theriogenology.* 51:346.
 13. Lee, B., Crooker, B., Murtaugh, M., Hansen, L. and Chester-Jones, H. 1993. Association of somatotropin(bST) gene polymorphism with selection for milk yield in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76(Suppl 1):149.
 14. Lobie, P. E., Breipohl, W., Stragon, J. G. and Waters, M. J. 1990. Cellular location of the growth hormone receptor/binding protein in the rat male and female reproductive systems. *Endocrinology.* 126:2214.
 15. Lucy, M. C., Hauser, S. D., Eppard, P. J., Krivi, G. G. and Collier, R. J. 1991. Genetic polymorphism within the bovine somatotropin(bST) gene detected by polymerase chain reaction and endonuclease digestion. *J. Dairy Sci.* 74(Suppl. 1): 284(Abstr.).
 16. Lucy, M. C., Hauser, S. D., Eppard, P. J., Krivi, G. G., Clark, J. H., Bauman, D. E. and Collier, R. J. 1993. Variants of somatotropin in cattle : gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production. *Domest. Anim. Endocrinol.* 10:325.
 17. Rhynes, W. E. and Ewing, L. L. 1973. Testicular endocrine function in hereford bulls exposed to high ambient temperature. *Endocrinology.* 82:509.
 18. Sabour, M. P., Lin, C. Y. and Smith, C. 1997. Association of genetic variants of bovine growth hormone with milk production traits in Holstein cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 114:435.
 19. Schlee, P., Graml, R., Schallenberger, E., Schams, D., Rottman, O., Olbrich-Bludau, A. and Pirchner, F. 1994. Growth hormone and insulin-like growth factor I concentration in bulls of various growth hormone genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 88:497.
 20. Spiteri-Grech, J. and Nieschlag, E. 1992. The role of growth hormone and insulin-like growth factor I in the regulation of male reproductive function. *Horm-Res.* 38(Suppl 1):22.
 21. 정의룡, 임태진, 한상기. 1996. 젖소에서 성장호르몬과 Prolactin 유전자의 PCR-RFLP 표지와 생산형질간의 연관성 분석. *한국축산학회지.* 38: 321.
- (접수일자 : 2002. 8. 9 / 채택일자 : 2002. 12. 4)