

rBST 투여가 숫사슴의 혈액 내 IGF-I 함량에 미치는 영향

신형태 · 최승환 · 정기환 · 안재남 · 백순용
 성균관대학교 생명공학부 식품생명공학과

Effect of Recombinant Bovine Somatotropin Injections on Deer Stag Plasma Insulin-like Growth Factor-I Profiles

H. T. Shin, S. H. Cui, K. W. Chung, J. N. Ahn and S. Y. Baig

Department of Food Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to elucidate the influence of recombinant bovine somatotropin (rBST) on the plasma IGF-I profiles in deer stags. Slow release rBST (250 mg each) preparations were injected subcutaneously during the antler's non-growing period and growing period. It was observed that significant increases in the plasma IGF-I concentrations were occurred right after injections of the rBST irrespective of antler's non-growing period or growing period. When the rBST preparations were injected two times with one week interval during the antler's non-growing period, the mean level of IGF-I was found to be 2,920.7 ng/mL, indicating that the IGF-I concentration increased up to 8.4-folds compared with a control. After two weeks from second shot, however, the IGF-I levels decreased to the level of the control. Similar results were also obtained with both a Sika and a Red deer during the antler's growing period. Increases in the IGF-I level of up to 5.6-folds with the Sika deer and 4.3-folds with the Red deer were found. Based on the present study, it is likely that the rBST may be used as a possible candidate for an antler's growth stimulating agent.

(Key words : Sika deer, Red deer, Antler, rBST, IGF-I)

I. 서 론

양육산업은 수익성이 높은 여러 가지 장점 때문에 뉴질랜드와 호주, 중국, 러시아, 캐나다, 미국 등에서는 사슴사육에 대한 기반이 확충되면서 사육두수가 증가하고 있어 앞으로 양육산업의 발전 가능성은 크다. 특히 국내의 높은 녹용 소비시장에 부응하여 우리나라의 사슴사육 두수가 2000년에는 218,790두이고 녹용 유통량이 147톤(전용기준)이었다.

여러 나라에서 녹용의 성장 및 성분에 관한 영양 및 생리적 연구가 진행되고 있는데 그 중

뉴질랜드는 양육산업을 국가사업으로 육성하고 있는데 특히 녹용의 생산과 가공분야에 집중 투자하고 있다(Suttie and Fennessy, 1992). 뉴질랜드의 Invermay Agricultural Center에서는 녹용의 구성성분과 성장패턴(Fennessy and Duncan, 1992), 녹용 내 혈액공급 및 신경분포(Fennessy and Suttie, 1985), 녹용의 성장주기 조절작용(Suttie 등, 1984, 1992), 영양소와 녹용성장과의 관계(Suttie and Hamilton, 1983; Webster 등, 1996) 및 hormones과 녹용성장과의 관계(Webster 등, 1999) 등이 연구되었다. 또한 우수한 품질의 녹용을 대량생산하기 위하여 각종 영양소

본 연구는 성균관대학교 63학술연구비로 수행되었음.

Corresponding author: S. Y. Baig, Department of Food Biotechnology, Sungkyunkwan University, Chun Chun-Dong 300, Suwon 440-746, Korea, Tel: 82-31-290-7803, Fax: 82-31-290-7883, E-mail: sybaig@skku.ac.kr

및 hormones 등을 이용한 녹용의 성분 조정과 생산량 제고 방법(Suttie 등, 1985, 1991a; Suttie and Fennessy, 1992)과 녹용의 약리학적 효과를 집중 연구하여 녹용의 약효를 과학화함으로써 녹용을 신약물질로 개발하려는 많은 연구가 진행되고 있다(Fennessy, 1991).

일반 동물의 뿔은 기저부로부터 성장하는데 반하여 사슴의 뿔은 상층부의 조직이 성장하면서 커지는데 그 크기와 성장률은 연골의 성장을 촉진하는 hormones 및 각종 growth factors 등과 밀접하게 연관되어 있는 것으로 추정되고 있다(Goss, 1983). Hormone들 중 녹용의 성장에 도움을 주는 것은 growth hormone이며 growth hormone이 IGF-I 생성을 촉진한다고 많은 연구자들이 보고하였다(Suttie 등, 1989; Elliot 등, 1992; Schams 등, 1992; Webster 등, 1996). 그리고 간장에서 생성되는 insulin-like growth factors 중 insulin-like growth factor-I (IGF-I)이 녹용생산량을 증가시켜준다고 Suttie 등(1985, 1988, 1989, 1991a, 1991b), Suttie 와 Fennessy (1992), Elliot 등(1992), Price 등(1994)과 Ditchkoff 등(2001)이 보고하였으며 Elliot 등(1993)과 Sadighi 등(1994)은 IGF-I 뿐만 아니라 insulin-like growth factor-II (IGF-II)도 녹용성장을 촉진한다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 숫꽃사슴과 숫레드디어에게 sustained-release recombinant bovine somatotropin (rBST, LG Chemical Ltd.)을 주사하였을 때 녹용의 성장을 촉진시킬 수 있는 IGF-I 생성에 어떤 영향을 미치는가를 조사함으로써 rBST 주사에 의한 녹용 생산성 제고 가능성을 예측하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물

공시동물은 성균관대학교 실험축사에서 사육하고 있는 사슴 중 연령과 체중이 비슷한 3두의 꽃사슴(Sika deer, 평균체중 80.5 kg)과 2두의 레드디어(Red deer, 평균체중 100.8 kg)를 선정

하여 본 실험에 사용하였다.

2. 실험기간 및 설계

(1) 실험 1

실험 1은 녹용 비성장기인 2000년 2월 1일부터 3월 10일까지 수행하였는데 숫사슴 5두(대조구: Sika deer 1두; 처리1구: Sika deer 2두; 처리2구: Red deer 2두)를 사용하였다. 2월 1일 17:00시와 2월 4일 17:00시에 공시축을 마취 후 채혈하였으며, 숫사슴들에게 제 1차로 2월 7일 17:00시에 마취 후 sustained-release rBST (LG Chemical Ltd.) 250 mg를 피하주사한 후 2월 8일 17:00시와 11일 17:00시에 각각 채혈하였다. 제 1차 rBST를 주사한지 1주일 후인 2월 14일 17:00시에 마취시키고 제 2차로 250 mg의 rBST를 주사한 후 2월 15일, 18일, 22일, 25일, 3월 10일 17:00시에 각각 채혈하여 혈액 내 IGF-I 함량을 조사하였다.

(2) 실험 2

실험 2는 숫사슴들이 자연적으로 낙각 후 녹용 성장기인 2000년 4월초부터 실험을 시작하여 6월말까지 수행하였는데 5두 공시축의 낙각 일자가 각각 다르기 때문에 낙각일을 기준으로 처리구를 정한 후 채혈하여 IGF-I 함량을 측정하였다. 낙각된 숫사슴 중 1두(Sika deer #1)는 대조구로 rBST를 처리하지 않았으며 처리1구는 숫사슴 2두(Red deer #4, Sika deer #5)를 사용하였는데 이 숫사슴들에게는 낙각 후 6일째 되는날 17:00시에 마취시키고 250 mg의 sustained-release rBST를 피하주사한 후 24시간 후에 채혈하여 혈액 내 IGF-I 농도를 측정하였다. 그리고 처리2구는 숫사슴 2두(Sika deer #2, Red deer #3)에게 낙각 후 20일째 되는 날 17:00시에 마취시키고 250 mg의 sustained-release rBST를 피하주사한 후 24시간 경과 후 채혈하여 혈액 내 IGF-I 농도를 측정하였다.

3. 공시축 관리, 채혈 및 혈액보관

공시축의 사양관리는 김(1994)의 방법에 의하

였으며 채혈하기 전날 17:00시에 숫사슴들의 체중을 고려하여 석시콜린(Succinylcholine Chloride) 5~7 mL로 마취시킨 후 숫사슴들의 둔부에 250 mg의 rBST를 피하주사 하였다. rBST를 주사한 그 다음날 오후 사료 급여 전인 17:00시에 숫사슴들을 다시 마취한 후 하 등(2003)의 방법에 준하여 채혈하였으며 채혈한 혈액은 heparin이 처리된 진공 시험관에 넣은 후 즉시 원심분리기를 이용하여 혈장을 분리한 후(Breier 등, 1991; Moore and Mylet, 1993) IGF-I 분석 시까지 시료혈액을 냉동 보관하였다

4. 시험사료 및 성분분석

공시축에 급여한 농후사료는 안양축산업협동조합 배합사료공장에서 제조한 사슴전용사료로서 제한 급여하였으며 조사료는 갈잎을 제한 급여시켰는데 공시축에 급여한 농후사료와 조사료의 조성분 함량은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of deer concentrate ration and oak leaves (% DM basis)

Item	Concentrate	Oak leaves
Dry matter	89.5	88.27
Crude protein	15.4	12.26
Ether extract	2.1	2.27
Crude fiber	24.4	25.00
Crude ash	12.7	7.64
Calcium	0.56	0.29
Phosphorus	0.42	0.11

5. 통계분석

통계분석은 SAS package(1988)를 이용하여 분산분석(Two-way ANOVA)에 의한 개체의 유의적 차이를 분석하였는데 유의적 차이가 있을 경우 Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955)를 사용하여 통계적인 유의성을 검정하였다.

6. 조사항목

(1) 사료섭취량

시험기간 중 공시축에게 급여한 농후사료와 조사료의 급여량과 잔량을 조사한 후 섭취량을 측정하였다.

(2) 혈액 내 Insulin-like growth factor-I (IGF-I) 함량 측정

지정한 날짜와 시간에 공시축을 마취시키고 rBST를 주사한 후 각각 채혈하여 혈장을 분리한 실험 1과 실험 2의 시료들을 냉동보관 하였다가 이 시료들을 한국과학기술연구원 생체대사연구센터에 2회에 걸쳐 IGF-I 함량의 측정을 의뢰하였다. 생체대사연구센터에서는 Diagnosis Systems Laboratories (Texas, U. S. A.)에서 제조한 ACTIVE™ Non- Extraction IGF-I ELISA kit (bovine 용)를 이용하였는데, 표준용액(0, 10, 45, 215, 550 ng / mL)과 시료 20 uL 씩을 1차 항체 (anti-IGF-I)가 코팅된 시험관에 첨가한 후 2차 항체인 anti-enzyme IGF-I을 100 uL 씩 각각 첨가하여 혼합한 다음 실온에서 30분간 반응시켰다. 그 후 TBM (Tetramethylbenzidine) chromogen 용액을 100 uL 씩 첨가하여 10분간 반응시킨 후 stopping solution을 100 uL 첨가하고 Microplate reader를 이용하여 450 nm에서 optical density (OD)값을 측정하여 표준정량곡선(standard curve plot)을 구하여 insulin-like growth factor-I의 농도 (ng/mL)를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료 섭취량

본 실험기간 중 공시축이 두당 1일 섭취한 농후사료는 꽃사슴 1.5 kg, 레드디어 2.0 kg 이었으며 조사료는 꽃사슴 2.0 kg, 레드디어 3.0 kg 이었다.

2. IGF-I 측정을 위한 Standard curve plot

ACTIVE™ Non-Extraction IGF-I ELISA kit를

이용하여 혈장 내 IGF-I 농도를 측정하기 위하여 Standard curve를 작성하였다. 즉, X-축에 Standard IGF-I용액 농도의 Ln 값을 취하고 Y-축에 450 nm에서의 OD 값을 Ln 값으로 환산하

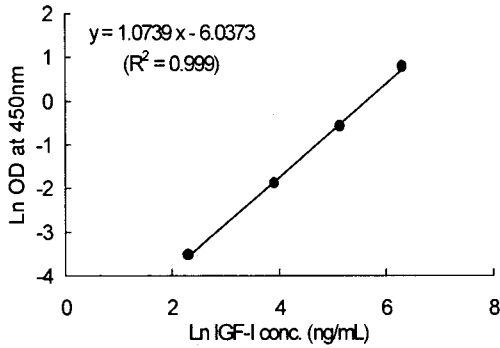


Fig. 1. Standard curve for IGF- I by ELISA (Trial 1).

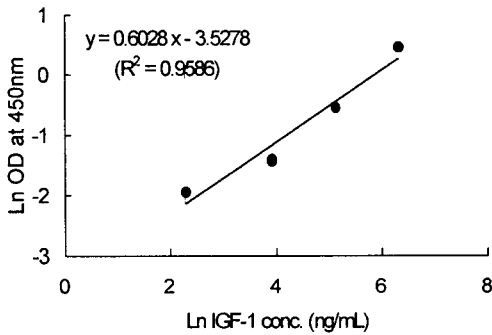


Fig. 2. Standard curve for IGF- I by ELISA (Trial 2).

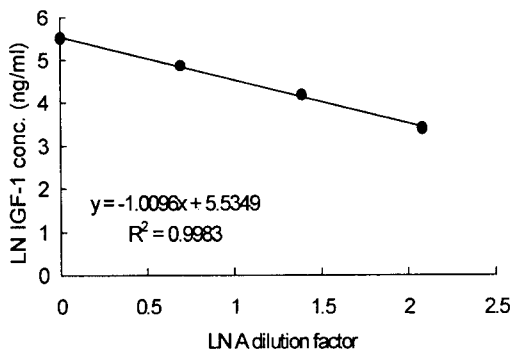


Fig. 3. Recovery Test for IGF- I by ELISA (Trial 1)

여 취한 후 fitting하여 표준정량곡선을 구하였는데 실험 1의 standard curve는 Fig. 1과 같고, 실험 2의 standard curve는 Fig. 2와 같다. 그리고 IGF- I의 recovery test는 Fig. 3과 같다.

3. rBST 처리에 의한 녹용 비성장기 사슴의 혈액 내 IGF-I 함량

녹용 비성장기(실험 1)인 2월에 숫사슴들에게 rBST를 주사한 후 혈액 내 IGF-I 농도의 변화는 Fig. 4와 같다. rBST를 주사하지 않은 기간(2월 1일, 4일) 중의 대조구(Sika deer #1), 처리 1구(Sika deer #2, #5) 및 처리2구(Red deer #3, #4)의 혈액 내 IGF-I 함량(ng/mL)은 각각 311.1, 306.1, 279.8로서 거의 비슷한 수준이었다($p > 0.05$). 본 실험의 이와 같은 녹용비성장기 IGF-I 함량은 Suttie 등(1985, 1988)이 Red deer를 사용하여 실험한 IGF-I 함량인 83.3~100 ng/mL 보다 높은 수치이며 Schams 등(1992)이 Roe deer를 가지고 실험한 500~550 ng/mL 보다 낮은 수치로서 공시축의 품종과 IGF-I 분석방법에 따라 IGF-I 함량이 크게 다르게 보고 되었음을 알 수 있는데 이에 대한 연구가 필요하다.

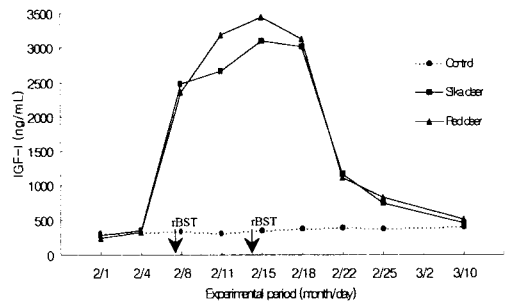


Fig. 4. Plasma IGF-I level of rBST injected deer during antler non-growth season.

그리고 2월 7일과 14일에 rBST를 주사한 후 2월 8일, 11일, 15일, 18일에 채혈하여 IGF-I 함량을 측정된 결과 대조구 사슴의 4일간 평균 IGF-I 함량이 347.0 ng/mL 인데 비하여 처리 1구 숫꽃사슴의 평균 IGF-I 함량은 2,814.4 ng/mL 이었고 처리2구 숫레드디어의 평균 IGF-I 함량

은 3,026.9 ng/mL 로서 대조구에 비하여 각각 8.1배와 8.7배 증가하였다($p < 0.01$).

숫사슴들에게 2월 14일 2차 rBST를 주사한 후 1주일 이 지난 2월 22일 평균 IGF-I 함량 (ng/mL)을 측정 한 결과 대조구 사슴은 380.0 이었으며 처리1구의 숫꽃사슴은 1,168.4 이었고 처리2구인 숫레드디어는 1,117.8로서 대조구의 숫사슴에 비하여 각각 3.0배와 2.9배 높은 수치를 나타냈다($p < 0.01$). 그리고 rBST를 주사한지 3주가 경과한 후에는 IGF-I 함량이 rBST 처리 전의 대조구와 비슷한 수준으로 복귀하는 경향을 나타냈다.

4. rBST 처리에 의한 녹용 성장기 사슴의 혈액 내 IGF-I 함량

숫사슴이 낙각을 한다는 것은 이때부터 녹용이 성장하기 시작한다는 표시이기 때문에 공시축들이 낙각 되는날 채혈하여 IGF-I 함량을 측정 한 것은 Fig. 5와 같다. 대조구 숫사슴(Sika deer #1)과 rBST를 주사한 처리1구 숫사슴(Sika deer #5, Red deer #4)의 IGF-I 함량은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 rBST를 주사한지 1일후의 혈액 내 IGF-I 농도가 rBST를 처리하지 않은 대조구에 비하여 높았으며 rBST를 주사한지 1주일 후에는 IGF-I 함량이 급격히 저하되었으며 rBST를 주사한지 2주후부터는 rBST 처리전과 유사한 수준이 되었다.

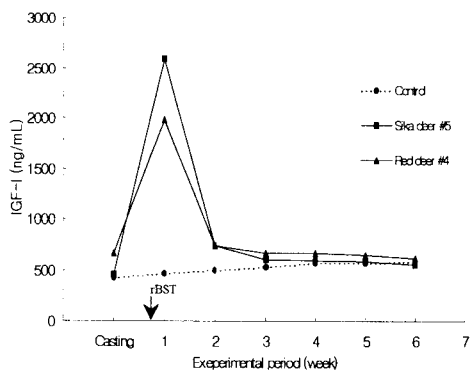


Fig. 5. Plasma IGF-I level of rBST injected deer after 6 days from casting during antler growth season.

본 실험에서 대조구 숫꽃사슴(Sika deer #1)의 녹용비성장기인 2월 1일~3월 10일까지의 평균 IGF-I 함량은 353.4 ng/mL 이었으나 4월초 낙각시의 IGF-I 함량은 대조구 숫꽃사슴이 420.0 ng/mL 이었으며 처리1구와 처리2구의 평균 숫꽃사슴이 442.5 ng/mL 이었고 평균 레드디어는 624.4 ng/mL 로서 낮의 길이가 점점 길어질수록 혈장내 IGF-I 함량이 증가하였다는 Suttie 등(1985, 1988)과 Schams 등(1992) 및 Webster 등(1999, 2001)의 보고와 본 실험결과가 일치하였다. 그리고 본 실험의 낙각시 IGF-I 함량은 Red deer를 사용한 Suttie 등(1988)이 105~120 ng/mL 라고 보고한 수치보다는 크게 높은 함량이었으며 Schams 등(1992)이 Roe deer를 이용한 실험결과치인 1,000~1,200 ng/mL 보다는 크게 낮은 함량이었다.

낙각 6일째에 250 mg의 rBST를 주사한 처리1구 숫사슴(#5)의 IGF-I 함량이 2,587.6 ng/mL 로서 대조구 사슴의 461.6 ng/mL에 비하여 5.6배 증가한 반면 레드디어(#4)는 1,976.3 ng/mL 로서 대조구 사슴에 비하여 4.3배 증가하였다. 그리고 Schams 등(1992)이 Roe deer에게 낙각직후 320 mg의 slow-release BST (Eli Lilly, Elanco, Indianapolis)를 주사한 후 측정 한 IGF-I 함량이 대조구가 1,200 ng/mL에 비하여 rBST를 주사한 경우에는 7,000 ng/mL로서 대조구에 비하여 7배정도 증가하였다고 보고하였다.

그리고 낙각 후 20일째에 대조구 숫사슴(Sika deer #1)과 rBST를 주사한 처리2구의 숫사슴(Sika deer #2, Red deer #3)의 IGF-I 함량은 Fig. 6과 같은데 이 경우에는 낙각 후 6일째에 rBST를 주사한 것과는 다르게 rBST의 약효가 지속되는 기간이 1주 정도가 아니라 2주 정도 되었다. 낙각 후 3주째와 4주째의 대조구(Sika deer #1)의 IGF-I 함량이 각각 530.4 ng/mL와 571.2 ng/mL 인데 비하여 rBST 처리2구 숫꽃사슴(#2)의 IGF-I 함량이 각각 3,285.0 ng/mL와 2,246.5 ng/mL 이었고 레드디어(#3)의 IGF-I 함량이 각각 2,541.6 ng/mL와 1,786.0 ng/mL로서 대조구에 비하여 각각 6.2배와 3.9배 및 4.8배와 3.1배가 증가하였다. 그리고 Schams 등(1992)이

Roe deer에게 낙각 후 3주째에 320 mg의 rBST를 주사하였을 때 낙각 직후와 마찬가지로 IGF-I 함량이 7,200 ng/mL로서 7배 정도 증가하였다고 보고하였으므로 IGF-I 함량은 rBST 처리(250 ~ 320 mg/day)에 의하여 5~7배 증가하였음을 알 수 있다.

Suttie 등(1985, 1988)은 Red deer가 낙각직후 IGF-I 함량이 100 ~ 120 ng/mL 이었다가 낙각 후 8주가 되면 IGF-I 함량이 186.4 ng/mL로서 연중 최고치에 달했었는데 이때 녹용의 성장률이 최고로 높았으며 낙각 후 12주째 IGF-I 함량은 150.0 ng/mL로 저하되면서 녹용 성장률이 떨어졌다고 보고하였다. 본 실험에서도 대조구 시슴(Sika deer #1)의 IGF-I 함량이 낙각 후 8주째에 606 ng/mL로서 8주까지는 서서히 증가하는 추세였다가 낙각 후 9주째에는 587 ng/mL로 저하되었다.

본 실험의 결과는 rBST 주사에 의하여 혈장 내 IGF-I의 농도가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 녹용의 성장과 밀접한 관계가 있는 IGF-I이 growth hormone의 자극에 의하여 간장에서 생성되는 양이 증가한다는 많은 연구결과들(Suttie 등, 1985, 1988; Suttie 와 Fennessy 1992; Sadighi 등, 1994; Webster 등, 1996)을 고려할 때 rBST 처리에 의하여 녹용의 생산량이 증가 할 것으로 기대되며 앞으로 growth hormone과 IGF-I 함량 및 녹용 생산량과의 관계에 대하여 보다 깊은 연구가 요망된다.

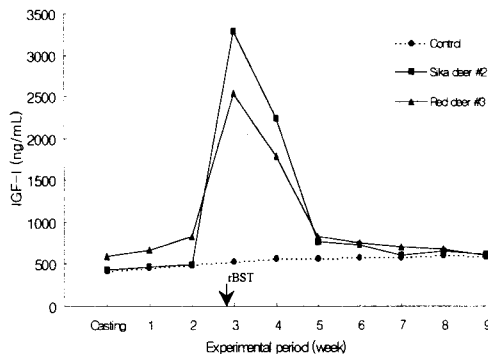


Fig. 6. Plasma IGF-I level of rBST injected deer after 20 days from casting during antler growth season.

IV. 요약

본 연구는 recombinant bovine somatotropin (rBST) 처리가 녹용의 성장과 밀접한 관계가 있는 IGF-I의 분비량에 어떤 영향을 미치는가를 연구함으로써 rBST 주사(주사량: 250 mg)에 의한 녹용의 생산성 제고 가능성을 예측하기 위하여 수행하였다. 공시축은 평균 체중이 80.5 kg인 숫꽃사슴 3두와 평균 체중이 100.8 kg인 레드디어 2두였으며, 실험기간은 2000년 2월부터 6월까지였다.

녹용 비성장기(실험 1)의 숫사슴에게 rBST를 처리하지 않은 대조구, rBST 처리1구 및 rBST 처리2구의 혈액 내 IGF-I 농도(ng/mL)는 각각 311.1, 306.1 및 279.8로서 처리구간에 차이가 없었으나($p > 0.05$) rBST를 1주 간격으로 2회 주사한 처리1구와 처리2구 숫사슴의 평균 IGF-I 농도(ng/mL)는 2,920.7로서 rBST를 처리하지 않은 기간에 비하여 8.4배 증가하였다($p < 0.01$).

녹용 성장기(실험 2)의 숫사슴에게 낙각 1주 후 rBST를 주사한 처리1구 숫꽃사슴의 평균 IGF-I 농도(ng/mL)가 2,587.6으로서 대조구(461.6)에 비하여 5.6배 증가한 반면 레드디어는 1,976.3으로서 대조구에 비하여 4.3배 증가하였다. 낙각 3주 후의 처리2구 숫사슴에게 rBST주사한 후의 IGF-I 함량(ng/mL)은 대조구(530.4)에 비하여 처리구의 숫사슴은 3,280 이었고 레드디어는 2,541.6으로서 대조구에 비하여 각각 6.2배와 4.8배 증가하였다.

V. 인용 문헌

- Breier, B. H., Gallaher, B. W. and Gluckman, P. D. 1991. Radioimmunoassay for insulin-like growth factor-I : solutions to some potential problems and pitfalls. *J. Endocrinol.* 128:347-357.
- Ditchkoff, S. S., Spicer, L. J., Masters, R. E. and Lochmiller, R. L. 2001. Concentration of insulin-like growth factor-I in adult male white-tailed deer : associations with serum testosterone, morphometrics and age during and after the breeding season. *Comp. Biochem. and Physiology.* 129:887-895.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple

- F tests. *Biometrics* 11:1-42.
4. Elliot, J. L., Oldham, J. M., Ambler, G. R., Bass, J. J., Spencer, G. S. G., Hodgkinson, S. C., Breier, B. H., Gluckman, P. D. and Suttie, J. M. 1992. Presence of insulin-like growth factor-I receptors and absence of growth hormone receptors in the antler tip. *Endocrinology* 130:2513-2520.
 5. Elliot, J. L., Oldham, J. M., Ambler, G. R., Molan, P. C., Spencer, G. S. G., Hodgkinson, S. C., Breier, B. H., Gluckman, P. D., Suttie, J. M. and Bass, J. J. 1993. Receptors for insulin-like growth factor-II in the growing tip of the deer antler. *J. Endocrinol.* 138:233-241.
 6. Fennessy, P. F. 1991. Velvet antler: the product and pharmacology. *Proc. of Deer Course for Veterinarians* 8:169-180.
 7. Fennessy, P. F. and Duncan, S. J. 1992. Comparative composition of velvet. antler. *Proc. of Deer Course for Veterinarians* 9:26-35.
 8. Fennessy, P. F. and Suttie, J. M. 1985. Antler growth: nutritional and endocrine factors. In *Biology of Deer Production*. P. F. Fennessy and F. Drew (Eds.) Royal Society of New Zealand Bulletin 22. 22:239-250.
 9. Goss, R. J. 1983. *Deer Antlers : Regeneration, Functions and Evolution*. Academic Press, New York, U.S.A.
 10. Moore, L. G. and Mylek, M. E. 1993. A novel method for the extraction of sheep insulin-like growth factors-I and -II from plasma prior to radio-immunoassay. *J. Endocrinol.* 137:239-245.
 11. Price, J. S., Oyajobi, B. O., Oreffo, R. O. C. and Russell, G. G. 1994. Cells cultured from the growing tip of red deer antler express alkaline phosphatase and proliferate in response to insulin-like growth factor-I. *J. Endocrinol.* 143:R9-R16.
 12. Sadighi, M., Haines, S. R., Skottner, A., Harris, A. J. and Suttie, J. M. 1994. Effects of insulin-like growth factor-I (IGF-I) and IGF-II on the growth of antler cells *in vitro*. *J. Endocrinol.* 143:461-469.
 13. SAS. 1988. *SAS/STAT User's Guide* (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
 14. Schams, D., Barth, D., Heinze-Mutz, E. M., Pflaum, G. and Karg, H. 1992. Antler growth in Roe deer : Effects of casting and correlations with growth hormone and insulin-like growth factor-I. In *The Biology of Deer*. R. D. Brown (Ed.) Springer-Verlag, New York. pp. 505-510.
 15. Suttie J. M., Breier, B. H., Gluckman, P. D., Littlejohn, R. P. and Webster, J. R. 1992. Effects of melatonin implants on insulin-like growth factor-I in male red deer (*Cervus elaphus*). *Gen. Comp. Endocrinol.* 87:111-119.
 16. Suttie J. M. and Corson, I. D., Gluckman, P. D., Fennessy, P. F. 1991a. Insulin-like growth factor I, growth and body composition in red deer stag. *Anim. Prod.* 53:237-242.
 17. Suttie, J. M. and Fennessy, P. F. 1992. Recent advances in the physiological control of velvet antler growth. In *The Biology of Deer*. R.D. Brown (Ed.). Springer-Verlag, New York. pp. 471-486
 18. Suttie, J. M., Fennessy, P. F., Corson, I. D., Laas, F. J., Crosbie, S. F., Butler, J. H. and Gluckman, P. D. 1989. Pulsatile growth hormone, insulin-like growth factors and antler development in red deer (*Cervus elaphus scoticus*) stags. *J. Endocrinol.* 121: 351-360.
 19. Suttie, J. M., Fennessy, P. F., Gluckman, P. D., Corson, I. D. 1988. Elevated plasma IGF-I levels in stags prevented from growing antlers. *Endocrinology.* 122:3005-3007.
 20. Suttie, J. M., Fennessy, P. F., Sadighi, M., Elliot, J. L., Ambler, G., Corson, I. D. and Lapwood, K. R. 1991b. Antler growth in deer. *Proc. of Deer Course for Veterinarians.* 8:155-168.
 21. Suttie, J. M., Gluckman, P. D., Butler, J. H., Fennessy, P. F., Corson, I. D., Laas, F. J. 1985. Insulin-like growth factor I (IGF-I) antler-stimulating hormone. *Endocrinology.* 116:846-848.
 22. Suttie, J. M. and Hamilton, W. J. 1983. The effect on winter nutrition and photoperiod on growth of antlers of young red deer. In *Antler Development in Cervidae*. R. D. Brown (Ed), Caesr Kleberg Wildl. Res. Inst., Kingsvill, Texas. pp. 61-71.
 23. Suttie, J. M., Lincoln, G. A. and Kay, R. N. B. 1984. The endocrine control of antler growth in red deer stags. *J. Reprod. Fert.* 71:7-15.
 24. Webster, J. R., Corson, I. D., Littlejohn, R. P., Stuart, S. K. and Suttie, J. M. 1996. Effects of season and nutrition on growth hormone and insulin-like growth factor-I in male red deer. *Endocrinology.* 137:698-704.
 25. Webster, J. R., Corson, I. D., Littlejohn, R. P., Stuart, S. K. and Suttie, J. M. 1999. Effects of

- photoperiod on the cessation of growth during autumn in male red deer and growth hormone and insulin-like growth factor-I secretion. *Gen. Comp. Endocrinol.* 113:464-477.
26. Webster, J. R., Corson, I. D., Littlejohn, R. P., Martin, S. K. and Suttie, J. M. 2001. The role of photoperiod and nutrition in the seasonal increases in growth and insulin-like growth factor-1 secretion in male red deer. *Animal Science.* 73:305-311.
27. 김찬규. 1994. 사슴사육과 실제. 도서출판. 양록.
28. 하종규, 이성실, 고종열. 2003. 반추동물영양학실험법. 서울대학교출판부.
- (접수일자 : 2005. 2. 2. / 채택일자 : 2005. 6. 13.)