

육경 조직판 이식이 사슴뿔의 성장에 미치는 영향

김상우* · 최순호* · 상병돈* · 김영근* · 이승수* · 상병찬** · 서길웅**

농촌진흥청 축산연구소*, 충남대학교**

Influences of Pedicle Flap-graft Transplantation on Antler Growth in Deer

S. W. Kim*, S. H. Choi*, B. D. Sang*, Y. K. Kim*, S. S. Lee*, B. C. Sang** and K. W. Seo**

National Livestock Research Institute, R.D.A.*,

Department of Dairy Science, Chung Nam National University**

ABSTRACT

The development of flip-graft, yield of antler and growth of antler in Sika deer, Red deer and Elk were investigated to establish the technology of transplantation of flip-graft. Pedicle flip-grafts were transplanted on the sides pedicle, on the midline of forehead and on the middle line of the skull. The success rate of transplantation was 42%, 5 animals out of 12. The yields of antler and number of point were 716 g and 1,071 g, and 2.3 and 1.0 in control and donor of flip-graft, respectively in red deer. The length and weight of anther of recipient of flip-graft in elk were 17 cm, 302 g. The length and weight of hard antler of recipient of flip-graft in red deer were 26 cm and 122 g. Flip-graft should be transplanted on the skull after removal of the corium for strong adherence.

(Key words : Pedicle, Flip-graft, Transplantation, Antler, Deer)

I. 서 론

발생학적 측면에서 사슴뿔의 발달을 조사한다면 사슴뿔의 형태발생에 이어서 분화, 축의 결정, 형태형성에 관여하는 여러 조직들의 상호 작용에 관여하는 메커니즘에 대한 의문을 가질 것이다. 이 의문에 대한 전통적인 연구 방법은 이식과 삭제를 통하여 그동안 수행되어 왔으며, 사슴뿔은 완전한 재생을 하는 유일한 포유동물의 부속기관으로 알려져 있다. 사슴뿔 이식술의 첫 번째 성공적인 실험은 레드디어 (*Cervus elaphus*)에서 Jaczewski(1956a, b)에 의해 수행되었으며, 그는 육경 혹은 사슴뿔 전체를

이식 조직판으로 사용하였다. 이식 실험을 하는 동안 뿔의 재생은 자주 관찰되었으며 뿔 주기의 동시성은 다른 사슴과 같았다. 또한 Jaczewski (1961; 1967)는 육경 전체 이식방법으로 눈과 전두골 사이에서 4개의 뿔을 생산했으며, 육경의 조각과 뿔의 일부는 아직도 이식에 이용되고 있다. Hartwig와 Schrudde (1974)는 노루의 정수리 뼈와 이마에 사슴뿔을 이식하는데 성공했으며 이식된 골막은 피부 없이 조직판 방법을 사용하였다. 이후 사슴뿔의 이식실험은 사슴의 앞다리 장골에도 이식에 성공하였다. 이상을 종합해보면 뿔 성장 유도시험은 진사슴아과 (cervidae) 사슴의 뿔 발달 재생설 “regeneration

Corresponding author : S. W. Kim, Animal Genetic Resources Station, National Livestock Research Institute, R.D.A, Namwon, 590-830, Korea.

Tel : (063) 620-3531, E-mail : sikasw@rda.go.kr

theory”(Jaczewski, 1961; Goss, 1965)에 의하여 설명할 수 있으며, 외상은 사슴뿔의 성장에 강한 자극효과를 가지고 뿔 성장 유도에서 자장 중 중요한 조직은 뿔 성장 자리로 추정하는 부위의 골막이며 이 골막의 이용은 두개골의 다른 부위와 다른 골격 뼈 등에서 뿔 성장의 유도가 가능하다고 하겠다.

따라서 본 연구는 사슴뿔 성장의 관여하는 여러 가지 요인 중 조직판 이식이 사슴뿔 성장에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시개축 및 시험장소

본 시험은 평균체중이 36 kg인 8개월령 수컷 꽃사슴(*Cervus nippon*), 60 kg인 8개월령 수컷 레드디어(*Cervus elaphus*) 및 140 kg인 8개월령 수컷 엘크(*Cervus canadensis*)를 이용하여 1999년 1월부터 12월까지 총 12개월간 축산연구소 축산자원개발부 사슴사(충남 천안)에서 실시하였다.

2. 시험설계

본 시험의 공시동물로서는 꽃사슴 수컷 4두, 레드디어 수컷 4두 및 엘크 수컷 4두로 총 12두를 공시하여 Table 1과 같이 전두골 정중선에 조직판을 이식하는 구(T1)와 육경에 조직판을 이식하는 구(T2)의 2처리구로 나누어 각 처리구당 꽃사슴, 레드디어 및 엘크를 각각 2두씩 12두를 임의 배치하였다.

이마와 육경에 이식은 한쪽의 조직판을 절단하여 이식하였으며 반대쪽은 원래 상태로 그냥 두었다. 본시험에 공시된 레드디어 4두는 낙각

시기가 비슷하여 왼쪽과 오른쪽을 육경 절단구와 대조구로 두고 조직판 채취 후의 녹용 생산량을 조사하였다.

3. 사슴의 보정

사슴은 마취 전에 12시간 절식을 시켰으며 마취약은 Fentazine-10 (Fentanyl Citrate 0.8 mg/ml, Azaperone 6.4 mg/ml, Xylazine Hydrochloride 116.6 mg/ml, Parnell Laboratories Ltd, New Zealand)을 사용하였으며, 엘크의 두당 마취용량은 1.3 ml를 사용하였으며, 레드디어는 0.6 ml 꽃사슴은 0.4 ml를 사용하였다. 주사방법은 블루건을 사용하여 근육 주사하였다. 마취사슴의 해독은 해독제인 Contran-H (Yohimbine HCL 10.0 mg/ml, Naloxone HCL 0.1 mg/ml, Parnell Laboratories Ltd, New Zealand)를 마취용량의 2배를 경정맥에 주사하여 해독을 시켰다.

4. 조직판이식(flap-grafting)

조직판(flap)은 육경(pedicle)의 길이가 1 cm에서 3 cm 정도 되었을 때 육경의 피부를 먼저 소독용 알코올(70%)로 깨끗이 닦아낸 후 2차로 베타딘을 이용하여 소독한 다음 육경의 한쪽 생장점 끝(tip)을 외과용 수술칼 10번(surgical blade #10)을 사용하여 꽃사슴(*Cervus nippon*)은 0.4~0.5 cm의 두께로 절단하여 조직판으로 사용하였으며, 레드디어(*Cervus elaphus*)와 엘크(*Cervus canadensis*)는 0.5 cm 두께로 절단하여 조직판으로 사용하였다. 절단된 육경부위는 염화제2철을 이용하여 지혈을 실시한 후 절단부위는 상처가 노출한 채로 그냥 두었으며, 반대편은 대조구로 조직판을 채취하지 않았다. 조직판을 분리하기 전 먼저 마취된 사슴은 눈을 가리고

Table 1. Region of grafting and number of deer by species

Treatments	Grafting region	No. of deer		
		Sika	Red deer	Elk
T1	Flap-grafting on the middle line of the skull	2	2	2
T2	Flap-grafting on the pedicle	2	2	2

다리를 묶은 다음 수술실과 수술대가 없는 관계로 스킨드래퍼를 이용하여 수술대로 사용하였다. 이식부위는 Fig 1에서 보는 바와 같으며 조직판 분리에 앞서 먼저 이식 부위인 이마 정중선 중앙을 소독한 다음 이식 부위의 피부를 조직판의 지름(약 1.2~2 cm)과 비슷하게 둥글게 피부를 외과용 수술칼 10번을 이용하여 품종별로 한 마리씩 총 3마리 피부의 진피는 남긴 채 표피만을 제거하고 바로 조직판을 이식하였으며, 나머지는 품종별로 한 마리씩 3마리는 피부를 진피까지 제거한 후 다시 골막에 외과용 수술 칼을 이용하여 두개골에 상처를 낸 후 조직판을 이식하였으며, 이식은 흡수성 봉합사(chromic surgical gut)를 이용하여 봉합사 제거 없이 한번의 수술로 이식을 완료하였으며 이식 후에는 거즈를 붙여 마무리하였다. 이식할 육경 부위는 조직판의 면적만큼 육경 둘레에 피부를 제거하고 조직판을 이식하였다.

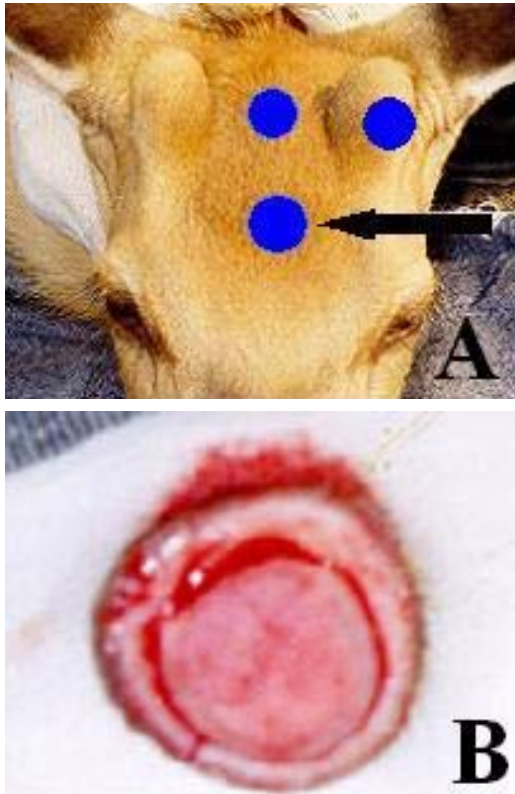


Fig. 1. (A) : Region of flap-grafting in elk, (B) : flap-graft of sika deer.

5. 조사항목 및 방법

1) 조직판의 발달

이식한 조직판의 발달은 이식한 부위 조직판이 자라기 시작하여 3~5 cm 길이가 되었을 때 까지를 육경으로 조사하였고, 그 이상 발육한 것은 사슴뿔로 분화가 일어났다고 보았다.

2) 녹용생산량

시험에 공시한 레드디어 4두의 양쪽 사슴뿔의 절각은 첫 뿔의 길이가 25 cm 정도 되었을 때 절각을 하였으며, 재생뿔의 절각은 재생뿔이 자라기 시작하여 외관상 녹용의 골화가 일어나기 전에 절각을 하여 생녹용 상태에서 녹용의 무게를 측정하였다. 조직판을 이식하여 사슴뿔이 자란 사슴은 엘크 1두의 녹용이 앞이마에 이식된 구에서 발육은 양호하였으나 앞이마에 이식한 결과 사슴뿔은 자라는 도중에 부러져서 녹용을 절각하여 생산량을 조사하였다. 꽃사슴 1두와 레드디어는 1두는 자연낙각 후의 무게를 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조직판의 발달

사슴뿔 이식 후 조직판의 발육상황은 Table 2에서 보는 바와 같다. 조직판(flap)은 육경(pedicle)의 길이가 1 cm에서 3 cm 정도 되었을 때 육경의 원위부 첨단을 두께 0.4~0.5 cm로 채취하여 이식하였다. 육경에 이식한 6마리 중 꽃사슴 1두만이 이식 후 2 cm 정도 성장하였으나 엘크 2두와 레드디어 2두의 이식한 조직판은 발달하지 못하였으며, 녹용 채취시 이식부위에 약간의 돌기가 있는 정도였다. 본 시험에서 육경에 이식한 조직판의 발달이 낮은 이유는 정확하게 규정하기는 어렵지만 채취한 조직판을 아래에 남아있는 육경자체에 이식하기가 어려웠다. 왜냐하면 육경의 둘레는 둥글고 이 부위에 조직판을 이식하기 위해서는 남아있는 육경의 둘레에 이식판을 붙일 수 있게 육경피부를 둥글게 삭제해야하는데 막 자라고 있는 육경의 피부를

Table 2. Pedicle development and growth after flap-grafting by species

Item	Region of grafting	Sika	Red	Elk
No. of deer		4	4	4
No. of pedicle growth	On the pedicle	1	0	0
	Middle line of the skull	2	1	1
No. of antler growth	On the pedicle	1	0	0
	Middle line of the skull	2	1	1

삭제하는 작업과 등근면에 조직판을 붙이기가 어려웠으며, 이로 인하여 완벽한 이식이 되지 못한 것으로 생각된다. 또한 전두골 정중선 중앙에 이식한 6두는 꽃사슴(*Cervus nippon*) 2두와 레드디어 1 및 엘크 1두에서 2cm 정도의 조직판이 성장하여 이식한 부위의 육경이 형성되었다고 볼 수 있다. 전두골 정중선 부위는 평평하여 정확하게 이식할 조직판의 직경만큼 이식

부위의 피부를 삭제하기가 쉬웠고 이식작업도 육경쪽 보다는 쉬웠다. 제일먼저 전두골 정중선 중앙에 이식한 조직판의 성장을 확인하기 위하여 이식한 조직판이 5cm 정도 자랐을 때 마취를 하여 확인한 결과, 이식한 조직판은 두개골에 밀착되지 못하고 손으로 움직이면 흔들릴 정도였다(Fig. 2D). 이것은 이식한 조직판과 두개골 사이에 피부의 진피가 제거되지 않아서

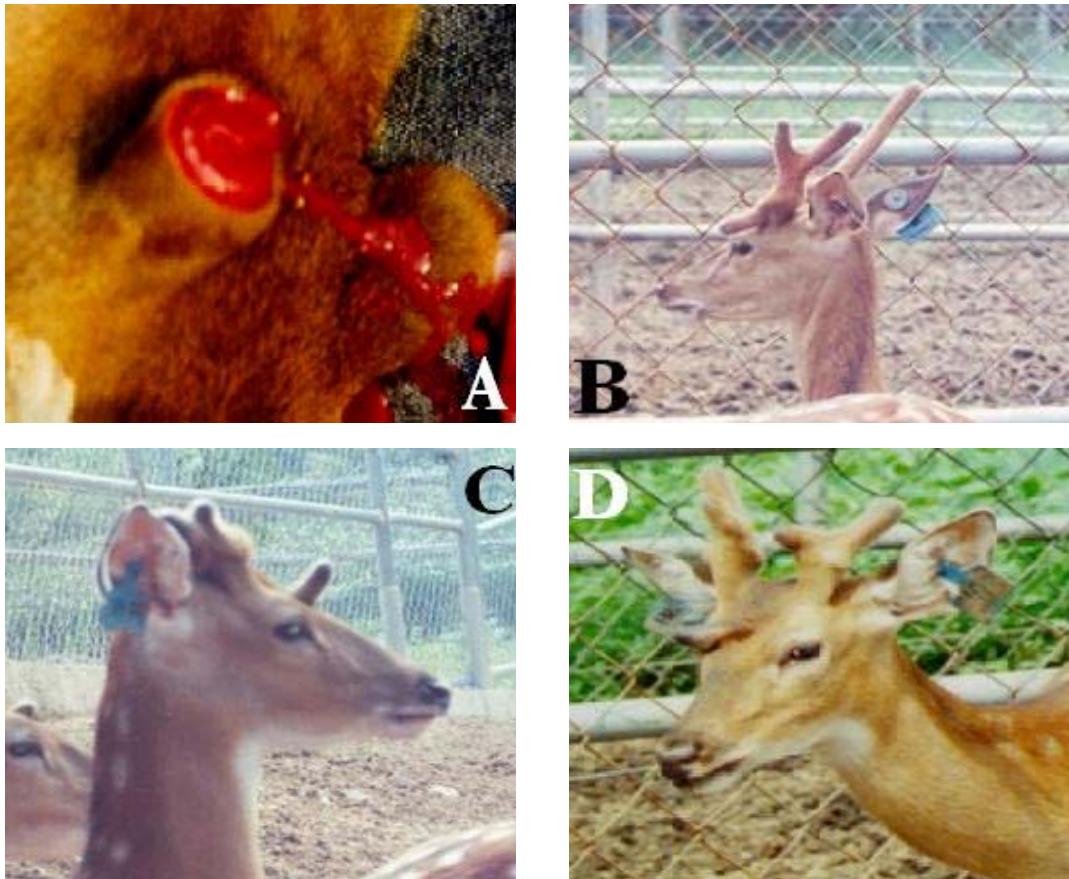


Fig. 2. (A) : Amputated pedicle for flap-grafting, (B) : growth of flap-grafted antler in sika deer, (C) : flap-grafted antler in forehead, (D) : flap-grafted antler which was not fixed in forehead skin.

나타난 현상이라 생각되며 육경의 조직관은 두개골의 피부에서도 성장이 가능하다는 것을 보여준다. 이 후 이식부위의 두개골 피부를 진피까지 완전히 제거한 후 다시 메스를 이용하여 두개골의 골막과 두개골에 상처를 주어 이식 후 조직관이 두개골에 밀착되게 시술을 하였다. 이 결과 정중선에 이식한 조직관은 사슴뿔로 분화 후 다음해 낙각이 될 때까지 단단하게 붙어있었다. 2 cm 이상의 길이성장을 한 조직관은 계속 자라서 사슴뿔로 분화하였다. 본 시험에서 조직관 이식은 12두 중 5두가 뿔로 발달하여 42%의 성공률을 보였으며, 이 결과를 종합해보면 사슴의 육경 조직관은 규정장소가 아닌 아마의 다른 부위에서도 성장이 가능하다는 것을 보여준다. 이는 Jaczewski (1961, 1967)가 헬로우디어에서 육경 전체를 이마에 이식하여 4개의 뿔 생산을 한 시험과 비슷하며, Hartwig (1968) 및 Hartwig와 Schrudde (1974)이 노루의 정수리 뼈와 이마에 이식을 성공하였는데 이들이 이식한 조직관은 피부가 없는 조직관을 이식한 것이 본시험과는 다르다. Goss와 Powell (1985)은 전두골 골막 조직관을 헬로우디어의 앞다리 장골에 직경 1.5 cm 골막을 이식하여 육경뿔로 분화하고 작은 뿔의 성장을 유도했다고 하였다. 이처럼 육경의 골막은 특히 전두골 주위에서 성장의 잠재력이 가장 높다고 할 수 있겠다.

2. 조직관 채취와 녹용 생산량

이식을 위하여 조직관을 제공한 자리와 자연상태인 반대편 대조구의 녹용 생산량을 Table 3에 나타내었다. 조직관을 제공한 자리와 대조

구의 첫 뿔의 녹용 생산은 540 g과 333 g이었으며, 재생 뿔의 생산량은 531 g 및 383 g으로 첫 뿔(spike)과 재생 뿔의 발생량은 조직관을 제공한 쪽이 더 많았다($P<0.05$). 이는 Goss와 Powell (1985)의 조직관 이식 시험에서 직경이 1.5~1.05 cm인 조직관을 제공한 자리에서는 20%의 뿔이 생산되었고 0.75~0.4 cm의 조직관을 제공한 자리는 전체의 80~100% 뿔이 자랐다고 하여 조직관의 직경을 크게 하여 제공하면 사슴뿔의 생산이 안 되는 경우가 있다고 하였으나, 본 시험에서는 조직관의 두께를 0.4~0.5 cm의 범위로 채취하였지만 뿔 생산이 안 되는 쪽은 없었고 오히려 조직관을 제공한 쪽이 반대쪽보다 녹용의 생산량이 더 많았다. 이는 적당한 외상의 자극이 육경을 자극하여 사슴뿔이 더 생산된 것으로 보이며 이 외상 자극에 의한 뿔 성장은 많은 연구자들에 의해 확인되었다 (Jaczewski 등, 1976; Jaczewski, 1981b; Lincoln과 Fletcher, 1976; Bubenik 등, 1988).

3. 조직관의 발육성적

육경의 조직관을 이식하여 사슴뿔로 분화후의 성적은 Table 4에서 보는 바와 같이 이식한 조직관이 녹용으로 분화한 개체에서 엘크는 길이 17 cm를 나타내었고 녹용 생산량은 302 g, 가지 수는 2개였다. 이 뿔은 앞이마의 정중선 중앙에 이식한 관계로 먹이를 먹다가 사슴뿔이 부러졌다(Fig. 4). 물리적 구조상 앞이마에 정중선에 이식하면 돌출하는 뿔 때문에 먹이를 먹을 수가 없게 된다. 이 결과는 Jaczewski (1961)의 실험에서도 이마에 이식한 뿔은 일정수준의 길이로 성장 후에 부러진 사례와 같다. 이 뿔

Table 3. Means and standard deviation of antler yield after pedicle amputation in red deer

Item	Control	Pedicle amputation
Spike weight (g)	333 ± 60 ^a	540 ± 61 ^b
Regenerated antler weight (g)	383 ± 46 ^a	531 ± 51 ^b
Total yield (g)	716 ± 56 ^a	1,071 ± 42 ^b
Rate (%)	100	150

^{a, b} Means with different superscripts in the same column are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Velvet antler length and weight of flap-grafted region by species

Species	Types of antler	Antler		No. of point
		Length (cm)	Weight (g)	
Elk	Velvet antler	17	302	2
Red deer	Hard antler	26	122	1
Sika deer	Hard antler	7	26	1

의 가지는 지면과 수평의 모양으로 자랐는데, 이는 Goss(1991)가 fallow deer의 뿔 발생 골막(AP)을 처음의 정위에서 180° 회전 시켰을 때, 그 후에 형성된 초기 두개골 부가물과 재생된 뿔은 앞뒤가 뒤바뀐 정반대의 모양으로 자랐다고 하였으며 사슴뿔 가지의 방향은 이미 육경의 골막 안에 정보가 있다고 하였는데, 본 시험에서도 이식된 조직판이 잘려진 정위에서 이식될 때 방향이 약간 돌아간 상태에서 접목된 결과라고 생각한다. 레드디어의 조직판은 이마의 정중선 위쪽 좌우 뿔의 중앙 정수리에 이식되었는데 이 뿔은 절각을 하지 않고 낙각이 될 때까지 놓아두었다. 그 결과 낙각된 사슴뿔은 길이 26 cm에 무게 122 g의 사슴뿔로 성장하였다. 그런데 이 뿔은 Fig. 3처럼 앞으로 휘어져 자랐다. 이 결과의 원인이 무엇인지는 정확하게 알 수는 없었다. 만일 이식된 조직판이 자라면서 사슴뿔이 부러졌다면 외부적으로 발견을 하였을 텐데 5 cm 정도의 길이성장 후부터는 사슴뿔이 앞쪽으로 휘어져서 자랐기 때문이

다.

이마의 피부에 이식된 꽃사슴(*Cervus nippon*)의 조직판은 결국 길이 7 cm 상태에서 성장을 멈추고 다음번 낙각시기에 낙각이 되었다. 이때 뿔 길이는 7 cm에 무게 26 g의 녹용으로 성장하였고, 꽃사슴 1두는 5 cm 정도의 길이 성장 후 다음번 뿔 주기에서 자연낙각이 되었으나 불행하게도 낙각 된 뿔을 찾지 못했다. 육경 자체에 이식한 꽃사슴의 뿔은 길이성장이 7 cm 무게가 32 g 이었다(Fig. 2). 전두골에 이식하여 녹용으로 분화한 꽃사슴 2두와 레드디어 1두 및 엘크 1두는 다음번 뿔 주기에서 모두 낙각은 되었으나 재생 뿔의 발생이 없었다. 이처럼 이식부위가 다음번 뿔 주기에서 재생을 하지 않은 정확한 원인은 알 수 없지만 0.5 cm 정도의 육경 조직판 두께로 이식을 할 경우 첫 번째 주기에는 사슴뿔로 분화를 할 수가 있으나 다음번 주기에서 뿔 재생이 되지 않은 것은 이식된 이마 부위의 그루터기 밑에 재생을 할 수 있을 정도의 충분한 육경 조직이 형성되지



Fig. 3. Antler of red deer stag flap-grafted in midline of forehead, (A) : 2-year-old Red deer stag with three antlers, (B) : curved antler of (A), (C) : hard antler natural cast of (A), 26 cm, 122 g.



Fig. 4. 2-year-old elk deer bull with three antlers flap-grafted (A) : Three points of right velvet antler whose pedicle was amputated, (B) : flap-grafted velvet antler which has two points in midline of forehead, 17 cm, 302 g, (C) : bigger point of antler grafted in frontal bone became broken.

않았을 것으로 생각되며, 이는 Jaczewski (1967) 가 보고한 뿔 주기의 불규칙성과 비슷하다고 할 수 있겠으며, 이 문제는 앞으로 더 연구되어야 할 과제이다.

IV. 요 약

본 연구는 육경 조직관 이식이 사슴뿔의 성장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 육경 조직관을 육경과 전두골 정중선 부위에 각각 이식 하였을 때 조직관의 발달, 조직관을 제공한 부위의 녹용 생산량 및 이식한 조직관의 발육 성적을 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 사슴뿔의 조직관 이식은 육경과 전두골 정중선 중앙과 좌우 양 뿔의 정수리에 이식 시 이식 성공률은 12두 중 5두로 42%이었다. 사슴뿔의 발생 정규부위가 아닌 사슴의 전두골에서 조직관 이식으로 추가적인 사슴뿔 발생을 유도할 수가 있었다. 레드디어의 경우 대조구와 조직관을 제공한 쪽의 녹용 총생산량은 각각 716, 1,071 g으로 이식을 하기 위하여 절단된 쪽의 녹용 생산량이 더 많았으며, 가짓수도 조직관을 제공한 쪽이 2.3개로 대조구 1개보다 많았다. 엘크의 경우 1두에서 이마에 조직관이 이식된 뿔에서 길이 17 cm, 무게 302 g 녹용을 생산하였으며, 레드디어는 다음해 낙각된 녹각에서 길이 26 cm에 무게 122 g을 생산

하였다. 조직관 이식시 이식부위의 피부는 진피까지 제거하여야만 두개골에 이식한 조직관이 견고하게 부착되었다.

이상의 결과에서 조직관 이식으로 사슴뿔 발생의 정규부위가 아닌 전두골에서 추가적인 사슴뿔을 생산할 수 있다고 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. Bubenik, G. A., Bubenik, A. B., Stevens, E. D. and Binnington, A. G. 1982. The effect of neurogenic stimulation on the development and growth of bony tissue. *J. Exp. Zool.* 219, 205-216.
2. Goss, R. J. 1965. Mammalian regeneration and its phylogenetic relationship, 33-38. In: V. Kiortsis and H. A. L. Trampusch (eds.), *Regeneration in animals and Related Problems*. North Holland Publ. Co., Amsterdam.
3. Goss, R. J. 1991. Induction of deer antlers by transplanted periosteum. III. Orientation. *J. Exp. Zool.* 259:246-251.
4. Goss, R. J. and Powel, R. S. 1985. Induction of antlers by transplanted periosteum. I. Graft size and shape. *J. Exp. Zool.* 235:359-373.
5. Hartwig, H. 1968. Durch Periostverlagerung experimentell erzeugte, heterotope Stirnzapfenbildung beim Reh. *Z. Säugetierkunde* 33:246-248.

6. Hartwig, H. and Schrudde, J. 1974. Experimentelle Untersuchungen zur Bildung der primären Stirnanswüchse beim Reh (*Capreolus capreolus L.*) Z. Jagdwiss. 20:1-13.
 7. Jaczewski, Z. 1956a. Free transplantation of antler in red deer (*Cervus elaphus L.*). Bull. Acad. Polon. Sci., Cl. II, 4:107-110.
 8. Jaczewski, Z. 1956b. Further observations on transplantation of antler in red deer (*Cervus elaphus L.*). Bull. Acad. Polon. Sci., Cl. II, 4:289-291.
 9. Jaczewski, Z. 1961. Observations on the regeneration and trans-plantation of antlers in deer, Cervidae. Fol. Biol. 9:47-99.
 10. Jaczewski, Z. 1967. Regeneration and transplantation of antlers in deer, Cervidae. Z. Säugetierkd. 32:215-233.
 11. Jaczewski, Z. 1976. The induction of antler growth in female red deer. Bull. de l'Académie Polonaise des Sciences. 21:61-65.
 12. Jaczewski, Z. 1981b. Further observation on the induction of antler growth in red deer female. Folia Biol. 29:131-140.
 13. Lincoln, G. A. and Fletcher, T. J. 1976. Induction of antler growth in a congenitally polled Scottish red deer stag. J. Exp. Zool. 195:247-262.
- (접수일자 : 2006. 11. 6. / 채택일자 : 2006. 12. 6.)