

염화칼슘 처리에 의한 엘크 암사슴의 뿔 발생 유도에 관한 연구

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

농촌진흥청 축산과학원*, 충남대학교**, 건국대학교***

Study on the Induction of Antlerogenesis by Calcium Chloride Treatment in Female Elk Deer

Sang Woo Kim*, Seung Soo Lee*, Sun Ho Choi*, Byong Don Sang*, Young Keun Kim*,
Byong Chan Sang**, Kil Woong Seo** and Sang Ho Moon***

National Institute of Animal Science, R.D.A.*, Department of Dairy Science, Chung Nam National
University**, Natural Science, Kon Kuk University***

ABSTRACT

To investigate the effects of CaCl_2 on artificial induction of antlerogenesis in female deer, various CaCl_2 conditions with different concentrations, dosages and times were treated to five female Elk (*Cervua Canadensis*). After injection of CaCl_2 solution to the putative region of antlerogenesis, rate of induction, yield of antler, length of antler, number of point were examined. In regard to the effect of concentration of CaCl_2 solution on the induction of antlerogenesis in the female deer, generation of pedicle and antler has not induced under treatment of 2 ml and 3 ml of 15% solution, but only pedicle has generated with 4 ml of 15% solution, otherwise generation of pedicle and antler has induced under treatment of 1.5 ml, 2 ml and 3 ml of 30% solution and 1 ml and 2 ml of 50% solution. The yields of antler were 319g in 4 ml of 15% solution, and 1,290g, 513g and 295g in 1.5 ml, 2 ml and 3 ml of 30% solution, respectively, and 800g and 443g in 1 ml and 2 ml of 50% solution, respectively. The yields of antler of 30% solution and 50% solution were decreased with increase the dosage volume. The maximum yield of antler was 1,290g at 30% 1.5 ml treatment. The length of antler were 25 cm in 15% 4 ml treatment, and 55 cm, 51 cm and 35cm in 1.5 ml, 2 ml and 3 ml of 30% solution, respectively, and 60 cm and 35cm in 1 ml and 2 ml 50% solution, respectively. There was a tendency that length of antler became longer as yield of antler were grew. The numbers of point were 2 in 15% 4 ml treatment, and 5, 2.3 and 1 in 1.5 ml, 2 ml and 3 ml of 30% solution, respectively, and 3 and 1 in 1 ml and 2 ml of 50% solution, respectively. The number of point was not related to concentration and dosage of CaCl_2 solution, but related to the shape of wound due to the time and method of injection. Consequently, the optimum concentration of CaCl_2 solution for artificial induction of antlerogenesis in female elk is 30%.

(Key words : CaCl_2 , Antlerogenesis, Induction, Velvet antler, Deer, Elk)

I. 서 론

자연계에 있어서의 예외는 발견의 근원이 된다. 암사슴이 뿔을 갖지 못하는 예외적인 경우를 연구하면, 정상적인 사슴뿔 성장의 근원적

인 성질에 대한 실마리가 풀릴지도 모른다. 드문 경우이긴 하지만 암사슴이 뿔을 성장시킨다는 현상은 연구해 볼만한 흥미로운 것이 아닐 수 없다. 암사슴에서 뿔을 유도하는 시험은 Wislocki (1947) 등에 의하여 처음으로 수행되었

Corresponding author : Sang Woo Kim, Animal Genetic Resources Station, National Institute of Animal Science, R.D.A, Namwon, 590-830, Korea.
Tel : (063) 620-3531 E-mail: sikasw@rda.go.kr

으며, 그는 암사슴에서 난소를 적출하였으나 암사슴 머리에서 뼈를 용기 시키지는 못했다. 그 뒤 그는 이 사슴에 testosterone을 주사하여 2 cm 정도의 육경을 유도하는데 성공했다. 그러나 뿔로의 분화는 실패했다.

레드디어 (Jaczewski & Krzywinska, 1975)와 꽃사슴 (Goss, 1983)의 암컷에 testosterone을 처리하여 실험한 결과에서도 육경을 뿔로 분화시키는 것은 성공하지 못하였다. 또한 *Cervus*속 사슴의 난소를 제거한 암컷에서 가을과 겨울동안 많은 양의 testosterone을 투여하였지만 육경의 길이는 2cm 정도 성장 후 뿔로 분화되지 않았다고 보고하였다. 그러나 Jaczewski (1982)는 암사슴에 testosterone 투여 및 난소제거 후 생성된 육경에 상처를 입었을 때 뿔 성장을 유도할 수가 있었으며, 이는 hormone 처리 없이도 뿔 성장을 유도할 수 있는 방법이라고 하였다. Robbins과 Koger(1981)는 엘크 암사슴에서 호르몬처리 없이 염화칼슘 주사로 사슴뿔 성장 유도가 가능하다고 하였고, 이와 같은 결과는 기존의 학설인 육경의 발달에는 testosterone이 필요하다는 학설로는 설명될 수 없으며, 이는 Goss (1965)의 포유동물에서 뿔의 재생과 생리 유전학적 연관성에 대한 연구와 Goss (1969)의 재생설로 설명이 가능하다. 즉 뿔 발달과 상처 치유와는 밀접한 관계가 있으며, 특히 뿔 발생 예정부위는 상처가 생기면 Scar-tissue 형성을 억제시키는 인자가 없는 독특한 특징을 가지고 있다는 것이다 (Goss, 1972, 1983). 우리나라는 매년 외국으로부터 녹용의 수입에 막대한 외화

를 투입하고 있는 실정으로 위 Goss (1969)의 재생설과 Robbins과 Koger (1981)의 시험을 응용한다면 암사슴에서도 뿔 발생을 유도할 수가 있어 일정부분 수입 대체를 할 수 있을 것으로 사료 된다(김, 2000, 2006).

따라서, 본 연구는 뿔 발생이 되지 않는 엘크 암사슴에 염화칼슘 (CaCl₂) 용액을 주사하여 인위적인 뿔 발생을 유도하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시가축 및 시험장소

엘크(*Cervus canadensis*) 암컷 0.6세(체중: 115 kg) 1두, 2세(체중: 200 kg) 1두, 3세(체중: 225 kg) 3두 등 총 5두를 공시하여 실시하였으며, 상처유발에 의한 암사슴의 뿔 발생을 유도하기 위하여 염화칼슘 (CaCl₂)를 사용하여 1995년 1월부터 1995년 12월까지 총 12개월간, 축산과 학원 사슴사 (경기 수원)에서 실시하였다.

2. 시험설계

총 5두의 엘크사슴을 Table 1과 같이 염화칼슘 농도를 15%구, 30%구 및 50%구의 3처리로 나누고 다시 염화칼슘용액 주사량은 15% 용액 2, 3, 및 4 ml구와 30% 용액 1.5, 2 및 3 ml구 및 50% 용액 1 ml, 2 ml 등 총 10개 처리를 임의 배치하였다.

Table 1. Concentration and volume of CaCl₂ solution injected to female elk

Date of injection	Age (years)	Antler site	CaCl ₂ concentration (%)	Volume injected (ml)
23 Mar	0.6	right	15	2
2 May	2.0	right	15	3
2 May	3.0	right	15	4
2 May	2.0	left	30	1.5
23 Mar	0.6	left	30	2
2 May	3.0	left	30	2
2 May	3.0	left	30	2
2 May	3.0	left	30	3
2 May	3.0	right	50	1
2 May	3.0	right	50	2

3. 염화칼슘(CaCl₂) 용액 조제

본 시험에서는 뿔의 발생 자극을 위한 목적으로 염화칼슘(CaCl₂ · 2H₂O, Samchun)을 사용하였으며 용해제로 증류수를 사용하여 15, 30 및 50% 용액으로 만들어서 사용하였다. 용해제로 증류수 이외에 알코올이나 아세톤을 쓰면 분자화합물을 만들 수 있다고 생각하여 증류수를 사용하였다.

4. 사슴의 마취보정

사슴의 마취는 근육 이완제인 Suxamethonium chloride 200 mg (일성신약 1vial)에 증류수 10 ml 을 혼합하여 용해시킨 후 사용하였고, 마취용량은 사슴 체중 kg당 0.1 mg을 기준으로 마취기구인 블루건을 사용하여 엉덩이에 근육 주사하여 마취를 하였다. 이때 마취가 된 사슴은 10여분 정도 기다렸다가 다음 작업을 실시하였다.

5. 시험방법

염화칼슘 주사 시기는 3월과 5월에 실시하였고, 주사부위는 뿔 발생 예정부위로 판단되는 전두골 부위의 털을 가위로 잘라내고 손으로 촉진하여 처리의 부위를 결정하였다. 처리방법은 3~5ml 주사기를 사용하였고 주사바늘은 염화칼슘 용액이 주사 후 밖으로 역류되는 것을 최소화하기 위하여 30G를 사용하였다. 주사는 뿔 발생 부위 전면의 피하 혹은 골막에 등글게 주사하였으며, 뿔 발생에 필요한 적정농도와 처리량의 결정을 위하여 왼쪽과 오른쪽에 각각 다른 수준으로 처리를 하였다 (Fig. 1).

6. 조사항목 및 방법

(1) 암사슴의 뿔 발생 유도율

암사슴의 뿔 발생 유도율은 주사를 한 후 주사부위가 눈에 보이게(2cm) 자라기 시작하면 육경 발생이 유도되었다고 보았으며, 육경이 계속 자라서 5cm 이상이 되면 초기녹용의 분화가 일어났다고 보았다.

(2) 암사슴의 뿔 생산량, 길이 및 가지 수

암사슴 뿔 절각은 주사 후 110일에 절각을 실시하였으며, 녹용생산량 조사는 절각 후 사슴뿔의 혈액이 밖으로 새지 않게 절단부위가 위로 향하게 세워 놓아두었다가 절각부위의 지혈이 완료된 후 녹용을 실험실로 운반하여 3 kg 용량의 전자저울을 이용하여 생녹용 상태에서 녹용의 무게를 측정하였다. 녹용의 길이조사는 50 cm 길이의 줄자를 이용하여하였으며, 절각한 녹용을 수직으로 세운 상태에서 바닥으로부터 주가지(beam) 끝까지를 녹용의 길이로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 암사슴의 뿔 발생 유도

염화칼슘을 사용하였으며 육경과 뿔의 발생 상황을 조사한 결과는 Table 2에 나타났다. 본 시험의 상처유발은 조직의 완전한 괴사가 아니라, 일정 수준의 화학적 상처를 유발하기 위한 목적에서 실시한 결과 15%용액 2 ml 및 3 ml 처리구에서는 육경과 뿔의 발생이 유도되지 않았으며, 15%용액 4 ml구와 30% 용액 1.5, 2 및 3 ml구에서는 육경과 뿔 발생이 유도 되었다 또한 50% 용액은 1, 2 ml 처리구에서도 육경과 뿔 발생을 유도할 수가 있었다.

난소적출(ovariectomy)과 자궁적출(hysterectomy)을 통하여 암사슴에서의 뿔 발생 유도시험은 몇 마리의 새끼를 낳은 흰꼬리사슴 암컷에 Wislocki 등(1947)에 의해 처음으로 실시되었다. 이 사슴은 수사슴의 보통 뿔 자리인 앞이마의 피부아래에 작은 돌기가 생겼다. 이후 350~1,050 mg의 testosterone을 처리 받은 후 길이가 5 cm, 7.5 cm가 되었으며 이 녹용은 탈피와 낙각이 일어났다고 보고하였다. 이때 Bubenik (1966), Jaczewski (1985) 및 Bubenik 등(1987)은 기저표면(뿔딱지)의 형태는 재생상태와 호르몬에 의해 조절된다고 하였다. 레드디어 (Jaczewski & Krzywinska, 1975)와 꽃사슴 (Goss, 1983)의 암컷에 testosterone을 처리하여 실험한 결과에서도 육경을 뿔로 분화시키는 것은 성공하지

Table 2. Induction of pedicle and antler with various CaCl₂ treatment in female Elk

Date of injection	Age (year)	Antler site	CaCl ₂ concentration (%)	Volume injected (ml)	Induction	
					Pedicle	Antler
23 Mar	0.6	Right	15	2	No	No
2 May	2	Right	15	3	No	No
"	3	Right	15	4	Yes	Yes
"	2	Left	30	1.5	Yes	Yes
23 Mar	0.6	Left ^{a)}	30	2	Yes	Yes
2 May	3	Left	30	2	Yes	Yes
"	3	Left ^{b)}	30	2	Yes	Yes
"	3	Left	30	3	Yes	Yes
"	3	Right ^{b)}	50	1	Yes	Yes
"	3	Right	50	2	Yes	Yes

a) Injected twice b) Not available. antler was not cut.

못하였다. 또한 *Cervus*속 사슴의 난소를 제거한 암컷에서 가을과 겨울동안 많은 양의 testosterone을 투여하였지만 육경의 길이는 2 cm 정도 성장 후 뿔로 분화되지 않았다고 보고하였다. 그러나 Jaczewski (1982)는 암사슴에 testosterone 투여 및 난소제거 후 생성된 육경에 상처를 입었을 때 뿔 성장을 유도할 수가 있었으며, 이는 hormone 처리 없이도 뿔 성장을 유도할 수 있는 방법이라고 하였다.

Robbins과 Koger (1981)는 엘크 암사슴에서 호르몬처리 없이 염화칼슘 (CaCl₂)의 주사로 사슴뿔의 성장 유도가 가능하다고 하였다. 본 연구에서 뿔 발생 예정부위 상처가 노출되어 있고 주사에 의해 일어나는 괴사성 장애는 출혈을 수반하며, 염화칼슘의 자극에 의한 뿔 성장 기전은 아마도 육경의 외과적 절단과 비슷한 것으로 보인다. 이상에서 본 연구의 이론적 배경은 Goss (1969)의 이론으로 설명할 수가 있겠다. 그는 “사슴뿔 발생 예정부위는 상처에 대하여 scar-tissue 형성을 억제하는 인자가 없는 독특한 특징”을 가지고 있다고 하였는데, 본 시험에서 유도된 뿔도 상처 유발과 치유과정에서 육경과 뿔 발생이 유도 되었다고 생각된다.

이상의 결과를 종합해보면 엘크 암사슴에서는 CaCl₂ 용액을 증류수로 희석하여 암사슴의 전두골 뿔 발생 예정지역에 주사하면 엘크 암사슴에서 난소의 적출이나 호르몬의 투여 없이 뿔 발생이 유도 된다는 사실을 알았다.

2. 암사슴 뿔 생산량, 뿔 길이 및 가지 수

암사슴 뿔 생산량, 뿔 길이 및 가지 수는 Table 3에서 보는 바와 같으며 암사슴 뿔의 절각은 주사 후 110일에 절각을 실시하여 조사하였다.

각 처리별 뿔 생산량을 보면 CaCl₂ 15% 2 및 3 ml구는 뿔 생산이 없었고 4 ml구는 319 g, CaCl₂ 30%용액 1.5, 2 및 3 ml 처리구는 각각 1,290, 513 및 295 g을 생산하였으며, CaCl₂ 50%용액 2 ml 처리구는 443 g를 생산하였다. 30%용액의 경우 1.5% 처리구에서 1,290 g으로 가장 많은 뿔 생산량을 보였으며 주사량이 2 ml에서 3 ml로 증가 할수록 사슴뿔 생산량은 줄어들었다. 50%용액의 경우 1 ml 처리구는 사슴뿔의 성장을 더 관찰하기 위하여 절각을 하지 않았지만 50%용액 2 ml 처리구 보다 110일령 사슴뿔은 더 많이 성장하여 50%용액 2 ml 처리구 443 g 보다는 많았을 것으로 생각되며 이후 각질화가 된 후 절각된 50%용액 1 ml 처리구의 암사슴 뿔 생산량은 약 1,300 g이었다. 이것은 Robbins과 Koger (1981)의 시험결과에 비하여 본 시험결과가 사슴뿔의 생산량은 더 많았고 길이도 더 길었다. 이 같은 결과는 Robbins과 Koger의 시험은 처리시기가 8월에 실시된 반면 본시험은 3월과 5월에 실시되어 뿔 발생의 계절적인 차이라고 생각된다. 암사슴 뿔의 가지 수 발생은 Table 3에서 보는 바

Table 3. Length and weight of antler by CaCl₂ concentration and volume in female Elk

Date of injection	CaCl ₂ concentration(%)	Volume injected(ml)	Antler		
			Length (cm)	Weight (g)	No. of point
23 Mar	15	2	—	—	—
2 May	15	3	—	—	—
"	15	4	25	319	2
"	30	1.5	55	1,290	5
23 Mar	30	2	23	247 ^{a)}	3
2 May	30	2	42	513	1
"	30	2	60	N/A ^{b)}	3
"	30	3	35	295	1
"	50	1	60	N/A ^{b)}	3
"	50	2	35	443	1

^{a)} Injected twice, ^{b)} Not available. antler was not cut.

와 같이 CaCl₂ 농도나 주사량과는 상관없이 없었으며 최대 가지생산은 30% 1.5 ml 처리구에서 5개로 가장 많았고 그 분포는 1개에서 5개였다. 초기 가지의 발생은 주사약량이 많아서 주사를 한번에 동글게 주사하지 않고 주사바늘을 빼어 3번에 나누어 처리한 구에서는 3개의 가지가 발생하였고 같은 용량을 2번에 나누어 주사한 구에서는 처음부터 2개의 가지가 발생된 것으로 보아 주사방법의 차이에 의한 상처 부위 모양에 따라 초기의 가지 수가 결정된다는 것을 알 수 있었다.

또한 지속적인 뿔 성장 상황을 조사하기 위하여 절각하지 않은 30% 2 ml 처리구와 50% 1 ml 처리구는 110일 이후부터는 레드디어 수컷의 각관 모양처럼 암사슴 뿔의 끝이 3개의 가지로 갈라졌다(Fig 2). CaCl₂ 15% 용액은 4 ml 이상을 투여해야하며, 30% 용액은 주사량이 1.5 ml에서 증가할수록 녹용의 생산량이 줄어드는 경향을 보였으며, 50% 용액도 주사량이 1 ml에서 2 ml로 증가하면 녹용의 생산량이 줄어드는 경향을 보였다.

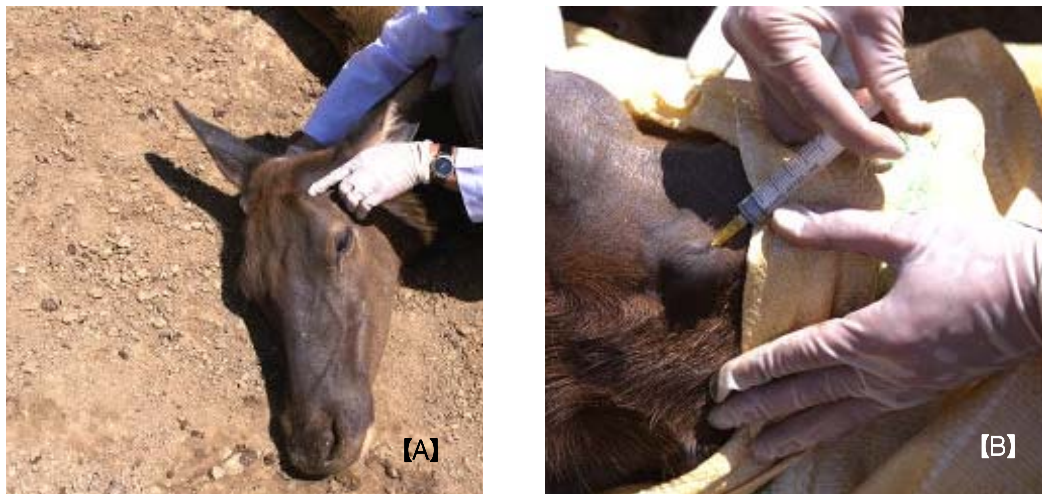


Fig. 1. **[A]** Normal forehead of female Elk before antler induction.
[B] Injection to the expected antlerogenic region in female Elk.



Fig. 2. Female Elk which has artificial-induced antler was feeding its fawn (100 days after treatment).

IV. 요 약

본 연구는 자연 상태로는 뿔이 발생하지 않는 암사슴에서 인공적으로 뿔 발생을 유도하기 위하여 동물의 조직을 괴사시키는데 사용되는 CaCl₂ 용액을 뿔 발생 예정부위인 좌우 양측 두개 골막에 주사하여 뿔 발생 여부 및 CaCl₂ 농도와 주사량이 뿔 발생 유도에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 공시축은 엘크 암사슴 5두이다. 엘크 암사슴에 15%용액 2 ml 및 3 ml를 처리한 시험구에서는 육경과 뿔 발생이 모두 유도되지 않았으며, 15%용액 4 ml 처리구와, 30%용액 1.5 ml, 2 ml, 3 ml구 및 50%용액 1 ml, 2 ml 구에서는 육경과 뿔 발생이 모두 유도되었다. 뿔 생산량은 30%용액 1.5 ml 처리구에서 1,290g로 가장 많았으며, 주사량이 증가할수록 뿔 생산량이 줄어드는 경향을 보였다. 발생한 가지수는 15%용액 4 ml 처리구는 2개, 30%용액 1.5 ml, 2 ml 및 3 ml 처리구는 각각 5개, 2.3개 및 1개였으며, 50%용액 1 ml 및 2 ml 처리구는 각각 3개 및 1개로 농도 및 주사량과 가지수는 관련이 없었다. 오히려 초기 가지수의 발생은 주사 횟수 및 주사방법의 차이에 의한 상처부위의 모양에 따라 결정되는 경향을 보였다. 이상의 결과에서 30% CaCl₂ 용액이 엘크 암사슴의 육경 및 뿔 발생과 그 생산량 및 가지수에 가장 적합한 농도였다.

V. 인 용 문 헌

1. Bubenik, A. B. 1966. Das Geweih. Paul Parey Verlag, Hamburg, 214.
 2. Bubenik, G. A., Schams, D. and Sempere, A. J. 1987. Assessment of the sexual and antler potential of the male white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) by Gn-Rh stimulation test. *Comp. Biochem. Physiol.* 86A(4):767-771.
 3. Goss, R. J. 1965. Mammalian regeneration and its phylogenetic relationship, 33-38. In: Kiortsis, V. and Trampusch, H. A. L. (eds.), *Regeneration in animals and Related Problems*. North Holland Publ. Co., Amsterdam.
 4. Goss, R. J. 1969. *Principles of regeneration*. Academic Press, New York, N. Y. 287pp
 5. Goss, R. J. 1972. Wound healing and antler regeneration, pp219-228. In: H.I. Maibach & D.T. Rovee (eds.), *Epidermal Wound Healing*. Yearbook Medical Publishers, Chicago, IL.
 6. Goss, R. J. 1983. *Deer Antlers. Regeneration, function and evolution*. Academic Press, New York, NY, 316.
 7. Jaczewski, Z. and Krzywinski, K. 1975. The effect of testosterone on the behavior of castrated females of red deer (*Cervus elaphus*). *Pr. Matar. Zool.* 8:37-45.
 8. Jaczewski, Z. 1982. The artificial induction of antler growth in deer. In: *Antler Development in Cervidae*. Brown, R. D. ed. Caesar Kleberg Wildl. Res. Inst., Kingsville, TX, 143-162.
 9. Jaczewski, Z. 1985. Hormonal regulation of antler casting in red deer. *Fortschritte der Zoologie* 30:167-171.
 10. Robbins, C. T. and Koger, L. M. 1981. Prevention and stimulation of antler growth by injections of calcium chloride. *J. Wildl. Manage.* 45:733-737.
 11. Wislocki, G. B., Aub, J. C. and Waldo, C. M. 1947. The effects of gonadectomy and the administration of testosterone propionate on the growth of antlers in male and female. *Endocrinol.* 40:200-224.
 12. 김상우. 2000. 사슴뿔 성장의 인공조작 기술에 관한연구. 축산시험연구보고서 204-217.
 13. 김상우. 2006. 사슴뿔의 성장생리 특성과 암사슴에 대한 뿔 발생 유기에 관한 연구. 충남대학교. 박사학위논문.
- (접수일자 : 2007. 11. 12. / 채택일자 : 2008. 4. 15.)