

# 계단식 성장패턴을 통한 한우의 성장효율 증진 효과에 관한 연구

최윤재 · 이현준 · 윤성준

(서울대학교 농업생명과학대학 동물자원학과)

## Effects of Stair-Step Growth Pattern on Improvement of Growth Efficiency in Korean Native Cattle

Choi, Yun-Jaie · Lee, Hyun-June · Yoon, Seung-Jun

Dept. of Ani. Sci. and Technology, Coll. of Agric. and Life Sciences, Seoul National Univ., Suweon 441-744, Korea.

### Abstract

This research was to determine whether stair-step growth scheme (3-2-3-2 months) curtail the cost of meat production of Korean Native Cattle and improve growth performance and feed efficiency. Twenty four Korean Native male calves were randomly assigned to either control or test group. Test group was fed according to 3-2-3-2 months schedule in which feed intake was alternately 20% below or 25% above control group, respectively. In the case of concentrate intake, control group was 1,220 kg/head (cost of feed ; 293,000 won/head) and test group was 1,142 kg/head (cost of feed ; 274,000 won/head). Average daily weight gain in both groups was 1.04 kg for total experimental period (10 months). Application of stair-step growth scheme increased efficiency of growth from 14.7% to 15.3%, and decreased the cost of feed from 293,000 to 274,000 won/head. Also, metabolite (glucose, urea-nitrogen, NPN, total protein) in blood increased with increment of age. With ending of compensatory growth phase, serum glucose in test group was increased from 67.8 to 70.5 mg/dl (first stair-step) and 72.3 to 77.2 mg/dl (second stair-step). It was concluded that practical application of stair-step growth scheme resulted in reduction of production cost through of growth performances and feed efficiency.

## I. 서 론

### 1. 연구 배경

경제성장과 국민소득의 증가로 해마다 축산물의 소비는 크게 증가하고 있으나 국내 축산물의 생산은 열악한 사료조건과 사양관리체계의 영세성, 인건비의 증가로 인한 생산비

의 상승으로 국제 경쟁력이 크게 떨어지고 있는 실정이다. 특히 UR에 의한 축산물의 전면 수입개방에 직면하여 국내 축산업의 존립기반이 상당히 흔들리고 있는 실정이다. 따라서 국내 축산업계는 늦었지만 지금이라도 최소한의 경쟁력 확보와 국내 축산업계의 생존을 위해 첨단 과학이론과 기술을 이용한 고부가가치 축산물 생산이나 품질의 고급화, 새로운 사료자원의 개발과 안정화 및 축산물 생산비 절감을 위한 새로운 사양체계의 도입과 확립 보급을 위해 산업체,

학교, 연구소의 총체적인 협력과 연관성으로 전력을 기울여야 할 때이다.

본 연구는 계단식 성장패턴이라는 간단하고도 현실적인 새로운 사양기법을 한우에 도입하여 한우의 성장능력 향상과 사료효율의 개선을 통한 생산비의 절감을 이루고자 계획하였다. 여기서 계단식 성장패턴이란 동물의 성장에 있어서 중요한 시기인 성숙기에서 일정기간 동안 동물의 정상적인 성장을 위한 영양소요구량보다 더 적은 양의 영양소를 공급함으로써 성장을 인위적으로 지연시키고, 다시 일정기간 이에 대한 보상으로서 정상요구량 보다 더 높은 영양소를 공급함으로써 성장을 촉진시키는 형태를 반복하여 마치 계단을 오르듯한 성장 곡선을 나타내게 하는 것을 말한다.

이러한 계단식 성장패턴(stair-step growth pattern)은 식욕을 왕성하게 하고 증체량을 증가시키며, 기초대사량을 감소하여 유지에너지량을 감소시키고 체조성을 변화시켜 결국에는 증체효율을 개선시킨다는 여러 연구보고가 있으며(Choi, 1987a; Choi 등, 1987b; Park 등, 1988; Jasper 등, 1980), 이러한 것은 내분비계의 자극에 기인한다는 보고도 있다(Blum 등, 1985; Crenshaw 등, 1988, 1989). 특히 동물의 체조성과 근육축적의 변화에 있어서 미국 USDA의 "National Research Initiative Research Grants Program"에서도 최근 이 분야가 크게 관심을 갖는 분야로서 계단식 성장패턴에 대한 연구는 사료효율향상 측면은 물론 고기내 지방의 함량을 조절하려는 목적에서도 매우 중요하게 다루어지고 있다.

## 2. 연구사

계단식 성장패턴(보상성장)이란 일정기간 동안 정상요구량보다 더 적은 영양소나 사료량을 급여하여 성장을 지연시키고 다시 일정기간 동안 이에 대한 보상으로서 정상요구량보다 더 높은 영양소나 사료량을 급여하여 성장을 높게 하는 형태를 반복하는 것을 말하는데 이러한 계단식 성장패턴의 효과, 즉 보상성장을 경험한 동물들은 정상적으로 사양한 동물에 비해 증체량의 증가, 식욕의 증가에 따른 사료섭취량의 증가, 기초대사에너지의 억제에 의한 유지에너지 요구량 감소와 체조성을 변화시켜 결과적으로 증체효율, 사료효율 및 유생산효율을 증진시키는 등 전반적으로 개선된 효과를 나타내며(Baik, 1992; Choi, 1987a; Choi 등, 1987b; Choi 등, 1992; Jasper와 Brasel, 1980; Park 등, 1989), 이것은 내분비계의 자극에 기인한다고 보고하였다(Blum 등, 1985; Crenshaw 등, 1988, 1989).

## 가. 보상 성장 (계단식 성장)

### 1) 보상성장이란?

보상성장은 이전에 영양상태가 불량하거나 더 적은 사료나 영양소로서 사양된 동물들이 더 많은 사료나 높은 영양소 수준으로 다시 공급되어질 때 일어난다(Park 등, 1989). 이러한 사실은 Osborne과 Mendel(1915a)에 의하여 처음으로 보고되어졌으며, Sheehy와 Senior(1942)는 절식된 동물은 같은 사료로서 무제한으로 급여한 동물에 비해 재보상급여에 의하여 더 향상된 체중증가를 나타내었는데 이는 부분적으로 유지요구량의 감소에 기인한다고 보고하였다. Bohman(1985)은 일정기간 성장이 지연되었다가 비정상적으로 급격한 성장을 하는 현상을 보상성장(compensatory growth)이라 처음 명명하였는데, 이러한 보상성장은 방목상태로 동물들을 사양하는 자연적으로나 또는 개선된 초지를 가진 국가와 일정기간 동안 사료확보가 부족한 나라들에 있어서는 매우 중요한 의미를 내포한다. 즉 겨울철이나 극심한 가뭄으로 인하여 사료가 부족한 시기에는 동물들에게 적은 사료를 급여하여 성장을 적게 하거나 지연시키고, 청초가 풍부한 봄철이나 사료가 풍부한 시기에는 이러한 절식에 뒤따라서 정상보다도 더 많은 사료를 급여하여 급격한 성장을 유도하도록 하는 것이다.

### 2) 보상성장의 효과

보상성장을 경험한 동물들은 정상적으로 사양한 동물과 비교해 증체량의 증가, 식욕의 증가에 따른 사료섭취량의 증가, 영양소 이용효율의 증가, 기초대사에너지의 억제에 의한 유지에너지 요구량 감소, 내분비 기능의 활성화, 체조성의 변화 등 전반적으로 개선된 효율성을 나타낸다(Baik, 1992; Choi, 1987; Park 등, 1989). McManus(1972)는 보상성장의 현상은 뇌하수체전엽을 자극하여 내분비계를 활성화시킨다고 보고하였으나 보상성장의 생리적 배경에 대해서는 정확히 알려진 바는 없다. 이러한 보상성장에 대한 연구는 쥐(Choi 등, 1992; Harris, 1980; Hegarty와 Kim, 1980; Szepesi 등, 1972), 돼지(Prince 등, 1983; Sarkar 등, 1983), 면양(McManus, 1972; Turgeon 등, 1986), 브로일러(Pokniak와 Comejo, 1982), 토끼(Ledin, 1984), 육우(Blum 등, 1985)와 유우(Baik, 1992; Choi 등, 1987; Park 등, 1989)등 여러 동물에서 이루어졌다.

Thomson 등(1982)은 보상성장이 영향을 미치는 여러 변화들 중에서 실험자에 따라 실험결과가 일치하지 않는 3가지 사항, 즉 첫째는 유지요구량의 감소, 둘째는 증체에 대한 에

너지 수준의 감소, 세제 사료이용 효율의 증가 등을 제시하였다. 절식으로서 사양된 기간이 끝난후 보상하기 위한 동물들의 능력은 제한사료의 성분, 절식의 정도와 기간, 절식 개시기의 나이와 동물의 성숙도 등에 의존한다고 보고되어 있다.

Wilson과 Osbourn(1960)은 6가지 중요 요인이 보상정도를 결정한다고 하였는데 그 요인은 (1) 제한사료의 성분, (2) 저영양상태의 정도, (3) 저영양사료의 급여기간, (4) 유지사양 개시기의 생리적 발달 단계, (5) 실험동물의 성숙정도와 (6) 보상성장 사료의 급여 형태라고 하였으며 절식의 정도가 심하거나 기간이 연장되면 영구적인 발육저해가 일어난다고 기록하였다.

Ledin(1984)은 사료를 무제한 급여한 동물과 비교해서 같은 수준으로 급여한 동물에서 일어나는 생체중의 보상성장은 내부기관(내부장기)의 발달에 기인한다고 하였으며, 이는 재급여기간에 발생하는 향상된 단백질 소화율과 더 효율적인 단백질대사의 영향이라고 보고하였다. Palsson(1955)의 가설에 따르면 뼈와 내부기관은 근육이나 지방과 비교하여 사료절식에 크게 영향을 받지 않는다고 하였으며, 따라서 소화관은 절식된 육성우에 있어서 재보상급여기간 동안 체중보다 더 많은 발달을 한다고 하였는데(Ledin, 1984), 예를 들면 소화관과 간은 실제 기능적 요구량에 기인하여 크기에 있어서 더 빠르게 커짐을 볼수 있었다(Goss, 1987). 저성장의 기간후 보상성장은 고등동물 사이에서는 매우 일정한 특징이 있다고 하였는데, 사료에서 체조적으로 전환하는 총효율성의 개념은 체조적의 증체율과 사료섭취량에 크게 의존한다고 하였다(Wilson과 Osbourn, 1960).

Winick와 Noble(1965)은 조직의 성장을 (1) hyperplasia : 세포수의 증가, (2) hyperplasia-hypertrophy : 세포수 증가와 동시에 세포크기의 증가, (3) hypertrophy : 세포수에는 변화없이 세포크기의 증가 등 3단계로 분류하였다. 세포성장의 정량적 측정인 hyperplasia 측정에 있어서는 nuclear 함량(DNA number)을 이용하고, 세포의 크기인 hypertrophy 측정에 있어서는 단백질과 단백질/DNA로 평가하며, 유선의 기능적 활성도를 나타내는 RNA와 RNA/DNA의 비율은 유선세포의 분비능력의 지표로 이용된다. Winick 등(1968)은 세포 증식단계(proliferative growth phase)에선 세포수에 있어 DNA 함성이나 성장은 단백질/DNA로 나타내는 세포크기와 관계없이 영양상태의 불량에 의하여 영향을 받는다고 하였으며 세포의 분화가 완료되었을 때에는 세포의 크기가 커진다고 하였다. 세포수가 감소되어 세포증식단계가 종결되기 전에

회복이 시작되지 않으면 완전한 복구가 어렵다고 하였다. 즉 조직의 발달단계는 영양불량에 의하여 세포성장은 치명적 손상을 받을 수 있다는 것이다.

사료제한은 여러변수, 즉 증체량(Blum 등, 1985; Szepesi 등, 1972; Thomson 등, 1982), 체조성(Szepesi 등, 1972), 대사변화(Blum 등, 1985; Thomson 등, 1982), 핵산함량(Jasper와 Brasel, 1980), 호르몬(Blum 등, 1985; Szepesi 등, 1972)과 효소의 활성도(Jasper와 Brasel, 1980), 장기의 크기 등에도 영향을 미친다. Turgeon 등(1986)은 영양소가 가축의 체조성에 변화를 가져온다고 하였는데 유지사양기간 동안은 지방축적이 억제되고 단백질 축적비율이 높아지며 보상성장 단계에서도 초기에는 단백질의 증가, 말기에는 지방함량 증가의 2단계를 거친다고 하였다. 그렇기 때문에 보상성장기의 어느 시기에 동물이 도달되는가는 보상성장 연구결과에 영향을 미친다.

### 3. 연구의 목적 및 필요성

본 연구자는 이러한 문제에 관심을 두고 지난 수년간 여러가지 연구를 수행하여 왔는데 지금까지의 연구결과를 보면 젖소 육성우를 공시가축으로 한 연구에 있어서 계단식 성장패턴은 성장효율, 에너지 이용효율, 단백질 이용효율을 증진시키고 혈액내 urea-N, glucose, triglycerides, cholesterol 과 lecthin cholesterol acyltransferase효소의 역가를 크게 변화시킨다는 것을 알 수 있었으며(Park 등, 1987b), 이들 젖소가 송아지 출산후 유량의 생산에서도 8~10% 이상 증가를 보여 주었다. 또한 쥐를 공시동물로 한 연구에 있어서도 계단식 성장패턴이 유선세포의 DNA, RNA, 단백질 함량과 RNA/DNA, 단백질/DNA 비율을 증가시키고 유선세포내 casein mRNA 함량을 증가시킨다고 하였다(Choi 등, 1988). Holstein heifer 24마리를 공시동물로 한 연구에서도 18개월 동안의 사양시험 결과, 총 증체량은 대조구에 비해 시험구에서 더 높았고, 건물기준 사료 섭취량에 있어서도 시험구에서 더 적게 섭취한 것으로 나타났는데 특히, 농후사료의 경우 대조구에 비해 시험구에서 총시험기간 동안 1.7 ton 이상의 절감효과를 보였으며 증체효율과 사료효율면에서 증진되었음을 알수 있었다. 또한, 10개월간의 산유능력 검정 결과를 통하여 계단식 성장을 겪은 젖소의 1산차 산유능력(305일 성년형 보정유량)이 대조구의 산유능력에 비해 11% 이상의 산유능력 향상 효과를 나타내었다. 그리고 계단식 성장패턴(stair-step growth pattern)에 관한 국외의 연구로는 쥐(Harris, 1980), 돼지(Sarkar 등, 1983) 양(McManus, 1972),

로일러(Pokniak와 Comejo, 1982)등 많이 보고되어 있으나, 수 천년간 전통적으로 사육되어온 한국 고유의 한우에 대한 이러한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구자는 지금까지 수행한 연구결과를 적용하여 계단식 성장패턴이 한우에도 증체효율 및 사료효율을 증진시킬 수 있고 생산비 절감이 이루어질 수 있는지 또한, 한우의 체내 조직에 어떠한 변화를 일으키는지를 규명하고자 하였으며, 이러한 계단식 성장패턴이라는 새로운 현실적인 사양기법의 유용성이 조사되어지고, 한우 양축가를 위한 새로운 사양체계로서 제시될 수 있는 사양 프로그램의 개발을 위한 기초자료를 제시함을 궁극적인 목적으로 수행하였다. 이러한 결과를 통해서 계단식 성장패턴을 적용한 사양기법이 실제 양축가에게 보급될 때, 한우의 성장효율 증진과 농후사료 절감효과로 인한 생산비 감소 및 체조성의 조절에 의한 저지방 한우육 생산을 통한 수익증대 등 농가 소득 증대 및 한우 산업의 국가경쟁력을 높이는 데 일익을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시축 선발 및 사양 관리

본 연구를 위해 한우 숫송아지 24두(평균체중 76kg)를 입식, 육성기 사양시 충분한 양의 조사료 급여를 통한 반추위의 발달과 튼튼한 비육용 밀소 육성이 중요하다는데 주안점을 두고 또한, 계단식 성장기의 보상시기의 과다한 농후사료 급여로 인한 대사성 질병 발생등의 여러가지 문제점들을 피하기 위하여 조사료의 섭취량을 최대한 증가시키려고 노력하였으며, 국내에서의 일반적인 사양형태를 크게 벗어나지 않는 사양을 유지하기 위해 벗짚이온 조사료사양을 50% 수준은 알팔과 건초로서 대체함으로써 개선하였으며, 벗짚에 대해서도 4~6 cm 단위로 절단하는 등 섭취량 증대를 위한 일련의 조치를 하였다. 또한, 공시축 24두의 시험구 배치는 계단식 사양구와 대조구로 각각 12두씩 2개 처리구로 나누고, 각 처리구내에서 비슷한 체중의 송아지를 4두씩 3개 그룹으로 구분하여 가급적 그룹내 사료 섭취 투쟁력의 평균화를 이루고자 노력 하였다.

그리고 입식 직후부터 서서히 조사료의 급여량을 증가시키는 조사료 순치기간으로서 2개월 동안의 시험전 사양과 1개월 동안의 예비사양기간을 거쳐 1993년 7월 1일부터

1994년 5월 1일 까지 총 10개월 동안의 본 시험을 수행하였는데, 본 시험 기간동안의 사양관리는 한우 육성우 24두를 대조구와 계단식 성장패턴구에 12마리씩 할당하여 Table 1. 대조구는 NRC(1988)의 육우 숫소 요구량에 맞는 대조구 사료를 급여하고 시험구는 3-2-3-2 개월의 유지-보상 사양을 2회 반복하여 2개의 계단식 성장을 유도하는 계단식 성장패턴 유도계획 Fig. 1에 따라 대조구사료에 대한 비율로서 유지기에는 영양소 급여량을 대조구보다 약 20% 정도 낮게 하고 보상성장 시기에는 약 25%정도 높게 농후사료의 양으로 영양소 공급 수준을 증감 조정하였다. 시험 전 기간 동안 조사료는 시험구간 같은 양으로 급여하고 오직 배합사료 함량으로써 목적하는 성장을 유도하였다. 그리고 소금과 물은 자유채식 하도록 하였으며, 기타 사양관리는 서울대학교 실험목장의 관행대로 수행하였다.

Table 1. Animal selection for the experiment

Treats	Control	Stair-Step
Heads	12	12
Body weight (kg)	123.17 ± 13.5	128.50 ± 13.86
Months	5.80 ± 0.12	5.82 ± 0.21

### 2. 체중 및 사료 섭취량 조사

매일 1일 우형기에 의한 계량을 통하여 체중의 변화를 조사 하였으며, 사료의 섭취량을 조사하기 위하여 매일 조사료는 오후 6시에 배식하여 다음날 오전 8시에 잔량을 조사 하였으며, 농후사료는 오전 8시에 배식하여 당일 오후 6시에 잔량을 조사하여 기록하였다.

### 3. 혈액채취 및 분석

계단식 성장사양이 한우의 혈중 대사산물의 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 계단식 성장사양이 개시되고 종료된 시점마다 혈액내 대사산물의 함량을 분석하였다. 혈액채취는 본 시험기간 중 총 3회(0, 5, 10개월)를 아침사료급여 3시간후 한우의 미근부에서 채취하였으며, 채취한 혈액은 4℃에서 overnight 시킨 후 2000 X g에서 30분 동안 원심분리하여 혈청만을 분리하여 분석할 때까지 -20℃에서 보관하였다. 혈청 glucose 농도는 glucose oxidase 방법 (Raabo와

Terkildsen, 1960)에 의해 분석하였고, 혈청내 urea-N, NPN(Non Protein Nitrates), total protein의 농도는 일반 kit (아산제약, 한국)를 사용하여 측정하였다.

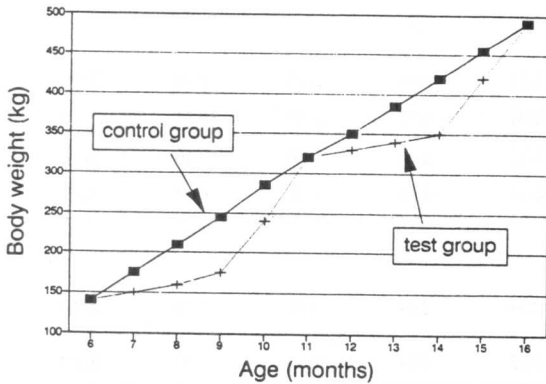


Fig. 1. Stair-step growth scheme of Korean Native cattle by treatment Control group ; NRC recommendation. Test group ; compensatory phase (25% above control), maintenance phase (25% below control)

#### 4. 시험사료 성분 분석

본 시험 개시전 시험사료에 대한 사료중 영양소 함량을 조사하기 위하여 사료중 일반적 화학성분을 AOAC (1984) 법에 의하여 분석하였다(Table 2).

Table 2. Chemical composition of experimental diets(%)

Chemical composition	Feedstuffs		
	Concentrate	Alfalfa hay	Rice straw
Dry matter	89.0	89.03	88
TDN	74.0	58.08	37.51
Crude protein	14.0	21.43	4.5
Ether extract	2.73	3.65	2.18
Crude fiber	4.74	20.29	28.3
Crude ash	5.34	7.57	15.1
Calcium	0.8	1.14	0.34
Phosphorous	0.4	0.30	0.13
Photassium	0.6	1.67	2.32
Magnesium	0.2	0.27	0.11

#### 5. 통계분석

본 시험의 통계분석은 Statistical Analysis System (SAS, 1985)을 이용하여 LSD 방법에 의하여 처리간 유의성 검정을 실시하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 계단식 성장 사양이 한우의 증체와 사료효율에 미치는 영향

##### 가. 첫번째 계단식 성장 사양에 의한 한우의 증체와 사료 섭취량의 변화

첫번째의 계단식 성장 사양 기간인 5개월 동안의 한우의 사료섭취량과 체중의 변화는 Table 3과 4에서 보는 바와 같은데, 사료 건물섭취량에 있어서 첫번째 유지(3개월)-보상(2개월) 기간 동안 대조구는 일일 평균 두당 5.58 kg을 섭취한 반면, 시험구는 5.35 kg을 섭취하여 대조구에 비해 일일 두당 0.23 kg씩 적게 섭취한 것으로 나타났다. 이는 농후사료의 기간 총 섭취량에 있어서 두당 약 36kg의 절감을 나타낸 것으로서 5개월간의 농후사료비가 두당 8,600원씩 절약 될 수 있었다.

그리고 기간중 체중변화를 살펴보면, 첫번째 유지-보상 사양을 겪은 한우의 3개월 동안 유지기간중 일일 증체에 있어서 대조구는 1.12 kg, 시험구는 0.85 kg으로 나타내어 대조구에 비해 시험구가 0.27kg 씩 적은 증체를 보였고, 반면에 보상기의 2개월간 일일 증체량은 대조구의 1.20kg 보다 시험구에서 1.57kg로서 0.37kg이 더 증체되었다. 이는 시험구에서 유지기의 일당 증체에 비해 무려 2배에 가까운 성장속도를 나타낸 것으로써 대조구의 육성기 성장이 꾸준한 양상으로 나타난 것과 대조적으로 계단식 사양에 의한 시험구의 한우는 유지와 보상 성장을 유도하기 위한 사양목적대로 유지와 보상성장의 양상을 잘 나타내 주고 있음을 알 수 있었다.

**Table 3. Daily intake of experimental diets during the first Stair-Step(5 Months)**

Phase <sup>a</sup>	Control		Test		SE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>
	Maint.	Comp.	Maint.	Comp.		
Duration (months)	3	2	3	2		
Ingredients(drymatter kg/d)						
Rice straw	0.93	1.23	0.94	1.25	0.10	0.321
Alfalfa hay	0.77	0.99	0.77	0.98	0.14	0.263
Concentrate	3.51	3.92	2.35	5.08	0.46	0.001
Sum	5.21	6.14	4.06	7.31	0.03	0.001
Chemical composition(drymatter, kg/d)						
Total digestible nutrient(TDN)	3.39	3.94	2.54	4.80	0.16	0.001
Total crude protein	0.70	0.82	0.54	0.98	0.02	0.001
Feed cost(concentrate) during 5 months						
Daily cost (won/head)	881.5	824.3				
Total cost(1,000 won/head)	133.1	124.5				

Phase<sup>a</sup> : Maintenance, Compensatory

SE<sup>b</sup> : Standard error of mean, where n = 11

P<sup>c</sup> : Probability

**Table 4. Change of body weight during the first Stair-Step(5 Months)**

Phase <sup>a</sup>	Control		Test		SE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>
	Maint.	Comp.	Maint.	Comp.		
Duration (months) Body weight (kg)	3	2	3	2		
Initial	123.17	223.58	128.00	204.17	2.61	0.001
Final	223.58	295.57	204.17	298.37	3.68	0.001
Weight gain	100.42	71.99	76.17	94.20	0.94	0.001
Daily gain	1.12	1.20	0.85	1.57	0.02	0.001

Phase<sup>a</sup> : Maintenance, Compensatory

SE<sup>b</sup> : Standard error of mean, where n = 11

P<sup>c</sup> : Probability

**나. 두번째 계단식 성장 사양에 의한 한우의 증체와 사료 섭취량의 변화**

두번째의 계단식 성장 사양 기간인 5개월 동안의 한우의 사료섭취량과 체중의 변화는 Table 5와 6에서 보는 바와 같은데, 사료 건물섭취량에 있어서 두번째 유지(3개월)-보상(2개월)기간 동안 대조구는 일일 평균 두당 8.61 kg을 섭취한

반면, 시험구는 8.28 kg을 섭취하여 대조구에 비해 일일 두당 0.33 kg씩 적게 섭취한 것으로 나타났다. 이는 농후사료의 기간 총 섭취량에 있어서 두당 약 41.4kg의 절감을 나타낸 것으로서 5개월간의 농후사료비가 두당 9,900원씩 절감됨을 알 수 있었다.

**Table 5. Daily intake of experimental diets during the second Stair-Step (5 Months)**

Phase <sup>a</sup>	Control		Test		SE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>
	Maint.	Comp.	Maint.	Comp.		
Duration (months)	3	2	3	2		
Ingredients(drymatter kg/d)						
Rice straw	1.96	2.73	1.96	2.72	0.09	0.001
Alfalfa hay	1.58	2.40	1.55	2.32	0.06	0.001
Concentrate	4.33	4.59	2.69	6.36	0.12	0.001
Sum	7.87	9.72	6.20	11.40	0.21	0.001
Chemical composition (drymatter, kg/d)						
Total digestible nutrient(TDN)	4.86	5.81	3.63	7.07	0.14	0.001
Total crude protein	1.03	1.28	0.80	1.51	0.02	0.001
Feed cost(concentrate) during 5 months						
Daily cost (won/head)	1,064.2	998.4				
Total cost(1,000 won/head)	159.6	149.7				

Phase<sup>a</sup>: Maintenance, CompensatorySE<sup>b</sup>: Standard error of mean, where n = 11P<sup>c</sup>: Probability

그리고 기간중 체중변화를 살펴보면, 두번째 유지-보상 사양을 겪은 한우의 3개월 동안의 유지기간중 일일 증체가 대조구는 0.91kg, 시험구는 0.67kg로 나타내어 대조구에 비해 시험구가 0.24kg 씩 적은 증체를 보였고, 반면에 보상기의 2개월간 일일 증체량은 대조구의 0.82kg 보다 시험구에서 1.35kg로서 0.53kg이 더 증체되었다. 이는 시험구에서 유지기

의 일일 증체에 비해 무려 2배이상의 빠른 성장속도를 나타낸 것으로써 대조구의 후기 성장이 둔화되는 양상과는 대조적으로 계단식 사양에 의한 시험구의 한우는 유지와 보상 성장을 유도하기 위한 사양목적대로 꾸준하게 유지와 보상 성장의 양상을 잘 나타내 주고 있음을 알 수 있었다.

**Table 6. Change of body weight during the second Stair-Step(5 Months)**

Phase <sup>a</sup>	Control		Test		SE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>
	Maint.	Comp.	Maint.	Comp.		
Duration Body weight(kg)	3	2	3	2		
Initial	295.57	387.37	298.37	358.78	11.6	0.001
Final	387.37	436.62	358.78	439.82	12.4	0.001
Weight gain	91.80	49.25	60.41	81.04	4.2	0.001
Daily gain	0.91	0.82	0.67	1.35	0.14	0.001

Phase<sup>a</sup>: Maintenance, CompensatorySE<sup>b</sup>: Standard error of mean, where n = 11P<sup>c</sup>: Probability

다. 2회의 계단식 성장사양을 겪은 한우의 증체와 사료효율

2회의 계단식 성장사양 기간인 총 10개월 동안의 한우의 사료섭취량과 체중의 변화는 Table 7과 Fig. 2에서 보는 바와 같은데, 사료 건물섭취량에 있어서 2회의 유지-보상기간 동안 대조구는 일일 평균 두당 7.09kg을 섭취한 반면, 시험구는 6.81 kg을 섭취하여 대조구에 비해 일일 두당 0.28kg씩 적게 섭취한 것으로 나타났었다. 이는 농후사료의 기간 총 섭취량에 있어서 두당 약 78kg의 절감을 나타낸 것으로서

10개월간의 농후사료비가 두당 18,720원씩 절약 됨을 알 수 있었다.

그리고 기간중 체중변화를 살펴보면, 2회의 유지-보상 사양을 겪은 한우의 10개월 동안의 일일 증체에 있어서는, 대조구와 시험구 모두 평균 1.04kg 으로서 거의 같은 일당 증체를 나타내었는데, 이러한 결과는 시험구의 한우가 유지와 보상 성장을 유도하기 위한 사양목적대로 유지와 보상성장 의 양상을 잘 나타내 주어 대조구의 것과 같은 수준으로 성장이 잘 이루어 졌음을 알 수 있었다.

Table 7. Production measurements averaged by the two Stair-Step feeding during experimental period (10 Months)

Item	Control	Test	SE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>
Body weight(kg)				
Initial	123.17	128.00	5.52	0.143
Final	436.62	439.82	11.78	0.031
Weight gain	313.45	311.82	6.05	0.045
Daily gain	1.04	1.04	0.01	0.621
Dry matter intake(kg/daily/head)	7.09	6.81	0.05	0.043
Growth efficiency <sup>a</sup>	14.66	15.27	0.29	0.012
Feed(concentrate) cost during 10 months				
Daily cost(won/head)	1,701.6	1,634.4		
Total cost(1,000 won/head)	292.8	274.1		

Growth efficiencya : daily (weight gain/dry matter intake)× 100

SE<sup>b</sup> : Standard error of mean, where n = 11

P<sup>c</sup> : Probability

이와 같은 결과는 제한사료로서 사양된 육성 젖소 송아지에게 보상성장사료를 급여 했을때 더 높은 성장능력과 성장 효율을 나타낸다고 보고한 Wilson 과 Osbourn(1960)의 결과와 일치한 것으로 나타나 이들은 보상성장을 경험한 동물은 보상사양 동안에 생산활동을 위한 사료의 이용성이 급격히 증가하기 때문이라고 하였다. 그리고 Park 등(1988)과 장(1994)이 Holstein 육성우를 대상으로 실시한 계단식 성장사양 시험에서 제한 사료 급여기간(유지기) 동안은 증체량이 감소할지라도 보상성장 기간에는 성장효율, 에너지와 단백질 이용효율이 크게 증진되어 결과적으로는 대조구에 비해 더 적은 사료를 섭취하고도 더 높은 체중의 증가를 나타내게 된 것이라는 결과와도 일치한 것으로 나타났다.

또한, 1회의 유지 보상사양 기간인 6개월령에서 11개월령까지의 일당증체량은 대조구 1.12kg/day에서 1.20kg/day, 시험구 0.85kg/day에서 1.57kg/day으로 꾸준한 상승을 보였으나 이후 16개월령까지의 2회 계단식 사양기간 동안에는 대조구 0.91kg/day에서 0.82kg/day, 시험구 0.67kg/day에서 1.35kg/day으로 후기 사양기의 체중 증가가 뚜렷한 둔화를 나타내었는데, 이러한 결과는 장(1994)이 Holstein 육성우를 대상으로 실시한 계단식 성장사양 시험결과와 일치하는 것으로 나타났다.

또한, 영양상태가 불량하거나 부족한 사료 혹은 부족한 영양소로 일정기간 사양한 동물들에게 반대로 고영양 수준의 사양을 하였을때 보상성장이 일어난다고 하였는데 (Park



등, 1989; Wilson과 Osbourn, 1960), 이러한 동물들은 정상적으로 사양한 동물들에 비교해 식욕증가에 따른 사료 섭취량의 증가, 영양소 이용효율의 증가, 기초 대사에너지의 억제에 의한 유지에너지 요구량의 감소, 내분비 기능의 활성화, 체 조직 조성의 변화 및 체중의 증가 등 전반적으로 개선된 효율성을 나타낸다고 하였다(Baik, 1992; Choi, 1987a; Choi 등, 1987b; Choi 등, 1992; 장, 1994; Jasper와 Brasel, 1980; Park 등, 1987a)는 많은 연구결과들과 마찬가지로의 결과를 본 시험에서도 발견할 수 있었으며, 특히 사양시험중의 시험축의 행동양식 및 반응을 관찰한 바 대조구의 한우보다 시험구의 한우에서 보다 강한 사료 섭취 호소행동 및 행동거지의 민첩성이 두드러 짐을 알 수 있었는데, 이는 계단식 사양의 내적 효율 증대 효과와 더불어 외적, 즉 관리적 측면에서의 효율 증대 효과를 살펴볼 수 있는 현상으로 앞으로 더 많은 관심과 연구가 요구되는 문제로 나타났다.

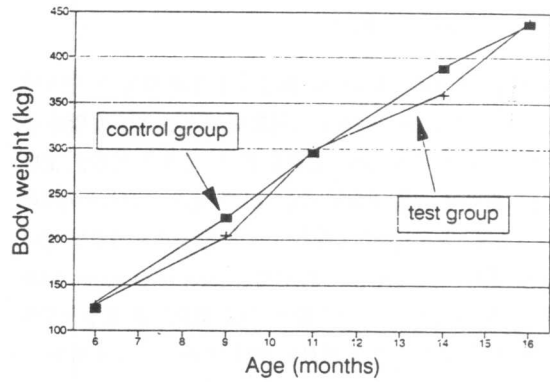


Fig. 2. Change of body weight(kg) during the experimental period(10 months). Control group : NRC recommendation. Test group : compensatory phase (25% above control) maintenance phase (20% below control)

Table 8. Change in blood metabolites during the experimental periods (Unit: mg/dl)

Months	Control			Test			SE <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>
	6	11	16	6	11	16		
Serum glucose	44.7	67.8	72.3	45.9	70.5	77.2	4.1	0.042
Urea-nitrogen	18.4	22.9	28.8	19.7	20.9	23.8	2.7	0.022
Non protein-nitrate(NPN)	23.2	32.6	33.5	22.6	30.9	33.4	3.5	0.047
Total protein	44.5	58.1	80.9	49.8	53.4	78.0	4.8	0.053

SE<sup>a</sup> : Standard error of mean, where n = 11

P<sup>b</sup> : Probability

## 2. 계단식 성장 사양에 의한 한우의 혈액중 대사산물의 변화

시험축의 혈액중 대사산물의 함량변화를 조사하기 위해 본 시험기간 중 계단식 성장사양의 개시시와 종료시 마다 즉, 0, 5, 10개월의 총 3회에 걸쳐 한우의 미근부 정맥혈에서 혈액을 채취하여 혈청 glucose, urea-nitrogen, non protein nitrates(NPN) 및 total protein을 조사 하였는데 Table 8, 개시시의 각 혈중 대사산물 함량이 보상이 종료되는 시점에서는 대체로 증가하는 것으로 나타났는데, 그 중 혈청 glucose 함량이 첫번째 보상 종료시에 증가를 나타내고 이후 계속적인 증가를 보였다. 이러한 결과는 Choi(1987a)의 Holstein 육성

우에 대한 계단식 성장사양 시험 결과와 일치하는 것으로 그리고 urea-nitrogen, non protein nitrate(NPN) 및 total protein에 있어서도 월령 증가와 함께 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이러한 결과는 이전의 비슷한 연구(Choi,1987a; Ledin,1984)들의 유지사양 기간중에는 이들 함량이 낮은 수준으로 유지되다가 보상사양에 의해서 급격히 증가한다는 결과와 일치므로 보상의 과다한 사료급여에 의한 것으로 사려된다. 또한, 이러한 유지 보상성장에 의한 혈중 대사산물의 함량변화는 도살한 동물의 체조직 성분함량과도 밀접한 관계가 있으며, 정상적으로 사양한 동물에 비해 보상성장을 겪은 동물은 도체중 단백질 함량이 더 높고, 건물과 지방 및 에너지 함량은 더 낫다는 연구보고(Hegarty and Kim,

1980; Ledin, 1984; McManus, 1972)들을 통해 비록, 본 연구의 시험구 한우가 후기비육을 목적으로 아직 도살하지 않아 실제 도체내의 대사산물의 함량을 알 수 없지만 저지방, 고단백의 함량이 높을 것으로 추론 할 수 있다. 그러나 이러한 도체중의 대사산물의 함량은 도살의 방법이나 시간에 많이 좌우 된다는 보고(Szepesi 등, 1972; Wilson 과 Osbourn, 1960)와 같이 반드시 일치하지 않을 수도 있으므로 보상성장에 의한 체내 조직 성분의 변화를 보다 명확히 밝히기 위한 연구가 계속 되어져야 할 것이다.

#### IV. 결 론

이상과 같은 시험결과를 통해 육성기에 있는 한우에 대한 계단식 성장패턴을 유도하는 계단식 성장 사양은 간단하면서도 현실에 적용할 수 있는 사양기술로서 수입 개방화 시대에 대비하여 한우 경영의 합리화와 국제화 및 첨단화를 꾀할 수 있는 새로운 사양기법으로 자리할 가능성이 높음을 알 수 있다. 그러나 이러한 사양기술이 확립되고 양축가가 손쉽게 습득 운용할 수 있게 하기 위해서는 본 시험에서의 축사시설 및 장비의 부족 등 여러가지 문제점들로 인해 수행하지 못한 완전 개체별 계단식 성장사양 시험이 이루어지고 시험기간중의 면밀한 기록관리와 분석을 통하여 한우의 월령별 계단식 성장사양 체계를 확립되어져야만 할 것이다. 또한 이러한 사양체계는 한우이외의 다른 경제 가축에게도 계단식 성장 사양기법을 적용할 수 있도록 체계 확립과 보급을 위한 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 적 요

본 연구는 계단식 성장패턴이라는 간단하고도 현실적인 새로운 사양기법을 한우에 도입하여 한우의 성장능력 향상과 사료효율의 개선을 통한 생산비의 절감을 이루고자 수행하였다. 한우 숫송아지 24두(평균체중 76kg)를 계단식 사양구와 대조구로 각각 12두씩 2개 처리구로 나누어 사육하였는데, 3-2-3-2 개월로 유지-보상 사양을 2회 반복하였다. 총 10개월 동안 2회의 계단식 사양 실험 결과 한우 육성우의 농후사료 섭취량은 대조구가 두당 1,220kg (293,000원), 계단식 사양구가 두당 1,142kg (274,000원)으로 계단식 사양에 의해

두당 약 19,000원의 사료비 절감효과를 나타내었으며, 기간중 두 시험구 모두 1.04kg 정도의 일당증체를 나타냈다. 성장효율에 있어서도 대조구의 14.7%에 비해 계단식 사양구가 15.3%로서 더 좋은 것으로 나타났다. 그리고 혈액중의 대사산물의 변화에 있어서는 혈중 glucose, urea-nitrogen, NPN, total protein 의 함량이 월령 증가와 함께 증가하였고, 계단식 사양구에서 각각의 보상사양 종료시의 혈중 glucose 함량이 67.8mg/dl에서 70.5mg/dl로, 72.3mg/dl에서 77.2mg/dl로 각각 증가하는 것으로 나타났다. 결론적으로 본 실험의 결과 계단식 성장 패턴을 한우에 적용시킴으로써 성장능력과 사료효율을 증진시켜서 한우의 생산비를 절감하는 효과를 얻을 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
2. Baik, M. G. 1992. Nutritional modulation of mammary development and differentiation and aging. Fargo, North Dakota State University. Ph. D. dissertation.
3. Blum, J. W., W. schnyder, P. L. Kunz, A. K. Blom, M. Bickel and A. Schurch. 1985. Reduced and compensatory growth: endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers. *J. Nutr.* **115**:417.
4. Bohman, V. R. 1985. Compensatory growth of beef cattle. The effect of hay maturity. *J. Anim. Sci.* **14**:249~255.
5. Choi, Y. J. 1987a. The regulation of mammary differentiation and milk protein gene expression. Ph. D. thesis, North Dakota State University, Fargo, USA.
6. Choi, Y. J., C. S. Park, W. L. Keller, R. L. Harrold and C. N. Haugse. 1987b. Compensatory growth modulates milk protein gene expression. *J. Anim. Sci.* **65**:254 (Abstr.).
7. Choi, Y. J., S. H. Kim, K. K. Cho and I. K. Han. 1992. The regulation of mammary development and milk protein gene expression by stair-step growth pattern in rats. *Kor. J. Anim. Nutro. Feed.* **16**(4):171~175.
8. Choi, Y. J., W. L. Keller, I. E. Berg, C. S. Park and A. G. Mackinlay. 1988. Casein gene expression in bovine mammary gland. *J. Dairy Sci.* **71**:2898.
9. Crenshaw, J. D., C. S. Park, P. M. Swantek, M. P. Storlie,

- W. L. Keller and R. C. Zimprich. 1989. Growth, reproduction and lactation response of gilts to a phased feeding regimen designed to induce compensatory growth. *J. Anim. Sci.* **67**:228.
10. Crenshaw, J. F., C. S. Park, P. M. Swantek and W. L. Keller, 1988. Growth and metabolic responses of gilts reared under a restricted-compensatory growth scheme. *J. Anim. Sci.* **66**:271.
11. Goss, R. G. 1987. Functional demand in the digestive tract. In the physiology of growth. pp 267~283. Academic press. London.
12. Harris, P. M. 1980. Changes in adipose tissue of the rat due to early undernutrition followed by rehabilitation. 1. body composition and adipose tissue cellularity. *Br. J. Nutr.* **43**:15~26.
13. Hegarty, P. V. J. and K. O. Kim. 1980. Changes in skeletal muscle cellularity in starved and re-fed young rats. *Br. J. Nutr.* **44**:123~127.
14. Jasper, H. G. and J. A. Brasel. 1980. Rat liver synthesis during the "catch-up" growth of varied nutritional rehabilitation. *J. Nutr.* **11**:2336.
15. Ledin, I. 1984. Effect of restricted feeding and realimentation on growth, carcass composition and organ growth during the seven days of realimentation in rabbit. *Acta Agr. Scand.* **34**:54.
16. McManus, W. R. 1972. Studies of compensatory growth in sheep. *J. Agr. Sci. (Camb.)* **79**:1.
17. NRC. 1988. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press, Washington, D. C.
18. Osborne, T. B. and L. B. Mendel. 1915a. The resumption of growth after long continued failure to grow. *J. Biol. Chem.* **23**:439~454.
19. Palsson, H. 1955. Conformation and body composition. In H. Palsson (ed.). *Progress in the physiology of farm animals*. pp 430~542. Butterworth. London.
20. Park, C. S., Y. J. Choi and R. L. Harrold. 1987a. Protein-energy inter relationships in development and function of mammary gland in rats. *Nutritional Report International* **36**:1251.
21. Park, C. S., M. G. Baik, W. L. Keller and R. L. Harrold. 1988. Effect of compensatory growth on milk protein gene expression and mammary differentiation. *FASEB Journal* **2**:2619.
22. Park, C. S., M. G. Baik, W. L. Keller, I. E. Berg and G. M. Erickson. 1989. Role of compensatory growth in lactation: A stair-step nutrient regimen modulates differentiation and lactation of bovine mammary gland. *Growth, Development and Aging* **53**:159~166.
23. Park, C. S., Y. J. Choi, G. M. Erickson and G. D. Marx. 1987b. Effect of compensatory growth on regulation of growth and lactation: Response of dairy heifers to a stair-step growth pattern. *J. Anim. Sci.* **64**:1751.
24. Pokniak, J. A. and S. B. Comejo. 1982. Effects of energy and protein undernutrition on productive performance and carcass, liver and digestive tract composition of broiler males (1). *Nutr. Rep. Int.* **26**:319~327.
25. Prince, J. T., S. B. Jungst and D. L. Kuhlers. 1983. Compensatory response to short-term feed restriction during the growing period in swine. *J. Anim. Sci.* **56**:846~852.
26. Raabo, E. and T. C. Terkildsen. 1960. On the enzymatic determination of blood glucose. *Scan. J. Clin. Lab. Invest.* **12**:402-407.
27. Sarkar, N. K., G. A. Lodge, C. J. Williams and J. L. Elliot. 1983. The effects of undernutrition of suckled pigs on subsequent growth and body composition after nutritional rehabilitation. *J. Anim. Sci.* **57**:34~42.
28. SAS. 1986. SAS user's guide: Statistical Analysis System, SAS Inst. Inc. Cary, NC.
29. Sheehy, E. J. and B. J. Senior. 1942. Storing cattle at different levels of nutrition. *J. Dep. Agric. Ire.* **39**:245~262.
30. Szepesi, B., R. Vegors and J. M. DeMouy. 1972. On the possible role of insulin in the starve-refed response. *Nutr. Rep. Int.* **5**:281~286.
31. Thomson, E. F., H. Bickel and A. Schurch. 1982. Growth performance and metabolic changes in lambs and steers after mild nutritional restriction. *J. Agric. Sci. Camb.*