

조기제한 사양의 강도와 시기 및 기간이 육계의 보상성장과 사료효율 및 복강지방 축적에 미치는 영향

이규호¹ · 오용석 · 함영훈

강원대학교 사료생산공학과

Effects of Early-life Feed Restriction Severities, Ages and Duration on Compensatory Growth, Feed Efficiency, and Abdominal Fat Pad Deposition in Broilers

Kyu-Ho Lee¹, Yong-Seok Ohh and Young-Hoon Ham

Department of Feed Science and Technology, Kangwon National University, Chunchon, Kangwon, Korea 200-701

ABSTRACT Two experiments were conducted to study the effects of early-life feed restriction, ages and duration on compensatory growth, feed efficiency, and abdominal fat pad deposition in broilers. The chicks were randomly assigned to four treatments (experiment 1) or seven treatments (experiment 2). Each dietary treatment was replicated with three floor pens in both experiments, and twenty chicks were assigned to each pen. In experiment 1, birds in control group (C) were full-fed throughout the study. For treatments 1, 2, and 3, birds were fed diets containing 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}/d for 3 d (T1), 1.5 kcal ME/gBW^{0.67}/d for 5 d (T2), and 2.25 kcal ME/gBW^{0.67}/d for 7 d (T3), all imposed beginning at 7 d of age. The selected value seems appropriate for maintenance feeding because the feed restriction at T1 resulted no growth in virtually. Although the birds previously subjected with restricted feeding significantly ($P<0.05$) enhanced growth partly (in 22~49 d), the weight gain over the entire growth period (7~49 d) was not influenced by the restricted feeding programs. Whereas, the restricted feedings had effects with significant ($P<0.05$) increase in feed intake not only in 22~49 d, but in overall period (7~49 d). The feed conversion for the birds previously subjected with restricted feeding was significantly ($P<0.05$) improved after 21 d. The birds with restricted feedings (T1, T2, T3) showed better ($P<0.05$) feed conversion ratio than C both in 22~49 d and in 7~49 d. The restricted feeding programs did not show effects in reducing for abdominal fat pad deposition or mortality. In experiment 2, the birds of C were full-fed in overall period. But for treatments 1, 2, 3, 4, 5, and 6 (T1~T6), the birds were fed diets containing 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}/d for 3 or 5 d, starting at either 4, 7 or 10 d of age. The selected value seems appropriate for maintenance feeding because the feed restriction resulted no growth in virtually; which was same as experiment 1. The effects of early feed restriction, regardless the starting age, containing 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}/d for 5 d resulted in failure to achieve complete growth compensation to 49 d of age. When subjected to transient feed restriction, the feed consumptions in the birds of restricted feeding groups were generally less than the ones of C group. However, when the birds with restricted feeding were supplied with full-feed, they showed compensations in feed consumptions. The feed conversion in the birds previously subjected with feed restriction was significantly ($P<0.05$) improved after 21 d. During 22~49 d and over the 4~49 d, the restricted feeding group birds significantly ($P<0.05$) improved the feed conversion to be compared with the birds of C. The restricted feeding programs, in regardless the feed restriction ages and duration, did not show effects in reducing for abdominal fat pad deposition or mortality.

※ 이 논문은 2000 강원대학교 기성회 일반연구비 지원과제의 결과임.

¹To whom correspondence should be addressed : khlee@kangwon.ac.l

It is concluded that feed restriction (containing 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}/d) imposing for 3 d at 7-d-old seems to be the best option as a mean of improving growth and feed efficiency in broilers.

(Key words : broilers, feed restriction, ages, feed consumption, feed efficiency)

서 론

오늘날의 육계는 팔목할 만한 유전적 개량으로 30년 전에 비해 성장은 두 배나 빨라졌으며, 사료요구율은 절반으로 줄어들었다. 이러한 육계능력의 개량은 주로 빠른 성장과 큰 체중을 위주로 종계선발을 집중적으로 실시한 결과이며, 그 결과 출하체중은 커지고 출하일령도 빨라지게 되었다(Gyles, 1989). 그러나 큰 체중을 위주로 개량한 오늘날의 육계는 복강지방을 비롯한 전체 체지방이 동시에 증가되었고, 체중의 3~5%에 이르는 복강지방을 함유하여(Simpson and Goodwin, 1979) 소비자뿐만 아니라 사육자와 가공업자에게도 피해가 되고 있다. 더욱이 부분육에 대한 요구가 증가되어 출하 및 도살체중이 커지고 있는 대형 육계에서 불필요한 체지방 및 복강지방을 감소시키는 문제는 연구의 초점이 되어 왔다. 따라서 오늘날의 육계사육에서는 소비자의 육구를 충족시키기 위해 계육생산량과 사료효율 및 생존율을 향상시키는 동시에 체지방 축적은 감소시키는 방법에 관심이 집중되고 있으며, 출하체중이나 출하일령 등 생산능력에는 지장이 없이 체지방과 복강지방을 감소시키고 사료효율은 향상시키는 방법으로 육계사육초기에 일정기간 조기제한사양하는 방법이 최근에 많이 연구되고 있다.

이러한 조기제한사양에 의한 보상성장의 효과는 제한사양의 시기, 기간, 정도와 제한사양 후의 자유채식 기간과 사료섭취량 및 육계의 성과 계통 등 많은 요인에 의해 영향을 받으며(Yu and Robinson, 1992), 브로일러에서 보상성장의 현상과 관련된 영양적, 생리적, 대사적 및 내분비적인 기전이 아직 확실하게 밝혀져 있지 않아(Ashworth and Millward, 1986), 조기제한 사양 후 사료를 무제한으로 다시 급여했을 때 브로일러가 나타내는 반응은 연구자에 따라 잘 일치하지 않고 있다.

육계의 조기제한사양방법은 연구자에 따라 방법상의 차이가 있으나 대체로 부화후 약 1주일부터 약 7일간 사료나 에너지 섭취량을 심하게 제한하여 성장을 억제 또는 중지시켰다가 다시 사료를 자유채식시킴으로서 제한사양기간동안 성장이 억제되었던 병아리에 보상성장을 시켜 출하시 체중에는 차이가 없이 사료효율을 개선하고 체지방과 복강지방의 축적을 감소시키기 위한 방법이다.

Zubair와 Leeson(1994)은 보상성장으로 인한 사료효율의 향상은 보상성장 기간동안의 소화율 개선보다는 유지에너지 요구량의 감소와 관련이 있다고 하였으며, Plavnik와 Hurwitz(1989)는 육계 수평아리의 유지에너지 요구량을 1일 1.50 kcal ME/gBW^{0.67}로 추정하였으나, 이 에너지 공급 수준에서 제한사양기간에 1일 2~4g의 증체를 하였으므로 유지에너지 요구량이 과다하게 계산된 것으로 보이며, Jones와 Farrell(1992)은 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 제한사양한 결과 제한사양기간에 체중의 변화가 없이 성장이 중지되었으나 48일령에 체중이 완전히 회복되었다고 보고하였으며, 영양적 제한의 기간이 길수록 증체의 감소에 따른 보상성장이 더 어렵다고 하였고(Yu and Robinson, 1992), 제한사양의 기간은 6일간 사료제한을 한 육계들은 완전하게 체중이 보상성장을 이루어 회복이 된 반면, 12일간 사료제한을 한 육계들은 체중이 회복되지 않았다(Plavnik and Hurwitz, 1985). 이러한 결과는 여러 학자들의 결과와 일치한다(Rosebrough et al., 1986; McMurtry et al., 1988; Ballay et al., 1992). 대부분의 학자들은 사료제한의 기간은 수컷은 5일, 암컷은 7일을 넘기지 않아야 체중을 완전하게 회복할 수 있다고 하였다(McMurtry et al., 1988; Plavnik and Hurwitz, 1991). 반면에 암컷 브로일러에게 4일 동안 사료제한을 하면 더 짧은 기간에 완전히 회복한다고도 하였다(Jones and Farrell, 1992).

Lee와 Leeson(2001)은 제한사양의 강도에 관한 실험에서 육계 수평아리로 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4일, 1.50 kcal ME/gBW^{0.67}로 5일, 2.25 kcal ME/gBW^{0.67}로 6일 제한급여한 결과 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4일제한한 처리만이 제한사양기간중에 체중의 변화가 없었으며, 49일령 체중은 제한급여구들이 무제한 급여구에 비해 유의적으로 높았고(P<0.05), 사료효율도 유의적으로 향상되었으나(P<0.05), 복강내 지방함량과 폐사율은 처리간에 유의적 차이가 없었다고 보고하였고, 조기제한사양의 시기와 기간에 관한 실험에서 육계 수평아리에게 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4, 7 및 10일령에 시작하여 각각 3, 4 및 5일 동안 제한급여를 실시한 결과 사료제한을 일찍 시작하거나 제한사양기간을 짧게 한 시험구들에서 보상성장이 일어났으며, 늦게 시작하거나 제한사양기간을 길게 한 시험구는 보상

성장이 완전하게 일어나지 않았다. 또한 도체특성과 폐사율은 아무런 영향을 미치지 않았지만, 사료효율은 개선되었다고 보고하였다.

본 시험은 우리나라 농가에서 주로 사육하는 무감별 육계에 대한 조기제한 사양의 강도(정도), 시기 및 기간이 육계의 보상성장과 사료효율 및 체지방 축적에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물, 시험기간 및 장소

실험 1과 실험 2에는 모두 상업용 무감별 전용육계를 공시하였으며, 실험 1에는 7일령의 병아리 240수와 실험 2에는 4일령의 병아리 420수가 공시되었고, 두 실험 모두 개인 소유의 육계농장에서 49일령까지 실시하였다.

2. 시험설계 및 시험사료

실험 1과 2에서 사용된 시험사료의 배합율과 영양성분의 계산치는 Table 1에서 보는 바와 같으며, 실험 1에서 대조구(control)는 Table 1의 육계사료를 전 시험기간동안 자유채식을 시켰으며, T1은 7일령에서 9일령까지 3일간 육계 전기사료를 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}, T2는 7일령에서 11일령까지 5일간 1일 1.50 kcal ME/gBW^{0.67}, T3는 7일령에서 13일령까지 7일간 1일 2.25 kcal ME/gBW^{0.67}로 제한급여를 하였고, 공시용 육계는 반복당 20수씩 4처리 3반복으로 완전임의 배치하였다. 실험 2에서는 대조구는 Table 1의 육계사료를 전시험기간동안 자유채식을 시켰으며, 시험구들은 모두 육계전기사료를 이용하여 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 제한사양하였는데, T1은 4일령에서 6일령까지 3일간, T2는 4일령에서 8일령까지 5일간, T3는 7일령에서 9일령까지 3일간, T4는 7일령에서 11일령까지 5일간, T5는 10일령에서 12일령까지 3일간 및 T6는 10일령에서 14일령까지 5일간 제한급여를 하였으며, 공시용 육계는 반복당 20수씩 7처리 3반복으로 완전임의 배치하였다.

3. 공시축 사양관리

공시된 육계는 반복별로 2.5m×2m의 크기로 칸막이를 설치한 평사계사에 20수씩 수용하였으며, 깔짚으로 왕겨를 사용하고 원통형 수동 급사기와 자동 급사기를 칸마다 하나씩 설치하였고, 제한사양기간동안에는 각 칸마다 공시축들이 사료를 고르게 섭취할 수 있도록 사료통을 여유있게 설

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets (Experiment 1 and 2)

	Starter Diet	Finisher Diet
Ingredients(%)		
Yellow Corn	55.00	57.70
Wheat	5.00	5.00
Wheat bran	2.70	6.20
Soybean meal	24.00	19.00
Corn gluten meal	1.00	1.00
Fish meal	7.00	6.00
Animal fat	3.00	3.00
Tricalcium phosphate	1.50	1.35
Vit-Min. premix ¹	0.50	0.50
Choline-Cl	0.20	0.20
DL-Methionine	0.10	0.05
Total	100.00	100.00
Chemical composition ²		
ME, kcal/kg	3005	3008
CP, %	20.6	18.06
Ca, %	1.02	0.91
np-P, % ³	0.42	0.39
Methionine, %	0.41	0.35
Lysine, %	1.14	0.99

¹ Contained per kg : vit. K₃, 30,000mg; vit. B₁, 22,500 mg; B₂, 60,000mg; B₆, 45,000mg, B₁₂, 225mg; biotin, 1,65 mg; folic acid, 9,000mg; Fe, 40,000mg; Co, 300mg; Cu, 3,500mg; Mn, 55,000mg; Zn, 50,000 mg; I, 600mg; Se, 130mg.

² Calculated values.

³ np-P : non-phytic phosphorus.

치하였으며, 육계전기사료는 28일령까지 급여하였고 육계 후기사료는 49일령까지 급여하였다. 제한사양기간이 끝난 후 각 시험구들은 육계전기사료와 육계후기사료를 자유로이 섭취하도록 하였으며, 물도 자유로이 마시게 하였다. 점등은 24시간 계속점등을 하였으며, 계사의 온도 및 기타 사양관리는 농가의 계획에 맞게 실시하였다.

4. 조사항목과 조사방법

1) 체중 및 증체량

공시된 육계는 모두 완전임의배치 후 시험시작 일령 체중

을 측정하여 시험개시 체중을 측정한 다음 제한사양이 끝나는 시점에 다시 체중을 측정하였고, 대조구는 제한사양구들의 체중을 측정하는 시점마다 체중을 측정하였으며, 모든 처리구들은 21, 49일령에 체중을 측정하였다. 측정된 각 반복별 체중은 공시수수로 나누어 1수당 평균체중으로 나타내었으며, 증체량은 제한사양기간, 제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지 크게 5단계로 나누어 나타내었다.

2) 사료섭취량 및 사료요구율

사료섭취량은 증체량과 마찬가지로 증체량을 구하는 기간별로 나누어 구하고, 구한값을 연 공시수수로 나누어 1수당 평균 사료섭취량을 나타내었으며, 사료요구율은 제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별로 1수당 사료섭취량을 1수당 증체량으로 나누어 kg 증체당 소요된 사료요구율로 나타내었다.

3) 복강내 지방함량 및 폐사율

복강내 지방함량은 시험이 끝나는 49일령에 각 반복당 암수 1수씩, 처리당 6수씩을 도살하여 도체중(g)을 구하고 복강내 지방중량(g)을 조사하여 복강내 지방중량을 도체중으로 나누어서 백분율(%)로 나타내었다. 폐사율은 시험 전

기간인 시험 개시일령부터 49일령까지의 폐사한 수수를 입추수수로 나누어 백분율(%)로 나타내었다.

4) 통계처리

모든 시험성적의 통계분석은 SAS®(SAS Institute, 19-89)의 ANOVA Procedure를 이용하여 5% 수준에서 유의성 검사를 하였으며, 처리평균간 유의성 검정은 Duncan의 다중검정방법(Snedecor and Cochran, 1980)을 이용하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 실험 1

제한사양기간, 제한사양 후 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별 증체량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 7일령부터 3일동안 제한한 T1시험구는 제한사양기간에 성장이 거의 이루어지지 않았으며, 이것은 제한사양기간 중 급여한 사료의 영양소가 유지요구량에 가장 근접하였던 때문인 것으로 보이며, 상대적으로 제한의 정도가 덜 심했던 T2, T3는 T1보다 증체량이 많았지만 역시 대조구보다는 성장이 많이 억제되었다(P<0.05). 제한사양기간을 포함한 시험 개시일부터 21령

Table 2. Effect of early feed restriction severities on body weight gain of broilers(g/bird) in Experiment 1

Days	Treatment ¹				Significance	SEM
	C	T1	T2	T3		
07-09	48.40±2.49 ²	8.10±6.70			*	8.75
07-11	90.27±5.15		23.72±1.93		*	6.73
07-13	141.37±9.43			59.10±2.31	*	11.89
10-21	377.19±16.25	323.77±3.73			*	20.42
12-21	335.33±13.66		324.58±15.17		*	25.00
14-21	284.23±9.32			327.15±14.40	*	21.01
07-21	425.60 ^a	331.87 ^{bc}	348.30 ^c	386.25 ^c	*	24.95
22-49	2033.44 ^b	2131.15 ^a	2135.71 ^a	2060.76 ^{ab}	*	44.80
07-49	2459.03	2463.02	2484.01	2447.01	NS	27.98

^{a-c} Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T2 = 1.5 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T3 = 2.25 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 13 d).

² Mean ± SE(standard error).

Table 3. Effect of early feed restriction severities on feed intake of broilers(g/bird) in Experiment 1

Days	Treatment ¹				Significance	SEM
	C	T1	T2	T3		
07-09	74.54±3.83 ²	16.50±0.00			*	4.69
07-11	139.01±7.92		55.00±0.00		*	9.70
07-13	220.54±14.71			115.50±0.00	*	18.02
10-21	626.34±26.60	501.84±5.78			*	33.34
12-21	561.86±22.62		509.60±23.82		NS	40.23
14-21	480.34±15.75			523.43±23.04	NS	34.18
07-21	700.88 ^a	518.34 ^b	564.60 ^b	638.93 ^a	*	39.28
22-49	4174.18	3858.59	3847.67	3845.52	NS	197.75
07-49	4875.06 ^a	4376.93 ^b	4412.24 ^b	4484.46 ^{ab}	*	215.75

^{a-b} Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T2 = 1.5 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T3 = 2.25 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 13 d).

² Mean ± SE(standard error).

까지의 증체량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 낮았으나(P<0.05), 22일령부터 49일령까지는 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 증체가 더 이루어졌으며(P<0.05), 7일령부터 49일령까지의 전기간 증체량은 처리간에 유의적 차이가 없었다. 이러한 결과는 비록 제한사양 기간동안 시험구들이 대조구에 비해서 제한사양으로 인하여 성장이 억제되었지만 제한사양 해제 후부터, 특히 22~49일령

에 보상성장이 활발하게 이루어져 49일령에는 대조구와 차이가 없는 증체를 이룬 것으로 판단된다.

Table 3은 증체량과 마찬가지로 제한사양기간, 제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별 사료섭취량을 나타낸 것이다. 제한사양기간의 시험구들의 사료섭취량은 각각의 영양소제한수준에 해당하는 육계전기

Table 4. Effect of early feed restriction severities on feed conversion of broilers in Experiment 1

Days	Treatment ¹				Significance	SEM
	C	T1	T2	T3		
10-21	1.661±0.00 ²	1.550±0.00			NS	0.001
12-21	1.676±0.00		1.570±0.00		NS	0.001
14-21	1.690±0.00			1.600±0.00	NS	0.000
07-21	1.647 ^a	1.563 ^b	1.621 ^a	1.655 ^a	*	0.030
22-49	2.057 ^a	1.811 ^b	1.801 ^b	1.867 ^{ab}	*	0.120
07-49	1.984 ^a	1.777 ^b	1.776 ^b	1.833 ^{ab}	*	0.099

^{a-b} Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T2 = 1.5 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T3 = 2.25 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 13 d).

² Mean ± SE(standard error).

사료의 섭취량이다. 제한사양 후부터 21일령까지의 사료섭취량은 T1시험구만이 대조구에 비해 유의적으로 적었으며 ($P < 0.05$), T2, T3시험구는 대조구와 유의적 차이가 없었다. 22일령부터 49일령까지는 처리간에 유의적 차이가 없었으나, 대조구에 비해서 시험구들이 적게 섭취하는 경향을 나타내었고, 7일령부터 49일령까지의 전기간 사료섭취량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 낮았으며 ($P < 0.05$), 시험구간에는 유의차가 없었다. 이러한 결과는 조기제한사양을 실시하면 출하체중에는 아무 영향을 미치지 않고 사료섭취량을 줄일 수 있어 사료비 절감면에서 효과적이라고 판단된다.

제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별로 1수당 사료섭취량을 1수당 증체량으로 나누어 계산한 사료요구율은 Table 4과 같다. 제한사양기간 이후부터 21일령까지의 사료요구율은 시험구들과 대조구간에 유의적인 차이는 없었으나, 감소하는 경향을 보였고, 제한사양기간을 포함한 7일령부터 21일령까지의 사료요구율은 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 7일령부터 3일동안 제한한 T1시험구만 대조구에 비해서 유의적으로 낮았으나 ($P < 0.05$), 22일령부터 49일령까지는 대조구에 비해 시험구들이 모두 유의적으로 사료요구율이 낮았으며 ($P < 0.05$), 7일령부터 49일령까지의 전기간 동안의 사료요구율도 대조구에 비해서 시험구들이 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다 ($P < 0.05$). 이러한 결과는 출하체중은 대조구에 비해서 시험구들이 차이가 없었으나 사료섭취량이 대조구에 비해서 시험구들이 유의적으로 적었기 때문에 사료효율이 향상되는 결과를 나타내었다.

Table 5는 49일령에 처리당 암수 3수씩(반복당 암수 1수씩)을 도계하여 구한 복강내지방함량과 시험 전기간 동안인 7일령부터 49일령까지의 폐사율을 나타낸 것이다. 복강내지방함량과 폐사율은 처리간에 유의적 차이가 없었는데,

이것은 조기제한사양의 정도가 복강내 지방함량이나 폐사율에는 직접적인 영향을 미치지 않은 결과라 할 수 있다.

이러한 결과들은 Planik와 Hurwitz(1989)가 1.5 kcal ME/gBW^{0.67}로 사료급여를 제한하는 것을 제안하였으나, 이 실험에서 1일에 2내지 4g의 증체를 보였다고 하였고, 본 실험에서도 1.5 kcal ME/gBW^{0.67}로 5일간 제한사양을 한 결과 1일에 약 5g의 증체를 보였다. 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 3일간 제한사양을 하였을 때에는 거의 증체가 이루어지지 않아서 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}이 1.5 kcal ME/gBW^{0.67}보다는 유지요구량에 가까운 것으로 판단되며, 이러한 판단은 Jones와 Farrell(1992)의 실험에서 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 제한사양한 결과 제한사양기간에 체중의 변화가 없이 48일령에 체중이 완전히 회복되었다고 한 보고와 거의 일치하였다. 또한 Lee와 Leeson(2001)은 제한사양의 강도에 관한 실험에서 육계수평아리로 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4일, 1.50 kcal ME/gBW^{0.67}로 5일, 2.25 kcal ME/gBW^{0.67}로 6일 제한급여한 결과 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4일제한한 처리만이 제한사양기간동안에 체중의 변화가 없었으며, 49일령 체중은 제한급여구들이 무제한 급여구에 비해 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 사료효율도 유의적으로 향상되었으나 ($P < 0.05$), 복강내지방함량과 폐사율은 처리간에 유의적 차이가 없었다고 보고한 것은 본 실험의 실험방법과 제한급여 기간의 차이가 있었지만 결과는 매우 비슷하였는데, 체중과 증체량에서의 차이는 Lee와 Leeson(2001)의 실험은 수평아리를 공시한 실험의 결과였고, 본 실험의 결과는 무감별 육계를 공시한 때문이었다.

2. 실험 2

제한사양기간과 제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별 증체량은 Table 6에서 보는 바와 같다. 제한사양의 시기와 기간에 관계없이 제한사양기

Table 5. Effect of early feed restriction severities on abdominal fat pad deposition and mortality of broilers in Experiment 1

	Treatment ¹				Significance	SEM
	C	T1	T2	T3		
Abdominal fat pad(% carcass weight)	3.40	3.33	3.30	3.33	NS	0.071
Mortality(7 to 49 d, %)	8.33	10.00	5.00	3.33	NS	4.79

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T2 = 1.5 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T3 = 2.25 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 13 d).

Table 6. Effect of ages and duration of early feed restriction on body weight gain of broilers(g/bird) in Experiment 2

Days	Treatment ¹							Significance	SEM
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
04-06	51.97±0.50 ²	-0.20±0.57						*	0.93
04-08	99.87±0.99		0.82±3.40					*	4.34
07-09	75.22±1.98			-0.64±2.44				*	3.85
07-11	139.32±4.89				-1.33±1.55			*	6.28
10-12	109.60±9.61					-0.59±1.68		*	11.95
10-14	186.30±6.79						0.14±3.64	*	9.44
07-21	608.32±18.82	577.89±3.05						NS	23.35
09-21	560.42±17.43		480.86±12.22					*	26.08
10-21	533.10±16.88			539.59±15.52				NS	28.08
12-21	469.00±14.53				441.90±17.52			NS	27.91
13-21	423.50±9.95					465.59±4.52		*	13.38
15-21	346.80±11.53						351.41±6.14	NS	16.00
04-21	660.28 ^a	577.70 ^b	481.69 ^c	593.53 ^b	492.24 ^c	601.04 ^b	489.80 ^c	*	21.86
22-49	2019.80	2068.81	2097.76	2094.43	2128.05	2089.47	2132.29	NS	57.70
04-49	2680.09 ^a	2646.51 ^{ab}	2579.45 ^b	2687.96 ^a	2620.29 ^{ab}	2690.50 ^a	2622.09 ^{ab}	*	47.09

^{a-c} Values with different superscripts within the same row differ ($P < 0.05$).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 6 d); T2 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 8 d); T3 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T4 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T5 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 12 d); T6 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 14 d).

² Mean ± SE(standard error).

간동안에는 모든 시험구들이 거의 성장을 멈추어 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} 수준이 유지요구량에 가까운 것으로 사료된다. 제한사양 개시후부터 21일령까지(4~21 d) 증체량은 제한사양구들이 모두 대조구보다 낮았고($P < 0.05$), 5일 제한구들은 3일 제한구들보다 유의적으로 낮았으나($P < 0.05$), 22~49일령간의 증체량은 제한사양구와 대조구간에 유의적인 차이가 없었고, 전기간(4~49 d)의 증체량은 체중에서와 같이 4일령에 5일간 제한사양한 T2만이 대조구와 유의적인 차이가 있었고($P < 0.05$), 기타 제한구들은 대조구와 유의적인 차이가 없었으나 역시 5일 제한구들이 3일 제한구나 대조구보다 낮은 경향이었다.

Table 7은 증체량과 마찬가지로 제한사양기간과 제한사양 후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별 사료섭취량을 나타낸 것이다. 제한사양 해제후 21일령까지의 사료섭취량은 대조구에 비해 시험구들이 모두 유의적으로 섭취량이 적은 경향이었으며($P < 0.05$), 4~21일령간

의 사료섭취량도 시험구들이 대조구보다 적었고($P < 0.05$), 시험구들간에는 제한사양의 시기와 관계없이 5일 제한구들이 3일 제한구들보다 유의적으로 적었으며($P < 0.05$), 22~49일령의 사료섭취량도 시험구들이 대조구보다 적었으나($P < 0.05$), 시험구들간에는 5일 제한구들이 3일 제한구들보다 오히려 많은 경향이었다. 4일령부터 49일령까지의 시험 전기간동안의 사료섭취량은 모든 제한급여구들이 대조구에 비해 유의적으로 적었으며($P < 0.05$), 제한급여구들간에는 유의차가 없었다.

제한사양 해제후부터 21일령까지, 시험 개시일부터 21일령까지, 22일령부터 49일령까지 및 시험 개시일부터 49일령까지의 기간별로 1수당 사료섭취량을 1수당 증체량으로 나누어 계산한 사료요구율은 Table 8에서 나타내었다. 제한사양기간을 포함하는 4일령부터 21일령까지의 사료요구율은 대조구와 시험구들간에 유의적 차이가 없었으나, 대조구에 비해서 시험구들이 낮은 경향을 보였으며, 22일령부터 49일령까지의 사료요구율과 전 시험기간(4~49 d)의 사료

Table 7. Effect of ages and duration of early feed restriction on feed intake of broilers (g/bird) in Experiment 2

Days	Treatment ¹							Significance	SEM
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
04-06	79.07±2.71 ²	12.83±0.00						*	3.31
04-08	153.80±6.03		21.38±0.00					*	7.38
07-09	115.88±2.83			18.69±0.00				*	3.47
07-11	213.58±1.83				31.16±0.00			*	2.24
10-12	157.75±5.77					26.32±0.00		*	7.07
10-14	292.60±10.01						43.86±0.00	*	12.26
07-21	988.31±8.66	893.59±18.15						*	24.63
09-21	913.58±10.37		730.32±17.39					*	24.80
10-21	872.43±9.79			840.70±16.27				NS	23.25
12-21	774.73±7.35				669.34±19.70			*	25.76
13-21	714.68±6.79					718.71±9.17		NS	13.98
15-21	579.83±9.25						530.86±5.00	*	12.89
04-21	1067.38 ^a	906.42 ^b	751.70 ^c	940.97 ^b	781.81 ^c	953.17 ^b	779.01 ^c	*	28.32
22-49	4132.71 ^a	3648.71 ^b	3807.32 ^{ab}	3662.38 ^b	3798.64 ^{ab}	3639.31 ^{ab}	3824.60 ^{ab}	*	186.76
04-49	5200.09 ^a	4555.13 ^b	4559.02 ^b	4607.35 ^b	4580.45 ^b	4592.47 ^b	4603.61 ^b	*	174.31

^{a-c} Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 6 d); T2 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 8 d); T3 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T4 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T5 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 12 d); T6 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 14 d).

² Mean ± SE(standard error).

Table 8. Effect of ages and duration of early feed restriction on feed conversion of broilers in Experiment 2

Days	Treatment ¹							Significance	SEM
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
07-21	1.627±0.04 ²	1.547±0.04						NS	0.064
09-21	1.633±0.04		1.520±0.04					NS	0.069
10-21	1.639±0.04			1.559±0.01				NS	0.053
12-21	1.654±0.04				1.517±0.04			NS	0.067
13-21	1.689±0.03					1.544±0.02		*	0.043
15-21	1.674±0.03						1.511±0.02	*	0.043
04-21	1.618	1.569	1.561	1.586	1.590	1.586	1.591	NS	0.052
22-49	2.046 ^a	1.763 ^b	1.815 ^b	1.746 ^b	1.785 ^b	1.742 ^b	1.794 ^b	*	0.060
04-49	1.940 ^a	1.721 ^b	1.768 ^b	1.713 ^b	1.748 ^b	1.707 ^b	1.756 ^b	*	0.053

^{a-c} Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 6 d); T2 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 8 d); T3 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T4 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T5 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 12 d); T6 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 14 d).

⁴ Mean ± SE(standard error).

Table 9. Effect of ages and duration of early feed restriction on abdominal fat pad deposition and mortality of broilers in Experiment 2

	Treatment ¹							Significance	SEM
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
Abdominal fat pad (% carcass weight)	3.45	3.24	3.33	3.22	3.38	3.21	3.38	NS	0.145
Mortality (4 to 49 d, %)	11.67	10.00	11.67	8.33	6.67	5.00	10.00	NS	6.63

¹ C = *ad libitum* feeding throughout; T1 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 6 d); T² = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (4 to 8d); T3 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d); T4 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 11 d); T5 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 12 d); T6 = 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (10 to 14 d).

요구율은 대조구에 비해서 시험구들이 유의적으로 감소하였고($P < 0.05$), 시험구들 간에는 유의적 차이가 없었다.

Table 9는 49일령에 처리당 암수 3수씩(반복당 암수 1수씩)을 도계하여 구한 복강내지방함량과 시험 전기간 동안인 4일령부터 49일령까지의 폐사율을 나타낸 것이다. 복강내지방함량 및 폐사율은 처리간에 유의적 차이가 없었다. 이것으로 육계 조기제한사양의 시기와 기간은 복강내지방함량 및 폐사율에 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

육계사육초기의 제한사양은 일시적으로 성장을 억제하나 해제 후에 보상성장에 의해 출하시에 정상체중을 회복하며, 사료효율이 향상되는데, 보상성장 기간동안의 사료효율의 향상은 소화율의 개선보다는 유지에너지 요구량의 감소와 관련이 있다는 보고(Zubair and Leeson, 1994)와 영양적 제한의 시간이 더 길수록 증체의 감소에 따른 보상성장이 더 어렵다는 보고(Yu와 Robinson, 1992)는 본 실험의 결과들을 뒷받침하여 주며, Lee와 Leeson(2001)이 조기제한사양의 시기와 기간을 알아보기 위한 실험으로 육계 수평아리에게 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4, 7 및 10일령에 시작하여 각각 3, 4 및 5일동안 제한급여를 실시한 결과 사료제한을 일찍하거나 짧게 한 시험구들에서 보상성장이 일어났으며, 늦게하거나 길게 한 시험구는 보상성장이 완전하게 일어나지 않았고, 또한 도체특성과 폐사율은 아무런 영향을 미치지 않았지만, 사료효율은 개선되었다는 보고는 본 실험과 실험방법상이나 공시축 및 제한급여 시기와 기간에서 차이는 있었지만 결과는 비슷하였다.

적 요

조기제한사양의 강도(정도)와 시기 및 기간이 육계의 보상성장과 사료효율 및 복강지방 축적에 미치는 영향을 구명

하기 위해 2개의 실험을 실시하였는데, 실험 1에서는 7일령된 무감별 육계 240수를 4처리 3반복에 반복당 20수씩 공시하여 7일령에서부터 49일령까지 실시하였다. 대조구(C)는 7일령부터 49일령까지 전기간 육계 전기사료와 후기사료를 자유채식을 시켰으며, 시험구(T1, T2 및 T3)들은 각각 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 7일령부터 9일령까지 3일간, 1.50 kcal ME/gBW^{0.67}로 7일령부터 11일령까지 5일간 및 2.25 kcal ME/gBW^{0.67}로 7일령부터 13일령까지 7일간 육계전기사료를 제한급여하였다. 실험 2는 4일령된 무감별 육계 420수를 7처리 3반복, 반복당 20수씩 공시하여 4일령에서부터 49일령까지 실시하였는데 대조구(C)는 4일령부터 49일령까지 전기간 육계 전기사료와 후기사료를 자유채식을 시켰으며, 시험구(T1~T6)들은 모두 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 4, 7일 및 10일령에 3일간 또는 5일간 육계전기사료를 제한급여하였으며, 제한사양이 끝난 시험구들은 전기사료 및 후기사료를 자유채식시켰다.

실험 1에서 제한사양기간을 포함한 21일령까지의 증체량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 적었으나($P < 0.05$), 22일령부터 49일령까지의 증체량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 높았으며($P < 0.05$), 전기간인 7일령부터 49일령까지의 증체량과 49일령 체중은 처리간에 유의적 차이가 없었다. 제한사양후부터 21일령까지의 사료섭취량은 T1구를 제외한 나머지 시험구에서는 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았으며, 22~49일령의 사료섭취량은 처리간에 유의적인 차이가 없었으나, 전기간 섭취량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 적게 섭취하였다($P < 0.05$). 제한사양기간을 포함한 7일령부터 21일령까지의 사료요구율은 T1구만 유의적으로 낮았으며($P < 0.05$), 22일령부터 49일령까지의 사료요구율과 전기간동안의 사료요구율은 대조구에 비해서 시험구들이 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 복강내지방함량 및 전기간 폐사율은 처리간에

유의적 차이가 없었다.

실험 2에서 제한사양기간을 포함한 21일령까지의 증체량은 대조구에 비해 시험구들이 유의적으로 적었으며($P < 0.05$), 사료제한의 시기에 관계없이 5일 제한구들이 3일 제한구들보다 유의적으로 낮았으나($P < 0.05$), 22~49일령 증체량은 처리간에 유의적인 차이가 없었으며, 모든 시험구들이 대조구에 비해 높은 경향을 보였다. 시험개시일부터 21일령까지의 사료섭취량은 대조구에 비해 모든 제한구들이 유의적으로 적었으며($P < 0.05$), 5일 제한구들이 3일 제한구들보다 유의적으로 적었다($P < 0.05$). 22~49일령 사료섭취량도 시험구들이 대조구보다 적었으나($P < 0.05$), 시험구들간에는 5일 제한구들이 3일 제한구들보다 오히려 많은 경향이 있었다. 전기간 사료섭취량도 대조구에 비해 모든 제한구들이 유의적으로 적었으나($P < 0.05$), 제한급여구들 간에는 유의적 차이가 없었다. 제한사양기간을 포함한 4~21일령 사료요구율은 처리간에 유의적 차이가 없었으나, 22~49일령과 전기간(4~49 d)의 사료요구율은 대조구에 비해 제한급여구들이 유의적으로 적었다($P < 0.05$). 복강내지방함량 및 전기간 폐사율은 처리간에 유의적 차이가 없었다.

본 시험 결과 육계사육에 있어 조기제한사양은 49일령 체중에는 아무런 영향을 미치지 않고 사료섭취량을 감소시켜 사료비를 절감시킬 수 있을 뿐 아니라 사료효율을 향상시킬 수 있는 것으로 기대되며, 제한사양 강도(정도)중 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67} (7 to 9 d)로 처리한 T1구가 사양기간 동안 성장이 거의 정지되어 유지요구량에 가까운 것으로 사료된다. 1일 0.75 kcal ME/gBW^{0.67}로 조기제한사양을 할 때 제한사양의 시기는 7일령 이후가 적당한 것으로 판단되며, 제한사양의 기간은 3일간이 효과적이었다.

인용문헌

- Ashworth A, Millwaed DJ 1986 Catch-up growth in children. *Nutr Rev* 44:157-163.
- Ballay M, Dunnington EA, gross WB, Siegel PB 1992 Restricted feeding and broiler performance. Age at initiation and length of restriction. *Poultry Sci* 71:440-447.
- Gyles R 1989 Poultry, people, and progress. *Poultry Sci* 68:1-8.
- Jones GPD, Farrell DJ 1992 Early-life food restriction of chicken. I. Method of application, amino acid supplementation and the age at which restriction should commence. *Br Poultry Sci* 33:579-587.
- Lee KH, Leeson S 2001 Performance of broilers fed limited quantities of feed or nutrients during seven to fourteen days of age. *Poultry Sci* 80:446-454.
- McMurtry JP, Rosebrough RW, Plavnik I, Cartwright AL 1988 Influence of early plane of nutrition on enzyme and subsequent tissue deposition. Pages 329-341 In: *Biomechanisms Regulating Growth and Development*, Beltsville Symposium on Agricultural Research No. 12(Eds Steffens GL, Rumsey TS), Klumer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Plavnik I, Hurwitz S 1985 The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Sci* 64:348-355.
- Plavnik I, Hurwitz S 1989 Effect of dietary protein, energy and feed pelleting on the response of chicks to early feed restriction. *Poultry Sci* 68:1118-1125.
- Plavnik I, Hurwitz S 1991 Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied severity during life. *Br Poultry Sci* 32:343-352.
- Rosebrough RW, Steele NC, McMurtry JP, Plavnik I 1986 Effect of early feed restriction in broilers. II. Lipid Metabolism. *Growth* 50:217-227.
- SAS Institute 1989 SAS User's Guide: Basics SAS Inst Inc Cary NC.
- Simpson MD, Goodwin TL 1979 Chemical composition and yield of cornish game hens and broilers. *Poultry Sci* 58:1400-1402.
- Snedecor GW, Cochran WG 1980 Statistical Methods. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Yu ME, Robinson FE 1992 The application of short-term feed restriction to broiler chicken production: a review. *J Poultry Res* 1:147-153.
- Zubair AK, Leeson S 1994a Effect of varying periods of nutrient restriction on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Sci* 73:129-136.

Zubair AK, Leeson S 1994b Effect of early feed restriction and realimentation on metabolic heat

production and changes in digestive organs in broiler chickens. Poultry Sci 73:529–538.