

# 성장초기의 隔日給餌가 육계 수컷의 후기 보상성장과 臟器發達에 미치는 효과

유동조 · 이봉덕 · 이수기 · 한성욱 · 임재삼<sup>1</sup> · 서옥석<sup>2</sup>

충남대학교 축산학과

## Effects of Skip-a-day Feeding Program in Early Growing Stage on Compensatory Growth and Development of Visceral Organs Following Realimentation in Male Broiler Chicks

D. C. You, B. D. Lee, S. K. Lee, S. W. Han, J. S. Im<sup>1</sup> and O. S. Seo<sup>2</sup>

Department of Animal Science, Chungnam National University, Daejeon, Korea 305-764

### ABSTRACT

A feeding trial was conducted to investigate the effect of skip-a-day feeding program in early growing stage of male broiler chicks on the compensatory growth, and development of visceral organs during the later realimentation period. Day-old 328 male broiler chickens (Avian x Avian) were divided into control (ad libitum feeding) and skip-a-day feeding (limited feeding) treatments. Each treatment was consisted of 4 pens (replicates) of 41 birds each. Chickens on the skip-a-day program were fasted every other day during the second wk of age (8~15 d of age). During the starter period (0~4 wk), chickens were fed a commercial crumble diet. A commercial pellet diet was fed to chickens during the finishing period (5~8 wk). Chickens were group-weighted every week, and one bird was selected from each pen to measure carcass characteristics. The skip-a-day program delayed the growth rate of male broilers up to 4 wk of age ( $P < 0.05$ ). The difference in BW, however, disappeared from 5 wk of age, indicating that compensatory growth occurred following realimentation. Although not significant, feed efficiency tended to improve by the skip-a-day feeding program. However, the skip-a-day program failed to reduce abdominal fat pad size and mortality rate of male broiler chicks in this feeding trial.

(Key words : skip-a-day feeding, limited feeding, male broiler, compensatory growth, visceral organ)

### 서론

지난 수십년 동안 육용종계는 지속적인 선발과 사료

의 영양소 함량을 꾸준히 개선하여 온 결과 매년 약 40 g씩의 증체를 개선효과를 초래하게 되었다 (Mallard 와 Douaire, 1988). 그 동안 선발의 초점을 빠른 성장율에만 역점을 둔 결과, 육계의 체중은 증가하였

이 논문은 '1994년도 농림부 현장애로기술개발사업'에 의하여 지원되었음.

<sup>1</sup>충남도립종축장 (Chungnam Provincial Livestock Breeding Station, Boryung, Korea 355-070)

<sup>2</sup>축산기술연구소 (National Livestock Research Institute, Suweon, Korera 441-350)

으나 복강지방 축적량이 급격히 증가하였으며, 또한 대사성질병으로 인한 폐사율이 급증하게 되었다.

복강지방 축적율에 영향을 미치는 요인으로는 유전적 요인, 사료의 영양소 함량, 사양방법 및 사료의 형태 등 여러 가지가 있으나, 그 중에서도 사료의 영양소 함량과 영양소 상호간의 수준이 가장 크게 작용하며, 특히 에너지와 단백질의 함량과 비율이 결정적 요인이라고 할 수 있다.

육계에서 주로 발생하는 대사성 질병으로는 복수증(ascite), 골격이상(skeletal disease) 및 급사증(sudden-death-syndrome, SDS 혹은 빨달병) 등이 있는데, 특히 성장율이 빠른 수컷에서 더 빈번하게 발현되고 있다(Madrigal 등, 1994). 이러한 질병들은 최근에 개발된 육계의 빠른 성장율과 밀접한 관련이 있다고 보여진다(Steele 등, 1982; Gardiner 등, 1988; Hester 등, 1989; Hulan 등, 1980). 이런 문제들을 극복하는 방법으로 육계에게 초기에 사료를 제한급이하는 사양 프로그램들이 많은 영양학자들과 육종회사들에 의해 개발되고 제시되고 있다.

육계의 성장초기에 일정기간 동안 제한급이를 통하여 성장을 억제시키면 여러가지 대사성 질병의 감소로 인하여 폐사율이 감소될 가능성이 검토되고 있다. 또한 초기성장이 억제된 육계에게 후기에 영양을 충분히 공급하면, 같은 일령의 대조구(무제한급이구) 육계와 출하체중이 차이가 없거나 오히려 더 무거워지는 현상이 관찰되었다(Wilson과 Osbourn, 1960). 또한 제한급이는 대조구 보다 도체지방 함량이 유의하게 감소하고, 사료효율도 개선되는 부차적인 효과도 기대할 수 있다.

육계의 초기 성장율을 제한하는 방법으로는 일정기간 동안 급여량 자체를 제한하는 방법, 저에너지-저단백질 사료를 급여하는 방법, 격일급이 방법 및 점증시간 단축에 의한 방법 등이 연구의 대상이 되고 있다. 격일급이를 하므로써 성장을 제한하는 방법은 산란 예비계(replacement pullet)에 대해서 이미 사용되고 있는 방법으로서, Santoso 등(1993)은 성장초기의 제한급이는 사료효율(feed/gain)의 개선, 낮은 폐사율과 전기사료의 소비량감소 등에 의해 생산비를 절감하는 효과가 있었다고 보고하였다. 그리고 격일급이의 효과는 제한급이의 정도, 방법, 기간 및 성에 의해 영

향을 받는다고도 하였다.

따라서 본 연구는 육계 수컷의 성장초기에 격일급이를 하였을 때에, 대조구와 비교하여 성장율, 사료섭취량, 사료효율, 복강지방, 폐사 및 장기의 발달에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험사료

실험동물은 갓 부화한 육계 실용계(Avian) 수평아리 328수를 공시하였고, 실험사료로는 시중에서 유통되고 있는 크럼블 전기사료(ME 3,070 kcal/kg; CP 21.5%)와 펠렛 형태의 후기사료(ME 3,160 kcal/kg; CP 20.5%)를 사용하였다.

### 2. 시험설계 및 사양관리

시험설계는 무제한급이구를 대조구로 하였고, 2주령(8일령~15일령)에 격일급이(skip-a-day)를 한 제한급이구를 두어 2처리-4반복, 반복(1坪)당 41수씩 완전임의 배치하였다.

사육기간은 8주간이었으며, 병아리 입추 전에 콘크리트 바닥에 왕겨를 깔아 주었다. 포르말린 훈증으로 계사내 소독을 하였다. 물은 자동으로 급수 하였으며, 온도조절은 자동 온도조절 열풍기로 첫주에 32℃, 2주에 29℃, 3주에 27℃로 유지하고 4주령에는 24℃를 5주령부터는 18℃를 유지시켰다. 격일급이구는 8일령, 10일령, 12일령, 및 14일령에 절식시켰다.

### 3. 조사항목 및 방법

매 주령마다 체중과 사료섭취량을 측정된 후, 각 반복으로 부터 평균체중에 근접한 닭 1수씩을 선발하여 내장을 포함한 각종 장기 및 복부지방을 꺼낸 다음 도체중과 복강지방 중량을 조사하였다. 간장은 담낭을 제거한 후 중량을 측정하였고, 근위는 내용물을 제거한 후 무게를 측정하였다. 각종 장관은 십이지장, 공장, 회장 및 결장 부위로 절단한 후 내용물을 손가락으로 조심스럽게 압력을 가하면서 제거한 후 무게를 측정하였다.

### 4. 통계처리

**Table 1.** Weekly performance of male broiler chickens on a skip-a-day feeding regime during the 2nd wk of age

Items	Treatment	Weeks of age							
		1	2	3	4	5	6	7	8
BW, g/bird	Control	152.7 ±0.6 <sup>l</sup>	402.7 <sup>a</sup> ±0.7	769.2 <sup>a</sup> ±5.9	1,173 <sup>a</sup> ±10	1,808 ±30	2,345 ±23	2,858 ±23	3,464 ±49
	Skip-a-day	153.1 ±1.3	294.6 <sup>b</sup> ±10	678.6 <sup>b</sup> ±12	1,108 <sup>b</sup> ±11	1,739 ±29	2,340 ±14	2,894 ±42	3,547 ±77
Cumulative feed intake, g/bird	Control	153.3 ±6.7	584.6 <sup>a</sup> ±21	1,482 <sup>a</sup> ±21	2,346 <sup>a</sup> ±103	3,619 <sup>a</sup> ±95	5,031 ±121	6,516 ±149	8,114 ±169
	Skip-a-day	162.5 ±5.0	390.1 <sup>b</sup> ±11	1,144 <sup>b</sup> ±18	1,971 <sup>b</sup> ±24	3,222 <sup>b</sup> ±48	4,712 ±63	6,228 ±93	7,857 ±140
Feed efficiency, feed/gain	Control	1.42 ±0.06	1.64 ±0.06	2.04 ±0.12	2.08 <sup>a</sup> ±0.09	2.05 <sup>a</sup> ±0.03	2.18 <sup>a</sup> ±0.03	2.31 ±0.04	2.38 ±0.04
	Skip-a-day	1.50 ±0.03	1.57 ±0.03	1.81 ±0.01	1.86 <sup>b</sup> ±0.01	1.91 <sup>b</sup> ±0.01	2.06 <sup>b</sup> ±0.03	2.19 ±0.05	2.25 ±0.05

<sup>l</sup>X±SE(n=4).<sup>a,b</sup>P<0.05.

얻어진 자료는 T-검정법을 이용하여 5% 수준에서 유의성 검정을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 제한급이가 성장율과 사료효율에 미치는 영향

본 실험에서는 2주령 즉 8일령 부터 14일령 까지의 7일간을 격일급이 방법을 통하여 제한급이를 하였던 바, 그 결과는 Table 1에 수록된 바와 같다. 격일급여구는 대조구(무제한급이구)에 비하여 4주령까지 체중이 유의하게 ( $P<.05$ ) 작았다. 그러나 이러한 체중의 차이는 5주령 이후 부터 완전히 사라졌으며, 오히려 7주 및 8주령에 이르러서는 격일급이구가 더 높은 수치를 보여주고 있다.

누적 사료섭취량은 및 5주령 까지는 격일급이구가 대조구에 비하여 유의하게 낮았다. 그러나 6주 이후 부터는 유의한 차이가 검출되지 않았다.

사료효율(feed/gain)을 보면 4주, 5주 및 6주령에서는 격일급이구가 대조구에 비하여 유의하게 좋았다. 7주와 8주령에 있어서는 유의성이 없었으나, 여전히 격일급이에 의하여 사료효율이 개선되는 경향이 있었다.

육계에 있어서 성장초기에 제한급이를 함으로써 출하시 목표체중에는 큰 영향을 미치지 않으면서 복강(도제)지방 함량 감소와 함께 사료효율도 개선하고자 하는 시도가 성공적으로 이루어진 바 있다(Plavnik과 Hurwitz, 1985, 1988; Santoso 등, 1993b). Plavnik과 Hurwitz (1991)는 성장 초기의 제한급이에 대한 후기 보상성장 효과가 수컷이 암컷에 비하여 유의하게 크다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 격일급이에 의한 초기 성장억제가 후기에 와서 보상성장으로 인하여 충분히 회복되었음을 알 수 있다. 또한 Santoso 등(1995)은 격일급이에 의한 초기 성장억제가 육계 암컷에 있어서도 8주령 체중에서 보상성장 현상을 관찰할 수 있었다고 보고한 바 있다.

Yu 등(1990)은 격일급이 방법에 의한 초기 성장억제가 후기에 충분한 보상성장을 초래하지 못하였다고 보고한 바 있다. 그러나 그들은 격일급이 기간 동안 1일 사료섭취량을 일정 수준으로 제한하는 방법을 사용하였기 때문에 이종으로 제한급이를 실시한 셈이라고 하겠다. Robinson 등(1992)은 격일급이 방법에 의해서 초기성장을 억제시킬 경우에 후기에 대조구 만큼 충분한 보상성장을 얻을 수는 없었으나, 도태·폐사율이 감소하고 사료효율이 개선되는 등의 효과를 얻었다고 보고하였다.

## 2. 제한급이가 주령별 복강지방, F낭 및 각종 장기 발달에 미치는 영향

격일급이가 육계 수컷의 주령별 복강지방, F낭, 및 각종 장기 발달에 미치는 효과를 체중에 대비시켜서 (% BW) Table 2에 수록하였다. 격일급이구의 각종 장기 및 복강지방 발달 양상도 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 격일급이로 인하여 2주령시에 체중이 유의하게 감소한 관계로 인하여, 몇 개의 부위에서 대조구와 격일급이구 간에 유의한 차이가 검출되고 있다.

성장초기의 제한급이가 도체(복강)지방 함량에 미

치는 영향을 조사·보고한 문헌들을 살펴보면 연구자들 간에 상이한 결과를 보고하고 있다. 제한급이가 본 실험에서와 같이 아무런 영향도 없었다고 한 보고들(Pokniak 등, 1984; Summers 등, 1990; Yu 등, 1990; Palo 등, 1995; Zubair와 Leeson, 1996)이 있는 반면, 감소시켰다는 보고들도 많다(Plavnik과 Hurwitz, 1985; 1990; 1991; Jones와 Farrell, 1992ab; Buyse 등, 1996). 그러나 Beane 등(1979)은 육계 수컷을 제한급이시켰더니 복강지방 함량이 유의하게 증가하였으며, 사료효율은 오히려 개선되었다는 엇갈린 보고를 한 바 있다.

Rosebrough 등(1986)은 성장초기 제한급이 기간

**Table 2.** Weekly changes of various organs, abdominal fat pad, and GIT in male broiler chickens on a skip-a-day feeding regime during the 2nd wk of age

Items		Weeks of age							
		1	2	3	4	5	6	7	8
BW, g/bird	Control	167.3 <sup>1</sup>	428.2 <sup>a</sup>	818.6 <sup>a</sup>	1,146	1,834	2,437	2,821	3,714
	Skip-a-day	164.3	303.8 <sup>b</sup>	679.9 <sup>b</sup>	1,167	1,816	2,520	2,895	3,525
Heart, % BW	Control	0.79	0.76	0.76 <sup>a</sup>	0.63	0.55	0.57	0.55	0.54
	Skip-a-day	0.83	0.78	0.66 <sup>b</sup>	0.60	0.52	0.55	0.58	0.56
Liver, % BW	Control	4.82	4.08	3.31	3.33	3.67 <sup>a</sup>	3.39	2.78	2.75
	Skip-a-day	5.05	4.10	3.53	3.40	2.48 <sup>b</sup>	3.18	2.50	2.41
Lung, % BW	Control	0.71	0.66	0.55	0.60	0.59	0.64	0.63	0.53
	Skip-a-day	0.66	0.66	0.59	0.56	0.58	0.65	0.55	0.57
Bursa of Fabricius, % BW	Control	0.15	0.24	0.33	0.32	0.18	0.12	0.07	0.07
	Skip-a-day	0.16	0.27	0.25	0.29	0.29	0.09	0.08	0.06
Abdominal fat pad, % BW	Control	—	0.50	0.89	0.78	0.96	1.18	1.03	1.45
	Skip-a-day	—	0.43	0.81	0.84	0.98	1.28	1.04	1.35
GIT <sup>2</sup> , % BW	Control	11.8	9.11 <sup>b</sup>	8.12	6.62	5.67	4.75	4.25	3.71
	Skip-a-day	11.91	9.96 <sup>a</sup>	8.61	6.52	5.70	4.96	4.90	4.03

<sup>1</sup>X±SE(n=4).

<sup>2</sup>GIT : empty gastrointestinal tract (esophagus + crop + proventriculus + gizzard + small intestine + large intestine)

<sup>a, b</sup> P<0.05.

중에는 간장의 지방합성 효소들의 활성이 저하되었다가, 그 이후 무제한급이를 시킬 경우 2주 동안 지방합성 효소활성이 급격히 증가하였다고 하였다. 그러나 무제한급이를 시작한 2주후 부터는 효소활성이 대조구보다 오히려 더 낮아짐을 관찰하여서, 제한급이 방법 혹은 출하시기에 따라서 복부지방 함량이 달라질 수 있음을 시사한 바 있다.

Palo 등(1995)은 성장초기의 제한급이로 인하여 胃腸管(GIT)의 크기가 일시적으로 변화(체중에 대비시킨 위장관 무게, 즉 % BW가 증가)한다고 하였다. 그리고 제한급이 이후에 무제한급이를 하였더니 GIT의 무게 증가율이 전체 체중 증가율에 비해서 더 빨랐다고 하였다. 또한 그들은 보고하기를 소화효소의 활성도 변화하므로서 초기의 제한급이 및 그 이후의 무제한급이에 의하여 위장관이 기능적 변화를 한다고 하였다. Zubair와 Leeson(1994b)도 성장초기의 제한급이 결과 소낭, 근위, 췌장 및 간장 등의 소화기관의 상대적 크기가 증가하기 때문에, 무제한급이시에 사료섭취량이 체중에 비하여 많아지게 되고, 이러한 사료섭취량의 초과분이 결국 후기의 보상성장에 쓰이게 된다고 추론하고 있다.

**3. 도태 · 폐사율에 미치는 영향**

Table 3에는 격일급이가 도태 · 폐사율에 미치는 영향이 수록되어 있다. 본 실험에서는 전반적으로 볼 때, 대조구와 격일급이구 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

성장초기의 제한급이가 도태 · 폐사율을 감소시키는 효과가 없었다고 보고한 연구자들(Proudfoot 등, 1983; Madrigal 등, 1994; Madrigal 등, 1995; Deaton, 1995)도 많다. 그러나 Leeson과 Summers(1988)는 육계의 초기성장이 너무 빠르게 유전적 · 영양적으로 개선되어 온 결과 SDS와 복수중 같은 대사

성질병 및 제반 각약증의 발생율이 높아졌다고 주장하고 있으며, 이러한 주장을 뒷받침하는 보고들(Robinson 등, 1992; Classen과 Riddell, 1989)도 있다.

육계의 이러한 도태 · 폐사율은 사육환경, 제한급이 방법 및 성별과 같은 요인들에 의해서 얼마든지 영향을 받을 수 있는 것이기 때문에 일률적으로 결론을 내릴 수는 없는 성질이라고 하겠다. 다만 육계 특히 수컷의 도태 · 폐사율이 문제가 될 때에는 성장초기에 제한급이를 하여서 성장을 억제시키다가, 후기에 보상성장 효과를 노림과 동시에 도태 · 폐사율 감소 효과를 기대해 보는 것도 좋은 방법이 될 수 있을 것이라고 사료된다.

**적 요**

본 시험은 성장초기의 隔日給餌가 육계 수컷의 후기 보상성장과 臟器 발달에 미치는 효과를 구명하기 위하여 실시하였다. 무제한급이구를 대조구로 하였고, 2주령(8~15일)에 격일급이(skip-a-day)를 실시한 제한급이구를 두어 2처리, 4반복으로 수평아리 328수(Avian strain)를 공시하여 반복당 41수씩 완전임의 배치하였다. 시험사료는 시중에서 유통 되고있는 전 · 후기사료를 사용하였고 각 주령마다 체중과 사료섭취량 및 도체조사를 하였다. 체중을 보면 격일급이구가 무제한급이구(대조구)에 비하여 4주령까지는 유의하게(P<0.05) 낮았으나, 그 이후 보상성장을 하여서 7~8주령에 이르러서는 격일급이구가 오히려 더 무거웠으나 유의성은 없었다. 누적 사료섭취량은 5주령까지는 격일급이구가 대조구에 비하여 유의하게 적었으나, 6주 이후 부터는 유의한 차이가 검출되지 않았다. 사료효율(feed /gain)을 보면 4주, 5주 및 6주령에서는 격일급이구가 대조구에 비하여 유의하게 좋았고 7주와 8주령에서는 유의성이 없었으나, 격일급이에 의

**Table 3.** Mortality of male broiler chickens on a skip-a-day feeding regime during the 2nd wk of age

Item	Weeks of age								
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	Overall
Mortality <sup>1</sup> , Control	0.6	0.6	3.2	0.7	0	2.2	0.8	0.8	8.9
% Skip-a-day	2.4	1.9	0.7	2.8	0	0.8	1.6	0.8	11.0

<sup>1</sup>Included culled birds.

하여 사료효율이 개선되는 경향이 있었다. 격일급이구의 각종 장기 및 복부지방 발달 양상은 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 격일급이로 인하여 2주령시에 체중이 유의하게 감소한 관계로 몇개의 부위에서 대조구와 격일급이구 간에 유의한 차이가 검출되고 있다. 도태·폐사율은 대조구와 격일급이구 간에 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 육계의 2주령시(8일~14일령) 격일급이를 통한 제한급이를 하여도 후기에 충분한 보상성장을 하였으며, 사료효율도 개선되는 경향이 있었다. 복강지방 함량 및 기타 장기의 발육도 격일급이구가 무제한급이구와 차이가 없었다. 또한 격일급이로 인한 도태·폐사율 감소 효과도 관찰할 수 없었다.

(색인 : 제한급식, 격일급이, 보상성장, 육계, 장기 발달)

## 인용문헌

- Beane W L, Siegel PB, Siegel HS 1962 The effect of light on body weight and feed conversion of broilers. *Poultry Sci* 42:1350.
- Buyse JE, Kuhn R, Decuypere E 1996 The use of intermittent lighting in broiler raising. 1. Effect on broiler performance and efficiency of nitrogen retention. *Poultry Sci* 75:589-594.
- Classen HL, Riddell C 1989 Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poultry Sci* 68:873-879.
- Deaton, JW 1995 The effect of early feed restriction on broiler performance. *Poultry Sci* 74:1280-1286.
- Gardiner EE, Hunt JR, Newberry RC 1988 Relationships between age, body weight, and season of the year and the incidence of sudden death syndrome in male broiler chickens. *Poultry Sci* 67:1243-1249.
- Hester PK, Krueger KK, Jackson M 1989 The influence of restrictive feeding compensatory growth on the incidence of leg abnormalities and performance of commercial male turkeys. *Poultry Sci* 68:1731-1742
- Hulan HW, Proudfoot FG, McRae KB 1980 Effect of vitamins on the incidence of mortality and acute death syndrome("flipover") in broiler chickens. *Poultry Sci* 59:927-931.
- Jones GPD, Farrell DJ 1992a Early-life food restriction of broiler chickens. I. Methods of application, amino acid supplementation and the age at which restrictions should commence. *Brit Poult Sci* 33:579-587.
- Jones GPD, Farrell DJ 1992b Early-life food restriction of broiler chickens. II. Effect of food restriction on the development of fat tissue. *Brit Poult Sci* 33:589-601.
- Leeson S, Summers JD 1988 Some nutritional implications of leg problems with poultry. *Brit Vet J* 144:81-92.
- Madrigal SA, Watkins SE, Waldroup PW 1994 Feeding programs designed to modify early growth rates in male broilers grown to 56 days of age. *J Appl Poult Res* 3:319-326.
- Madrigal SA, Watkins SE, Adams MH, Waldrop PW 1995 Defatted rice bran to restrict growth rate in broiler chickens. *J Appl Poult Res* 4:170-181.
- Mallard J, Douaire M 1988 Strategies of selection for leanness in meat production. Pages 3-23 in: *Leanness in Domestic Birds. Genetics, Metabolic and Hormonal Aspects.* Leclercq B, and Whitehead CC ed. Butterworths, London, UK.
- Palo PE, Sell JL, Piquer FJ, Soto-Salanova MF, Vilaseca L 1995 Effect of early nutrient restriction on broiler chickens. 1. Performance and development of the gastrointestinal tract. *Poultry Sci* 74:88-101.
- Plavnic 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.
- Plavnic I, Hurwitz S 1988b Early feed restriction in male turkeys: growth pattern, feed efficiency, and body composition. *Poultry Sci* 67:1407-1413.
- Plavnic I, Hurwitz S 1988 Early feed restriction in chicks: effect of age, duration and sex. *Poultry Sci* 67:384-390.
- Plavnic I, Hurwitz S 1990 Performance of broiler chickens and turkey poults subjected to feed restriction, or to feeding of low sodium diets at an early age. *Poultry Sci* 70:945-952.
- Plavnik I, Hurwitz S. 1991 Response of broiler chickens: and turkey poults to food restriction of varied severity during early life. *Brit Poult Sci* 32:343-352.
- Pokniak JA, Avaria MS, Cornejo SB 1984 Productive performance and changes in carcass composition of broilers under an initial energy-protein restriction and subsequent refeeding. *Nut Rep Int* 30:1377-1383.
- Proudfoot FG, Hulan HW, KB McRae 1983 The effect of feed denial in starter diets on the performance of broiler chickens. *Poultry Sci* 62:1915-1917.
- Robinson FE, Classen HL, Hanson JA, Onderka DK 1992 Growth Performance, feed efficiency and the incidence of skeletal and metabolic disease in full-fed and feed restricted broiler and roaster chickens. *J Appl Poult Res* 1:33-41.
- Rosebrough RW, Steele NC, MacMurtry P, Plavnik I 1986 Effect of early feed restriction in broilers. 2. Lipid metabolism. *Growth* 50:217-227.
- Santoso U, Tanaka K, Ohtani S 1993 Effects of skip-a-day feeding on growth performance and body composition in broilers. *Asian-Austral J Anim Sci* 6:451-461.
- Steele P, Edgar J, Doncon G 1982 Effect of biotin supplementation on the incidence of acute death syndrome in broiler chickens. *Poultry Sci* 61:909-913.
- Summers JD, Spratt D, Atkinson JL 1990 Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Sci* 69:1855-1861.
- Wilson PN, Osbourn DF 1960 Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol Rev* 35:324-363.
- Yu MW, Robinson FE, Clandinin MT, Bondary L 1990 Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction. *Poultry Sci* 69:2074-2081.
- Zubair AK, Leeson S 1996 Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poultry Sci J* 52:189-201.