

# 산란계 사료의 오전·오후 분리 급여 효과

이상진·김상호·강보석

축산기술연구소

## Effect of Split Diets on Laying Performance and Egg Quality in Layers

S. J. Lee, S. H. Kim and B. S. Kang

National Livestock Research Institute, Rural Development Administration

### ABSTRACT

This study was investigated to study split diets on laying performance and eggshell quality with Hy-Line brown layers 43 weeks old for 12 weeks. Layers fed a conventional diet and split diets were divided into morning and afternoon diet. The conventional diet contained 3.4 % Ca was given constant nutrients all day. Hens of the split diets fed morning diets contained 0.5 % Ca constantly and afternoon diets contained 5.9, 8.0, and 10.0 % Ca in T1 to T3. Split diets were given morning diets from 04:00 to 15:00 and afternoon diets 15:00 to 21:00 alternately.

Egg production, egg weight, and egg mass were not significantly different among diets. Abnormal eggs decreased in T1 and T2, but no significantly differed( $P>0.05$ ). Feed intake decreased in all of split diets compared to control diets( $P<0.05$ ). So, feed conversion ratio also improved in split diets( $P<0.05$ ). ME and CP intake decreased in T2 and T3, and Ca intake increased in proportion to Ca content of diets( $P<0.05$ ). ME and CP requirements per kg eggs decreased in the split diets, and that of Ca increased. Although there were not different significantly, egg shell strength and thickness improved slightly in T2 at 12 week. Yolk color, haugh unit and yolk index were not different among diets.

Therefore, we concluded that split diet feeding to layer could improve feed and economic efficiency with normal egg production.

(Key words: layer, split diet, morning and afternoon diet, Ca, laying performance)

### 서론

닭을 포함한 야생 조류는 생리적으로 선택채식을 한다(Graham, 1934). 즉 생리적인 상황에 따라 영양소 원을 구분하여 채식하는 습성을 가지는 동물로 알려져 있다. 산란계에서 환경온도(Vohra 등, 1979), 계절(Scott 등, 1976), 산란일과 비산란일(Clunies 등, 1992), 산란시간(Summers and Leeson, 1985) 등은

사료섭취량과 영양소 요구량에 영향을 미친다고 한다. Summers와 Leeson(1985)은 산란계는 계란형성일에서 비형성일보다 전체적인 사료섭취량이 많다. 특히 오후 늦게 사료섭취량이 증가하였는데 이것은 난각이 형성되기 시작하는 오후에 칼슘 요구량이 급격히 증가하기 때문이라 하였다. 한편 Chah(1972)는 산란계에 계 사료원을 구분하여 선택채식시킨 결과 93 % 정도의 계란이 오전 11시를 정점으로 5~6시간에 걸쳐 산란되었으며, 이 시간동안 에너지 및 단백질의 섭취량

이 가장 증가하였다고 하였다. 이는 산란한 약 30분 후에 다음날 산란될 난자가 배란되므로 이때 가장 많은 생리적 활동이 일어나기 때문이라고 하였다. 또 난각 성분의 약 38%가 칼슘으로 구성되어 있으므로 칼슘 섭취량에 따라 난각질이 영향을 받게 된다(Pepper 등, 1968; Holcombe 등, 1975). Clunies 등(1992)은 칼슘 급여수준을 달리하여 급여한 결과 계란형성일은 사료와 칼슘 섭취량이 증가하였으며 칼슘섭취 수준은 사료섭취량에 영향을 미치나 난중과 산란율에는 영향이 없다고 하였다. 또 칼슘급여수준이 증가됨에 따라 기형란이 감소하고 난각중량은 증가되어 연란을 낳는 산란계에 대하여 칼슘을 선택채식시킬 경우 난각질을 개선시킬 수 있다고 하였다. 또 칼슘의 체내축적량은 칼슘섭취량이 증가함에 따라 비례하여 증가되었다고 하였다.

난관에서의 난각형성은 19~20시간이 소요되며 대부분이 밤에 이루어지고 있다. 그러므로 산란계는 오후에 난각형성에 필요한 대부분의 칼슘을 섭취하게 되는데 현재와 같은 단일배합사료 급여시에는 칼슘섭취를 위해 과도한 에너지와 단백질의 섭취가 이루어지게 된다. 이규호와 이덕수(1994)는 닭은 특정한 시간대에 특정한 영양소를 섭취할 수 있는 능력이 있으나 현재의 단일배합사료 급여는 이러한 선택채식이 불가능하여 사료를 과도하게 섭취하게 된다고 하였다. Snetsinger 등(1974)은 산란계를 일반적인 배합사료를 자유채식시킬 때 사료를 과도하게 섭취하는 경향이 있으며 칼슘공급량이 충분하도록 사료급여체계를 개선시키면 산란능력에 지장을 주지 않고 에너지의 10%까지도 절약이 가능하다고 하였다. Leeson과 Summers(1979)는 칼슘함량이 다른 사료를 분리 급여하였을 때, 단일 배합사료보다 산란능력에 영향이 없으면서 사료섭취량을 7% 정도 줄일 수 있고 난각질을 개선할 수 있다고 하였다. Lennards와 Roland(1981)은 산란계의 소장이 칼슘보유능력이 없기 때문에 난각 형성 직전에 충분한 칼슘의 섭취가 이루어져야 한다고 하였다. Farmer와 Roland(1983)은 칼슘을 오전과 오후에 분리하여 급여하면 오후 칼슘급여구에서 칼슘 이용률이 향상되어 난각질이 더 개선된다고 하였다.

그러므로 본 연구의 목적은 산란계의 채식습성과 영

양소 이용 특성을 고려하여, 오전에는 칼슘을 첨가하지 않은 사료를 급여하고 오후에는 칼슘함량을 높여 주었을 때 산란능력과 난각질에 어떠한 영향을 미치고 궁극적으로 산란계 생산성에 대한 영향을 구명하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시축 및 시험기간

43주령의 Hy-Line 갈색산란계 320수를 공시하여 1995년 2월 15일부터 5월 24일까지 12주간 축산기술연구소에서 사양시험을 실시하였다.

### 2. 시험설계 및 시험사료

시험설계는 Table 1과 같이 4개 처리로 나누었다. 대조구는 관행적으로 급여하는 바와 같이 영양소 함량이 동일하게 연속급여하였다. 분리급여구는 오전사료와 오후사료를 04:00에서 15:00, 15:00에서 21:00로 나누어 각각 급여하였다. 오전사료는 칼슘의 함량을 최소화하고 대사에너지와 조단백질의 함량을 높였다. 오후사료는 칼슘의 함량을 각각 5.9(T1), 8.0(T2), 그리고 10.0%(T3)로 높이고 대사에너지와 조단백질의 함량은 대조구보다 낮게 배합하였다.

### 3. 사양관리 및 점등

시험축은 니플 급수기가 부착된 2수용 3단 철제 케이지가 설치되어 있는 개방식계사에서 사육하였으며, 사료는 자유채식 시켰는데 오전사료와 오후사료 교체시 사료잔량은 바닥에 약간 남겨진 상태에서 교체하였다. 점등은 17시간 고정점등을 실시하였고 기타 사양관리는 축산기술연구소 축산기술부(수원) 관행방법에 준하여 실시하였다.

### 4. 시험방법

각 처리별 시험사료는 배합율에 의거 1차 혼합된 소량의 첨가제와 칭량된 단미사료를 소형 U mixer (200ℓ)를 이용하여 분당 60회전을 기준으로 각 4분간 돌려서 배합하였으며, 시험사료의 일반성분 및 광물질 분석은 AOAC 방법으로 시행하였고 아미노산 분석은 자동아미노산분석기(Amino acid analyzer,

**Table 1.** Formulae of experimental diets

Ingredients	Control	Morning diets(04:00~15:00)			Afternoon diets(15:00~21:00)		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3
		.....%					
Corn	63.69	69.01	69.01	69.01	59.01	54.96	51.67
Wheat bran	7.10	8.08	8.08	8.08	6.31	5.70	4.59
SBM <sup>1)</sup>	18.97	20.54	20.54	20.54	17.66	16.63	15.61
Limestone	8.11	0.30	0.30	0.30	14.84	20.49	25.87
Calcium phosphate	1.15	1.08	1.08	1.08	1.21	1.26	1.13
Methionine	0.13	0.14	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10
Vit-min <sup>2)</sup>	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Antibiotics	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Chemical analysis <sup>3)</sup>							
ME, kcal /kg	2,700	2,930	2,930	2,930	2,500	2,330	2,180
CP, %	15.0	16.3	16.3	16.3	13.9	13.0	12.1
Ca, %	3.4	0.5	0.5	0.5	5.9	8.0	10.0

<sup>1)</sup> Soybean meal.

<sup>2)</sup> Contained per kg: vit. A 1,600,000IU; vit D<sub>3</sub> 300,000IU; vit E 800IU; vit K<sub>3</sub> 132mg; vit B<sub>2</sub> 1,000mg; niacin 2,000mg; pantothenic acid-Ca 800mg; biotin 80mg; folic acid 60mg; vit B<sub>12</sub> 1,200mcg; DL-methionine 6,000mg; BHT 6,000mg; Fe 4,000mg; Zn 9,000mg; Mn 12,000mg; Co 100mg; I 250mg; Cu 500mg.

<sup>3)</sup> Calculated values.

Hitachi)를 이용하여 분석하였다.

산란기록은 매일 오후 3시에 채란, 기록하였으며 산란율은 산란수를 연 공시수수로 나누어 백분율로 환산하였고, 기형란율은 정상란을 제외한 산란수를 연 공시수수로 나누어 백분율로 환산하였다. 평균난중은 반복별로 정상란을 칭량하여 정상란수로 나누어 평균중량으로 환산하였으며, 1일산란량은 계란의 총 중량을 연 공시수수로 나누어 1일 1수당 산란량으로 환산하였다.

사료섭취량은 시험 마지막날 잔량을 측정한 후 급여량에서 잔량을 제하여 섭취량을 계산하고, 연 공시수수로 나누어 1일 1수당 사료섭취량으로 환산하였다. 사료요구율은 시험기간중 총사료섭취량을 같은 기간중의 총산란량으로 나누어 산출하였다.

난질, 난각질은 사양시험 6주차와 12주차에 실시하였으며 반복별 5개씩 처리당 20개씩을 수집하여 1일 보관 후 조사하였다. 난각강도는 난각강도계(FHK, Japan)로 측정하였으며, 계란의 단면에 수직방향으로 압력을 가하였을 때 깨지는 강도를 조사하였다. 난각

후도는 계란의 적도부위의 난각두께를 난각후도계(FHK, Japan)로 측정하였고, 계란의 내부품질은 난중(W; g)과 농후난백고(H; mm)를 측정하여  $100 \log(H-1.7W^{0.37}+7.6)$ 의 공식에 의거 Haugh unit으로 계산하였다. 난황착색도는 Yolk colour fan(Roche)으로 측정하였고, 난황계수는 난황폭에 대한 난황고의 비율로 계산하였다.

시험자료의 통계처리는 SAS(1991)의 PROC GLM을 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan의 다중비교분석법으로 처리구간의 유의성 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산란성적, 사료효율 및 영양소 섭취량

산란성적은 Table 2에 나타내었는데, 산란율은 T2에서 가장 높았지만 대조구와 분리급여구에서 유의성이 인정되지 않았다. 이 결과는 낳습함량을 2~3배 정도 높게 급여하고 에너지와 단백질의 함량을 전체적으

**Table 2.** Effects of split feeding on laying performance

		Control	Split diets			MSE
			T1	T2	T3	
Egg production,	%	83.8	83.1	85.9	83.7	8.55
Abnormal eggs,	%	0.82	0.38	0.37	0.94	0.19
Egg weight,	g	65.3	65.0	64.9	64.5	0.7
Daily egg mass,	g	54.7	54.1	55.7	54.1	3.8
Feed intake,	g	137.2 <sup>a</sup>	124.9 <sup>b</sup>	128.9 <sup>b</sup>	129.2 <sup>b</sup>	13.8
Feed conversion		2.41 <sup>a</sup>	2.14 <sup>c</sup>	2.20 <sup>bc</sup>	2.32 <sup>ab</sup>	0.01

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts within the same row differ ( $P < 0.05$ ).

로 감소시켜도 산란율에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

산란 전기간 연란과 파란 및 쌍란 등의 기형란율은 T1과 T2에서 약간 개선되는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다. 시험기간에 따라 초기에는 오전 오후 분리급여에 의해 별 차이를 보이지 않았으나 8주령을 기점으로 오전오후 분리급여구가 대조구에 비하여 연·파란이 점차 감소되는 결과를 보였다. 이는 칼슘의 함량을 강화한 사료가 섭취기간이 진행되면서 난각형성에 미치는 영향이 점점 크기 때문인 결과로 생각된다.

평균난중과 1일 산란량도 처리간에 차이가 없었다. 사료섭취량에서는 오전오후 분리급여구가 적게 섭취한 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 오전에는 에너지와 단백질을 많이 섭취하고 오후에는 칼슘이 풍부한 사료를 섭취하므로 체내 생리적인 영양소요구량을 충족하게 되어 전체적으로 사료섭취량이 감소한 결과로 사료된다. 사료요구를 또한 오전오후 분리급여구가 대조구에 비하여 개선되는 경향이었다( $P < 0.05$ ).

Leeson과 Summers(1979)는 산란계에게 고에너지(3,065 kcal/kg)-고단백질(19.1%)·저칼슘(0.47%)사료와 저에너지(1,740 kcal/kg)-저단백질(10.7%)·고칼슘(13.1%)사료를 분리 급여한 결과 사료섭취량은 대조구보다 적었고 산란량은 차이가 없었으며, 난각질은 개선되었다고 하여 산란계의 생리적 선택 채식 습성을 제시하였다. Cheng과 Coon(1990)도 1일 칼슘급여량을 2.0%부터 4.5%까지 급여한 결과 칼슘함량의 증가에 의한 산란량과 난중에는 영향은 없다

고 보고하였다. Snetsinger와 Zimmerman(1974)은 관행적인 사료는 에너지 과잉 공급이 이루어지며, 산란능력에 부정적인 영향을 미치지 않고 10% 정도 감소시킬 수 있다고 하였다. 칼슘함량의 차별 급여로 전체적인 사료섭취량을 7% 정도 감소시킬 수 있다는 보고(Leeson과 Summers, 1979)도 있었는데 이러한 결과는 본 연구와 일치하였다. 그러므로 관행사료와 급여방법은 에너지가 과잉 공급되고 있으며, 분리급여를 통하여 절감할 수 있다고 사료된다.

대사에너지 섭취량은 Table 3에서 보는 바와 같이 오전과 오후사료로 분리한 급여구에서 현저하게 낮았는데( $P < 0.05$ ), 이러한 이유는 오전사료는 대조구보다 ME가 높지만 오후사료는 대조구보다 200~520 kcal/kg이 낮기 때문이다. 조단백질의 경우 역시 대사에너지와 같은 경향이었다. Table 2의 산란결과와 위의 결과를 함께 비교해 보면 산란계의 생리적인 영양소 요구량에 맞추어 영양소의 차별 분리급여가 생산성에 영향을 주지 않으면서 에너지와 단백질의 섭취량을 감소시킬 수 있다고 생각된다. 칼슘의 섭취량은 에너지와 단백질과는 반대로 대조구보다 전체적인 칼슘 배합비율이 높은 T2와 T3구에서 높게 섭취한 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ).

산란 kg당 영양소 요구량은 대사에너지의 경우 전체적으로 분리급여구가 대조구에 비해서 낮은 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 이는 대사에너지의 섭취량이 대조구보다 낮았고 1일 산란량은 차이가 없었기 때문에 나타난 결과이며, 조단백질도 같은 경향이었으나 칼슘은 칼슘함량의 비율과 동일한 경향이었다( $P < 0.05$ ). 에너지와 조단백질의 공급원의 가격이 칼슘에 비하여

**Table 3.** Effects of split feeding on nutrients intake and nutrients requirement for egg production

	Control	Split diets			MSE
		T1	T2	T3	
Nutrients intake /d					
Metabolic energy, kcal	370 <sup>a</sup>	338 <sup>b</sup>	339 <sup>b</sup>	332 <sup>b</sup>	107
Crude protein, g	20.6 <sup>a</sup>	18.8 <sup>b</sup>	18.9 <sup>b</sup>	18.4 <sup>b</sup>	0.3
Calcium, g	4.66 <sup>c</sup>	4.11 <sup>d</sup>	5.47 <sup>b</sup>	6.62 <sup>a</sup>	0.01
Nutrients requirment /kg egg mass					
Metabolic energy, kcal	6,506 <sup>a</sup>	5,786 <sup>d</sup>	5,784 <sup>b</sup>	5,937 <sup>b</sup>	67,664
Crude protein, g	362 <sup>a</sup>	322 <sup>b</sup>	322 <sup>b</sup>	330 <sup>b</sup>	213
Calcium, g	81.9 <sup>c</sup>	70.3 <sup>d</sup>	93.3 <sup>b</sup>	118.7 <sup>a</sup>	17.1

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts within the same row differ ( $P < 0.05$ ).

높은 점을 감안하면 분리급여구가 수익성을 개선할 수 있다.

Snetsinger와 Zimmerman(1974)은 산란계에 있어서 칼슘 섭취량이 충분할 경우 에너지 섭취량이 기준보다 10 % 정도 제한하여도 산란능력에 지장이 없다고 하였다. Leeson과 Summers(1979)는 백색 산란계에 대해 선택채식 시험한 결과 1일 단백질 섭취량이 대조구에 비해 7 % 정도 절감할 수 있다고 보고하였다 ( $P < 0.01$ ). 이규호와 이덕수(1994)는 산란계에 대하여 각각의 영양소를 선택채식시킨 결과 19:00부터 사료섭취량은 감소되었으나 칼슘의 섭취량은 증가되었다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 기존의 연구 보고와 동일한 결과를 보였다. 그러므로 산란계에게 관행적인 사료급여 방법은 체내에 생리적으로 필요한 칼슘을 충족시키기 위하여 지나치게 높은 수준의 에너지와 단백질을 섭취하였음을 시사한다.

## 2. 난질 및 난각질

칼슘급여량의 오전, 오후 변화에 의한 계란 내부 및 난각질의 조사 결과는 Table 4와 같다. 난황색과 Haugh unit 그리고 난황계수는 시험사료의 성분변화에 따른 영향이 없는 것으로 나타났다.

난각강도와 난각후도는 6주령 및 12주령 모두 사료에 의한 영향이 없는 것으로 나타났다. 다만 난각강도가 12주령에서 분리급여구가 약간 개선되는 경향을 보였지만 칼슘함량에 의한 일정한 경향은 보이지 않았다.

닭의 소장에는 난각 형성시간에 충분한 칼슘을 공급할 수 있는 보유능력이 없기 때문에 칼슘의 섭취 시간이 중요하다(Lennard와 Roland, 1981). Farmer와 Roland(1983)는 07:30과 15:30부터 각각 2시간 30분 동안 칼슘을 별도로 4.2 g씩 급여한 결과 난각 형성

**Table 4.** Effects of split feeding on egg quality at 6 and 14weeks

	Control	Split diets			MSE
		T1	T2	T3	
1st at 6 weeks					
Yolk color	6.45	6.05	6.35	5.90	0.32
Haugh unit	80.5	82.3	82.5	82.8	5.29
York index	0.45	0.46	0.45	0.47	0.00
2nd at 14 weeks					
Yolk color	6.20	6.43	6.08	6.25	0.14
Haugh unit	76.5	78.3	79.3	75.5	6.4
York index	0.46	0.44	0.45	0.44	0.00

**Table 5.** A comparison of eggshell quality of layers fed control and split feeding at 6 and 12weeks

	Control	Split diets			MSE
		T1	T2	T3	
1st at 6 weeks					
Eggshell breaking strength, kg /cm <sup>2</sup>	3.78	3.55	3.75	3.60	0.13
Eggshell thickness, $\mu$ m	386	382	393	377	125
2nd at 12 weeks					
Eggshell breaking strength, kg /cm <sup>2</sup>	3.40	3.80	3.58	3.35	0.12
Eggshell thickness, $\mu$ m	376	389	377	386	118

에 대한 칼슘의 이용률은 오후급여가 66.9% 더 높았고 난각질 역시 개선된다고 하였다. 또 산란계의 칼슘에 대한 섭취량은 오후 3~4시간 후에 급격히 증가하고(Summers와 Leeson, 1985), 이때 칼슘 섭취육구로 인하여 단일배합사료 급여시 다른 영양소의 과잉공급이 이루어지고 있다. 산란계는 칼슘섭취량에 의해 난각질에 영향을 받고(Cheng과 Coon, 1990; Leeson과 Summers, 1979; Gleaves 등, 1977), 특히 난각형성 직전인 오후에 칼슘의 공급이 난각질 개선에 효과적이다. 본 연구 결과에서는 난각질 개선효과가 칼슘섭취량과 일치하지는 않았지만 연, 파란이 8주령부터 점차 대조구보다 감소되는 결과로서 지속적인 칼슘 섭취량 증가는 난각질 개선효과가 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

본 시험은 산란계의 선택채식 습성과 난각형성의 생리를 이용하여 효율적인 영양소 공급 및 난각질 개선을 위해 실시하였다. 칼슘원을 극소화한 오전사료(04:00~15:00)와 칼슘함량을 5.9, 8.0, 10 %로 높은 오후사료(15:00~21:00)를 갈색산란계에 대하여 12주간 사양시험을 실시하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 산란율은 대조구에 비해 오전오후사료구에서 차이가 없거나 약간 증가되는 결과였다.
2. 기형란율은 오전, 오후분리급여구에서 연란과 파란율이 감소되어 전체적으로 개선되는 결과를 보였으나 통계적 유의성은 없었다.
3. 평균난중은 처리간에 별 차이가 없었으며, 1일 산란량도 별 차이가 없거나 약간 증가하는 경향이

었다.

4. 사료섭취량은 오전오후사료 급여구에서 오후사료의 섭취량이 대조구에 비해 감소되어 전체적으로 감소되는 결과를 보였으며 사료요구를 역시 같은 경향을 보였다( $P < 0.05$ ).
5. 1일 영양소 섭취량은 대사에너지와 조단백질은 오전오후사료구가 대조구보다 감소하였고 칼슘 섭취량은 선택채식구가 증가하였다. 산란 kg당 영양소 요구량도 같은 경향을 나타내었다.
6. 난황착색도, Haugh unit 그리고 난황계수는 처리간에 차이를 보이지 않았다.
7. 난각질은 12주령에서 난각강도가 약간 개선되었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았으며, 칼슘 섭취량과 일치하지 않았다.
8. 이상과 같은 결과에서 칼슘 함량이 다른 오전, 오후 분리사료는 정상적인 산란을 유지하면서 에너지 및 단백질의 섭취량을 감소시킬 수 있으며, 옥수수과 대두박에 비해 상대적으로 가격이 저렴한 석회석 대체효과로 사료비를 절감할 수 있어 생산성을 제고할 수 있다.

(색인 : 산란계, 분리사료, 오전, 오후사료, 칼슘, 산란생산성)

## 인용문헌

- AOAC 1990 Official methods of analysis(15th Ed.). Association of officials chemists, Washington DC.
- Chah CC 1972 A Study of the hens nutrients intake as it relates to egg formation, MSC

Thesis, Univ. Guelph.

- Cheng TH and Coon CN 1990 Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro and calcium intake level on layer bone status and performance. *Poultry Sci* 69: 2214.
- Clunies MD and Leeson S 1992 Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poultry Sci* 71:482.
- Farmer M and Roland Sr DA 1983 The influence of the time of feeding on calcium status of the digestive system and eggshell quality in broiler breeders. *Poultry Sci* 62:465.
- Gleaves EW, Mather FB, Ahmad MM 1977 Effects of dietary calcium, protein and energy on feed intake, egg shell quality and hen performance. *Poultry Sci* 56:402.
- Graham JC 1934 Individually of pullets in balancing the ration. *Poultry Sci* 13:34.
- Holcombe DJ, Roland Sr DA and Harms RH 1975 The ability of hens to adjust calcium intake when given a choice of diets containing two levels of calcium. *Poultry Sci* 54:552.
- Leeson S and Summers JD 1979 Dietary self-selection by layers. *Poultry Sci* 58:646.
- Lennards RM, Roland Sr DA 1981 The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. *Poultry Sci* 60:2106.
- Pepper WF, Summers JD and McConache JD 1968 The effect of high levels of calcium, fish products and sodium bicarbonate on egg shell quality. *Poultry Sci* 47:224.
- Scott ML, Nesheim MC and Young RJ 1976 Nutrition of chicken. Scott ML and Associates, Ithaca, New York 53-133.
- Snetsinger DC and Zimmerman RA 1974 Limiting the energy intake of laying hens. p185-199 in *Energy requirements of poultry*. Morris TR and Freeman BM ed, *Poultry Sci Ltd*, Edinburgh.
- Summers JD and Leeson S 1985 *Poultry nutrition handbook*, page 80-83, Univ. of Guelph, Ontario, Canada N1G2W1.
- Vohra P, Wilson WO and Siopes TD 1979 Egg production, feed consumption and maintenance energy requirements of Leghorn hens as influenced by dietary energy at temperatures of 15.6 and 16.7°C. *Poultry Sci* 58:674.
- 이규호 이덕수 1994 난용계 산란계의 선택채식에 관한 연구. *한국가금학회지* 21:41-48.