

산란계 사료에 대한 칼슘 공급제의 추가공급이 산란능력과 사료효율 및 난각질에 미치는 영향

나상원 · 이우진 · 이규호[†]

강원대학교 사료생산공학과

Effects of Additional Calcium Additive on Egg Production, Feed Efficiency and Egg Shell Quality in Laying Hens

S. W. Na, W. J. Lee and K. H. Lee[†]

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

ABSTRACT Forty-wk-old 480 ISA Brown layers were used in a 10-wk feeding trial to investigate the effects of additional various levels of limestone to a low calcium diet without any calcium additives on the performance of laying hens. There were significant differences in average egg weight ($P<0.05$) without any specific trend among treatments and hen-day egg production was not influenced by the dietary treatments. Daily intake and conversion per kg egg of feed excluded the calcium supplement were significantly reduced ($P<0.05$) as the level of additional calcium supplement increased in both types of layer diet, while those of feed included the calcium source were significantly increased ($P<0.05$) as the level of additional calcium supplement increased. Egg specific gravity, eggshell breaking strength and thickness were increased as the level of additional calcium supplement increased, however the significant differences were found only in egg specific gravity. It would be possible to reduce the daily feed intake and feed conversion and to improve the eggshell quality by feed the low calcium diet devoid of calcium supplement from the conventional laying hen diet and by supply the additional calcium source at 3 to 4 p.m. instead of the continuous feeding of conventional high calcium diet.

(Key words : laying hen diet, calcium supplement, egg production, feed efficiency, eggshell quality)

서 론

일반적으로 산란계는 사료를 자유채식 할 때 요구량 이상으로 사료를 과잉섭취하며, 산란능력에 지장 없이 에너지 섭취량을 7~10%까지 제한할 수 있다고 한다(Snetsinger와 Zimmerman, 1974; Leeson와 Summers, 1979).

이와 같이 산란계가 사료를 과잉섭취하는 원인은 사료가 영양적으로 불균형하기 때문이라는 지적이 많고, 사료가 영양적으로 불균형한 이유는 산란계의 영양소 요구량은 항상 일정한 것이 아니고, 환경온도(Vohra 등, 1979), 계절(Scott 등, 1976), 산란일과 비 산란일(Clunies와 Leeson, 1992), 산란

시간(Summers와 Leeson, 1985) 등에 따라 사료섭취량과 영양소 요구량이 변화하는데, 특히 계란형성일(산란을 한 날의 전날)과 비형성일(산란을 하지 않은 날의 전날)에 따라 다르며(Wood-Gush와 Horney, 1970), 1일 중에도 체내에서 계란 및 난각이 형성되는 과정(시간)에 따라 주기적으로 변화(Moris와 Taylor, 1967; Hughes, 1972; Mongin과 Sauveur, 1974)되는데 반하여, 오늘날의 관행적인 산란계 사양형태에서는 일정한 영양성분의 단일 배합사료를 급여함으로써 영양소 요구량의 변화를 효과적으로 충족시킬 수 없고, 특정 영양소의 과잉과 부족이 필연적으로 반복될 수밖에 없으며 필요한 영양소를 충족하기 위해서는 반드시 다른 영양소를

이 논문은 2003년도 강원대학교 학술연구조성비 지원에 의한 연구 결과임.

[†] To whom correspondence should be addressed : khlee@kangwon.ac.kr

과잉 섭취하는 결과를 초래하여 결국 산란계는 사료를 요구량 이상으로 과잉섭취하고 과비하게 되며 사료비 부담도 커지게 된다.

Chah(1972)는 비타민과 광물질이 첨가된 옥수수과 대두박 및 패분 등 3가지 사료를 산란계에 선택채식시키고, 계란 형성일과 비형성일의 시간대별로 사료섭취 패턴을 조사한 결과, 계란형성일의 Ca 섭취량은 오후 3~4시까지의 극히 적으나 이 시간 이후에 급격히 증가하였는데 이것은 오전 10~12시경에 배란된 난황이 오후 3~4시에 난각선에 도착하고 난각형성이 시작되면서 Ca 요구량이 급격히 증가하기 때문이라 하였으며, 배합사료를 급여한 대조구의 사료섭취량은 계란 형성일이 비형성일보다 많았고 계란 형성일의 사료섭취량은 오후 3~4시 이후에 크게 증가하였는데 이것은 난각이 형성되기 시작하는 오후 3~4시 이후에 Ca 요구량이 급격히 증가하고 필요한 Ca를 섭취하기 위해 Ca이 배합된 사료의 섭취량이 증가하는 것이라 하였다.

이규호와 이상진(1986) 및 이규호와 이덕수(1994)도 산란계에 에너지, 단백질 및 Ca 사료를 선택채식시킨 결과 Ca 섭취량은 오전에는 거의 없으나, 오후 3시 이후에 급격히 증가하였다고 보고하였다.

Leeson과 Summers(1979)는 선택채식 시 산란계의 사료섭취패턴을 실제 사양에 응용하기 위하여, 대조구는 일반 배합사료를 급여하고, 선택채식구는 ① 저에너지 저단백질 고 Ca 사료와 ② 고에너지 고단백질 저 Ca 사료의 두 가지 배합사료를 동시에 급여하고 선택채식시킨 결과, 산란율은 차이가 없었으나 1일1수당 사료와 ME 및 CP 섭취량은 선택채식구가 대조구에 비해 각각 6.5%, 9.1% 및 7.4%정도 감소하였는데 이것은 산란계가 배란을 전후한 오전과 난각 형성이 시작되는 오후에 각각 고에너지 고단백질 사료와 고 Ca사료를 선택적으로 섭취한 결과라 하였다.

또한 이규호와 정연중(1996ab), 이규호와 오용석(2002)은 산란계의 계란 형성과정과 관련된 영양소 요구량의 변화에 효과적으로 대처하면서 동시에 산란계 농가에서 쉽게 응용할 수 있는 사양체계를 개발하기 위해서 오전과 오후에 ME, CP, Ca 수준이 다른 오전용 사료와 오후용 사료를 각각 별도로 급여한 결과 관행적인 사료에서 Ca 공급제를 제외한 오전용 사료와 Ca 공급제를 2~3배로 첨가한 오후용 사료의 별도 급여구는 1일1수당 또는 산란 kg당 사료, ME, CP 섭취량과 사료비가 모두 유의적으로 감소되었으며, 난각질도 개선되었다고 하였다.

Leeson과 Summers(1979)의 연구결과는 매우 고무적이거나 현재의 산란계 cage 사양형태와 자동급여체계에서 2가지 사

료를 동시에 별도로 급여하고 선택채식시키는 일은 실제 응용 면에서 문제가 많으며, 이규호와 정연중(1996ab), 이규호와 오용석(2002)의 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여 방법도 효과는 좋으나 오전용 사료와 오후용 사료를 교대로 급여하는 기계 기술적 문제와 추가비용이 요구된다.

따라서 본 연구는 고칼슘사료(관행적 산란계사료) 또는 저칼슘사료(관행적 산란계사료에서 칼슘 공급제를 배제한 사료)를 단일배합사료로 이용하면서 Ca 요구량이 증가하는 15~16시에 칼슘 공급제를 추가로 공급하는 방법의 사양효과와 적절한 칼슘의 추가공급수준을 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물, 시험기간 및 장소

본 실험에는 40주령의 ISA Brown 갈색 산란계 480수를 공시하였으며, 강원도 홍천군 화촌면 소재 계암 농장에서 예비사양시험 2주간을 거쳐 10주간 본 시험을 실시하였다.

2. 시험설계 및 시험사료

본 실험에서는 Table 1에서 보는 바와 같이 CP 15%, ME 2,800 kcal/kg, Ca 3.5% 정도의 관행적인 산란계 사료(Diet 1)와 관행적 산란계 사료배합표에서 칼슘 공급제 배합량 중 8%를 빼고 배합한 저 칼슘사료(Diet 2)의 2가지 배합사료를 급여하였으며, Diet 1을 급여하면서 오후 3~4시에 석회석을 1일1수당 0 g(C), 10 g(T1), 20 g(T2)씩 추가로 공급하는 3처리와 저칼슘의 Diet 2를 급여하면서 같은 시간에 석회석을 1일1수당 10 g(T3), 20 g(T4), 30 g(T5)씩 추가로 공급하는 3처리

Table 1. Experimental design

Treatments	Diets	Additional Ca
C	Diet 1(High-Ca) ¹	Limestone 00 g/hen/day at 3~4p.m.
T1	"	" 10 g/hen/day "
T2	"	" 20 g/hen/day "
T3	Diet 2 (Low-Ca) ²	Limestone 10 g/hen/day at 3~4p.m.
T4	"	" 20 g/hen/day "
T5	"	" 30 g/hen/day "

¹ Conventional laying hen diet of 3.5% calcium as shown in Table 2.

² Diet devoid of calcium supplement from the diet las shown in Table 2.

리 등 모두 6처리를 두었고, 처리당 4반복, 반복당 20수씩 모두 480수를 완전임의배치 하였다. Diet 1에 대한 칼슘공급제의 1일1수당 추가공급량 0~20 g은 관행사료에서 섭취되는 칼슘공급제의 양(125 g×8%=10 g)의 1~3배에 해당되며, 칼슘공급제가 배합되지 않은 Diet 2에 대한 칼슘공급제의 1일1수당 추가공급량 10~30 g도 관행사료에서 섭취되는 칼슘공급제량의 1~3배에 해당되도록 결정하였다. 본 실험에 공시된 시험사료의 배합율과 영양성분 계산치는 Table 2와 같다.

3. 공시축 사양관리

공시된 산란계는 니플 급수기가 부착된 2수용 3단 철제 cage가 설치되어 있는 개방식 계사에 수용하고, 05:00~22:00까지 17시간 고정점등을 하였으며, 2가지 시험사료와 칼슘공급제의 추가공급체계에 적용하도록 2주간의 예비사양 기간을 두었고, 배합사료는 자유채식하였지만 1일간 섭취하기에 알맞은 양의 사료를 매일 급여하면서 오후 3~4시 사이에 반복당 200(20수×10 g)g~600(20수×30 g)g의 석회석을 칭량하여 급여된 배합사료위에 고루 뿌려주면서 10주간 본 사양시험을 실시하였다.

4. 조사항목과 조사방법

1) 산란율과 평균난중

본 시험기간 중 매일 일정시간에 각 처리의 반복별 총 산란수와 정상난중을 조사하여 기록하고, 2주 간격으로 산란율은 헨데이(hen-day)산란율로 연 생존수수에 대한 총 산란수의 백분율(%)로 나타내었으며, 평균난중은 시험기간 중 비정상란(연란, 파란, 쌍란 및 기형란)을 제외한 정상란의 무게를 정상란수로 나누어 계산하였다.

2) 사료 및 영양소 섭취량

각 시험기간 중 2주 간격으로 배합사료의 급여량에서 잔량을 감하여 사료섭취량을 계산하였고, 사료섭취량에 시험사료의 ME와 CP 함량을 곱하여 ME와 CP 섭취량을 계산하였으며, 사료와 ME 및 CP 섭취량을 연 생존수수로 나누어 1일1수당 섭취량을 표시하였다.

3) 사료 및 영양소 요구율

사료와 ME 및 CP의 1일1수당 섭취량을 1일1수당 산란수와 산란중량으로 각각 나누어 산란 1개당 요구량과 산란 kg당 요구량을 계산하였다.

Table 2. Formula and chemical composition of experimental diets

	Diet 1	Diet 2
Ingredients(%)		
Yellow corn	59.86	65.00
Wheat	7.00	7.60
Wheat bran	0.80	0.90
Soybean meal (CP 45.5%)	19.20	20.90
Corn gluten meal (CP 62%)	1.30	1.40
Animal fat	1.00	1.10
DL-methionine (88%)	0.20	0.22
L-lysine (24%)	0.26	0.28
Choline (50%)	0.08	0.09
Limestone (Ca 38%)	4.35	0.40
Oyster shell (Ca 38%)	4.35	0.40
Di-calcium phosphate	0.92	1.00
Salt	0.28	0.30
Probiotics	0.10	0.11
Phytase	0.03	0.03
Vitamin-mix ¹	0.12	0.12
Mineral-mix ²	0.15	0.15
Total	100.00	100.00
Chemical composition		
ME, kcal/kg	2,812	3,054
CP, %	15.13	16.45
Ca, %	3.54	0.63
Available P, %	0.33	0.35
Methionine, %	0.43	0.47
Lysine, %	0.78	0.85

¹ Contained per kg : vit. A 9,000,000IU, vit. D₃ 2,100,000IU, vit. E 15,000IU, vit. K 2,000 mg vit. B₁ 1,500 mg, vit. B₂ 4,000 mg, vit. B₆ 3,000 mg, vit. B₁₂ 15 mg, Pantothenic acid 8,500 mg, Niacin 20,000 mg, Biotin 110 mg, Folacin 600 mg, Ethoxyquin 2,000 mg.

² Contained per kg : Fe 40,000 mg, Co 300 mg, Cu 3,500 mg, Mn 55,000 mg, Zn 50,000 mg, I 600 mg, Se 130 mg.

4) 난각질

(1) 계란비중

계란비중 측정에 사용된 NaCl 용액은 순도 99.5%의 시약용 NaCl을 증류수 5 L에 각각 388 g, 466 g, 544 g, 622 g, 700 g 및 778 g을 첨가하고 비중계를 이용하여 비중을 측정

하고 증류수와 NaCl을 추가로 첨가하여 정확하게 비중을 조절하여 비중 1.050, 1.060, 1.070, 1.080, 1.090 및 1.100 등 6가지 용액을 제조하였으며, 계란비중의 측정은 처리당 100개의 계란을 10반복으로 나누고 반복당 10개씩의 계란을 비중이 낮은 NaCl 용액으로부터 차례로 담가서 계란이 뜰 때의 NaCl 용액의 비중을 계란의 비중으로 하고, 반복당 10개의 계란비중 측정치를 평균하여 반복별 비중으로 하였다.

(2) 난각강도

계란비중을 측정된 후 계란을 1개씩 FN 597 유압식 난각강도계(0~6 kg/cm²)를 이용하여 계란의 중단부가 위로 향하게 하여 수직으로 세워 고정된 다음 압력을 가하여 난각이 파괴되는 순간의 압력을 측정하였다.

(3) 난각후도

난각 강도계에 의해 난각강도를 측정된 후 깨어진 계란을 적도 부위에서 이등분하여 내용물을 제거하고 서로 반대편에서 2개의 난각 파편을 취하여 FN 595 난각후도계(0.01~10 mm)를 이용하여 난각후도를 측정하고 2개의 난각 후도를 평균하여 계산하였다.

5. 통계처리

모든 시험성적의 통계분석은 SAS[®](SAS Institute, 1989)의 ANOVA Procedure를 이용하여 5% 수준에서 유의성 검사를 하였으며, 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정 방법(Snedecor와 Cochran, 1980)을 이용하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율과 평균난중

CP 15%, ME 2,800kcal/kg, Ca 3.5% 정도의 관행적인 산란계 사료(Diet 1)와 관행적 산란계 사료에서 칼슘 공급제 배합량 8%를 빼고 배합한 저 칼슘사료(Diet 2)의 2가지 배합사료를 급여하면서 각각 오후 3~4시에 석회석을 1일1수당 0 g(C), 10 g(T1), 20 g(T2) 및 10 g(T3), 20 g(T4), 30 g(T5)씩 추가로 공급하여 관행사료에서 섭취되는 칼슘공급제 양의 1~3배의 칼슘 공급제를 추가로 공급한 결과 Hen-day산란율과 평균난중은 Table 3에서 보는 바와 같이 산란율은 처리간에 유의적인 차이가 없었으며, 평균난중은 처리 간에 유의성은 인정되었으나(P<0.05) 큰 차이나 처리 간에 일정한 경향은 보이지 않았다.

2. 사료섭취량과 사료요구율

배합사료의 종류와 추가로 공급되는 칼슘공급제의 수준이 1일1수당 사료섭취량과 산란 kg당 사료요구율에 미치는 영향도 Table 3에서 보는 바와 같다. 사료섭취량과 사료요구율은 편의상 칼슘 공급제를 제외한 배합사료량과 칼슘 공급제를 포함한 전체 사료량으로 나누어 계산하였는데, 칼슘공급제가 거의 들어있지 않은 배합사료의 1일1수당 섭취량은 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고(P<0.05) 칼슘공급제가 거

Table 3. Effects of diets and additional calcium supplement on egg production, feed intake and feed conversion of laying hen

Treatments	H.D. egg production (%)	Egg weight (g/egg)	Daily feed intake, g/hen		Feed conversion, kg/kg	
			Low calcium diet	Diet+ limestone	Low calcium diet	Diet+ limestone
C	77.08	66.47 ^{ab}	123.50 ^a	135.27 ^b	2.41	2.64 ^{bc}
T1	76.56	67.08 ^{ab}	116.51 ^b	139.51 ^{ab}	2.27	2.72 ^{ab}
T2	76.54	66.00 ^b	110.80 ^c	143.27 ^a	2.19	2.84 ^a
T3	76.36	67.48 ^a	121.14 ^{ab}	131.14 ^{bc}	2.36	2.55 ^c
T4	76.81	66.24 ^{ab}	117.15 ^b	136.27 ^b	2.30	2.68 ^{bc}
T5	76.76	66.67 ^{ab}	111.88 ^c	141.88 ^{ab}	2.19	2.77 ^{ab}
SEM ¹	3.44	0.71	2.99	3.14	0.12	0.13
Significance	NS ²	*	*	*	NS	*

^{abc} Values with different superscript are differ significantly (P<0.05).

¹ Standard error of means.

² Non significant (P>0.05).

의 들어있지 않은 배합사료의 산란 kg당 사료요구율도 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 배합사료와 추가로 공급되는 칼슘공급제를 합한 사료의 1일1수당 섭취량과 산란 kg당 요구율은 위와 반대로 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$).

이상에서 관행적인 산란계 사료(Diet 1)와 관행적 산란계 사료에서 칼슘 공급제 배합량 8%를 빼고 배합한 저 칼슘사료(Diet 2)의 2가지 배합사료를 급여하면서 각각 오후 3~4시에 관행사료에서 섭취되는 칼슘공급제 양의 1~3배의 칼슘 공급제(석회석)를 추가로 공급한 결과 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 염가의 칼슘공급제를 포함한 전체 사료의 섭취량이나 요구율은 증가하였으나 칼슘공급제를 제외한 고에너지 고단백의 배합사료 섭취량과 요구율이 감소한 것은 난각 형성이 시작되면서 칼슘요구량이 증가하는 오후 3~4시 이후에 충분한 칼슘을 추가 공급함으로써 필요한 칼슘사료외의 배합사료의 불필요한 섭취가 방지된 것이라 보여지며, 고칼슘의 산란계사료를 오전과 오후에 계속 급여하는 관행방법대신 칼슘공급제가 거의 배합되지 않은 저 칼슘사료를 오전과 오후에 계속 급여하면서 오후 3~4시에 충분한 칼슘 공급제를 추가로 급여하는 사양체계에 관한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3. 난각질

칼슘 함량이 다른 배합사료의 종류와 추가로 공급되는 칼슘공급제의 수준이 계란의 비중, 난각 파괴강도 및 난각 후도 등 난각 질에 미치는 영향은 Table 4에서 보는 바와 같다.

1.050, 1.060, 1.070, 1.080, 1.090 및 1.100 등 6가지 비중의 NaCl 용액을 제조하고, 처리당 100개의 계란을 10반복으로 나누고 반복당 10개씩의 계란을 비중이 낮은 NaCl 용액으로부터 차례로 담가서 계란이 뜰 때의 NaCl 용액의 비중을 계란의 비중으로 측정된 처리별 비중은 처리 간에 유의성이 인정되었으며, 큰 차이는 아니었으나 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$).

계란비중 측정 후 계란을 1개씩 FN 597 유압식 난각 강도계($0\sim6\text{ kg/cm}^2$)를 이용하여 난각이 파괴되는 순간의 압력을 측정된 결과와 난각강도를 측정된 후 깨어진 계란의 적도부위의 서로 반대편에서 2개의 난각 파편을 취하고 FN 595 난각 후도계($0.01\sim10\text{mm}$)를 이용하여 난각 후도를 측정된 결

Table 4. Effects of diets and additional calcium supplement on eggshell quality

Treatments	Egg specific gravity	Egg breaking strength (kg/cm^2)	Eggshell thickness (μm)
C	1.078b	3.13	36.84
T1	1.082 ^a	3.43	37.92
T2	1.083 ^a	3.59	38.18
T3	1.081 ^{ab}	3.34	37.60
T4	1.081 ^{ab}	3.36	37.51
T5	1.083 ^a	3.53	38.24
SEM ¹	0.002	0.24	1.24
Significance	*	NS ²	NS

^{ab} Values with different superscript are differ significantly ($P<0.05$).

¹ Standard error of means.

² Non significant ($P>0.05$).

과는 모두 처리 간에 유의성은 인정되지 않았으나 대체로 오후 3~4시의 칼슘 공급제 추가공급량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

이상에서 오후 3~4시의 칼슘 공급제 추가공급량이 증가할수록 난각 질이 유의적으로 향상되거나 또는 유의성은 없으나 향상되는 경향을 보인 것은 난각 형성을 위해 칼슘요구량이 증가하는 오후 3~4시 이후에 충분한 칼슘 공급제를 추가로 공급함으로써 얻어진 결과로 보여진다.

적 요

관행적인 산란계 사료와 관행적 산란계 사료에서 칼슘 공급제를 배제한 저 칼슘사료의 2가지 배합사료를 급여하면서 각각 오후 3~4시에 일반적인 관행사료의 칼슘공급제 배합량의 1~3배의 칼슘공급제(석회석)를 추가로 공급할 경우 산란능력과 사료섭취량, 사료효율 및 난각질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 480수의 갈색산란계를 공시하여 10주간 사양시험을 실시한 결과 산란율은 처리 간에 유의적인 차이가 없었으며, 평균난중은 처리 간에 유의성은 인정되었으나($P<0.05$) 처리 간에 일정한 경향은 보이지 않았다. 칼슘공급제가 들어있지 않은 배합사료의 1일1수당 섭취량은 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록

유의적으로 감소하였으나($P<0.05$), 칼슘공급제를 포함한 사료의 섭취량은 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 칼슘공급제가 들어있지 않은 배합사료의 산란 kg당 요구율은 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나, 칼슘공급제를 포함한 사료의 산란 kg당 요구율은 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 계란의 비중은 2가지 배합사료에서 모두 칼슘공급제의 추가공급량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였고($P<0.05$), 난각 파괴강도와 난각 후도는 모두 처리 간에 유의성은 인정되지 않았으나 칼슘 공급제 추가공급량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 결론적으로 고칼슘의 관행산란계사료를 계속 급여하는 대신 관행산란계 사료에서 칼슘 공급제를 배제한 저칼슘의 사료를 급여하면서 칼슘 요구량이 증가하는 오후 3~4시 이후에 충분한 칼슘 공급제를 추가 공급하면 사료섭취량과 사료요구율을 감소시키고 난각질을 개선할 수 있을 것으로 보인다

(색인어 : 산란계 배합사료, 칼슘공급제, 산란능력, 사료효율, 난각질)

인용문헌

- Chah CC 1972 A study of the hen's nutrient intake as it relates to egg formation. MSc Thesis University of Guelph.
- Clunies MD, Leeson S 1992 Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poultry Sci* 71:482.
- Hughes BO 1972 A circadian rhythm of calcium intake in the domestic fowl. *British Poultry Sci* 13:85-93.
- Lee KH, Jeong YJ, Ohh YS 2002 Effects of feeding split diets for a.m. and p.m. on laying hen performance and feed cost. 7th WPSA Asian Pacific Federation Conference Proceeding 44-45.
- Leeson S, Summers JD 1978 Voluntary food restriction by laying hens mediated through dietary self-selection. *British Poultry Sci* 19:417-424.
- Leeson S, Summers JD 1979 Dietary self-selection by layers. *Poultry Sci* 58:646-651.
- Mongin P, Sauveur B 1974 Voluntary food and calcium intake by the laying hen. *British Poultry Sci* 15:349-360.
- Morris BA, Taylor TG 1967 The daily food consumption of laying hens in relation to egg formation. *British Poultry Sci* 8:251-257.
- SAS Institute 1989 SAS User's Guide: Basics SAS Inst Inc Cary NC.
- Scott ML, Nesheim MC, Young RJ 1976 Nutrition of chicken. Scott ML and Associates, Ithaca New York 53-133.
- Snedecor GW, Cochran WG 1980 Statistical Methods. Iowa State University Press Ames Iowa.
- Snetsinger DC, Zimmerman RA 1974 Limiting the energy intake of laying hens. page 185-199 in energy requirement of poultry. Morris TR, Freeman BM ed. *Poultry Sci Ltd* Edinburgh.
- Summers JD, Leeson S 1985 Poultry Nutrition Handbook. University of Guelph Guelph Ontario Canada N1G 2W1.
- Vohra P, Wilson WO, 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* 53:1247.
- Wood-Gush DGM, Horney AR 1970 The effect of egg formation and laying on the food and water intake of Brown Leghorn hens. *British Poultry Sci* 11:459-466.
- 이규호 이상진 1986 난용계 산란기의 선택채식 미발표 논문.
- 이규호 이덕수 1994 난용계 산란기의 선택채식에 관한 연구. *한국가금학회지* 21(1):41-48.
- 이규호 1994 난용계의 선택채식과 영양소 공급체계. *한국가금학회지* 21(2):101-111.
- 이규호 정연중 1996a 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여가 산란능력과 경제성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 23(1):27-37.
- 이규호 정연중 1996b 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여가 난각질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 23(1):39-46.
- 이규호 오용석 2002 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 영양수준 및 급여방법이 산란능력과 사료비에 미치는 영향. *한국가금학회지* 29(3):195-204.