

## 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 영양수준 및 급여방법이 산란능력과 사료비에 미치는 영향

이 규 호<sup>†</sup> · 오 용 석  
강원대학교 사료생산공학과

### Effects of Nutrient Levels and Feeding Regimen of a.m. and p.m. Diets on Laying Hen Performances and Feed Cost

K. H. Lee<sup>†</sup> and Y. S. Ohh

Department of Feed Science and Technology, Kangwon National University, 192-1 Hyoja 2-dong, Chuncheon, Kangwon 200-701, South Korea

**ABSTRACT** : Two experiments were conducted to study the effects of nutrient level and feeding method of split diets for a.m. and p.m. on laying hen performance, feed cost and eggshell quality. In experiment 1, 384 ISA Brown layers of 30~38wk of age were assigned to four treatments which comprise of three replicates each containing 32 birds. The control(C) was fed a conventional single diet throughout the day and split diet groups(T1, T2 and T3) were offered high energy/protein-low Ca diets, and low energy/protein-high Ca diets in a.m.(04:00~15:00) and p.m.(15:00~21:00), respectively. In the split diet groups, daily ME and CP consumption, and feed cost were significantly reduced( $P<0.05$ ) compared to the C, while the hen-day egg production, average egg weight and daily feed intake were not different among treatments. Due to the reduced daily ME and CP intakes and feed cost, the conversions of feed, ME, CP and feed cost required per day and per kg egg mass were also significantly improved( $P<0.05$ ) in the split diet groups. Eggshell qualities(egg specific gravity, egg breaking strength and eggshell thickness) were improved( $P<0.05$ ) by split diet feeding. As the Ca level of the p.m. diet increased. In Experiment 2, 384 ISA Brown layers of 50~58 wk of age were used in three treatments and each treatment was represented by four replicates each containing 32 birds. The control(C) was fed a conventional single diet throughout the day and split diet group(T1) was offered high energy/protein-low Ca diets, and low energy/protein-high Ca diets in a.m.(04:00~15:00) and p.m.(15:00~21:00), respectively. T2 group was fed the diet mixed (50:50) with the a.m. diets in mash and p.m. diet in pellet used T1 group. In T1 and T2 groups, daily feed intake and average egg weight were significantly reduced( $P<0.05$ ) compared to the C, while the hen-day egg production was not influenced by the feeding system. Daily ME and CP consumption, and feed cost were reduced( $P<0.05$ ), and the conversions of ME, CP and feed cost required per egg were also significantly improved( $P<0.05$ ) in T1 and T2, while the conversions of feed, ME, CP and feed cost required per kg egg mass were not different to the C. Eggshell qualities of T1 and T2 were improved( $P<0.05$ ) compared to the others. It was concluded the feed and nutrients consumption, feed cost per day or per kg egg mass could be reduced by introducing split diets for a.m. and p.m. and the feeding method of mixed diet of split diets were also convenient and effective for sparing feed cost and improvement of eggshell quality.

(Key words : split diet, crude protein, Ca, feed cost, eggshell quality)

### 서 론

일반적으로 산란계는 사료를 자유채식할 때 요구량 이상으로 사료를 과잉섭취하며, 산란능력에 지장 없이 에너지 섭

취량을 7~10%까지 제한할 수 있다고 한다(Snetsinger and Zimmerman, 1974; Leeson and Summers, 1979). 이와 같이 산란계가 사료를 과잉섭취하는 원인은 사료가 영양적으로 불균형하기 때문이라는 지적이 많고, 사료가 영양적으로 불균

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : khlee@kangwon.ac.kr  
본 연구는 2000년도 농협중앙회 사료축산연구 용역과제의 결과임.

형한 이유는 산란계의 영양소 요구량은 항상 일정한 것이 아니고, 환경온도(Vohra et al., 1979), 계절(Scott et al., 1976), 산란일과 비산란일(Clunies et al., 1992), 산란시간(Summers and 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-Gush and Horney, 1970), 1일 중에도 체내에서 계란 및 난각이 형성되는 과정(시간)에 따라 주기적으로 변화(Moris and Taylor, 1967; Hughes, 1972; Mongin and Sauveur, 1974)되는데 반하여, 오늘날의 사양형태, 즉 관행적인 산란계의 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 과잉 섭취하는 결과를 초래하여 결국 산란계는 사료요구량 이상으로 과잉섭취하고 과비하게 되며 사료비 부담도 커지게 된다.

Chah(1972)는 대조구는 옥수수-대두박 위주의 배합사료를 급여하고, 시험구는 비타민과 광물질이 첨가된 옥수수과 대두박 및 패분 등 3가지 사료를 산란계에 선택채식시키고, 계란 형성일과 비형성일의 시간대별로 사료섭취 패턴을 조사한 결과, 배합사료를 급여한 대조구의 사료섭취량은 계란형성일이 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 하였고, 3가지 사료의 선택채식구의 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 Ca요구량이 급격히 증가하기 때문이라 하였으며, 선택채식구의 산란율이나 난중은 배합사료구와 비슷하였으나, 1일 단백질, 에너지 및 Ca 섭취량은 각각 19.2 g, 299.1 kcal 및 3.54 g으로 배합사료 급여구의 21.6 g, 325.8 kcal 및 4.81 g보다 모두 적었다고 보고하였다.

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

Leeson and Summers(1979)는 선택채식시 산란계의 사료섭취패턴을 실제 사양에 응용하기 위하여, 대조구는 ME 2,800 Kcal/kg, CP 17%, Ca 3%의 일반 배합사료를 급여하고, 선택

채식구는 ① ME 1,740 Kcal/kg, CP 10.7%, Ca 13.1%의 저에너지 저단백질 고Ca 사료와 ② ME 3,065 Kcal/kg, CP 19.1%, Ca 0.47%의 고에너지 고단백질 저Ca 사료의 두 가지 배합사료를 동시에 급여하고 선택채식시킨 결과, 산란율은 차이가 없었으나 난중은 선택채식구가 무거웠으며, 1일 1수당 사료와 ME 및 CP 섭취량은 선택채식구가 대조구에 비해 각각 6.5%, 9.1% 및 7.4% 정도 감소하였고, Ca은 반대로 선택채식구가 대조구에 비해서 13.9%나 많이 섭취하였다고 하였으며, 이것은 산란계가 배란을 전후한 오전과 난각형성이 시작되는 오후에 각각 고에너지 고단백질 사료와 고Ca사료를 선택적으로 섭취한 결과라 하였다.

또한 이규호와 정연중(1996a,b)은 산란계의 계란 형성과정과 관련하여 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 급여하고 산란능력과 경제성 및 난각질을 조사한 결과 관행적인 단일 배합 사료구에 비해 관행적인 사료에서 Ca공급제를 제외한 오전용 사료와 Ca공급제를 2배로 첨가한 오후용 사료의 별도 급여구는 난중에서는 차이가 없었으나, 산란율이 4.3% 향상되었고, 1일 1수당 사료, ME, CP 섭취량은 5.0~6.2% 감소되었고, 산란 kg당 사료, ME, CP 섭취량은 10.3~11.5%가 감소되었으며, 1일 1수당 사료비는 5.2%, 산란 kg당 사료비는 10.5%가 절감되었으며, 난각질도 개선되었다고 하였다.

Leeson and Summers(1979)의 연구결과는 매우 고무적이나, 현재의 산란계 사양형태, 즉, cage사양과 자동급여체계에 2가지 사료를 동시에 별도로 급여하고 선택채식시키는 일은 실제 응용면에서 문제가 많으며, 이규호와 정연중(1996a, b)의 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여방법도 효과는 좋으나, 오전용 사료와 오후용 사료의 교체시기를 12:00시를 기준으로 교체급여 하였고, 오전용 사료 bin과 오후용 사료 bin을 별도로 설치하여 교대로 가동하는 방법을 생각할 수 있으나, 역시 기계 기술적 문제와 추가비용이 요구된다. 따라서 본 연구의 실험 1에서는 선택채식시 Ca섭취량이 급격히 증가하는 15:00시를 기준으로 하여 오전사료와 오후사료의 교체급여효과를 재확인하고, 실험 2에서는 오전 사료와 오후사료의 가공형태를 달리하고 동시 혼합급여의 가능성을 검토하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

## 1. 공시동물, 시험기간 및 장소

실험 1과 실험 2에는 각각 28주령과 48주령 된 ISA Brown 갈색 산란계 384수를 공시하였으며, 경기도 가평군소재 산란계 농가에서 예비사양시험 2주간을 거쳐 8주간 본 시험을 실시하였다.

**Table 1.** ME, CP and Ca levels of experimental diets in Experiment 1

Treatments	a. m. diets			p. m. diets		
	ME (kcal/kg)	CP (%)	Ca (%)	ME (kcal/kg)	CP (%)	Ca (%)
C	2,800	16.5	3.5	2,800	16.5	3.5
T1	3,040	18.0	0.5	2,560	15.1	6.5
T2	3,040	18.0	0.5	2,320	13.7	9.5
T3	3,040	18.0	0.5	2,080	12.3	12.5

## 2. 시험설계 및 시험사료

실험 1은 Table 1에서 보는 바와 같이 대조구(control)는 오전용 사료와 오후용 사료 모두 동일한 영양수준의 관행적인 산란계 단일 배합사료를 급여하였고, T1 T2 T3는 오전에는 관행적 산란계 배합사료에서 Ca공급제(석회석)을 제외한 고에너지-고단백질-저Ca사료를 급여하였고, 오후에는 Ca공급제를 대조구보다 2배(T1), 3배(T2), 4배(T3)로 첨가한 저에너지-저단백질-고Ca사료를 급여하였으며, 공시용 산란계는 반복당 32수씩 4처리 3반복으로 완전임의 배치하였다. 본 시험에서 사용된 시험사료 배합율과 영양성분 및 사료단가의 계산치는 Table 2에서 보는 바와 같다. 실험 2는 Table 3에서 보는 바와 같이 대조구(control)는 오전과 오후에 모두 단일 배합사료를 급여하였고, T1은 오전에는 관행적 산란계 배합사료에서 Ca공급제(석회석)을 제외한 고에너지-고단백질-저Ca사료를 급여하였고, 오후에는 Ca공급제를 대조구보다 3

**Table 2.** Formula and chemical composition of experimental diets in Experiment 1

	a. m. diets		p. m. diets			
	C	T1~T3	C	T1	T2	T3
Ingredients(%):						
Yellow corn	63.00	68.39	63.00	57.61	52.21	46.81
Wheat	5.00	5.43	5.00	4.57	4.14	3.71
Wheat bran	1.60	1.74	1.60	1.46	1.33	1.19
Soybean meal(45%)	11.00	11.94	11.00	10.06	9.12	8.17
Corn gluten meal(60%)	5.00	5.43	5.00	4.57	4.14	3.72
Fish meal(60%)	5.00	5.43	5.00	4.57	4.14	3.71
Tricalcium phosphate	0.79	0.86	0.79	0.72	0.65	0.59
Limestone	7.89	-	7.89	15.78	23.67	31.56
Salt	0.25	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19
Vit.-min. premix <sup>1</sup>	0.20	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
Additive <sup>2</sup>	0.27	0.29	0.27	0.25	0.22	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition <sup>3</sup> :						
ME, kcal/kg	2801	3041	2801	2561	2321	2081
CP, %	16.51	17.92	16.51	15.09	13.68	12.26
n · p - P, % <sup>4</sup>	0.25	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19
Ca, %	3.55	0.60	3.55	6.50	9.45	12.40
Lysine, %	0.75	0.81	0.75	0.69	0.62	0.56
Methionine, %	0.32	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24
Feed cost, won/kg	171.25	183.88	171.25	158.62	145.86	133.23

<sup>1</sup>Contained per kg : vit. K<sub>3</sub>, 30,000mg; vit. B<sub>1</sub>, 22,500mg; vit. B<sub>2</sub>, 60,000mg; vit. B<sub>6</sub>, 45,000mg; vit. B<sub>12</sub>, 225mg; biotin, 1,650mg; folic acid, 9,000mg; Fe, 40,000mg; Co, 300mg; Cu, 3,500mg; Mn, 55,000mg; Zn, 50,000mg; I, 600mg; Se, 130mg.

<sup>2</sup>Contained per kg : natural chitin/chitosan, 45,000mg(CP, 8% ↑; CF, 2% ↑; moisture, 15% ↓); folic acid ammonium, 176.6g; formic acid, 49.5g; propionic acid, 41.2g; calcium binding factors 100g; plasma buffers, 120g; bone calcium regulators, 40g; carrier, 740g.

<sup>3</sup>Calculated values.

<sup>4</sup>n · p - P : non-phytic phosphorus.

배로 첨가한 저에너지-저단백질-고Ca사료를 급여하였으며, T2는 T1과 같은 영양수준의 오전용 사료와 오후용 사료를 각각 분말과 펠렛 형태로 가공한 후 50 : 50으로 혼합하여 동시에 급여하였다. 공시용 산란계는 반복당 32수씩 3처리 4반복으로 완전임의 배치하였다. 본 시험에서 사용된 시험사료 배합율과 영양성분 및 사료단가의 계산치는 Table 4에서 보는 바와 같다.

3. 공시축 사양관리

공시된 산란계는 니플 급수기가 부착된 2수용 3단 철제 cage가 설치되어 있는 개방식 계사에 수용하고 오전용 사료와 오후용 사료의 급여형태에 적응을 하도록 2주간의 예비사양기간을 두었고, 04:00~21:00까지 17시간 고정점등을 하였으며, 두 실험 모두 대조구는 동일한 산란계 사료를 자유채식시켰고, 처리구들의 오전용 사료는 소등직전인 20:00~21:00시에 교체 급여하였고, 오후용 사료는 15:00~16:00에 교체 급여하였으며, 실험 2의 T2구만 오전용 사료(분말)와 오후용 사료(펠렛)를 50 : 50으로 혼합하여 대조구와 마찬가지로 자유채식을 시켰다. 두 실험의 모든 처리구들도 오전용 사료와 오후용 사료를 각각 자유채식시키고 물도 자유로이 마시게 하였다.

4. 조사항목과 조사방법

1) 산란율과 평균난중

각 시험기간 중 매일 16:00에 각 처리의 반복별 총 산란수와 정상난중을 조사하여 기록하고, 산란율과 평균난중은 2주 간격으로 계산하였는데, 산란율은 헨데이 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 오전사료와 오후사료의 급여량에서 잔량을 감하여 사료섭취량을 계산하였고, 사료섭취량에 시험사료의 ME와 CP함량을 곱하여 ME와 CP섭취량을 계산하였으며, 사료와 ME 및 CP섭취량을 연 생존수수로 나누어 1일 1수당 섭취량을 표시하였다.

3) 사료 및 영양소요구율

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

4) 경제성

시험기간 중 1일 1수당 사료섭취량에 시험사료 kg당 단가를 곱한 다음 1일 1수당 산란수와 1일 1수당 산란중량으로 각각 나누어 산란 1개 및 kg당 소요된 사료비를 계산하였다.

5) 난각질

① 계란비중

계란비중 측정에 사용된 NaCl용액은 순도 99.5%의 시약용 NaCl을 증류수 5L에 각각 388 g, 466 g, 544 g, 622 g, 700 g 및 778 g을 첨가하고 비중계를 이용하여 비중을 측정하고 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 9반복 반복당 10개씩의 계란을 10개씩 비중이 낮은 NaCl용액으로부터 차례로 담가서 계란이 뜰 때의 NaCl용액의 비중을 계란의 비중으로 하고, 반복당 10개의 계란비중 측정치를 평균하여 반복별 비중을 계산하였다.

② 난각강도

계란비중을 측정한 후 계란을 1개씩 FN 597 유압식 난각강도계(0~6 kg/cm<sup>2</sup>)를 이용하여 계란의 둔단부가 위로 향하게 하여 수직으로 세워 고정된 다음 압력을 가하여 난각이 파괴되는 순간의 압력을 측정하였다.

Table 3. ME, CP and Ca levels of experimental diets in Experiment 2

Treatments		a. m. diets			p. m. diets			
		ME (kcal/kg)	CP (%)	Ca (%)	ME (kcal/kg)	CP (%)	Ca (%)	
C	mash	2,800	16.5	3.5	mash	2,800	16.5	3.5
T1	mash	3,040	18.0	0.5	mash	2,320	13.7	9.5
T2*	mash	3,040	18.0	0.5	pellet	2,320	13.7	9.5

\* Diets for a.m. and p.m. were mixed in 50:50 ratio and fed together.

**Table 4.** Formula and chemical composition of experimental diets in Experiment 2

	a. m. diets		p. m. diets	
	C	T1-T2	C	T1-T2
<b>Ingredients(%):</b>				
Yellow corn	63.00	68.39	63.00	46.00
Wheat	5.00	5.43	5.00	-
Wheat flour	-	-	-	7.63
Wheat bran	1.60	1.74	1.60	2.05
Soybean meal(45%)	11.00	11.94	11.00	7.12
Corn gluten meal(60%)	5.00	5.43	5.00	6.14
Fish meal(60%)	5.00	5.43	5.00	4.14
Bentonite	-	-	-	2.00
Tricalcium phosphate	0.79	0.86	0.79	0.65
Limestone	7.89	-	7.89	23.67
Salt	0.25	0.27	0.25	0.21
Vit.-min. premix <sup>1</sup>	0.20	0.22	0.20	0.17
Additive <sup>2</sup>	0.27	0.29	0.27	0.22
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Chemical composition<sup>3</sup>:</b>				
ME, kcal/kg	2801	3041	2801	2321
CP, %	16.51	17.92	16.51	13.68
n · p - P, % <sup>4</sup>	0.25	0.27	0.25	0.21
Ca, %	3.55	0.60	3.55	9.45
Lysine, %	0.75	0.81	0.75	0.62
Methionine, %	0.32	0.35	0.32	0.27
Feed cost, won/kg	171.25	183.88	171.25	145.86

<sup>1</sup>Contained per kg : vit. K<sub>3</sub>, 30,000mg; vit. B<sub>1</sub>, 22,500mg; vit. B<sub>2</sub>, 60,000mg; vit. B<sub>6</sub>, 45,000mg; vit. B<sub>12</sub>, 225mg; biotin, 1,650mg; folic acid, 9,000mg; Fe, 40,000mg; Co, 300mg; Cu, 3,500mg; Mn, 55,000mg; Zn, 50,000mg; I, 600mg; Se, 130mg.

<sup>2</sup>Contained per kg : natural chitin/chitosan, 45,000mg(CP, 8% ↑; CF, 2% ↑; moisture, 15% ↓); fomic acid ammonium, 176.6g; fomic acid, 49.5g; propionic acid, 41.2g; calcium binding factors 100g; plasma buffers, 120g; bone calcium regulators, 40g; carrier, 740g.

<sup>3</sup>Calculated values.

<sup>4</sup>n · p - P : non-phytic phosphorus.

### 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 난각후도를 평균하여 계산하였다.

### 6) 통계처리

모든 시험성적의 통계분석은 SAS<sup>®</sup>(SAS Institute, 1989)의 ANOVA Procedure를 이용하여 5% 수준에서 유의성 검사를 하였으며, 처리평균간 유의성 검정은 Duncan의 다중검정방법(Snedecor and Cochran, 1980)을 이용하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 실험 1. 오전용 사료와 오후용 사료의 에너지, 단백질 및 칼슘수준

30~38주령까지 8주간의 사양시험을 실시한 결과 조사된 헨데이 산란율과 평균난중 및 1일 1수당 사료섭취량은 Table 5에서 보는 바와 같이 헨데이 산란율과 평균난중 및 1일 1수당 사료섭취량은 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구와 오전에 고에너지-고단백질-저Ca를 급여하고 오후에 저에너지-저단백질-고Ca를 별도로 급여한 시험구들 간에 유의적 차이는 보이지 않았으나, 대체적으로 시험구들이 대조구에 비해서 사료섭취량이 낮은 경향을 보였고, 시험구들 간에는 오후사료의 ME와 CP 함량이 낮고 Ca 함량이 높아짐에 따라서 섭취량이 대체로 증가하는 경향을 보였다. 헨데이 산란율에서는 T2 처리가 가장 높았으나 처리간에 유의적인 차이가 없었고, 평균난중도 처리간에 유의적 차이는 없었으나 대조구에 비해서 시험구들이 다소 낮아지는 경향이었다.

본 시험에서 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여한 시험구들이 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구와 산란율이나 평균난중이 차이가 없었던 결과는 Leeson and Summers

**Table 5.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on laying performance in Experiment 1

Treatment	H-D <sup>1</sup> egg production (%)	Average egg weight (g)	Feed intake(g/day/hen)		
			a.m. diets	p.m. diets	Total
C	90.42	62.17	-	-	125.8
T1	89.51	61.91	56.80	63.61	120.4
T2	91.04	61.51	57.83	64.65	122.5
T3	89.57	61.35	58.21	66.16	124.4
SEM	1.550	0.752	5.815	3.009	3.64
Significant	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>H-D = Hen-day egg production.

**Table 6.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on daily nutrients intake and daily feed cost in Experiment 1

Treatment	ME (kcal/kg)			CP (g)			Feed cost (won)
	a.m. diets	p.m. diets	Total	a.m. diets	p.m. diets	Total	
C	-	-	352.4 <sup>a</sup>	-	-	20.77 <sup>a</sup>	21.55 <sup>a</sup>
T1	172.7	159.9 <sup>a</sup>	332.6 <sup>ab</sup>	10.18	9.44 <sup>a</sup>	19.60 <sup>ab</sup>	20.35 <sup>ab</sup>
T2	175.9	150.1 <sup>ab</sup>	325.9 <sup>b</sup>	10.36	8.88 <sup>ab</sup>	19.21 <sup>b</sup>	20.06 <sup>ab</sup>
T3	177.0	137.7 <sup>b</sup>	314.7 <sup>b</sup>	10.43	8.11 <sup>b</sup>	18.54 <sup>b</sup>	19.52 <sup>b</sup>
SEM	17.68	7.96	13.29	1.042	0.469	0.783	0.796
Significant	NS	*	*	NS	*	*	*

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

(1979)가 산란계에 고에너지(3,065 Kcal/kg)-고단백질(19.1%) -저Ca(0.47%)사료와 저에너지(1,740 Kcal/kg)-저단백질(10.7%) -고Ca(13.1%)사료를 동시에 급여하고 선택채식을 시킨 결과 단일 배합사료(ME 2,794 Kcal/kg, CP 17.1%, Ca 3%)를 급여한 대조구에 비해 산란율은 차이가 없었으나 난중은 더 무거웠다는 보고와 이규호와 정연중(1996a)이 산란계에 고에너지 (2,920 kcal/kg)-고단백질(17%)-저Ca(0.5%)사료와 저에너지(2,480 kcal/kg)-저단백질(15%)-고Ca(6.5%)사료를 오전과 오후로 나누어 별도 급여시킨 결과 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여구들이 단일 배합사료(ME 2,700 Kcal/kg, CP 16%, Ca 3.5%)를 급여한 대조구에 비해 평균난중은 차이가 없었으나 산란율이 4.3% 향상되었다는 보고와 비교해 볼 때 다소 차이가 있으나 이것은 선택채식 사료의 구성과 선택채식 사료의 영양수준 및 급여방법 등 시험방법이 서로 달랐기 때문이라 생각된다.

8주간의 사양시험기간에 조사된 1일 1수당 오전사료 섭취량과 오후사료 섭취량에 각각 처리별 오전사료와 오후사료의 ME, CP 함량 및 사료단가를 곱하여 얻어진 1일 1수당

ME, CP 섭취량 및 사료비는 Table 6과 같다. 즉, ME 섭취량은 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 시험구들이 모두 단일 배합사료를 급여한 대조구보다 유의적으로 적었으며 (P<0.05), 시험구들 간에도 오후사료의 ME, CP 함량이 줄고 Ca 함량이 증가할수록 ME 섭취량이 감소하는 경향을 보였다. CP 섭취량과 1일 1수당 사료비도 ME 섭취량과 같은 경향을 보였다.

이와 같이 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여한 결과 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 ME, CP 섭취량이 감소한 결과는 Leeson and Summers(1979)의 실험에서 선택채식구가 대조구에 비해서 1일 1수당 ME 및 CP 섭취량이 감소한 결과와 이규호와 정연중(1996a)의 오전오후사료 별도급여실험에서 1일 1수당 ME, CP 섭취량이 감소했다는 보고와 시험방법은 다르나 비슷한 결과였다. 이러한 결과는 계란의 형성 과정과 관련된 산란계의 주기적인 영양소 요구량 변화에 보다 효과적으로 대처하여 단일 배합사료 급여시의 사료 및 영양소의 과잉섭취를 방지한 결과라고 생각된다.

**Table 7.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on nutrients and feed cost required per unit of egg production in Experiment 1

Treatment	Per egg				Per kg egg mass			
	Feed (g)	ME (kcal)	CP (g)	Feed cost (won)	Feed (kg)	ME (kcal)	CP (g)	Feed cost (won)
C	139.1 <sup>a</sup>	389.6 <sup>a</sup>	22.96 <sup>a</sup>	23.82 <sup>a</sup>	2.24 <sup>ab</sup>	6268 <sup>a</sup>	369.5 <sup>a</sup>	383.2 <sup>a</sup>
T1	134.5 <sup>b</sup>	371.6 <sup>ab</sup>	21.89 <sup>ab</sup>	22.73 <sup>ab</sup>	2.17 <sup>b</sup>	6005 <sup>ab</sup>	353.8 <sup>ab</sup>	367.3 <sup>ab</sup>
T2	134.5 <sup>b</sup>	357.9 <sup>bc</sup>	21.09 <sup>bc</sup>	22.03 <sup>bc</sup>	2.19 <sup>b</sup>	5821 <sup>bc</sup>	343.1 <sup>bc</sup>	358.4 <sup>b</sup>
T3	138.8 <sup>a</sup>	351.0 <sup>c</sup>	20.68 <sup>c</sup>	21.77 <sup>c</sup>	2.26 <sup>a</sup>	5719 <sup>c</sup>	337.0 <sup>c</sup>	354.7 <sup>b</sup>
SEM	2.19	10.42	0.613	0.616	0.033	147.5	8.69	8.78
Significant	*	*	*	*	*	*	*	*

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

**Table 8.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on eggshell quality in Experiment 1

Treatment	Egg specific gravity	Egg breaking strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Eggshell thickness ( $\mu$ m)
C	1.0856 <sup>b</sup>	3.31 <sup>c</sup>	377.3 <sup>b</sup>
T1	1.0874 <sup>ab</sup>	3.46 <sup>bc</sup>	389.8 <sup>a</sup>
T2	1.0883 <sup>a</sup>	3.53 <sup>b</sup>	392.5 <sup>a</sup>
T3	1.0894 <sup>a</sup>	3.72 <sup>a</sup>	395.7 <sup>a</sup>
SEM	0.00224	0.19	11.3
Significant	*	*	*

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

시험기간 동안의 1일 1수당 사료, ME, CP 섭취량 및 사료비를 1일 1수당 산란수와 1일 1수당 산란중량으로 나누어 계란 1개당 요구량과 계란 kg당 요구량을 구한 결과는 Table 7에서 보는 바와 같이 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 시험구들이 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 유의적으로 적었으며(P<0.05), 사료요구량은 오후사료의 Ca함량이 대조구에 비해 4배가 많은 T3처리가 T1과 T2보다 많았고(P<0.05), ME와 CP요구량과 사료비는 오후사료의 ME, CP함량이 낮아지고 Ca 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

계란의 비중, 난각강도, 난각후도 등 난각질을 평가한 결과는 Table 8에서 보는 바와 같이 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 시험구들이 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 난각질이 유의적으로 향상되는 경향을 보였고(P<0.05), 시험구들 간에는 오후사료의 Ca 수준이 증가할수록 난각질이 향상되는 경향을 보였다.

본 시험에서 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에

너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여한 시험구들이 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해서 난각질이 향상된 결과는 이규호와 정연중(1996b)의 오전오후사료 별도급여 실험에서의 계란의 비중, 난각강도, 난각후도가 오전오후사료 별도급여구들이 대조구에 비해 향상되었고, 오후사료의 Ca수준이 증가할수록 향상되는 경향이었던 보고와 오전오후사료의 교체시기는 다르나 비슷한 결과라 하겠다. 이러한 결과는 Ca요구량이 거의 없는 오전에는 저Ca사료를 급여하고 난각형성이 시작되면서 Ca요구량이 급격히 증가하는 오후 3-4시부터 Ca공급제를 충분히 섭취하도록 공급한 결과라 생각된다.

## 실험 2. 오전용 사료와 오후용 사료의 급여방법

50~58주령까지 8주간의 사양시험을 실시한 결과 조사된 헨데이 산란율과 평균난중 및 1일 1수당 사료섭취량은 Table 9에서 보는 바와 같다. Table 9에서 헨데이 산란율은 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구와 오전에 고에너지-고단백질-저Ca를 급여하고 오후에 저에너지-저단백질-고Ca를 별도로 급여한 T1 및 분말상태의 고에너지-고단백질-저Ca 사료와 펠렛 형태의 저에너지-저단백질-고Ca사료를 50:50으로 혼합 급여한 T2간에 유의적인 차이가 없었지만, 대조구에 비해서 시험구들에서 다소 감소하는 경향을 보였다. 평균난중은 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 T1이 유의적으로 낮았으나(P<0.05), T2는 대조구와 유의적인 차이가 없었다. 1일 1수당 사료섭취량에서는 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 T1과 T2가 유의적으로 감소하였다(P<0.05). 본 시험에서 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여한 T1과 오전사료와 오후사료를 각각 분말과 펠렛으로 가공하고 혼합 급여한 T2가 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구와 산란율에

**Table 9.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on laying performance in Experiment 2

Treatment	H-D <sup>1</sup> egg production(%)	Average egg weight(g)	Feed intake(g/day/hen)		
			a.m. diets	p.m. diets	Total
C	84.04	65.76 <sup>a</sup>	-	-	127.7 <sup>a</sup>
T1	82.74	64.04 <sup>b</sup>	65.19	60.05	125.2 <sup>b</sup>
T2	82.59	64.67 <sup>ab</sup>	-	-	125.3 <sup>b</sup>
SEM	1.037	0.785	-	-	1.17
Significant	NS	*	-	-	*

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

<sup>1</sup>H-D = Hen-day egg production.

서 유의적인 차이가 없고, 평균난중에서는 T1이 대조구에 비해서 유의적으로 감소하였고, T2는 대조구에 비해서 유의적으로 차이가 없었던 결과는 Leeson and Summers(1979)가 산란계에 고에너지(3,065 Kcal/kg)-고단백질(19.1%)-저Ca(0.47%) 사료와 저에너지(1,740 Kcal/kg)-저단백질(10.7%)-고Ca(13.1%) 사료를 동시에 급여하고 선택채식을 시킨 결과 단일 배합사료(ME 2,794 Kcal/kg, CP 17.1%, Ca 3%)를 급여한 대조구에 비해 산란율은 차이가 없었으나 난중은 더 무거웠다는 보고와 이규호와 정연중(1996a)이 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여시킨 결과 관행적인 단일 배합사료구에 비해 관행적인 사료에서 Ca 공급제를 제외한 오전용 사료와 Ca 공급제를 2배로 첨가한 오후용 사료의 별도 급여구가 대조구에 비해서 난중에서는 차이가 없었고 산란율이 4.3% 향상되었다는 보고와 비교해 볼 때 차이가 있는데 이것은 선택채식 사료의 구성과 선택채식 사료의 영양수준 및 급여방법 등 시험방법이 서로 달랐던 점 때문이라고 생각된다.

1일 1수당 ME, CP 섭취량 및 사료비는 Table 10에서 보는 바와 같다. 즉, ME 섭취량과 CP 섭취량은 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 T1과 오후사료를 펠렛 처리하여 분말

의 오전사료와 50:50으로 혼합급여한 T2가 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 유의적으로 낮았고( $P<0.05$ ), 시험구(T1, T2)간에는 유의적인 차이가 없었다. 1일 1수당 사료비도 ME, CP 섭취량에서와 같은 경향을 보이고 있다. 이와 같이 오전사료와 오후사료를 별도로 급여하거나 오전사료(분말)와 오후사료(펠렛) 50:50으로 혼합급여한 결과 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해 ME, CP 섭취량이 감소한 결과는 Leeson and Summers(1979)나 이규호와 정연중(1996a)의 보고와 시험방법은 다르나 결과는 비슷하였다. 이러한 결과는 계란의 형성과정과 관련된 산란계의 주기적인 영양소 요구량 변화에 보다 효과적으로 대처하여 단일 배합사료 급여시의 영양적 불균형으로 인한 사료 및 영양소의 과잉섭취를 방지한 결과라고 생각된다.

계란 1개당 및 계란 kg당 사료, ME, CP 요구량과 사료비는 Table 11에서 보는 바와 같이 산란개당 및 산란 kg당 사료요구량은 처리간에 유의차가 없었으나, 산란개당 ME, CP 요구량과 사료비는 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 T1과 오후사료를 펠렛처리하고 분말의 오전사료와 혼합하여 급여한 T2가 오전과 오후에 동일한 단일 배합사료를 급여한 대조구보다 유의적으로 적었고( $P<0.05$ ), T1과 T2간에는 유

**Table 10.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on daily nutrients intake and daily feed cost in Experiment 2

Treatment	ME (kcal/kg)			CP (g)			Feed cost (won)
	a.m. diets	p.m. diets	Total	a.m. diets	p.m. diets	Total	
C	-	-	357.8 <sup>a</sup>	-	-	21.09 <sup>a</sup>	21.87 <sup>a</sup>
T1	198.3	139.4	337.6 <sup>b</sup>	11.68	8.22	19.90 <sup>b</sup>	20.75 <sup>b</sup>
T2	-	-	333.4 <sup>b</sup>	-	-	19.65 <sup>b</sup>	20.53 <sup>b</sup>
SEM1	-	-	3.33	-	-	0.196	0.203
Significant	-	-	*	-	-	*	*

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

**Table 11.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on nutrients and feed cost required per unit of egg production in Experiment 2

Treatment	Per egg				Per kg egg mass			
	Feed (g)	ME (kcal)	CP (g)	Feed cost (won)	Feed (kg)	ME (kcal)	CP (g)	Feed cost (won)
C	152.0	425.5 <sup>a</sup>	25.08 <sup>a</sup>	26.01 <sup>a</sup>	2.31	6,476	381.7	396.0
T1	151.3	408.5 <sup>b</sup>	24.07 <sup>b</sup>	25.10 <sup>b</sup>	2.36	6,378	375.8	391.9
T2	151.7	404.3 <sup>b</sup>	23.83 <sup>b</sup>	24.89 <sup>b</sup>	2.35	6,250	368.3	384.8
SEM	2.85	7.82	0.461	0.479	0.058	158.0	9.81	9.70
Significant	NS <sup>2</sup>	*	*	*	NS	NS	NS	NS

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



**Table 12.** Effect of feeding split diets for a.m. and p.m. on eggshell quality in Experiment 2

Treatment	Egg specific gravity	Egg breaking strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Eggshell thickness(μm)
C	1.0859 <sup>b</sup>	3.35	399.1 <sup>b</sup>
T1	1.0892 <sup>a</sup>	3.57	419.3 <sup>a</sup>
T2	1.0910 <sup>a</sup>	3.55	415.9 <sup>a</sup>
SEM	0.00207	0.31	9.8
Significant	*	NS	*

<sup>a,b</sup>Values with different superscripts within the same row differ (P<0.05).

의적인 차이가 없었다. 그러나 산란 kg당 ME, CP 요구량과 사료비는 처리간에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이것은 T1과 T2가 대조구에 비해 1일 1수당 사료와 ME 및 CP섭취량은 적었으나(Table 10), 산란율과 평균난중은 감소하는 경향(Table 9)을 보였기 때문이었다.

Table 12는 계란의 비중, 난각강도 및 난각후도 등 난각질을 조사한 결과이다. 오전사료와 오후사료를 별도로 급여한 T1과 오후사료를 펠렛처리하고 분말의 오전사료와 혼합하여 급여한 T2가 대조구에 비해서 난각강도에서는 유의적인 차이가 없었지만, 난각질이 유의적으로 향상되는 경향을 보였고(P<0.05). T1과 T2간에는 유의적인 차이가 없었다.

본 시험에서 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여하고(T1) 오후사료를 펠렛 처리하여 분말의 오전사료와 50 : 50으로 혼합급여한(T2) 결과, 오전과 오후에 단일 배합사료를 급여한 대조구에 비해서 난각질이 향상된 결과는 이규호와 정연종(1996b)의 오전오후사료 별도급여 실험에서의 계란의 비중, 난각강도, 난각후도가 오전오후사료 별도급여구들이 대조구에 비해 향상되었고, 오후사료의 Ca수준이 증가할수록 향상되는 경향이었던 보고와 오전오후사료의 교체시기 및 급여방법은 다르나 결과는 유사하다. 이러한 결과는 Ca요구량이 거의 없는 오전에는 저Ca사료를 급여하고 난각형성이 시작되면서 Ca요구량이 급격히 증가하는 오후 3~4시부터 Ca공급제를 충분히 공급한 결과라 생각된다.

## 적 요

산란계에 대한 오전사료와 오후사료의 영양수준 및 급여

방법이 산란능력과 경제성에 미치는 영향을 구명하기 위해 2개의 실험을 실시하였는데, 실험 1에서는 ISA Brown 갈색 산란계 384수를 4처리 3반복, 반복당 32수씩을 공시하여 28~38주령에 2주간의 예비사양기간을 거쳐 본 시험 8주간 실시하였다. 대조구(C)는 관행적인 산란계 단일 배합사료를 급여하였고, 시험구들(T1, T2 및 T3)은 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여하였다. 실험 2는 "ISA Brown" 갈색 산란계 384수를 3처리 4반복, 반복당 32수씩을 공시하여 48~58주령에 2주간의 예비사양기간을 거쳐 본 시험 8주간 실시하였다. 대조구(C)는 관행적인 산란계 단일 배합사료를 급여하였고, T1은 고에너지-고단백질-저Ca의 오전사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 오후사료를 별도로 급여하였고, T2는 오전사료를 분말로 하고 오후사료를 펠렛으로 가공하여 50 : 50으로 혼합급여 하였다.

실험 1에서 헨데이 산란율과 평균난중 및 1일 1수당 사료섭취량은 대조구와 시험구들(T1-T3)간에 유의적인 차이가 없었다. 1일 1수당 ME, CP 섭취량 및 사료비는 대조구에 비해 시험구들(T1-T3)이 유의적으로 적었고(P<0.05), 시험구들 간에는 오후사료의 ME 및 CP수준이 감소하고 Ca수준이 높아질수록 감소하는 경향이 있었다. 산란 개당 및 산란 kg당 사료, ME, CP요구량과 사료비도 모두 대조구에 비해 시험구(T1-T3)들이 유의적으로 적었으며(P<0.05), 시험구들 간에는 오후사료의 Ca함량이 대조구에 비해 4배가 많은 T3처리가 사료요구량에서 T1과 T2보다 많았고(P<0.05), 오후사료의 ME와 CP수준이 감소하고 Ca수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 계란의 비중과 난각강도 및 난각후도 등 난각질은 모두 대조구에 비해 시험구(T1-T3)들이 유의적으로 향상되었고(P<0.05), 오후사료의 Ca수준이 증가할수록 향상되는 경향을 보였다.

실험 2에서 헨데이 산란율은 처리간에 유의적인 차이가 없었으나, 평균난중과 1일 1수당 사료섭취량은 대조구에 비해 오전사료와 오후사료의 별도급여구(T1)와 혼합급여구(T2)가 감소하는 경향을 보였다(P<0.05). 1일 1수당 ME, CP 섭취량 및 사료비는 모두 대조구에 비해 T1과 T2구가 유의적으로 감소하였고(P<0.05), T1과 T2간에는 유의차가 없었다. 산란 개당 ME와 CP요구량 및 사료비는 모두 대조구에 비해 T1과 T2구가 유의적으로 감소하였으나(P<0.05), 산란 kg당 사료, ME, CP요구량 및 사료비는 모두 처리간에 유의적인 차이가 없었다. 계란의 비중과 난각후도는 대조구에 비해 T1과 T2구가 유의적으로 향상되었고(P<0.05), 난각강도는 처리간에 유의적인 차이가 없었으나, T1과 T2구가 대조

구보다 향상되는 경향을 보였다.

본 시험 결과 오전용 사료는 관행적인 산란계 배합사료에서 Ca공급제를 제외한 것을 급여하고, 오후용 사료는 Ca공급제를 3배 첨가한 T2처리로 15:00~16:00시에 교체급여를 하면 사료섭취량 감소와 사료비 절감면에서 바람직할 것으로 사료되며, 고에너지-고단백질-저Ca의 분말사료와 저에너지-저단백질-고Ca의 펠렛사료를 혼합급여하면 산란계의 사료섭취량과 사료비를 절감할 수 있었으며, 오전사료와 오후사료 별도급여의 번거로움을 피할 수 있는 사양체제로 기대가 되나 보다 더 많은 연구가 필요하다.

(색인어: 헨데이 산란율, 오전사료, 오후사료, 난각질, 사료비)

## 인용문헌

- Chah CC 1972 A study of the hen's nutrient intake as it relates to egg formation. M Sc 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.
- 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 이덕수 1994 난용계 산란기의 선택채식에 관한 연구. 한국가금학회지 21(1):41-48.
- 이규호 1994 난용계의 선택채식과 영양소 공급체계. 한국가금학회지 21(2):101-111.
- 이규호 정연종 1996a 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여가 산란능력과 경제성에 미치는 영향. 한국가금학회지 23(1):27-37.
- 이규호 정연종 1996b 산란계에 대한 오전용 사료와 오후용 사료의 별도 급여가 난각질에 미치는 영향. 한국가금학회지 23(1):39-46.