

산란계의 유도 환우에 있어서 급이환우 방법의 평가

홍의철^{1a} · 나재천^{1a} · 정일병¹ · 최양호² · 박희두¹ · 정완태¹ · 이현정¹ · 유동조¹ · 김학규¹ · 황보 중^{1†}

¹농촌진흥청 축산과학원, ²경상대학교 응용생명과학부 · 농업생명과학연구원 · 농생명학부

Evaluation of Laying Performances in Laying Hens Molted by Dietary Induction

E. C. Hong^{1a}, J. C. Na^{1a}, I. B. Chung¹, Y.-H. Choi², H. D. Park¹, W. T. Chung¹,
H. J. Lee¹, D. C. You¹, H. K. Kim¹, and J. Hwangbo^{1†}

¹National Institute of Animal Science

²Department of Animal Science, Division of Applied Life Science, and Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University

ABSTRACT This study aimed at evaluating the effects of a molting diet method in molt induction and post-molt performance of laying hens. Eighty-one ISA Brown hens at 62 wk of age were randomly divided into three groups. After a 4-wk preliminary period, a control group was fed a corn-soybean-based layer diet, and for the other groups, molting was induced by starvation (MS) or feeding a molting diet (MD). For the MS group, feed was withdrawn for 2 wk; this was followed by feeding a layer diet every other day for 1 wk and then the control diet. The MD group was fed a molting diet containing low-protein and low-energy diet based for 4 wk; this was followed by feeding a layer diet. They had a free access to their diet and water. Egg production, egg quality, feed intake, and ovary and oviduct weights were measured throughout the experimental period. During molting, the feed intake in the MD group was lower than that of the control. Body weight of the molted groups was significantly reduced. The MS group feeding totally ceased egg production within 4d; after the initiation of feeding and decreased; in the MD group, egg production to 9.3% by d 10. On d 14, the ovaries and oviducts of the molted groups were distinctly lighter than those of the control. Throughout the post-molt period, egg production and egg shell thickness of the molted group improved; but there were no significant differences. Eggs from the MD-fed or control group were heavier than those of the MS-fed or control group. Finally, feeding of a low-protein and low-energy diet effectively induces molting and increase post-molt production, but further research will be conducted to determine the effects of the molt diet with other ingredients and to reduce the energy level of the molt diet for maximizing molt induction and post-molt egg quality.

(Key words : induced molting, molt diet, post-molt performance)

서 론

1960년대 이후, 양계 산업에서 산란계의 산란 생산성을 다시 회복시키기 위한 유도 환우 방법은 세계적으로 중요한 관행이 되어 왔다(Ahmad와 Roland, 2003). 1987년, 미국에서는 대략 산란계의 60%를 강제환우 시켰으며, 특히 캘리포니아에서는 산란계의 90% 정도가 강제환우된 것으로 조사되었다(Holt, 1992). 국내에서도 산란계의 생산성을 높이기 위해 환우에 대한 관심이 커지면서 손장호(2004)과 홍의철 등(2007a)이 환우에 대한 연구를 실시하였다.

유도 환우는 일반 양계 산업에서 초란 생산 1년 후 두 번

째 산란 주기를 통한 산란계의 생산성 향상을 기대하고, 난백과 난각질을 향상시키기 위해, 첫 번째 산란 주기가 끝날 무렵에 통상적으로 실시되어 왔다(Keshavarz와 Quimby, 2002). 일반적으로 유도 환우는 두 번째 산란 주기를 촉진시키기 위해 10~14일 혹은 그 이상 동안 사료를 제한하여 보통 25~35% 체중이 감소하도록 한다(North와 Bell, 1990). 절식에 의한 유도 환우 방법은 경영이 쉽고, 경제적 이점을 가지고 있으며, 결과적으로 환우 후의 산란계의 생산성이 향상된다(Brake, 1993).

그러나, 절식에 따른 유도 환우 방법은 산란계에게 줄 수 있는 엄청난 스트레스로 동물 복지와 식품 안전성 관점에서

^a First two authors equally contributed to this work.

[†] To whom correspondence should be addressed : kohb@rda.go.kr

비판이 되어 왔다(Holt, 2003; Ricke, 2003). 2000년에 들어와서 많은 식품회사들이 절식에 의해 생산된 계란 구입 거부에 동참하고 있으며, 점점 확대되어가고 있는 추세이다. 동물 복지 실천가들 또한 이렇게 생산된 계란들이 시장에 들어가는 것을 막기 위해 노력하고 있다(Gast와 Ricke, 2003). 최근에, 미국에서는 “2006년 1월 이후 비절식 환우 방법만 인정”이라고 발표함으로써, 많은 과학자들이 적절한 환우 방법을 연구하기에 이르렀다. 그 중 한 가지로서 환우용 사료의 급여에 의한 환우 방법은 가축의 스트레스를 감소시키고 산란계의 생산성을 증가시키는데 더욱 효과적이다(Ruszler, 1998; Biggs et al., 2003; Park et al., 2004).

따라서, 본 연구의 목적은 산란계에서 환우 유도, 환우 후 생산, 환우 후 계란 품질에 대하여 전통적 방법인 절식 환우보다 스트레스를 적게 받을 것으로 보이는 급여 환우의 효과를 구명함으로써 추후 연구에 기초 자료를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

1. 공시 동물, 시험 설계 및 시험 사료

공시 동물은 산란율이 80% 이상인 ISA Brown 중 81수(62주령)를 사용하였다. 시험축은 산란율이 유사한 9수씩을 3반 복하여 3개의 처리구(대조구와 2개의 환우 시험구)로 분류하였다. 환우 시험구는 절식에 의한 방법(절식 환우구)과 환우용 사료에 의한 방법(급이 환우구)으로 구분하였다. 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 산란 말기 사료(한국가금사양표준, 2007)를 기초 사료로 하였으며, 급이 환우구에 급여한 사료는 옥수수, 옥수수글루텐밀, 옥수수글루텐피드 위주의 저단백, 저에너지(CP 13.2%, ME 2,196 kcal/kg) 사료를 자체 배합하여 사용하였다(Table 1).

2. 사양 관리

공시계는 3단 철제 케이지(25 × 37 × 37 cm)가 설치된 환경 조절 무창 계사에서 케이지당 1수씩 개체 사육하였으며, 조명시간은 16L/8D로 하였다. 시험 기간은 적응기간 4주, 환우 유도 기간 4주 및 환우 후 생산 기간 8주로 구분하였다(Hnin et al., 2007). 적응 기간 동안 사료는 기초 사료를 급여하였으며, 사료와 물은 자유로이 섭취하도록 하였다. 환우 기간 동안, 대조구는 기초 사료를 급여하였다. 절식 환우구에서는 2주 동안 절식시킨 후에 1주 동안 산란계 기초 사료로 대체한 다음 자유 채식토록 하였으며, 급이 환우구는 환우용 사료를 4주 동안 급여하였다(Hnin et al., 2007). 조명 시간을 12시간

Table 1. Feed formula and chemical composition of experimental diet

	Layer diet	Molting diet
Ingredients (%)		
Corn	55.00	36.00
Wheat bran	9.60	-
Soybean meal	18.00	30.00
Corn gluten meal	5.00	5.00
Com gluten feed	-	20.00
Salt	0.25	-
Vitamin-mineral Premix ¹	0.50	0.10
L-lysine	0.25	0.10
DL-methionine	0.30	0.10
Limestone	10.00	8.00
Dicalcium phosphate	1.00	0.70
Chemical compositions ²		
ME (kcal/kg)	2,714	2,196
Crude protein (%)	17.21	13.20
Lysine (%)	1.05	0.57
Methionine (%)	0.50	0.29
Calcium (%)	4.06	3.21
Phosphorus (%)	0.34	0.62

¹ Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

² Calculated values.

으로 감소시켰다. 환우 후 생산 기간 동안, 산란계 기초 사료로 바꿔주고 조명 시간도 점차 16시간으로 회복시켰다.

3. 조사 항목

적응 기간과 시험 기간 동안에, 산란율, 난중 및 폐사율을 매일 기록하고, 사료 섭취량은 매주 기록하였다. 개체별 체중은 0~4주 동안에 매주 측정하였고, 6~12주 동안에는 2주에 한 번씩 측정하여 증체량과 감소량을 평가하였다. 환우

유도 기간의, 0~2주 동안에는 매주 반복당 4개씩 채란하였으며, 그 후 4~12주 동안에는 2주마다 채란하였다. 난각 두께는 난막을 제거하고, Mitutoyo사(Japan)의 Digital indicator를 이용하여 측정하여 중앙 부분의 세 곳을 측정하였다. 시험개시 0, 14, 20일째에 각 처리구에서 5수씩 선별하여 시험축의 난포 수란관 무게를 측정하였다(Hnin et al., 2007).

4. 통계 처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(2002)의 one-way 분산 분석(Analysis of Variance, ANOVA)을 실시하였고, 각 처리구간의 평균값을 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 비교하여 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 사료 섭취량과 체중

사료 섭취량과 체중의 변화는 각각 Table 2와 3에 나타나 있다. 대조구에서는 시험기간 동안에 114.7~123.3 g/hen/d를 섭취하였다. 절식 환우구에서는 2주 동안 절식으로 인하여 3주령 때에는 사료 섭취량이 74.7 g/hen/d 이었다. 급이 환우구에서는 환우 기간 동안의 환우용 사료의 섭취량은 69.7~83.5 g/hen/d 이었다. 환우 기간 동안, 급이 환우구의 사료 섭취량은 대조구보다 낮았다($P<0.01$). 사료 섭취량의 경우, 0, 5, 11, 12주에서 처리구간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 절식 환우구의 시험축들은 2주째 31.6%의 체중 손실이 있었으며, 급이 환우구의 시험축들은 4주째 24.7%의 체중 손실이 있었다. 체중의 경우, 환우구의 시험축들은 모두 체중 손실이 회복되어, 시험개시 후 10주와 12주째는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 폐사율의 경우, 본 시험 기간 동안 모든 처리구에서 발견되지 않았다.

본 연구에서 환우용 사료는 결과적으로 환우 기간 동안에 산란율과 체중을 감소시켰다. 급이 환우구의 시험축들은 사료 섭취량이 감소하였기 때문에 대조구의 시험축보다 많은 체중 손실이 있었다. 이것은 급이 환우용 사료 CP와 ME가 함량이 유지 요구량보다 낮았기 때문이라고 사료된다. 환우 후 사료 섭취량은 비환우 시험축보다 많았고, 이것은 환우 시험축이 산란과 체중의 빠른 회복을 위해 사료를 많이 섭취하는 것이라 사료된다.

2. 환우 후 난포 수란관의 변화

환우 14일째와 20일째 난포 수란관의 무게는 Table 4에 나

Table 2. Effect of induced molting on feed intake of laying hens¹

Period (wk)	Control	MS	MD	SEM ²
	(g/hen/day)			
0	121.7	123.5	126.4	2.70
1	118.1 ^a	0	69.7 ^b	2.35
2	116.0 ^a	0	83.1 ^b	5.30
3	118.4 ^a	74.7 ^b	82.3 ^b	7.13
4	115.3 ^a	112.4 ^a	83.5 ^b	3.97
5	114.7	116.4	119.8	2.27
6	117.9 ^b	126.2 ^a	125.3 ^a	2.27
7	120.3 ^b	127.3 ^a	129.2 ^a	2.47
8	119.4 ^b	127.5 ^a	126.9 ^a	1.07
9	122.4 ^b	125.6 ^{ab}	127.3 ^a	1.37
10	123.1 ^b	127.5 ^a	127.9 ^a	1.23
11	121.5	124.0	126.4	2.70
12	123.3	126.7	127.1	2.67

¹ MS, molting by starvation (0~2 wk); MD, molting with molt diet (0~4 wk).

² Pooled standard error of the mean for 27 laying hens per treatment.

^{ab} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).

타내었다. 환우 유도 14일째 절식 환우구와 급이 환우구 모두 대조구에 비해 난포 수란관의 무게가 유의적으로 감소하였으나($P<0.01$), 절식 환우구와 급이 환우구 사이에 차이는 없었다.

난포 수란관의 무게 감소는 산란계의 난포 수란관의 회복을 의미하기 때문에 난포 수란관의 수축은 환우 유도를 위해 가장 중요하다(Blake와 Thaxton, 1979). 난포 수란관의 무게는 환우의 지표로서 사용된다. 본 연구 결과에서 급이 환우구의 난포 수란관 무게는 절식 환우구와 차이가 없었다. 이것은 환우용 사료가 환우 후 생산성을 향상시키기 위한 번식 기관의 수축을 유도하는데 충분하다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 Biggs 등(2004)과 Seo 등(2001)의 결과와 유사하였다.

본 연구에서, 환우 기간 중 절식 환우구와 급이 환우구에서 최대 체중 감량은 각각 31.6%와 24.7%로 유의적인 차이가 있었다($P<0.01$)(Table 4). 그러나 절식 환우구와 급이 환우구 사이에 난포 수란관의 수축은 차이가 없었다(Table 5). 이런 결과는 난포 수란관의 수축이 이루어지기 위해서는 체중에서 대략 30%의 체중 감량이 필요하다고 주장한 Baker 등

Table 3. Effect of induced molting on body weight of laying hens¹

Period (wk)	Control	MS	MD	SEM ²
	(g)			
0	1739	1718	1736	29.3
1	1736 ^a	1370 ^b	1475 ^c	26.4
2	1695 ^a	1176 ^c	1376 ^b	36.1
3	1700 ^a	1466 ^b	1384 ^b	38.9
4	1708 ^a	1618 ^a	1307 ^b	36.7
6	1754 ^a	1727 ^{ab}	1658 ^b	25.5
8	1763 ^a	1739 ^a	1665 ^b	19.8
10	1738	1755	1710	23.4
12	1719	1766	1722	29.2

¹ MS, molting by starvation (0~2 wk); MD, molting with molt diet (0~4 wk).

² Pooled standard error of the mean for 27 laying hens per treatment.

^{a~c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 4. Effect of induced on ovary and oviduct weight of laying hens¹

Period (day)	Control	MS	MD	SEM ²
	(g)			
0	61.6			
14	68.9 ^a	17.6 ^b	27.5 ^b	5.32
20			16.9	

¹ MS, molting by starvation (0~2 wk); MD, molting with molt diet (0~4 wk).

² Pooled standard error of the mean for 5 laying hens per treatment.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(1983)의 보고와 대조적이다. 또한, Swanson과 Bell(1974), Baker 등(1983), Zimmermann 등(1987)의 보고와도 대조적이다. 이들은 환우 후 생산성이 극대화되기 위해서는 체지방의 25~30%의 감소가 이루어져야 한다고 보고하였다. 따라서 환우 후 생산성을 증가시키기 위해서는 체중의 30% 이상이 감소되는 것보다 난포 수관관의 수축이 더욱 중요하다고 판단된다.

3. 환우 후의 생산성

매주 측정된 산란율의 비율을 Fig. 1에 그래프로 나타내었다. 절식 환우구에서는 4일째 산란이 정지하였으며, 환우 유도 후 28일에 재개되었다. 급이 환우구의 산란율은 10일에 9.3%까지 감소하였으며, 환우 처리구의 환우 후 산란율은 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 이런 결과는 급이 환우구에서 산란율이 0%까지 감소한 홍의철 등(2007b)의 결과와는 차이가 있었으나, Biggs 등(2003, 2004)은 에너지 수준에 따라서 환우 처리구의 산란이 지속될 수도 있다고 하여 유사한 결과를 나타내었다.

환우 후 생산된 계란의 난중과 난각 두께는 각각 Table 5와 6에 나타나 있다. 난중은 0, 5, 6주에 처리구 사이에서 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 난각 두께는 0, 6, 8주에 처리구 사이에서 유의적인 차이가 없었으나($P > 0.05$), 10주령과 12주령에서 유의적인 차이가 발견되었다($P < 0.05$). 환우 처리한 시험축에서 생산된 계란은 난각 두께가 개선되었으나, 절식 환우구와 급이 환우구 사이에서는 차이가 없었다.

본 연구에서, 환우가 유도된 시험축의 최대 생산은 환우 후 생산 기간에 90%를 초과하였으며, 산란율 역시 대조구와 비교하였을 때 환우 처리구에서 유의적으로 개선되었다. 이런 결과는 Brake와 Thaxton(1979)이 보고한 체중 감량이 원인이라 사료된다, 이들은 체중 감량이 높으면 높을수록 환우 후 생산성도 높아진다고 하였다. 또한, 이들은 유도 환우가 번식 기관의 수축을 유도한다고 주장하였는데, 이런 번식 기관의 수축은 체중 감량과 비례하며, 번식 기관의 회복은 지방 축적을 제거함으로써 조직 효율을 증가시킨다고 하였다. 본 연구의 결과는 비절식 방법에 의한 환우가 절식을 이용한 환우 방법의 결과와 유사하게 산란율을 증가시키고 난각

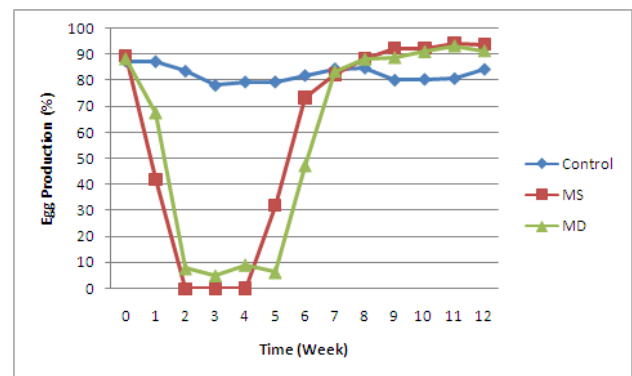


Fig. 1. Effect of the induced molting in egg production of the laying hens (MS, molting by starvation; MD, molting with molt diet).

Table 5. Effect of induced molting on egg weight of laying hens¹

Period (wk)	Control	MS	MD	SEM ²
	-----	(g)	-----	
0	66.8	65.9	67.1	0.83
1	67.0	67.6	66.8	0.53
2	65.9	-	63.3	1.30
3	68.0	-	-	-
4	67.8 ^a	-	64.4 ^b	0.60
5	68.1	71.8	67.4	2.53
6	65.8 ^b	66.6 ^{ab}	69.0 ^a	1.33
7	65.3 ^b	67.1 ^{ab}	68.5 ^a	0.60
8	66.8 ^b	69.8 ^a	68.9 ^{ab}	0.60
9	68.4	67.0	69.6	0.63
10	67.1 ^b	68.9 ^b	71.8 ^a	0.50
11	68.0	70.0	69.6	0.87
12	65.5 ^b	68.8 ^a	70.1 ^a	0.80

¹ MS, molting by starvation (0~2 wk); MD, molting with molt diet (0~4 wk).

² Pooled standard error of the mean for 12 eggs per treatment.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 6. Effect of induced molting on egg shell thickness¹ of laying hens²

Period (wk)	Control	MS	MD	SEM ³
	-----	(mm)	-----	
0	0.338	0.330	0.345	0.024
1	0.327 ^a	-	0.255 ^b	0.025
2	0.335 ^a	-	0.301 ^b	0.020
4	0.332 ^a	0.312 ^{ab}	0.291 ^b	0.029
6	0.327	0.339	0.345	0.024
8	0.339	0.342	0.343	0.027
10	0.313	0.349	0.354	0.023
12	0.323	0.346	0.343	0.024

¹ Average of egg shell thickness (3 places in the central part).

² MS, molting by starvation (0~2 wk); MD, molting with molt diet (0~4 wk).

³ Pooled standard error of the mean for 12 eggs per treatment.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

질을 향상시킨다는 이전 연구들(Koelkebeck et al., 1993, 1999; Seo et al., 2001; Biggs et al., 2003, 2004)의 결과와 유사하였다.

영양소-제한 환우용 사료의 급여는 산란계의 환우를 효율적으로 유도하였으며, 환우 후 생산성도 증가하였다. 그러나, 환우용 사료의 급여는 시험축들의 100% 산란 정지를 유도하지 못하였다. 그 원인은 환우용 사료의 높은 CP와 에너지 수준에 기인된 것이라 사료된다. 본 연구에서 사용된 환우용 사료와 산란용 사료의 에너지 수준이 각각 2,196 kcal/kg과 2,714 kcal/kg 이었다. 이와 같이 에너지 수준이 높은 경우에는 환우 후 생산된 계란의 난중을 비정상적으로 증가시킬 수도 있다고 사료된다. 급여에 따른 환우는 에너지 수준에 따라 환우 유도가 실패할 수 있기 때문에, 환우 유도와 환우 후 생산성 증대를 위해서는 환우용 사료의 에너지 수준을 감소시키기 위한 많은 연구가 요구된다고 사료된다.

적 요

본 연구는 산란계의 환우 유도와 환우 후의 생산성에 대한 환우용 사료의 영향을 평가하기 위해 수행하였다. ISA Brown 81수(62주령)를 무작위로 세 처리구(2개의 환우 시험구와 1개의 대조구)로 분류하였다. 시험 개시 4주 동안은 적응 기간으로 하였으며, 대조구는 시험 기간 동안 옥수수-대두박 위주의 기초 사료를 자유섭취하였다. 환우 처리구는 절식에 의한 처리구(절식 환우구)와 급여에 의한 처리구(급여 환우구)로 구분하였다. 환우구는 2주 동안 절식시킨 후, 1주 동안은 산란계 기초 사료로 대체한 다음 자유 급여하였다. 급여 환우구는 옥수수, 소맥피, 단백피 위주의 저단백질, 저에너지(CP 13.2%, ME 2,196 kcal/kg) 사료를 4주 동안 급여한 후, 산란계 기초 사료를 자유 섭취하였다. 시험 기간 동안, 산란율, 계란 품질, 사료 섭취량, 난포 수란관의 무게가 측정되었다. 환우 기간 동안에 급여 환우구의 사료 섭취량은 대조구에 비해 낮았으며, 체중은 환우 처리구에서 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 산란율은 절식 환우구에서는 4일까지 0%로 감소하였으나, 급여 환우구에서는 10일까지 9.3%로 감소하였다. 환우 14일째, 환우 처리구의 난포 수란관의 무게는 대조구보다 낮게 나타났다. 환우 후, 환우 처리구의 산란율과 난가 두께가 향상되었으나, 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 급여 환우구의 난중은 절식 환우구의 난중보다 무겁게 나타났다. 결론적으로, 저단백질 저에너지 사료가 환우 유도와 환우 후의 생산성을 효과적으로 개선시키지만, 에너지 수준에 따른 환우용 사료에 대한 연구가 더욱 요구된다.

사 사

본 연구는 2007년 농촌진흥청 축산과학원의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Ahmad HA, Roland DA Jr 2003 Efficient feeding of molted hens with different feeding and formulation methods. *J Poult Sci* 2:368-388.
- Baker M, Brake J, McDaniel GR 1981 The relationship between body weight loss during a forced molt and post-molt reproductive performance of caged layers. *Poult Sci* 60:1594.
- Baker M, Brake J, McDaniel GR 1983 The relationship between body weight loss during an induced molt and post-molt egg production, egg weight, and shell quality in caged layers. *Poult Sci* 62:409-413.
- Biggs PE, Douglas MW, Koelkebeck KW, Parsons CM 2003 Evaluation of nonfeed removal methods for molting programs. *Poult Sci* 82:749-753.
- Biggs PE, Persia ME, Koelkebeck KW, Parsons CM 2004 Further evaluation of nonfeed removal methods for molting programs. *Poult Sci* 83:745-752.
- Brake J 1993 Recent advances in induced molting. *Poult Sci* 72: 929-931.
- Brake J, Thaxton P 1979 Physiological changes in caged layers during a forced molt. 2. Gross changes in organs. *Poult Sci* 58:707-716.
- Duncan DB 1995 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Gast RK, Ricke SC 2003 Symposium: Current and future prospects for induced molting in laying hens. *Poult Sci* 82:964.
- Hnin YS, Yukihiro M, Norio U, Masato Y, Shigeru O 2007 evaluation of Non-Feed Removal Induced Molting in Laying Hens. *J Poult Sci* 44:153-160.
- Holt PS 2003 Molting and *Salmonella enterica* serovar enteritidis infection: The problem and some solutions. *Poult Sci* 82:1008-1010.
- Keshavarz K, Quimby FW 2002 An investigation of different molting techniques with an emphasis on animal welfare. *JAPR* 11:54-67.
- Koelkebeck KW, Parsons CM, Leeper RW, Jin S, Douglas MW 1999 Early post-molt performance of laying hens fed a low-protein corn molt diet supplemented with corn gluten meal, methionine, and lysine. *Poult Sci* 78:1132-1137.
- Koelkebeck KW, Parsons CM, Leeper RW, Wang X 1993 Effect of supplementation of a low-protein corn molt diet with amino acids on early postmolt laying hen performance. *Poult Sci* 72:1528-1536.
- North MO, Bell DD 1990 Commercial Chicken Production Manual. 4th ed. Chapman and Hall, New York.
- Park SY, Kim WK, Birkhold SG, Kubena LF, Nisbet DJ, Ricke SC 2004 Induced molting issues and alternative dietary strategies for the egg industry in the United States. *World's Poult Sci J* 60:196-209.
- Ricke SC 2003 The gastrointestinal tract ecology of *Salmonella enteritidis* colonization in molting hens. *Poult Sci* 82: 1003-1007.
- Ruszler PL 1998 Health and husbandry considerations of induced molting. *Poult Sci* 77:1789-1793.
- SAS 2002 SAS Suer Guide. Release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Seo KH, Holt PS, Gast RK 2001 Comparison of *Salmonella Enteritidis* infection in hens molted via long-term feed withdrawal versus full-fed wheat middling. *JFP* 64:1917-1921.
- Swanson MH, Bell DD 1974 Force Molting of Chickens. II. Methods. University of California Leaflet 2650, University of California, Davis, California.
- Zimmermann NG, Andrews DK, McGinnis J 1987 Comparison of several induced molting methods on subsequent performance of Single Comb White Leghorn hens. *Poult Sci* 66: 408-417.
- 손장호 2004 지렁이 분말의 급여가 강제환우시킨 산란노계의 생산성에 미치는 영향. *한국유기농업학회지* 12(2): 171-181.
- 한국가금사양표준 2007 농촌진흥청 축산과학원.
- 홍의철 나재천 유동조 김학규 정완태 이현정 김인호 황보종 2007b 무염사료의 급여가 유도환우에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(4):279-286.
- 홍의철 나재천 유동조 장병귀 김학규 최양호 박희두 황보종 2007a 산란계에서 급이환우가 산란계의 생산성과 계란의 품질 및 주요 장기에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(3): 197-205.

(접수일자: 2008. 03. 12, 채택일자: 2008. 03. 22)