

유도 환우 방법에 따른 산란계의 생산성 비교

홍의철^{1a} · 나재천^{1a} · 김학규¹ · 박희두¹ · 최양호² · 강근호¹ · 서옥석¹ · 최희철¹ · 노환국³ · 황보 중^{1,†}

¹농촌진흥청 축산과학원, ²경상대학교 대학원 응용생명과학부, 농업생명과학연구원, 농생명학부, ³한국농업대학

Comparison of Performance of Laying Hens in Molting Methods

E. C. Hong^{1a}, J. C. Na^{1a}, H. K. Kim¹, H. D. Park¹, Y.-H. Choi², G. H. Kang¹,
O. S. Suh¹, H. C. Choi¹, W. G. Nho³ and J. Hwangbo^{1,†}

¹National Institute of Animal Science, RDA

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

³Korea National Agriculture College, RDA

ABSTRACT The objective of the present study was to compare of the effects of four molting methods on performance of laying hens. In total, 120 White Leghorn layers (62 weeks of age) were used. The four molting methods consisted of 10 days of feeding and the first 3 days of water withdrawal (FW1, 2) followed by ad libitum access to a layer diet 1 and 2 from day 11; 28 days of restricted feeding (NFW1); 28 days without withdrawing their feed (NFW2). Egg production of postmolt decreased until 3~4 days at FW1 and FW2 treatments and until 16~18 days at NFW1 and NFW2. 50% recovery of egg production were 7, 6, 7 and 5 week at FW1, FW2, NFW1, and NFW2 treatments, respectively. At day 14 of postmolt, the weight of livers, hearts, and oviducts decreased at molting treatments ($P<0.05$). Egg quality was improved on egg weight, eggshell thickness, eggshell break strength, and Haugh unit except egg yolk color ($P<0.05$).

(Key words : molting, postmolt, egg quality, laying hens)

서 론

산란계의 유도 환우는 산란계의 경제 수명을 연장시키기 위해 채란계 산업에서 주로 사용되어온 방법으로서, 생산성과 난각질을 개선시킬 뿐만 아니라, 계란 생산 주기를 연장시켜 이익을 증가시킨다(Lee, 1982; Baker et al., 1983; Bell, 2003). 과거에 이용된 일반적인 유도 환우 방법은 첫 3일간의 절수기간을 포함하여, 10일 혹은 그 이상의 기간 동안 사료 급여를 중단시켜 체중의 25~30%까지 감소시키는 방법이다. 일본(NABRO, 2004)과 한국의 대다수 계란 생산 농장에서 이런 방법으로 환우를 유도하고 있다. 그러나 EU국가나 미국에서는 절식을 이용한 유도 환우법 사용을 줄이고, 급이에 의한 유도 환우법을 권장하는 추세이다(Appleby et al., 2004; Egg Industry, 2000).

절식에 의한 유도환우법은 육성 경비의 절감, 산란율, 호우유니트, 난각질 등의 개선 및 정상란 비율의 향상 등 여러

가지 이점이 기대될 수 있는 반면, 절식에 따른 과중한 스트레스에 의한 폐사의 증가, 환우 중 분변성상의 악화에 따르는 작업성의 악화, 환우 후 난중의 과대화 등의 문제점도 가지고 있다(Baker et al., 1983). 특히, 동물복지 관점에서 산란계의 사육환경이나 사육관리방법 등이 문제가 되고 있으며(Egg Industry, 2000), 환우 후 살모넬라 감염 등의 문제도 있어(Holt, 1993; Corrier et al, 1997; Durant et al, 1999; Ricke, 2003), 급이에 의한 유도환우법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 급이에 의한 유도환우의 기술은 스트레스 저감과 생존을 개선(Holt, 2003; Ricke, 2003), 환우 중의 계분성상 개선에 의한 작업성의 향상(Gast and Ricke, 2003), 장내세균총의 유지와 살모넬라의 정착 억제(McReynolds et al., 2006), 환우 중에 있어서 정상적 골격 유지(Mazzuco et al., 2005) 및 환우 후의 난각질과 호우유니트의 개선(Biggs et al., 2003, 2004) 등의 효과가 기대되고 있다.

급이에 의한 환우 유도법은 1970년대부터 1990년대에 걸

^a First two authors equally contributed to this work.

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

쳐서 부분적으로 연구되어 왔다. 포도박(McKeen, 1984), 과르박.(Zimmermann et al., 1987)과 같은 저영양성 사료 성분이나 아연(Stevenson and Jackson, 1984; Berry and Brake, 1985), 나트륨(Whitehead and Shannon, 1974; Harms, 1991), 염화물(Harms, 1991), 칼슘(Gilbert and Blair, 1975), 알루미늄(Hussain et al., 1989), 구리(Stevenson and Jackson, 1984) 등과 같은 광물질의 이용은 환우 후 난질(난각, 호우유니트)을 향상시켰다. 이중 저나트륨 사료와 고아연 사료를 이용한 방법이 가장 알려져 있으나, 이런 방법들은 비용과 불확실한 결과들 때문에 계란 산업에서는 크게 적용되지 못하고 있다(Biggs et al., 2004).

최근, Biggs et al. (2003, 2004)은 사료 절식을 대체하는 방법으로 고옥수수과 wheat middlings를 이용한 환우용 사료가 유도 환우에 효과적이라고 하였다. 일본에서는 이미 환우용 사료가 개발되어 시판되고 있다. 국내에서도 홍 등(2007a,b, 2008)이 급이 환우 시험결과들을 보고하였다.

본 연구는 지금까지 연구되었던 환우용 사료의 가능성을 고려하여 4종류의 유도 환우법을 실시하고, 각 방법에 따른 산란계의 생산성을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 공시 동물, 시험 설계 및 시험 사료

공시계는 산란율이 80% 이상인 62주령의 White Leghorn 종 산란계 120수(평균 체중 1.6±0.3 kg)를 선별하여 36주 동안 시험에 공시하였다. 시험구는 환우 처리를 하지 않은 대조구(Control), 절식 환우법(FW, feed withdraw) 및 급이 환우법(NFF)의 3처리구로 나누었다. 절식 환우법은 환우 후 에너지가가 다른 2종류 사료의 급이에 따라 저에너지 사료구 FW1 (ME 2,700 kcal/kg)와 고에너지 사료구 FW2 (ME 2,800 kcal/kg)로 나누고, 급이 환우법(NFW)은 제한 급이 환우법(NFW1)과 자유 급이 환우법(NFW2)로 나누어 총 5처리구를 설정하였으며, 처리구당 2반복, 반복당 12수씩 완전 임의배치하였다. 환우 후 급이 사료(산란 말기)는 한국사양표준(가급, 2007)에 따랐고, 환우용 사료는 저에너지-저단백질 사료(ME 2,000 kcal/kg, CP 13%)를 자체 제조하여 공시하였다(Table 1).

2. 사양 관리

1) 환우 전 준비

환우 개시 7일 전부터 점등시간을 1일 18시간에서 24시간

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets

Ingredients	Postmolt diet		Molt diet
	Diet 1	Diet 2	
Corn (8.3% CP)	59.35	55.10	27.50
Wheat bran	12.90	9.60	30.00
Soybean meal (48.5% CP)	17.40	18.00	-
Corn gluten meal	3.50	5.00	3.00
Corn gluten feed	-	-	26.00
Limestone	4.00	10.00	10.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.00	1.35
Salt	0.25	0.25	0.25
L-lysine	0.30	0.25	0.70
DL-methionine	0.30	0.30	0.70
Vitamin-mineral premix ¹	0.50	0.50	0.50
Calculated analysis ²			
ME (kcal/kg)	2,828	2,715	2,028
Crude protein (%)	16.57	16.87	13.09
Crude fiber (%)	2.57	3.33	5.14
Ca (%)	2.03	4.09	4.12
P (%)	0.57	0.48	0.34

¹Provided 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.

²The analyzed value of ME used for corn, wheat bran, soybean meal, corn gluten meal, corn gluten feed, soybean oil, and rice straw were 3,473, 1,446, 2,458, 4,451, 1,945, 8,195, and 1,310 kcal/kg, respectively, and the analyzed value of ME used for corn, wheat bran, soybean meal, corn gluten meal, corn gluten feed, and rice straw were 2.51, 8.31, 5.72, 2.41, 7.21, and 28.10%, respectively.

으로 늘리고, 2일 전에는 외부기생충 구제 및 음수 백신을 하였다. 환경 순치 기간으로서 환우 전 2주간 모든 닭에게 동일한 산란 후기 사료를 급여하였다.

2) 환우기간 중 유도 환우 방법

순치 기간 종료 후, FW는 10일째까지 절식, 11일째부터

FW1과 FW2에 각각 저에너지 사료(ME 2,700 kcal/kg)와 고에너지 사료(ME 2,800 kcal/kg)를 자유 급여하였다. NFW1은 환우용 사료를 26일째까지 일일 수당 60 g, 27일째부터 28일째까지 일일 수당 90 g씩 제한 급여하고, 29일째부터 산란용 사료를 자유 급여하였다. NFW2는 환우용 사료를 29일 동안 자유 급여와 29일째부터 산란용 사료를 자유 급여하고, 전처리구의 음수는 니플을 이용하여 자유음수하였다.

3) 환우 기간 중 점등 관리

일조 시간의 감소는 조류의 산란을 감소하고, 일조시간의 증가는 산란을 증가시킨다. 따라서, 환우 효과를 극대화하기 위하여 점등 시간은 개시 7일 전부터 24시간 점등을 실시하여 산란을 촉진시키고, 환우개시 첫날부터 14일까지 10시간, 일주일 후 1시간 늘려 11시간 점등을 실시한 후, 17시간까지 매일 30분씩 점등시간을 늘려갔다.

3. 조사 항목

1) 산란율, 난중 및 사료 섭취량

산란율은 절식 혹은 환우용 사료 급여를 시작으로 32주 동안 조사하였으며, 시험 기간 중 매일 14:30에 채란하여 처리구별 총 산란수를 사육수수로 나누어 백분율로 표시하였으며(hen-day egg production), 난중은 채집한 계란을 처리구별로 비교 측정하였다.

2) 난질 평가

난각 강도는 FHK(Fujihara Co. LTD, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 난각 두께는 분리한 난각의 중앙부를 Digital indicator(Mitutoyo Co. LTD, Japan)를 이용하여 측정하였다. 호우유니트(Haugh, 1937)와 난황색은 QCM+(Technical Services and Supplies, York England)를 이용하여 측정하였다. 전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscope, XL30CP, Philips, Holland)을 이용하여 난각 조직을 관찰하였다.

3) 환우 후 장기 무게 측정

환우처리 개시 후 14일째에 대조구, 절식 환우구(FW1+FW2) 및 급여 환우구(NFW1+NFW2)의 3 처리구에서 5수씩을 선발 도체하여 간과 난포수란관의 무게를 측정하였다.

4. 통계 처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(1999)의 분산분석(Analysis of Variance, ANOVA)을 이용하여 각 처리구간의 평균값을 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 비교하여 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율의 감소와 회복

Fig. 1은 환우 기간 중 산란율의 감소와 회복에 대하여 대

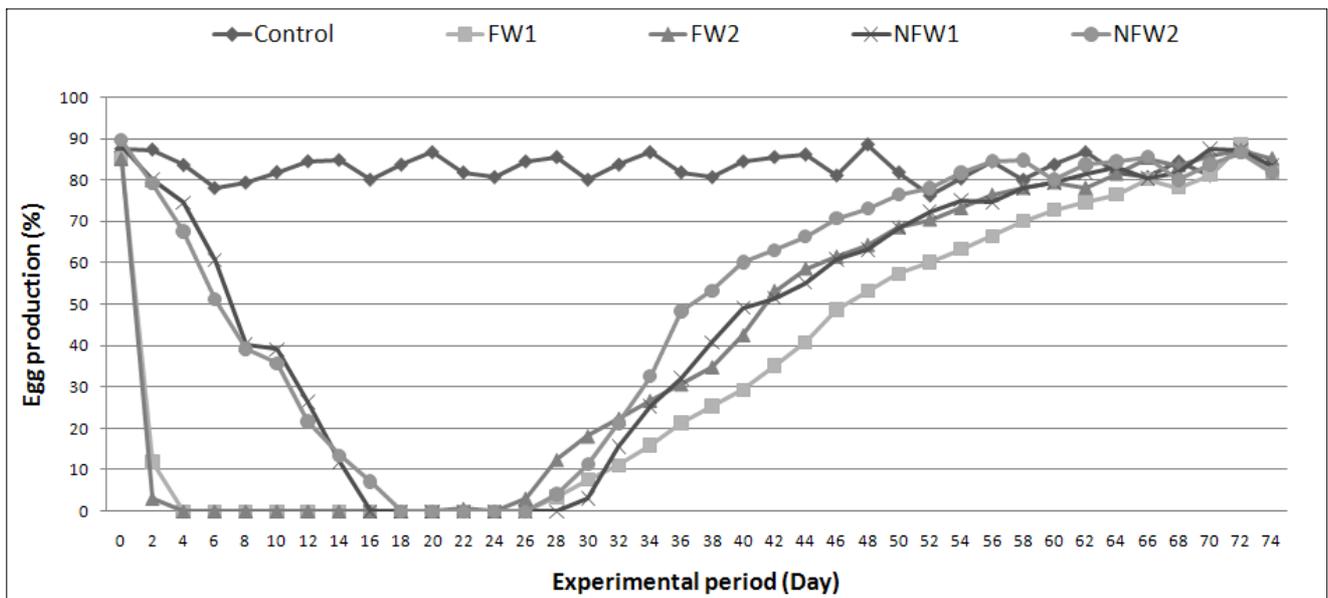


Fig. 1. Daily hen-day egg production from d 0 to 56. Control (◆), FW1 (■), FW2(▲), NFW1(×) and NFW2(●). (FW, feed withdraw; NFW, non-feed withdraw).

조구와 4가지 유도 환우 방법을 비교하여 그래프로 나타낸 것이다. FW1구와 FW2구는 환우 처리 개시 전 80% 이상이었던 산란율이 환우 처리 후 3일간 급격히 감소하고, 4일째 산란이 완전히 정지되었다. NFW1구와 NFW2구는 16일, 18일째 각각 산란이 거의 정지하였다. 산란율의 회복은 NFW2구가 28일, NFW1구가 30일부터 재 산란이 시작되고, 각각 38일과 41일째에 산란율이 50%에 이르렀으며, 54일, 62일째에 각각 산란율 80% 이상을 유지하였다.

이것과 비교하여 환우 처리 후, 저에너지 사료 급이구 FW1과 고에너지 사료 급이구 FW2구는 산란율의 회복이 FW1구가 28일, FW2구가 26일부터 재 산란이 시작되고, 각각 47일과 41일째에 산란율이 50%에 이르렀으며, 70일, 64일째에 각각 산란율 80% 이상을 유지하였다.

급이 환우법이 절식 환우법에 비하여 산란율의 감소와 회복 주기가 짧다는 결과는 다른 연구의 결과와 유사하였다(Biggs et al., 2003, 2004). 그러나 본 시험의 절식 환우법에서 ME가 높은 FW2구에서 산란율의 빠른 회복이 나타났다. 산란율의 회복은 환우 처리 기간이나 환우용 사료의 에너지 수준과 관련이 있다고 본다. 이것은 가금 사양에서 산란 전에 산란을 위한 에너지 수준을 높여주는 것과 유사한 양상을 보였다. 실제로, 산란의 빠른 회복을 위해서는 환우 후 급여 사료의 ME를 높여주는 것이 좋다(Biggs et al., 2003).

급이 환우법의 경우에는 환우용 사료를 제한 급이할 때보다 자유 급이할 때 산란율의 감소가 낮았으며, 재산란 회복 주기가 더 짧았다. 이러한 결과는 Biggs et al.(2004)이 환우용 사료를 자유 급이한 결과가 홍 등(2007a)이 제한 급이한 결과보다 산란율의 감소와 회복 주기가 짧다는 결과와 유사했다. 환우 기간에 따른 산란율의 회복은 체구성을 보충하기 위한 시간이 요구된다(Brake et al., 1979; Harms, 1983; Andrews et al., 1987; Zimmermann and Andrews, 1990; Koelbeck et al., 1991, 1999). 자유 급이한 경우에는 체구성의 회

복에 도움이 될 것으로 사료된다. Biggs et al.(2004)은 급이 방식에 따라서 산란율 회복에 차이가 있으며, 산란율을 크게 떨어뜨리지 않기 위해서는 자유 급이를 하는 것이 좋다고 하였다.

2. 환우 기간 중 주요 장기 변화

Table 2는 환우 기간 14일째 산란계의 간과 난포수란관의 무게를 나타내었다. 간의 무게는 대조구, FW, NFW 처리구에서 각각 47.9, 27.6 및 28.7 g으로 나타났으며, 난포수란관의 무게는 각각 60.3, 22.0 및 24.1 g으로 나타났다. 간과 난포수란관의 무게는 모든 환우 처리구(절식, 급이)에서 대조구에 비해 무게가 감소하였으나($P<0.05$), 환우 방식에 따른 처리구 사이에서는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). Fig. 2, 3은 환우 전후의 간과 난포수란관의 특징을 관찰한 것이다.

산란계는 주령이 많아질수록 복강 지방이 많아지며, 간과 난포수란관에도 지방 축적이 많아진다(Baker et al., 1983). 이러한 산란계가 제2차 생산주기를 가지고 양질의 계란을 생산하기 위해서는 난포수란관의 수축이 잘 이루어져야 한다.

Table 2. Effect of induced molting on weights of liver and oviduct of laying hens

Organs	Control	FW	NFW	SEM ²
	----- (g) -----			
Liver	47.9 ^a	27.6 ^b	32.2 ^b	2.34
Oviduct	60.3 ^a	22.0 ^b	24.9 ^b	1.52

¹FW, feed withdraw molting; NRM, non-feed withdraw molting.

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

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

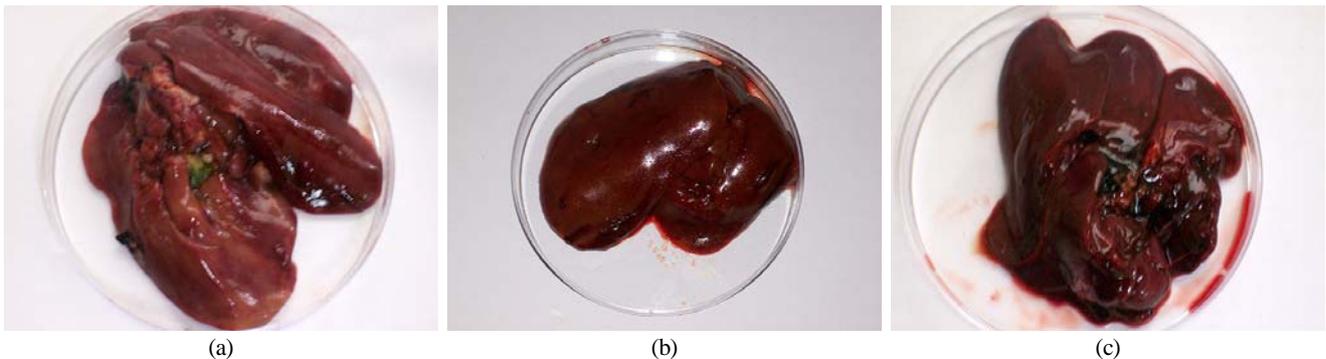


Fig. 2. Comparison of livers among treatments in laying hens (a; Control, b; feed withdraw, c; non-feed withdraw).

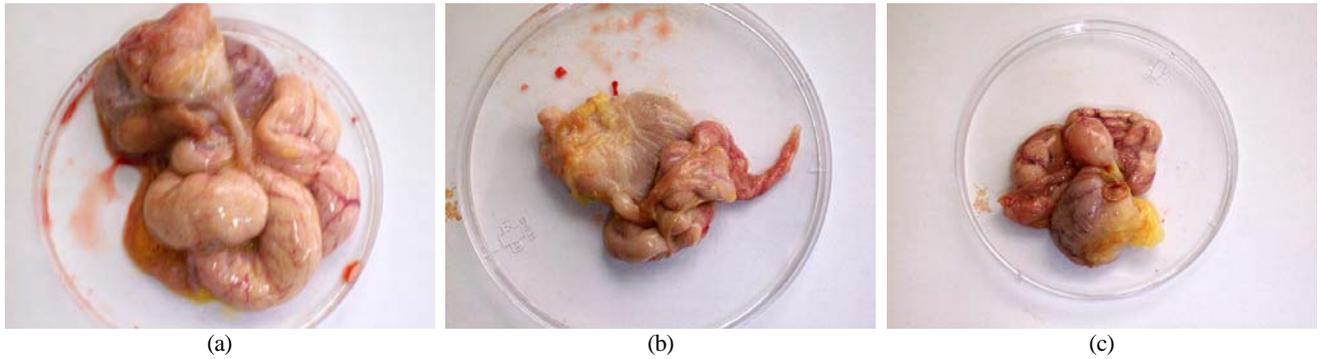


Fig. 3. Comparison of oviducts among treatments in laying hens (a; Control, b; feed withdraw, c; non-feed withdraw).

따라서 난포수란관의 수축은 산란계의 환우 시에 나타나는 주요한 특징 중의 하나라고 할 수 있다(Baker et al., 1983; Zimmermann et al., 1987; Bell and Kuney, 1992; Koelkebeck et al., 1992). 과거, 절식을 통해 복강지방의 감소나 난포수란관의 수축을 통하여, 생산성과 난질의 향상을 시도하였으나, 근래에는 동물복지의 관점에서 광물질이나 저에너지 사료를 이용하여 난포수란관의 수축을 유도하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 저 나트륨과 고 아연 사료를 급여한 시험에서, 시험사료의 에너지가와 영양 성분이 높아, 난포수란관의 수축을 관찰할 수 없었다(Webster, 2003). 그러나 Keshavarz and Quimby(2002)와 Biggs et al.(2004)이 포도박, 옥수수, 밀기울을 비롯한 다양한 사료 원료의 급여 환우 시험에서 난포수란관의 수축이 있었고, Akram et al.(2002)은 절식환우 시에 복강지방, 간 및 난포수란관의 무게가 감소하였다. 본 시험에서도 간과 난포수란관의 크기나 무게가 감소한다는 점에서 과거의 연구들과 유사한 결과를 나타냈다. 급여 환우는 난포수란관의 수축을 유도하기 때문에 절식환우와 같이 난질 향상에 도움이 된다. 그러나 주요 장기의 수축으로 인한

부정적인 영향도 인식되어 급여 환우에 대한 세밀한 연구가 요구된다.

3. 환우 후 난질 평가

Table 3에서 환우 후에 급여 환우구와 절식환우구의 계란 품질의 대한 평가를 비교하였다. 계란 품질은 환우 후의 산란계의 계란이 난황색을 제외한 난중, 난각 두께, 난각 강도, 호우유니트 등이 개선되었다. 환우 후 난중은 대조구의 62.2 g보다 모든 환우처리 구에서 각각 67.0, 64.8, 68.1과 65.9 g으로 증가했다($P < 0.05$). 환우 후의 난각 두께는 대조구에 비해 환우처리구가 두꺼운 경향이 있었으나, 처리구간에 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 그러나 난각 강도는 환우 처리구에서 각각 3.8, 3.7, 3.8과 3.8 kg/cm²로 대조구에 비하여 높았다($P < 0.05$). 호우유니트에서 환우처리구가 각각 81.1, 80.4, 79.5와 81.3으로 처리구간에 차이는 없었으나, 대조구에 비해 높게 나타났다($P < 0.05$). 그러나 난황색은 모든 처리구간에 차이가 없었다($P > 0.05$).

난각 두께와 난각 강도의 향상은 난각 조직의 치밀도와 관

Table 3. Effect of induced molting on egg quality of egg of laying hens during postmolt period (5~26 weeks)¹

	Control	Molting method				SEM ²
		FW1	FW2	NFW1	NFW2	
Egg weight (g)	62.2 ^b	67.0 ^a	64.8 ^a	68.1 ^a	65.9 ^a	1.19
Eggshell thickness (mm)	0.41	0.48	0.47	0.50	0.49	0.06
Eggshell breaking strength (kg/cm ²)	3.32 ^b	3.78 ^a	3.79 ^a	3.81 ^a	3.78 ^a	0.13
Haugh unit (HU)	75.6 ^b	81.1 ^a	80.4 ^a	79.5 ^a	81.3 ^a	0.86
Egg yolk color	8.0	8.1	7.9	8.2	8.1	0.58

¹ FW, feed withdraw; NFW, non-feed withdraw.

² Pooled standard error of the mean for 96 laying hens per treatment.

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

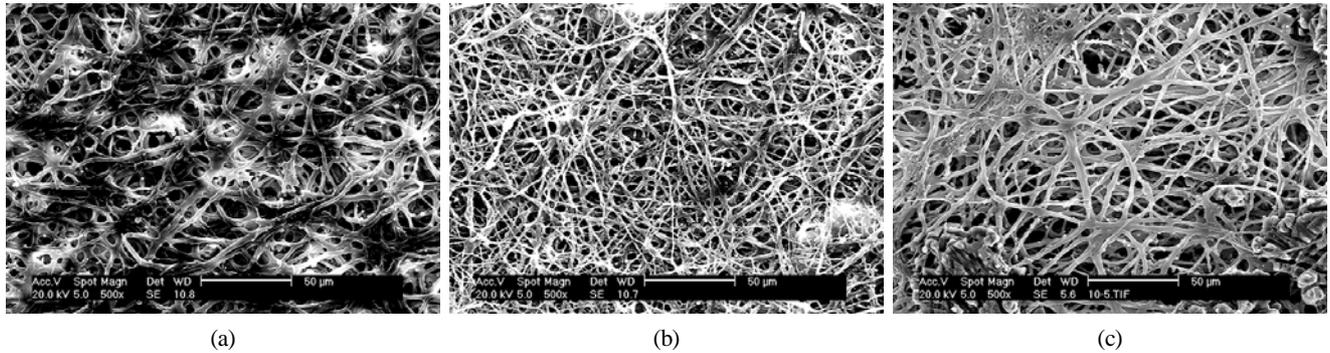


Fig. 4. Photographs of an electron microscope on egg shells of nonfeed vs. feed withdraw treatments (a; Control, b; feed withdraw, c; non-feed withdraw).

련이 있다(Donelson et al., 2005). 본 시험에서는 환우 전, 후의 난각 조직을 전자현미경 사진(Fig. 4)으로 관찰하였다. 환우 후 산란계에서 얻어진 계란의 난각 조직은 절식 환우구, 급이 환우구, 대조구 순으로 그 치밀도가 높음을 알 수 있었다.

Biggs 등(2004)의 연구에서는 밀과 옥수수 위주의 환우용 사료를 급여하였을 때, 10일 절식시킨 대조구와 거의 같은 산란 성적을 나타내었으며, 난중과 난각 강도를 향상시켰다. Keshavarz and Quimby(2002)은 다양한 급이 환우 방법으로 호우유니트와 난중, 난각질을 개선시켰다고 보고하였다. 이런 결과들과 본 시험에서, 환우를 유도시키기 위한 환우용 사료에 대한 연구가 더욱 요구되어진다.

적 요

본 시험은 4가지의 유도환우 방법을 이용한 환우 후의 산란계의 생산성을 비교 검토하기 위해 수행하였다. 공시계는 산란율 80% 이상, 평균 체중 1.6 ± 0.3 kg의 62주령 White Leghorn 120수를 공시하였다. 4가지 환우 방법은 ; 1) 환우 시험 개시 후 10일째까지 절식, 11~13일째 제한 급이, 14일째부터 고에너지 사료 자유 급이 (FW1), 2) 저에너지 사료 자유 급이 (FW2), 3) 환우용 사료를 26일째까지 일일 수당 60 g, 27일째부터 28일째까지 일일 수당 90 g씩 제한 급이 (NFW1), 4) 환우용 사료 자유 급이. 처리구는 4종류의 환우 방법에 대조구를 포함하여 총 5처리구를 설정하였으며, 처리구당 2반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다. FW1과 FW2 처리구는 환우 처리 후 3~4일째에 산란이 완전정지하였으며, NFW1과 NFW2 처리구는 16~18일째에 산란의 거의 정지하였다. 산란율의 회복은 NFW2구가 28일, NFW1구가 30일부터 재 산란이 시작되고, 각각 38일과 41일째에 산란율

이 50%에 이르렀으며, 54일, 62일째에 각각 산란율 80% 이상을 유지하였다. 이것과 비교하여 환우 처리 후, 저에너지 사료 급이구 FW1과 고에너지 사료 급이구 FW2구는 산란율의 회복이 FW1구가 28일, FW2구가 26일부터 재 산란이 시작되고, 각각 47일과 41일째에 산란율이 50%에 이르렀으며, 70일, 64일째에 각각 산란율 80% 이상을 유지하였다. 환우 14일째간의 무게는 27.6과 32.2 g, 난포수란관의 무게는 22.0과 24.9 g으로 환우처리구에서 무게가 크게 감소하였다($P < 0.05$). 환우 후 계란 품질은 환우 처리구에서 난중, 난각 두께, 난각 강도 및 하우유니트가 개선되었으나($P < 0.05$), 난황색은 차이가 없었다($P > 0.05$).

사 사

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

인용문헌

- Akram M, Zia-ur-rahman, Park JH, Ryu MS, Na CS, Ryu KS 2002 Recovery pattern of abdominal fat, visceral organs, and muscle tissues in induced molting hens. Korean Poult Sci 29(4):237-241.
- Andrews DK, Berry WD, Brake J 1987 Effect of lighting program and nutrition on reproductive performance of molted single comb White Leghorn hens. Poult Sci 66:1298-1305.
- Appleby MC, Mench JA, Hughes BO 2004 Poultry behavior and welfare. CABI Publishing Wallingford.

- Baker M, Brake J, McDaniel CR 1983 The relationship between body weight loss during and induced molt and postmolt egg production, egg weight, and shell quality in caged layers. *Poult Sci* 62:409-413.
- Bell DD, Kuney DR 1992 Effect of fasting and post-fasting diets on performance in molted flocks. *J Appl Poult Res* 1:200-206.
- Berry WD, Brake J 1987 Postmolt performance of laying hens molted by high dietary zinc, low dietary sodium, and fasting: egg production and egg shell quality. *Poult Sci* 66:218-226.
- Biggs PE, Persia ME, 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, Thaxton P, Garlich JD, Sherwood DH 1979 Comparison of fortified ground corn and pullet grower feeding regimes during a forced molt on subsequent layer performance. *Poult Sci* 58:785-790.
- Corrier DE, Nisbert DJ, Hargis BM, Holt PS, DeLoach JR 1997 Provision of lactose to molting hens enhances resistance to *Salmonella enteritidis* colonization. *J Food Prot* 60:10-15.
- Donalson LM, Kim WK, Woodward CL, Herrera P, Kubena LF, Nisbet DJ, Ricke SC 2005 Utilizing different ratios of alfalfa and layer ration for molt induction and performance in commercial laying hens. *Poult Sci* 84:362-369.
- Durant JA, Corrier DE, Byrd JA, Stanker LH, Ricke SC 1999 Feed deprivation affects crop environment and modulates *Salmonella enteritidis* colonization and invasion of Leghorn Hens. *Appl Environ Microbiol* 64:1919-1923.
- Egg Industry 2000 McDonald's target the egg industry. *Egg Ind* 105:10-13.
- Gast RK, Ricke SC 2003 Symposium: Current and future prospects for induced molting in laying hens. *Poult Sci* 82: 964.
- Gilbert AB, Blair R 1975 A comparison of the effects of two low calcium diets on egg production in the domestic fowl. *Br Poult Sci* 16:547-552.
- Harms RH 1983 Influence of protein level in the resting diet upon performance of force rested hens. *Poult Sci* 62:273-276.
- Harms RH 1991 Effect of removing salt, sodium or chloride from the diet of commercial layers. *Poult Sci* 70:333-336.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. *US Poult Mag* 43:552-573.
- Holt PS 1993 Effects of induced molting on the susceptibility of white Leghorn hens to a *Salmonella enteritidis* infection. *Avian Dis* 37:412-417.
- Hussein AS, Cantor AH, Johnson TH 1989 Comparison of the use of dietary aluminum with the use of feed restriction for force-molting of laying hens. *Poult Sci* 68:891-896.
- Keshavarz K, Quimby FW 2002 An investigation of different molting techniques with an emphasis on animal welfare. *J Appl Poult Res* 11:54-67.
- Koelkebeck KW, Parsons CM, Leeper RW, Jin S, Douglas MW 1999 Early postmolt performance of laying hens fed a low-protein corn molt diet supplemented with corn gluten meal, feather meal, methionine, and lysine. *Poult Sci* 78:1132-1137.
- Koelkebeck KW, Parsons CM, Leeper RW, Moshtaghian J 1991 Effect of protein and methionine levels in molt diets on postmolt performance of laying hens. *Poult Sci* 70:2063-2073.
- Koelkebeck KW, Parsons CM, Leeper RW, Moshtaghian J 1992 Effect of duration of fasting on post-molt laying hen performance. *Poult Sci* 71:434-439.
- Lee K 1982 Effects of forced moult period on post-moult performance of Leghorn hens. *Poult Sci* 61:1954-1958.
- Mazzuco H, McMurtry JP, Kuo AY, Hester PY. 2005 The effect of Pre- and postmolt diets high in n-3 fatty acids and molt programs on skeletal integrity and insulin-like growth factor-I of White Leghorns. *Poult Sci* 84:1735-1749.
- McKeen WD 1984 Feeding grape pomace to Leghorn hens as an alternative to starvation to induce a molt. *Poult Sci* 63 (Suppl.):148-149. (Abstr.).
- McReynolds JL, Moore RW, Kubena LF, Byrd JA, Woodward CL, Nisbet DJ, Ricke SC 2006 Effect of various combinations of alfalfa and standard layer diet on susceptibility of laying hens to *Salmonella enteritidis* during forced molt. *Poultry Science* 85:1123-1128.
- National Agriculture and Bio-oriented Research Organization (NABRO) 2004 Japanese Feeding Standard for Poultry NABRO Tokyo (In Japanese).
- Ricke SC 2003 The gastrointestinal tract ecology of *Salmonella*

- Enteritidis colonization in molting hens. *Poult Sci* 82:1003-1007.
- SAS 1999 SAS user guide. release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Stevenson MH, Jackson N 1984 Comparison of dietary hydrated copper sulfate, dietary zinc oxide, and a direct method for inducing a moult in laying hens. *Br Poult Sci* 22:505-517.
- Webster AB 2003 Physiology and behavior of the hen during induced molt. *Poult Sci* 82:992-1002.
- Whitehead CC, Shannon DWF 1974 The control of egg production using a low-sodium diet. *Br Poult Sci* 15:429-434.
- Zimmermann NG, Andrews DK 1990 Performance of Leghorn hens induced to molt by limited feeding of diets varying in nutrient density. *Poult Sci* 69:1883-1891.
- Zimmermann NG, Andrews DK, McGinnis J 1987 Comparison of several induce molting methods on subsequent performance of Single Comb White Leghorn hens. *Poult Sci* 66:408-417.
- 한국사양표준(가금) 2002 농림부·농촌진흥청 축산연구소. 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 급여 환우가 산란계의 생산성과 계란의 품질 및 주요 장기에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(3):197-205.
- 홍의철 나재천 정일병 최양호 박희두 정완태 이현정 유동조 김학규 황보 중 2008 산란계의 유도환우에 있어서 급여 환우 방법의 평가 *한국가금학회지* 35(1):15-20.
- (접수: 2008. 12. 5, 수정: 2008. 12. 24, 채택: 2008. 12. 26)