

산란초기의 사료 내 조단백질 수준에 따른 계란 생산성 및 품질에 미치는 영향

추연경 · 권형주 · 오성택 · 김용란¹ · 김은집¹ · 김동욱² · 강창원 · 안병기[†]

전국대학교 동물생명과학대학, ¹천안연암대학 축산계열, ²농촌진흥청 국립축산과학원

Effects of Different Levels of Dietary Crude Protein on Egg Production and Quality in Laying Hens during Early Stage of Egg Production

Yun Kyung Choo, Hyung Joo Kwon, Sung Taek Oh, Yong Ran Kim¹, Eun Jib Kim¹,
Dong Wook Kim², Chang Won Kang and Byoung Ki An[†]

Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

¹Division of Animal Husbandry, Cheonan Yonam College, Cheonan 330-709, Korea

²National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to determine optimum levels of dietary crude protein for productivity and egg quality in laying hens during early stage. A total of seven hundred and twenty 24-wk-old Hy-Line Variety Brown layers were randomly assigned to 4 experimental diets varying with 16%, 17%, 18%, and 19% CP and fed the diets for 12 wks. There were no significant differences in egg production, daily egg mass and feed intake among experimental diets. Although no difference was found on egg weight among experimental diets, decreasing levels of dietary crude protein tended to reduce the egg weight. Haugh unit and egg shell quality were not affected by different levels of dietary crude protein. Although there was no difference on yolk color among experimental diets, increasing levels of dietary crude protein slightly reduced the yolk color. It is concluded that laying hens did not need more than 16% CP to maximize egg production.

(Key words : dietary crude protein levels, egg production, early stage, egg quality, laying hens)

서 론

산란계는 산란기에 따라 산란율, 난중 및 체중 등이 달라지며, 이에 따라 영양소 요구량도 달라지므로 사료의 영양소 함량을 변화시켜 사료비를 절감하는 것이 중요하다. 최적의 산란율을 위한 산란계 사료에서 조단백질은 사료비에 주된 영향을 미치는 영양소 중 하나이고, 산란 산업에서 산란 초기에 이용되는 조단백질 수준의 범위는 매우 다양하다. 또한, 가금 산업에 있어 과거에는 생산성 극대화가 가장 중요한 과제였으나, 현재는 영양소의 과잉 공급으로 인한 환경오염 문제가 큰 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 이유 때문에, 사료 내 영양소의 적정 수준과 경제적인 측면 간의 균형이 생산자에게 있어 중요한 문제가 되었고(Novak et al., 2006), 과거에 비해 가금 사료 내 조단백질 함량을 낮추어 가는 추세이다(Lopez and Leeson, 1995).

산란계에 있어 산란 초기는 전 산란 기간 동안의 난 생산성에 지대하게 영향을 미친다. 산란 초기 기간 동안 적절한 수준의 에너지, 조단백질 및 필수 영양소를 공급함으로써 산란율이 90~95% 수준에 도달하고, 난중은 약 60 g까지 증가하며, 체중은 약 2.1 kg까지 증가하게 된다(한국사양표준-가금, 2012). 또한, 산란 피크 기간 중 영양소 공급을 적절히 함으로써 전체 산란 기간 동안의 난 생산성이 잘 유지될 수 있다(Leeson and Summers, 2001). NRC 사양표준(1994)에 따르면 갈색 계통의 산란계에 있어 단백질 섭취량은 일일 사료 섭취량 110 g의 경우 16.5 g 수준을 권장하고 있다. 그러나 사양 표준에 명시된 조단백질 및 기타 영양소 요구량은 영양소 결핍을 예방하는 수준으로 성장 및 체내 대사를 최대화하기 위한 최소 요구량이며, 위생적이고 깨끗한 실험적 환경 조건에서 정제 사료 및 옥수수-대두박과 같은 비교적 양질의 사료 원료를 이용하여 얻어진 결과이기 때문에 이를 실제 사

[†] To whom correspondence should be addressed : abk7227@hanmail.net

양 조건에 그대로 적용하기 어려운 점이 있다.

산란계에 있어 급여 단백질과 에너지가 난 생산성에 미치는 영향에 관한 연구는 다양하게 이루어져왔다. 그러나 이러한 영양소 급여 수준에 따른 난 생산성에 미치는 영향에 관한 연구 대부분이 산란 피크 이후 기간 중심으로 수행되어 왔으며, 산란 초기 난 생산성에 관한 조단백질, 에너지 및 필수 영양소에 관한 연구는 많이 수행되지 않았고, 일부 결과 역시 일치하지 않았다. Keshavarz(1984)는 산란 초기 낮은 수준의 조단백질을 급여한 산란계의 경우 난 생산성에 있어 감소되는 결과를 관찰하였다. 이와는 대조적으로, Blair et al. (1999)은 NRC 사양표준(1994)에서 규정한 필수 아미노산의 90% 수준을 첨가한 조단백질 13.5%인 사료를 급여한 산란계의 경우 조단백질 17% 수준의 사료를 급여한 경우와 난 생산성에 있어 유사한 결과를 보고하였다. 또한, Harms and Russell(1993)은 28~29 주령 산란계를 공시한 연구에서 조단백질 17.6% 또는 15.5% 수준과 조단백질 15% 또는 13% 수준을 급여하였을 경우, 난 생산성에 있어 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 이와 같이 사료 내 조단백질 수준이 산란초기 난 생산성에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 실험 조건에 따라 상이한 결과가 시사되었다. 따라서 본 연구는 한국사양표준 2차 개정판(2012)에서 규정하고 있는 주요 아미노산(Lys, TSAA, Thr) 수준을 유지하면서 사료 내 조단백질 수준을 달리한 실험 사료의 급여가 난 생산성과 계란 품질에 미치는 영향을 조사함으로써 산란 초기 사료 내 적정 조단백질 수준을 제시하기 위한 목적으로 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시계 및 실험 기간

본 시험의 공시계는 산란계(Hy-Line) 720수이었으며, 시험 전 기간 2수용 2단 철제 케이지에서 사육하였다. 시험 기간은 2013년 6월 25일부터 2013년 9월 13일(24~36주)까지 사양 시험을 실시하였다.

2. 실험 설계 및 실험 사료

22주령 Hy-Line 갈색계를 공시하여 동일한 면적의 케이지에 모두 4개 처리구에 9반복, 반복당 20수씩 총 720수를 선발하여 2주간 일반 시판 사료로 예비 사육하였으며, 처리구별 산란율과 체중이 유사하도록 재배치한 후 총 12주간 사육하며, 조단백질 수준이 난 생산성 및 품질 변화에 미치는 영향을 관찰하였다. 시험사료는 옥수수, 대두박을 기초로 한국

사양표준 가금(2012)에 근거하여 ME 2,850 kcal/kg으로 동일하고, T1 : CP 16%, T2 : CP 17%, T3 : CP 18%, T4 : CP 19% 수준으로 배합하였으며, 시험 사료의 배합비 및 영양소 조성은 Table 1에 나타내었다. 시험 사료와 물은 자유 채식 및 자유 음수시켰으며, 점등은 전 실험기간 동안 16L : 8D로 고정하였다. 사양 관리는 Hy-Line 사양관리지침(Hy-Line, 2006)에 명시된 방법에 준하여 실시하였다.

3. 주요 조사 항목 및 방법

사료 섭취량은 급여량과 잔량을 2주 간격으로 측정하여 섭취량을 산출하였고, 2주 간격으로 반복당 4마리씩 개체별로 체중을 측정하였다. 실험 기간 동안 매일 오후 5시에 수집한 정상 산란 개수와 연관, 파란 등을 합한 총 산란 개수를 사육 수수로 나누어 산란율을 구하였으며, 수집된 정상란 전부의 무게를 측정하여 정상란 수로 나누어 평균 난중을 산출하였다. 2주 간격으로 처리당 45개씩 수집하여 난질 및 난각질 관련 항목을 측정하였다. 난황색 및 난백높이는 계란 품질 자동 분석기(QCM⁺, Technical services and supplies Ltd, England)를 이용하여 측정하였고, 난각 강도는 난각 강도계(FHK, Fugihira Ltd, Japan)를 이용하여 정상 계란의 난각 강도를 측정하였다. 난각 두께는 난각 후도계(Digimatic micrometer, Series 293-330, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Haugh unit은 Haugh unit 공식에 의해 값을 구하였다(Haugh, 1937).

4. 통계 분석

모든 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 Statistical Analysis System(SAS, 2002)의 General Linear Model(GLM) procedure를 이용하여 실시하였고, 처리구간의 유의성 검정은 Duncan의 다중 검정(Duncan, 1955)을 통해 유의 수준 $p < 0.05$ 에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 계란 생산성 및 성장 성적에 미치는 영향

사료 내 조단백질 수준을 달리하여 급여했을 때 계란 생산성 및 성장 성적에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 사료 섭취량의 경우, 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 16% 처리구의 경우 다소 낮은 섭취량을 나타내었다. Parsons et al.(1993)은 20주령 산란계를 공시한 연구에서 조단백질 18~20% 수준

Table 1. Feed formula and chemical composition of experimental diets, as-fed basis¹

Items	T1	T2	T3	T4
Ingredients				
Yellow corn	63.47	60.80	57.42	53.16
Soybean meal	14.00	15.78	18.68	20.69
Corn gluten meal	5.00	5.00	5.00	5.00
Canola meal	3.00	3.00	3.00	3.00
Wheat bran	1.38	-	-	1.42
DDGS	0.62	3.00	3.00	3.00
Tallow	1.20	1.26	1.91	2.84
Poultry vitamin mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine-HCl(78%)	0.21	0.14	0.04	-
DL-Methionine(98%)	0.11	0.07	0.04	0.02
Dicalcium phosphate	0.96	0.95	0.94	0.91
Limestone	9.36	9.35	9.33	9.33
Poultry mineral mix ³	0.15	0.15	0.15	0.15
Choline-Cl(50%)	0.11	0.09	0.08	0.07
Salt	0.28	0.26	0.26	0.26
Phytase	0.05	0.05	0.05	0.05
Calculated composition				
TMEn(kcal/kg)	2,850	2,850	2,850	2,850
CP(%)	16.00	17.00	18.00	19.00
CF(%)	2.72	2.74	2.78	2.89
Ca(%)	3.80	3.80	3.80	3.80
Available P(%)	0.25	0.25	0.25	0.25
Lysine(%)	0.86	0.86	0.86	0.88
TSAA(%)	0.71	0.71	0.71	0.71

¹ T1, CP 16%; T2, CP 17%; T3, CP 18%; T4, CP 19%.

² Vitamin mixture provided the following nutrients per kg of diet : vitamin A, 14,000 IU; vitamin D₃, 3,000 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K₃, 24 mg; vitamin B₁, 12 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; biotin, 0.07 mg; pantothenic acid, 10 mg; folic acid, 5 mg; nicotinic acid, 40 mg.

³ Mineral mixture provided the following nutrients per kg : Fe, 720 mg; Zn, 900 mg; Mn, 1,080 mg; Co, 3.6 mg; Cu, 75 mg; Se, 180 mg; I, 15 mg.

으로 급여하였을 경우, 104~107 g의 사료를 섭취한다고 하였고, Wu et al.(2005)은 조단백질 급여 수준을 14%에서 16%로 증가하였을 경우 사료 섭취량은 102.9 g에서 105.6 g으로 유의한 차이 없이 증가하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과, 조단백질 급여 수준에 따른 사료 섭취량의 선형적인 증

가가 나타나지는 않았으나, 이전에 연구 보고된 결과와 비교하여 처리구간 사료 섭취량의 범위는 크게 다르지 않았다. Novak et al.(2008)은 조단백질 수준이 감소하게 되면 증체량, 난중, 산란량이 감소하게 되어 FCR(feed/egg mass)이 증가한다고 보고하였다. 이와는 다르게 본 실험의 경우, 유의

Table 2. Effect of dietary crude protein levels on egg production in laying hens during early stage¹

Items	T1 ²	T2	T3	T4	SEM	p-value
Feed intake(g/day)	104.06	107.54	107.41	104.79	4.99	0.9421
FCR(feed : egg mass)	1.99	2.04	2.05	1.99	0.14	0.9874
Egg production(%)	94.78	94.68	93.08	93.77	0.54	0.1249
Egg weight(g/egg)	56.71	57.17	58.73	57.87	0.58	0.1159
Egg mass(g/day)	53.76	54.14	54.56	54.28	0.57	0.7923

¹ Each least squares mean represents 9 cages with 20 birds per cage.

² T1, CP 16%; T2, CP 17%; T3, CP 18%; T4, CP 19%.

적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 17, 18% 처리구의 경우 16% 처리구에 비해 다소 높은 FCR을 나타내었다.

Harms and Russell(1993)은 NRC 사양표준(1994)에서 권장하는 필수 아미노산 수준을 맞춰준다면 조단백질이 낮은 사료를 급여하여도 산란율에 있어 조단백질 17% 사료를 급여한 경우와 차이가 없다고 하였다. 또한, Keshavarz and Jackson(1992)은 18주령 이후 산란기에 있어 조단백질 14, 13, 12% 수준에 메티오닌, 라이신, 트립토판을 첨가 급여하여 아미노산 권장 수준을 유지한 사료의 경우, 각각 조단백질 18, 16.5, 15% 수준에서의 산란율과 유사한 결과를 관찰하였다. 일반적으로 산란기의 경우 18주령 이후 산란을 시작하여 산란 초기 기간 동안 산란율 90~95% 수준까지 도달하는 것이 전 산란 기간 동안의 난 생산성에 있어 지대한 영향을 미치고, 경제적인 측면에서 많은 이익 창출을 기대할 수 있다(Leeson and Summers, 2001). 본 연구 결과의 경우, 산란율에 있어 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 16% 사료를 급여할 경우에도 산란율 95% 수준을 유지할 수 있는 결과를 보였다. 본 실험의 경우, 조단백질 19%를 제외하고 조단백질 16~18%에서 난중이 선형적으로 증가하는 경향을 보였으나, 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지는 않았다. 조단백질 급여 수준에 따라 난중에 관한 영향을 조사한 많은 연구가 있으며, 대부분의 경우 조단백질 수준이 높을수록 난중은 증가하는 결과를 나타낸다(Parsons et al., 1993; Scheideler and Froning, 1996; Scheideler et al., 1998). 이와는 다르게 Roberts et al. (2007)은 23주령 산란계에서 조단백질 수준을 1% 증가시켜 급여할 경우 난중에 있어 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 이처럼 산란 초기 난중의 경우 단백질, 에너지, 메티오닌, 라이신, 리놀레산 수준에 따라 많은 영향을 받으며, 이와 관련한 많은 연구가 진행되었으나 영양소 급여 수준에 따라 난중에 미치는 영향에 관하여 일정한 결과를 나타

내지는 않았다.

조단백질 수준에 따른 주령별 체중 변화에 미치는 영향에 대한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 산란기에 있어 체중은 난 생산성에 있어 지대한 영향을 미치며(Perez-Bonilla et al., 2012), 체중이 무거운 개체의 경우 산란 전체 기간 동안 가벼운 체중보다 좀 더 난중이 높은 계란이 생산된다(Leeson and Summers, 1987; El Zubeir and Mohammed, 1993). Roberts et al.(2007)은 23주령 산란계를 공시한 실험에서 조단백질 수준이 낮을수록 난 생산율, 산란량이 감소되지만, 난중, 사료 섭취량, 일당 증체량에 있어서 유의적인 차이가 없다고 하였다. 또한, 급여 단백질 수준이 증가함에 따라 체중 변화에 관한 유의적인 영향이 없다는 많은 연구가 있으며(Grobas et al., 1999; Sohail et al., 2003; Keshavarz and Nakajima, 1995), 이는 본 연구의 조단백질 수준에 따른 12주간의 체중 변화와 유사한 결과이다. 주령별 체중을 보면 4~8주 기간에 체중 감소를 보였으며, 이는 시험 기간 동안의 혹서기인 7~8월을 거쳐 진행되어 심한 더위로 인하여 체중 및 사료 섭취량이 감소된 것으로 사료된다.

2. 난질 및 난각질에 미치는 영향

사료 내 조단백질 수준을 달리하여 급여했을 때 난질 및 난각질에 미치는 영향에 대해 Table 3에 그 결과를 명시하였다. Haugh unit의 경우, 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 없었다. Shim et al.(2013)은 18주령 산란계를 공시한 실험에서 47주 이전까지 조단백질 수준에 따라 Haugh unit에서 유의적인 차이가 없었으나, 47주령 이후 Haugh unit에서 조단백질 수준이 증가할수록 유의적인 차이가 나타났다고 하였다. 또한, Gunawardana et al.(2008) 및 Leeson and Caston (1997)은 조단백질 수준을 달리 급여하였을 경우, Haugh unit에서의 어떠한 유의적인 차이가 없었다고 하였다. Wu et al. (2005)은 난중의 증가는 주로 난황 무게의 증가로 인하여 난

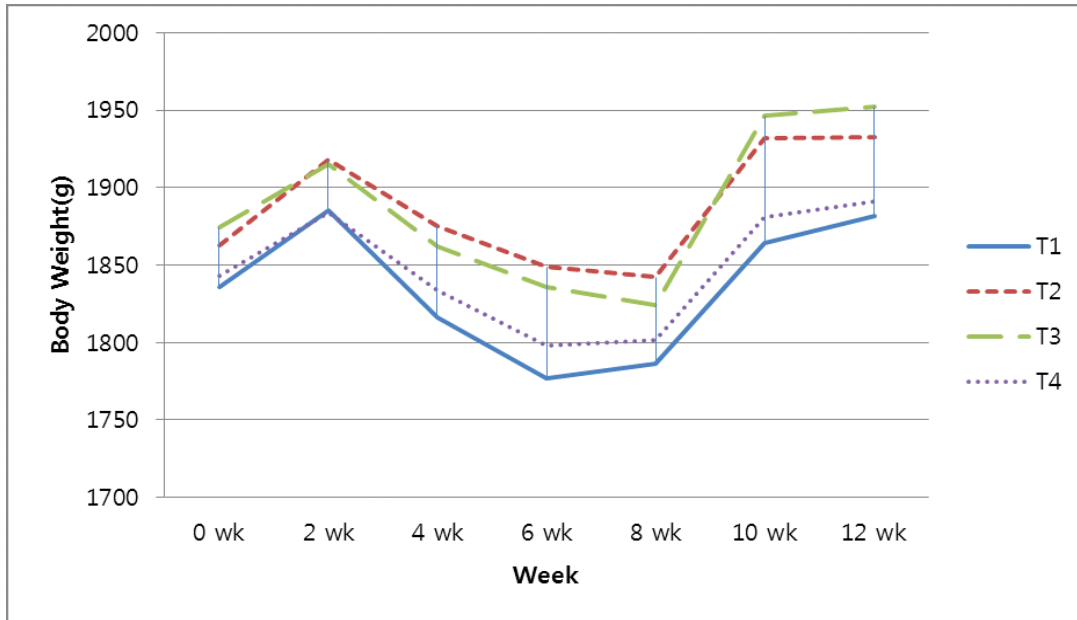


Fig. 1. Effect of dietary crude protein levels on change of body weight in laying hen during early stage.^{1,2}

¹ Each least squares mean represents 9 replicates with 4 birds per replicate.

² T1, CP 16%; T2, CP 17%; T3, CP 18%; T4, CP 19%.

Table 3. Effect of dietary crude protein levels on egg quality in laying hens during early stage¹

Items	T1 ²	T2	T3	T4	SEM	p-value
Eggshell color	23.03	23.34	23.30	24.35	0.50	0.2913
Haugh Unit	89.41	89.55	89.28	89.29	3.01	0.9999
Yolk color(R.C.F.)	5.50	5.57	5.49	5.36	0.27	0.9586
Eggshell thickness(0.01 mm)	33.51	33.45	32.86	33.61	0.50	0.7136
Eggshell strength(kg/cm ²)	3.10	3.12	3.90	3.03	0.12	0.5511

¹ Each least squares mean represents 9 cages with 5 eggs per cage.

² T1, CP 16%; T2, CP 17%; T3, CP 18%; T4, CP 19%.

중이 증가한다고 하였으며, 난중의 증가로 Haugh unit은 직선적으로 감소한다고 하였다. 이러한 결과를 미루어 보아 본 연구에서 난중의 경우 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 그에 따라 처리구별 Haugh unit의 변화가 나타나지 않았을 것이라 추정된다.

난황색의 경우, 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 수준이 증가할수록 난황색이 얼어지는 경향을 발견할 수 있었다. 이와 유사한 실험으로 Gunawardana et al.(2008)은 조단백질 급여 수준이 증가할수록 난황색에 있어 유의적으로 감소하는 결과를 보였다고 하였다. 난황색 및 난각색은 xanthophyll의 함량에 가장 많은 영향을 받는데(Karunajeewa, 1972; Masahiro et al., 1999; Mori-

hiro et al., 2001), 많은 연구에서 xanthophyll 함량이 높을수록 난황 내 더욱 많은 색소들이 침착되어 짙은 색을 보인다고 하였다(Karunajeewa, 1972; Liu et al., 2004; Prochaska et al., 1996). 또한, 옥수수는 대체로 20~25 mg의 xanthophyll을 함유하고 있으며(Sikder et al., 1998), Gunawardana et al.(2008)과 Karunajeewa(1972)는 조단백질 수준에 따른 난황색 차이를 사료 내 옥수수 함량에 따른 차이로 설명하였다. 본 연구의 실험 사료는 옥수수-대두박 위주로 배합되었으며, 조단백질 수준이 낮을수록 옥수수 함량이 증가하였고 옥수수 함량의 변화가 난황색에 약간의 영향을 미친 것으로 사료된다.

난각 두께 및 강도의 경우 조단백질 수준에 따른 유의적

인 차이가 나타나지 않았다. 조단백질 급여 수준에 따른 난각 품질에 관한 많은 연구가 보고되어 있으며, 대부분의 경우 조단백질 급여에 따른 유의적인 차이가 없다고 하였다 (Khajali et al., 2007; Novak et al., 2006; 신 등, 1989). 그러나 난각 두께 및 강도를 제외한 전반적인 난각 품질에 있어서 조단백질 수준이 낮을수록 품질이 떨어진다는 보고도 있으며, 이것은 사료 내 TSAA:Lys 비율 차이에 기인한 것이라 하였다(Keshavarz and Nakajima, 1995; Keshavarz and Jackson, 1992; Leeson and Caston, 1997).

본 연구에서 처리구간 조단백질 수준은 다르나, 한국사양표준(가금) 2차 개정판(2012)에서 권장하는 주요 아미노산의 수준을 동일하게 적용한 조건에서 계란 생산성과 난질 항목에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과로 보았을 때, 한국사양표준(가금) 2차 개정판(2012)에 제시된 주요 아미노산 수준에 따라 사료 섭취량이 105 g 이상의 조건이라면 조단백질 16% 수준으로도 초기의 난 생산성 및 품질에 큰 문제는 없을 것으로 사료된다.

적 요

본 시험은 산란 초기에 있어 조단백질 수준이 미치는 영향을 조사함으로 산란 초기 사료 내 적정 단백질 수준을 제시하기 위한 목적으로 실시하였다. 공시 동물은 22주령 Hy-Line 갈색계를 이용하여 동일한 면적의 케이지에 모두 4개 처리구에 9반복, 반복당 20수씩 총 720수를 선발하여 2주간 일반 시판 사료로 예비 사육하였으며, 처리구별 산란율과 체중이 유사하도록 재배치한 후 총 12주간 사육하며, 조단백질 수준이 난생산성 및 품질 변화에 미치는 영향을 관찰하였다. 사료 섭취량의 경우 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 16% 처리구의 경우 다소 낮은 섭취량을 나타내었다. 산란율에 있어 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 16% 사료를 급여할 경우에도 산란율 95% 수준을 유지할 수 있는 결과를 보였다. 난중의 경우, 조단백질 19%를 제외하고, 조단백질 16~18%에서 선형적으로 증가하는 경향을 보였으나, 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지는 않았다. 난질 항목에 있어 Haugh unit, 난각 두께 및 강도의 경우 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 난황색에서 조단백질 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조단백질 수준이 증가할수록 난황색이 열리는 경향을 발견할 수 있었다. 따라서 본 연구는 한국사양표준 2차 개정판(2012)에서 규정하고 있는 주요 아미노산(Lys, TSAA,

Thr) 수준을 유지하고, 사료 섭취량이 105 g 이상의 조건이라면 조단백질 16% 수준으로도 초기의 난 생산성 및 품질에 큰 문제는 없을 것으로 사료된다.

(색인어 : 조단백질 급여 수준, 산란성적, 산란초기, 계란 품질, 산란계)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업 (과제번호 PJ009467)의 지원에 의해 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Blair R, Jacob JP, Ibrahim S, Wang P 1999 A quantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve nitrogen utilization. *J Appl Poult Res* 8:25-47.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-12.
- El Zubeir EA, Mohammed OA 1993 Dietary protein and energy effects on reproductive characteristics of commercial egg type pullets reared in arid hot climate. *Anim Feed Sci Technol* 41:161-165.
- Grobos S, Mendez J, De Blas C, Mateos GG 1999 Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat and linoleic acid concentration of the diet. *Poultry Sci* 78:1542-1551.
- Gunawardana P, Roland DA, Bryant MM 2008 Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality and profits in molted Hy-Line W-36 hens. *J Appl Poult Res* 17:432-439.
- Harms RH, Russell GB 1993 Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poultry Sci* 72:1892-1896.
- Haugh RR 1937 The haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poult Sci* 43:552-555, 572-573.
- Hy-Line International 2006 Hy-Line W-36 Commercial Management Guide, 2004-2006. Hy-Line Int., West Des Moines, IA, USA.
- Karunajeewa H 1972 Effect of protein and energy levels on laying performance of strains of different body weights. *Anim Prod Sci* 12:385-391.
- Keshavarz K 1984 The effect of different dietary protein

- levels in the rearing and laying periods on performance of White Leghorn chickens. *Poultry Sci* 63:2229-2240.
- Keshavarz K, Jackson ME 1992 Performance of growing pullets and laying hens fed low-protein, amino acid-supplemented diets. *Poultry Sci* 71:905-918.
- Keshavarz K, Nakajima S 1995 The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Sci* 74:50-61.
- Khajali F, Faraji M, Dehkordi SK 2007 Effects of reduced-protein diets at constant total sulfur amino acids: Lysine ratio on pullet development and subsequent laying hen performance. *Am J Anim Vet Sci* 2:89-92.
- Leeson S, Caston LJ 1997 A problem with characteristics of the thin albumen in laying hens. *Poultry Sci* 76:1332-1336.
- Leeson S, Summers JD 1987 Effect of immature body weight on laying performance. *Poultry Sci* 66:1924-1928.
- Leeson S, Summers JD 2001 *Nutrition of the Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canada.
- Liu Z, Wu G, Bryant MM, Roland DA 2004 Influence of added synthetic lysine for first phase second cycle commercial Leghorns with the methionine + cysteine / lysine ratio maintained at 0.75. *Int J Poult Sci* 3:220-207.
- Lopez G, Leeson S 1995 Response of broiler breeders to low-protein diets. 1. Adult breeder performance. *Poultry Sci* 74:685-695.
- Masahiro T, Yamazaki M, Murakami H, Ishikawa S 1999 Effect of dietary fat on carotene content in egg yolk and egg yolk color. *Jpn Poult Sci* 36:329-335.
- Morihiro K, Yamazaki M, Murakami H, Tsuru M 2001 Effect of dietary fat source on β -carotene content in egg yolk and egg yolk color. *Jpn Poult Sci* 38:160-166.
- NRC 1994 *Nutrient Requirement of Poultry*. National Academic Press, Washington DC. USA.
- Novak C, Yakout HM, Scheideler SE 2006 The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid : lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-Line W-98 hens. *Poultry Sci* 85:2195-2206.
- Novak CL, Yakout HM, Remus J 2008 Response to varying dietary energy and protein with or without enzyme supplementation on Leghorn performance and economics. 2. Laying Period. *J Appl Poult Res* 17:17-33.
- Parsons CM, Koelkebeck KW, Zhang Y, Wang X, Leeper RW 1993 Effect of dietary protein and added fat levels on performance of young laying hens. *J Appl Poult Res* 2: 214-220.
- Perez-Bonilla A, Jabbour C, Frikha M, Mirzaie S, Garcia J, Mateos GG 2012 Effect of crude protein and fat content of diet on productive performance and egg quality traits of brown egg-laying hens with different initial body weight. *Poultry Sci* 91:1400-1405.
- Prochaska JF, Carey JB, Shafer DJ 1996 The effect of L-lysine intake on egg component yield and composition in laying hens. *Poultry Sci* 75:1268-1277.
- Roberts SA, Xin H, Kerr BJ, Russell JR, Bregendahl K 2007 Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. *Poultry Sci* 86: 1625-1632.
- SAS Institute Inc. 2002 *SAS/STAT User's Guide: Version 8.2*. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Scheideler SE, Froning GW 1996 The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. *Poultry Sci* 75:1221-1226.
- Scheideler SE, Jaroni D, Froning GW 1998 Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Poultry Sci* 77:192-196.
- Shim MY, Song E, Billard L, Aggrey SE, Pesti GM, Sodsee P 2013 Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. *Poultry Sci* 92:2687-2696.
- Sikder AC, Chowdhury SD, Rashid MH, Sarker AK, Das SC 1998 Use of dried carrot meal(DCM) in laying hen diet for egg yolk pigmentation. *Asian-Aust J Anim Sci* 11: 239-244.
- Sohail SS, Bryant MM, Roland DA, Apajalahti JHA, Pierson EEM 2003 Influence of Avizyme 1500 on performance of commercial Leghorns. *J Appl Poult Res* 12:284-290.
- Wu G, Bryant MM, Voitle RA, Roland DA 2005 Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poultry Sci* 84:1610-1615.
- 신호용 한인규 최윤재 이규호 1989 산란계용 사료의 계절별

적정에너지 및 단백질 급여수준 결정을 위한 연구. 한국
영양사료학회 학술발표회 51-52.
한국사양표준(가급) 2012 농림부 농촌진흥청 국립축산과학

원.
(접수: 2013. 10. 31 수정: 2013. 11. 22, 채택: 2013. 12. 4)