



γ-Aminobutyric Acid 및 생균제 급여가 여름철 산란 종계의 생산성, 계란 품질 및 혈액 성상에 미치는 영향

김지현¹ · 고유돈¹ · 성하균^{2*}

¹상지대학교 동물자원과학과 대학원생, ²상지대학교 동물자원과학과 교수

Effect of γ-Aminobutyric Acid and Probiotics on the Performance, Egg Quality and Blood Parameter of Laying Hens Parent Stock in Summer

Ji Heon Kim¹, Yoo Don Ko¹ and Ha Guyn Sung^{2*}

¹Graduate Student, Department of Animal Science, Sangji University, Wonju 26339, Republic of Korea

²Professor, Department of Animal Science, Sangji University, Wonju 26339, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of dietary γ-aminobutyric acid (GABA) and a probiotic mixture on egg production and quality, blood parameters, and stress levels (corticosterone) in Hy-Line parent stock during summer in Korea. A total of 105 Hy-Line parent stock aged 24 weeks were randomly divided into three groups, each containing thirty-five birds: control, γ-aminobutyric acid (GABA), and probiotics ($1 \times 10^8/g$ *Bacillus licheniformis*, $1 \times 10^7/g$ *Lactobacillus plantarum*, and $1 \times 10^7/g$ *Corynebacterium butyricum*). The hens were fed a diet containing 50 ppm GABA or 0.1% probiotics for 6 weeks. Compared with the control group, the hen-day egg production, egg mass, and feed conversion ratio over the total period were significantly higher in the probiotic group ($P < 0.05$). In contrast no significant differences were detected among groups with respect to egg weight, albumen height, Haugh units, yolk color, shell thickness or shell strength. Similarly, no significant difference were observed among groups with regards to biochemical profile (total cholesterol, triglyceride, glucose, total protein, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, albumin, and inorganic phosphorus). However, compared with the control group, we did detect significant reductions in corticosterone levels in the GABA and probiotics groups ($P < 0.05$). On the basis of our findings in this study, it would appear that dietary GABA and probiotics can alleviate heat stress in Hy-Line parent stock, with probiotics in particular being found to promote significant improvements in the hen-day egg production, egg mass, and feed conversion of laying hens during the summer season in Korea.

(Key words: Hy-Line parent stock, summer, γ-aminobutyric, probiotics, stress)

서 론

우리나라의 여름철 특징은 고온 다습한 날씨가 점점 오랜 기간 지속되며, 매년 이러한 여름철 기온은 지구 온난화로 인해 계속해서 증가하고 있다(Choi et al., 2019). 여름철 고온기로 인해 해마다 축산농가에 가축 폐사나 생산성 저하와 같은 피해를 나타내고 있으며, 가금산업 역시 축종 중 가장 많은 피해를 받는다(St-Pierre et al., 2003). 가금류는 땀샘이 없고 깃털로 덮혀 있어 고온 환경에서 체온 조절능력이 현저히 저하된다(Xie et al., 2015). 특히 산란이 중요한 산란계

나 종계의 경우에는 산란을 저하, 난중 감소, 사료이용률 감소를 가져 온다(Mashaly et al., 2004).

산란계산업에서 계란의 생산성 향상은 매우 기본적인 중요한 요인이다. 이전부터 가축의 생산성 향상을 위해 다양한 종류의 사료 첨가제를 사용하고 있다(Cassell, 1995). 그 중 대표적으로 생균제, 아미노산, 비타민, essential oils 등이 상업적으로 보급화 되었다(Yoo et al., 2001).

산란 종계는 육용종계에 비하여 성 성숙이 빨라 18~20주령부터 산란을 시작하여 25~17주령에 산란 피크를 형성하고 80주령까지 즉, 60~62주 동안 생산을 하여 경제 수명도 길다는 생리적 특성을 갖고 있다. 그리고 국내에 사육되는

* To whom correspondence should be addressed : haguyn@hanmail.net

원종계는 전량 수입에 의존하고 있으며 산란계 산업의 가장 기본이 되고 근간이 되는 산업임에도 산란계의 종계산업에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

γ -Aminobutyric acid(GABA)은 4개의 탄소로 이루어진 비단백질 아미노산이며, 자연에 널리 분포되어 있다. 또한 주요 억제성 신경물질로 작용하여 포유 동물의 체온 조절에 중요한 역할을 한다(Zhang et al., 2012a; Hu et al., 2015). GABA는 동물의 고온 스트레스를 억제하는 중추 신경계 진정제로 작용하는 것으로 알려져 있으며, 식욕 조절 및 영양소 이용률 향상 등에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Hu et al., 2015).

생균제(Probiotics)는 살아있는 미생물 제제로써, 적절한 양을 섭취하였을 때 인간이나 동물의 건강에 유익한 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Deng et al., 2012). 또한 생균제는 가금류 같은 동물의 장내 병원성 미생물의 성장을 억제하고 장벽 기능을 강화시켜 면역체계에 긍정적인 역할을 한다(Ng et al., 2009).

우리나라의 여름철 고온기에 γ -aminobutyric acid(GABA) 및 생균제 첨가가 산란계 및 종계에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 이뤄지고 있다. 하지만 종계의 생산성 향상이나 고온기 스트레스 감소와 같은 연구는 드물다. 따라서 본 연구는 산란 종계의 계란 생산성, 계란 품질, 혈액 생화학 및 스트레스 호르몬에 GABA와 생균제가 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

공시동물로는 24주령 산란종계 암탉(Hy-Line parent stock) 105수를 선발하여 24주령부터 31주령까지 총 6주간 실험을 진행하였다. 실험 설계로는 첨가제를 첨가하지 않은 control 구, 산란종계 사료 내 γ -aminobutyric acid(Agrokorea Co., Ltd., Korea)의 최종 농도가 50 ppm이 되도록 혼합한 GABA 구, 그리고 생균제(1×10^8 /g *B. licheniformis*, 1×10^7 /g *L. plantarum*, 1×10^7 /g *C. butyricum*, MPL, Korea)를 0.1%가 되도록 첨가(probiotics)한 probiotics구를 두어 실시하였다. 반복수는 7반복으로 반복당 5수(1수/cage)로 하여 진행하였다. 물과 사료는 모두 자유롭게 섭취하게 하였으며, 사육 기간 동안의 온도와 습도는 Fig. 1과 같았다. 점등은 전 실험기간동안 16시간 점등, 8시간 소등하는 것으로 고정하였다.

2. 조사항목 및 분석 방법

1) 산란율, 난중, 사료 요구율

산란율 및 난중 매일 측정하여 기간별 평균을 계산하였으며, 사료 섭취량은 주 당 1회 조사하였다. 산란량은 평균 난중에 생산량/100을 곱하여 계산하였다. 사료 요구율(FCR)은 100g 계란당 사료 섭취량으로 계산하여 나타내었다.

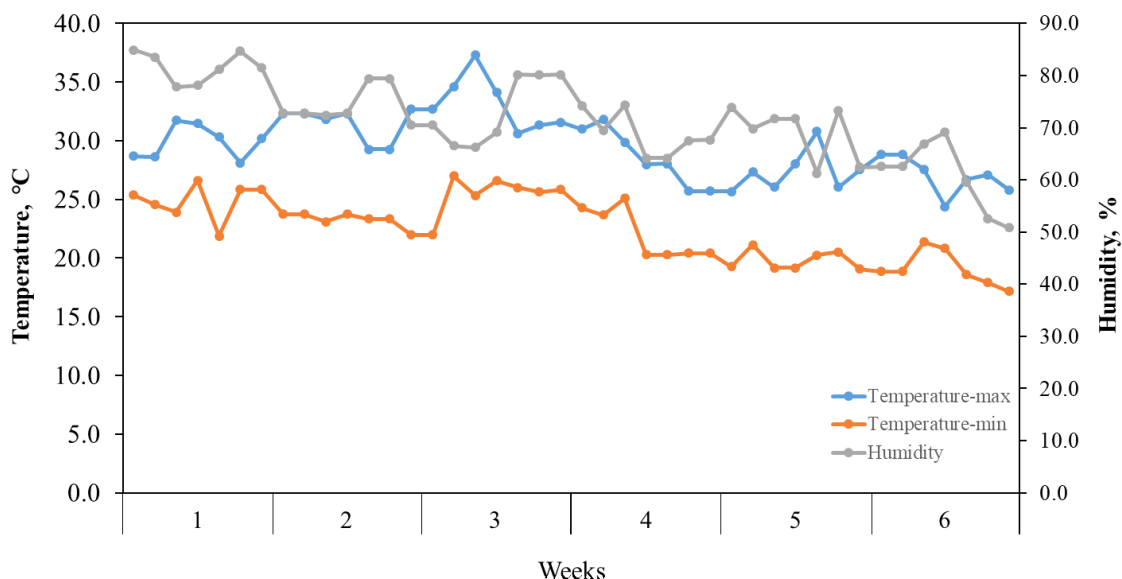


Fig. 1. Temperature and humidity in the period of experiment.

2) 계란 품질 특성

계란 품질 특성은 실험 마지막주에 각 처리당 10개씩 분석을 진행하였으며, 분석 항목은 난중, 난백고 높이, Haugh unit, 난황색, 난각 두께, 난각 강도의 품질 검사를 실시하였다. 난중, 난백고 높이, Haugh unit, 난황색은 계란 품질 분석기(EMT-5200, Toahoku, Rhythm Co., Ltd, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Haugh unit는 난중(W)과 농후 난백고(H)를 측정하여 $[100 \log(H - (1.7 \times W^{0.37}) + 7.57)]$ 공식에 의하여 계산하여 나타내었다. 난각 두께는 전자 미세두께 측정기(Series 547-360, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 난각강도측정기(Egg shell force gauge model II, Robotmation Co., Ltd, Japan)를 이용하여 난각 강도를 측정하였다.

3) 혈청 내 생화학 분석

산란 종계의 생화학 조성을 분석하기 위하여 실험 마지막 주령의 산란 종계를 처리구 당 10수씩 랜덤 선발하여 익하정맥에서 혈액을 serum separate tube에 채취하였다. 채취한 혈액은 3,000 rpm, 4°C에서 20분간 원심분리 후 상층액(혈청)을 분리하여 혈청 내 생화학 조성을 혈액분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

4) 혈청 내 Corticosterone 함량 측정

혈청 내 스트레스 호르몬 인 corticosterone을 분석하기 위하여 분리한 혈청을 이용하여 실험을 진행하였다. corticosterone 분석은 시판된 Chicken Corticosterone ELISA Kit(Wuhan Fine Biotech Co. Ltd., Wuhan, China)을 사용하여 공급된 설명서에 따라 측정하였다.

5) 통계처리

산란 종계의 생산성, 계란 품질, 혈액 성분 분석결과들은 SAS(2019) 프로그램의 generation Liner Model(GLM) procedure를 이용하였으며, Duncan의 다중 검정을 이용하여 각 처리구 간의 평균값을 95% 신뢰수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란 종계 계란 생산성 분석

산란종계 사료 내 GABA 및 생균제 급여에 따른 생산성 결과는 Table 1에 나타내었다.

산란율은 5와 6주, 전 기간 평균에서 probiotics구가 대조

구보다 유의적으로 높은 산란율을 나타내었다($P<0.05$). 난중에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 전기간 평균에서 산란량은 probiotics구가 대조구보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). FCR은 probiotics구가 대조구보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 전체 실험 기간동안 산란율, 산란량 및 FCR은 대조구에 비하여 GABA 및 생균제 급여에서 개선 경향은 보였으나 유의적 차이는 생균제 급여에만 나타났다. 본 연구 결과 생균제 급여의 효과는 단기간 섭취시보다 5주 이상 급여시 나타내는 것으로 사료된다. 단기간 및 장기간 고온 다습한 날씨는 계란 생산과 사료 섭취량에 부정적인 영향을 미친다(Mashaly et al., 2004). 동물의 중추 신경계의 주요 신경전달물질인 GABA는 신경 내분비계에 영향을 주어 영양대사에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Mashaly et al., 2004). 또한 Zhang et al.(2012a)의 연구에 따르면 계란 생산성과 난중은 25-75 mg/kg 이상의 GABA를 첨가하였을 때 증가하였으며, FCR은 50-75 mg/kg에서 유의적으로 낮은 값을 나타낸 것으로 보고하였으나, 본 연구에서 사료 kg당 50 mg 수준의 GABA를 급여하였을 경우 대조구에 비하여 개선 경향을 보였으나 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 산란량도 GABA 급여구와 대조구사이에 유의적인 차이가 없는 본 연구와 유사한 결과를 보였다(Zhang et al., 2012a). Deng et al.(2012) 연구에서는 생균제(*B. licheniformis*)의 농도 의존적으로 산란량과 사료 섭취량이 유의적으로 개선되었다. Xu et al.(2006)의 연구에서는 일반 온도 조건에서 산란계에서 사육 시 생균제(*B. subtilis*)를 섭취 시켰을 때 계산 생산량과, 사료 소비량, FCR에서 유의적으로 개선되었다고 보고하였다. Xu et al.(2006)의 연구 결과 환경 스트레스에 심각하게 노출된 가금류에서 생균제 효과가 현저히 나타난다는 사실을 보고하였다. 연구 결과를 살펴보면 스트레스에 따른 용모의 손상으로 소장내 영양소 흡수의 저하되며 생균제의 급여로 장내의 환경이 개선됨으로 생산성이 향상되었다고 보고하였다. Kalavathy et al.(2005)은 20주령 산란계에게 12종 *Lactobacillus* 혼합 균주를 급여하였을 때 사료효율과 계란 생산량에서 유의적으로 개선되었다고 보고하였다.

2. 계란 품질 특성

GABA 및 생균제 급여에 따른 산란 종계의 계란 품질 결과는 Table 2에 나타내었다. 본 연구에서 난황색, 난각 두께 및 강도가 무처리에 비하여 GABA 및 생균제 급여구가 수치상 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었다. 일반적으로 난각 두께와 강도는 계란의 저장과 수송을 위해서 중요한 지표이며, 난각의 두께와 강도가 낮으면 계란의

Table 1. Effect of GABA and the probiotic on laying performance in Hy-Line parent stock

Parameters	Treatments			SEM	P-value
	Control	GABA	Probiotics		
Hen-day egg production (%)					
1 week	95.3	95.3	95.1	1.654	0.984
2 week	95.3	97.1	96.7	1.756	0.383
3 week	94.7	97.5	97.5	1.156	0.158
4 week	93.9	93.9	95.5	1.256	0.189
5 week	93.5 ^b	95.9 ^{ab}	96.3 ^a	1.402	0.045
6 week	93.4 ^b	95.9 ^{ab}	95.7 ^a	1.339	0.038
Total	94.4 ^b	95.9 ^{ab}	96.1 ^a	1.055	0.039
Egg weight (g)					
1 week	55.23	56.77	55.48	0.715	0.284
2 week	55.11	55.17	56.01	0.783	1.011
3 week	55.09	55.58	55.59	0.733	0.384
4 week	55.69	56.34	56.93	1.042	0.705
5 week	51.69	52.87	53.67	0.883	0.303
6 week	56.74	56.91	56.86	0.739	0.987
Total	54.92	55.761	55.76	0.640	0.625
Egg mass					
1 week	54.09	54.24	52.55	0.881	0.345
2 week	51.79	53.37	54.38	1.436	0.453
3 week	52.14	54.23	54.19	0.930	0.220
4 week	52.14	53.84	53.27	0.776	0.310
5 week	48.31	50.95	51.46	1.150	0.144
6 week	53.00	54.52	54.46	0.755	0.299
Total	51.65 ^b	53.61 ^{ab}	53.65 ^a	0.639	0.029
Feed conversion ratio					
1 week	2.40	2.32	2.35	0.042	0.462
2 week	2.44	2.37	2.31	0.397	0.068
3 week	2.11	2.03	2.03	0.037	0.212
4 week	2.41	2.34	2.36	0.035	0.349
5 week	2.81	2.67	2.74	0.056	0.255
6 week	1.64	1.60	1.59	0.023	0.264
Total	2.27 ^a	2.19 ^{ab}	2.18 ^b	0.028	0.032

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

SEM, standard error of means.

Table 2. Effect of GABA and the probiotic on egg quality in Hy-Line parent stock

Parameters	Treatments			SEM	P-values
	Control	GABA	Probiotics		
Egg weight (g)	58.42	54.71	57.05	1.084	0.067
Ablumen height (mm)	7.51	7.44	7.51	0.371	0.988
Haugh units	87.00	87.60	87.18	2.163	0.980
Yolk color	7.52	6.90	7.16	0.232	0.183
Shell thickness (μ m)	4.05	4.42	4.72	0.284	0.265
Shell strength (g/cm^2)	404.00	419.00	415.00	7.348	0.342

SEM, standard error of means.

품질과 저장기간이 짧아진다(Puthongsiriporn et al., 2001). 그리고 난각이 얇은 경우 두꺼운 종란에 비하여 수분 손실이 더 높아 부화율을 저하시키는 주원이 되며, 육용종계를 공시한 연구에서 난각이 얇은 종란에 비하여 두꺼운 종란에서 부화율이 유의적으로 높았다(Roque and Soares, 1994). 또한 난백고 높이는 신선도에 영향을 미치며 저장 기간에도 큰 영향을 미치는 지표이다(Williams et al., 1992). 하지만, 본 연구에서는 난중(54.71~58.42 g), 난백고 높이(7.44~7.51 mm), Haugh units(87.00~87.60), 난황색(6.90~7.52), 난각 두께(4.05~4.72 μ m), 계란 강도(404.00~419.00 g/cm^2)는 GABA와 생균제 급여로 인한 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Zhang et al.(2012a)는 GABA를 25~100 mg/kg을 산란계에 급여하여 실험을 진행하였으며, 연구 결과 GABA 급여에 따른 난백고 높이, Haugh units, 난황색, 난각 두께의 차이를 나타내지 않았다. 하지만, 계란 강도에서는 50 mg/kg GABA를 급여하였을 때 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다(Zhang et al., 2012a). Haddadin et al.(1996)은 산란계에 *Lactobacillus acidophilus* 균주를 급여하여 계란 품질을 측정하였으며, 그 결과 난황색, 난각 두께 모두 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3. 혈청 내 생화학 조성

GABA 및 생균제 급여에 따른 산란종계 혈청 내 생화학 조성 결과는 Table 3에 나타내었다. 일반적으로 고온 스트레스 등의 스트레스로 인하여 글루코스, 총 단백질, 알부민, 콜레스테롤 등 혈액 생화학 조성의 변화가 대사 작용을 변화로 인하여 나타나는 것으로 보고되고 있다(Ibrahim et al., 2018). 본 연구 결과 총 콜레스테롤 함량은 88.85~171.85 mg/dL, 중성지질은 806.66~1,089.66 mg/dL, 글루코스는

121.16~243.80 mg/dL, 총 단백질은 4.77~5.32 mg/dL, AST는 210.74~242.58 U/L, ALT는 1.08~1.74 U/L, 칼슘은 22.46~20.09 mg/dL, 알부민은 1.75~1.89 g/dL 무기성 인은 4.11~4.89 mg/dL 범위를 나타내었다. 모든 생화학 분석 항목에서 처리구간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Zhang et al.(2012a)의 연구에서 산란계에게 GABA 25, 75, 100 mg/kg을 급여하였을 때 혈청 내 글루코스, 총 단백질, 알부민, 중성지질에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 50 mg/kg의 농도에서는 글루코스, 총 단백질에서 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. Jeong et al.(2020)은 100 mg/kg GABA를 육계에게 급여하였을 때 혈청 내 글루코스, 중성지질, 총 단백질, 칼슘, 인은 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않아, 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서 혈중 칼슘과 인의 함량은 처리간 차이를 보이지 않았으나 혈중 칼슘과 인의 비율은 4.11~5.46:1 수준으로 나타났다. 이는 산란계에서는 칼슘의 필요량이 많아서 칼슘과 인의 비율이 6~7:1 정도가 필요한데 이는 칼슘이 난각 형성에 많이 이용되기 때문으로 사료된다. Zhang et al.(2012b)는 산란계에 *Lactobacillus*와 *Bacillus subtilis*을 각각 단일종 또는 두종을 혼합하여 급여하였을 때 총 콜레스테롤 함량은 처리구별 유의적인 차이를 보이지 않았다. Şahan et al.(2021)는 생균제(*Enterococcus faecium*)를 급여하였을 때 혈청 내 글루코스, 중성지방, 콜레스테롤, 칼슘의 유의적 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 따라서 GABA 및 생균제 급여로 혈청 내 생화학 조성이 변하지 않는 것으로 사료된다.

4. 혈청 내 Corticosterone 함량

GABA 및 생균제 급여에 따른 산란종계 혈청 내 corti-

Table 3. Effects of GABA and probiotics on serum biochemical parameters in Hy-Line parent stock

Parameters	Treatments			SEM	P-values
	Control	GABA	Probiotics		
Total cholesterol (mg/dL)	171.85	88.85	90.75	37.004	0.235
Triglyceride (mg/dL)	906.42	1,089.66	806.66	170.612	0.512
Glucose (mg/dL)	212.16	228.94	243.80	11.960	0.215
Total protein (g/dL)	5.32	5.13	4.77	0.237	0.287
AST (U/L)	242.58	210.74	240.50	11.070	0.116
ALT (U/L)	1.74	1.08	1.71	0.242	0.138
Ca (mg/dL)	21.91	22.46	20.09	1.269	0.412
Albumin (g/dL)	1.89	1.89	1.75	0.070	0.289
IP (mg/dL)	4.89	4.51	4.11	0.283	0.191

SEM, standard error of means.

AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; IP, inorganic phosphorus.

Table 4. Effects of GABA and probiotics on the level of serum corticosterone in Hy-Line parent stock

Parameters	Treatments			SEM	P-values
	Control	GABA	Probiotics		
Corticosterone (ng/mL)	13.86 ^a	5.27 ^b	5.77 ^b	0.566	<.0001

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

SEM, standard error of means.

corticosterone 함량 결과는 Table 4에 나타내었다. 고온 및 고밀도 사육 등과 같은 스트레스 요인에 노출된 닭에서 스트레스 평가 지표로서 대표적인 것으로 corticosterone 수준을 측정한다 (McFarlane and Curtis, 1989). 실험 결과 GABA와 생균제 급여로 인하여 혈청 내 corticosterone 함량이 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 생균제는 혈액 내 corticosterone 방출 호르몬, 부신피질 자극호르몬, corticosterone 수준을 감소시켜 시상하부-뇌하수체-부신을 따라 스트레스 반응을 완화한다(Ait-Belgnaoui et al., 2014). Xu et al.(2006)의 연구에서는 34°C의 고온 스트레스를 받은 산란계 혈청 내 corticosterone이 증가하였으며, 생균제(*B. licheniformis*)를 급여한 처리구에서 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. Jeong et al.(2020)는 육계에게 GABA를 첨가하였을 때 혈청 내 corticosterone 함량이 감소하였다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사하였다. Zhang et al.(2012a)는 GABA는 스트레스 반응을 완화하고 면역반응을 증가시킨다고 보고하였다. 따라서 여름철 고온기 산란 종계에 GABA와 생균제를 급여할 경우 corticosterone 수준을 감소시켜 닭의 스트레스를 완화하는 작용을 할 수 있는

것으로 생각한다.

적 요

본 연구는 여름철 γ -aminobutyric(GABA)와 생균제 급여가 산란 종계의 생산성, 계란품질, 혈액 생화학 조성, corticosteron에 미치는 효과를 조사하였다. 24주령의 산란 종계 총 105수를 3개 처리(대조구, GABA, probiotics), 처리당 7반복, 반복당 5수로 설정하여 사양실험을 실시하였다. GABA와 생균제는 배합사료 내 각각 50ppm과 0.1%로 첨가하여, 총 6주간 실험을 실시하였다. 전기간 산란종계의 평균 계란 생산량, 산란량은 대조구보다 생균제 급여 처리구에서 유의적으로 높았으며($P<0.05$), FCR은 생균제 급여 처리구에서 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 산란 종계 계란의 난중, 난백고 높이, Haugh units, 난황색, 난각 두께, 난각강도에서 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 모든 혈청 생화학 조성에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈청 내 corticosterone 농도는 GABA와 생균제 급여로 인한

여 대조구보다 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 따라서 GABA와 생균제 급여 시 고온기 산란 종계의 스트레스를 완화시킬 수 있는 것으로 사료되며, 특히 생균제 급여는 계란 생산성 및 산란량 성적을 개선할 수 있는 것으로 나타났다.

(색인어 : 산란종계, 여름철, γ -aminobutyric acid, 생균제, 스트레스)

ORCID

Ji Heon Kim <https://orcid.org/0000-0002-8282-2598>
 Yoo Don Ko <https://orcid.org/0000-0002-4457-4757>
 Ha Guyn Sung <https://orcid.org/0000-0002-5083-4164>

REFERENCES

- Ait-Belgnaoui A, Colom A, Braniste V, Ramalho L, Marrot A, Cartier C, Houdeau E, Theodorou V and Tompkins T 2014 Probiotic gut effect prevents the chronic psychological stress-induced brain activity abnormality in mice. *Neurogastroenterol Motil* 26:510-520.
- Cassell GH 1995 ASM Task force urges broad program on antimicrobial resistance. *ASM News* 61:116-120.
- Choi HY 2019 Effects of γ -aminobutyric acid on mortality in laying hens during summer time. *J Agri Life Environ Sci* 53(2):131-139.
- Deng W, Dong XF, Tong JM, Zhang Q 2012 The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poult Sci* 91(3):575-582.
- Haddadin MSY, Abdulrahim SM, Hashlamoun EAR, Robinson RK 1996 The effect of *Lactobacillus acidophilus* on the production and chemical composition of hen's eggs. *Poult Sci* 75(4):491-494.
- Hu H, Bai X, Shah AA, Wen AY, Hua JL, Che CY, He SJ, Jiang JP, Cai ZH, Dai SF 2015 Dietary supplementation with glutamine and γ -aminobutyric acid improves growth performance and serum parameters in 22 to 35-day-old broilers exposed to hot environment. *J Anim Physiol Anim Nutr* 100(2):361-370.
- Jeong SB, Kim YB, Lee JW, Kim DH, Moon BH, Chang HH, Choi YH, Lee KW 2020 Role of dietary gamma-aminobutyric acid in broiler chickens raised under high stocking density. *Anim Nutr* 6(3):293-304.
- Kalavathy R, Abdullah N, Jalaludin S, Wong CMVL, Ho YW 2005 Effects of *Lactobacillus* cultures on performance and egg quality during the early laying period of hens. *J Anim Feed Sci* 14(3):537-547.
- Mashaly MM, Hendricks Rd GL, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH 2004 Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult Sci* 83(6):889-894.
- Mcfarlane JM, Curtis SE 1989 Multiple concurrent stressors in chicks: 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil: lymphocyte ratio. *Poult Sci* 68(4):522-527.
- Ng SC, Hart AL, Kamm MA, Stagg AJ, Knight SC 2009 Mechanisms of action of probiotics: recent advances. *Inflamm Bowel Dis* 15(2):300-310.
- Ibrahim RR, Khalil F, Mostafa AS, Emeash HH 2018 Efficacy of probiotic in improving welfare and mitigating overcrowding stress in broilers. *Adv Vet Res* 8(4):73-78.
- Puthpongiriporn U, Scheideler SE, Sell JL, Beck MM 2001 Effects of vitamin E and C supplementation on performance, *in vitro* lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poult Sci* 80:1190-1200.
- Roque L, Soares MC. 1994. Effects of eggshell quality and broiler breeder age on hatchability. *Poultry Sci* 73:1838-1845.
- Şahan Z, Kutay H, Çelik L 2021 Influence of effective microorganism supplementation to the drinking water on performance and some blood parameters of laying hens exposed to a high ambient temperature. *Rev Bras Cienc Avic* 23(1):1-6.
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G 2003 Economic losses from heat stress by us livestock industries. *J of Dairy Sci* 86:E52-E77.
- Williams KC 1992 Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *Poult Sci* 48(1):6-16.
- Xie J, Tang L, Lu L, Zhang L, Lin X, Liu HC, Odle J, Luo X 2015 Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. *Poult Sci* 94(7):1635-1644.
- Xu CL, Ji C, Ma Q, Hao K, Jin ZY, Li K 2006 Effects of

- a dried *Bacillus subtilis* culture on egg quality. *Poult Sci* 85(2):364-368.
- Yoo BW, Choi SI, Kim SH, Yang SJ, Koo HC, Seo SH, Park BK, Yoo HS, Park YH 2001 Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. *J Vet Sci* 2(1):15-24.
- Zhang M, Zou XT, Li H, Dong XY, Zhao W 2012a Effect of dietary gamma-aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Anim Sci J* 83(2):141-147.
- Zhang JL, Xie QM, Ji J, Yang WH, Wu YB, Li C, Ma JY, Bi YZ 2012b Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens. *Poult Sci* 91(11):2755-2760.

Received Oct. 11, 2022, Revised Nov. 29, 2022, Accepted Dec. 3, 2022