



고온환경에서 이온수의 급수가 산란계의 생산성, 계란 품질 및 혈액성상에 미치는 영향

임천익¹ · 레이나마수드¹ · 리홍룡² · 조태현³ · 류경선^{4*}

¹전북대학교 동물자원과학과 연구원, ²연변대학교 농과대학 연구원,
³(주)이오렉스 대표, ⁴전북대학교 동물자원과학과 교수

Effects of Drinking Ion Water on Performance, Egg Quality and Blood Biochemical Composition of Laying Hens under High Temperature Conditions

Chun Ik Lim¹, Md Masud Rana¹, Hong Long Li², Tae Hyun Cho³ and Kyeong Seon Ryu^{4*}

¹Researcher, Department of Animal Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

²Researcher, Agricultural College, Yanbian University, Yanji 133002, China

³President, IOREX Incorporated, Jeonju 54855, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Animal Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of drinking ion water on the performance, egg quality, and serum biochemical properties of laying hens in a high-temperature environment. A total of 180 laying hens with equal egg production rates were randomly divided into three treatments with five replicates. Treatments were applied from 24 to 27 weeks of age and included the supply of ion water (IW), tap water (TW), and cold water (CW). The results showed that the egg production rate, egg weight, and feed intake of hens were significantly ($P<0.01$) improved in the IW group compared with those in the TW group but did not differ from those in the CW group. Egg quality parameters such as albumen height, Haugh unit, and eggshell thickness were found to be higher in the IW than in the TW group ($P<0.05$); however, no significant differences were observed in comparison with the CW group. Serum Ca and P concentrations tended to increase ($P<0.10$) in the IW group, and serum high-density lipoprotein cholesterol and albumin levels were greater ($P<0.05$) in response to IW than those to TW. This study provides evidence that the supply of IW can relieve the high-temperature stress during the summer. In particular, because the improved effects of the IW were confirmed to be similar to those of CW, it shows potential as a method to manage the drinking water of hens in the summer season along with the supply of CW.

(Key words: performance, egg quality, heat stress, ion water, laying hens)

서 론

고온스트레스는 가금류에서 생산성을 저하시키는 주요한 환경적인 문제로서 피부에 땀샘이 없고 기초체온이 높은 닭은 고온환경에서 다른 가축에 비해 체온 유지가 특히 어렵다. 고온에 노출된 닭은 과도한 호흡으로 인하여 혈액 내 과량의 중탄산염이 축적되면 칼슘, 나트륨, 마그네슘 및 칼륨 등의 양이온과 결합되어 수분과 함께 분뇨로 배출된다(O'Sullivan et al., 2017). 이러한 결과, 닭은 체내 이온불균형과 비정상적 대사작용이 유발되어 산란계에서는 산란율, 난

중 및 사료섭취량이 감소하고, 계란 품질과 면역능력이 저하된다(Ahmad and Sarwar, 2006). 또한, 고온이 지속되면 조직 내 세포손상으로 간, 심장, 신장 및 폐에서 염증이 유발되고 폐사가 발생한다(Mahmoud et al., 2015). 고온으로 인한 피해를 완화하기 위하여 사료 내 비테인이나 비타민 C와 D 등을 사료에 첨가하면 산란계의 조직손상을 예방하며, 산란율과 사료소화율이 향상된다(Attia et al., 2016). 이외에도 가금에 생균제를 급여시 장 내 산도 유지와 장관 벽이 보호되어 영양소의 소화흡수를 개선하는데 주로 *Lactobacillus*속의 유산균이 고온스트레스 예방에 적용되어왔다(Sugiharto et al.,

* To whom correspondence should be addressed : seon@jbnu.ac.kr

2017).

한편, 물은 가축의 체온조절과 밀접한 관련이 있으므로 고온환경에서 닭의 사양 시에는 수분섭취와 관련된 적절한 음용수 관리가 필요하다. 특히 냉음용수는 산란계의 체온을 낮추므로 생산성과 호르몬 조절을 개선하며, 혈중 칼슘농도를 증가시켜 난각품질을 향상한다(Glatz, 2001; Gutierrez et al., 2009; Lim et al., 2019). 또한, 이온화 음용수는 장내에서 이온균형과 수분흡수를 도우며, 자유라디칼로 발생하는 산화작용을 차단하므로 세포조직을 보호하고(Jo and Kwon, 2012; Mushtaq and Pasha, 2013; Olteanu et al., 2013), 육계에서는 고온스트레스를 해소하므로 성장과 계육품질을 개선한다(Paek et al., 2018). 이와 같이, 고온환경에서 음용수와 관련된 연구는 지속되어 왔지만, 산란계에서 각각을 비교한 연구는 거의 없다. 특히 이온수의 급수는 고온으로 손실된 양이온과 수분을 보충해줄 것으로 사료되므로 고온스트레스와 관련된 연구가 필요하다.

그러므로 본 연구는 고온환경에서 산란계에게 이온수를 급수하여 미치는 영향에 대하여 구명하고자 여름철 가금에서 음용수로 활용되는 냉수 급수법과 비교하여 그 효능을 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 설계

24주령의 하이라인 갈색종 산란계 180수를 3처리구 5반복, 반복당 12수씩 배치하여 총 4주간 사양실험을 실시하였다. 사양실험은 국내 혹서기의 고온다습한 환경으로 계사내부 평균 온습도는 $30\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 와 $70\pm 1\%$ 였으며, 모든 닭은 넙플이 설치된 케이지 사육장에 수용하여 사육하였다. 기초사료는 대사에너지 2,750 kcal/kg과 조단백질 17% 수준으로 모든 처리구에서 무제한으로 급여하였다. 각 처리구는 음용수의 조건을 달리하여 수도물 급수구(tap water; TW)와 냉수 급수구(cold water; CW)를 배치하였고, 이를 이온수 급수구(ion water; IW)와 비교하였다. 수도물 급수구의 음용수 평균온도는 $29\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이며, 냉수는 히트펌프로 물을 $15\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각시킨 후 순환펌프를 이용하여 넙플 내 음용수 온도를 유지하였다. 이온수 급수구의 음용수 온도는 $29\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 으로써 일반 수도물을 다수의 통수공이 존재하는 탄소관에 통과시켰고, 마찰력에 의하여 발생한 정전기를 이용해 음용수를 이온화(H^+ 와 OH^-)하여 급수하였다(Jo and Kwon, 2012).

2. 조사항목 및 방법

1) 산란율, 난중, 사료섭취량, 1일 산란량 및 사료요구율

산란율과 난중은 매일 조사하였고, 사료섭취량은 총 급여량에서 사료 잔량을 공제하여 측정하였다. 1일 산란량은 산란율과 난중을 곱하였고, 사료요구율은 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

2) 난백높이, 호우유닛, 난각강도 및 두께 분석

사양실험을 종료하는 시점에서 계란을 무작위로 채집하였다. 계란의 난백높이와 호우유닛은 계란 품질측정기(QCM+; TSS, UK)를 이용하여 분석하였고, 난각강도와 두께는 난각강도계(QC-SPA; TSS, UK)와 난각두께측정기(FHK, Japan)를 이용하여 측정하였다.

3) 혈청 분석

산란계의 사양실험 종료 후 닭의 익하정맥에서 채혈하여 혈청을 분리하였고, 세그먼트에 배열한 후 전자동 생화학 분석장비(Automatic Biochemical Analyser, Thermo Scientific, Konelab 20, Finland)를 이용하여 칼슘, 인, 알부민, AST, 콜레스테롤, HDL 콜레스테롤, 단백질 및 중성지방을 분석하였다. Interleukin-2 mRNA는 순환혈액에서 분리한 PBMC에서 cDNA를 합성하였고, 사이토카인 IL-2의 상대적인 유전자 발현량을 측정하기 위하여, SYBR green PCR kit (TOPreal qPCR 2X Premix, enzynomics)를 처리한 후 CFX Connect Real-Time System(Bio-rad)를 이용해 PCR을 실시하였다.

4) 통계분석

모든 데이터는 SAS(Statistical Analysis System, 9.2 Version, Cary, NC)의 일반 선형모형을 이용하여 분석하였으며, Duncan의 다중검정방법을 통하여 5% 수준에서 통계적 차이를 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 난중, 사료섭취량, 1일 산란량 및 사료요구율

고온환경에서 산란계에게 이온수를 급수하고 그 결과를 수도물 및 냉수 급수구와 생산성 측면에서 비교한 결과(Table 1), 이온수 급수구에서 산란율과 난중은 냉수를 급수한 처리구와 유사하게 수도물 급수구보다 현저하게 증가하

Table 1. Effects of ion drinking water on performance of laying hens under high temperature conditions

Treatments	Egg production (%)	Egg weight (g)	Feed intake (g)	Daily egg mass (g)	Feed conversion
TW	88.43 ^b	61.38 ^b	101.31 ^b	54.29 ^b	1.87
CW	93.71 ^a	63.96 ^a	111.47 ^a	59.93 ^a	1.85
IW	92.30 ^a	63.95 ^a	108.80 ^a	59.03 ^a	1.84
SEM	0.70	0.36	1.39	0.7	0.02
<i>P</i> -value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.86

^{a,b} Value with the different letters in the column are significantly different at 5% level.

TW, tap water; CW, cold water; IW, ion water.

였다($P<0.01$). 사료섭취량과 1일 산란량도 이온수 급수구에서 수돗물 처리구에 비해 현저하게 개선되어 냉수 급수구와 유사하게 증가하였다($P<0.01$). 사료요구율은 고온환경에서 수돗물, 냉수 및 이온수 급수에 따른 통계적 차이는 없었지만, 이온수와 냉수를 급수한 처리구에서 수돗물에 비해 수치적으로 개선됨을 확인하였다. 혈액 내 정상적인 전해질 수준과 균형은 닭의 성장이나 건강을 위하여 매우 중요하지만 고온환경에서 닭은 호흡이 증가하여 수분손실과 이온불균형을 야기한다(Ahmad and Sarwar, 2006). 음용수에 정전기를 가하면 물이 이온화되어 칼슘, 칼륨, 마그네슘 및 나트륨과 결합되기 쉬우므로 섭취 시에 일반 음용수에 비해 체내 이온균형 유지와 수분흡수를 개선한다(Roe et al., 1990; Ahmad and Sarwar, 2006; Jo and Kwon, 2012). 육계에게 이온수의 급수는 사료섭취와 갑상선 호르몬을 자극하여 단백질 합성을 향상시키고, 고온에 노출된 육계의 성장과 계육 품질을 회복한다(Olteanu et al., 2012; Paek et al., 2018). 본 연구에서 이러한 이온수의 생산성 회복 효과는 냉수를 급수한 결과와 유사한 수준으로 확인되었으므로 여름철 산란계의 음용수 관리법으로 활용 가능하였다.

2. 난백높이, 호우유닛, 난각강도 및 두께

고온환경에서 산란계에게 이온수, 수돗물 및 냉수를 급수하고, 계란의 난백높이, 호우유닛, 난각강도 및 두께를 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 난백높이와 호우유닛은 이온수를 급수한 처리구에서 수돗물 급수구에 비해 유의적으로 증가하였고, 냉수 급수구에서 나타난 결과와 유사하였다($P<0.05$). 난각강도는 냉수 급수구에서 유의적으로 증가하였고($P<0.05$), 이온수 급수구도 일반 수돗물에 비해 수치적으로 개선되었지만 유의성은 없었다. 반면에 난각두께는 이온수와 냉수 급수구에서 유사하였으며, 수돗물 급수구에 비하여 유의하게 개선되었다($P<0.05$). 칼슘은 계란의 난각 구성에 관여하는 영양소로 주로 인, 비타민 D 및 호르몬의 조절에 따라 흡수된다(Silversides and Scott, 2001). 그러나 높은 환경온도에서 칼슘은 산란계의 과호흡으로 발생한 혈중 중탄산염 제거를 위해 사용되고, 고온스트레스를 받은 산란계는 장내 칼슘흡수력과 사료섭취가 저하되므로 난각품질이 낮아진다(Lara and Rostagno, 2013). 이온수는 일반 음용수에 비해 분자가 작고 칼슘 이온과 결합되기 쉬우므로 수분흡수율과 칼슘이용성을 높일 수 있다(Roe et al., 1990;

Table 2. Effects of ion drinking water on egg quality of laying hens under high temperature conditions

Treatments	Albumen height (mm)	Haugh unit	Shell strength (kg/cm ²)	Shell thickness (mm)
TW	7.40 ^b	84.89 ^b	3.22 ^b	0.348 ^b
CW	8.25 ^a	89.86 ^a	4.12 ^a	0.362 ^a
IW	8.22 ^a	89.86 ^a	3.65 ^{ab}	0.366 ^a
SEM	0.14	0.81	0.10	0.004
<i>P</i> -value	0.02	0.01	<0.01	0.05

^{a,b} Value with the different letters in the column are significantly different at 5% level.

TW, tap water; CW, cold water; IW, ion water.

Ahmad and Sarwar, 2006; Jo and Kwon, 2012). 자성을 이용하여 분리한 이온수를 산란계 음용수에 공급하면 계란의 난각두께와 호우유닛이 개선된다는 보고는 본 연구결과와 일치하였다(Olteanu et al., 2012; Ezzat et al., 2017). 한편, 냉음용수는 산란계의 체온을 감소시켜 고온스트레스를 해소하고, 계란 품질을 향상하는 방안으로 알려져 있는데(Glatz, 2001; Lim et al., 2019), 본 연구결과, 이온수의 급수도 이와 유사한 정도로 계란 품질을 개선하여 여름철 산란계에 활용될 수 있음을 확인하였다.

3. 혈액의 생화학 성상

Table 3에는 고온환경에서 이온수의 급수로 산란계의 혈중 인자들의 변화에 대해 제시하였다. 혈중 칼슘은 처리구간에 통계적 차이는 없었지만 이온수와 냉수의 급수구에서 수돗물 급수구보다 증가하는 경향을 보였고($P<0.10$), 인은 이온수와 냉수 급수구에서 수돗물을 급수한 결과보다 통계적으로 증가하였다($P<0.05$). 간수치를 나타내는 AST는 냉수 급수구에서 이온수와 수돗물 급수구보다 감소하는 경향을 나타내었다($P<0.10$). 한편, 혈중 중성지방과 콜레스테롤 수치는 냉수 급수구에서 유의적으로 감소하였고($P<0.05$), 이온수 급수로도 일반 수돗물에 비해 수치적으로 감소하였지만 통계성은 없었다. 반면에 가축의 강건성의 지표인 HDL 콜레스테롤은 이온수와 냉수 급수구가 유사한 수치로 확인되어 수돗물 급수구에 비하여 현저히 증가하였다($P<0.05$). 혈중 단백질은 냉수 처리구에서 유의적으로 증가하였지만, 알부민은 냉수와 이온수 급수구에서 유사한 수치로 확인되어 수돗물 급수구에 비하여 현저하게 증가하였다($P<0.05$). 세포성 면역능력과 관련되는 Interleukin-2 mRNA는 이온수와 냉수처리구에서 수치적으로 증가하였지만 처리구간에

유의적 차이는 없었다. 산란계에 이온수 급수는 스트레스 감소 및 혈액특성 조절에 관여하며(Aziz et al., 2013), 인슐린 분비를 촉진시켜 세포 내 영양소의 대사작용에 기여한다(Al-Hafez et al., 2015). 닭에게 이온수 급수로 혈중 콜레스테롤과 AST가 감소되었고, 알부민, 단백질 및 HDL 콜레스테롤이 증가되었다는 보고는 본 연구결과와 일부 유사하였다(Ezzat et al., 2017; Jassim and Ageel, 2017; Paek et al., 2018). 또한, 이온수는 사료섭취량을 증가시키며, 함께 존재하는 미네랄 이온들의 체내 흡수와 세포 내 침투를 용이하게 하므로(Luckstadt and Kuhlmann, 2013) 혈중에서 칼슘과 인이 증가된 것으로 보인다. 이와 같이 이온수를 섭취한 산란계의 혈액특징은 산란계의 건강향상과 원활한 대사과정을 의미하며, 생산성과 계란 품질 향상과도 관련된다(El-Sabroun and Hanafy, 2017). 특히, 이러한 결과는 냉수 급수구와 유사한 경향을 보였으며, 이온수의 급수도 냉수와 마찬가지로 여름철 고온 스트레스를 해소하는 체내 대사작용에 관여된 것으로 사료되었다.

적 요

본 연구는 고온환경에서 이온수의 급수가 산란계의 생산성, 계란 품질 및 혈액성상에 미치는 영향을 구명하고자 시행하였다. 24주령 산란계 180수를 3개 처리구 5반복으로 배치하여 4주간 사양실험을 실시하였다. 각 처리구는 수돗물(tap water; TW)과 냉수(cold water; CW)를 급수하고, 이온수 급수구(ion water; IW)와 비교하였다. 산란계의 생산성은 산란율과 난중을 매일 조사하여 계산하였고, 계란 품질과 혈액성상은 사양실험 종료 후 채집하여 분석하였다. 고온환경에서 이온수 급수로 일반 수돗물에 비해 산란율, 난중 및

Table 3. Effects of ion drinking water on blood biochemical composition of laying hens under high temperature conditions

Treatments	Calcium (mg/dL)	Phosphorus (mg/dL)	AST (IU/L)	Triglyceride (g/dL)	Cholesterol (mg/dL)	HDL cholesterol (mg/dL)	Protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	Interluken-2 mRNA
TW	21.19	2.87 ^b	155.66	0.30 ^a	150.93 ^a	11.28 ^b	5.34 ^b	2.08 ^b	1.09
CW	25.43	4.69 ^a	131.80	0.25 ^b	125.97 ^b	17.75 ^a	7.16 ^a	2.32 ^a	1.15
IW	25.13	4.00 ^a	151.20	0.28 ^{ab}	136.07 ^{ab}	21.16 ^a	6.45 ^{ab}	2.34 ^a	1.25
SEM	0.98	0.29	5.45	0.08	4.67	1.32	0.32	0.05	0.06
<i>P</i> -value	0.09	0.02	0.10	0.02	0.05	<0.01	0.05	0.05	0.62

^{ab} Value with the different letters in the column are significantly different at 5% level.

TW, tap water; CW, cold water; IW, ion water.

사료섭취량은 유의적으로 개선되었고($P<0.01$), 계란의 난백 높기와 호우유닛 및 난각 두께도 증가하였다($P<0.05$). 혈액 정상에서 칼슘과 인은 이온수 급수구에서 증가하는 경향을 보였고($P<0.10$), HDL 콜레스테롤과 알부민은 이온수 급수구에서 수돗물에 비해 통계적으로 증가하였다($P<0.05$). 본 실험 결과 이온수 급수로 여름철 산란계의 고온스트레스를 완화되었다. 특히 이러한 이온수가 혹서기에 산란계에 미치는 영향은 냉수를 급수한 결과와 유사하였으므로 냉수 급수법과 함께 산란계에 활용될 수 있는 여름철 음용수 관리법으로 가능성을 보였다.

(색인어: 이온수, 산란계, 생산성, 계란 품질, 고온스트레스)

사 사

본 과제는 전라북도 R&D 지원사업의 지원(RA201906-16-T1)에 의해 수행되었습니다.

ORCID

Chun Ik Lim <https://orcid.org/0000-0003-0386-5694>
 Md Masud Rana <https://orcid.org/0000-0003-1410-054X>
 Hong Long Li <https://orcid.org/0000-0001-7767-8707>
 Tae Hyun Cho <https://orcid.org/0000-0003-1047-9847>
 Kyeong Seon Ryu <https://orcid.org/0000-0002-3246-8412>

REFERENCES

- Ahmad T, Sarwar M 2006 Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *Worlds Poult Sci J* 62(4):638-653.
- Al-Hafez M, Alkhashab ATH, Almtoty MS 2015 Effect of the magnetic water on some physiological and biochemical characteristics of blood in Awassi rams. *J Kirkuk Uni Agri Sci* 1(6):62-71.
- Atia YA, Abd El Hamid AEH, Abedalla, AA, Berika MA, Al-Harthi MA, Kucuk O, Abou-Shehema BM 2016 Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. *Springer Plus* 5(1):1619-1631.
- Aziz AA, Choman OA, Aot NAY 2013 Effect of magnetic treated water on some hematological characteristics of (Hy-Line Brown) male. *J Tikrit Uni Agri Sci* 13(1):20-28.
- El-Sabrou K, Hanafy M 2017 Effect of magnetized water on productive traits of laying chickens. *Prof Anim Sci* 33(6):739-742.
- Ezzat HN, Shihab IM, Hussein MA 2017 Effects of ionized water on certain egg quality traits and the levels of proteins and enzymes in the blood of the Japanese quail *Coturnix japonica*. *Int J Poult Sci* 16(3):69-80.
- Glatz PC 2001 Effect of cool drinking water on production and shell quality of laying hens in summer. *Asian-Australasian J Anim Sci* 14(6):850-854.
- Gutierrez WM, Min W, Chang HH 2009 Effects of chilled drinking water on performance of laying hens during constant high ambient temperature. *Asian-Aust J Anim Sci* 22(5):694-699.
- Jassim EQ, Aqeel CH 2017 Effect of alkaline water and/or magnetic water on some physiological characteristic in broiler chicken. *J Entomol and Zool Studies* 5(5):1643-1647.
- Jo TH, Kwon YK. 2012 U.S. Patent Application No. 13/304,640.
- Lara L, Rostagno M 2013 Impact of heat stress on poultry production. *Anim* 3(2):356-369.
- Lim CI, Choi IB, Rana MM, Paek Y, Ryu KS 2019 Effects of drinking water temperature on performance, hormone concentration and blood biochemical composition of laying hens under high temperature conditions. *J Agri and Life Sci* 53(3):75-83.
- Luckstadt C, Kuhlmann KJ 2013 Use of drinking water acidification to enhance poultry performance in rural Thailand. In: Tropentag Conference on International Research on Food Security. Natural Resource Management and Rural Development, Germany.
- Mahmoud UT, Abdel-Rahman MAM, Darwish MHA, Applegate TJ, Cheng HW 2015 Behavioral changes and feathering score in heat stressed broiler chickens fed diets containing different levels of propolis. *Appl Anim Behav Sci* 166(1):98-105.
- Mushtaq MMH, Pasha TN 2013 Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on acid-base balance, blood and carcass characteristics. *Worlds*

- Poult Sci J 69(4):833-852.
- O'Sullivan JD, MacMillan HA, Overgaard J 2017 Heat stress is associated with disruption of ion balance in the migratory locust, *Locusta migratoria*. J Thermal Biol 68(1):177-185.
- Olteanu M, Criste RD, Mariana R, Surdu I 2012 Effect of the neutral electrolyzed water (ANK) on broiler performance. Archiva Zootechnica 15(1):77-85.
- Olteanu M, Criste RD, Mircea E, Panaite T, Untea A, Surdu I 2013 Effect of neutral electrolysed water (NEW) in laying hens. Archiva Zootechnica 16(2):67-73.
- Paek Y, Jo TH, Lim CI, Chae DS, Ryu KS 2018 Effects of various types of drinking water on performance, meat quality and blood biochemical composition of chicken under high temperature conditions. J Agri and Life Sci 52(5):101-108.
- Roe IH, Choi KW, Jhon MS 1990 Therapeutic effect of the alkaline ionized water in the patients with chronic idiopathic constipation. Korea Soc Gastroenterol 22(4):802-808.
- Silversides FG, Scott TA 2001 Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. Poult Sci 80(8):1240-1245.
- Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I, Widiastuti E, Kusumanti E 2017 Dietary supplementation of probiotics in poultry exposed to heat stress - a review. Ann Anim Sci 17(3): 591-604.

Received May 18, 2020, Revised Jun. 24, 2020, Accepted Jul. 22, 2020