

심포지움 : 가금 영양학의 최신 연구 동향
Symposium : Recent Research Trends in Poultry Nutrition

수분 섭취의 증가가 닭의 고온 스트레스
완화에 미치는 효과

이 봉 덕
충남대학교 축산학과

Effect of Increased Water Intake on the
Alleviation of Heat Stress in Chicken

B. D. Lee

Department of Animal Science, Chungnam National University
Daejeon, Korea 305-764

ABSTRACT

Chickens subjected to heat stress decrease their heat production by consuming less feed. The lowered feed intake naturally brings about decreased production performance of chicken. The only exception to this is the increased survivability. Birds drink less when they eat less. In hot environmental temperature, chicken need more water for increased heat loss through evaporation and increased urine excretion. Thus, the increased water intake may alleviate the heat stress of chicken. Various electrolytes supplementation to feed or drinking water can alleviate the heat stress of chicken by their effect of increasing water intake. Lasalocid, an ionophorous coccidiostat, was found to have the effect of increasing water consumption of chicken, thereby improving the lowered production performance of heat-stressed chicken. Finally, dietary fiber could be another possible element which can exert beneficial effects on heat-stressed chicken.

(Key words : heat stress, water intake, electrolytes, coccidiostats, dietary fiber, chicken)

서 론

닭을 비롯한 모든 항온동물들은 외기의 온도와 습도가 적정수준 이상으로 높아질 때 고온 스트레스를 경험하게 된다. 고온 스트레스로 인하여 우리나라를 포함한 세계의 많은 지역에서 닭의 생산성이 피해를 받고 있다. 고온 스트레스를 받은 닭은 사료 섭취량이 감

소하고, 성장율, 사료효율, 난각질 그리고 생존율 등이 저하되어 양계산업의 수익성을 감소시킨다.

고온 스트레스로 인한 피해를 줄이기 위하여 이제까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 무더위 중에 사료의 제한급여(limited feeding)와 절식(fasting)을 통하여 체열생산을 감소시키므로써 폐사율을 감소시킬 수 있었다고 McCormick 등(1979)과 Wiernusz 와 Teeter(1993)등은 보고한 바 있다. 또한 닭이 고온 스트

레스를 받으면 수분증발을 통한 체열손실을 증가시키기 위하여 고온성 과호흡(hyperthermal panting)을 하게 되는데, 이로 인한 산-염기 불균형을 시정해 보고자 사료와 음수에 여러가지 산-염기 조절제를 첨가하는 실험보고들(Bottje와 Harrison; Teeter 등, 1985; Teeter 와 Smith, 1986)을 찾아볼 수 있다.

최근에 와서 연구자들의 주목을 받기 시작한 방법은 닭의 음수량을 증가시켜서 고온 스트레스를 완화시키고자 하는 방법이다. 즉 고온하의 닭은 음수량을 증가시키게 된다(Squibb 등, 1959; Lee 등, 1994). 이렇게 증가된 음수량의 일부는 호흡을 통한 증발열 손실을 막게 하고(Van Kampen, 1981; Belay 와 Teeter, 1993; Lee 등, 1994), 일부는 닭 몸체의 열용량을 증가시키므로써 체온조절에 공헌한다(Teeter 등, 1987). 더우기 고온 스트레스를 받는 닭은 오줌을 많이 배설하는 현상도 여러 연구자들(Van Kampen, 1981; Belay 등; 1993; Belay 와 Teeter, 1993)에 의하여 보고된 바 있다.

본 초설에서는 이제까지 시도된 닭의 음수량 증가 방법들에 대하여 종류별로 검토하므로써, 고온 스트레스에 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

전해질 첨가방법

고온시의 호흡율의 증가는 닭의 체온유지를 위해 중요한 생리적 작용이다. 그러나 이 과정을 통해서 CO₂가 과량 방출되어 호흡성 알칼리 증독이 촉진된다고 한다(Linsely 와 Burger, 1964). 이와 같은 고온성 알칼리 증독 증상으로 인한 생산성의 피해를 최소화하기 위한 연구가 이제까지 많이 진행되어 왔다.

Teeter 등(1985)은 4주령의 육계에게 급만성 고온 스트레스를 가하면서 여러 가지 산-염기 조절제를 사료에 첨가하였다. 혈액 pH는 고온 스트레스를 받고 있는 육계가 panting을 할 경우에만 유의하게 증가하였으며, panting을 하지 않을 경우에는 고온하에서도 혈액 pH가 증가하지 않았다. 사료에 0.3~1.0%의 NH₄Cl을 첨가하였더니 증체율이 증가하였고, 혈액 pH도 유의하게 낮아졌다. CaCl₂는 NH₄Cl 만큼의 기대효과를 초래하지 않았다. 그러나 사료에 0.5%

NaHCO₃ 첨가는 혈액 pH를 오히려 더욱 증가시키는 경향이 있었음에도 불구하고 성장율은 9% 정도 개선되는 현상을 보였다. 이러한 현상은 나중에 기술되어질 예정이지만, NaHCO₃의 첨가가 수분섭취 증가(Balnave와 Gorman, 1993)를 초래하였기 때문으로 사료된다.

Branton 등(1986)은 NaHCO₃를 0.6% 수준으로 음수 투여하였더니 고온하의 육계의 음수량을 증가시켰으며, 폐사율은 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 또한 NH₄Cl 과 NaHCO₃를 음수투여하므로써 음수량을 유의하게 증가시켰으며, 음수량과 역비례로 폐사율은 감소하였고, 이러한 폐사율의 감소현상은 혈액 pH와는 무관하였다고 하였다.

Teeter와 Smith(1986)은 육계에게 고온 스트레스를 가하였을 때 panting 현상과 함께 혈액 pH가 상승함을 관찰하였다. 또한 NH₄Cl을 0.2%수준으로 음수 투여하였던 바, 혈액 pH도 낮아졌고 증체율도 개선되었다고 하였다. 0.15% KCl의 음수투여는 증체를 개선효과는 있었으나, 혈액 pH를 낮추는 효과는 없었다고 하였다. 그러나 이들 역시 이러한 전해질의 음수투여가 체액의 산-염기 균형을 정상으로 되돌림으로써 고온 스트레스의 완화와 함께 증체를 개선효과를 초래하였다고 믿었을 뿐, 이러한 전해질들의 투여로 인한 음수량의 증가 효과는 간과한 것으로 보인다.

Table 1. Gains of broilers given KCl-supplemented water during cycling temperature(26 to 35 C)

KCl added	Gain	Water intake	Feed intake
%		g/d	
0	36.7 ^d	400 ^{cd}	127 ^{ab}
0.114	37.6 ^d	399 ^{cd}	124 ^b
0.229	38.6 ^{cd}	376 ^d	119 ^c
0.343	38.4 ^d	471 ^{ab}	115 ^{cd}
0.458	40.5 ^{bc}	418 ^{bcd}	116 ^{cd}
0.572	41.4 ^b	456 ^{abc}	114 ^d
0.687	40.7 ^{bc}	490 ^a	118 ^c
Control ¹	53.4 ^a	257 ^c	130 ^a

¹ Constant at 24 C, 0% KCl (Smith and Teeter, 1987)

Smith와 Teeter(1987)는 KCl의 함량을 0.114~0.687%되게끔 음수에 타서 급여하였던 바, Table 1과 같은 결과를 얻었다. 이러한 KCl의 증체를 개선 효과의 일부는 음수량의 증가로부터 온 것이라고 그들은 추론한 바 있다.

Deyhim과 Teeter(1991)는 KCl과 NaCl을 음수투여하였던 바, 5주령의 육계에 있어서 고온하에서의 생존율을 증가시키는 효과를 초래하였으나, 그 이유를 설명하지는 못하고 있다. 그러나 그들의 자료를 잘 살펴보면 KCl과 NaCl의 음수 투여가 음수량 자체를 증가시키는 효과가 있음을 알 수 있다(Table 2).

Balnave와 Gorman(1993)도 고온하의 육계에 NaHCO₃의 투여가 음수량을 증가시키고 함께 사료 섭취량과 증체를 개선효과를 초래하였다고 하였으며, Table 3는 이러한 효과를 극명하게 보여 주고 있다고 하겠다.

이상에서 살펴본 바와 같이 고온하의 닭에게 여러가지 전해질들을 적정수준으로 급여할 경우 고온 스트레스를 완화시키는 효과가 있는 바, 이러한 효과는 산염기 조절 기능때문이라기 보다는 오히려 음수량 증가로

인한 효과로 보인다. 사실 최근의 보고에 의하면 고온 스트레스를 받는 닭의 pH가 증가하는 것은 고온성 과 호흡으로 인한 CO₂의 과다 방출이라기 보다는 대사율의 감소로 인한 체내 CO₂의 과소 생산에 더 많이 기인한다는 주장도 대두되고 있는 실정이다(Table 4).

복시듬 치료제 투여방법

이제까지 많은 복시듬 예방 치료제들이 개발되었다. 흥미있는 것은 이러한 복시듬 치료제들 중에는 닭의 고온 스트레스를 완화시키는 것이 있는가 하면, 더욱 악화시키는 것들이 있다는 사실이다. Farny(1965)는 nicarbazin이 닭의 대사율을 증가시키므로써 고온 스트레스를 더욱 악화시킨다는 보고를 한 바 있다. 그 밖에 많은 학자들(McDougald와 McQuiston, 1980; Keshavarz와 McDougald, 1981; Wiernusz와 Teeter, 1991)이 nicarbazin이 고온하에서 육계의 폐사율을 증가시킨다고 하였다. Lee 등(1994)은 고온하의 수탉에서 125 ppm 수준으로 nicarbazin을 첨가하였더니 닭의 체온을 유의하게 증가시켰고, 혈액 pH

Table 2. The effect of KCl and NaCl on body temperature, survivability, water consumption, blood pH and pCO₂ of broilers during thermoneutral(TN) and heat stress(HS) environments

Variable	Environments	Control	0.5% KCl	0.39% NaCl
pH	TN	7.24	7.20	7.22
	HS	7.30	7.20	7.29
pCO ₂ , mmHg	TN	58.8	53.8	50.9
	HS	50.7 ^a	51.5 ^a	42.7 ^b
Body temperature, C	TN	41.7 ^y	41.7 ^y	41.7 ^y
	HS	42.9 ^x	42.9 ^x	42.9 ^x
Survivability, %	TN	100 ^x	100 ^x	100 ^x
	HS	88 ^{by}	97 ^{ay}	93 ^{aby}
Water intake, mL	TN	262 ^{by}	269 ^{by}	365 ^{ay}
	HS	353 ^{bx}	594 ^{ax}	477 ^{abx}

^{a,b} Means within a row with no common superscripts differ (P<.05).

(Deyhim and Teeter, 1991)

^{x,y} Means within a column and variable with no common superscripts differ (P<.05).

Table 3. Responses of finishing broilers to NaHCO₃ supplementation of drinking water at 30 C temperature

	Feed intake	Water intake	BW gain
	g / bird		
NaHCO ₃ 0%	2265	4634	1188
NaHCO ₃ 5.6%	2304*	6619***	1233***

* P<.05; *** P<.001. (Balnave and Gorman, 1993)

를 증가시키는 등의 나쁜 효과가 있었다고 보고하였다.

그러나 또 다른 폭사됨 예방 치료제인 lasalocid는 그 자체의 음수량 증가 효과와 함께, 닭의 고온 스트레스를 완화시킨다는 다수의 보고들이 있다. Wheelhouse 등(1985)은 lasalocid가 monensin구에 비하여 유의하게 육계 암탉의 음수량이 많았다고 보고하

였다.

또한 Macy 등(1990)도 고온하의 육계에 lasalocid를 급여하였던 바, 대조구보다도 오히려 성장율이 유의하게 증가하였으며, 사료효율도 좋았다고 하였다. 이러한 lasalocid의 효과는 아마도 Damron (1994)이 보고한 것처럼 lasalocid의 음수량 증가효과 (Table 5) 때문으로 사료된다.

또 다른 ionophore인 monensin은 lasalocid와는 반대로 음수량을 감소시키는 효과가 있으며, 이로 인하여 성장율도 억제되는 것 같다고 Frigg와 Broz (1983) 및 Saylor 등(1985)은 보고하였다.

사료 섬유질 증가방법

닭은 사료내의 섬유질 함량이 높은 경우에도 음수량을 증가시키게 된다. 이는 섬유질이 소화기 안된 채 분으로 배설되게 되며, 이때에 보수력(water holding

Table 4. Effects of nicarbazine and ambient temperature on the evaporative water loss and CO₂ production of adult roosters housed in respiratory chamber

Items	Ambient temperature	Nicarbazine(ppm)		Mean
		0	125	
Evaporative water loss (g/kg BW/h)	Normal	1.30	1.37	1.33
	Hot	2.30	2.41	2.35*
	Mean	1.79	1.89	NS
CO ₂ production (L/kg BW/h)	Normal	0.78	0.80	0.79*
	Hot	0.67	0.72	0.69
	Mean	0.72	0.76	NS

* P<.05.

(Lee et al., 1994)

Table 5. Performance of 21-d-old broilers given various coccidiostats

Durg	BW	Daily intake		Water /feed
		Feed	Water	
g				
Control	625	41.1	80.1 ^b	1.95 ^b
Amprolium	612	40.0	78.5 ^b	1.96 ^b
Salinomycin	610	41.2	80.2 ^b	1.95 ^b
Monensin	617	40.6	78.4 ^b	1.93 ^b
Lasalocid	607	40.6	85.1 ^a	2.10 ^a

^{a,b} P<.05.

(Damron, 1994)

capacity)이 높은 섬유질은 많은 수분을 간직한 채 분으로 배설되기 때문이다(Lee와 Campbell, 1983). 또한 이 등(1985)은 여러가지 사료 섬유질들을 섭취하는 수탉들이 대조구에 비하여 음수량을 증가시킴을 관찰-보고한 바 있다. 최근에는 사료내 밀기울 수준을 증가시킴에 따라서 쥐의 음수량이 이와 비례하여 유의하게 증가하였다고 현(1993)은 보고하였다.

이와 같이 사료 섬유질의 음수량 증가효과는 고온하의 닭에게는 고온 스트레스를 완화시킬 것이 예상되며, 실제로 Brown 등(1993)은 고섬유질 곡류인 귀리 사료를 산란계에게 급여하였을 때 고온 스트레스를 완화시켜서 산란율이 개선됨을 관찰-보고한 바 있다.

결론

닭은 고온 스트레스를 받으면 체열생산을 줄이기 위해서 사료 섭취량을 감소시키게 된다. 사료섭취량의 감소는 자연적으로 닭의 여러가지 생산성의 감소를 수반하게 된다(단, 사료 섭취량의 감소로 폐사율은 줄어든다). 사료 섭취량의 감소는 또한 음수량의 감소를 초래하는데(Lott, 1991), 이와 같은 음수량의 감소는 고온 스트레스에 대한 저항능력을 감소시키는 dilemma에 빠지게 된다. 즉 고온 스트레스를 받은 닭은 호흡을 통한 증발열 손실을 많게 해야 하는데, 여기에 수분이 많이 필요한 것이다. 또한 오줌 배설량을 증가시켜서 체온의 상승을 억제하려고 하는 데에도 다량의 물이 추가로 필요하게 된다(Van Kampen, 1981; Belay 등, 1993; Belay와 Teeter, 1993). 따라서 Teeter 등(1987)이 보고한 것처럼 물의 온도가 낮을 수록 고온 스트레스 완화 효과는 더욱 클 것이며, 물의 온도가 체온보다도 높을 때에는 고온 스트레스를 더욱 악화시킬 것이다.

(색인 : 고온 스트레스, 수분 섭취량, 전해질, 곡식
 덩 치료제, 사료 섬유질, 닭)

인용문헌

- Balnave D, Gorman I 1993 A role for sodium bicarbonate supplements for growing broilers at high temperatures. *World's Poultry Sci J* 49:236-241.
- Belay T, Bartels KE, Wiernusz CJ, Teeter RG 1993 A detailed colostomy procedure and its application to quantify water and nitrogen balance and urine contribution to thermobalance in broilers exposed to thermoneutral and heat-distressed environments. *Poultry Sci* 72:106-115.
- Belay T, Teeter RG 1993 Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *Poultry Sci* 72:116-124.
- Bottje W, Harrison PC 1985 The effect of tap water, carbonated water, sodium bicarbonate, and calcium chloride on blood acid-base balance in cockerels subjected to heat stress. *Poultry Sci* 64:107-113.
- Branton SL, Reece FN, Deaton JW 1986 Use of ammonium chloride and sodium bicarbonate in acute heat exposure of broilers. *Poultry Sci* 65:1659-1663.
- Brown TM, Beck MM, Douglas JH, Scheldeler SE 1993 Dietary oats produces beneficial effect on egg production during heat stress. *Poultry Sci* 72(Suppl. 1):113(Abstr.).
- Damron BL 1994 The relationship of maximum or intermediate coccidiostat levels to broiler chick water intake. *Poultry Sci* 73:33-36.
- Deyhim F, Teeter RG 1991 Research note: sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. *Poultry Sci* 70:2551-2553.
- Farny DGO 1965 Heat stress in nicarbazin treated chickens. Ph D Thesis, Univ of Delaware, Newark, DE. In: Univ microfilm

Balnave D, Gorman I 1993 A role for sodium bicarbonate supplements for growing broilers at high temperatures. *World's Poultry Sci J* 49:236-241.

- No 66-5546.
- Frigg M, Broz J 1983 Effect of various doses of lasalocid and monensin in combination with increasing potassium levels on performance and water consumption of broiler chicks. *Arch Gefluegelk* 47:153-158.
- Keshavarz K, McDougald LR 1981 Influence of anticoccidial drugs on losses of broiler chickens from heat stress and coccidiosis. *Poultry Sci* 60:2423-2428.
- Lee BD, Campbell LD 1983 Influence of rye and dietary salt level on the water and sodium metabolism in intact and colostomized roosters. *Poultry Sci* 62:472-479.
- Lee BD, Lee SK, Hyun WJ 1994 Effects of nicarbazin and hot temperature on evaporative water loss, acid-base balance, body temperature and carbon dioxide exhalation in adult roosters. *Asian-Australian J Anim Sci* 7:97-101.
- Linsely JG, Burger RE 1964 Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic cock. *Poultry Sci* 43:291-305.
- Lott BD 1991 The effect of feed intake on body temperature and water consumption of male broilers during heat exposure. *Poultry Sci* 70:756-759.
- Macy LB, Harris GC Jr, DeLee JA, Waldroup PW, Izat AL, Gwyther MJ, Eoff HJ 1990 Effects of feeding lasalocid on performance of broilers in moderate and hot temperature regimens. *Poultry Sci* 69:1265-1270.
- McDougald LR, McQuiston TE 1980 Mortality from heat stress in broiler chickens influenced by anticoccidial drugs. *Poultry Sci* 59:2421-2423.
- McCormick CC, Garlich JD, Edens FW 1979 Fasting and diet effect on the tolerance of young chickens exposed to acute heat stress. *J Nutr* 109:1797-1809.
- Saylor WW, Karpovich MM, Zisman AH 1985 Role of reduced feed and water intake in monensin-induced growth depression in broilers. *Poultry Sci* 64(Suppl. 1):178 (Abstr).
- Smith MO, Teeter RG 1987 Potassium balance of the 5 to 8-week-old broiler exposed to constant heat or cycling high temperature stress and the effects of supplemental potassium chloride on body weight gain and feed efficiency. *Poultry Sci* 66:487-492.
- Squibb RL, Guzman MA, Scrimshaw NS 1959 Growth and blood constituents of immature New Hampshire fowl exposed to a constant temperature of 99 degrees F for 7 days. *Poultry Sci* 38:220-221.
- Teeter RG, Smith MO, Owens FN, Arp SC, Sangiah S, Breazile JE 1985 Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Sci* 64:1060-1064.
- Teeter RG, Smith MO 1986 High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride, and potassium carbonate. *Poultry Sci* 65:1777-1781.
- Teeter RG, Smith MO, Mittelstaedt CW 1987 Effects of drinking water temperature and salt addition on body temperature and growth rate of broilers exposed to cycling temperature stress. *Poultry Sci* 66(Suppl 1):185(Abstr).
- Van Kampen M 1981 Water balance of colostomized and non-colostomized hens at different ambient temperatures. *Brit*

Poult Sci 22:17-23.

Wheelhouse RK, Groves BI, Hammant CA, Van Dijk C, Radu J 1985 Effects of coccidiostats and dietary protein on performance and water consumption in broiler chickens. Poultry Sci 64:979-985.

Wiernusz CJ, Teeter RG 1991 Research note: Maxiban™ effects on heat-distressed broiler growth rate and feed efficiency. Poultry Sci 70:2207-2209.

Wiernusz CJ, Teeter RG 1993 Feeding effects on broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. Poultry Sci 72:1917-1924.

이봉덕, 이수기, 정하연, 임재삼 1985 여러가지 종류의 사료 섬유질을 섭취하는 수탉의 수분 및 Na 대사에 관한 연구. 한국가금학회지 12:97-105.

현화진 1993 밀기울의 급여수준이 쥐에 있어서 분의 건물량과 섬유질 함량 및 Ca과 Mg 균형에 미치는 영향. 한국영양사료학회지 17:216-223.

질의 응답

박 장 희(한국사료협회 사료기술연구소) : 고온 스트

레스를 음수량의 증가로 완화시킬 수 있다는 논리는 상당히 설득력있게 받아들여집니다. 그러나 음수량의 증가에 수반되는 연변배설 문제를 해결할 수 있는 방안은 있는지요? 실제로 농가에서는 여름철에 연변문제로 인해 관리상 어려움이 많습니다.

이 봉 덕 : 연변문제는 근본적으로 사양관리상의 부실에서 초래된 것이므로, 그 원인을 찾아서 제거 개선하지 않은 채로 닭에게 연변을 배설하지 말 것을 요구한다는 것은 모순된다고 봅니다. 즉 닭이 연변을 배설하는 행위는 일종의 자구책으로 보아야 하지 않을까요?

지 규 만(고려대) : 발표하신 자료들 중에서 K이 Na보다 더 음수량 증가효과가 크게 나타나는 것으로 되어 있는데, 이에 대한 보충 설명을 좀 해 주시겠습니까?

이 봉 덕 : Na과 K이 둘 다 음수량 증가효과가 있으나, K이 효과가 더 큰 이유는 아마도 K이 신장에서 osmotic diuresis효과가 더 크기 때문에 아닌가 생각합니다. 즉 K이 Na보다 더 많은 오줌을 배설하게 한다는 것이지요. 신장 생리에 대한 자세한 설명은 시간관계상 생략하겠습니다.