暑熱環境下におけるトレハロース給与による特産地鶏 「青森シャモロック」の種卵生産性向上効果

野月 浩¹・小原孝博²・新井成之³・向井和久³

¹ 青森県下北地域県民局地域農林水産部むつ家畜保健衛生所, むつ市 035-0072

² (地独) 青森県産業技術センター畜産研究所, 青森県野辺地町 039-3156

³ 株式会社林原, 岡山市 702-8006

(2015. 4. 3 受付, 2015. 7. 27 受理)

要 約 青森県の特産地鶏「青森シャモロック」の母方種鶏「速羽性横斑プリマスロック」と父方種鶏「横斑シャモ」に、トレハロースを重量比で1%混合した成鶏用配合飼料を給与し、産卵成績および孵化率等におよぼす影響を調査した。試験区分はトレハロース区および対照区とし、試験期間は140日齢から432日齢までの292日間とした。その結果、総産卵個数および正常卵の割合はトレハロース区が有意に高く、夏場8月から産卵後期にかけて顕著であった。また、9月から10月に貯卵した種卵では、受精卵がトレハロース区で有意に多く、長期間貯卵でも孵化率はトレハロース区が高い値を示した。このことは、種鶏に対するトレハロース混合給与が種卵生産個数や卵質の向上、夏場以降の孵化率の維持につながり、地鶏のコマーシャル雛の生産性向上に有効と推察された。

日本畜産学会報 86 (4), 505-510, 2015

地鶏の多くは各県の試験研究機関が地鶏肉の日本農林規格に基づいて独自に開発し、種鶏の改良維持やコマーシャル雛の生産を担うことが一般的であり、種鶏の飼養規模が小さいことから、その生産羽数には限界がある。

青森県で生産されている特産地鶏「青森シャモロック」は、父方が横斑シャモ、母方が速羽性横斑プリマスロックの一代雑種で、父方、母方ともに青森県が独自に開発した鶏種(西藤と吉田 1992)であるが、これらの種鶏は採卵鶏と比べて産卵率が劣ることから、コマーシャル雛の生産性の改善が望まれている。また、地鶏肉の需要は鍋物用として冬場に消費のピークを迎えることから、出荷日齢が120日齢程度の地鶏では夏場に孵化する雛の確保が必要となり、高温気象による種卵の生産性低下は青森シャモロック生産者の経営にも悪影響をおよぼす。

このような中で、我々は乳牛において酸化ストレスを改善することが報告され(Aoki ら 2010)、いくつかの生物においてストレス耐性に関与するトレハロースが、種鶏の暑熱ストレスによる産卵率低下の改善や種卵個数の増加などに有効性を示す可能性があるとして仮定し、青森シャモロックの種鶏に対するトレハロース給与が種卵の生産性や孵化率等におよぼす影響を検討した。なお、トレハロースはグルコース2分子が α 、 α -1,1結合した非還元性二糖で、キノコ類や酵母などに多く含まれる天然の糖質で安全であることも報告されている(Richards ら 2002)。

畜産分野においては、乳牛の酸化ストレス改善のほかにも繁殖領域における受精卵や精子の凍結に際する保護物質としての利用(Ahmad と Aksoy 2012)やブロイラーにトレハロースを給与することで鶏肉の加熱臭が減少するとの報告がある(松下ら 2007)。

材料および方法

1. 供試鶏および飼料

「青森シャモロック」の母方種鶏「速羽性横斑プリマスロック」42羽と父方種鶏「横斑シャモ」12羽を用い(2009年11月25日生)、対照区とトレハロース区にそれぞれ半数ずつ配置して、地方独立行政法人青森県産業技術センター畜産研究所内の単飼ケージで飼養した。試験期間は2010年4月14日から2011年1月31日まで(140日齢から432日齢)の292日間とした。

飼料は表1に示した成分の成鶏飼育用配合飼料((株)北日本くみあい飼料, 仙台)を用い、トレハロース区には飼料原料としてトレハロース((株)林原, 岡山)を配合飼料に原物重量比で1%混合して給与した。また、飲水は自由飲水とした。なお、飼養管理は「地方独立行政法人青森県産業技術センターにおける動物実験等の実施に関する規程」に従って行った。

2. 測定項目

鶏舎内温度: 試験期間中毎日、鶏舎内の最高・最低温度

連絡者: 小原孝博 (fax: 0175-64-2230, e-mail: takahiro_obara@aomori-itc.or.jp)

とそれから算出した日内温度差を記録した。

産卵成績：種卵供用可能な卵を正常卵、供用不可能な破卵、軟卵を不適格卵と定義し、月ごとに産卵数、正常卵数および正常卵率を算出した。また、産卵率の算出には Hen-day production 法を用いた。

孵化成績：各区の雄の混合精液をそれぞれの区の雌に人工授精を行い、得られた種卵（対照区 2,298 個、トレハロース区 2,591 個、合計 4,889 個）を用いて 2010 年 6 月から 2011 年 1 月までの期間中に 8 回の孵化試験を実施し、対入卵受精率および対入卵孵化率並びに対受精卵孵化率について比較した。なお、試験には貯卵（10℃、湿度 90%）2 週間以内のものを用い、受精率は入卵 7 日目の検卵で中央に胚の存在を示す黒点と、その周囲に赤い血管網の新生のあったものを受精卵として算出した。

次に、長期貯卵に対するトレハロースの給与効果を検討

Table 1 Ingredients and feed additives in basal diet

Crude protein	17.0% <
Crude lipid	3.0% <
Crude fiber	5.0% >
Crude ash	15.0% >
Calcium	3.00% <
Phosphorus	0.45% <
ME	2,800 Kcal <

Additives : Vitamin A, Vitamin D₃, Vitamin E, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Pantothenic acid, Choline, Vitamin B₁₂, Nicotinic acid, Vitamin B₆, Folic acid, Biotin, Vitamin K₃, Iron sulfate, Copper sulfate, Zinc carbonate, Calcium iodate, Manganese sulfate, Methionine, Phytase, Canthaxanthin, Ethoxyquin.

するため、両区から得られた種卵（対照区 441 個、トレハロース区 480 個、合計 891 個）を、1 週間から 8 週間まで 1 週間間隔で貯卵（10℃、湿度 90%）し、産卵前期に当たる 7 月と後期に当たる 10 月に孵化試験を実施した。

3. 統計手法

各試験区の卵重の値は、平均値と標準偏差で示し、等分散を確認したのち平均値の差を *t* 検定により検定した。また、総産卵数等の区間の比較は χ^2 検定を用い、危険率 5% 未満を有意差ありとした。

結 果

試験期間中の鶏舎内環境温度の推移を図 1 に示した。2010 年 4 月上旬から 5 月下旬までは、寒暖の差はあるものの概ね適温で推移した。5 月上旬から最低温度が上昇し始め、6 月中旬より最高・最低温度ともに上昇傾向を示した。その後、7 月下旬から 9 月上旬まで最高温度が 30℃ を超える日が続いた。その間、最高と最低温度の日内差は 10℃ 以下となり、終日、鶏舎内温度が高温で推移した。9 月中旬から 12 月にかけて最高・最低温度ともに徐々に低下し、2011 年 1 月には最低温度が氷点下を示す日が多くなり試験終了までその状態で推移した。

表 2 に産卵成績と卵重を示した。

試験期間中の総産卵数は対照区 4,778 個（産卵率 77.9%）、トレハロース区 5,055 個（産卵率 82.7%）、正常卵数は対照区 3,916 個、トレハロース区 4,472 個で、いずれもトレハロース区が有意（ $P < 0.01$ ）に多かった。逆に不適格卵数は対照区 862 個、トレハロース区 583 個で、トレハロース区が有意（ $P < 0.01$ ）に少なかった。また、両区の平均卵重に差は認められなかった。

試験期間中の月別産卵パラメータの推移を表 3 に示し

Figure 1 Changes in the environmental temperature of poultry house during experimental period.

Table 2 Effect of dietary trehalose intake on egg production performance of parent chickens of Aomori shamo-rock during 140 to 432 days of age

	Control	Trehalose
Profiles of egg production (<i>n</i> = 21)		
Hen-day production (%)	77.9	82.7
Produced egg number	4,778	5,055**
Qualified egg number	3,916	4,472**
Non-qualified egg number	862	583**
Mean qualified egg weight (g)	55.4 ± 7.3 (<i>n</i> = 1,053)	54.7 ± 7.8 (<i>n</i> = 1,226)

Hen-day production was calculated by following equation : % = (total eggs produced by 21 birds/292 days×21)×100. Non-qualified egg is broken, hair cracked or flaccid egg. The significance of differences in the egg production parameters between the two groups was analysed by Chi-square test. Values with ** show statistically significant difference (*P* < 0.01) compared with the values of the control group.

Table 3 Effect of dietary trehalose intake on the egg production parameters of 21 parent laying hens during experimental period

Year/Month	Hen-day average (%)		Number of produced eggs		Number of qualified eggs		% of qualified eggs	
	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose
2010/April#	64.4	68.3	203	215	109	132	53.7	61.4
May	97.5	104.0	635	677**	473	478	74.5	70.6
June	93.5	95.6	589	602	474	491	80.5	81.6
July	89.6	90.8	583	591	517	536	88.7	90.7
August	78.3	83.1	510	541*	459	520**	90.0	96.1
September	71.7	82.7	452	521**	386	503**	85.4	96.5*
October	74.3	84.9	484	553**	437	525**	90.3	94.9
November	72.9	77.9	459	491*	387	476**	84.3	96.9**
December	65.9	70.4	447	458	351	437**	78.5	95.4**
2011/January	63.9	62.4	416	406	323	374**	77.6	92.1
Total	77.9	82.7	4,778	5,055**	3,916	4,472**	82.0	88.5

: Egg production was started about the middle of April. Monthly hen-day average was calculated by following equation : % = (total eggs produced by the 21hens/days of month×21)×100. The significance of differences between the two groups was analysed by Chi-square test. Values with * and ** show statistically significant different *P* < 0.05 and *P* < 0.01, respectively, compared with the values of the control group.

た。舎内温度が高温となった8月以降、対照区の産卵数と正常卵数は減少したのに対し、トレハロース区では8月から10月までの産卵数の低下は認められず、8月から翌年1月までの月ごとの正常卵数で区間に有意差 (*P* < 0.01) が認められた。正常卵率は産卵月齢が進むにつれて対照区が低下傾向を示したのに対し、トレハロース区では8月から10月までほぼ横ばいで推移し、11月以降に減少傾向を示したものの、対照区を下回ることはなかった。なお、月ごとの正常卵率について Tukey-Kramer の

HSD 検定を用いて統計処理を行ったところ、対照区では各月のバラつきが大きく差を認めなかったものの、トレハロース区では4月および5月の正常卵率 (61.4~70.6%) と比較して7月から1月までの正常卵率はバラつきも少なく、90%以上と高いことから有意差が認められた (*P* < 0.01)。

表4に各区の種鶏から得た種卵の孵化成績を示した。入卵個数に対する総受精卵個数は、対照区で入卵個数2,298個に対し2,067個 (対入卵受精率89.9%)、トレハ

コース区は入卵個数 2,591 個に対し 2,388 個（対入卵受精率 92.2%）で、有意（ $P < 0.01$ ）な受精卵個数の増加が認められた。月別の対入卵受精率では 9 月と 10 月にトレハコース区が有意に高い値を示したものの、対受精卵孵化率では、全期間を通じて区間に有意な差は認められなかった。

産卵前期に当たる 7 月と後期に当たる 10 月の貯卵期間別の孵化成績を表 5 に示した。1 週間から 7 週間まで 1 週間間隔の貯卵による 7 月の孵化率は、各区とも 5 週間以上の貯卵により大きく低下し、区間に差は認められなかった。しかしながら、10 月では対照区が 7 月同様に 5 週目以降の孵化率が 50% 以下となったのに対し、トレハコース区の孵化率が 50% 以下となったのは 7 週間貯卵時

点であり、長期貯卵による孵化率の低下が抑制される傾向にあった。特に 5 週間貯卵において区間に有意差（ $P < 0.01$ ）が認められた。

考 察

1990 年に青森県畜産試験場（現地方独立行政法人青森県産業技術センター畜産研究所）で開発された「青森シャモロック」は、2012 年には約 78,000 羽が生産されており、鍋物用として地鶏の消費量が多くなる冬場の出荷が中心となっている。したがって、冬場の出荷に対応するための夏場の雛の確保が必要であり、その時期の高温環境が招く産卵率低下や不適格卵増加など、夏期の高温環境対策は青森シャモロックに限らず、養鶏分野における全国的な課

Table 4 Effect of dietary trehalose intake on hatchability of incubated eggs from parent birds during experimental period

Year/Month	Incubated eggs		Fertilized eggs		Hatched eggs		Hatched/Fertilized (%) [#]	
	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose
2010/June	356	405	301	344	231	257	76.7	74.7
July	382	370	363	344	312	294	86.0	85.5
August	293	344	258	316	230	274	89.1	86.7
September	356	423	313	392*	269	334	85.9	85.2
October	150	150	135	146**	109	121	80.7	82.9
November	433	480	406	461	354	410	87.2	88.9
December	178	269	159	247	126	191	79.2	77.3
2011/January	158	150	132	138	95	117	72.0	84.8
Total number of eggs	2,298	2,591	2,067	2,388**	1,726	1,998	83.5	83.7
% of incubated eggs	—	—	89.9	92.2	75.1	77.1		

: Each values calculated from divided total hatched eggs with total fertilized eggs. The significance of differences in the fertilization between the two groups was analysed by Chi-square test. Values with * and ** show statistically significant $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively difference compared with those of the control group.

Table 5 Hatchability of stored fertilized eggs from dietary trehalose intake birds

Stored period (week)	Initial stage (2010. July)				Late stage (2010. October)			
	Incubated number		Hatched number/%		Incubated number		Hatched number/%	
	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose	Control	Trehalose
1	28	30	22/78.6	23/76.7	30	30	23/76.7	24/80.0
2	24	30	16/66.7	26/86.7	30	30	25/83.3	20/66.7
3	30	30	21/70.0	21/70.0	30	30	21/70.0	21/70.0
4	30	30	21/70.0	19/63.3	30	30	19/63.3	22/73.3
5	30	30	13/43.3	10/33.3	30	30	10/33.3	21/70.0**
6	30	30	5/16.7	5/16.7	30	30	12/40.0	16/53.3
7	29	30	2/ 6.9	2/ 6.7	30	30	1/ 3.3	4/13.3
8	—	—	—	—	30	30	1/ 3.3	0/ 0.0

The significance of differences between the two groups was analysed by Chi-square test. Values with ** show statistically significant ($P < 0.01$) different compared with those of the control group.

題でもある。暑熱ストレスについては系統、ブロイラーや雛の生体反応などの報告 (Mujahid ら 2009 ; Azad ら 2010 ; Chowdhury ら 2012) があり、この暑熱ストレスを改善するためパンティングにかかるエネルギー源として糖質を給与 (岩崎ら 2000) などが行われている。我々はトレハロースの給与が、高温期にみられる産卵率の低下や不適格卵の増加を改善するという仮説を立て、夏期の鶏舎内平均温度が高く、日較差が小さい暑熱環境において地鶏「青森シャモロック」の母方種鶏である「速羽性横斑プリマスロック」および父方種鶏「横斑シャモ」を用いて検証した。その結果、種卵の生産性にみられたトレハロースの給与効果は、暑熱期や産卵後期における破卵や軟卵が減少し、種卵として使用できる正常卵を多く確保できるということであった。作用機作は明らかでないが、採卵鶏では、暑熱ストレスにより卵殻厚が減少することが報告されている (窪田と森本 1971)。

すなわち、本研究で認められたトレハロースによる破卵や軟卵の減少に起因する不適格卵の減少は、暑熱ストレスによる卵殻カルシウムの減少をトレハロースが抑制した可能性が推測され、地球環境温暖化により今後さらに気温の上昇が懸念される中で、鶏卵の生産性低下 (野中ら 2009) の抑制に貢献するものと思われる。

孵化試験では、対照区の入卵受精率が 89.9% に対してトレハロース区が 92.2% と高く、トレハロース給与が受精率の向上に効果的であることが推察された。対受精卵孵化率に差がなく入卵受精率に差 ($P < 0.01$) が認められたことは、雄へのトレハロース給与が精子の活力等に有効的に働いた可能性も考えられるが、今回の試験では判断できず今後の課題と考える。

貯卵期間別孵化試験において、産卵前期では貯卵 7 週目までの孵化率にトレハロースの影響は認められなかったが、産卵後期の孵化試験では、対照区が 5 週間貯卵で 33.3% まで低下したのに対してトレハロース区では 70% を維持していた。トレハロース区では、貯卵期間の延長によって増加する卵の酸化ストレス等をトレハロースが緩和している可能性があると思われる。夏場にニワトリが受ける酸化ストレスは暑熱ストレスの一部であると野中ら (2009) は述べ、酸化ストレスを低減して暑熱ストレスを抑制する抗酸化物質を豊富に含む飼料資源に今後の成果を期待している。酸化ストレスを緩和する作用を有する天然物が高温環境での孵化効率を改善する報告もあり (Saito と Kita 2011)、産卵後期の鶏卵でトレハロース区にこのような作用がみられることは興味深く、トレハロースを給与して生産された鶏卵の分析などによりトレハロースの作用やメカニズムを明らかにすることが可能と考えられる。

トレハロースは食品分野で使用経験が長く、その安全性も担保され、食品に与える物性機能ばかりでなく、骨粗鬆症や最近ではメタボリックシンドロームに対する予防作用も期待されており (Nishizaki ら 2000 ; Arai ら 2013)、

畜産分野では、乳牛において抗酸化能を増強し酸化ストレスを改善することが報告されている (Aoki ら 2010)。地球環境の温暖化が家畜や家禽の生産性を低下させることが予想される中でトレハロース給与による夏場の雛の生産性向上効果が期待される。

文 献

- Aoki N, Furukawa S, Sato K, Kurokawa Y, Kanda S, Takahashi Y, Mitsuzumi H, Itabashi H. 2010. Supplementation of the diet of dairy cows with trehalose results in milk with low lipid peroxide and high antioxidant content. *Journal of Dairy Science* **93**, 4189-4195.
- Ahmad E, Aksoy M. 2012. Trehalose as a cryoprotective agent for the sperm cells. A mini review. *Animal Health, Production and Hygiene* **1**, 123-129.
- Arai C, Miyake M, Matsumoto Y, Mizote A, Yoshizane C, Hanaya Y, Koide K, Yamada M, Hanaya T, Arai S, Fukuda S. 2013. Trehalose prevents adipocyte hypertrophy and mitigates insulin resistance in mice with established obesity. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* **59**, 393-401.
- Azad KMA, Kikusato M, Hoque AM, Toyomizu M. 2010. Effect of chronic stress on performance and oxidative damage in different strains of chickens. *Journal of Poultry Science* **47**, 333-337.
- Chowdhury VS, Tomonaga S, Nishimura S, Tabata S, Furuse M. 2012. Physiological and behavioral responses of young chicks to high ambient temperature. *Journal of Poultry Science* **49**, 212-218.
- 窪田大作, 森本 宏. 1971. 環境温度が採卵鶏の養分要求量におよぼす影響. 1. カルシウムおよびリンの水準について. 家禽学会誌 **8**, 25-29.
- 岩崎和也, 伊川玲二, 小山博幸, 堀川 博, 周 維統, 山本禎紀. 2000. 高温環境下におけるブロイラーの体温調節生理反応に及ぼす飲水によるグルコース給与の影響. 家禽学会誌 **37**, 108-112.
- 松下浩一, 小川陽介, 西尾 進, 塩島敏夫. 2007. 鶏肉臭抑制技術の開発—抗酸化剤の飼料添加による加熱臭への影響 (第 1 報)—. 山梨県畜産試験場研究報告 **52**, 28-36.
- Mujahid A, Akiba Y, Toyomizu M. 2009. Progressive changes in the physiological responses of heat-stress broiler chickens. *Journal of Poultry Science* **46**, 163-167.
- Nishizaki Y, Yoshizane C, Toshimori Y, Arai N, Akamatsu S, Hanaya T, Arai S, Ikeda M, Kurimoto M. 2000. Disaccharide-trehalose inhibits bone resorption in ovariectomized mice. *Nutrition Research* **20**, 653-664.
- 野中最子, 小林洋介, 樋口浩二, 江西 修. 2009. 地球環境温暖化が日本における家畜の生産性に及ぼす影響評価の現状と課題. 地球環境 **14**, 215-222.
- Richards AB, Krakowka SK, Dexter LB, Schmid H, Wolterbeek APM, Waalkens-Berendsen DH, Arai S, Kurimoto M. 2002. Trehalose: a review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies. *Food and Chemical Toxicology* **40**, 871-898.
- Saito F, Kita K. 2011. Maternal intake of astaxanthin improved hatchability of fertilized eggs stored at high

Improvement effect by trehalose to the commercial-egg production of “Aomori shamo-rock” under the summer heat environment

Hiroshi NOZUKI¹, Takahiro OBARA², Shigeyuki ARAI³ and Kazuhisa MUKAI³

¹ Shimokita District Administration Office, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Mutsu Livestock Hygiene Service Center, Mutsu 035-0072, Japan

² Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, Livestock Research Institute, Noheji, Aomori 039-3156, Japan

³ R&D Center, HAYASHIBARA CO., LTD., Okayama 702-8006, Japan

Corresponding : Takahiro OBARA (fax : +81 (0) 175-64-2230, e-mail : takahiro_obara@aomori-itc.or.jp)

Supply of chicken meat with higher demand in winter season is affected by the production of commercial fertilized eggs for “Aomori shamo-rock” under the environmental temperature in summer season. Effect of 1% trehalose to the mixed feed on egg production performance and hatchability was examined using the parent chickens which has been cross-breeding with female “early feathering barred plymouth rock” and male “barred shamo”. The test group was trehalose addition group and non-addition group as a control, test period was 292 days from 140 (April, 2010) days of age up to 432 (January, 2011) days of age. As a result, as compared with the control group, the percentage of normal eggs in the total number of spawning during the test period in the trehalose group was significantly higher and it was remarkable from summer through late spawning. In addition, in the hatchability test of the commercial-eggs stored for two weeks, the fertilization rate and the hatching rate at high temperature in trehalose group was significantly higher and the tendency was also observed in long-term storage of them in the trehalose group compared with that of the control group. Therefore, these findings suggest that supplementation of trehalose to the mixed feed leads to improvement of commercial-egg productivity, egg quality and maintenance of hatchability.

Nihon Chikusan Gakkaiho **86** (4), 505-510, 2015

Key words : Aomori shamo-rock, commercial-egg productivity, improving egg-laying productivity, stress, trehalose.