

ブロイラーにおける肥育ステージごとの精密栄養管理による暑熱適応技術

伊藤香葉・八木 健^{*1}・本多美友子^{*2}・岡田浩子^{*2}・高橋圭二^{*3}・脇 雅之^{*3}

Heat Adaptation Technology by Precise Nutrition Management for Each Fattening Stage in Broilers

ITO Kayo, YAGI Takeshi^{*1}, HONDA Fuyuko^{*2}, OKADA Hiroko^{*2}, TAKAHASHI Keiji^{*3}
and WAKI Masayuki^{*3}

要 約

暑熱期のブロイラーにおいて、肥育ステージごとの飼料中の適正栄養水準を明らかにするため、粗蛋白質（CP）および代謝エネルギー（ME）含量の異なる飼料を給与し、肥育成績に及ぼす影響を調査した。11～24日齢の肥育前期は体内での熱産生に有利な低CP（20.1%）高ME（3,255Kcal/kg）飼料に乳酸菌を0.02%添加した飼料の給与により増体量が高まり、飼料要求率は低下した。25～45日齢の肥育後期は飼料摂取量が低下してもアミノ酸要求量を満たす高CP（21%）高ME（3,360Kcal/kg）飼料の給与が有効であることが明らかとなった。

緒 言

地球規模で進む温暖化の影響は極めて深刻で、様々な分野で対応が急がれている。畜産においても例外ではなく、近年の夏季の猛暑による家畜の生産性の低下が問題となっている。ブロイラーについても、適温は18℃±5℃（木村1991）であるため、暑熱期には飼料摂取量が低下、成長遅延による経済的被害が大きくなる。今後も気温上昇が予想されていることから、我々は暑熱の影響に対する技術的な対策を講じることとした。ブロイラーの暑熱ストレス軽減に関して国内ではグルコースや塩化カリウム等の給与の報告がある（岩崎ら1997、笠原ら2001）。また、海外ではビタミン、ミネラル、乳酸菌等の生菌剤や緑茶、グルタミン酸等様々な資材を給与する報告がある（Pandaら2008、Amerahら2008、Sahimら2009、Sohailら2010、Ahmadら2008、Niuら2009）。我々は鶏の体内代謝過程において、栄養素により異なる熱産生（奥村と藤原2000）と酸に強く体内で有効に作用する有孢子性乳酸菌に着目したが、異なる栄養水準の飼料給与と乳酸菌の組み合わせについて暑熱環境下での知見はこれまでなかった。そこで、ブロイラーにおける暑熱期の肥育ステージ

令和元年8月31日受付

^{*1} 現千葉県畜産課

^{*2} 現千葉県中央家畜保健衛生所

^{*3} 元千葉県畜産総合研究センター

ごとに適正栄養水準を検討するとともに、有孢子性乳酸菌を組み合わせてその効果を検証したので報告する。

材料および方法

1. 試験1 肥育前期試験

(1) 供試鶏および試験期間

2週齢のブロイラー（チャンキー）雄40羽（8羽×5区）を用いた。2013年12月13日～19日までの7日間調査を行った。

(2) 温度環境と飼育方法

温湿度管理可能な環境制御室（常時32℃設定）において、中雛ケージ（縦46cm×横23cm×高さ46cm）に単飼とし、不断給餌、自由飲水とした。

(3) 試験区分および供試飼料

供試飼料の配合割合を表1に示した。粗蛋白質（CP）と代謝エネルギー（ME）含量の違いにより対照区（CP22%、ME3,100Kcal/kg）、高ME区（CP22%、ME3,255Kcal/kg）、低CP高ME区（CP20%、ME3,255Kcal/kg）、低CP区（CP20%、ME3,100Kcal/kg）高CP高ME区（CP24%、ME3,255Kcal/kg）とした。全試験区の飼料は日本飼養標準（農業・食品産業技術総合研究機構2011）に示されたアミノ酸要求量を充足するように配合設計した飼料を用いた。

表1 飼料の配合割合【試験1】

原料名	対照区	高ME区	低CP高ME区	低CP区	高CP高ME区 (%)
2種混合飼料 ¹⁾	60.00	57.05	58.29	60.00	50.61
大豆粕ミール	28.84	28.05	30.20	30.38	33.00
コーングルテンミール	2.00	2.00	0.48	0.40	2.00
イエローグリース	3.21	6.11	6.92	4.46	6.97
60%魚粉	3.01	4.00	0.32	-	5.00
炭酸カルシウム	0.59	0.52	0.74	1.49	0.48
第2リン酸カルシウム	-	-	-	1.72	-
第3リン酸カルシウム	1.29	1.20	1.63	-	1.04
食塩	0.26	0.25	0.29	0.40	0.24
DL-メチオニン	0.25	0.26	0.29	0.30	0.19
L-リジン	0.11	0.11	0.22	0.23	0.04
L-トレオニン	0.05	0.07	0.06	0.06	0.01
グリシン	0.19	0.17	0.34	0.35	0.22
塩化コリン	-	-	-	0.03	-
ビタミン・ミネラルプレミックス ²⁾	0.19	0.19	0.20	0.17	0.18
フィターゼ ³⁾	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
計	100	100	100	100	100
CP (%)	22	22	20	20	24
ME (Kcal/kg)	3,100	3,255	3,255	3,100	3,255
価格 (円/kg)	58.7	60.1	59.2	57.8	61.2

1) 2種混合飼料は、とうもろこしと魚粉の配合割合が98:2のものを用いた。

2) ビタミン・ミネラルプレミックス 1kg当りの含有量は以下の通り: ビタミンA;1600万IU/kg、ビタミンD3;400万IU/kg、酢酸d- α -トコフェロール;10g、メナジオン亜硫酸水素ナトリウム;2.85g、塩酸チアミン;1.4g、リボフラビン;12g、D-パントテン酸カルシウム;16g、ニコチン酸;50g、塩酸ピリドキシリン;2g、シアノコバラミン;40mg、d-ビオチン;100mg、葉酸;500mg、硫酸鉄;60g、硫酸銅;12g、硫酸亜鉛;70g、硫酸マンガン;60g、ヨウ素酸カルシウム;1.2g

3) フィターゼは、5,000フィチン酸分解力単位/g以上のものを用いた。

(4) 調査項目

ア 発育成績

試験開始時と終了時に体重を全羽測定し7日間の増体量を算出した。飼料摂取量は試験終了時に残飼量を測定し、1羽当たりの摂取量を求めた。

飼料要求率は飼料摂取量と増体量より算出した。

イ 増体 1kg 当たりの飼料費

アより増体 1kg 当たりの飼料費を算出した。なお飼料単価は飼料メーカーにおける飼料原料購入費を参考に、配合割合から対照区58.7円/kg、高ME区60.1円/kg、低CP高ME区59.2円/kg、低CP区57.8円/kg、高CP高ME区61.2円/kgと設定した。

2. 試験2 肥育後期試験

(1) 供試鶏および試験期間

24日齢のブロイラー（チャンキー）雄30羽（6羽×5区）を用いた。2016年6月6日～27日までの22日間調査を行った（45日齢まで）。

(2) 温度環境と飼育方法

24時間で真夏の1日の温度変化となるよう温度設定を行い、そのパターンを22日間繰り返した環境制御室を暑熱環境下（最高34℃、最低28℃設定）および開放鶏舎を通常環境下（平均気温23.1℃）とし、どちらも大雛ケージ（縦46cm×横44cm×高さ65cm）に単飼とした。全期間不断給餌、自由飲水とした。

(3) 試験区分および供試飼料

供試飼料の配合割合を表2に示した。一般的な後期飼料と同水準の対照区（CP:19%、ME3,200kcal/kg）を暑熱環境下および通常環境下の2区分設けた。さらに暑熱環境下で、CPとME含量の違いにより低CP高ME区（CP17.5%、ME3,360kcal/kg）、高CP区（CP21%、ME3,200kcal/kg）、高CP高ME区（CP21%、ME3,360kcal/kg）の3区分を設け、併せて5試験区を設けた。全試験区の飼料は肥育前期試験と同様にアミノ酸要求量を充足するように配合設計した飼料を用いた。

(4) 調査項目

ア 発育成績

体重は試験開始時から1週間ごとに全羽個体ごとに測定し、体重の推移と全期間の増体量を算出した。飼料摂取量は試験終了時に残飼量を測定し、1羽当たりの摂取量を求めた。飼料要求率は飼料摂取量と増体量より算出した。

イ 解体成績

46日齢に全羽を屠殺し冷却後解体した。部分肉はむね、もも、ささみに分け、個々に秤量し、むねおよびもも肉の合計を正肉重量とした。また、腹腔内脂肪を秤量し、腹腔内脂肪重量とした。可食内臓は、心臓・肝臓・筋骨・腺胃とし、個々に秤量し合計を可食内臓重量とした。さらに、各調査部位について、屠体重に対する割合を算出した。

表2 飼料の配合割合【試験2】

(%)

原料名	対照区	低CP高ME区	高CP区	高CP高ME区
トウモロコシ	58.59	55.34	54.99	54.57
大豆粕ミール	22.76	24.06	26.03	27.55
なたね油粕	4.00	4.00	4.00	-
コーングルテンミール	2.25	-	4.00	4.00
脱脂米ぬか	1.16	2.32	-	-
イエローグリース	6.00	10.00	6.00	8.00
60%魚粉	1.79	0.38	1.95	3.29
炭酸カルシウム	0.88	0.76	0.80	0.57
第2リン酸カルシウム	1.04	-	0.78	-
第3リン酸カルシウム	0.53	1.68	0.76	1.39
食塩	0.23	0.24	0.22	0.21
DL-メチオニン	0.20	0.28	0.13	0.14
L-リジン	0.16	0.22	0.04	0.02
L-トレオニン	0.07	0.09	-	0.02
L-アルギニン	-	0.05	-	-
グリシン	-	0.08	-	-
ビタミン・ミネラルプレミックス ¹⁾	0.34	0.51	0.31	0.26
計	100	100	100	100
CP (%)	19	17.5	21	21
ME (Kcal/kg)	3,200	3,360	3,200	3,360
単価 (円/kg)	49.6	51.2	50.8	53.4

1) 表1と同じものを用いた。

ウ 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額

経済試算として、1羽当たりの飼料費と販売金額との差額を算出した。なお、飼料費は飼料メーカーにおける飼料原料購入費を参考に、配合割合から対照区49.6円/kg、低CP高ME区51.2円/kg、高CP区50.8円/kg、高CP高ME区53.4円/kgと設定し、飼料摂取量より1羽当たりの飼料費を算出した。また生体販売額は2015年度成鳥の全国平均農家販売単価229.6円/kg（農作物価統計調査2017）から1羽当たりの販売金額を算出した。

3. 試験3 乳酸菌添加試験

(1) 供試した乳酸菌

暑熱環境下でブロイラーの免疫力を高め、その増体改善が期待される市販の熱、酸に強い有胞子乳酸菌 (*Bacillus coagulans* 50億個/g以上) を供試した。

(2) 供試鶏および試験期間

0日齢のブロイラー（チャンキー種）の雄52羽を用いた。2015年5月15日～7月2日までの49日間調査を行った。

(3) 温度環境と飼育方法

1～10日齢までは、1区13羽ごとに温源室1区画、運動場1区画のバッテリー育雛器（1区画縦85cm×85cm×25cm）に群飼とし、10日齢に体重を測定して各区の体重が同じになるように各区6羽を振り分け、試験1と同様に、以降真夏の1日の温度変化を再現した温度設定のパターンを39日間繰り返した環境制御室を暑熱環境下（最高32℃、最低27℃設定）、開放鶏舎を通常環境下（平均気温23.4℃）とし、21

日齢まで中雛ケージに群飼（各区3羽2反復）した。その後再度21日齢に体重測定を実施し、各区の平均体重が同じになるように各区5羽を振り分け、以降大雛ケージに単飼とした。

全期間不断給餌、自由飲水とした。

表3 基礎飼料の配合割合【試験3】

(%)

原料名	前期飼料	後期飼料
トウモロコシ	58.80	58.80
大豆粕ミール	28.84	29.62
コーングルテンミール	2.00	-
トウモロコシ乾燥蒸留粕	-	0.40
イエローグリース	3.21	5.99
60%魚粉	4.21	1.20
炭酸カルシウム	0.59	1.16
第2リン酸カルシウム	-	1.68
第3リン酸カルシウム	1.29	-
食塩	0.26	0.40
DL-メチオニン	0.25	0.21
L-リジン	0.11	0.07
L-トレオニン	0.05	-
グリシン	0.19	-
ビタミン・ミネラルプレミックス ¹⁾	0.20	0.47
計	100	100
CP (%)	22	19
ME (Kcal/kg)	3,100	3,200
単価 (円/kg)	52.1	51.3

1) 表1と同じものを用いた。

(4) 試験区分および供試飼料

供試した基礎飼料の配合割合を表3に示した。試験区分は、基礎飼料給与の暑熱対照区、乳酸菌を基礎飼料中に0.01%添加した低濃度区、0.03%添加した高濃度区および通常環境下の通常対照区の4区分を設けた。供試した基礎飼料は前期CP22%、ME3,100 kcal/kg、後期CP19%、ME3,200kcal/kgで、肥育前期、肥育後期の試験と同様にアミノ酸要求量を充足するようにそれぞれ配合設計した飼料を用い、0～21日齢は前期飼料を給与し、22～49日齢は後期飼料を給与した。なお、10日齢までは前期飼料を粉砕したものを給与した。

(5) 調査項目

ア 発育成績

49日齢まで毎週体重および残飼を測定し、増体量、飼料摂取量、飼料要求率を算出した。

イ 糞中IgA濃度

免疫力の指標として、解体前に各区3羽ずつ糞を採取し、糞中IgA濃度を測定した。

ウ 解体成績

49日齢で各区4羽ずつ屠殺し冷却後解体し、正肉重量、可食内臓重量、腹腔内脂肪重量を測定し、屠体重に対する割合を算出した。

エ 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額

飼料費は飼料メーカーにおける飼料原料購入費を参考に、配合割合から前期52.1円、後期51.3円と設定し、飼料摂取量と飼料要求率より1羽当たりの飼料費を算出した。また生体販売額は2014年度

の成鳥の全国平均農家販売単価221.78円/kgから1羽当たりの販売金額を算出した。

4. 試験4 平飼い試験

(1) 供試鶏および試験期間

11日齢のプロイラー（チャンキー）雄96羽（48羽×2区）を用いた。2017年8月7日～9月13日までの38日間調査を行った。

(2) 温度環境および飼育方法

試験期間における温度環境は、温湿度自動記録計により測定した。飼育方法はより実際の生産現場に近い形で行うため、1スパン（83cm×166cm）に12羽の平飼いの開放鶏舎で1試験区当たり4反復を設けた。

(3) 試験区分および供試飼料

試験区分を表4に示した。試験区分は2処理区とし、CPおよびMEの水準が全期標準（前期:CP21.5%、ME3,150kcal/kg・後期:CP19.5%、ME3,250kcal/kg）の対照区と、前期低CP高ME・後期高CP高ME水準（前期:CP20.1%、ME3,255Kcal/kg・後期:CP21%、ME3,360Kcal/kg）の飼料に乳酸菌を添加した暑熱飼料区を設けた。2処理区とも各区12羽ずつ4反復の48羽を配置した。暑熱飼料区における乳酸菌の添加量は、平飼いで群飼を考慮して0.02%とした。供試した対照区飼料は、他の試験と同様にアミノ酸要求量を充足するように配合設計した飼料を用いた。肥育期間は前期・後期に分け、11～24日齢は前期飼料を給与し、25～48日齢は後期飼料を給与した。

表4 試験区分【試験4】

区	前期飼料（11～24日齢）			後期飼料（25～48日齢）		
	CP (%)	ME (Kcal/kg)	乳酸菌 (%)	CP (%)	ME (Kcal/kg)	乳酸菌 (%)
対照区	21.5	3,150	-	19.5	3,250	-
暑熱飼料区	20.1	3,255	0.02	21.0	3,360	0.02

配合割合は非公表とした。

(4) 調査項目

ア 鶏舎内の気温および湿度

鶏舎内に温湿度自動記録計を設置し、地面から15cmの高さに温湿度自動記録計を設置し、気温および湿度を10分ごとに測定した。

イ 発育成績

48日齢まで毎週体重、残飼を測定し、体重の推移、増体量、飼料摂取量、飼料要求率を算出した。

ウ 体温

前期飼料給与11日目および後期飼料給与17日目に直腸温を動物用デジタル体温計（ソルブ(株) DIGIFLASH）により全羽測定し、区ごとの平均体温を算出した。

エ 解体成績

48日齢に全羽を屠殺し冷却後解体し、正肉重量、ささみ重量および肝臓、腹腔内脂肪重量を個々に秤量し、屠体重に対する割合を算出した。

オ 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額

飼料単価については、飼料メーカーの飼料原料購入費を参考に、対照区が前期、後期とも50円/kgとし、暑熱飼料区は前期50.7円/kg、後期54.2円/kgとした。乳酸菌の単価は1,000円/kgと設定した。

5. 統計処理

すべての試験において、一元配置分散分析法による有意差検定を実施し、差のみられた項目について最小有意差法による多重検定を実施した（吉田と阿部1982）。

結 果

1. 試験1 肥育前期試験

(1) 発育成績

発育成績を表5に示した。試験終了時の体重は低CP高ME区で951.3gと最も高い値を示し、増体量は低

表5 発育成績【試験1】

区	試験終了時体重 (g)	増体量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
対照区	912.0±68.1	454.3±37.1	671.0±31.8	1.49±0.16 ^a
高ME区	930.5±68.6	472.9±31.3	672.6±41.4	1.42±0.08 ^{ab}
低CP高ME区	951.3±89.9	494.0±45.4	667.0±63.5	1.35±0.05 ^b
低CP区	917.3±66.0	460.4±29.0	666.3±34.9	1.45±0.08 ^{ab}
高CP高ME区	935.0±88.2	477.6±48.9	637.4±39.2	1.34±0.11 ^b

平均値±標準偏差
異符号間に有意差あり (P<0.05)

(2) 増体1kg当たりの飼料費

増体1kg当たりの飼料費を表6に示した。試験区間に有意差は認められなかったが、低CP高ME区で80.0円と最も低い値を示した。

表6 増体1kg当たり飼料費【試験1】(円)

区	飼料費
対照区	87.4±9.4
高ME区	85.7±5.1
低CP高ME区	80.0±2.7
低CP区	83.8±4.5
高CP高ME区	82.3±6.5

平均値±標準偏差

2. 試験2 肥育後期試験

(1) 発育成績

体重の推移を表7に、その他の発育成績を表8に示した。体重の推移では、すべての試験区間に有意差は認められなかった。試験開始1週間後では暑熱

表7 体重の推移【試験2】

区	試験開始時	1週間後	2週間後	試験終了時
暑熱対照区	1136.7±95.1	1783.3±119.7	2310.8±161.7	2741.7±364.7
低CP高ME区	1137.5±101.1	1711.7±151.4	2320.8±173.6	2788.0±199.8
高CP区	1136.7±101.8	1752.5±94.6	2285.8±85.0	2701.7±94.5
高CP高ME区	1139.2±94.3	1775.8±86.0	2339.2±98.3	2833.3±266.8
通常対照区	1135.8±101.5	1694.2±175.7	2428.3±170.5	2966.7±167.5

平均値±標準偏差

表8 発育成績【試験2】

区	増体量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
暑熱対照区	1605.0±294.6	3002.5±412.7B	1.87±0.18 ^a
低CP高ME区	1650.5±136.9	2900.0±106.7B	1.76±0.14 ^b
高CP区	1565.0±128.8	3005.0±258.5B	1.92±0.14 ^a
高CP高ME区	1694.2±242.6	2871.7±242.1B	1.70±0.14 ^b
通常対照区	1830.8±141.2	3633.0±273.0A	1.98±0.11 ^a

平均値±標準偏差
異符号間に有意差あり (小文字:P<0.05、大文字:P<0.01)

(2) 解体成績

解体成績を表9に示した。正肉率、ささみ率、可食内臓率、腹腔内脂肪率ともに、すべての試験区間

CP高ME区で494.0gと最も高い値を示した。

また飼料摂取量では、高CP高ME区が637.4gで最も低い値となったが、いずれも各試験区間に有意差は認められなかった。飼料要求率は、対照区1.49よりも低CP高ME区1.35および高CP高ME区1.34が良好な値 (P<0.05) を示した。

対照区が最も高く、高CP高ME区、高CP区、低CP高ME区の順で通常対照区が最も低い値となった。2週間後には逆転し通常対照区が最も高い値を示し、試験終了時にはそのまま通常対照区が最も高い値を示した。暑熱環境下において4区の中では高CP高ME区が最も高い値を示し、高CP区は本試験では暑熱対照区よりも低くなる傾向を示した。

全期間の増体量は、高CP高ME区において1694.2gと暑熱環境下において4区の中で最も高く、通常対照区の1830.8gには届かないものの両区間に有意差は認められず、暑熱対照区、低CP高ME区、高CP区よりも高くなる傾向を示した。また、高CP高ME区については飼料摂取量および飼料要求率ともに最も低くなり、飼料摂取量は通常対照区との間に有意差 (P<0.01) が、飼料要求率では低CP高ME区以外の区に対して有意差が認められた (P<0.05)。

に有意差は認められなかったが、腹腔内脂肪率は低CP高ME区で高くなる傾向がみられた。

(3) 1羽当たりの飼料費と販売金額との差額

1羽当たりの飼料費と販売金額との差額を表10に示した。販売金額、飼料費、差額とも通常対照区で最も高くなった。高CP高ME区は飼料単価こそ最も高かったが(表2)、飼料摂取量を抑えられたため、差額は通常対照区には及ばないものの、暑熱対照区と通常対照区との差が20.4円なのに対し、高CP高ME区と通常対照区との差は3.8円であった。肥育後期のみの試算ではあるが、暑熱対照区に比べ高CP高ME区は暑熱による1羽当たりの飼料費と販売金額との差額の減少を暑熱対照区に比べて81.3%抑えられる結果となった。

3. 試験3 乳酸菌添加試験

(1) 発育成績

表11に発育成績を示した。暑熱環境で乳酸菌を0.01%添加した飼料を給与すると(低濃度区)、有意

差は認められないが試験終了時体重は最も高い値を示し、増体量も良好な値を示した。通常対照区と暑熱対照区の間で増体量の差は457.6gとなったが、低濃度区では通常対照区との差は99.0gと小さく抑えられた。低濃度区は飼料摂取量と飼料要求率も通常対照区と同等の値を示した。

(2) 糞中IgA濃度

表12に糞中IgA濃度を示した。試験区間に有意差は認められなかったが、乳酸菌を添加した区で暑熱対照区より高くなる傾向を示し、通常対照区と同等の値を示した。

(3) 解体成績

表13に解体成績を示した。正肉率、可食内臓率、腹腔内脂肪率すべてにおいて、試験区間に有意差は認められなかった。

表9 解体成績【試験2】

区	正肉率	ささみ率	可食内臓率	腹腔内脂肪率
暑熱対照区	37.0±1.8	3.6±0.26	4.3±1.10	1.9±0.94
低CP高ME区	36.5±1.9	3.6±0.29	3.9±0.52	2.2±1.20
高CP区	38.1±2.2	3.9±0.28	3.6±0.33	1.5±0.28
高CP高ME区	37.5±2.1	3.7±0.27	3.3±0.60	1.6±0.28
通常対照区	37.2±2.0	4.0±0.16	4.0±0.39	1.8±0.67

平均値±標準偏差

表10 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額【試験2】(円)

区	販売価格	飼料費	差額
暑熱対照区	629.5	148.9	480.6
低CP高ME区	640.1	148.5	491.6
高CP区	620.3	153.3	467.0
高CP高ME区	650.5	153.3	497.2
通常対照区	681.2	180.2	501.0

表11 発育成績【試験3】

区	試験終了時体重 (g)	増体量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
暑熱対照区	3756.0±210.4	3712.3±189.7	5686.5±253.3	1.53±0.06
低濃度区	4117.0±137.0	4070.9±122.5	6200.3±117.5	1.52±0.04
高濃度区	3665.0±688.5	3890.9±324.0	5865.9±420.8	1.52±0.16
通常対照区	3998.0±484.8	4169.9±158.2	6243.8±300.8	1.51±0.10

平均値±標準偏差

表12 糞中IgA濃度【試験3】(mg/g)

区	IgA
暑熱対照区	2.21±1.28
低濃度区	3.48±1.17
高濃度区	3.05±0.48
通常対照区	3.42±0.21

平均値±標準偏差

表13 解体成績【試験3】(%)

区	正肉率	可食内臓率	腹腔内脂肪率
暑熱対照区	42.1±2.3	3.59±0.37	2.04±0.38
低濃度区	42.6±0.9	3.21±0.04	1.98±0.66
高濃度区	43.9±1.0	3.15±0.26	2.07±0.17
通常対照区	43.9±1.9	3.54±0.15	1.90±0.28

平均値±標準偏差

- (4) 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額
表14に1羽当たりの飼料費と販売金額の差額を示した。1羽あたりの飼料費は、飼料摂取量の多い通常対照区で最も高い値を示し、少ない暑熱対照区で最も低い値を示し、その差は28.9円であった。1羽

あたりの飼料費と販売金額の差額は、低濃度区で最も高く594.1円であった。

4. 試験4 平飼い試験

(1) 気温の推移

鶏舎内の温度の推移を図1に示した。最高気温は8月25日に記録した36.8℃、最低気温は9月3日に記録した15.2℃であった。全期間における平均気温は25.2℃、湿度は88.4%であった。前期の平均気温は25.8℃、後期の平均気温は23.6℃で、前期、後期ともに最高気温が30℃を下回る日が多く、特に後期は8月30日を境に25℃を下回る日が多くみられた。

表14 1羽当たりの飼料費と販売金額【試験3】 (円)

区	販売価格	飼料費	差額
暑熱対照区	833.0	292.3	540.7
低濃度区	913.1	319.0	594.1
高濃度区	812.8	302.6	510.2
通常対照区	886.7	321.2	565.4

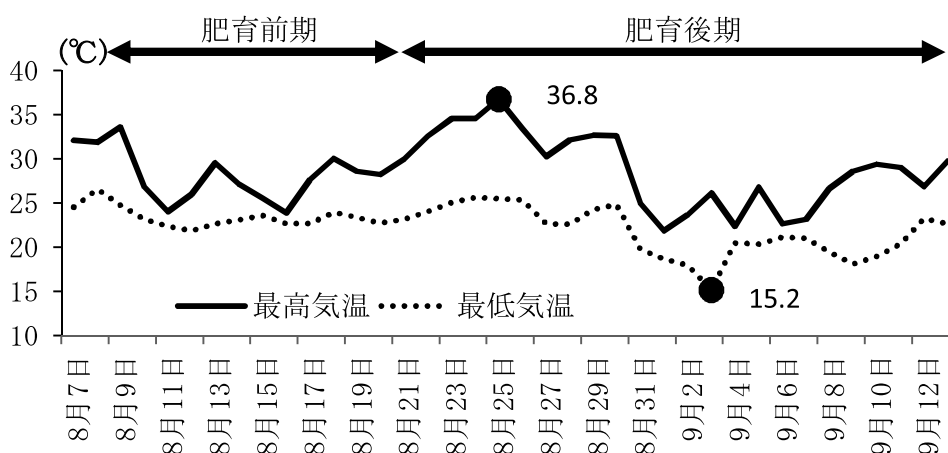


図1 気温の推移【試験4】

(2) 発育成績

体重の推移を表15に、前期の発育成績を表16に、後期の発育成績を表17に示した。

体重の推移では、前期は対照区に比べて暑熱飼料区で有意に高い値 ($P<0.01$) で推移した。肥育後期に入っても対照区に比べて暑熱飼料区で高くなる傾向を示したが、有意差は認められなかった。

前期の発育成績のうち、増体量は暑熱飼料区にお

いて1kgを越え、対照区に比べて有意に高い値を示した ($P<0.01$)。飼料摂取量は両区間に有意差は認められず、飼料要求率は対照区の1.69に比べて暑熱対照区で1.23と良好な値を示した ($P<0.01$)。

一方後期の発育成績は、全ての項目で試験区間に有意差は認められず、暑熱飼料給与による増体量低減の改善効果はみられなかった。

表15 体重の推移【試験4】

区	試験開始時	前期1週間後	前期終了時	後期1週間後	後期2週間後	試験終了時
対照区	302.7 ± 0.16	648.1 ± 18.0 ^B	1035.8 ± 28.1 ^B	1726.5 ± 42.7	2479.5 ± 27.4	3121.6 ± 155.8
暑熱飼料区	302.7 ± 0.16	743.1 ± 20.4 ^A	1305.4 ± 40.3 ^A	1839.2 ± 124.9	2518.0 ± 182.7	3279.4 ± 196.5

平均値 ± 標準偏差
異符号間に有意差あり ($P<0.01$)

表16 前期発育成績【試験4】

区	増体量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
対照区	733.1 ± 28.2 ^B	1240.1 ± 44.7	1.69 ± 0.09 ^A
暑熱飼料区	1002.6 ± 40.2 ^A	1234.5 ± 136.2	1.23 ± 0.14 ^B

平均値 ± 標準偏差
異符号間に有意差あり ($P<0.01$)

表17 後期発育成績【試験4】

区	増体量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
対照区	2085.8 ± 171.2	4051.7 ± 519.7	1.94 ± 0.11
暑熱飼料区	1974.0 ± 160.3	4323.2 ± 280.1	2.20 ± 0.18

平均値 ± 標準偏差

(3) 体温

前期および後期の体温を表18に示した。前期では対照区に比べて暑熱飼料区で有意に低い値を示した ($P<0.05$)。

表18 体温【試験4】 (°C)

区	前期	後期
対照区	41.59±0.072 ^a	41.70±0.082
暑熱飼料区	41.39±0.097 ^b	41.60±0.121

平均値±標準偏差
異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

(4) 解体成績

解体成績を表19に示した。正肉率、ささみ率、肝臓率、腹腔内脂肪率ともに、有意差は認められなかった。暑熱飼料区は前期飼料が低CP高ME飼料であるが、前期の低CPによる腹腔内脂肪率の増加は認められなかった。

表19 解体成績【試験4】 (%)

区	正肉率	ささみ率	肝臓率	腹腔内脂肪率
対照区	33.9±0.45	3.3±0.19	2.3±0.14	1.9±0.17
暑熱飼料区	33.8±1.5	3.4±0.10	2.3±0.23	1.8±0.24

平均値±標準偏差

(5) 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額

1羽当たりの飼料費と販売金額との差額を表20に示した。暑熱飼料区は、販売金額が対照区に比べて36.3円高く、飼料費は32.3円高くなり、差額は対照区よりもわずかに3.9円高くなった。

表20 1羽当たりの飼料費と販売金額の差額【試験4】(円)

区	販売価格	飼料費	差額
対照区	716.7	264.6	452.1
暑熱飼料区	753.0	296.9	456.0

考 察

肥育ステージごとの試験では、暑熱環境下のケージ飼育のプロイラーにおいて体内の熱産生において有利な低CP、高ME含量の飼料および少ない摂取量でより多くの栄養を得られる高CPや高ME含量の飼料を給与した。試験1の肥育前期では、低CP高ME飼料および、高CP高ME飼料の給与により飼料要求率が対照区より低く良好な値を示した ($P<0.05$)。また、増体1kg当たりの飼料費は低CP高ME区で最も低くなり、飼料の有効性が示唆された。

試験2の肥育後期では、低CP高ME飼料および、高CP高ME飼料の給与により飼料要求率が対照区より低く良好な値を示した ($P<0.05$)。プロイラーでは低CP飼料により脂肪蓄積が上昇することが知られている(農業・食品産業技術総合研究機構2011)が、腹腔内脂肪率について低CP高ME区で高いものの有意差は認められず、カロリー・蛋白質比が広い飼料では正肉中の蛋白質の含量が低下す

るとされている(奥村と藤原2000)が、正肉率やささみ率にも試験区間に有意差は認められなかった。一方1羽当たりの飼料費と販売金額の差額は、高CP高ME区で最も高くなり、後期のみの試算ではあるが通常対照区と比較した場合、高CP高ME区は暑熱による1羽当たりの飼料費と販売金額との差額の減少を、暑熱対照区に比べて81.3%抑えられる結果となった。高CP高ME区は高栄養飼料のため、少ない飼料摂取量で大きく成長でき、販売金額が高くなったためと考えられた。

さらに、試験3では暑熱期に低下する体内の免疫力を高めるために、酸に強く体内でも有効に働くことが期待される有胞子性乳酸菌を飼料に0.01%あるいは0.03%添加して給与したところ、有意差は認められなかったが、暑熱対照区に比べて増体量が改善される傾向がみられた。また、糞中のIgA濃度は、有意差は認められないものの、乳酸菌を添加した区で高くなる傾向を示し、添加により免疫力が向上する可能性が示された。解体成績に添加の影響は認められず、1羽当たりの飼料費と販売金額との差額は0.01%添加の低濃度区で最も高くなり、飼料の有効性が示唆された。

これらの成果を組み合わせ、肥育全期を通した平飼いで試験4を実施したところ、前期では増体量が改善され、飼料要求率も低く良好な値を示したことから ($P<0.01$)、CPを20.1%に抑え、MEを3.255Kcal/kgに高め、乳酸菌を0.02%添加した暑熱飼料の有効性が確認できた。

一方、試験4における後期の暑熱飼料の有効性は、夏季の低温により今回は確認できなかった。しかし、これまでの研究成果から暑熱により飼料摂取量が落ちるような厳しい暑熱環境下での高栄養飼料の効果は明らかであり、試験2においてもその有効性が認められたことから、平飼いでも後期高CP高ME飼料の有効性が期待できると考えられる。

以上の試験により、肥育前期、肥育後期、また暑熱の期間によって飼料を切り替えることで暑熱被害を軽減できる可能性が明らかとなった。具体的には、11～24日齢の前期には低CP高ME飼料、25～45日齢の後期には高CP高ME飼料、さらには有胞子性乳酸菌の添加について、それぞれ有効性が期待される。

なお、本報告は農林水産省農林水産技術会議が実施した「気候変動対策プロジェクト研究」として行われた。

引用文献

- Ahmad T, Khalid T, Mushtaq T, Mirza MA, Nadeem A, Babar ME and Ahmad G, 2008, Effect of Potassium Chloride Supplementation in Drinking Water on Broiler Performance Under Heat Stress Conditions, Poultry Science 87 (7):1276-1280
- Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG and Thomas DG, 2008, Influence of Feed Particle Size on the Performance,

- Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters Fed Wheat- and Corn-Based Diets, *Poultry Science*87 (11):2320-2328
- Fuller R, 1989, Probiotics in man and animals, *The Journal of Applied Bacteriology*66:365-378
- 岩崎和也・伊川玲次・小山博幸・堀河博・大石隆一、1997、暑熱期のブロイラー生産性に及ぼすグルコース給与の影響、*家禽学会誌*34:394-398
- 笠原猛・白田英樹・富久章子・篠原啓子・澤則之・三船和恵、ブロイラーの暑熱対策、2001、*徳島畜研*No.1:84-94
- 木村唯一、1991、最新・養鶏ハンドブック、*日本養鶏協会*:116-121
- Niu ZY, Liu FZ, Yan QL and Li WC、2009、Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress, *Poultry Science*88 (10):2101-2107
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構編、2011、*日本飼養標準・家禽* (2011年版) 中央畜産会:12-15、67-69
- 農林水産省、2017、*農作物価統計調査・農産物の販売価格* (平成26年～平成28年) [2017年12月1日引用]
- Available from <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noubukka/>
- 奥村純市・藤原昇、2000、*家禽学*、朝倉書店:89-98
- Panda AK, Ramarao SV, Raju MVL N and Chatterjee RN、2008、Effect of dietary supplementation with vitamins E and C on production performance, immune responses and antioxidant status of White Leghorn layers under tropical summer conditions, *British Poultry Science*49 (5):592-599
- Sahim K, Sahin N, Kucuk O, Hayirli A and Prasad AS、2009、Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review, *Poultry Science*88 (10):2176-2183
- Sohail MU, Ijaz A, Yousaf MS, Ashraf K, Zaneb H, Aleem M and Rehman H、2010、Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and *Lactobacillus*-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity, *Poultry Science*89 (9):1934-1938
- 吉田実・阿部猛夫、1982、*畜産における統計的方法*、中央畜産会:26-137