

山梨県総合理工学研究機構 研究成果報告書

研究課題名	肉用鶏における LED 単波長照射と飼料調整による生産性向上技術の開発
研究期間	平成 30 年～令和 2 年度(3 ヶ年)
研究者	菊嶋敬子、藤村洋子、齋藤那美香、松下浩一(山梨県畜産酪農技術センター)、太田能之、中尾暢宏、白石純一(日本獣医生命科学大学)、印南輝久、溝江有里子((株)パナソニック)
キーワード	肉用鶏、LED、単波長、飼料調整、グルコース、分岐鎖アミノ酸

1. 研究成果の概要

- ・全飼育期間を通して LED 緑色光と LED 青色光の混合色調照射により発育性向上の効果を得ることができた。
- ・グルコース及び分岐鎖アミノ酸(ロイシン、イソロイシン)の発育性向上効果は、LED 環境下では認められない。
- ・LED 緑色光と LED 青色光の混合色調照射により、正肉歩留やムネ肉歩留が有意に高くなり、収益性の高い鶏肉生産につながる。

2. 研究の目的

農家の収益を上げるためには、良好な飼育環境、効果的な飼料を用いて産肉量を増やすことが求められる。これまでの試験で、我々は、飼育環境の改善による生産性向上の観点から、育成中の肉用鶏(以下ブロイラーとする)に特定の LED 単波長を照射することによって発育性が向上することを明らかにした。

そこで、さらに生産性を上げるためには、鶏の有する発育能力を最大限引き出す飼料と LED 照射の併用により可能と考えられることから、過去の試験でブロイラーの育成初期での給与により発育効果が認められたグルコース及び分岐鎖アミノ酸(ロイシン、イソロイシン)を、LED 単波長照射下で給与した場合の生産性・肉質に及ぼす影響について調査を行った。

3. 研究内容

3-1 LED 及びグルコースの併用効果の検討

3-1-1 研究方法

(1) 供試鶏

ブロイラー専用種「チャンキー」768 羽(雌雄各 384 羽)を試験に供した。

(2) 試験期間及び試験区分

平成 30 年 10 月 26 日え付けのヒナを 12 月 5 日まで 40 日間育成した。試験は光を 2 要因、グルコースを 2 要因とし、それぞれ組み合わせて 4 試験区設定し、雌雄それぞれ調査を行った(表 1-1)。

光に関しては、通常の鶏舎で多く用いられている白熱電球を対照(W 区)として、LED 照射区(L 区)を設けた。LED 単波長照射区では、0～16 日齢は LED 緑色光(波長:521nm)を照射し、16～24 日齢は LED 緑色光と LED 青色光(波長:457nm)の混合色光(以下混合色光とする)を照射し、24～40 日齢は LED 青色光をそれぞれ 24 時間連続点灯した(図 1-1、1-2)。

グルコースは、え付け時に1羽あたり380mg になるように水道水にグルコースを溶解し、飲水摂取させた。

表1-1 試験区分

要因	水準数	水準内容	
性	2	雌	雄
光	2	白熱電球 (W)	LED電球 (L)
グルコース	2	なし	あり

※ 光の照射パターンは図1-1のとおり

※ グルコースはえ付け時に1羽あたり380mg摂取するように、水道水に溶解した。



図1-1 光の照射条件



図1-2 試験中の様子(左:白熱電球(W)区、右:LED単波長照射(L)区)

(3) 試験方法

試験は床面給温の陰圧式ウインドウレス鶏舎にて実施した。え付け時に体重測定を行い、雌雄別に飼育した。1区画は32羽(28.4羽/坪)とし、3反復で実施した。

飼料は、0～21日齢は市販のブロイラー前期用(CP22%、ME3,060kcal/kg)、21日齢以降試験終了までは市販のブロイラー仕上用(CP18%、ME3,200kcal/kg)とした。飼料はすべて不断給与とし、自由飲水とした。給温および換気操作等の日常管理は当センターの慣行により実施した。

(4) 調査項目

調査項目は、育成成績(発育体重、飼料要求率、生産指数)、解体成績(正肉歩留、モモ肉歩留、ムネ肉歩留、腹腔内脂肪蓄積率)とした。発育体重については、え付け時、7、14、21、28、35、40日齢時に全羽数を個体測定した。飼料要求率は、飼料摂取量と増体量から算出した。生産指数は、(体重 kg × 育成

率%) / (飼料要求率 × 飼育日数(日)) × 100 で求めた。また 40 日齢時に各区平均体重に近い個体を 5 羽ずつ(120 羽)と殺して、17 時間冷蔵庫で冷却後解体し、と体重に占めるモモ肉、ムネ肉の比率をモモ肉歩留、ムネ肉歩留とした。さらに、と体重に占める正肉(モモ肉、ムネ肉、ささみの合計重量)の比率を正肉歩留とした。また、と体重に占める腹腔内脂肪の重量の比率を腹腔内脂肪蓄積率とした。

データの統計処理は繰り返しのある3元配置の分散分析(ANOVA)により実施した。

3-1-2 研究結果

40 日齢の発育体重は、性の要因で雄ヒナの方が有意に重かった($p < 0.001$)。光の要因及びグルコースの要因について差は認められなかった(図 1-3)。

0-40 日齢の飼料要求率については、性の要因で有意差が認められた($p < 0.001$)。生産指数(0-40 日齢)は性の要因($p < 0.001$)及び光の要因($p < 0.05$)で有意差が認められたことから、LED 単波長照射による生産性の向上が示唆された(表 1-2)。

正肉歩留、ムネ歩留、腹腔内脂肪蓄積率は、性の要因のみで有意差が認められた(表 1-3)。

本試験結果から、LED 単波長照射による生産指数向上の効果が認められた。しかし、養鶏農家では育成段階別に LED 電球を交換することが大変煩雑な作業であること、かつ養鶏農家では雌雄を区別せず、同じ区画で飼養していることから、試験 3-2 では雌雄で効果が期待される LED 緑色光と LED 青色光の両方を育成期間通して照射する試験を行った。

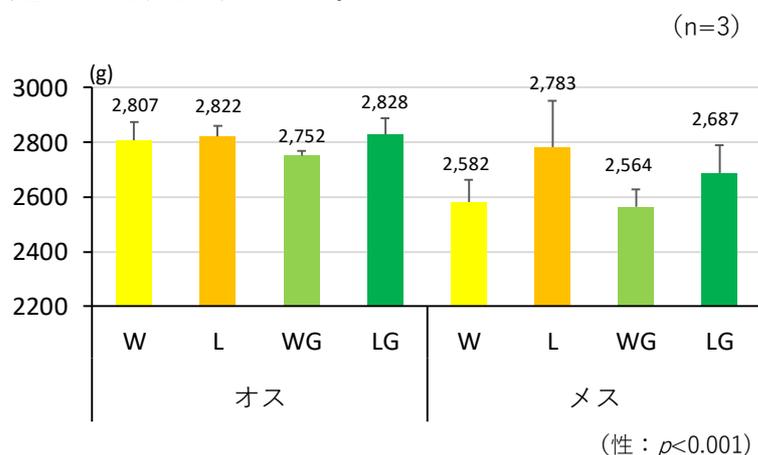


図1-3 発育体重 (40日齢)
(数値は平均値、バーは標準偏差を示す)

表1-2 飼料要求率及び生産指数

		(n=3、平均値 ± SD)	
処理区	飼料要求率(0-40日齢) ^{※1}	生産指数(0-40日齢) ^{※1,2}	
オス	W	1.60 ± 0.02	425.8 ± 27.3
	L	1.56 ± 0.01	450.5 ± 19.9
	WG	1.57 ± 0.01	417.8 ± 18.9
	LG	1.56 ± 0.02	445.3 ± 28.7
メス	W	1.62 ± 0.02	393.0 ± 6.8
	L	1.61 ± 0.00	400.0 ± 6.6
	WG	1.61 ± 0.01	378.2 ± 17.1
	LG	1.62 ± 0.04	398.4 ± 10.0

※1 性の要因に有意差あり ($p < 0.001$)

※2 光の要因に有意差あり ($p < 0.05$)

表1-3 正肉歩留、モモ肉歩留、ムネ肉歩留、腹腔内脂肪蓄積率

(n=3、平均値±SD)

処理区	正肉歩留(%) ^{※1}	モモ肉歩留(%)	ムネ肉歩留(%) ^{※2}	腹腔内脂肪蓄積率(%) ^{※1}	
オス	W	49.0 ± 0.25	19.2 ± 0.44	25.6 ± 0.59	1.55 ± 0.13
	L	49.0 ± 0.47	18.9 ± 0.72	25.5 ± 0.90	1.61 ± 0.28
	WG	48.7 ± 0.93	18.9 ± 0.31	26.1 ± 0.11	1.52 ± 0.13
	LG	48.9 ± 0.51	18.9 ± 0.42	25.9 ± 0.74	1.53 ± 0.14
メス	W	50.2 ± 0.80	18.7 ± 0.58	26.7 ± 0.25	1.95 ± 0.22
	L	50.2 ± 0.24	18.6 ± 0.32	26.8 ± 0.62	1.88 ± 0.13
	WG	50.2 ± 0.71	19.0 ± 0.22	26.7 ± 0.18	1.90 ± 0.22
	LG	49.4 ± 0.33	18.8 ± 0.06	26.0 ± 0.23	2.03 ± 0.06

※1 性の要因に有意差あり (p<0.001)
 ※2 性の要因に有意差あり (p<0.005)

3-2 実用性の高いLED 混合波長照射効果の検討

3-2-1 研究方法

(1) 供試鶏

ブロイラー専用種「チャンキー」400羽(雌雄各200羽)を試験に供した。

(2) 試験期間及び試験区分

試験は令和2年3月6日え付けのヒナを4月20日まで45日間育成した。試験は、表2-1に示したとおり、性に関して2条件、光に関して2条件、分岐鎖アミノ酸(ロイシン、イソロイシン)給与に関して2条件設定し、それぞれを組み合わせる4つの試験区を設定した。

表2-1 試験区分

要因	水準数	水準内容	
性	2	雌	雄
光	2	白熱電球 (W)	LED電球 (L)
分岐鎖アミノ酸	2	なし	あり [※]

※ 光の照射パターンは図2-1のとおり

※ ロイシン・イソロイシン各50mgを、え付け時1日間に摂取できるように調整した。

光の要因は、通常の白熱電球を対照(W区)として、先の試験で用いたLED照射区(L区)を設けた。LED照射区は、0~45日齢の育成期間を通してLED緑色光(波長:521nm)とLED青色光(波長:427nm)を同時に照射した。また、え付け時に分岐鎖アミノ酸としてロイシン・イソロイシンを1羽当たり50mg摂取できるように、市販飼料10gに添加し給与した試験区(WA区、LA区)を無添加区と比較した。照射は24時間連続照射とした(図2-1)。



図2-1 光の照射期間

(3) 試験方法

試験は床面給温の陰圧式ウインドウレス鶏舎にて実施した。え付け時に体重測定を行い、雌と雄を別に飼育した。1区画は25羽(22.2羽/坪)とし、2反復で実施した。

飼料は、0～21日齢は市販のブロイラー前期用(CP22%、ME3,060kcal/kg)、21日齢以降試験終了までは市販のブロイラー仕上用(CP18%、ME3,200kcal/kg)とした。飼料はすべて不断給与とし、自由飲水とした。給温および換気操作等の日常管理は当センターの慣行により実施した。

(4) 調査項目

調査項目は、育成成績(発育体重、飼料要求率、生産指数)、解体成績(正肉歩留、モモ肉歩留、ムネ肉歩留、腹腔内脂肪蓄積率)とした。発育体重については、え付け時、7、14、21、28、35、45日齢時に全羽数を個体測定した。飼料要求率や生産指数の算出方法は、3-1-1(4)と同様とした。45日齢時に各区平均体重に近い個体を5羽ずつ(120羽)と殺して、17時間冷蔵庫で冷却後解体し、と体重に占めるモモ肉、ムネ肉の比率をモモ肉歩留、ムネ肉歩留とした。さらに、と体重に占める正肉(モモ肉、ムネ肉、ささみの合計重量)の比率を正肉歩留とした。また、と体重に占める腹腔内脂肪の重量の比率を腹腔内脂肪蓄積率とした。

データの統計処理は繰り返しのある3元配置の分散分析(ANOVA)により実施した。

3-2-2 研究結果

45日齢の発育体重及び生産指数は、性の要因で雄ヒナの方が有意に重かった($p<0.001$)。光及び分岐鎖アミノ酸の要因について有意差は認められなかった。

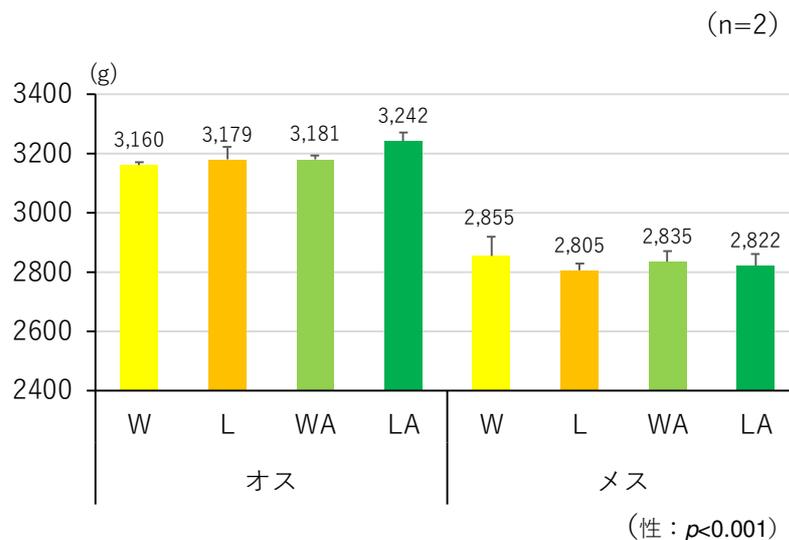


図2-2 発育体重 (45日齢)

(数値は平均値、バーは標準偏差を示す)

また、飼料要求率(0-45日齢)は光の要因で有意差が認められ($p<0.005$)、生産指数(0-45日齢)は性の要因で有意差が認められた($p<0.005$) (表 2-2)。

表2-2 飼料要求率及び生産指数

		(n=2、平均値±SD)	
		飼料要求率(0-45日齢) ^{※1}	生産指数(0-45日齢) ^{※2}
オス	W	1.69 ± 0.00	397.5 ± 2.4
	L	1.71 ± 0.01	387.9 ± 11.4
	WA	1.72 ± 0.01	401.8 ± 12.1
	LA	1.76 ± 0.01	389.5 ± 8.3
メス	W	1.72 ± 0.01	368.6 ± 6.1
	L	1.76 ± 0.00	345.6 ± 7.6
	WA	1.69 ± 0.05	355.8 ± 14.4
	LA	1.77 ± 0.02	346.5 ± 9.6

※1 光の要因に有意差あり (p<0.005)

※2 性の要因に有意差あり (p<0.005)

正肉歩留は光の要因において LED 照射で有意に優れ(p<0.01)、ムネ肉歩留も光の要因で有意差が認められた(p<0.05)。これはブロイラー自体がムネ肉中心に改良されているため、LED 照射効果がムネ肉に顕著に現れたものと推察された。腹腔内脂肪蓄積率は、性の要因において有意差が認められ、雄ヒナで優れていた(p<0.005) (表 2-3)。

本試験では、飼料への分岐鎖アミノ酸添加による効果は確認できなかったものの、混合色光の照射により、飼料要求率や正肉歩留やムネ肉歩留、腹腔内脂肪蓄積率など解体成績が有意に向上することが示唆された。

試験3-2の結果、え付け時の分岐鎖アミノ酸添加による発育性向上効果が得られなかったこと、また、試験3-1の結果、え付け時のグルコース添加による発育性向上効果が得られなかったことから、次の試験では、光の照射条件は変更せず、グルコース及び分岐鎖アミノ酸の給与期間を延長した試験を実施することとした。

表2-3 解体成績

		(n=2、平均値±SD)			
		正肉歩留(%) ^{※1}	モモ肉歩留(%)	ムネ肉歩留(%) ^{※2}	腹腔内脂肪蓄積率(%) ^{※3}
オス	W	50.3 ± 0.57	18.9 ± 0.30	27.1 ± 0.18	1.65 ± 0.16
	L	50.7 ± 0.39	18.8 ± 0.50	27.4 ± 0.91	1.50 ± 0.07
	WA	48.7 ± 0.26	19.0 ± 0.03	25.7 ± 0.19	2.03 ± 0.41
	LA	49.9 ± 0.12	19.0 ± 0.33	26.5 ± 0.02	1.49 ± 0.07
メス	W	50.8 ± 1.09	18.5 ± 0.53	26.9 ± 0.55	2.18 ± 0.20
	L	50.7 ± 0.33	19.2 ± 0.02	26.4 ± 0.46	2.26 ± 0.10
	WA	49.5 ± 0.93	18.3 ± 0.77	26.1 ± 1.63	2.21 ± 0.32
	LA	49.8 ± 0.58	19.0 ± 0.11	25.5 ± 0.29	2.16 ± 0.12

※1 光の要因に有意差あり (p<0.01)

※2 光の要因に有意差あり (p<0.05)

※3 性の要因に有意差あり (p<0.005)

3-3 LED 混合波長とグルコース・分岐鎖アミノ酸の併用効果の検討

3-3-1 研究方法

(1) 供試鶏

ブロイラー専用種「チャンキー」720羽(雌雄各360羽)を試験に供した。

(2) 試験期間及び試験区分

試験は令和3年2月2日え付けのヒナを3月16日まで42日間育成した。試験は、表3-1に示したとおり、性に関して2条件、光に関して2条件、グルコース及び分岐鎖アミノ酸(ロイシン、イソロイシン)給与に関して2条件設定し、それぞれを組み合わせる4つの試験区を設定した。

表3-1 試験区分

要因	水準数	水準内容	
性	2	雌	雄
光	2	白熱電球 (W)	LED電球 (L)
グルコース及び分岐鎖アミノ酸	2	なし	あり※

※ 光の照射パターンは図3-1のとおり

※ グルコース380mg、ロイシン・イソロイシン各50mgを市販飼料10gに添加し、え付け時3日間に摂取できるように調整した。

光の要因は、通常の白熱電球を対照(W区)として、さらにLED単波長照射区(L区)を設けた。LED単波長照射区は、0~45日齢の育成期間を通してLED緑色光(波長:521nm)とLED青色光(波長:427nm)のを照射し、両区とも終日照射とした(図3-1)。え付け時の3日間にグルコース1羽当たり380mg、ロイシン・イソロイシンを1羽当たり各50mg、市販飼料10gに添加し給与し、白熱電球の区をWGA区、LEDを照射した区をLGA区とした。各試験区については、1区画30羽の3反復とした。



図3-1 試験中の様子(左:白熱電球(W)区、右:LED単波長照射(L)区)

(3) 試験方法

試験は床面給温の陰圧式ウインドウレス鶏舎にて実施した。え付け時に体重測定を行い、雌雄別に飼育した。1区画は30羽(26.6羽/坪)とし、3反復で実施した。

飼料は、0~21日齢は市販のブロイラー前期用(CP22%、ME3,060kcal/kg)、21日齢以降試験終了までは市販のブロイラー仕上用(CP18%、ME3,200kcal/kg)とした。飼料はすべて不断給与とし、自由飲水とした。給温および換気操作等の日常管理は当センターの慣行により実施した。

(4) 調査項目

調査項目は、育成成績(発育体重、飼料要求率、生産指数)、解体成績(正肉歩留、モモ肉歩留、ムネ肉歩留、腹腔内脂肪蓄積率)とした。発育体重については、え付け時、7、14、21、28、35、42 日齢時に全羽数を個体測定した。飼料要求率や生産指数の算出方法は、3-1-1(4)と同様とした。42 日齢時に各区平均体重に近い個体を5羽ずつ(120羽)と殺して、17時間冷蔵庫で冷却後解体し、と体重に占めるモモ肉、ムネ肉の比率をモモ肉歩留、ムネ肉歩留とした。さらに、と体重に占める正肉(モモ肉、ムネ肉、ささみの合計重量)の比率を正肉歩留とした。また、と体重に占める腹腔内脂肪の重量の比率を腹腔内脂肪蓄積率とした。

データの統計処理は繰り返しのある2元配置または3元配置の分散分析(ANOVA)により実施した。

また、株式会社キューサイ分析研究所(福岡県福岡市)に依頼し、WGA 区、L 区、LGA 区の雄のモモ肉を用い、W 区の雄のモモ肉と比較した味覚センサーにより、酸味、苦味雑味、渋味刺激、旨味、塩味、苦味、渋味、旨味コクの8項目について数値化した。さらに、収入(鶏肉の販売額)から支出(飼料費)を差し引いた収益をブロイラー1羽当たりの経済試算として算出し、比較した。鶏肉の販売額は、令和3年3月17日、日本経済新聞掲載の東京市場モモ肉及びムネ肉の加重平均価格を用い、食鳥業界の算出式により求めた。飼料費は、1羽当たりの飼料摂取量に、ブロイラー前期用及び仕上用の飼料単価(円/kg)を乗じた。

3-3-2 研究結果

42日齢の発育体重について、白熱電球(W)区とLED照射区(L)区を比較したところ、LED照射により有意に発育体重が優れる傾向が見られた($p<0.05$) (図3-2)。また、生産指数(0-42日齢)についてW区とL区を比較したところ、42日齢発育体重と同様の傾向が見られた(表3-3)。

続いて、同じLED照射下におけるグルコース・分岐鎖アミノ酸(ロイシン、イソロイシン)添加による違いを見るため、L区とLGA区を比較したところ、LEDと飼料の併用効果は認められなかった。

さらに、グルコース・分岐鎖アミノ酸添加時における光による違いを見るため、WGA区とLGA区を比較したが、LEDとグルコース・分岐鎖アミノ酸添加による併用効果は認められなかった。

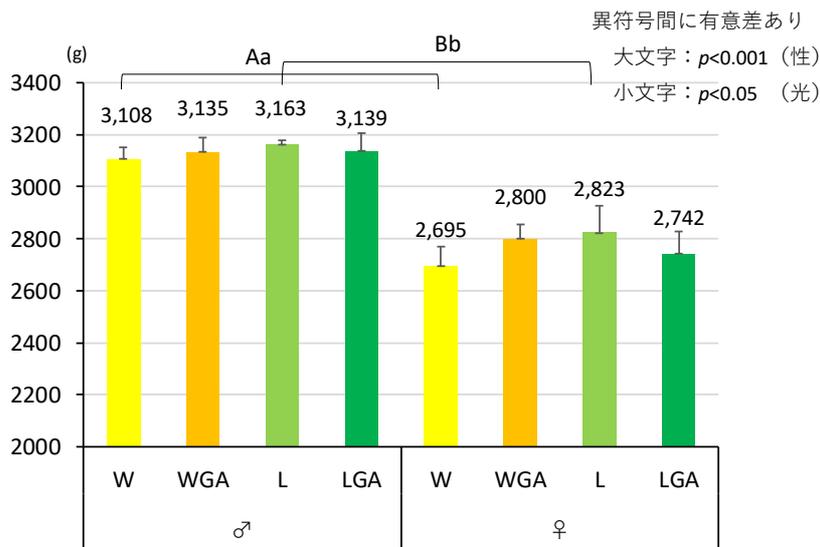


図3-2 発育体重 (45日齢)

(n=3、数値は平均値、バーは標準偏差を示す)

飼料要求率(0-42 日齢)では、性の要因にのみ有意差が認められた($p<0.001$) (表 3-2)。解体成績は、正肉歩留は性の要因にのみ有意差が認められた($p<0.05$)が、モモ肉歩留、ムネ肉歩留及び腹腔内脂肪蓄積率には有意差は認められなかった(表 3-3)。

表3-2 飼料要求率及び生産指数

(n=3、平均値±SD)

		飼料要求率 (0-45日齢) ^{※1}	生産指数 (0-45日齢) ^{※2}
オス	W	1.55 ± 0.04	479.1 ± 17.0
	L	1.58 ± 0.03	494.8 ± 1.5
	WGA	1.52 ± 0.01	473.7 ± 16.7
	LGA	1.54 ± 0.05	485.6 ± 9.5
メス	W	1.64 ± 0.02	392.0 ± 12.7
	L	1.65 ± 0.04	408.4 ± 23.1
	WGA	1.65 ± 0.03	404.0 ± 14.8
	LGA	1.66 ± 0.03	394.6 ± 13.8

※1 性の要因に有意差あり ($p<0.001$)

※2 性の要因に有意差あり ($p<0.005$)

表3-3 解体成績

(n=3、平均値±SD)

		正肉歩留(%) [※]	モモ肉歩留(%)	ムネ肉歩留(%)	腹腔内脂肪蓄積率(%)
オス	W	49.23 ± 1.29	18.37 ± 0.84	26.82 ± 1.61	1.85 ± 0.98
	L	49.44 ± 1.80	18.47 ± 0.94	26.77 ± 1.40	1.45 ± 0.39
	WGA	49.30 ± 1.20	18.08 ± 1.10	27.39 ± 2.26	1.49 ± 0.26
	LGA	48.90 ± 0.76	18.32 ± 0.83	26.62 ± 1.24	1.50 ± 0.40
メス	W	49.86 ± 0.91	18.26 ± 0.90	26.99 ± 1.29	2.23 ± 0.35
	L	49.96 ± 1.21	18.30 ± 0.64	27.27 ± 0.98	1.85 ± 0.36
	WGA	50.07 ± 0.79	18.52 ± 0.57	27.17 ± 1.20	1.97 ± 0.55
	LGA	49.45 ± 1.90	18.26 ± 1.17	26.77 ± 1.75	2.02 ± 0.43

※ 性の要因に有意差あり ($p<0.05$)

WGA 区、L 区、LGA 区の雄のモモ肉を用い、W 区の雄のモモ肉と比較した味分析を実施したところ、L 区では W 区と差は見られないが、グルコース・分岐鎖アミノ酸を添加した WGA 区、LGA 区では塩味・苦味雑味が見られた(図 3-3)。

ブロイラー1 羽当たりの経済試算を比較したところ、オスでは、W区と比較してそれ以外の区は全て収益が増えているものの、WGA 区及び LGA 区ではグルコース・分岐鎖アミノ酸の添加経費を上回ることができず、その結果L区が最も収益が高くなった。メスもオスと同様、L区で最も収益が高くなった(表3-4)。



図3-3 W区と比較した時の味分析の結果 (雄・モモ肉)

表3-4 ブロイラー1羽当たりの経済試算

(単位：円)

	オス				メス			
	収入 (販売額)	支出 (飼料費)	収益 (収入－支出)	Wとの差	収入 (販売額)	支出 (飼料費)	収益 (収入－支出)	Wとの差
W	484	297	187	－	419	273	146	－
L	492	298	194	+7	439	287	152	+6
WGA	488	316	172	-15	436	295	141	-5
LGA	488	309	179	-8	427	290	137	-9

※ 収入(販売額)は、食鳥業界の統一算式から算出した。

※ 飼料添加コスト(1羽・3日間当たり)は次のとおりとした。

グルコース：3.9円、ロイシン：2.1円、イソロイシン：3.9円 計 9.9円

3年間試験を実施した結果、LEDにおけるグルコースや分岐鎖アミノ酸の併用効果は認められなかった。しかし、白熱電球下におけるこれら初期栄養による発育性の向上効果は得られていることから、グルコースや分岐鎖アミノ酸の給与とLED照射の併用が生体(筋成長因子)に及ぼす影響の解明が必要と考えられる。また、農家段階では雌雄を同じ区画で飼養しており、雌雄別また育成段階別にLED電球を交換することは現実的に難しいことから、育成期間を通したLED緑色光LED青色光の混合色調照射による発育性の向上効果が認められたことは、今後普及していく上で有益なデータと考える。

4 まとめ

- LED照射と飼料栄養を併用した育成試験を実施した結果、育成期間を通したLED緑色光とLED青色光の混合色光照射による発育体重、生産指数の向上が見られるものの、グルコース及び分岐鎖アミノ酸の併用による効果は見られなかった。
- 味分析計による味覚分析の結果、光による違いは認められなかったが、グルコース及び分岐鎖アミノ酸の併用により、塩味や苦味雑味が高くなる傾向が認められた。
- ブロイラー1羽当たりの経済試算では、白熱電球照射区(W区)に対して、白熱電球照射にグルコース及び分岐鎖アミノ酸を飼料添加した区(WGA区)とLED単波長照射にグルコース及び分岐鎖アミノ酸を飼料添加した区(LGA区)は、収入(販売額)が増えているものの、グルコース及び分岐鎖アミノ酸の添加経費が上乘せとなるため、雌雄ともに最も収益が高いのはLED単波長照射区(L区)となった。

参考文献

Dishon H., Avital-Cohen N., Malamud D., Heiblum R., Druyan S., Porter T.E., Gumulka M. and Rozenboim I. : In-ovo monochromatic green light photostimulation enhances embryonic somatotrophic axis activity. Poult.Sci., Vol.96, 1884-1890, 2017

- 船井咲知、松下浩一、河野裕、木島一広、鈴木文晃、LED 単波長光照射が採卵鶏の産卵及び卵質に及ぼす影響、山梨畜試研報、第 61 号、1-20、2016
- 岩崎和也、伊川玲次、鷺尾雄一郎、小山博幸、堀川博、周維統、山本禎紀、高温下におけるブロイラーの飼料摂取量、直腸温、血漿中グルコース濃度、遊離脂肪酸濃度および熱死発生に及ぼすグルコース給与の影響、日本家禽学会誌、第 35 卷 4 号、249-254、1998
- Karakaya M., Parlat SS., Yilmaz MT., Yildirim I., Ozalp B. : Growth performance and quality properties of meat from broiler chickens reared under different monochromatic light sources. Br.Poult.Sci., Vol.50, 76-82, 2009
- 日本獣医生命科学大学、入卵 LED+Glucose Supplementation (未発表), 2018
- 小林那美香、石原希朋、松下浩一、LED 単波長の期別照射を利用したブロイラーの生産性、山梨畜酪セ研報、第 1 号、12-19、2019
- 小林那美香、石原希朋、松下浩一、菊島一人、清水景子、LED 単波長照射がブロイラーの生産性に及ぼす影響、山梨畜試研報、第 63 号、5-12、2018
- 小林那美香、松下浩一、丸山稔、菊島一人、ブロイラーの生産性を上げるためのステージ別 LED 照射方法、山梨畜酪セ研報、第 3 号、13-20、2020
- 松下浩一、船井咲知、福沢昭文、條々和実、初期栄養の改善による高品質ブロイラーの生産技術の開発—ふ化直後の給与飼料が生産性に及ぼす影響—、山梨畜試研報、第 58 号、43-55、2013
- Poul Thaxton J. and Parkhurst C.R., Growth, efficiency, and livability of newly hatched broilers as influenced by hydration and intake of source, Poult. Sci., Vol.55, 2275-2279, 1976
- Rozenboim I., Biran I., Y. Chaiseha, and S. Yahav The effect of green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. Poult. Sci., Vol.83, 842-845, 2004
- Xie D., Wang ZX., Dong YL., Cao J., Wang JF., Chen JL., Chen YX. : Effects of monochromatic light on immune response of broilers., Poult. Sci., Vol.87, 1535-1539, 2008
- 横田真良、大久保吾良、渡辺克男、発育初期における飼養管理技術の確立 2) 飲水投与物が育成成績に及ぼす影響、福島鶏試研報、第 23 号、44-49、1992