

Bulletin of the
Akita Prefectural Livestock Experiment Station

NO.33 March 2019

秋 田 県 畜 産 試 験 場 研 究 報 告

第 33 号
平成31年3月

Akita Prefectural Livestock Experiment Station
Daisen, Akita, Japan

秋田県畜産試験場
秋 田 県 大 仙 市

秋田県畜産試験場研究報告 第33号(平成31年3月)

目 次

1 和牛種雄牛産肉能力検定成績(現場後代検定法:2017年度)	高橋 利清	1~6
.....	藤田 歩	
	相馬 祐介	
	佐々木航弥	
	渡部 一弥	
	千田 惣浩	
2 除草剤散布体系の違いが飼料用トウモロコシの生育に与える影響	由利奈美江	7~11
.....	渡邊 潤	
3 飼料作物奨励品種選定試験 - イタリアンライグラス(平成29年度播種) -	由利奈美江	12~16
.....	渡邊 潤	
4 乳酸菌加熱菌体L-137が比内地鶏の発育および生産性に及ぼす影響	力丸 宗弘	17~26
.....	佐藤 悠紀	
	青谷 大希	
	廣瀬 義隆	
	中井 寛子	
	長谷 浩伸	
5 飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響	力丸 宗弘	27~41
.....	青谷 大希	
	佐藤 悠紀	
6 秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧		42

和牛種雄牛産肉能力検定成績（現場後代検定法：2017 年度）

高橋利清・藤田歩^{*}・相馬祐介・佐々木航弥・渡部一弥・千田惣浩^{**}^{*} 現：秋田県雄勝地域振興局，^{**} 現：秋田県中央家畜保健衛生所

要 約

県有種雄牛について、候補種雄牛の産肉能力を調査するために、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する現場後代検定法に基づいて、後代検定を実施した。

(1) 松糸華（血統：松昭秀×糸福（鹿）×平茂勝）

（枝肉データ：25 頭平均）枝肉重量：488.3 kg，ロース芯面積：59.2 cm²，

バラ厚：8.8 cm，皮下脂肪厚：3.5 cm，歩留基準値：73.8，BMS No.：7.7

(2) 義平清（血統：義平福×糸福（鹿）×平茂勝）

（枝肉データ：19 頭平均）枝肉重量：498.7 kg，ロース芯面積：64.8 cm²，

バラ厚：8.4 cm，皮下脂肪厚：2.6 cm，歩留基準値：74.9，BMS No.：8.1

(3) 義百合 165（血統：義平福×百合茂×安福 165 の 9）

（枝肉データ：15 頭平均）枝肉重量：509.1 kg，ロース芯面積：61.9 cm²，

バラ厚：7.9 cm，皮下脂肪厚：2.2 cm，歩留基準値：74.4，BMS No.：7.4

緒 言

県内における黒毛和種の改良推進のため、早期に種雄牛の能力を把握することは非常に重要である。そこで、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する産肉能力検定（直接検定法）で選抜された候補種雄牛について、後代検定を実施した。

において、一日当たり平均増体量、飼料利用性および体型等により選抜された黒毛和種の雄牛を用いた（表 1）。

2 検定調査牛

当场および県内の繁殖農家等が飼育管理している雌牛に、検定種雄牛の凍結精液を用いて調整交配を行い、その産子を検定調査牛とした。

材料と方法

1 検定種雄牛

検定種雄牛は、産肉能力検定（直接検定法）に

表 1 後代検定候補種雄牛一覧

名号	登録番号	生年月日	血統			直接検定成績	
			父	母の父	母の母の父	1日当たり 平均増体量	体格 得点
松糸華	黒原5654	平成23年2月5日	松昭秀	糸福(鹿児島)	平茂勝	1.27	82.8
義平清	黒原5653	平成23年6月21日	義平福	糸福(鹿児島)	平茂勝	1.20	82.4
義百合165	黒14917	平成23年7月7日	義平福	百合茂	安福165の9	1.47	82.2

3 検定方法

産肉能力検定（現場検定法，2013）に基づき，次のとおり実施した．

- 1) 肥育開始月齢：13 ヶ月齢未満
- 2) 肥育終了月齢：去勢牛 29 ヶ月齢未満
雌 牛 32 ヶ月齢未満
- 3) 検定頭数：1 検定種雄牛当たり 15 頭以上
- 4) 検定農場および飼養管理：当场および県内の肥育農場を検定農場とし，各検定農場の肥育方法で飼養管理を行った（表 2）．

4 検定調査項目

公益社団法人日本食肉格付協会が枝肉取引規格に基づいて実施した，枝肉格付明細書の成績を調査項目とした．

結 果

1 検定成績

1) 松糸華

松糸華の後代検定は，去勢 13 頭，雌 12 頭の計 25 頭で終了し，平均枝肉重量が 488.3 kg，ロース芯面積が 59.2 cm²，バラの厚さが 8.8

cm，皮下脂肪の厚さが 3.5 cm，歩留基準値が 73.8，BMSNo. が 7.7 であった．全頭平均および性別ごとの平均枝肉成績を表 3 に示した．また，検定材料牛個体ごとの枝肉成績は，表 4 に示した．

2) 義平清

義平清の後代検定は，去勢 8 頭，雌 11 頭の計 19 頭で終了し，平均枝肉重量が 498.7 kg，ロース芯面積が 64.8 cm²，バラの厚さが 8.4 cm，皮下脂肪の厚さが 2.6 cm，歩留基準値が 74.9，BMSNo. が 8.1 であった．全平均および性別ごとの平均枝肉成績を表 3 に示した．また，検定材料牛個体ごとの枝肉成績は，表 5 に示した．

3) 義百合 165

義百合 165 の後代検定は，去勢 9 頭，雌 6 頭の計 15 頭で終了し，平均枝肉重量が 509.1 kg，ロース芯面積が 61.9 cm²，バラの厚さが 7.9 cm，皮下脂肪の厚さが 2.2 cm，歩留基準値が 74.4，BMSNo. が 7.4 であった．全平均および性別ごとの平均枝肉成績を表 3 に示した．また，検定材料牛個体ごとの枝肉成績は，表 6 に示した．

表 2 種雄牛別の検定頭数および検定農場数

名号	検定頭数			農場数
	去勢	雌	合計	
松糸華	13	12	25	11
義平清	8	11	19	7
義百合165	9	6	15	9

2 選抜結果

現場後代検定法における成績およびアニマルモデル BLUP 法による育種価評価等を基に，松糸華，義平清，義百合 165 ともに選抜された．

表 3 検定終了牛の平均枝肉成績

名号	現場後代検定枝肉成績						
	性別	枝肉重量(kg)	ロース芯面積(cm ²)	バラ厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値	BMSNo.
松糸華	去勢	506.4	58.5	8.9	3.0	73.8	7.7
	雌	468.6	59.9	8.8	3.9	73.7	7.8
	全体	488.3	59.2	8.8	3.5	73.8	7.7
義平清	去勢	521.1	62.5	8.5	2.2	74.7	7.3
	雌	482.4	66.5	8.4	2.9	75.0	8.6
	全体	498.7	64.8	8.4	2.6	74.9	8.1
義百合165	去勢	543.5	63.2	8.5	2.4	74.3	7.8
	雌	457.4	60.0	7.1	1.9	74.6	6.8
	全体	509.1	61.9	7.9	2.2	74.4	7.4

表 4 「松糸華」現場後代検定の枝肉成績

番号	性別	血統		肥育地	と番月齢	格付	枝肉重量 (kg)	左半丸 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり	きめ
		母の父	母の母の父													
1	去勢	勝忠平	安福165の9	湯沢市	28.6	A-4	469.5	232.0	52	9.4	3.1	72.3	7	4	5	4
2	去勢	平茂勝	高栄	秋田市	24.3	A-4	436.5	218.5	54	7.5	2.7	73.6	6	4	4	4
3	去勢	百合茂	安福	秋田市	28.0	A-5	469.0	233.0	65	7.8	2.2	75.3	11	3	5	5
4	去勢	糸福(鹿児島)	紋次郎	湯沢市	27.9	A-4	512.0	257.0	50	9.4	3.9	72.3	6	3	4	4
5	去勢	第1花国	平茂勝	秋田市	27.3	A-5	566.0	285.0	60	9.2	3.8	72.8	10	3	5	5
6	去勢	義安福	糸光	美郷町	28.9	A-4	468.5	233.5	59	9.0	2.1	75.4	7	4	4	5
7	去勢	平茂勝	北国7の8	由利本荘市	28.8	A-3	531.0	264.5	59	9.9	4.0	73.5	4	4	3	3
8	去勢	平茂勝	福桜	羽後町	28.7	A-4	594.5	296.0	59	9.2	4.1	72.2	6	4	4	4
9	去勢	平茂晴	平茂勝	羽後町	28.8	A-4	551.5	276.5	52	8.8	3.3	72.2	6	4	4	4
10	去勢	義安福	平茂勝	秋田市	27.0	A-5	602.0	299.0	70	9.0	2.3	75.0	12	3	5	5
11	去勢	平茂晴	平茂勝	大仙市	27.8	A-5	487.5	243.5	77	8.8	3.1	76.4	9	3	5	5
12	去勢	安茂勝	北国7の8	秋田市	27.3	A-5	466.0	232.0	48	8.7	2.5	73.4	9	4	5	5
13	去勢	義安福	第1花国	湯沢市	24.2	A-4	429.5	215.0	55	8.6	2.2	75.0	7	4	5	4
14	雌	平茂勝	金幸	由利本荘市	26.5	A-5	467.5	232.5	67	8.7	3.4	75.1	10	3	5	5
15	雌	義平福	茂重安福(岐阜)	大仙市	31.4	A-5	465.5	233.5	64	8.3	2.7	75.0	8	3	5	5
16	雌	義安福	第1花国	大仙市	31.3	A-5	527.0	268.0	67	10.2	3.8	74.8	11	3	5	5
17	雌	義安福	糸勝	大仙市	29.7	A-4	435.0	217.5	56	7.8	3.9	73.0	7	4	5	5
18	雌	茂重安福(岐阜)	安平	大仙市	30.9	A-5	520.0	261.0	80	9.3	4.3	75.6	11	3	5	5
19	雌	百合茂	義安福	美郷町	30.1	A-4	436.5	218.0	62	8.2	3.3	74.5	7	4	4	4
20	雌	百合茂	第1花国	横手市	29.8	A-4	410.5	205.0	57	7.7	4.2	73.1	7	4	4	5
21	雌	平茂勝	北国7の8	横手市	29.6	B-4	482.5	237.5	50	9.0	4.8	71.7	7	4	5	5
22	雌	糸福(鹿児島)	平茂勝	由利本荘市	28.1	B-4	480.5	239.0	43	9.5	5.3	70.6	6	4	4	4
23	雌	福栄	北国7の8	仙北市	27.5	A-3	425.0	212.0	50	8.5	3.5	73.2	4	4	3	3
24	雌	第2平茂勝	北国7の8	由利本荘市	29.1	B-4	452.0	223.0	53	8.3	5.0	71.8	6	4	4	4
25	雌	安糸福	第2平茂勝	羽後町	30.8	A-5	521.0	265.0	70	10.4	2.8	76.3	9	3	5	5

BMSNo.:Beef Marbling Standard No.、BCSNo.:Beef Color Standard No.、BFSNo.:Beef Fat Standard No.

表 5 「義平清」現場後代検定の枝肉成績

番号	性別	血統		肥育地	と番月齢	格付	枝肉重量 (kg)	左半丸 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり	きめ	BFS No.
		母の父	母の母の父														
1	去勢	北仁	安平照	大仙市	28.0	A-4	475.5	238.0	68	9.4	1.9	76.9	6	4	4	4	3
2	去勢	平茂勝	菊谷	由利本荘市	29.4	A-4	487.0	243.0	58	8.4	2.6	74.2	7	4	4	4	3
3	去勢	茂重安福(岐阜)	福之国	大仙市	27.3	A-4	489.5	248.0	58	7.5	1.6	74.3	7	4	4	4	3
4	去勢	安平	糸弘2	大仙市	28.4	A-3	569.5	282.5	67	7.9	1.6	74.9	5	4	3	4	3
5	去勢	北国7の8	安福165の9	横手市	28.8	A-5	502.0	251.0	64	9.0	2.3	75.4	11	4	5	5	3
6	去勢	美津神	義安福	大仙市	28.8	A-4	546.5	270.0	67	8.6	3.0	74.4	5	4	4	4	3
7	去勢	糸福(鹿児島)	平茂勝	湯沢市	29.3	A-5	591.5	294.0	62	9.3	2.5	74.1	9	3	5	5	3
8	去勢	平茂勝	宮桜	仙北市	28.4	A-5	507.0	252.5	56	8.0	2.4	73.6	8	3	5	5	3
9	雌	北平安	百合茂	大仙市	27.2	A-5	451.5	224.0	73	8.6	2.8	76.5	9	4	5	5	3
10	雌	安平	隆桜	大仙市	31.8	A-4	485.0	244.0	65	9.1	2.2	75.9	7	3	4	5	3
11	雌	北乃大福	平茂勝	仙北市	27.4	A-5	472.0	235.5	64	8.4	2.3	75.4	8	3	5	5	3
12	雌	第1花国	第5夏藤	仙北市	27.2	A-5	595.5	299.5	80	11.0	4.3	75.8	10	3	5	5	3
13	雌	義安福	茂勝	大仙市	28.8	A-5	383.5	195.0	64	7.5	2.6	75.5	9	3	5	5	2
14	雌	美津福	第1花国	仙北市	26.5	A-5	495.5	247.0	69	8.0	3.2	74.7	10	3	5	5	3
15	雌	平茂勝	北国7の8	由利本荘市	28.9	B-5	559.0	278.0	56	8.5	4.0	71.8	11	3	5	5	3
16	雌	安福久	金幸	由利本荘市	28.8	A-5	514.5	255.5	76	8.0	3.2	75.4	9	4	5	5	3
17	雌	安重福	平茂勝	由利本荘市	28.1	A-5	461.5	228.5	63	7.6	1.8	75.4	9	3	5	5	2
18	雌	百合茂	紋次郎	由利本荘市	27.9	A-5	452.5	225.0	66	8.4	3.5	74.8	8	3	5	5	3
19	雌	第20平茂	北国7の3	秋田市	28.7	A-3	435.5	218.0	55	7.2	2.2	74.0	5	4	4	3	3

BMSNo.:Beef Marbling Standard No.、BCSNo.:Beef Color Standard No.、BFSNo.:Beef Fat Standard No.

表 6 「義百合165」現場後代検定の枝肉成績

番号	性別	血統		肥育地	と畜月齢	格付	枝肉重量 (kg)	左半丸 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり	きめ	BFS No.
		母の父	母の母の父														
1	去勢	勝忠平	糸福(鹿児島)	秋田市	28.0	A-5	500.5	250.5	54	7.7	2.3	73.3	10	3	5	5	2
2	去勢	義安福	安平	大仙市	24.1	A-4	468.0	231.0	58	7.2	2.0	74.2	7	3	5	5	2
3	去勢	茂重安福(岐阜)	福桜	大仙市	28.7	A-4	558.5	278.5	65	8.6	2.1	74.8	6	4	4	4	3
4	去勢	紋次郎	寿高	由利本荘市	28.8	B-4	565.5	284.0	55	8.1	3.5	71.7	6	4	4	4	3
5	去勢	北景茂	藤桜	仙北市	27.9	A-4	557.5	278.5	68	8.0	2.8	74.1	5	4	4	4	3
6	去勢	平茂勝	宮桜	横手市	27.6	A-4	564.0	283.0	59	9.2	2.0	74.4	6	4	4	4	3
7	去勢	第1花国	安平	大仙市	29.7	A-5	578.5	290.0	77	10.3	2.6	76.7	11	3	5	5	3
8	去勢	安平幸	平茂勝	横手市	29.3	A-4	533.0	268.0	69	7.9	2.1	75.1	8	4	5	5	3
9	去勢	平茂勝	紋次郎	仙北市	28.9	A-5	566.0	284.5	64	9.1	2.2	74.7	11	3	5	5	3
10	雌	安福165の9	紋次郎	由利本荘市	29.6	A-4	403.0	199.5	60	5.8	1.8	74.5	7	4	4	4	3
11	雌	平茂勝	糸光	由利本荘市	28.9	A-4	447.5	224.5	53	7.3	1.6	74.1	6	4	4	5	2
12	雌	平茂勝	美津福	秋田市	29.2	A-4	419.0	208.0	49	6.5	1.8	73.3	7	4	4	5	3
13	雌	福之国	安平	大仙市	28.8	A-4	583.0	290.5	67	8.3	2.4	74.3	7	4	4	4	3
14	雌	徳茂勝	北国7の8	美郷町	29.3	A-4	414.0	206.0	51	7.3	1.8	74.2	5	4	4	4	3
15	雌	福栄	北国7の8	羽後町	28.2	A-5	478.0	236.5	80	7.6	2.1	77.1	9	4	5	5	3

BMSNo.:Beef Marbling Standard No.、BCSNo.:Beef Color Standard No.、BFSNo.:Beef Fat Standard No.

謝 辞

現場後代検定に御協力いただいた、繁殖農家、肥育農場および関係団体等の皆様に感謝いたします。

引用文献

公益社団法人全国和牛登録協会．2013. 和牛登録事務必携（平成 25 年度版）．70-72, 179-181.

除草剤散布体系の違いが飼料用トウモロコシの生育に与える影響

由利奈美江・渡邊潤*

* 現：秋田県立大学

要 約

土壌処理剤散布作業の省力化と、茎葉処理剤散布以降に発生する雑草の生育を抑制するために、土壌処理剤と茎葉処理剤を混用し、雑草茎葉処理の際に同時処理することで、飼料用トウモロコシの生育および雑草の発生に及ぼす影響を調査した。

最終的な収量に差はなかったが、慣行区に比べて初期成育で草丈および SPAD 値が試験区で有意に低くなった。試験区でそれらが低くなった要因は初期の雑草による土壌養分の収奪であると考えられるため、生育後期よりも被害が大きく出やすい生育初期の低温や極端な高温等の天候不順が起きた際の被害を抑えるため、播種直後の土壌処理剤散布による初期生育の確保が重要である。

緒 言

飼料用トウモロコシ栽培において、雑草との競合は土壌養分、光、水分の奪い合いになるため、生産量に影響を与え、収量を大きく低下させることが知られている（戸澤 1981）。その低下の程度は雑草の種類によって異なるが、飼料用トウモロコシほ場で発生の多いイチビでは、最大 20% 以上にも達するとされている（佐原 1992）。そのため秋田県でも防除基準を策定し、適切な雑草防除を推奨しているところである（秋田県 2019）。一般的に飼料用トウモロコシの雑草防除体系は播種直後に土壌処理剤を 1 回散布し、その後、飼料用トウモロコシ 2～5 葉期程度に雑草が生えそろったところで茎葉処理剤を散布する（佐藤 2018）。

しかし、飼料用トウモロコシの播種時期となる 5 月上旬から中旬は、秋田県では食用米の移植時期と重なっており、作業時期の分散を図るための省力化と栽培方法の改良が求められている。また、飼料用トウモロコシは幼穂形成期以降、雑草に比べて飼料用トウモロコシの生育が旺盛になり、雑草にとってトウモロコシの葉が被陰になる

ため、この段階まで雑草を抑えることができれば、以降の発生雑草はあまり問題視されない。しかしながら、茎葉処理直後に発生する雑草に対しては、トウモロコシの草丈が高くトラクターの侵入が困難なため、防除することができない。

そこで、土壌処理剤散布作業の省力化と、茎葉処理剤散布直後に発生する雑草の生育を抑制するため、土壌処理剤と茎葉処理剤を混用し、雑草茎葉処理の際に同時処理することで、飼料用トウモロコシの生育および雑草の発生にどのような影響があるかを調査した。

材料と方法

1 試験ほ場

秋田県畜産試験場内（大仙市）の飼料用トウモロコシ栽培ほ場 1.9 ha × 2 区画とした。

2 供試品種

P2088（パイオニア RM118）を平成 30 年 5 月 8 日に播種した。

3 試験設計

- 1) 慣行区：土壤処理剤として播種直後にアトラジン水和剤 150 ml/10 a 散布し茎葉処理剤はトルピラレート水和剤を 50 ml/10 a 散布（6月18日）した。
- 2) 試験区：播種直後の土壤処理剤散布は行わず、慣行区の茎葉処理と同時期にアトラジン水和剤 150 ml/10 a とトルピラレート水和剤 50 ml/10 a を混用散布（6月18日）した。

4 調査項目

- 1) 雑草の調査：土壤処理剤散布後40日目と、茎葉処理剤散布後20日目を基準として草丈を調査した。土壤処理剤散布後の調査時には、無作為に抽出した1㎡内の雑草をすべて採取し、生草重量を測定した。
- 2) 飼料用トウモロコシの調査：播種後40日目と、茎葉処理剤散布後約20日目に草丈およびSPAD値を調査した。なお、SPAD値は上位第2葉の中心部を、葉緑素計（SPAD502, コニカミノルタ）により測定した。また収量調査（黄熟初期、9月4日）として、稈長、

着穂高、茎径、全重、雌穂重、雌穂水分、風乾物雌穂重を測定した。

5 統計処理

飼料用トウモロコシの調査データについて、t検定により検定を行った。

結 果

1 雑草生育状況

土壤処理剤散布後約40日目の結果を図1および図2に示した。

主な発生雑草はイチビ、シロザ、ツユクサ、イヌホオズキ、イネ科雑草、ナズナで、それぞれの草丈はツユクサ以外では試験区の方が高く、生育も旺盛であった（図1）。

採取した雑草の生草重量はイチビ、シロザ、ナズナ、イヌホオズキ、アブラナ科雑草で試験区の方が多かった（図2）。特にナズナは慣行区では発生が確認できなかったのに対して、試験区では多く発生が認められた。ツユクサとイネ科に関しては慣行区の方が多く、土壤処理剤の効果が低かった。

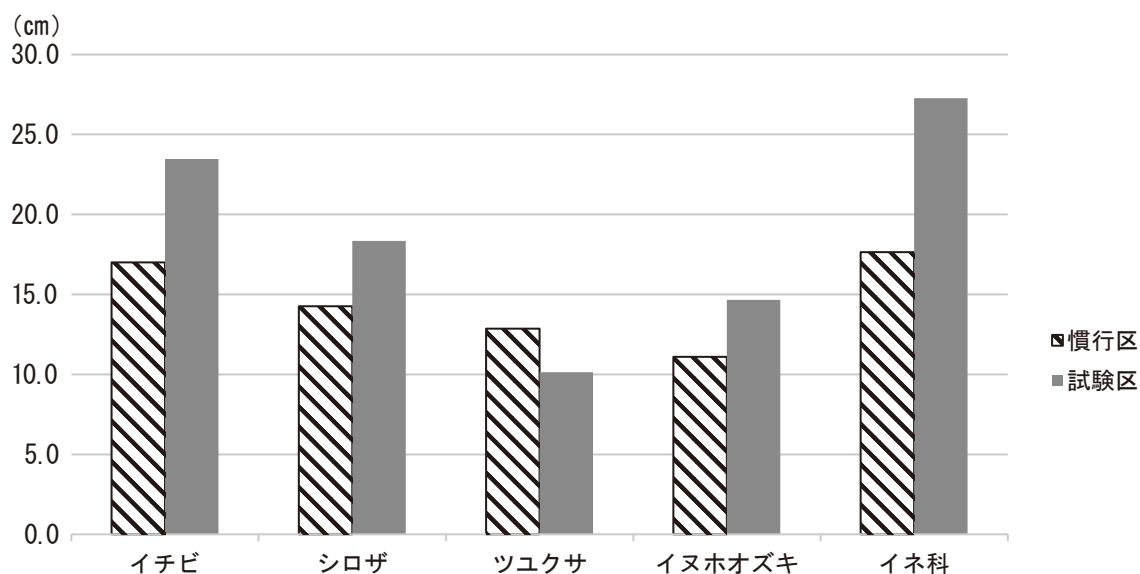


図1 雑草の草丈（土壤処理後40日目）

茎葉処理剤散布後約 20 日目の雑草発生状況を図 3 に示した。

茎葉処理剤散布後の調査ではイチビ、シロザ、イヌホオズキは試験区および慣行区ともに発生がきわめて少なく、特にイチビは調査箇所での枯死率が 90% 以上であった。しかし、イネ科雑草は

慣行区ではかなり抑えられていたものの、試験区では残存していた。ツユクサに関しては慣行区で発生が多かったが、試験区でも多く発生が確認できたため、茎葉処理剤の効果も低いことを確認した。

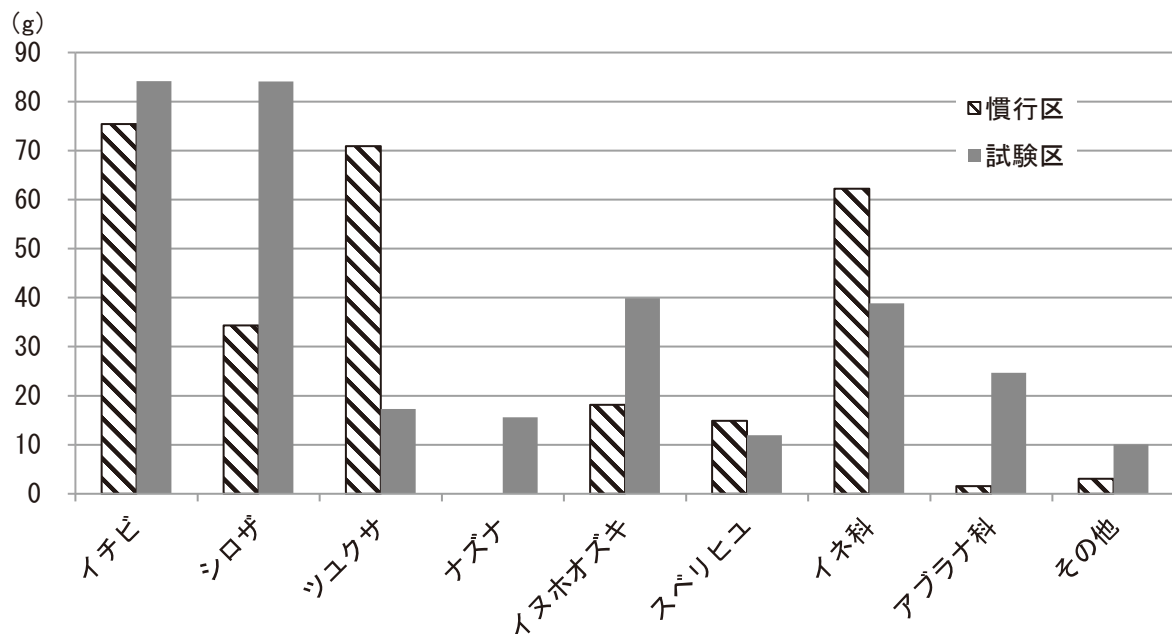


図 2 採取した雑草の生草収量（土壌処理後40日目）

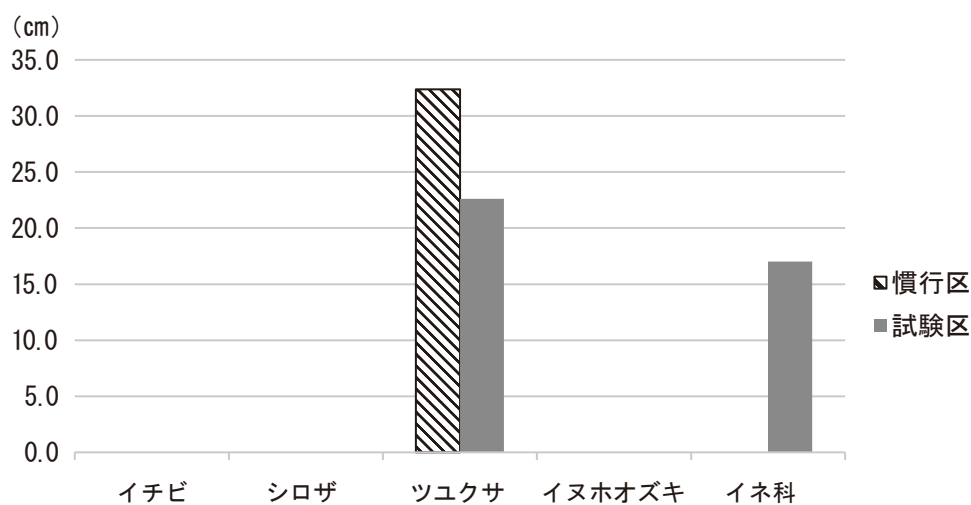


図 3 雑草の草丈（茎葉処理後20日目）

2 飼料用トウモロコシの生育状況

播種後 40 日目の草丈と葉齢に差は認められなかった。しかしながら、SPAD 値は慣行区が優位に高く、目視でもはっきりと色の違いが確認でき、慣行区で濃く、試験区で淡い緑色であった（表 1）。

茎葉処理剤散布後約 20 日目の調査では草丈は慣行区が有意に高くなり、SPAD 値では有意差は認められなかったものの、慣行区の方が高い傾向にあった（表 2）。

3 飼料用トウモロコシの収量

飼料用トウモロコシの収量調査結果を表 3 に示した。

稈長と着穂高は慣行区で優位に高かったが、茎径に差はなかった。

生総重量は慣行区の方が高い傾向にあったが有意差は認められず、生雌穂重、雌穂水分、風乾物雌穂重にも差はなかった。

表 1 飼料用トウモロコシ生育の状況（播種後40日目）

	草丈 (cm)	葉齢	SPAD
慣行区	58.8 ± 2.9	7.2 ± 0.1	38.4 ± 2.2a
試験区	56.3 ± 2.7	7.2 ± 0.1	29.7 ± 1.3b

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

平均値 ± 標準偏差 (n=3)

表 2 飼料用トウモロコシ生育の状況
(茎葉処理剤散布後20日目)

	草丈 (cm)	SPAD
慣行区	150.9 ± 7.8a	41.6 ± 2.9
試験区	116.7 ± 0.9b	37.9 ± 1.4

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

平均値 ± 標準偏差 (n=3)

表 3 飼料用トウモロコシの収量

	稈長 (cm)	着穂高 (cm)	茎径 (mm)	生総重量 (kg/10a)	生雌穂重 (kg/10a)	雌穂水分 (%)	風乾物雌穂重 (kg/10a)
慣行区	261.3 ± 7.6a	102.8 ± 2.3a	14.6 ± 1.0	4799.7 ± 823.4	1564.6 ± 298.6	46.3 ± 2.2	844.2 ± 199.7
試験区	234.6 ± 10.5b	85.5 ± 9.6b	14.3 ± 0.3	4356.6 ± 250.1	1552.8 ± 88.2	43.9 ± 0.3	858.2 ± 53.4

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

平均値 ± 標準偏差 (n=3)

考 察

試験区と慣行区の間に収量の差がなかったことから、土壌処理を行わず、土壌処理剤と茎葉処理剤を混用した一回処理でも、慣行の雑草防除体系と同等の収量を確保可能であると示唆された。しかし、試験区において、草丈は有意に低く、生総重量は低い傾向にあったことから、ホールクロップサイレージ生産においては減収となる可能性がある。また、生育初期には草丈や SPAD 値に有意差が認められたため、生育初期に低温や極端な高温等の天候不順が起きた場合、慣行の体系よりも影響が大きく出る恐れがある。

雑草の発生状況からシロザ、ナズナ、イヌホオズキについては土壌処理剤（アトラジン水和剤）の効果が明らかに認められたが、イチビやイネ科雑草については効果が低いと考えられた。ナズナに対しての土壌処理剤の効果が特に高く、目視でははっきりわかるほどであった。イチビやイヌホオズキについては茎葉処理剤（トルピラレート水和剤）の効果が高く、特にイチビはほぼ枯死していた。トルピラレート剤は幅広い雑草に効果が高いため、土壌処理剤散布時の効果が低かった場合や、土壌処理剤散布ができなかったほ場については非常に有効な薬剤である。

ツユクサは土壌処理、茎葉処理ともに効果が低く、防除が困難であった。ツユクサは出芽深度が低いいため、土壌処理剤の効果が低いといわれており（森田と浅井 2014）、ツユクサの発生が多いほ場では除草剤と中耕・培土の組み合わせで防除効果を高めることができると考えられる。

また、大豆においてフルチアセットメチル乳剤の茎葉散布がツユクサ科の雑草に効果があるとの

報告があるが、ツユクサが低葉齢時での散布が効果的であり、葉齢が進むと効果が落ちるため（川名ら 2018）、ツユクサ以外の雑草の生育動向も合わせて散布時期を検討し、適期に散布する必要がある。

今回は、土壌処理剤としてアトラジン水和剤、茎葉処理剤としてトルピラレート剤を用いたが、ほ場によって発生頻度の高い雑草種が異なることから、それに合わせた混用パターンについて知見を積み重ねる必要がある。

飼料用トウモロコシの生育初期の草丈や SPAD 値の差は雑草による土壌養分の収奪が原因であると考えられるため、初期生育を確実に、かつ、十分に確保するためには土壌処理剤の散布が有効であることが改めて示唆された。

引用文献

- 秋田県. 2019. 秋田県農作物病害虫・雑草防除基準. P348-349. 秋田県植物防除協会. 秋田県.
- 川名義明, 澁谷知子, 橘雅明, 山口晃. 2018. 大豆用新規茎葉処理除草剤 フルチアセットメチル乳剤の雑草種別効果と初期葉害. P2.
- 森田弘彦, 浅井元朗. 2014. 原色 雑草診断・防除辞典. 第1版. P 畑 151-152. 農山漁村文化協会. 東京都.
- 佐原重行. 1992. トウモロコシ強害雑草・イチビの生態と防除. 牧草と園芸. 4 (3). P9-12.
- 佐藤尚親. 2018. 飼料用とうもろこしの安定栽培方法. 牧草と園芸. 66 (1). P20-22.
- 戸澤英男. 1981. トウモロコシの栽培技術. P138-143. 第1版. 農山漁村文化協会. 東京都.

飼料作物奨励品種選定試験

—イタリアンライグラス（平成29年度播種）—

由利 奈美江・渡邊 潤*

*現：秋田県立大学

要 約

本県の環境に適応した能力の高いイタリアンライグラス品種を秋田県飼料作物奨励品種として選定するため、「ワセアオバ」「クワトロ―TK5」「マンモスB」の3品種について、生育・収量特性を調査し、本試験に供試した品種全てで秋播きにより収量が確保できることが確認された。また、早生品種の「ワセアオバ」と「クワトロ―TK5」は5月上旬には収穫可能であった。

緒 言

イタリアンライグラスは、発芽・初期生育が早く、短期間で多収が得られるだけでなく、栽培しやすく品質も良好な草種であり（小楨 2003）、放牧地の春季草地更新時にイタリアンライグラスをオーチャードグラスと併用播種することにより、更新当年からの放牧が可能であるとする報告がある（飯村ら 2016）。

また、秋田県の一部の地域ではオーチャードグラス播種後、利用1年目の低収量を補うことを目的として混播している事例がある。

以上のように有用な草種であるイタリアンライグラスであるが、雪腐病に罹患しやすく耐雪性が低いという性質がある（土屋 1965）。そのため、降雪地域であり、根雪期間の長い秋田県はイタリアンライグラス栽培には適しておらず、本県の飼料作物奨励品種としては春播き栽培での登録のみである。

しかし、近年温暖化の影響もあり東北地域での根雪期間が短くなり、イタリアンライグラスの秋播き栽培に適した気候へと変化してきていると考えられている（野口ら 2010）ことや、東北地域での利用拡大を目的として、耐雪性が高く早生タイプの新品種が育成されてきている（久保田ら

2017）状況にあることから、今後、イタリアンライグラスの栽培が秋田県における飼料自給率の向上に寄与することが期待される。

そこで、秋田県における秋播きイタリアンライグラスの生育特性を確認するため、本県沿岸部での栽培試験を行った。

なお、イタリアンライグラス新品種の「クワトロ―TK5」については国立研究開発法人農研機構東北農業研究センターからの委託試験「クワトロ―TK5の系統適応性・特性検定試験および現地実証試験」として実施した。

材料と方法

1 試験ほ場概要

試験ほ場は、男鹿市北浦の農家所有の水田転作地を使用した。1区画当たり2 m×4 mの8 m²とし、各品種4反復の乱塊法で設置した。

2 供試品種および播種量

供試品種は①「クワトロ―TK5」、②「ワセアオバ」、③「マンモスB」の3品種とし、播種量は2倍体品種である「ワセアオバ」が250 g/a、4倍体品種である「クワトロ―TK5」および「マンモスB」を400 g/aとした。播種は平成29年9月28日

に散播で行った。

3 施肥量

施肥量は基肥として窒素 8 kg/10 a, リン酸 8 kg/10 a, カリウム 8 kg/10 aを全面散布で9月22日に散布した。また、同日に苦土石灰15 kg/10 aを散布した。

追肥は4月6日に窒素 8 kg/10 a, リン酸 8 kg/10 a, カリウム 8 kg/10 aと、1番草収穫後の5月30日に窒素 6 kg/10 a, リン酸 3 kg/10 a, カリウム 6 kg/10 aを全面散布した。

4 調査項目

播種1か月後に定着時草勢を調査し、以降は刈取り日（1番草：平成30年5月8日、2番草：平成30年7月3日）に生育および収量特性を調査した。調査項目は、草丈、生収量、乾物収量、倒伏程度、出穂程度とした。

5 統計処理

得られたデータは二元配置分散分析によって有意差の検定を行い、品種間の検定にはTukeyの方法を用いた。

結果と考察

1 栽培期間中の気象の特徴

平成29年10月から平成30年7月の気象状況について近隣の気象庁のデータを参考に、旬別の平均気温、日照時間および降水量を図1から3に示した。

1) 気温

平均気温は、播種後はほぼ平年並みかやや低く推移し、11月上旬は平年差 2.6℃とかなり高かったが、11月中旬から12月下旬は平年より低めに推移した。根雪が消失し始める3月上旬から下旬は高めに推移した。4月上旬から1番草収穫期に当たる5月上旬は平年よりやや高く推移した。6月中旬は気圧の谷や、オホーツク海高気圧からの冷たい空気の影響で気温はかなり低くなったが、6月下旬から2番草収穫期に当たる7月上旬までは高めに推移した。

2) 日照時間（日射量）

播種後の10月上旬から12月中旬ごろまで前線や低気圧の影響で、曇りや雨の日が多かったため、日照時間は平年より短くなった。根雪が消失し始める3月上旬は平年より短くなったが、中旬から下旬は平年並みか平年より長かった。4月上旬か

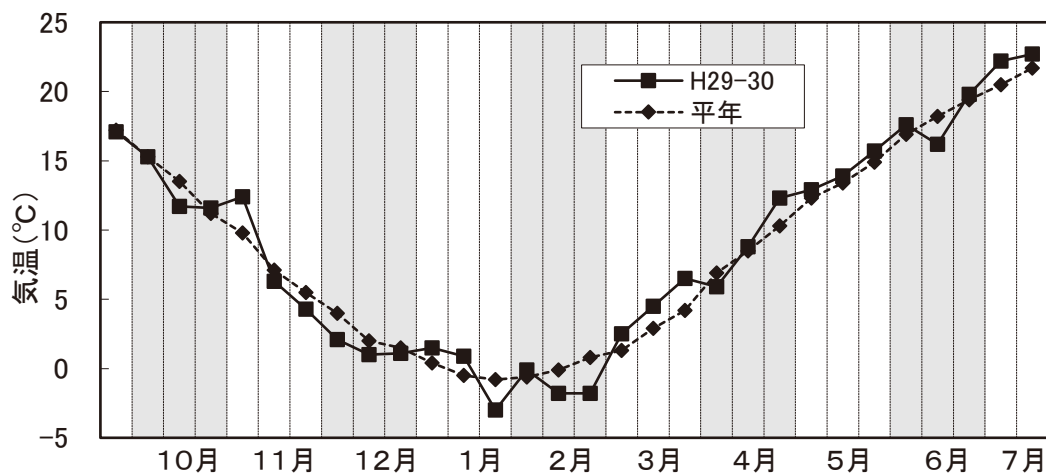


図1 旬別平均気温（男鹿）

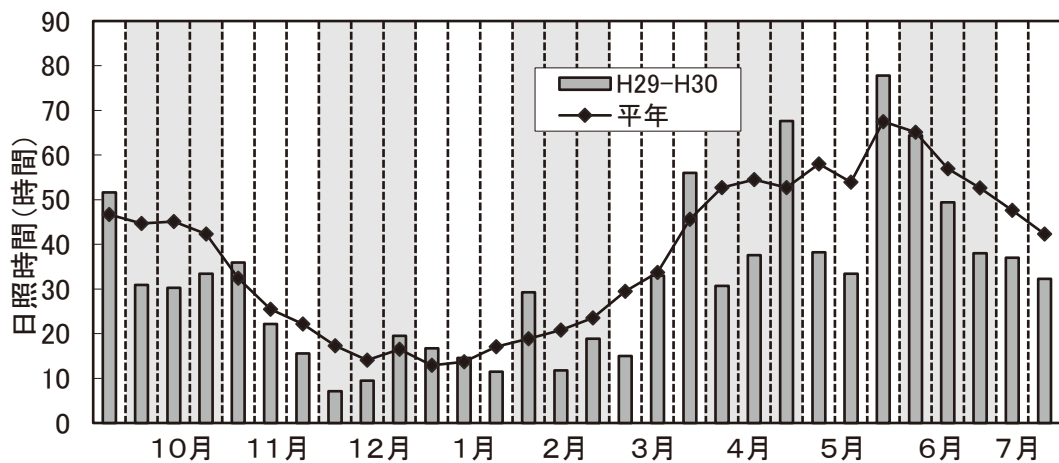


図2 旬別日照時間 (男鹿)

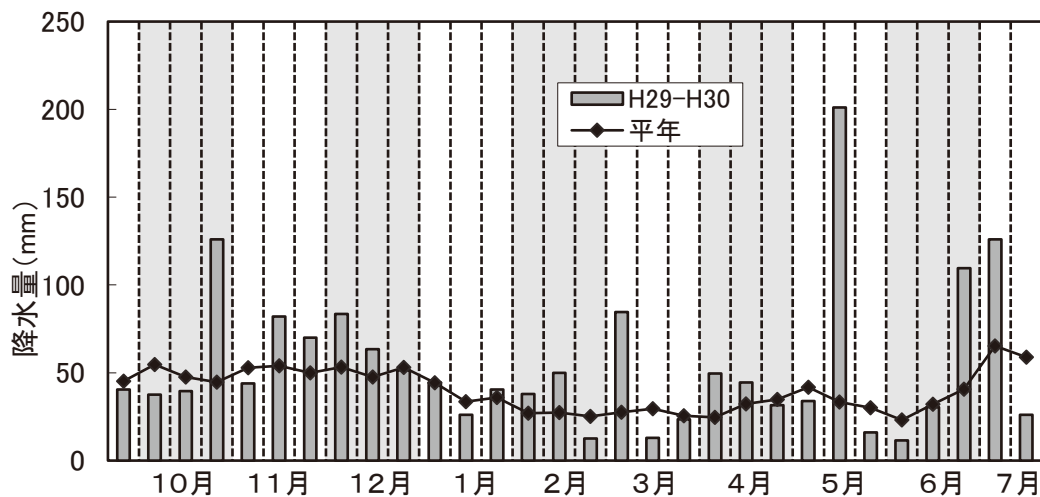


図3 旬別降水量 (男鹿)

ら1番草収穫の5月上旬までは、4月下旬で平年比128%とかなり長くなったが、それ以外は平年より短かった。5月中旬は平年比66%とかなり短かったが、5月下旬から6月中旬までは平年より長いか平年並みに推移した。6月下旬から7月上旬までは平年より短く推移した。

3) 降水量

播種後から10月中旬までは平年並みに推移した

ものの、10月下旬は平年比283%とかなり多くなった。根雪が消失し始める3月上旬は平年比306%とかなり多くなったが、中下旬は平年並みか平年よりやや少なくなった。4月上旬から1番草収穫の5月上旬までは4月上旬で平年より多かったが、それ以降は平年並みで推移した。5月中旬は前線が停滞し、前線上の低気圧の影響で大雨となり、降水量は平年比602%とかなり多かった。県内では河川の氾濫なども発生した。5月中旬から

表1 生育特性

調査項目	定着時草勢 ¹⁾	刈り取り時出穂程度 ²⁾		倒伏程度 ³⁾	
		1番草	2番草	1番草	2番草
ワセアオバ	7.0 a	8.0 a	8.8	2.3	6.0
クワトロ-TK5	8.5 b	8.8 b	8.3	1.5	4.5
マンモスB	8.0 b	1.5 c	8.5	1.5	4.0

異符号間に有意差あり($P<0.05$)

1) 極不良を1、極良を9とする

2) 極少を1、極多を9とする

3) 無または微を1、甚を9とする

表2 収量特性

調査項目	草丈(cm)		生草収量(kg/a)			乾物率(%)		乾物収量(kg/a)		
	1番草	2番草	1番草	2番草	合計	1番草	2番草	1番草	2番草	合計
ワセアオバ	104.2	79.0 a	342.5	201.3 a	543.8	19.2 a	29.6 a	66.1	59.5	125.6
クワトロ-TK5	103.9	76.8 a	368.8	213.8 a	582.5	17.2 b	28.4 a	62.9	60.7	123.5
マンモスB	99.7	95.6 b	372.5	255.0 b	627.5	14.9 c	23.9 b	55.6	60.9	116.5

異符号間に有意差あり($P<0.05$)

6月中旬までは平年並みかやや少なく推移したが、6月下旬から7月上旬は平年よりかなり多くなった。

2 生育および収量調査

生育調査の結果を表1に示した。定着時草勢は「ワセアオバ」が有意に低かった。1番草刈り取り時の出穂程度は、「マンモスB」が出穂前だったことが要因で、有意に低くなった。倒伏程度に有意差は見られなかったが、「ワセアオバ」がやや高い傾向にあった。また、2番草収穫直前に低気圧の影響により強風となったことが原因で、2番草は全品種で倒伏がみられた。

収量調査の結果を表2に示した。草丈は1番草では差が認められなかったが、2番草では「マンモスB」が有意に高い値を示した。生草収量は1番草でワセアオバが低く、「マンモスB」が高かったが、有意差は認められなかった。2番草では「マンモスB」が有意に高くなったが、1番草と2番

草の合計ではすべての品種間に差はなかった。乾物収量は1番草で「ワセアオバ」が高く、「マンモスB」が低かったが有意差はなかった。1番草と2番草の合計では品種間に差はなかった。1番草の収量が生草と乾物で逆転したのは、乾物率で「ワセアオバ」が有意に高く、「マンモスB」が有意に低かったためである。

3 まとめ

供試品種すべてで秋播きにより収量が確保できることが確認された。また、早生品種の「ワセアオバ」と「クワトロ-TK5」は5月上旬には収穫可能なため、飼料用トウモロコシとの二毛作が可能であると考えられる。これまで北東北における飼料用トウモロコシとの二毛作栽培については、飼料用ライ麦との組み合わせについて岩手県および秋田県で報告がある(尾張 2016; 渡邊と佐藤 2016)。東北地域におけるイタリアンライグラスと飼料用トウモロコシの二毛作体系については、

南東北では栽培事例があるものの、これまで北東北では認められなかった。しかし、久保田(2016)は、「クワトロ- TK5」を用いてのトウモロコシとの二毛作体系の可能性を示唆しており、今後の取り組みが期待される。

試験地における根雪期間は、ほ場所有農家への聞き取りによると約 60 日程度であり、供試品種すべてで栽培可能な期間であった。そのため、雪腐病は全ての品種でほぼ発生しなかった。しかし、新品種の「クワトロ- TK5」は「ワセアオバ」より耐雪性の強い品種であり、根雪期間約 80 日程度の地域でも栽培可能とされている(久保田ら 2017) ため、本試験より根雪期間の長い地域での栽培試験を実施し、耐雪性の確認を行う必要があると考えられた。本試験は 1 年目であり、飼料特性の把握のため、2 年目以降試験を継続することとしている。

引用文献

小楨陽介. 雪印種苗育成イタリアンライグラスの品種特性と利用法. 牧草と園芸. 51(4). 2003.

久保田明人. 寒冷地における二毛作とイタリアンライグラス新品種「クワトロ- TK5」. 平成28年度自給飼料利用研究会資料. P29-31. 2016.

久保田明人, 上山泰史, 藤森雅博, 米丸淳一, 秋山征夫. 耐雪性に優れるイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) 新品種「クワトロ- TK5」の育成. 農研機構研究報告東北農研. 119. P17-27. 2017.

野口正二, 阿部修, 小杉健二, 根本征樹, 望月重人, 佐藤威. 新庄における日積雪深の長期変動. 雪氷研究大会講演要旨. P3-19. 2010.

尾張利行. ライ麦と不耕起トウモロコシによる二毛作体系の紹介. 牧草と園芸. 64 (5) p11-14. 2016.

土屋茂, 岡部俊. イタリアンライグラスの雪腐病被害についての 2, 3 の考察. 日本作物学会北陸支部会報. 1. P59-61.

渡邊潤, 佐藤寛子. トウモロコシ不耕起播種機を用いた飼料用ラム麦-トウモロコシ二毛作栽培. 秋田県畜産試験場研究報告. 30. P1-8. 2016.

乳酸菌加熱菌体 L-137 が比内地鶏の発育および生産性に及ぼす影響

力丸宗弘・佐藤悠紀・青谷大希・廣瀬義隆¹・中井寛子¹・長谷浩伸²¹ ハウスウェルネスフーズ株式会社開発研究所² ハウスウェルネスフーズ株式会社乳酸菌事業部

要 約

乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* L-137 株の加熱菌体 (HK L-137) 給与が比内地鶏の発育および生産性に及ぼす影響について検討した。試験 1 では HK L-137 を 112 日齢まで 2 mg/kg, 試験 2 では 28 日齢まで 10 mg/kg, 112 日齢まで 2 mg/kg 添加した飼料を給与し, 161 日齢まで飼養した。HK L-137 添加区は両試験において対照区より 112 日齢の体重が有意に優れ, 161 日齢体重, 0-161 日齢平均日増体重および飼料要求率が優れる傾向を示した。経済性においても HK L-137 添加区は対照区より生産指数が優れ, 1 羽当たりの粗収益が約 65 円増加した。また, HK L-137 区は 112 日齢において脾臓の IFN- γ 遺伝子の発現強度が対照区より高い傾向を示した。以上の結果から, HK L-137 は比内地鶏の増体を促進し、生産性を改善することが示唆された。

緒 言

近年, 配合飼料価格の高止まりや為替変動により肉用鶏農家の経営状況は厳しさを増している。肉用鶏の飼料に利用される配合飼料は海外からの輸入に依存しており, 飼料費は生産費の 6 割以上を占める (農林水産省 2015) ことから, 飼料費の削減が喫緊の課題となっている。飼料費を削減するため, 国内で利用可能な飼料用米 (農業・食品産業技術総合研究機構 2015) や未利用資源 (農林水産省 2016) が配合飼料の代替飼料として用いられているが, これらの供給量には限界があることから代替飼料のみでなく生産性の向上も求められている。

ニワトリの生産性の向上や抗生物質の代替を目的とした添加物として, プロバイオティクス, プレバイオティクス, 有機酸, 葉草等 (Hashemi と Davoodi 2011 ; Alloui ら 2013, 2104 ; Fallah ら 2013, Ganguly 2013) が利用されている。乳酸菌はプロバイオティクスとして利用されてお

り, ニワトリにおいても増体の向上が報告されている (Ghadban 2002 ; Loh ら 2010 ; Hossain ら 2015 ; Peng ら 2016)。しかしながら, 生菌製材は加工の工程や保存の状態, 胃酸や腸の消化液によって効果が安定しないという欠点もある。一方, 加熱した乳酸菌は胃酸や腸の消化液の影響を受けにくく, 高い活性および免疫賦活能を維持することが可能である (Fujiki ら 2012)。

Lactobacillus plantarum L-137 株は東南アジアの発酵食品から分離された乳酸菌で, その加熱菌体 (HK L-137) は免疫細胞からのインターロイキン 12 (IL-12) 産生を強力に誘導する活性を有し, 動物実験で食物アレルギー抑制作用 (Murosaki ら 1998) や抗腫瘍作用 (Murosaki ら 2000), インフルエンザ感染防御作用 (Maeda ら 2009) などが確認されている。健常者を対象にした試験においては, HK L-137 を摂取することで T 細胞の増殖能やヘルパー 1 型 T 細胞 (Th1) / ヘルパー 2 型 T 細胞 (Th2) 比が有意に上昇し,

健康関連 QOL (Quality of Life: 生活の質) が向上すること (Hirose ら 2006), 血漿中のインターフェロン β (IFN- β) 濃度が上昇すること (Arimori ら 2012), などが示されている。また, 精神的ストレスを強く感じている健常者を対象とした試験においては, HK L-137 の摂取により T 細胞の増殖能が有意に上昇し, 風邪の発症件数が有意に低下することも報告されている (Hirose ら 2013)。HK L-137 の菌体表面にはリポテイコ酸が *Lactobacillus plantarum* の標準株に比べて多く発現しており (Hirose ら 2010), このリポテイコ酸が免疫細胞のスカベンジャーレセプター A に認識され, 効率良く細胞に取り込まれることで IL-12 産生を強く誘導し, 細胞性免疫を高めると考えられる (Hatano ら 2015)。

近年, 水産分野ではクルマエビやカンパチへ HK L-137 を給与することによって, 増体の向上やストレス抵抗性が高くなることが報告されている (Tung ら 2009, 2010; Dawood ら 2015)。畜産分野においてはブタへ HK L-137 を給与することによって, 血球細胞の IFN- β 遺伝子の mRNA 発現が有意に高くなることが報告されている (Arimori ら 2012)。ニワトリでは Khonyoung と Yamauchi (2012) が HK L-137 をブロイラーへ給与すると, グラム陽性の常在性細菌の増加によって腸管機能が活性化され増体が改善されることが報告されているが, ブロイラーとは発育が異なる地鶏についてはこれまで報告されていない。そこで本研究では, 地鶏の中でも飼育日数が長い比内地鶏へ HK L-137 を給与し, 発育・生産性ならびに免疫機能に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

1 供試材料および飼養管理

秋田県畜産試験場において同日にふ化した比内地鶏の雌を供試した。ふ化したヒナは餌付けから

28 日齢までバタリー育雛器で飼育した。28 日齢以降は運動場が付随したパイプハウスで 23 週齢まで飼育した。飼料は 28 日齢まで前期 (CP22% 以上, ME3,000 kcal/kg 以上), 28 ~ 112 日齢まで中期 (CP18% 以上, ME2,850 kcal/kg 以上), 112 ~ 161 日齢まで仕上げ (CP16% 以上, ME2,900 kcal/kg 以上) 飼料を給与した。なお, 前期飼料にコクシジウム感染予防のためアピラマイシンを 10g 力価/トン, 硫酸コリスチン 3g 力価/トン, サリノマイシンナトリウム 50g 力価/トンを添加した。飼料および水は自由摂取とし, 照明時間は自然日長とした。試験 1 では各区 60 羽ずつ供試し, 試験 2 では各区 30 羽ずつ供試した。

2 試験飼料

乳酸菌加熱菌体 HK L-137 は, 培養菌液を加熱処理後に培地を洗浄除去して作製した。試験には乳酸菌加熱菌体 HK L-137 を 20%, デキストリンを 80% 含有する製剤 Feed LP20 (ハウスウェルネスフーズ, 兵庫) をコーンスターチで 40 倍散したものを使用した。

3 実験計画

試験 1 では春生まれの比内地鶏を 60 羽ずつ乳酸菌加熱菌体 HK L-137 を市販の配合飼料 (中部飼料株式会社, 愛知) へ仕上げ期前の中期 (112 日齢) まで 2 mg/kg 添加した HK L-137 添加区と同一の市販の配合飼料のみを給与した対照区とに分け, 161 日齢まで飼育した。試験期間は平成 26 年 4 月 30 日から 10 月 8 日とした。試験 2 では夏生まれの比内地鶏を 30 羽ずつ HK L-137 を前期 (28 日齢) まで 10mg/kg, 中期 (112 日齢) まで 2 mg/kg 添加した HK L-137 添加区と対照区へ分け, 161 日齢まで飼育した。試験期間は平成 26 年 8 月 6 日から平成 27 年 1 月 14 日とした。

4 発育成績

調査項目は試験終了時の生体重、平均日増体重、飼料摂取量、飼料要求率、生産指数、経済性とした。体重は0、28、70、112、161日齢に測定した。平均日増体重は各日齢における体重から算出した。飼料摂取量は個体ごとの測定が困難であるため、群全体の飼料摂取量と羽数から算出した。飼料要求率は平均日増体重と飼料摂取量から算出した。飼料摂取量と飼料要求率の測定項目は0-28、28-70、70-112、112-161、0-161日齢とした。生産指数は下記の式により求めた。

$$\text{生産指数} = (\text{育成率} \times \text{試験終了時体重}) / (\text{試験飼育日数} \times \text{飼料要求率}) \times 100$$

経済性については、販売額から生産費を差し引いたものを粗収益とした。生産費は飼料費（前期用飼料 76.6 円/kg、中期用飼料 63.4 円/kg、仕上げ用飼料 61.85 円/kg）、乳酸菌加熱菌体添加費とひな代（310 円）・衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費（380 円）から算出した。HK L-137 の添加費用は 1 円/kg とした。販売額は下記の式により求めた。

$$\text{販売額} = (\text{試験終了時生体重} - 100\text{g (糞排泄量)}) \times 0.9 (\text{と体割合}) \times 816 \text{ 円 (kg 単価)}$$

5 免疫機能評価

試験 2 において、28 日齢および 112 日齢に各区から 5 羽ずつランダムに抽出し、脾臓のサイトカイン mRNA 発現を比較した。脾臓は 5 mm 以下の厚さにカットし、各サンプルについて 4 片ずつ RNA 保存試薬 (RNAlater) (Ambion, Waltham, MA, USA) を入れたチューブへ入れ、測定まで -20°C で保存した。評価項目は脾臓細胞中のサイトカイン遺伝子 (*IFN- β* , *IFN- γ* , *IL-12 β* 遺伝子) の mRNA 発現強度とした。

RNeasy Mini Kit (Qiagen, Waltham, MA, USA) を用いて凍結保存した脾臓組織から総 RNA を抽出後、One Step SYBR PrimeScript RT-PCR Kit II (Perfect Real Time) (タカラバイオ, 滋賀) を用いて、逆転写酵素 PrimeScript RTase による RNA からの cDNA 合成と TaKaRa Ex Taq HS によるポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 増幅、ならびに SYBR Green I による増幅産物のモニタリングを 1 チューブ内で連続的行なった。PCR 反応組成ならびに反応条件は、One Step SYBR PrimeScript RT-PCR Kit II の使用説明書にて推奨されている条件で行った。各種サイトカイン遺伝子 (*IFN- β* , *IFN- γ* , *IL-12 β* 遺伝子) ならびに内部標準遺伝子 (GAPDH) のオリゴヌクレオチドプライマーを表 1 に示した。PCR 反応

表 1 各サイトカイン遺伝子 (*IFN- β* , *IFN- γ* , *IL-12 β* 遺伝子) のプライマー

プライマーセット	プライマー (5'→3')
GAPDH-F	CCTCTCTGGCAAAGTCCAAG
GAPDH-R	CATCTGCCCATTGTGATGTTG
<i>IFN-β</i> -F	CCTCAACCAGATCCAGCATT
<i>IFN-β</i> -R	GGATGAGGCTGTGAGAGGAG
<i>IFN-γ</i> -F	ACACTGACAAGTCAAAGCCGC
<i>IFN-γ</i> -R	AGTCGTTTCATCGGGAGCTTG
<i>IL-12β</i> -F	TGTCTCACCTGCTATTTGCCTTAC
<i>IL-12β</i> -R	CATACACATTCTCTCTAAGTTTCCACTGT

GAPDH: グリセルアルデヒド3リン酸脱水素酵素, *IFN- β* : インターフェロン- β
IFN- γ : インターフェロン- γ , *IL-12*: インターロイキン-12

は Thermal Cycler Dice Real time System（タカラバイオ）を用いて行い、各種サイトカイン遺伝子と内部標準遺伝子（GAPDH）をそれぞれ測定した。各種サイトカイン遺伝子の発現強度は下記計算式で算出した。

発現強度 = $[1/2]^{\Delta Ct}$
 $\Delta Ct = [\text{サイトカイン遺伝子 Ct 値}] - [\text{内部標準遺伝子 Ct 値}]$
Ct：遺伝子増幅が確認できるサイクル数

6 統計解析

統計解析は体重、平均日増体重、各サイトカイン遺伝子の発現強度について Excel 統計 2006 ソ

フトウェア（（株）社会情報サービス，東京）を用いて対応のない t 検定により群間比較を行い、有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

試験 1 では HK L-137 を添加した 112 日齢まで HK L-137 添加区が対照区より体重が有意に優れ、161 日齢においても体重が優れる傾向（HK L-137 添加区 2858.2g；対照区 2807.0g）を示した（表 2）。平均日増体重は 70 日齢まで HK L-137 添加区が対照区より有意に優れ、全期間（0-161 日齢）においても体重と同様に HK L-137 区が対照区より優れる傾向（HK L-137 添加区

表 2 乳酸菌加熱菌体HK L-137の給与が比内地鶏の発育成績に及ぼす影響(試験 1)

体重(g)	0日齢	28日齢	70日齢	112日齢	161日齢
対照区	40.0 ± 2.8	360.5 ± 34.2 ^b	1345.2 ± 123.5 ^b	2169.0 ± 166.7 ^b	2807.0 ± 226.5
HK L-137添加区	40.0 ± 2.8	377.8 ± 39.1 ^a	1402.2 ± 120.4 ^a	2235.7 ± 121.4 ^a	2858.2 ± 229.0
平均日増体重(g)	0-28日	28-70日	70-112日	112-161日	試験全期間
対照区	11.4 ± 1.2 ^b	23.4 ± 2.5 ^b	19.6 ± 2.1	13.0 ± 2.3	17.2 ± 1.4
HK L-137添加区	12.1 ± 1.4 ^a	24.4 ± 2.4 ^a	19.8 ± 2.4	12.7 ± 3.3	17.5 ± 1.4
飼料摂取量(g)	0-28日	28-70日	70-112日	112-161日	試験全期間
対照区	23.2	82.7	117.0	107.2	88.6
HK L-137添加区	21.5	84.8	107.6	102.9	85.2
飼料要求率	0-28日	28-70日	70-112日	112-161日	試験全期間
対照区	1.96	3.53	5.97	8.24	5.15
HK L-137添加区	1.72	3.48	5.47	8.10	4.87

平均値±標準偏差，体重・平均日増体重：n=60，飼料摂取量・飼料要求率：n=1，反復数1

^{a,b}異符号間に有意差あり($P < 0.05$)

表 3 乳酸菌加熱菌体HK L-137の給与が比内地鶏(1羽当たり)の生産指数および経済性に及ぼす影響(試験 1)

	生産指数	飼料費(円)	乳酸菌加熱菌体添加費(円)	諸経費(円)	生産費(円)	販売額(円)	粗収益(円)
対照区	327.4	906.4	—	690	1596.4	1988.0	391.6
HK L-137添加区	358.3	870.3	8.7	690	1569.0	2025.6	456.6

生産指数：(育成率×試験終了時体重)/(試験飼育日数×飼料要求率)×100

飼料単価：前期用飼料76.6円/kg、中期用飼料63.4円/kg、仕上げ用飼料61.85円/kgとした

諸経費：ひな代310円、衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費380円/kgとした

販売額：(試験終了時体重(kg)-100g(糞排泄量))×0.9(と体割合)×816円(kg単価)とした

生産費：飼料費+(乳酸菌加熱菌体添加費)+諸経費

粗収益：販売額-生産費

17.5g；対照区 17.2g) を示した。飼料摂取量は HK L-137 添加区が対照区よりやや少なく、飼料要求率が優れていた (HK L-137 添加区 4.87；対照区 5.15) (表 2)。対照区の育成率は 96.7%，試験区の育成率は 98.3% と育成率にほとんど差は認められなかった。生産指数は HK L-137 添加区 (327.4) が対照区 (358.3) より優れ、1 羽当たりの粗収益が 65.0 円増加した (表 3)。

試験 2 では 112 日齢において HK L-137 添加区が対照区より体重が有意に優れ、161 日齢においても体重が対照区より優れる傾向 (HK L-137 添加区 3022.2g；対照区 2899.2g) を示した (表 4)。平均日増体重は群間に有意な差は認めら

れなかったが、全期間において HK L-137 添加区が対照区より優れる傾向を示した。飼料摂取量は HK L-137 添加区が対照区よりやや多かったが、飼料要求率は優れていた (HK L-137 添加区 4.92；対照区 4.95) (表 4)。対照区、試験区ともに育成率は 100% であった。生産指数は HK L-137 添加区 (381.5) が対照区 (363.8) より優れ、1 羽当たりの粗収益が 66.4 円増加した (表 5)。

28 日齢における HK L-137 添加区の脾臓の各種サイトカイン遺伝子 (*IFN-β*、*IFN-γ*、*IL-12 β* 遺伝子) の mRNA 発現強度は対照区と同等の値を示した (図 1)。112 日齢においても HK L-137 添加区の *IFN-β* 遺伝子と *IL-12 β* 遺

表 4 乳酸菌加熱菌体 HK L-137 の給与が比内地鶏の発育成績に及ぼす影響 (試験 2)

体重 (g)	0 日齢	28 日齢	70 日齢	112 日齢	161 日齢
対照区	41.7 ± 2.0	372.0 ± 36.6	1383.0 ± 133.4	2305.9 ± 187.5 ^b	2899.2 ± 327.5
HK L-137 添加区	42.0 ± 2.3	388.3 ± 31.1	1443.2 ± 137.8	2415.0 ± 131.5 ^a	3022.2 ± 221.6
平均日増体重 (g)	0-28 日	28-70 日	70-112 日	112-161 日	試験全期間
対照区	11.8 ± 1.3	24.0 ± 2.7	22.0 ± 2.4	11.8 ± 3.1	17.7 ± 2.0
HK L-137 添加区	12.4 ± 1.1	25.1 ± 2.9	23.1 ± 2.3	12.1 ± 2.8	18.5 ± 1.4
飼料摂取量 (g)	0-28 日	28-70 日	70-112 日	112-161 日	試験全期間
対照区	27.5	78.3	120.2	104.2	85.1
HK L-137 添加区	30.9	77.9	117.5	108.3	86.0
飼料要求率	0-28 日	28-70 日	70-112 日	112-161 日	試験全期間
対照区	2.33	3.26	6.13	8.01	4.95
HK L-137 添加区	2.49	3.10	5.99	8.53	4.92

平均値 ± 標準偏差, 体重・平均日増体重: 28 日齢まで n=30, 28 日齢以降 112 日齢まで n=25、112 日齢以降 154 日齢まで n=20

飼料摂取量・飼料要求率: n=1, 反復数 1

a,b 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表 5 乳酸菌加熱菌体 HK L-137 の給与が比内地鶏 (1 羽当たり) の生産指数および経済性に及ぼす影響 (試験 2)

	生産指数	飼料費 (円)	乳酸菌加熱菌体添加費 (円)	諸経費 (円)	生産費 (円)	販売額 (円)	粗収益 (円)
対照区	363.8	903.3	—	690	1593.3	2055.7	462.4
HK L-137 添加区	381.5	914.8	12.5	690	1617.3	2146.1	528.8

生産指数: (育成率 × 試験終了時体重) / (試験飼育日数 × 飼料要求率) × 100

飼料単価: 前期用飼料 76.6 円/kg、中期用飼料 63.4 円/kg、仕上げ用飼料 61.85 円/kg とした

諸経費: ひな代 310 円、衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費 380 円/kg とした

販売額: (試験終了時体重 (kg) - 100g (糞排泄量)) × 0.9 (と体割合) × 816 円 (kg 単価) とした

生産費: 飼料費 + (乳酸菌加熱菌体添加費) + 諸経費

粗収益: 販売額 - 生産費

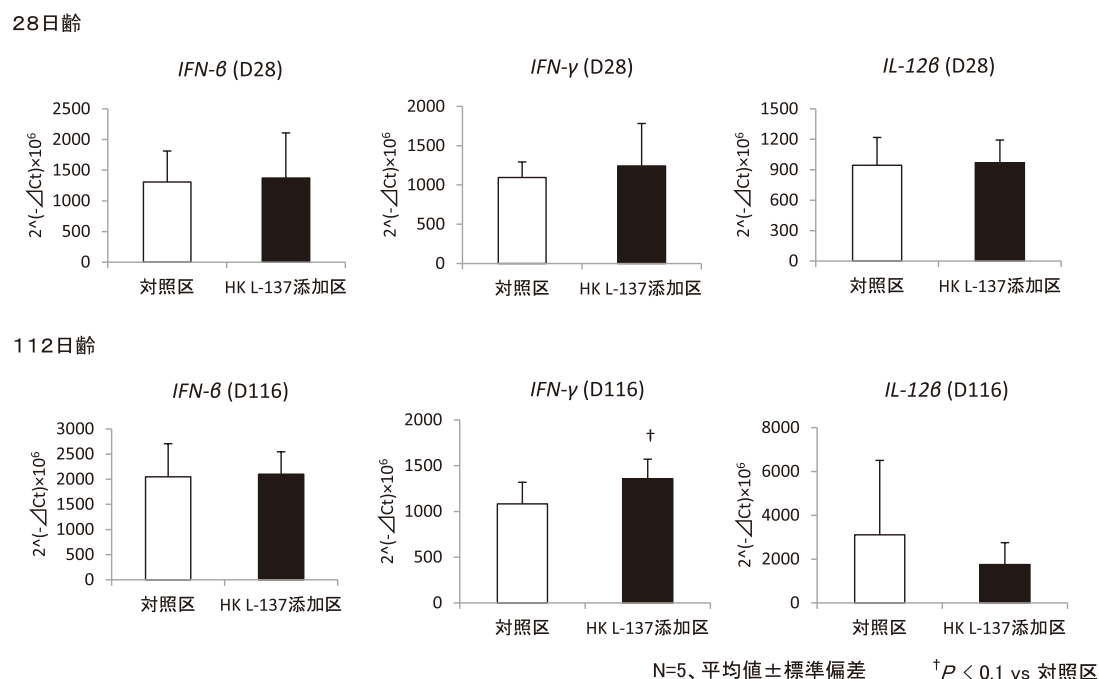


図1 乳酸菌加熱菌体L-137株の給与が比内地鶏の脾臓における各サイトカイン遺伝子の発現強度に及ぼす影響

伝子の mRNA 発現強度は対照区と同等の値を示した。IL-12 β 遺伝子については対照区で1個体が顕著に高い値を示した影響でバラツキが大きくなった。一方、IFN- γ 遺伝子の mRNA 発現強度は HK L-137 添加区が対照区より高い傾向を示した ($p = 0.089$) (図1)。

考 察

本研究では、HK L-137 が比内地鶏の発育・生産性ならびに免疫機能に及ぼす影響について検討した。試験1では HK L-137 を仕上げ飼料に切り替わる112日齢まで2 mg/kg 添加し、試験2では28日齢まで10 mg/kg、112週齢まで2 mg/kg 添加した。両試験において、HK L-137 を添加した112日齢では HK L-137 添加区の体重が対照区より有意に優れていた。試験終了時においても HK L-137 添加区は対照区より体重および平均日増体重が優れる傾向を示した。本研究の結果はブロイラーへ HK L-137 を2 mg/kg あるいは

4 mg/kg 添加した区が配合飼料のみを給与した区より体重が優れる傾向にあると報告している Khonyoung と Yamauchi (2012) の結果とも一致しており、これらの結果は HK L-137 が肉用鶏の増体を向上させることを示唆している。添加量については28日齢まで2 mg/kg あるいは10 mg/kg 添加しても増体に差が認められなかったことから、経済性を考慮すると2 mg/kg の添加で十分効果が得られると考えられる。本研究では HK L-137 を仕上げ飼料に切り替わる112日齢までしか添加しなかったが、112日齢以降 HK L-137 と対照区の増体の差が小さくなっていることから、最適な添加期間については経済性も踏まえ今後さらに検討する必要がある。HK L-137 添加区は両試験において飼料要求率が対照区より優れていたが、Khonyoung と Yamauchi (2012) は HK L-137 を添加した区と配合飼料のみを給与した区に差は認められなかったと報告している。この結果の違いは、比内地鶏では HK L-137 を添加した

区と対照区の飼料摂取量にほとんど差がなかったのに対し、ブロイラーでは HK L-137 を添加した区の飼料摂取量が有意に多かったことが要因と考えられる。HK L-137 によって成長が促進された要因として、Khonyoung と Yamauchi (2012) は HK L-137 を添加したブロイラーでは十二指腸の絨毛の表層における細胞分裂数や十二指腸、回腸、空腸における細胞の隆起が増加し、腸管絨毛の機能が活性化されたことが要因であると考察している。腸管組織の形態変化による成長促進効果はサトウキビ抽出物や β -1, 4-マンノピオースを給与したブロイラーにおいても同様の効果が確認されている (Yamauchi ら, 2006; Ibuki ら 2014)。本研究では組織学的に腸管絨毛を調査していないが、HK L-137 によって腸管組織の形態変化が引き起こされることによって栄養素の吸収能が高まり、その結果成長が促進されていたと推測される。

本研究では中期以降抗生物質が含まれていない飼料を用いたが、両区においてコクシジウム症に感染していると思われる血便排出などの症状を示す個体は認められず、育成率にも差がなかったことから、コクシジウムによる発育、育成率への影響はなかったものと思われる。乳酸菌のコクシジウムに対する効果はこれまでも数多く報告されているが (Giannenas ら 2012, 2014; Abderahman ら, 2014; Miranda ら 2016)、本研究で用いた HK L-137 のコクシジウムに対する効果は現時点では不明である。HK L-137 のコクシジウムに対する効果を明らかにするためには、今後感染試験等により詳細に確認する必要がある。

脾臓の各種サイトカイン遺伝子 ($IFN-\beta$, $IFN-\gamma$, $IL-12\beta$ 遺伝子) の mRNA 発現強度は HK L-137 添加区と対照区に有意な差は認められなかったが、112 日齢において $IFN-\gamma$ 遺伝子の mRNA 発現強度は試験区が対照区より高い傾向

を示した。 $IFN-\gamma$ は Th1 細胞が産生する細胞性免疫に関わるサイトカインであり、 $IL-12$ によって産生が増強される。HK L-137 の摂取は $IL-12$ 産生を介して Th1 細胞の誘導を促進することが報告されていることから (Hirose ら 2006)、本研究でもそのような効果が軽度認められたと推測される。精神的および身体的ストレスが強くなっている状態では細胞性免疫が特に低下しやすく、感染症のリスクが上昇すると言われている (Kaminogawa と Nanno 2004)。高密度飼育によるストレスは、細胞性免疫低下の一因と考えられ、そのような状況に対して HK L-137 の摂取は有効に働く可能性が示されている。一方、 $IFN-\beta$ 遺伝子の mRNA 発現強度にはほとんど差が認められなかった。 $IFN-\beta$ は主にマクロファージから産生されるサイトカインで、抗ウイルス作用や抗がん作用を有するほか、細胞増殖、免疫応答の調節、分化誘導の調節などにも寄与している。Arimori ら (2012) は HK L-137 をブタに 20mg/kg 添加した結果、摂取 40 日後の血球細胞における $IFN-\beta$ 遺伝子の mRNA 発現が有意に上昇したことを確認しているが、本研究ではそのような上昇は認められなかった。この結果の違いは動物種の違い、飼養環境の違い、摂取量および摂取期間の違い、遺伝子発現を調べた臓器の違いなどが原因である可能性が考えられるが、詳細は不明であるため今後更なる検討が必要である。

経済性については HK L-137 添加区は対照区より試験終了時の体重および飼料要求率が優れていたことから、生産指数も対照区より優れていた。また、HK L-137 添加区は対照区より 1 羽当たり粗収益が約 65 円増加し、比内地鶏の生産性が 15 ~ 17% 向上した。比内地鶏の一戸当たりの年間平均飼養羽数は約 5,000 羽であり (秋田県 2016)、出荷率を平均 90% とすると、年間 29 万円の増収となる。配合飼料価格が高止まり傾向にある中、1 羽当たりの粗収益が約 65 円増加す

ることは生産者にとって経営面で非常に大きなメリットとなる。以上の結果から、HK L-137 は比内地鶏の IFN- γ 遺伝子の発現を軽度上昇させ、生産性を改善することが示唆された。

謝 辞

本報告は公益社団法人日本畜産学会の許可を得て、第88巻第3号、321-328頁、2017年に掲載された論文を転載したものである。

引用文献

- Abderahman W, Mohnl M, Teichmann K, Doupovec B, Schatzmayr G, Lumpkins B, Mathis G. 2014. Comparative evaluation of probiotic and salinomycin effects on performance and coccidiosis control in broiler chickens. *Poultry Science* 93, 3002-3008.
- 秋田県. 2016. 比内地鶏ネット.
- Alloui MN, Agabou A, Alloui N. 2014. Application of herbs and phytogenic feed additives in poultry production: A Review. *Global Journal of Animal Scientific Research* 2, 234-243.
- Alloui MN, Szczurek W, Świątkiewicz S. 2013. The usefulness of prebiotics and probiotics in modern poultry nutrition The application of probiotics in poultry production: A Review. *Annals of Animal Science* 13, 17-32.
- Arimori T, Nakamura R, Hirose Y, Murosaki S, Yamamoto Y, Shidara O, Ichokawa H, Yoshikai Y. 2012. Daily intake of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 enhances type I interferon production in healthy humans and pigs. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 34, 937-943.
- Dawood MAO, Koshino S, Ishikawa M, Yokoyama S. 2015. Effects of partial substitution of fish meal by soybean meal with or without heat-killed *Lactobacillus plantarum* (LP20) on growth performance, digestibility, and immune response of amberjack, *Seriola dumerili* juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society* 41, 16-27.
- Fallah R, Kiani A, Azarfar A. 2013. A review of the role of five kinds of alternatives to in-feed antibiotics in broiler production. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 5, 317-321.
- Fujiki T, Hirose Y, Yamamoto Y, Murosaki S. 2012. Enhanced immunomodulatory activity and stability in stimulated digestive juices of *Lactobacillus plantarum* L-137 by heat treatment. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 76, 918-922.
- Ganguly S. 2013. Potential non-antibiotic growth promoting dietary supplements for animal nutrition: A Review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 3, 174-178.
- Ghadban GS. 2002. Probiotics in broiler production. *Archiv fur Geflugelkunde* 66, 49-58.
- Giannenas I, Papadopoulos E, Tsalie E, Triantafyllou E, Henikl S, Teichmann K, Tontis D. 2012. Assessment of dietary supplementation with probiotics on performance, intestinal morphology and microflora of chickens infected with *Eimeria tenella*. *Veterinary Parasitology* 188, 31-40.
- Giannenas I, Tsalie E, Triantafyllou E, Hessenberger S, Teichmann K, Mohnl M, Tontis D. 2014. Assessment of probiotics supplementation via feed or water on the growth performance, intestinal morphology and microflora of chickens after experimental

- infection with *Eimeria acervulina*, *Eimeria maxima* and *Eimeria tenella*. *Avian Pathology* 43, 209-216.
- Hashemi SR and Davoodi H. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications* 35, 169-180.
- Hatano S, Hirose Y, Yamamoto Y, Murosaki S, Yoshikai Y. 2015. Scavenger receptor for lipoteichoic acid is involved in the potent ability of *Lactobacillus plantarum* strain L-137 to stimulate production of interleukin-12p40. *International Immunopharmacology* 25, 321-331.
- Hirose Y, Murosaki S, Fujiki T, Yamamoto Y, Yoshikai Y, Yamashita M. 2010. Lipoteichoic acids on *Lactobacillus plantarum* cell surfaces correlate with induction of interleukin-12p40 production. *Microbiology and Immunology* 54, 143-151.
- Hirose Y, Murosaki S, Yamamoto Y, Yoshikai Y, Tsuru T. 2006. Daily intake of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 augments acquired immunity in healthy adults. *Journal of Nutrition* 136, 3069-3073.
- Hirose Y, Yamamoto Y, Yoshikai Y, Murosaki S. 2013. Oral intake of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 decreases the incidence of upper respiratory tract infection in healthy subjects with high levels of psychological stress. *Journal of Nutritional Science* 2, e39.
- Hossain MM, Begum M, Kim IH. 2015. Effect of *Bacillus subtilis*, *Clostridium butyricum* and *Lactobacillus acidophilus* endospores on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, microbial shedding and excreta noxious gas emission in broilers. *Veterinari Medicina* 60, 77-86.
- Ibuki M, Fukui K, Yamauchi K. 2014. Effect of dietary mannanase-hydrolysed copra meal on growth performance and intestinal histology in broiler chickens. *Animal Physiology and Animal Nutrition* 98, 636-642.
- Kaminogawa S, Nanno M. 2004. Modulation of Immune Functions by Foods. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 1, 241-250.
- Khonyoung D, Yamauchi Koh-en. 2012. Effect of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 on morphology of intestinal villi and epithelial cells in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research* 40, 140-147.
- Loh TC, Thanh NT, Foo KL, Hair-Bejo M, Azhal BK. 2010. Feeding of different levels of metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, fecal microflora, volatile fatty acids and villi height in broilers. *Animal Science Journal* 81, 205-214.
- Maeda N, Nakamura R, Hirose Y, Murosaki S, Yamamoto Y, Kase T, Yoshikai Y. 2009. Oral administration of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 enhances protection against influenza virus infection by stimulation of type I interferon production in mice. *International Immunopharmacology* 9, 1122-1125.
- Miranda MR, Wael A, Kobus, Mohnl M, Barrett NW, Dalloul RA. 2016. Combination of probiotics and coccidiosis vaccine enhances protection against an *Eimeria* challenge. *Veterinary Research* 47, 111.
- Murosaki S, Muroyama K, Yamamoto Y, Yoshikai Y. 2000. Antitumor effect of heat-

- killed *Lactobacillus plantarum* L-137 through restoration of impaired interleukin-12 production in tumor-bearing mice. *Cancer Immunology, Immunotherapy* 49 157-164.
- Murosaki S, Yamamoto Y, Ito K, Inokuchi T, Kusaka H, Ikeda H, Yoshikai Y. 1998. Heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 suppresses naturally fed antigen-specific IgE production by stimulation of IL-12 production in mice. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 102, 57-64.
- 農業・食品産業技術総合研究機構. 2015. 飼料用米の生産・給与技術マニュアル<データ版>.
- 農林水産省. 2015. 農林水産統計. 大臣官房統計部.
- 農林水産省. 2016. 農林水産統計. 農林水産省生産局畜産部飼料課.
- Peng Q, Zeng XF, Zhu JL, Wang S, Liu XT, Hou CL, Thacher PA, Qiao SY. 2016. Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* B1 on growth performance, intestinal microbiota, and short chain fatty acid profiles in broiler chickens. *Poultry Science* 95, 893-900.
- Tung HT, Koshino S, Teshima S, Ishikawa M, Yokoyama M, Ren S, Hirose Y, Phuong NDT. 2009. Effect of heat-killed *Lactobacillus plantarum* supplemental diets on growth performance, stress resistance and immune response of juvenile kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicas* Bate. *Aquaculture science* 57 175-184.
- Tung HT, Koshino S, Traifalgar RF, Ishikawa M, Yokoyama S. 2010. Effect of dietary heat-killed *Lactobacillus plantarum* on larval and post-larval kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicas* Bate. *Journal of the World Aquaculture Society* 41, 16-27.
- Yamauchi K, Buwjoom T, Koge K, Ebashi T. 2006. Histological alterations of the intestinal villi and epithelial cells in chickens fed dietary sugar cane extract. *British Poultry Science* 47, 544-553.

飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響

力丸宗弘・青谷大希・佐藤悠紀

要 約

本研究では、飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響を明らかにするため、と殺4週間（4W 玄米代替区）前、8週間（8W 玄米代替区）前に飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替し、肉質分析および鶏肉スープの官能評価を実施した。8W 玄米代替区は対照区よりモモ肉のL*値が有意に高かった。腹腔内脂肪色は4W 玄米代替区が対照区より有意にL*値が高く、a*値とb*値が低かった。8W 玄米代替区は対照区より有意にL*値が高く、対照区と4W 玄米代替区よりb*値が低かった。モモ肉中の遊離アミノ酸含量については、玄米代替区と対照区においてアスパラギン酸、セリン、グルタミン酸、グルタミン、プロリン、ロイシン、アルギニン、およびアミノ酸総量に有意な差が認められた。モモ肉の脂肪酸組成については、玄米代替区は対照区よりミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、およびオレイン酸含有率が有意に高く、ヘプタデカン酸、リノール酸、 α リノレン酸含有率およびn-6/n-3比が有意に低かった。脂肪を除いた鶏肉スープでは、全ての項目において有意な差は認められなかったが、脂肪を含んだ鶏肉スープでは、8W 玄米代替区が対照区より全体の味の強さの値が有意に低かった。以上の結果から、飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替しても発育には影響がないものの、肉色、腹腔内脂肪色、遊離アミノ酸含量、脂肪酸組成が大きく変化し、脂肪を含んだ鶏肉スープではトウモロコシを給与した鶏肉スープと比較して味への増強効果が弱まることが示唆された。

緒 言

家畜の飼料は原料の多くを輸入に依存しており、トウモロコシなどの穀類の輸入依存度は86%と依然として高い状況にある（農林水産省、2017a）。配合飼料の価格は穀物の国際価格に左右されるだけでなく、原油価格や外国為替などの影響も受ける。平成18年以降は燃料用エタノール生産向けのトウモロコシの需要が増加したことによって、配合飼料価格が高騰している。肉用鶏では飼料費が生産費の7割近くを占める（農林水産省、2017b）ことから、配合飼料価格の高騰による経営への影響は非常に大きい。食料・農業・農村基本計画（平成27年3月）では、食料自給率の向上や飼料用米の増産による飼料自給率を40

%まで引き上げること目標としている。そのため、水田をフルに活用し、食料自給率・食料自給力の維持向上を図るため、飼料用米の生産拡大が推進されている（農林水産省、2017c）。飼料用米の作付面積は年々増加しており、平成20年の作付面積は1,410 haで、生産量は8,020 tであったが、平成28年の作付面積は91,169 haで、生産量は505,998 tとなっており、8年間で作付面積は約65倍、生産量は約63倍に増加している（農林水産省、2017d）。秋田県では、平成20年の飼料用米の作付面積は25haで、生産量は139 tであったが、平成26年の作付面積は1,180 haで、生産量は7,035 tと作付面積は約47倍、生産量は約51倍に増大し（秋田県、2015）、生産量の順位

は全国で7位となっている。

このような背景から、トウモロコシの代替となる飼料原料として飼料用米の活用が期待されており、玄米あるいは粳米を肉用鶏へ給与した試験がこれまで数多く報告されている。比内地鶏においても配合飼料を玄米あるいは粳米に一部代替した試験（小松ら，2012；高橋ら，2012）が報告されており、飼料用米はトウモロコシの代替となる飼料原料として十分に利用可能であることが示されている。しかしながら、配合飼料を玄米あるいは粳米に一部代替するだけでは添加割合は3割程度が限度である（西藤ら，1997；小松ら，2012；尾崎ら，2012；龍田と石川，2013；大口ら，2015；時田，2016）。飼料用米を可能な限り利用するためには、配合飼料中のトウモロコシを玄米あるいは粳米に全量代替することが望ましい。玄米の栄養価はトウモロコシとほぼ同等であることから（日本標準飼料成分表，2009）、飼料中のトウモロコシとの代替が可能であり、肉用鶏において飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替しても発育に影響がないことが報告されている（González ら，2007；小松ら，2011；Nanto ら，2012；龍田と石川，2015；龍田と正木，2017；平川ら，2018）。粳米は玄米と比較して栄養価が低いものの、トウモロコシと全量代替しても同等の発育が得られるという報告もある（土黒と武政，1981；Nanto ら，2012；龍田と石川，2014；立川ら，2013b，2014ab；平川ら，2018）。また粳米は玄米と比べて酸化劣化しにくく保存性が高い（勝俣ら，2013）だけでなく、粉摺りに要する手間やコストを削減できるという利点もある。しかしながら、粳米を飼料として利用する際、粗タンパク質や代謝エネルギーの高い油脂や飼料原料を組み合わせるなど、成分の調整を必要とすること、餌付け期間における粉の給与形態を考慮する必要があること、飼料へ添加する油脂含量や農薬の残留に注意を必要とするなど、生産現場におい

ては粳米の全量代替は難しいのが現状である。

秋田県のように飼料用米の生産が盛んな地域では、飼料用米は粳米の状態で専用の集約調製保管施設に保管されており、養鶏あるいは養豚農家へ引渡する際に粉摺りを行い、玄米の状態で生産農家へ供給されている。現在は配合飼料中のトウモロコシの一部が玄米に置換されているに過ぎないが、飼料自給率を更に高めるためにはトウモロコシとの全量代替が望ましい。そのためには玄米の全量代替が比内地鶏の発育や肉質そして味におよぼす影響を明らかにする必要がある。しかしながら、食味に及ぼす影響について検討した報告はない。また、鶏肉スープの官能評価において、スープを調製する際、脂肪はろ紙で取り除かれるが（社団法人日本種鶏ふ卵協会，2008）、脂肪の有無による鶏肉スープ官能評価の違いについて検討した事例はない。そこで本研究では、と殺4週間前、8週間前に飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替し、玄米全量代替給与期間が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

1 供試動物および飼養管理

秋田県畜産試験場においてふ化した比内地鶏の雌を供試した。ふ化したヒナは餌付けから4週齢までパタリー育雛器で飼育し、4週齢以降運動場が付随したパイプハウスで22週齢まで飼育した。飼育期間は平成27年6月17日から10月21日までの128日間とした。飼料および水は自由摂取とし、照明時間は自然日長とした。

2 試験設計

14週齢に体重測定後、トウモロコシを主体とした対照区、14から18週齢までトウモロコシを主体とした飼料を給与し、18週齢から22週齢までの4週間トウモロコシを玄米に全量代替した4

表 1 給与飼料組成および飼料成分

	対照区	玄米代替飼料
混合飼料(%)		
トウモロコシ	64.0	—
玄米	—	64.0
脱脂麦ぬか	8.0	8.0
ふすま	2.3	2.4
大豆粕	10.0	10.0
ナタネ粕	10.0	10.0
コーングルテンミール	1.4	1.6
魚粉	1.0	1.0
リジン	0.24	0.21
メチオニン	0.17	0.17
第2リン酸カルシウム	1.25	0.95
炭酸カルシウム	1.02	1.19
食塩	0.25	0.25
プレミックス	0.30	0.3
飼料成分		
粗タンパク質(%) ¹	16.1	16.1
代謝エネルギー(kcal) ²	2,900	2,900

^{1,2}, 計算値

W 玄米代替区, 14 週齢から 22 週齢までの 8 週間 トウモロコシを玄米に全量代替した 8 W 玄米代替区に平均体重が等しくなるよう 29 羽ずつ割り当てた。給与飼料の組成および飼料成分は表 1 に示したとおりである。玄米は秋田県で超多収米品種として育成された秋田 63 号 (Mae ら, 2014) を用いた。

3 発育成績

調査項目は試験終了時の生体重, 14-22 週齢平均日増体重, 14-22 週齢飼料摂取量, 14-22 週齢飼料要求率とした。平均日増体重は各日齢における体重から算出した。飼料摂取量は個体ごとの測定が困難であるため, 群全体の飼料摂取量と羽数

から 1 羽当たりの平均摂取量を算出した。飼料要求率は平均日増体重と飼料摂取量から算出した。

4 解体成績

22 週齢に各区から 6 羽をランダムに抽出し, 18 時間絶食させた後, と体を解体し, 正肉部位 (モモ肉, ムネ肉, ササミ), 可食内蔵部位 (心臓, 肝臓, 砂肝) および腹腔内脂肪の重量を測定した。部留まり割合は絶食体重に対する各部位の重量から算出した。

5 肉質分析

肉質の分析にはモモ肉を用いた。モモ肉の重量を測定後, 片側のモモ肉の皮を取り除き, モモ肉

を家庭用のミートチョッパー (No.5-A, Veritas, 東京) でミンチした。肉色を測定後, 試料は遊離アミノ酸含量および脂肪酸組成を分析するまで -30°C で保存した。もう一方のモモ肉は大腿部と下腿部に2分割し, 大腿部を官能評価に下腿部をドリップロスと加熱損失率の測定に用いた。官能評価用の試料は評価を行うまで -30°C で保存した。

(1) モモ肉の肉色および腹腔内脂肪色

ミンチしたモモ肉および腹腔内脂肪の色値 (L^* 値, a^* 値, b^* 値) には, 測色色差計 (Z-1001DP, 日本電色工業株式会社, 東京) を用いて測定した。

(2) モモ肉のドリップロスおよび加熱損失率

モモ肉のドリップロスは試料を 4°C で冷蔵庫内に5日間保管した前後の重量差により算出した。加熱損失率は試料を密封後, 70°C の恒温槽で1時間湯煎し, 冷却後の重量差により算出した。

(3) モモ肉の遊離アミノ酸

5gの挽肉に20mlの10% (W/V) トリクロロ酢酸を加えホモジナイズ (エクセルオートホモジナイザー, 株式会社日本精機製作所, 東京) することにより均質化した。均質後, 蒸留水用いて40mlに定容後, $10,000 \times \text{g}$ で20分間, 4°C で遠心分離した。上清を回収し, ろ紙で濾過した。 $70 \mu\text{l}$ の1N NaOHと3mlのクエン酸リチウム緩衝液 ($\text{pH}2.98$) により濾過液のpHを中和した。抽出した遊離アミノ酸をアミノ酸分析器 (JLC-500/V, 日本電子株式会社, 東京) を用いて分析した。

(4) 飼料用米の遊離アミノ酸

試験に用いた飼料用米も上記と同様の方法で分析した。

(5) モモ肉の脂肪酸組成

1gの挽肉に塩酸を加え 75°C で加温後エーテルを用いて液-液分配にて脂肪を抽出した。抽出脂肪を3-フッ化ホウ素メタノールを用いて誘導体化を行い, ガスクロマトグラフィー (Agilent GC7890A, GC カラム: SHINWA CHEMICAL ULBON HR-SS-10 25m $\times$ 0.25mm アジレン

ト・テクノロジー株式会社, アメリカ, カルフォルニア) にて測定した。カラム (SHINWA CHEMICAL ULBON HR-SS-10 25m $\times$ 0.25mm 信和化工株式会社, 京都) は 30°C から 184°C まで $2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 加温, 184°C から 200°C まで $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 加温, 200°C から 215°C まで $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 加温のプログラムで分析した。注入口温度は 220°C , 検出温度は 280°C とし, 搬送ガスはヘリウムで, 流量は $0.6\text{ml}/\text{分}$ とした。クロマトグラムデータはAgilent Chemstation (信和化工株式会社) を用いて解析を行った。各脂肪酸のピークは標準脂肪酸試料の保持時間を比較することによって同定し, 脂肪酸割合は合計したピーク面積に占める割合により算出した。

6 鶏肉スープの官能評価

(1) 鶏肉スープの調製

対照区, 4W 玄米代替区, 8W 玄米代替区のモモ肉をスープにして官能評価を行った。試験1では脂肪を除いた鶏肉スープ, 試験2では脂肪を含んだ鶏肉スープを評価に用いた。鶏肉スープは地鶏及びブロイラー肉の識別・評価法 (日本種鶏孵卵協会, 2008) を一部改変し調製した。

鶏肉を冷蔵庫内で24時間解凍後, 皮を取り除き, 細切りした。カットした肉100gに625mlの純水を加えて肉塊をほぐし, 30分間静置した後, 強火で加熱し, 沸騰後火を弱め, あくを取りながら70分間加熱した。

スープを常温に冷ました後, 4重にしたガーゼでスープをろ過し, 塩分濃度が0.3%になるように0.75gの食塩を加え, 250mlになるように加水した。そのうち125mlをろ紙 (No.2) でろ過し, 試験1 (脂肪を除いたスープ) に使用する試料, 残りのスープを試験2 (脂肪を含んだスープ) に使用する試料とした。脂肪を含んだスープについては, パネリストへ提供する際, 可能な限り脂肪の量が同じになるように調製した。

(2) 評価方法

官能評価は一般財団法人日本食品分析センターの訓練された12名のパネリストによって、分析型パネルによる七段階評点法により実施した。パネリストは対照区をコントロール（評点=0）として評価を行い、コントロールに対して4W玄米代替区あるいは8W玄米代替区が強い（スコア=+3, +2, +1）あるいは弱い（スコア=-3, -2, -1）かどうか記載した。評価の際は検体に3桁の乱数を付し、先と後の評価順序が半々になるようにパネルを割り付けた。スープは2mlずつカップに分注し、室温（23℃から24℃）の状態で評価を行った。評価項目は全体的な味の強さ、うま味の強さ、コク味の強さ、風味の強さ、および後味の強さとした。評価項目については、舌で感じる味に加え、喉から鼻に抜ける香り（レトロネイザルアロマ）を含んだ際の評価とし、風味は口に入れた時に感じる総合的な刺激として評価した。

7 統計処理

肉質の分析には、Excel 統計 2006 ソフトウェア（Social Survey Research Information, 東京）を用いて一元配置分散分析法による有意差検定を行い、平均値間の差の検定は Scheffe の多重比較検定を用いた。官能評価の分析には、Kruskal-Wallis 検定を用いた。P 値が 0.05 未満の差を有意差とした。

結 果

1 玄米（秋田 63 号）の一般成分および遊離アミノ酸含量

秋田 63 号の水分は 13.5%, 粗蛋白質は 7.1%, 粗脂肪は 1.7%, 粗繊維は 2.0%, 粗灰分は 1.2% であった（表 2）。秋田 63 号の主な遊離アミノ酸はアスパラギン酸, グルタミン酸, グルタミン, アルギニン, アスパラギン, およびセリンであった（表 3）。

表 2 供試した玄米(秋田63号)の一般成分(%)

水分	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
13.5	7.1	1.7	2.0	1.2

表 3 供試した玄米(秋田63号)のアミノ酸含量

	アミノ酸含量(mg/100g)	アミノ酸名	アミノ酸含量(mg/100g)
アスパラギン酸	44	バリン	4
スレオニン	4	イソロイシン	2
セリン	10	ロイシン	1
アスパラギン	12	チロシン	2
グルタミン酸	41	フェニルアラニン	1
グルタミン	21	ヒスチジン	2
プロリン	3	リジン	3
グリシン	2	アルギニン	17
アラニン	9	アミノ酸総量	178

表4 発育成績および解体成績

	対照区	4W玄米代替区	8W玄米代替区
試験終了時体重(g) ¹	2,629.2±40.3	2,749.6±39.9	2,703.0±38.7
14-22週齢平均日増体重(g) ¹	12.4±0.3 ^b	14.6±0.4 ^a	14.5±0.6 ^a
14-22週齢飼料摂取量(g)	114.4	120.9	119.4
14-22週齢飼料要求率	9.3	8.3	8.2
解体成績(%) ²			
モモ肉	21.5±0.3	20.7±0.3	21.0±0.2
ムネ肉	12.9±0.7	12.4±0.3	12.2±0.3
ササミ	3.7±0.1	3.6±0.1	3.6±0.1
心臓	0.4±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0
肝臓	1.1±0.0	1.2±0.1	1.2±0.1
砂肝	2.7±0.1	2.4±0.1	2.5±0.2
腹腔内脂肪	3.2±0.4	4.6±0.3	4.1±0.6

¹, 平均値(n=29)±標準誤差², 平均値(n=6)±標準誤差同じ行の異符号間に有意差あり($P < 0.05$)

表5 モモ肉の色および腹腔内脂肪色

	対照区	4W玄米代替区	8W玄米代替区
モモ肉			
L*値	53.1±1.3 ^b	57.1±1.2 ^{ab}	58.5±1.4 ^a
a*値	14.9±0.4	14.3±0.2	14.3±0.4
b*値	16.1±0.3	15.2±0.4	14.9±0.4
腹腔内脂肪			
L*値	67.1±0.7 ^b	69.9±0.6 ^a	70.7±0.7 ^a
a*値	4.1±0.4 ^a	1.8±0.4 ^b	2.7±0.6 ^{ab}
b*値	28.6±1.1 ^a	22.1±0.9 ^b	16.0±1.0 ^c

平均値(n=6)±標準誤差

同じ行の異符号間に有意差あり($P < 0.05$)

表6 モモ肉のドリップロスおよび加熱損失率(%)

	対照区	4W玄米代替区	8W玄米代替区
ドリップロス ¹	5.6±0.1	4.9±0.0	5.6±0.1
加熱損失率 ²	15.3±0.7	17.3±0.9	16.9±0.9

^{1,2}, 平均値(n=6)±標準誤差

表 7 モモ肉の遊離アミノ酸含量 (mg/100g)

	対照区	4W玄米代替区	8W玄米代替区
アスパラギン酸	15.0±0.7 ^b	18.0±0.9 ^a	18.0±0.7 ^a
スレオニン	5.0±0.5	5.0±0.4	4.5±0.5
セリン	8.7±0.3 ^b	11.8±0.7 ^a	11.0±0.4 ^a
アスパラギン	3.2±0.2	3.2±0.2	3.2±0.2
グルタミン酸	23.2±1.2 ^b	27.8±1.2 ^a	27.3±0.7 ^{ab}
グルタミン	42.7±2.0 ^b	55.2±1.3 ^a	48.7±2.3 ^{ab}
プロリン	2.0±0.0 ^b	2.3±0.2 ^{ab}	2.7±0.2 ^a
グリシン	9.2±0.5 ^{ab}	9.7±0.4 ^a	7.8±0.3 ^b
アラニン	16.5±0.7	17.0±0.5	17.2±0.8
バリン	3.2±0.2	3.3±0.2	3.7±0.2
メチオニン	0.8±0.2	1.0±0.0	1.3±0.2
イソロイシン	1.8±0.2	2.0±0.0	2.0±0.0
ロイシン	3.2±0.2 ^b	3.8±0.2 ^{ab}	4.5±0.2 ^a
チロシン	2.7±0.2	2.5±0.2	2.5±0.2
フェニルアラニン	1.7±0.2	2.0±0.0	2.2±0.2
ヒスチジン	3.3±0.2	3.3±0.2	3.3±0.2
リジン	8.0±1.1	9.2±0.3	8.5±0.2
アルギニン	4.5±0.2 ^b	6.2±0.5 ^a	6.2±0.3 ^a
アミノ酸総量	154.5±5.0 ^b	183.3±3.2 ^a	174.5±4.0 ^a

平均値 (n=6) ± 標準誤差

同じ行の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

2 発育成績および解体成績

発育成績および解体成績を表 4 に示した。試験終了時の体重は各区間に有意な差は認められなかったが、14-22 週齢平均日増体重は 4 W 玄米代替区と 8 W 玄米代替区が対照区より有意に優れていた。解体成績については各区間に有意な差は認められなかった。

3 モモ肉の色および腹腔内脂肪色

モモ肉の色および腹腔内脂肪色を表 5 に示した。モモ肉の色については、8 W 玄米代替区が対照区より L* 値が有意に高かった。腹腔内脂肪色

については、4 W 玄米代替区が対照区より L* 値が有意に高く、a* 値と b* 値が有意に低かった。

8 W 玄米代替区も同様に対照区より L* 値が有意に高く、b* 値が有意に低かった。また、8 W 玄米代替区は 4 W 玄米代替区より b* 値が有意に低かった。

4 モモ肉のドリップロスおよび加熱損失率

モモ肉のドリップロスおよび加熱損失率を表 6 に示した。ドリップロスおよび加熱損失率は試験区間に有意な差は認められなかった。

表8 モモ肉の脂肪酸組成(%)

		対照区	4W玄米代替区	8W玄米代替区
ミリスチン酸	C14:0	0.63±0.02 ^b	0.72±0.02 ^a	0.72±0.02 ^a
ミリストレイン酸	C14:1	0.10±0.00 ^b	0.18±0.02 ^a	0.15±0.02 ^{ab}
ペンタデカン酸	C15:0	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
パルミチン酸	C16:0	24.00±0.13 ^b	25.58±0.32 ^a	25.78±0.22 ^a
パルミトレイン酸	C16:1	4.40±0.17 ^b	5.35±0.34 ^a	5.70±0.36 ^a
ヘプタデカン酸	C17:0	0.17±0.02 ^a	0.10±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b
ステアリン酸	C18:0	7.42±0.16	7.53±0.17	7.57±0.31
オレイン酸	C18:1	37.37±0.75 ^b	40.44±0.60 ^a	42.38±0.68 ^a
リノール酸	C18:2 (n-6)	21.47±0.54 ^a	16.22±0.80 ^b	13.55±0.76 ^b
αリノレン酸	C18:3 (n-3)	0.82±0.03 ^a	0.63±0.03 ^b	0.55±0.04 ^b
γリノレン酸	C18:3 (n-6)	0.17±0.02 ^a	0.10±0.00 ^b	0.13±0.02 ^{ab}
アラキジン酸	C20:0	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
イコセン酸	C20:1	0.33±0.02	0.35±0.02	0.40±0.00
イコサジエン酸	C20:2 (n-6)	0.12±0.02	0.10±0.00	0.10±0.00
イコサトエリン酸	C20:3 (n-6)	0.18±0.02	0.18±0.02	0.15±0.02
アラキドン酸	C20:4 (n-6)	1.72±0.15	1.65±0.13	1.58±0.14
ベヘン酸	C22:0	0.02±0.02	0.00±0.00	0.05±0.02
ドコサペンタエン酸	C22:5 (n-3)	0.15±0.02	0.17±0.02	0.17±0.02
ドコサヘキサエン酸	C22:6 (n-3)	0.37±0.02	0.37±0.02	0.32±0.02
リグノセリン酸	C24:0	0.28±0.02	0.27±0.02	0.28±0.02
n-6/n-3比		17.86±0.57 ^a	15.82±0.95 ^b	15.08±0.34 ^b

平均値(n=6)±標準誤差

同じ行の異符号間に有意差あり($P < 0.05$)

5 モモ肉の遊離アミノ酸含量

モモ肉中の遊離アミノ酸含量を表7に示した。4W玄米代替区および8W玄米代替区は対照区よりアスパラギン酸、セリン、アルギニン、およびアミノ酸総量が有意に多かった。また、4W玄米代替区は対照区よりグルタミン酸とグルタミンが有意に多く、8W玄米代替区は対照区よりプロリンとロイシンが有意に多かった。4W玄米代替区は8W玄米代替区よりグリシンが有意に多かったが、他の遊離アミノ酸に有意な差は認められなかった。

6 モモ肉の脂肪酸組成

モモ肉の脂肪酸組成を表8に示した。4W玄米代替区および8W玄米代替区は対照区よりミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、およびオレイン酸含有率が有意に高く、ヘプタデカン酸、リノール酸、αリノレン酸含有率およびn-6/n-3比が有意に低かった。また、4W玄米代替区は対照区よりミリストレイン酸含有率が有意に高く、γリノレン酸含有率が有意に低かったが、4W玄米代替区と8W玄米代替区の間に有意な差は認められなかった。

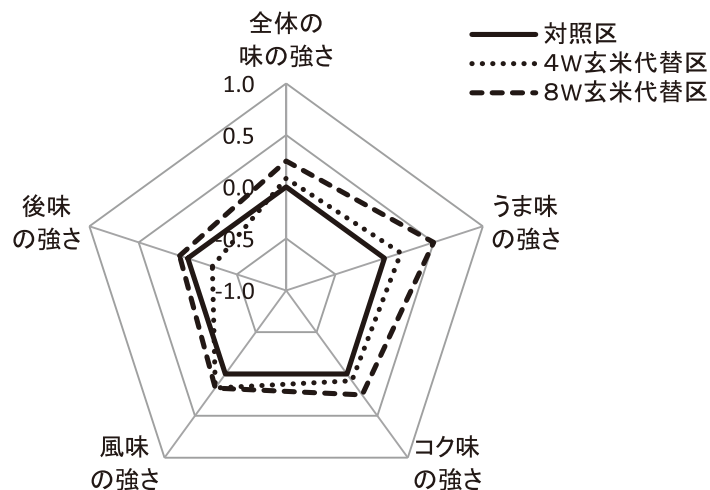


図1 脂肪を除いた鶏肉スープの官能評価結果

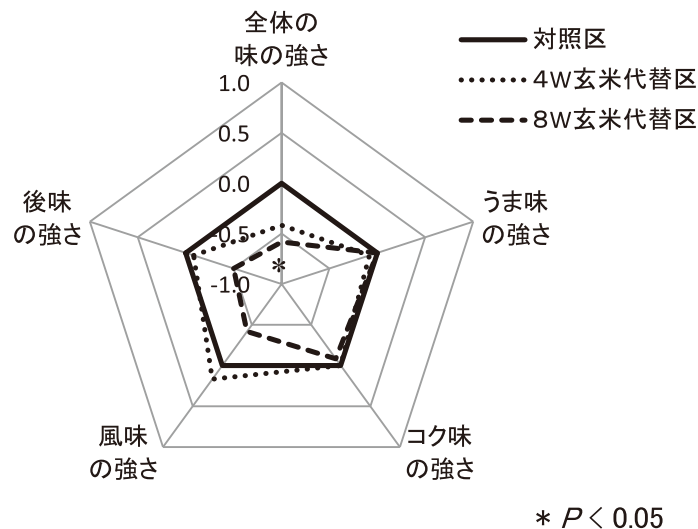


図2 脂肪を含んだ鶏肉スープの官能評価結果

7 鶏肉スープの官能評価

鶏肉スープの官能評価結果を図1と図2に示した。脂肪を除いた鶏肉スープでは、全ての項目において有意な差は認められなかった(図1)。一方、脂肪を含んだ鶏肉スープでは、8W玄米代替区が対照区より全体の味の強さが有意に低い値を示した(図2)。

考 察

本研究では、飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価

に及ぼす影響を明らかにするため、と殺4週間前あるいは8週間前から飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替した比内地鶏の肉質分析および鶏肉スープの官能評価を実施した。

本研究で供試した秋田63号は秋田県で育成された食用として実用可能な初の大粒品種であり、千粒重は一般ジャポニカ品種に比べ30%大きい超多収品種である(金田と前, 2006)。小玉ら(2014)は2006年から2009年にかけて秋田63号の粗蛋白質含量を測定した結果、その含量は6.23~7.21%(平均6.93%)と報告しているが、

本試験における秋田63号の粗蛋白質含量(7.1%)はその平均値よりもやや高い値を示した。飼料用玄米は品種や施肥量によっても粗蛋白質含量が異なる(勝俣ら, 2013)ことが報告されているが、秋田63号は他の飼料用玄米とほぼ同じ値を示した。秋田63号の遊離アミノ酸は他の食用米(杉山ら, 1995; 鯨ら, 2008; 大能と伊藤, 2013)や飼料用玄米(石田ら, 2014)と同様にアスパラギン酸, グルタミン酸, グルタミン, アルギニン, アスパラギン, セリンが主であった。これらの結果から、秋田63号は他の飼料用米と同様の成分を有していることが示唆された。

4W玄米代替区と8W玄米代替区の14-22週齢における平均日増体重は有意に優れていた。9週齢から22週齢までトウモロコシを玄米へ全量代替した飼料を給与した比内地鶏においても、トウモロコシ主体の飼料を給与した対照区より体重や平均日増体重が優れる傾向にあることが確認されている(小松ら, 2011)。また、ブロイラーにおいてもトウモロコシを玄米へ全量代替することによって体重が増加する傾向にあることが確認されている(Nantoら, 2012; 龍田と石川, 2015)。これらの結果は、玄米への全量代替が肉用鶏の発育に好影響を与え、トウモロコシとの全量代替が可能であることを示唆している。平均日増体重が向上した要因として、一つは飼料摂取量の差が挙げられる。過去の報告においてもトウモロコシを玄米へ全量代替することによって飼料摂取量が多くなる傾向が確認されている(Nantoら, 2012; 龍田と石川, 2015)。また、二つ目としてトウモロコシと玄米の消化率の違いが挙げられる。Hondaら(2011)は玄米のアミノ酸吸収率はトウモロコシに比べ高いことを報告しており、トウモロコシを玄米へ代替することによって吸収率が向上し、その結果、玄米代替区の平均日増体重が向上した可能性がある。

モモ肉の色については、8W玄米代替区が対照

区よりL*値が有意に高かった。ブロイラーにおいても同様にトウモロコシを玄米へ全量代替した飼料を給与することによってモモ肉およびムネ肉のL*値が上昇する傾向が確認されている(Nantoら, 2012)。また、龍田と正木(2017)もトウモロコシを玄米へ全量代替した飼料を給与することによって「ひょうご味どり」のモモ肉およびムネ肉の色が有意に淡くなることを報告している。腹腔内脂肪の色については、4W玄米代替区が対照区よりL*値が有意に高く、a*値とb*値が有意に低かった。8W玄米代替区も同様に対照区よりL*値が有意に高く、b*値が有意に低かった。この結果はNantoら(2012)の報告と一致していた。また、b*値は玄米の代替期間が長くなるにつれて有意に値が低下した。今回、皮の色については測定していないが、肉色や腹腔内脂肪色と同様に玄米代替区では黄色味が低下した。トウモロコシには全乾物中19mg/kgのキサントフィルが含まれている(日本標準飼料成分表, 2009)のに対し、玄米は検出限界以下であることから、本試験において認められた肉色の違いは黄色の色素であるキサントフィル含量の違いによることが示唆される。

モモ肉中の遊離アミノ酸含量については、龍田と石川(2014, 2015)および龍田と吉田(2016)はブロイラーあるいはひょうご味どりにおいて、玄米あるいは粳米への全量代替による顕著な差は認められなかったことから、遊離アミノ酸含量は米の影響を受けにくいと考察している。しかしながら、本研究では飼料代替区と対照区においてアスパラギン酸, セリン, グルタミン酸, グルタミン, プロリン, ロイシン, アルギニン, およびアミノ酸総量に有意な差が認められ、特にグルタミン酸やグルタミンの顕著な増加が認められた。食餌由来のグルタミン酸は小腸細胞のエネルギー基質として消費されるため、筋肉中のグルタミン酸の変動は食餌由来のグルタミン酸に由来しないと

されている (Reeds ら, 1996) が, 近年, 飼料中のロイシンやリジンの変動によって筋肉中の遊離グルタミン酸含量が変動することが報告されている (Imanari ら, 2007, 2008; Watanabe ら, 2015, 2017). Imanari ら (2007) は飼料中のロイシンが減少することにより, 筋肉中の遊離グルタミン酸含量が増加することから, ロイシンは筋肉中の遊離グルタミン酸含量を調節する要因物質であると考察している. 玄米とトウモロコシのアミノ酸を比較すると, 組成はほぼ同じであるが, 玄米ではロイシンの含量がトウモロコシより少ない (日本標準飼料成分表, 2009) ことから, 組成の違いによって生体内のアミノ酸代謝が変動し, 筋肉中の遊離グルタミン酸含量やグルタミンが増加した可能性がある.

モモ肉中の脂肪酸組成については, 玄米代替区は対照区よりミリスチン酸, パルミチン酸, パルミトレイン酸, およびオレイン酸含有率が有意に高く, ヘプタデカン酸, リノール酸, α リノレン酸含有率, および n-6/n-3 比が有意に低かった. なかでもオレイン酸とリノール酸含有率の変化は顕著であった. この結果は過去の報告 (小松ら, 2011; 龍田と石川, 2015; 龍田と正木 2017; 平川ら, 2018) と同様であった. 玄米はトウモロコシと比較してリノール酸が少なく, オレイン酸が多い. このことから飼料中のリノール酸割合が低くなった結果, オレイン酸を含めた他の脂肪酸の割合が相対的に高くなった. オレイン酸は二ワトリの体内でも合成されるため, 飼料中の割合がモモ肉の脂肪酸組成に直接反映されるわけではないが, 飼料中のトウモロコシを玄米へ代替すると, 玄米の代替割合が高いほどモモ肉中のオレイン酸含有率が増加し, リノール酸含有率が低下することが確認されている (小松ら, 2011; 龍田と石川, 2015; 龍田と正木 2017). したがって, モモ肉の脂肪酸組成の変化はリノール酸割合の低下に伴う相対的な変化によるものかもしれない.

比内地鶏はモモ肉のアラキドン酸含有率が高く, 独特の風味を有しているのが特徴である (Rikimaru と Takahashi, 2010). Kiyohara ら (2011) はパーム油, コーン油, アラキドン酸高含有油を 5 % 給与した比内地鶏の鶏肉スープの官能評価を行った結果, 鶏肉スープのグルタミン酸含量やうま味強度に差がなくてもアラキドン酸高含有油を与えた鶏肉スープはうま味の強さ, コク味の強さ, 後味の強さ, および全体的な味の強さの値が高まることを報告している. このことから, 我々は鶏肉スープを評価する際に過去の報告と同様に鶏肉スープを抽出する際に脂肪を取り除くのではなく, 脂肪を含んだ鶏肉スープで評価すると結果が異なるのではないかと想定し, 二つの手法を用いて評価を行った. 脂肪を除いた鶏肉スープでは, 玄米代替区は全ての項目において対照区と有意な差は認められなかったが, 脂肪を含んだ鶏肉スープでは, 8 W 玄米代替区は対照区より全体の味の強さの値が有意に低くなった. これらの結果は玄米を長期間給与した比内地鶏の脂肪はトウモロコシを給与した比内地鶏の脂肪より味への増強効果が弱いことを示唆している.

近年, 油脂がげっ歯類やヒトの味覚に関与していることが示唆されている (Chaudhari と Roper, 2010; Mattes, 2011; Running ら, 2015; Besnard ら, 2016; Running と Mattes, 2016). 薄木と鎌田 (2006) はコンソメ系のスープへ油脂を添加すると, 官能評価においてうま味とコクが増強し, 市販スープを脱脂すると, うま味とコクが大幅に減少することからスープ中の油脂がうま味やコクの強さに関与していることを示唆している. 鶏肉スープのように油脂を加熱調理に使用する場合には, 調理時の加熱によって油脂酸化物が生成されるが, 清原ら (2009) は酸化リノール酸水抽出物を醤油希釈水へ添加すると, 無添加醤油希釈液と比較してうま味, コク味, および後味の値が有意に強くなること, 長鎖脂肪酸であるリノ

レン酸, アラキドン酸, ドコサヘキサエン酸, およびエイコペンタエン酸の酸化脂肪酸水抽出水を添加すると, 全ての脂肪酸においてうま味, コク味, および後味の値が強くなり, なかでもアラキドン酸が最も味の増強作用が強いことを明らかにした. また, アラキドン酸油脂を植物油へ添加して調製した野菜スープではうま味, コク味, および後味などの値が有意に強まることを確認している. 我々の過去の研究においても, アラキドン酸高含有油を与えた比内地鶏の鶏肉スープではうま味, コク味, 後味, および全体的な味の強さの値が高まることが確認されている (Kiyohara ら, 2011). さらに, 山口ら (2010) や Yamaguchi ら (2010, 2013) は, 酸化アラキドン酸水抽出物をグルタミン酸ナトリウムと混合すると, グルタミン酸ナトリウム単独溶液よりもうま味が有意に強くなることを確認している.

鶏だしの香気特性に最も寄与する成分として, 4つの香気成分 (methylpyrazine, 2-ethyl-4-methylthiazole, 3-(methylthio)propanal, (E,E)-2,4-decadienal) が報告されている (Takakura ら, 2014). そのうち methylpyrazine, 2-ethyl-4-methylthiazole, および 3-(methylthio)propanal は肉由来のアミノ-カルボニル反応を端緒とする反応が主な生成経路であるが, (E,E)-2,4-decadienal は脂肪由来の脂質酸化分解の反応が主な生成であり, リノール酸やアラキドン酸の酸化による最も強い香気化合物の一つでもある (Blank ら, 2001; Calkins と Hodgen, 2007). これらの結果は鶏肉スープのような食感に関係のない食品においてもリノール酸やアラキドン酸などの長鎖脂肪酸の酸価生成物が味覚に重要な役割を果たしていることを示唆している. 8W 玄米代替区のもも肉では対照区と比較してリノール酸やアラキドン酸の含有率が低下したことから, 脂肪酸の酸化生成物が減少し, その結果, 鶏肉スープを飲んだ際に脳への味の伝達シグナルが弱くなり, 味に対

する味覚感知が弱まった可能性がある. また, 同じ鶏肉スープを使っても脂肪を除いたスープと脂肪を含んだスープでは, 評価結果が異なる可能性が示唆された. しかしながら, 今回の研究では直接脂肪の有無による鶏肉スープの評価の比較を行っていないこと, リノール酸やアラキドン酸などの長鎖脂肪酸の酸化による香気化合物は他にも数種類報告されていることから (Blank ら, 2001; Calkins と Hodgen, 2007), 脂肪の有無による鶏肉スープの評価結果の違いを明らかにするには, さらなる研究が必要であろう.

本研究の結果から, 比内地鶏へと殺前8週間, 飼料中のトウモロコシを玄米へ全量代替して給与しても発育には影響がなかった. しかしながら, 肉質については玄米へ全量代替することによって肉色, 腹腔内脂肪色, 遊離アミノ酸含量, 脂肪酸組成が大きく変化するだけでなく, 脂肪を含んだ鶏肉スープでは味の強さが弱まることが示された. 我国の家禽産業にとって飼料自給率を高めることは必要であるが, 鶏肉の流通・販売者にとって味の変化は大きな問題となる. それ故, 今後は飼料用米を最大限に利用しつつ, かつ, 鶏肉の味に影響を与えない給与技術の確立が望まれる.

謝 辞

本研究は「収益力向上のための研究開発 (国産飼料の安定生産と魅力向上のための技術開発)」 「飼料用米の給与による畜産物の差別化技術及び家畜の健全性向上技術の開発」プロジェクトの助成を受けて実施した.

本報告は日本家禽学会の許可を得て, 日本家禽学会誌, 第55巻 第J2号, J41-J50頁, 2018年に掲載された論文を転載したものである.

引用文献

秋田県. 2015. 秋田県飼料用米栽培マニュアル. 2頁. 秋田県農業試験場. 農林水産部水田総合

- 利用課.
- Besnard P, Passilly-Degrace P and Khan Na. 2016. Taste of fat : A sixth taste modality ?. *Physiological Reviews*, 96. 151-176.
- Blank I, Lin J, Vera FA, Welte DH and Fay LB. 2001. Identification of potent odorants formed by autooxidation of arachidonic acid: structure elucidation and synthesis of (E,Z,Z)-2,4,7-tridecatrienal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49. 2959-2965.
- Calkins Cr and Hodgen JM. 2007. A fresh look at meat flavor. *Meat Science*, 77. 63-80.
- Chaudhari N and Roper SD. 2010. The cell biology of taste. *The Journal of Cell Biology*, 285-296.
- 大能俊久・伊藤善輝. 2013. 秋田県産米の遊離糖と遊離アミノ酸に関する研究. 秋田県総合食品研究センター報告, 15. 37-39.
- González-Alvarado JM, Jimenez-Moreno E, Lázaro R and Mateos GG. 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on product performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86. 1705-1715.
- 平川達也・西尾祐介・笠正二郎. 2018. 「はかた一番どり」への飼料用米の最大量給与が発育及び肉質に及ぼす影響. 福岡県農林業総合試験場研究報告, 4. 77-83.
- Honda K, Kamisoyama H, Ikegami K and Hasegawa S. 2011. Amino acid digestibility of rice at different sites of chicken intestines. *Journal of Poultry Science*, 48. 85-91.
- Imanari M, Kadowaki M and Fujimura S. 2007. Regulation of taste-active components of meat by dietary leucine. *British Poultry Science*, 48. 167-176.
- Imanari M, Kadowaki M and Fujimura S. 2008. Regulation of taste-active components of meat by dietary branched-chain amino acids; effects of branched-chain amino acid antagonism. *British Poultry Science*, 49. 299-307.
- 石田藍子・芦原茜・小林裕之・勝俣昌也. 2014. 育成豚における飼料用玄米の回腸末端アミノ酸消化率. *日本養豚学会誌*, 51. 159-167.
- 地鶏及びブロイラー肉の識別・2008. 評価法—風味と成分を中心とした識別・評価事例—. 6頁. 社団法人日本種鶏孵化協会. 東京.
- 金田吉弘・前忠彦. 2006. 超多収イネ「秋田63号」の窒素生産効率と乾物生産効率と乾物生産特性. 日本土壌学会編. イネの生産性・品質と栄養生理. 135-166頁. 博友社. 東京.
- 勝俣昌也・石田藍子・豊田裕子. 2013. 生産現場で収穫した飼料用の化学組成ならびに保管条件が玄米と粳米の脂肪酸度におよぼす影響. *日本養豚学会誌*, 50. 164-172.
- 清原玲子・山口進・潮秀樹・下村道子・市川朝子. 2009. アラキドン酸の油脂調理食品への添加効果. *日本調理科学会誌*, 42. 1-6.
- Kiyohara R, Yamaguchi S, Rikimaru K and Takahashi H. 2011. Supplemental arachidonic acid-enriched oil improves the taste of thigh meat of Hinai-jidori chickens. *Poultry Science*, 90. 1817-1822.
- 小玉郁子・川本朋彦・松本眞一・佐藤馨・田口光雄・京谷薫・加藤武満・畠山俊彦・眞崎聡. 2014. 水稻超多収品種「秋田63号」の育成. 秋田県農業試験場研究報告, 54. 1-20.
- 小松恵・力丸宗弘・石塚条次. 2011. 比内地鶏への玄米給与が発育および肉質に及ぼす影響. 秋田県畜産試験場研究報告, 25. 84-88.
- 小松恵・力丸宗弘・高橋大希・石塚条次. 2012. 粳米の給与が比内地鶏の生産性に及ぼす影響. 秋田県畜産試験場研究報告, 26. 67-73.
- 鯨幸夫・佐藤美世子・榎本俊樹・梅本英之.

2008. 有機栽培がコシヒカリの生育, 出液および玄米に含まれるアミノ酸含量に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 43. 5-9.
- Mae T, Inada A, Kaneta Y, Masaki s, Sasaki M, Aizawa M, Okawa S, Hasegawa S and Makino A. 2014. A large-grain rice cultivar, Akita63, exhibits high yields with high physiological N efficiency. *Field Crops Reserch*, 97. 227-237.
- Mattes RD. 2011. Accumulating evidence supports a taste component for free fatty acids in humans. *Physiology & Behavior*, 104. 624-631.
- Nanto F, Kikusato M, Ito C, Sudo S and Toyomizu M. 2012. Effects of Dehulled, crushed and untreated whole-grain paddy rice on growth performance in broiler chickens. *Journal of Poultry Science*, 49. 291-299.
- 日本標準飼料成分表 (二〇〇九年版). 2010. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編. 初版. 246 頁. 社団法人中央畜産会. 東京.
- 農林水産省. 2017a. 飼料をめぐる情勢 (平成 29 年 11 月). 生産局畜産部飼料課. 消費・安全局畜水産安全管理課.
- 農林水産省. 2017b. 農林水産統計. 農業経営統計調査 平成 28 年個別経営の営農類型別経営統計—酪農・肉用牛・養豚・採卵養鶏・ブロイラー—養鶏経営— (平成 29 年 12 月). 大臣官房統計部.
- 農林水産省. 2017c. 飼料用米の推進 (平成 29 年 11 月). 政策統括官.
- 農林水産省. 2017d. 新規需要米等の用途別作付・生産状況の推移 (平成 20 年産～平成 28 年産). 政策統括官付穀物課.
- 大口秀司・中村和久・今井幸一・吉岡理恵・長尾健二・井田雄三・大矢剛久・木野勝敏. 2015. 配合飼料への全粒粳米の添加量及び給与時期が肉用名古屋種の生産性及び産肉性に及ぼす影響. 愛知県農業総合試験場研究報告, 47. 155-158.
- 尾崎裕昭・上松亜紀子・森田紀嗣・橋本紘子. 2012. 鶏における飼料米給与試験. 鳥取県農林水産部農林総合研究所中小家畜試験場研究報告, 56. 28-31.
- Reeds PJ, Burrin DG, Jahoor F, Wykes L, Henry J and Frazer EM. 1996. Enteral glutamate is almost completely metabolized in first pass by the gastrointestinal tract of infant pigs. *American Journal of Physiology*, 270. E413-E418.
- Rikimaru and Takahashi. 2010. Evaluation of the meat from Hinai-jidori chickens and broilers: Analysis of general biochemical components, free amino acids, inosine 5' - monophosphate, and fatty acids. *Applied poultry research*, 19: 327-333.
- Running CA, Craig BA and Mattes DM. 2015. Oleogustus : The unique taste of fat. *Chemical Senses*, 40. 507-516.
- Running CA and Mattes DM. 2016. A Review of the evidence supporting the taste of non-esterified fatty acids in humans. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93. 1325-1336.
- 西藤克己・田鎖高晴・對馬義弘. 1997. 青森シャモロックに対するくず米給与試験. 青森県畜産試験場試験研究成績書 (平成 7 年～8 年), 52-59.
- 杉山智美・小西雅子・寺崎太二郎・畑江敬子・島田淳子. 1995. 米粒中の微量成分とその偏在. *日本食品科学工学会誌*. 42. 401-409.
- 立川昌子・石川寿美代・早川博・北和夫. 2013. 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米 (モミ米) 給与試験— 2. 2 週齢から 10 週間給与—岐阜県畜産研究所報告, 13. 16-23.
- 立川昌子・石川寿美代・白井秀義・北和夫.

- 2014a. 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米（モミ米）
給与試験－ 4. 同一代謝エネルギー条件での飼
料用米給与比較－岐阜県畜産研究所報告, 14.
19-25.
- 立川昌子・石川寿美代・白井秀義・北和夫.
2014b. 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米（モミ米）
給与試験－ 5. 餌付け時から飼料用米給与－岐
阜県畜産研究所報告, 14. 26-33.
- 高橋大希・力丸宗弘・小松恵・石塚条次. 2012.
仕上げ期の飼料用米添加飼料給与による比内地
鶏の生産性への影響. 秋田県畜産試験場研究報
告, 26. 74-80.
- Takakura Y, Mizushima M, Hayashi K, Masuzawa
T and Nishimura T. 2014. Characterization
of the key aroma compounds in chicken soup
stock using aroma extract dilution analysis.
Food Science and Technology Research, 20.
109-113.
- 龍田健・石川翔. 2013. 形状の異なる飼料用米が
ブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県立
農林水産技術総合センター研究報告, 49. 11-
16. (畜産編).
- 龍田健・石川翔. 2014. 飼料用全粒粉の給与割合
がブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県
立農林水産技術総合センター研究報告, 50.
9-14. (畜産編).
- 龍田健・石川翔. 2015. 飼料用全玄米の給与割合
がブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県
立農林水産技術総合センター研究報告, 51.
9-14. (畜産編).
- 龍田健・吉田恵実. 2016. 飼料用全粒粉の給与割
合が「ひょうご味どり」の生産性に及ぼす影響.
兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告,
52. 1-6. (畜産編).
- 龍田健・正木達規. 2017. 飼料用全粒玄米の給与
割合が「ひょうご味どり」の生産性に及ぼす影
響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報
告, 1. 7-13.
- 時田正樹. 2016. 飼料用米を活用したにいがた地
鶏の低コスト鶏肉生産技術の開発. 新潟県畜産
研究センター研究報告. 14, 59-61.
- 土黒定信・武政正明. 1981. ブロイラーにおける
数種類の全粒穀物の嗜好性と利用率. 日本家禽
学会誌, 18 301-306.
- 薄木理一郎・鎌田久仁子. 2006. 脂質は食品のお
いしさやこくに影響するか?. 尚絅学院大学紀
要, 53. 85-90.
- Yamaguchi S, Fujiwara H, Tashima I, Iwanaga
D and Ushio H. 2010. Effect of oxidized
arachidonic acid and hexanal on the mouse
taste perception of bitterness and umami.
Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,
74. 1884-1890.
- Yamaguchi S, Fujiwara H, Tashima I and Ushio
H. 2013. Oxidized arachidonic acid and hexanal
enhance mouse taste perception of monosodium
glutamate. Nutritional Neuroscience, 16. 54-60.
- 山口進・清原玲子・田島郁一・篠田明・岩永大
吾・潮秀樹・毛利健太郎. 2010. アラキドン酸
酸化生成物の哺乳類 MSG 味覚感知に及ぼす影
響. 美味技術研究会誌, 16. 17-23.
- Watanabe G, Kobayashi H, Shibata M, Kubota M,
Kadowaki M and Fujimura S. 2015. Regulation
of free glutamate in meat by dietary lysine in
broilers. Animal Science Journal, 86. 435-442.
- Watanabe G, Kobayashi H, Shibata M, Kubota M,
Kadowaki M and Fujimura S. 2017. Reduction
of dietary lysine increases free glutamate
content in chicken meat and improves its taste.
Animal Science Journal, 88. 300-305.

秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧 (2018年4月～2019年3月)

誌 名	題 名	掲 載 者	掲 載 年 等
日本家禽学会誌	飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響	力丸宗弘, 青谷大希, 佐藤悠紀	日本家禽学会誌 55.J41-J50.2018

秋田県畜産試験場研究報告

平成31年 3 月22日発行

編集兼発行 秋田県畜産試験場

代表者 佐 藤 行

〒019-1701

秋田県大仙市神宮寺字海草沼谷地13-3

電 話 総 務 企 画 室 0187(72)2511

飼料・家畜研究部 3814, 3871

比内地鶏研究部 3813

F A X 総 務 企 画 室 0187(72)4371

研 究 部 2807

印 刷 所 株式会社 三森印刷

〒014-0021

秋田県大仙市福田町12-29

電 話 0187(62)0433

F A X 0187(62)0426

「この印刷物は、300 部印刷して、単価は 297 円です。」

