

Bulletin of the
Akita Prefectural Livestock Experiment Station

NO.38 March 2024

秋 田 県 畜 産 試 験 場 研 究 報 告

第 38 号
令和6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38号(令和6年3月)

目 次

1 黒毛和種の産肉能力検定成績(2023年度)	関屋万里生 1~5 高橋ひろの 佐藤 咲 高橋 利清
2 つなぎ飼ひ搾乳牛舎への省力化機器導入に係る省力効果と生産性の検討	安田 朱里 6~11 加藤真姫子 平川 百佳 石川すばる
3 オオムギを用いたリビングマルチ及び肥効調節型肥料が 飼料用トウモロコシの収量に与える影響	由利奈美江 12~17 渡邊 潤
4 黒毛和種の産肉形質に関するゲノム育種価評価の精度検証	高橋ひろの 18~21 今野 紗知 佐藤 咲 高橋 利清 関屋万里生
5 収穫調製方法が稲わらサイレージの発酵品質に及ぼす影響	高橋 利清 22~26 渡部 一弥 西野 瞭 佐藤 咲 高橋ひろの 関屋万里生
6 コレシストキニンA受容体遺伝子を指標とした比内地鶏の発育改善に関する研究(第2報) ーゲノム育種による比内地鶏の増体性の改良効果の検証ー	力丸 宗弘 27~32 鹿野 亜海 田澤 謙 菅原二千花

7	乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育および生産性へ及ぼす影響 (第1報)	田澤 謙	33~41
		福田 栞	
		佐藤 冬彦	
		鹿野 亜海	
		力丸 宗弘	
8	乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育および生産性へ及ぼす影響 (第2報)	田澤 謙	42~50
		佐藤 冬彦	
		鹿野 亜海	
		菅原二千花	
		力丸 宗弘	
9	秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧		51

黒毛和種の産肉能力検定成績（2023年度）

関屋万里生・高橋ひろの・佐藤咲・高橋利清

要 約

種雄牛候補選抜のため、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する検定法に基づき各種検定を実施した。

1. 直接検定

七夕（血統：紀多福×隆之國×金幸）、和基60（福之姫×華春福×安福久）、の2頭の検定を実施。1日平均増体量は、七夕が1.41 kg、和基60が1.47 kgであった。

2. 現場後代検定

幸義福（幸紀雄×義平福×糸福（鹿児島））について後代検定調査牛19頭の枝肉調査を実施。各枝肉項目の平均は、枝肉重量523.9 kg、ロース芯面積62.7 cm²、バラ厚8.7 cm、皮下脂肪厚2.7 cm、歩留基準値74.4、BMSNo.8.9であり、枝肉重量は歴代の検定種雄牛で最高の成績であった。

緒 言

県内における黒毛和種の改良推進のため、高い産肉能力を持つ種雄牛の造成が重要である。秋田県では、昭和59年から、公益社団法人全国和牛登録協会（登録協会）が規定する各種産肉能力検定法により種雄牛を選抜し、多くの県有種雄牛を造成してきた。2023年度は、直接検定法により2頭、現場後代検定法により1頭の種雄牛候補について検定を実施した。

材料および方法

1. 直接検定

1) 検定牛

検定牛の概要を表1に示す。これらの検定牛は、県内において脂肪交雑の育種価が上位であり、かつ現在の黒毛和種において改良が必要とされる一価不飽和脂肪酸（MUFA）の育種価も上位である繁殖雌牛の雄産子の中から、産子調査により選抜された。

2) 検定方法

登録協会が定める産肉能力検定（直接検定法）

（2017）に準じ、次のとおり実施した。

(1) 検定場所

秋田県畜産試験場（秋田県大仙市神宮寺）の肉牛検定牛舎で実施した。

(2) 検定期間

各検定牛の検定期間は、規定に従い開始日から終了日までを16週間（112日間）とし実施した。検定開始前には20日間の予備飼育を行った。

(3) 給与飼料

濃厚飼料は直接検定用飼料で、配合割合を表2に示す。濃厚飼料は体重比で概ね1.0～1.3%を1日の給与量とし、朝夕2回に分けて給与した。粗飼料は購入チモシーをカットし不断給与した。飲水は自由とした。

(4) 検定調査項目

①体重測定

体重は開始時および2週間ごとに測定した。

②体型測定

体高、十字部高、体長、胸囲、胸幅、胸深、尻長、腰角幅、かん幅、坐骨幅の10部位を開始時および4週間ごとに測定した。

表1 直接検定を実施した検定牛の概要

名号	生年月日	血統			産地
		父	母父	母母父	
七夕	R4.7.7	紀多福	隆之国	金幸	由利本荘市
和基60	R4.7.14	福之姫	華春福	安福久	由利本荘市

表2 直接検定用濃厚飼料の配合割合（重量比:%）

とうもろこし	とうもろこし圧扁	ふすま	脱脂米ぬか	大豆粕	アルファルファミール	コーンGF	糖蜜	食塩	ミネラル	カルシウム剤	ビタミンADE剤	CP	TDN
5.7	30.0	28.0	3.7	9.6	5.0	15.0	1.0	0.5	0.03	1.38	0.09	15.5	70.0

③体型審査

開始時および終了時に実施した。

④飼料摂取量

濃厚飼料と粗飼料に区分して給与量と残飼量を毎日記録し、これらから飼料摂取量、余剰飼料摂取量、TDNおよびCPの摂取量を算出した。

2. 現場後代検定

1) 検定種雄牛

検定種雄牛の概要を表3に示す。この検定種雄牛は2017年度に実施した産肉能力検定（直接検定法）において選抜された候補種雄牛であった。

2) 検定調査牛

当场および県内の繁殖農家などが飼育する雌牛に、検定種雄牛の凍結精液を用いて調整交配を行い、それらの産子を検定調査牛とした。

3) 検定方法

登録協会が定める産肉能力検定（現場後代検定法）に準じ、次のとおり実施した。

(1) 肥育期間

肥育開始月齢は13ヵ月齢未満とし、肥育終了月齢は去勢牛で29ヵ月齢未満、雌牛で32ヵ月齢未満とした。

(2) 検定場所および後代検定調査牛の頭数

後代検定調査牛を肥育した検定農場および頭数を表4に示す。

(3) 飼養管理

各検定農場の肥育方法で飼養管理を行った。当場の検定飼料は次のとおり。

- ・濃厚飼料：肥育前期用（和牛肥育用、日清丸紅飼料（株）、TDN 69.0%以上、CP 15.0%以上）、肥育後期用（和牛仕上用、日清丸紅飼料（株）、TDN 72.0%以上、CP 12.5%以上）
- ・粗飼料：オーチャードグラス（1番草、出穂期、当场産）、稲わら

(4) 検定調査項目

①枝肉成績

公益社団法人日本食肉格付協会の格付員により評価された6形質（枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚、歩留基準値、BMS No.）の記録を使用した。

②筋間脂肪部位の脂肪酸割合

枝肉確認時に冷凍庫内で、食肉脂質測定装置（S-7040、株式会社相馬光学、東京）を使用し、第6-7肋骨間切開面の筋間脂肪部位の一価不飽和脂肪酸（MUFA）、飽和脂肪酸（SFA）およびオレイン酸（C18:1）を測定した。

③同期牛との屠畜月齢および脂肪酸割合の比較

同期牛として、検定調査牛の屠畜期間である令和4年8月1日から同年12月31日までに、株式会社秋田県食肉流通公社（秋田市河辺）において屠畜された秋田県産黒毛和種911頭のデータを用いた。

表3 現場後代検定を実施した検定種雄牛の概要

名号	登録番号	生年月日	血統			直接検定成績	
			父	母父	母母父	1日平均増体量	体格得点
幸義福	黒原6256	H29.7.15	幸紀雄	義平福	糸福(鹿児島)	1.38	83.7

表4 現場後代検定の検定農場および検定調査牛の頭数

検定農場		検定調査牛頭数		
農場名	所在地	去勢	雌	計
秋田県畜産試験場	大仙市		2	2
秋田県農業公社	大仙市	2		2
A農場	鹿角市	1		1
B農場	鹿角市	1		1
C農場	美郷町	1		1
D農場	仙北市	4	3	7
E農場	横手市		1	1
F農場	羽後町	3	2	5
8農場	計	12	8	20

得られたデータは、Rプログラムを用い、各測定値について分散分析を行った。

結果および考察

1. 直接検定

1) 発育成績

各検定牛の直接検定成績を表5に示す。

検定終了時の体高は、七夕が127.0 cmであり、登録協会が示す黒毛和種種雄牛の発育推定値の σ 値で0.90 σ と平均をやや上回ったものの、和基60が119.0 cmであり、 σ 値で-1.17 σ と平均をかなり下回った。

終了時体重は、七夕が444.0 kg (0.86 σ)、和基60が413.0 kg (0.53 σ)であり、いずれも発育推定値の平均を上回った。

また1日平均増体量は、七夕が1.41 kg、和基60が1.47 kgであり、いずれも、増体については十分な成績であった。

2) 体型審査

各検定牛の検定終了時の体型審査結果を表6に

示す。

七夕は、栄養度が6と適正範囲にあり、体伸、品位、資質に優れ、特に体上線、体下線の平直さが際立つ体型であった。しかしながら、背幅、肩後、外腿の充実がやや乏しく、前肢の肢勢にやや難があるなど、惜しまれる点もあり、審査得点は84.6点であった。

和基60は、栄養度が6と適正範囲にあり、資質、尻の形良く、腿下がりが充実し、特に顔品に優れていたものの、発育、均称が悪く、体深、背幅の充実に欠け、やや肩端の突出も見られたことから、審査得点は82.2点にとどまった。

今回直接検定を終了した2頭には、その増体能力の高さから、県内の黒毛和種における増体性の向上への貢献を期待できるとともに、それらの母牛から引き継いでいるであろう、脂肪質の能力の高さを発揮し、近年、県が重点的に取り組んでいるMUFAやC18:1などの脂肪質の改良へも貢献できると考える。

表 5 直接検定成績

名号	検定期間		日齢(日)		体高(cm)		体重(kg)			1日平均 増体量(kg)	余剰飼料摂取量		粗飼料 摂取率(%)
	開始	終了	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時	365日補正		TDN	CP	
七夕	R5.3.15	R5.7.5	251	363	117.0	127.0	286.0	444.0	446.8	1.41	653	110	51
和基60	R5.3.15	R5.7.5	244	356	110.0	119.0	248.0	413.0	426.2	1.47	580	98	51

表 6 直接検定終了時の体型審査結果

名号	栄養度	美点	欠点	審査得点
七夕	6	体の伸び、品位、体上線、体下線、 腿下がり	背幅、肩後、外腿、前肢勢	84.6
和基60	6	資質、尻の形、腿下がり、顔品	均称、体深、背幅、肩端	82.2

2. 現場後代検定

1) 枝肉成績

検定調査牛個々の枝肉成績，全頭平均および性別平均を表 7 に示す。

幸義福の後代検定は，去勢11頭，雌 8 頭の計 19頭で終了し，平均枝肉重量が523.9 kg，ロース芯面積が62.7 cm²，バラ厚が8.7 cm，皮下脂肪厚が2.7 cm，歩留基準値が74.4，BMSNo.が8.9であった。

全体の平均枝肉重量は，秋田県におけるこれまでの検定種雄牛の中で最も良い結果であった。

なお，出荷月齢超過のため，去勢 1 頭が検定成績から除外された。

2) 屠畜月齢および脂肪酸割合

検定調査牛および同期牛の屠畜月齢および脂肪酸割合を表 8 に示す。なお，検定調査牛においては，19頭のうち去勢 3 頭および雌 1 頭の脂肪酸が測定不能であったため，ここでは15頭でのデータとなっている。

屠畜月齢については，検定調査牛の屠畜月齢の平均は，去勢が28.1 ヲ月，雌が29.0 ヲ月，全体では28.5 ヲ月で，いずれも同期牛の平均（去勢 28.4 ヲ月，雌27.9 ヲ月，全体28.3 ヲ月）と同等であった。

脂肪酸割合については，各項目とも性による差が見られ，雌の平均値がMUFA及びC18:1では有意に高く，SFAでは有意に低い値であった

($P<0.05$)。

また，検定調査牛と同期牛の区分では有意な差はなく，検定調査牛の脂肪酸割合の平均は，去勢でMUFAが58.3 %，SFAが40.2 %，C18:1が52.6 %と同期牛の平均（MUFA 59.4%，SFA 39.3%，C18:1 53.5%）と同等であり，雌でMUFAが62.5 %，C18:1が56.5%と同期牛の平均（MUFA 61.0 %，C18:1 55.3%）より高く，SFAが36.5%で同期牛の平均(37.8%)よりやや低い結果であった。

これら現場後代検定の結果より，幸義福の産子には，他の種雄牛の産子と同等の屠畜月齢で，より多くの枝肉重量が期待でき，かつ，良質な脂肪に関わるMUFAやC18:1の脂肪酸割合についても同等以上の数値が期待できると考える。

今後は，幸義福を県有種雄牛として選抜し，幸義福が持つ高い能力を最大限に活かすため，繁殖雌牛との交配の組み合わせや産子の肥育方法の検討を行いながら，県内での活用を推進すべきであると考ええる。

謝 辞

検定にご協力いただいた，県内繁殖農家，肥育農場および関係団体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. 2017. 和牛登録事務必携（平成29年度版）. 63-74, 174-181.

表 7 幸義福の検定調査牛の枝肉成績

調査牛 番号	性別	血統		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.※	格付
		母父	母母父							
1	去勢	義安福	北国7の8	598.5	73	9.7	1.7	76.4	10	A-5
2	去勢	安福久	福桜	578.0	79	10.2	2.6	76.9	12	A-5
3	去勢	幸紀雄	義安福	577.0	58	9.2	3.3	72.9	11	A-5
4	去勢	秋忠平	茂勝鶴	525.0	61	8.1	2.8	73.7	9	A-5
5	去勢	茂洋	百合茂	445.5	64	7.1	2.0	75.1	10	A-5
6	去勢	安平照	茂重桜	534.5	66	9.4	2.3	75.5	10	A-5
7	去勢	21世紀	徳茂勝	437.5	60	8.5	2.2	75.5	9	A-5
8	去勢	徳茂勝	北平安	539.0	66	8.6	3.2	74.2	8	A-5
9	去勢	第2平茂勝	第1花国	524.5	63	8.9	2.0	75.2	7	A-4
10	去勢	好平茂	百合茂	661.0	63	11.7	3.0	74.5	8	A-5
11	去勢	安福久	平茂勝	524.5	52	8.0	2.3	72.9	7	A-4
12	去勢	安福久	勝忠平							
13	雌	華春福	安糸福	541.0	60	8.1	3.2	73.0	11	A-5
14	雌	百合茂	安福久	565.5	55	8.5	3.1	72.3	8	A-5
15	雌	松昭秀	安茂勝	398.0	51	7.3	2.6	73.7	7	A-4
16	雌	松糸華	第1花国	494.5	68	9.4	3.0	75.7	10	A-5
17	雌	百合白清2	安福久	583.5	65	9.2	3.6	73.5	11	A-5
18	雌	徳茂勝	茂重桜	477.5	62	8.8	3.4	74.4	9	A-5
19	雌	百合茂	安福久	545.0	70	8.1	2.4	75.0	7	A-4
20	雌	北平安	平茂勝	405.0	56	7.3	3.1	73.7	5	A-3
				月齢超過のため除外						
				去勢11頭	540.5	64.1	9.0	2.5	74.8	9.2
				雌8頭	501.3	60.9	8.3	3.1	73.9	8.5
				全19頭	523.9	62.7	8.7	2.7	74.4	8.9
										A4・5率
										94.7%

※ BMSNo. : Beef Marbling Standard No.

表 8 幸義福の検定調査牛および同期牛の屠畜月齢と脂肪酸割合

	頭数 (頭)	屠畜月齢 (ヵ月)	脂肪酸割合(%) ^{※1}		
			MUFA	SFA	C18:1
検定調査牛^{※2}	15	28.5±1.0	60.3±2.9	38.5±2.4	54.4±2.6
去勢	8	28.1±0.7	58.3±2.2 ^b	40.2±1.8 ^a	52.6±2.0 ^b
雌	7	29.0±1.1	62.5±1.6 ^a	36.5±1.3 ^b	56.5±1.2 ^a
同期牛^{※3}	911	28.3±1.7	59.7±3.0	39.0±2.6	53.9±2.8
去勢	723	28.4±1.6	59.4±3.0 ^b	39.3±2.5 ^a	53.5±2.7 ^b
雌	188	27.9±2.1	61.0±2.8 ^a	37.8±2.4 ^b	55.3±2.5 ^a

各項目の数値は、平均値±標準偏差

各項目の異符号間に有意差有り(P<0.05)

※1 脂肪酸割合:食肉脂質測定器による筋間脂肪部位の測定値から算出. MUFAは一価不飽和脂肪酸, SFAは飽和脂肪酸, C18:1はオレイン酸.

※2 検定調査牛19頭のうち, 去勢3頭及び雌1頭が測定不能だったため, 15頭での数値となっている.

※3 検定調査牛の屠畜期間(令和4年8月から12月まで)に, 株式会社秋田県食肉流通公社で屠畜された秋田県産の黒毛和種911頭.

つなぎ飼い搾乳牛舎への省力化機器導入に係る省力効果と生産性の検討

安田朱里・加藤真姫子・平川百佳*・石川すばる**

*現：秋田県北部家畜保健衛生所 **現：秋田県動物愛護センター

要 約

畜産分野の中で、一人当たりの労働時間の長い酪農業において、高齢化や担い手不足への対策は喫緊の課題であり、営農を継続するために作業の効率化および省力化が必要である。そこで令和3年2月につなぎ飼い牛舎に導入したスマート機器（搾乳ユニット搬送装置、自動給餌機）の効果を検証した。導入前後の各1年間において、導入した機器の省力効果および導入後1年目のアンケート調査を実施し、乳量、乳成分、繁殖成績、治療簿等のデータから生産性を比較した。結果、1頭あたりの作業時間が搾乳で24.7%、給餌で80.8%削減した。また、1頭あたり搾乳量が2.5 kg、パルク乳脂肪率が0.33%増加し、乳蛋白質率/乳脂肪率比（P/F比）の改善が認められた。さらに、分娩間隔の短縮や周産期疾病の減少が顕著であった。このことから、つなぎ飼い牛舎への自動給餌機と搾乳ユニット搬送装置の導入により、作業の省力効果や軽労化が期待されるだけでなく、生産性の向上効果も認められた。

緒 言

畜産・酪農をめぐる情勢（農林水産省 令和5年12月）によると、乳用牛飼養戸数は、年率3～5%程度の減少傾向で推移している。一方で、1戸当たり経産牛飼養頭数は前年に比べ増加傾向で推移しており、大規模化が進展していることが窺える。また、酪農経営における1人あたり平均労働時間は2,096時間（農林水産省「営農類型別経営統計」, 厚生労働省「毎月勤労統計」2021）と、他の畜種や製造業と比べ長い状況である。このような状況を踏まえ、国では、労働負担の軽減に向け、①飼養方式の改善、②機械化、③外部化等の取組を推進している（農林水産省 2023）。

本県の酪農経営のうち、87%は家族労働力を主体とするつなぎ飼養経営である（秋田県酪農連盟, 秋田県畜産試験場 2022）。つなぎ飼いは個体管理がしやすいメリットがある反面、フリーストール形式に比べて給餌や搾乳等の作業効率が劣るため、家族労働力の減少や多頭化に伴い過重労働が

生じやすい。また、酪農家の1日に行う作業で、搾乳に関する作業が48%で一番多くの時間を費やし、次いで給餌関係が21%を占めている（公益社団法人 日本生産性本部）。近年、既存のつなぎ飼い牛舎にスマート機器を導入する経営体が増えてきたが、その効果や経済性に関する調査研究は少なく、新たな導入を検討するために必要な情報が不足している。

そこで、本県の大半を占めるつなぎ飼養における生産基盤の充実を図るため、令和3年度に畜産試験場へ新たに導入した「搾乳ユニット搬送装置」および「自動給餌機」の2つのスマート機器を供試し、酪農現場で所要労働時間の最も多い「搾乳」および「給餌」作業における省力効果について検証する。併せて機械導入前後の乳量や乳成分等の生産性について調査する。

材料および方法

1. 試験1 機器導入による省力化の検討

1) 導入機器概要

搾乳ユニット自動搬送装置は、敷設された専用レールに懸架された搾乳ユニットを搾乳牛のもとまで自動で運ぶ装置である（後藤 2003）。

自動給餌機は、搾乳ユニットからの搾乳時の個体別乳量をもとに専用の飼養管理プログラムが乳量に応じた給餌量を算出し、自動給餌することが可能なシステムになっている。

(1) 搾乳ユニット自動搬送装置

オートユニットキャリー キャリロボ（型式：UCA30A，中央オリオン株式会社），自動離脱装置付き，乳量計付き（図1）。

(2) 自動給餌機

マックスフィーダー（型式：FMA16A，中央オリオン株式会社），最大積載量1,835 L（図2）。

2) 給餌方法

(1) 給餌飼料

乳量28 kgとして設計した発酵TMRを基本飼料とし，乳量に応じて配合飼料ビートパルプを追加給与した。

(2) 給餌回数

導入前：3回（7:00, 11:00, 15:00）

導入後：4回（7:00, 9:00, 13:00, 15:00）

3) 調査期間

(1) 搾乳作業

導入前：令和3年10月26日，27日，29日の3日間

導入後：令和4年11月22日，24日，25日の3日間

(2) 給餌作業

導入前：令和3年10月26日，27日，29日の3日間

導入後：令和4年11月22日，24日，25日の3日間

4) 調査項目

搾乳および給餌の作業時間と，ミルカーの装着時間をストップウォッチで測定した。搾乳では，搾乳開始から全頭を搾り終えるまでの時間，給餌では，残飼の片付けと実際に給餌を行っている時間を測定し，両作業とも準備時間を除いて測定した。また，導入前後に在籍していた作業従事職員（20代，30代，40代，50代が各1名，60代が2名の合計6名）に対し，機器導入前後の労力等のア

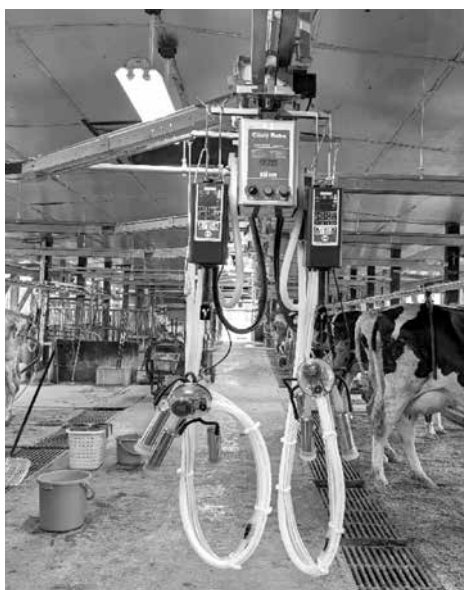


図1 搾乳ユニット



図2 自動給餌機

ンケート調査を実施した。

2. 試験2 生産性および健全性の調査

1) 供試牛

導入前：ホルスタイン種搾乳牛15頭

導入後：ホルスタイン種搾乳牛18頭

2) 調査期間

スマート機器導入前：令和3年2月～令和4年1月

スマート機器導入後：令和4年2月～令和5年1月

3) 調査項目

(1) 個体乳量

毎日の搾乳野帳から平均個体乳量を算出した。また、乳用牛群検定のデータも参考とした。

(2) 乳成分

毎月2回、岩手県畜産協会で行われたバルク乳検査成績を用いた。

(3) P/F比

毎月2回、岩手県畜産協会で行われたバルク乳検査成績から、乳蛋白質率を乳脂肪率で除して算出し、ルーメン発酵の指標として調査した。

(4) 繁殖成績

当場では、未経産牛を14か月齢以上で人工授精を行い、最初の分娩までは未経産牛であり、分娩後は経産牛（＝搾乳牛）として、機器導入前後の繁殖成績を算出した。繁殖成績については、「初回授精日数」「分娩間隔」「受胎までの授精回数」および「受胎率」を調査項目とした（小川ら 2018）。

また、統計処理はWelchのt検定を用いた。

①初回授精までの日数

各調査期間に人工授精した飼養牛について、直近の分娩日から初回授精日を引いて算出した。

②受胎までの日数、授精回数および受胎率

各調査期間に分娩した繁殖牛について、受胎に要した人工授精の回数と受胎率を繁殖台帳と人工授精記録をもとに求めた。

(5) 周産期の治療頭数

治療簿から分娩前後の移行期における周産期疾病治療頭数を調査した。

結果および考察

1. 試験1 機器導入による省力化の検討

機器導入前後での各作業における所要時間を表1に示す。搾乳作業における所要時間は、機器導入前、搾乳牛15頭を搾った際に、30.7分で、導入後は、18頭を搾った際に27.8分となった。また、1頭あたりの搾乳時間は、122.9秒から92.6秒へ減少し、削減率は24.7%となった（表1）。搾乳に要する時間の短縮は大きくないが、導入前には搾乳牛の位置まで約15kgの旧搾乳ユニットを運び、ミルクラインにセットしていたことを考慮すると、身体的な負担の軽減は大きい。給餌作業における所要時間は、導入前、搾乳牛15頭へ給餌した際に46.5分、導入後は16頭へ給餌し9.5分となった。1頭あたりの給餌時間は、185.9秒から35.7秒へ減少し（表2）、削減率は80.8%となった。自動給餌機の導入により、給餌作業の大半が自動化されたことで、大幅な時間削減に繋がった。

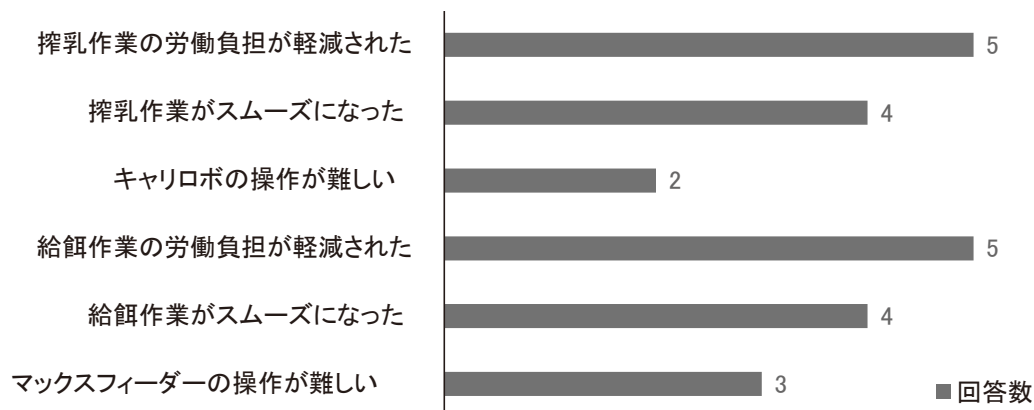
また、新たな機器導入後の1年間、作業を実施した職員に対するアンケートの回答を図3に示す。搾乳ユニット搬送装置を導入した効果として、津田ら（2007）の報告あるとおり、「搾乳作業の労働負担が軽減された」、「搾乳作業がスムーズになった」との回答が多く占め、ユニットの持ち運びから解放されたことによる軽労化の効果が大きかった。一方で、利用1年目としては、「突発で起こるトラブルに対応できていない状況がある」という回答も見られた。また、自動給餌機を導入した効果として、搾乳作業と同様に「給餌作業の労働負担が軽減された」、「給餌作業がスムーズになった」との回答が多くを占め、気になる点として「以前とは異なる手間や管理が増えた」という内容の回答が得られた。

表 1 搾乳ユニット導入前後の作業時間

	搾乳頭数 (頭)	搾乳作業 時間 (分)	1 頭あたりの 搾乳時間 (秒)
導入前	15	30.7	122.9
導入後	18	27.8	92.6

表 2 自動給餌機導入前後の作業時間

	給餌頭数 (頭)	給餌作業 時間 (分)	1 頭あたりの 給餌時間 (秒)
導入前	15	46.5	185.9
導入後	16	9.5	35.7



気になる点: 自動搾乳ユニット…機械トラブル対応
自動給餌機…飼料の事前準備の手間が増えた、残飼料が増えた

図 3 機器導入におけるアンケート結果

これらを踏まえ、省力化機器の導入は、作業時間の短縮と軽労化を両立し、労働負担の軽減を可能にしていることが示唆された。

2. 試験 2 生産性および健全性の調査

1) 1 頭当たり搾乳量

1 頭当たりの搾乳量は機器導入前に 33.1 kg/頭だったが、導入後は 35.6 kg/頭となり、1 頭当たり 2.5 kg の日乳量が増加した (図 4)。自動給餌機の導入により、日々の搾乳量から給餌量を算出し、乳量に応じた栄養管理と多回給餌や個体毎に正確な量の給餌が可能となったことで、乳牛の乾物摂取量が増加し、乳生産の増加に繋がったと考

えられる。

2) 乳成分

バルクの乳脂肪率の推移を図 5 に示す。導入後の乳脂肪率は年間を通して導入前より高く推移し、導入前平均 3.68% から導入後平均 3.98% と 0.3% 増加した。これは、多回給餌の効果として、ルーメン内での粗飼料の利用状況が改善されたためと考えられる。

3) P/F 比

ルーメン発酵の指標となる P/F 比の推移を図 6 に示す。導入前は、牛群管理の目安としての適正

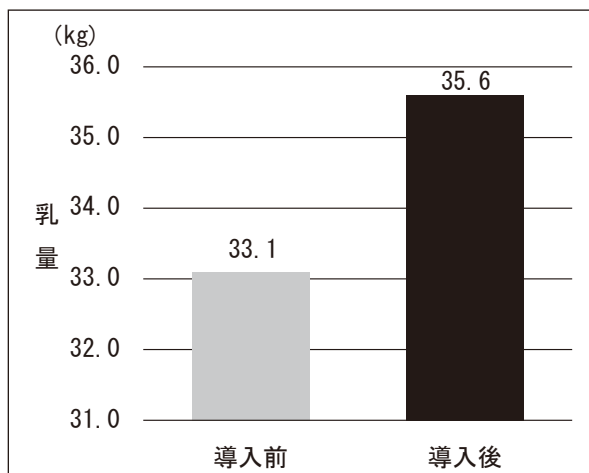


図4 機器導入前後の1頭あたり搾乳量

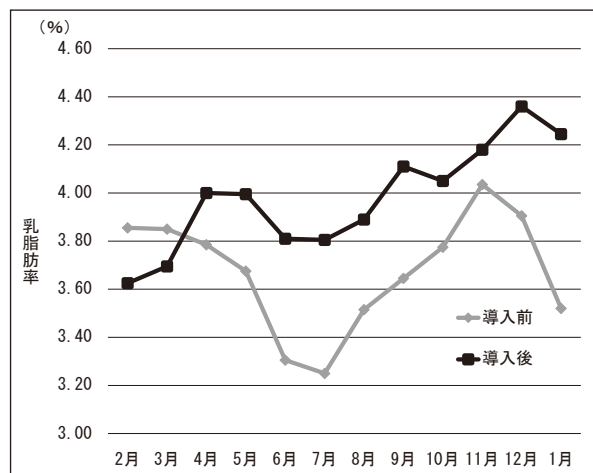


図5 機器導入前後の乳脂肪率の推移

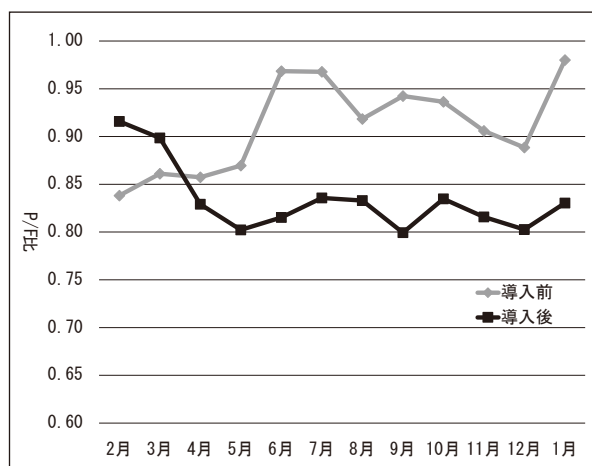


図6 機器導入前後のP/F比

範囲内（0.8～0.9）に収まらず、高値の期間が多かったが、導入後は年間を通して適正範囲内となった。正確な給餌量の少量多回数給餌が可能になることで乾物摂取量が増え、ルーメン内pHの安定が期待できる。特に高泌乳牛においては1回に給餌される濃厚飼料の量が減ることにより、アシドーシスのリスクが軽減し、ルーメン内発酵の恒常性が維持されることが示唆された。

4) 繁殖成績

導入前後の繁殖成績を表3に示す。授精回数は3.57回から2.42回と1回以上短縮となり、受胎率も10%向上した。初回授精日数は導入前の方が

短かったものの、授精回数の減少と受胎率の向上により、機器導入後は繁殖成績が良好になったと考えられる。須藤ら（2004）の報告同様、これは少量多回給餌により、エネルギーが充足したこと、およびルーメン内のpHが安定したことによるものと考えられる。

5) 周産期疾病に対する治療頭数

導入前後における周産期疾病に対する治療頭数を表4に示す。

分娩前後の移行期における機器導入前の治療頭数は合計6頭（内訳：低カルシウム血症4、ケトosis 1、起立不能1）に対して、機器導入後は合

表3 機器導入前後における繁殖成績

	供試頭数	初回授精日数 (日)	分娩間隔(日)	受胎までの授精 回数(回)	受胎率(%)
導入前(R3)	21	75±30.00 ^a	526±127.18 ^a	3.55±1.95 ^a	22.0
導入後(R4)	24	90±31.41 ^b	427±76.02 ^b	2.54±1.19 ^b	32.0

平均±標準偏差

異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

表4 周産期疾病の治療頭数

	分娩頭数	治療頭数	治療率(%)
導入前(R3)	14	6	42.8
導入後(R4)	22	3	13.6

計3頭(内訳：低カルシウム血症3頭)と減少し、5月以降の治療はなく、年間を通して死亡事故がなかった。個体毎への正確な給餌により、エネルギー摂取量が充足した結果、周産期の負のエネルギーバランスを軽減でき、これまで発生の多かった高泌乳個体の低カルシウム血症やケトosisなどの治療頭数減少に繋がったと考えられる。

6) まとめ

本試験では、省力化機器導入における省力効果と生産性について調査した。機器導入により、搾乳作業、給餌作業ともに労働時間の削減や労働負担の軽減を確認することができた。

また、自動給餌機では、多回給餌や個体ごとに給餌量を設定できることで、スマート機器の導入直後から乳量や乳質等の向上のみならず、繁殖成績の向上や周産期疾病の減少など健全性にもつながることを確認した。現時点では、搾乳牛全頭の自動離脱、乳量連動給餌、疾病予測等の使いこなせていない機能もあり、それらの機能をフル活用することにより、統合的な飼養管理システムとして使用していく必要がある。今後は、繋ぎ飼い牛舎への新たなスマート機器導入を検討する際の情報を蓄積し、さらなる省力化による技術的な評価と経済効果について検討していく。

引用文献

- 秋田県酪農連盟. 2022. 令和4年度酪農家名簿
後藤裕. 2003. 搾乳ユニット自動搬送装置. 農業機械学会誌, 65(5), 17-19.
厚生労働省. 2021. 毎月勤労統計. 厚生労働省大臣官房統計情報部
農林水産省. 2021. 令和3年営農類型別統計. 農林水産省大臣官房統計部
農林水産省. 2023. 畜産・酪農をめぐる情勢(令和5年12月). 農林水産省畜産局
小川増弘, 吉沢哲. 2018. 自給飼料を利用した和牛繁殖の実証的調査研究(6). 日本農業研究所研究報告『農業研究』, 31, 257-296.
須藤純一, 大久保正彦, 小関忠雄, 北原慎一郎. 2004. 粗飼料・配合飼料自動給餌システムの導入と効果. 北海道畜産草地学会報, 46, 83-87.
津田毅彦, 渡邊徹. 2007. 搾乳ユニット搬送装置の導入による省力効果について—搾乳作業に関する実態調査—. 徳島県立農林水産総合技術センター畜産研究所, 7, 1-3.

オオムギを用いたリビングマルチ及び肥効調節型肥料が 飼料用トウモロコシの収量に与える影響

由利 奈美江・渡邊 潤*

*現：秋田県立大学

要 約

輸入飼料に過度に依存した畜産経営から脱却するには、青刈りとうもろこし等の高栄養飼料作物の生産拡大が必要であるが、一方で国際的な潮流を踏まえ環境負荷低減や持続的な畜産物生産の推進に向けた有機農業への取り組みも求められている。このため本研究では、飼料用トウモロコシにおける無農薬栽培技術の確立を目指し、オオムギによるリビングマルチと肥効調節型肥料による無農薬栽培について調査した。その結果、リビングマルチと肥効調節型肥料を組み合わせることで、収量は無農薬栽培より多くなったが有意差は認められず、慣行栽培より有意に低かった。リビングマルチに使用するオオムギの品種や肥効調節型肥料の種類等を飼料用トウモロコシ品種の生育に合わせて検討する必要がある。

緒 言

わが国の令和4年における飼料自給率は飼料全体で26%であり、濃厚飼料ではわずか13%と、そのほとんどを輸入に依存している現状である。

農林水産省では国産飼料基盤に立脚した畜産の確立を目指しており、飼料自給率の目標は令和12年までに飼料全体で34%、濃厚飼料で15%となっている（農林水産省 2023a）。目標達成のためには青刈りとうもろこし等の高栄養飼料作物の生産拡大が必要である。

一方、令和3年5月に農林水産省は食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため、「みどりの食料システム戦略」を策定した。

本戦略において2050年までに化学農薬使用量の50%削減や、耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを目標として掲げている（農林水産省 2023b）。

しかし、畜産物における有機農業の取組としては、有機畜産物の生産工程管理者の認証件数が

33件（2023年11月現在）と多くないのが現状である。

有機畜産物の認証基準において、例えば自給飼料では、化学肥料や化学農薬を使用しない栽培方法が求められているものの、飼料用トウモロコシでは安定的に収量を確保するには、除草剤による雑草防除が必須であることなどが一因である。

こうしたことを踏まえ、国の目指す飼料自給率向上と有機農業への取り組みを両立させるためには、飼料用トウモロコシにおける無農薬栽培技術の確立が急務となっている。

飼料用トウモロコシにおける農薬使用は、雑草防除のため播種直後から出芽前に散布する土壌処理剤と、2～5葉期に雑草に直接散布し枯死させる茎葉処理剤、また、害虫が発生した場合の殺虫剤等が挙げられ、特に使用頻度が高いのは雑草防除の農薬である。

一方、雑草防除を無農薬で行う、リビングマルチの研究が進められている。リビングマルチ栽培は、畑作物や野菜等の主作物の周りに、収穫を目

5. 調査項目

初期生育調査として、播種後39日目の7月2日に草丈と葉齢を調査した。

収量調査として、10月3日に稈長、着穂高、茎径、全重、雌穂重、雌穂水分、風乾物雌穂重を調査した。初期生育調査は各区無作為に抽出した10本を選定し、収量調査は各区折損のない10本を選定し実施した。

なお、両調査とも調査区の外側2条は調査対象外とした。

6. 統計処理

調査データについて、繰り返しのない二元配置の分散分析を行い、有意差が認められた場合に、Tukey法にて処理区間の多重検定を行った。

結 果

1. 試験地の気象概況

試験地の気象概況として、気象庁のアメダス大曲観測所から取得した旬別気象データを図1から図3に示した。

試験期間中の平均気温は、6月中旬は平年値(1981-2010年)より1.6℃低かった。6月下旬から7月下旬までは平年値より高く推移し、特に7月上旬は平年より2.7℃、7月下旬は平年より3℃高かった。8月中旬に平年値を2.1℃下回ったが、その後は概ね平年並みであった。

日照時間は5月上旬から中旬は曇りや雨の日が多く、平年より短かったが、5月下旬は平年より20.7時間長かった。7月下旬は平年より27.3時間長く、試験期間中で最も長かった。

降水量は5月下旬に大雨があり、平年より152.4mm多く、試験期間中で最も多かった。その後は概ね平年並みであったが、7月下旬は平年より46.2mm少なく、試験期間中で最も少なかった。

2. 初期生育

初期生育調査結果を表2に示した。

草丈はリビングマルチ区が慣行区と肥効調節区

と比較すると有意に高くなったが、無農薬区、マルチ肥効調節区とは有意差は認められなかった。

葉齢は無農薬区が最も高く、マルチ肥効調節区が最も低かったが、すべての処理区で有意差は認められなかった。

また、リビングマルチ区、マルチ肥効調節区でリビングマルチとして播種したオオムギは調査時出穂期を迎えていた。

3. 収量調査

収量調査の結果を表3に示した。

稈長は慣行区と肥効調節区が他の区より有意に高い値を示し、無農薬区、リビングマルチ区、マルチ肥効調節区間で有意差は認められなかったが、マルチ肥効調節区が最も低い値であった。着穂高はリビングマルチ区が最も高く、マルチ肥効調節区が最も低くなったが、すべての区で有意差は認められなかった。

茎径は慣行区とマルチ肥効調節区が他の区より有意に高い値を示し、リビングマルチ区が最も低くなった。無農薬区、リビングマルチ区、肥効調節区間に有意差は認められなかった。

生総重量は慣行区と肥効調節区が他の区より有意に高く、両区とも他の3区との差は約2,000kg以上と大きかった。無農薬区、リビングマルチ区、マルチ肥効調節区間に有意差は認められなかった。

生雌穂重は慣行区と肥効調節区が他の区より有意に高い値を示し、無農薬区が最も低くなった。無農薬区、リビングマルチ区、マルチ肥効調節区間に有意差は認められなかった。

乾物総重量及び乾物雌穂重は慣行区と肥効調節区が他の区より有意に高い値を示し、無農薬区が最も低くなった。無農薬区、リビングマルチ区、マルチ肥効調節区間に有意差は認められなかった。

雌穂水分は全ての区で有意差は認められなかった。

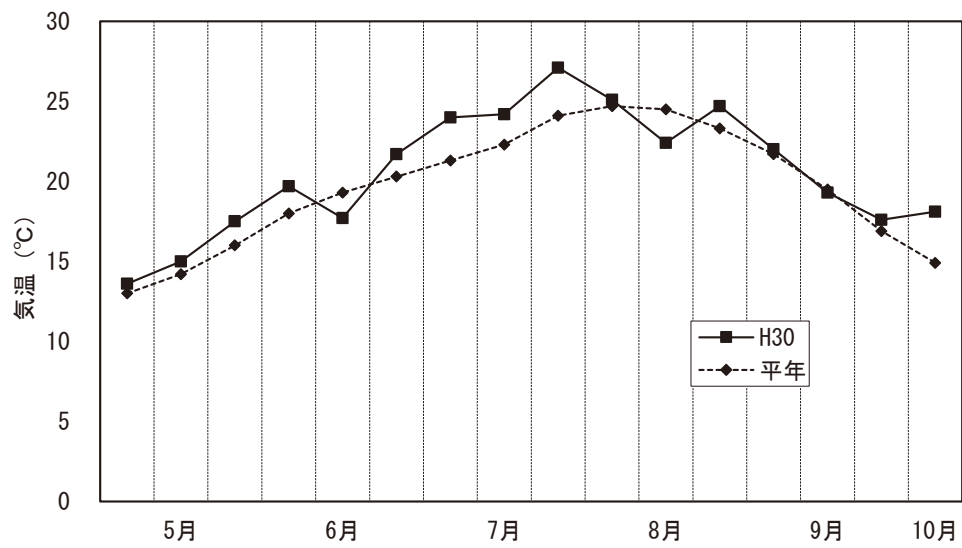


図1 試験期間中の平均気温の推移

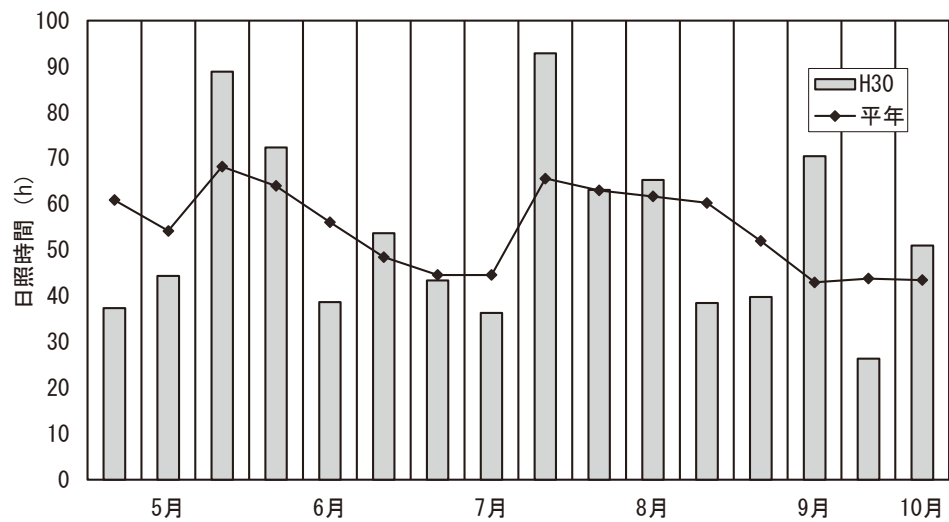


図2 試験期間中の日照時間の推移

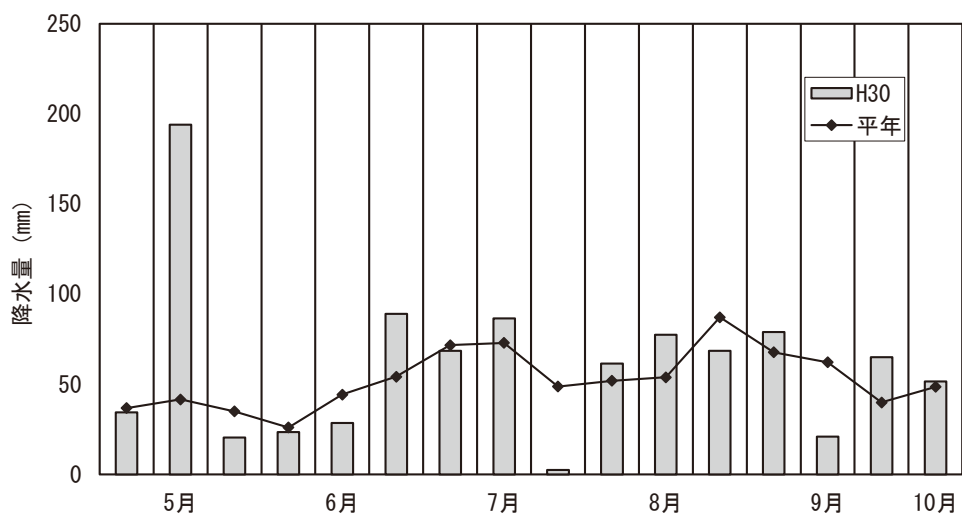


図3 試験期間中の降水量の推移

表 2 初期生育調査結果

	草丈 (cm)			葉 齢		
慣行区	73.8	±	8.3 a	8.3	±	0.6
無農薬区	85.3	±	3.6 ab	9.2	±	1.9
リビングマルチ区	97.9	±	5.9 b	8.4	±	0.1
マルチ肥効調節区	88.6	±	5.6 ab	8.2	±	0.2
肥効調節区	79.6	±	4.1 a	8.6	±	0.2

平均値±標準偏差 (n=3)
異符号間に有意差有り ($P<0.05$)

考 察

初期生育において、リビングマルチ区の草丈が優位に高くなったが、調査時リビングマルチのオオムギが出穂期を迎えており、最長期であったことから、オオムギとの競合により草丈が長くなったものと考えられる。

収量調査時における着穂高が最も高く、茎径が最も細かったことも、オオムギとの競合による影響の可能性がある。

ダイズにおいてリビングマルチとしてオオムギを栽培した場合、オオムギの生育が旺盛な場合にダイズと光や養分の吸収に対する競合が大きくなると考えられており、有意差は認められていないものの、ダイズの茎径が慣行栽培より細くなったと報告されている(三浦ら 2005)。

また、エンバクをリビングマルチとして利用した飼料用トウモロコシ栽培においても、手作業による雑草防除処理や、無除草栽培と比較しても桿径が有意に細くなることが報告されており(中坪ら 2008)、今回の試験と同様の結果を示している。

本試験で座止現象により出穂しないと予想していたオオムギが出穂したため、飼料用トウモロコシの生育初期において、オオムギとの競合があったと予想され、オオムギの品種選定が必要である。

また、出穂後のオオムギが飼料用トウモロコシの生育を物理的に抑制した可能性もあるため、散播ではなく条播にする等、播種方法についても検

討する必要がある。

生総重及び生雌穂重は、農薬不使用の3区間に有意差はないが、無農薬区が最も低く、マルチ肥効調節区が最も高かったことから、リビングマルチが雑草を抑え、肥効調節型肥料がオオムギとの栄養競合を緩和したものと考えられる。

しかし、収量調査において慣行区と肥効調節区間に差がなく、肥効調節区の方が総重及び雌穂重ともに低かったことから、今回使用した肥効調節型肥料がトウモロコシの生育において十分ではなかった可能性がある。三枝ら(1993)はRM118の品種にLP70の肥効調節型肥料を基肥のみで施用した場合、硫酸を基肥のみで施用した区及び硫酸で基肥と追肥を施用した区よりも乾物収量が高くなったことを報告している。本試験で使用した肥効調節型肥料は、LP40、LPS60、LPS80が配合されており、飼料用トウモロコシが効率的に窒素を吸収できなかった可能性があるため、本試験で用いたRM90の品種の場合、LPS60のみの肥効調節型肥料を施用する等、品種の生育に合わせた肥効を選択する必要がある。

また、井上ら(2000)は、肥効調節型肥料は全層施肥よりも接触施肥で飼料用トウモロコシの乾物収量が高くなる傾向にあると報告しており、肥効調節型肥料を施用する場合は、接触施肥を行うことでより効果が高まる可能性がある。

以上のことから、飼料用トウモロコシの無農薬

表3 収量調査結果

	稈長 (cm)	着穂高 (cm)	茎径 (mm)	生総重量 (kg/10a)	生雌穂重 (kg/10a)	乾物総重量 (kg/10a)	乾物雌穂重 (kg/10a)	雌穂水分 (%)
慣行区	234.0 ± 7.2 ^a	94.1 ± 3.5	15.4 ± 1.2 ^a	5586.3 ± 1259.1 ^a	2520.3 ± 403.7 ^a	2522.9 ± 407.9 ^a	1612.9 ± 248.5 ^a	35.9 ±
無農薬区	207.4 ± 20.7 ^b	95.5 ± 8.0	12.1 ± 2.0 ^b	3022.4 ± 1084.0 ^b	1291.3 ± 557.0 ^b	1324.3 ± 448.6 ^b	827.86 ± 341.6 ^b	35.3 ±
リビングマルチ区	207.4 ± 17.8 ^b	99.6 ± 12.1	11.6 ± 0.3 ^b	3174.5 ± 737.2 ^b	1474.2 ± 416.7 ^b	1385.1 ± 345.5 ^b	931.86 ± 263.4 ^b	34.7 ±
マルチ肥効調節区	198.7 ± 15.7 ^b	88.5 ± 8.5	15.3 ± 0.3 ^a	3303.1 ± 272.6 ^b	1595.4 ± 199.5 ^b	1505.9 ± 147.4 ^b	1008.0 ± 126.1 ^b	35.8 ±
肥効調節区	231.1 ± 4.6 ^a	96.0 ± 3.5	12.3 ± 0.6 ^b	5525.5 ± 756.9 ^a	2479.2 ± 159.4 ^a	2457.9 ± 212.8 ^a	1568.3 ± 100.8 ^a	34.2 ±

平均値±標準偏差 (n=3)

異符号間に有意差有り (P<0.05)

栽培を行うにあたっては、飼料用トウモロコシの品種の生育に合った肥効調節型肥料の種類を選定し、より効果的な施肥体系で施肥するとともに、リビングマルチ作物の品種や播種方法についてもさらなる検討が必要である。

引用文献

井上博道, 伊藤豊彰, 三枝正彦. 2000. 肥効調節型肥料を用いたデントコーンの全量基肥・接触施肥栽培における雑草の反応速度. 日本土壤肥料科学雑誌71, 345-349.

三浦重典. 2009. リビングマルチを利用した畑作物生産に関する栽培学的研究. 東北農業研究センター研究報告110, 129-175.

三浦重典, 小林浩幸, 小林敦史. 2005. 東北地方における秋播き性オオムギを利用したダイズのリビングマルチ栽培. 日本作物学会紀事74, 410-416.

中坪あゆみ, 加藤亘, 田中勝千, 杉浦俊弘. 2008. 飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 栽培における春播きリビングマルチ導入の効果. 日本草地学会誌54, 31-39.

農林水産省. 2023a. 農林水産省ホームページ: 飼料をめぐる情勢. 農林水産省. 東京都. [2024, 01, 05引用]. URL: https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1004.pdf

農林水産省. 2023b. 農林水産省ホームページ: みどりの食料システム戦略 (本体). 農林水産省. 東京都. [2024, 01, 05引用]. URL: <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-10.pdf>

三枝正彦, 児玉広志, 渋谷暁一, 阿部篤郎. 1993. 肥効調節型被覆尿素を用いたデントコーンの全量基肥栽培. 日本草地学会誌39, 44-50.

魚住順, 出口新, 田中治, 河本英憲. 2006. 飼料用トウモロコシ栽培へのリビングマルチ導入による雑草の抑制を窒素肥沃度の向上. 東北農業研究センター研究報告106, 15-26.

魚住順, 出口新, 嶺野英子, 金子誠. 2012. ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) を用いたリビングマルチによる飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) の雑草防除. 日本草地学会誌58, 1-8.

山下伸夫. 2011. リビングマルチを利用した害虫と雑草の管理技術. 植物防疫65, 701-704.

黒毛和種の産肉形質に関するゲノム育種価評価の精度検証

高橋ひろの・今野紗知^{*1}・佐藤咲・高橋利清・関屋万里生

^{*1} 現：秋田県中央家畜保健衛生所

要 約

本県で造成する種雄牛の能力を早期に把握するため、県有種雄牛のゲノム育種価を算出し、その精度を検証した。公益社団法人全国和牛登録協会（登録協会）がアニマルモデルBLUP法により算出した推定育種価との相関を求めたところ、推定育種価の正確度が0.95以上の種雄牛22頭において、ゲノム育種価と推定育種価との相関係数が枝肉重量で0.955、ロース芯面積で0.875、バラ厚で0.853、皮下脂肪厚で0.738、歩留基準値で0.820、脂肪交雑基準値で0.911となり、高い値が得られたため、ゲノム育種価は、種雄牛や繁殖雌牛の候補牛の選抜に利用可能であると考えられる。

緒 言

本県では、黒毛和種の産肉能力の評価指標として、登録協会の推定育種価を用いているが、近年、ゲノム塩基配列の一塩基多型（SNP）情報を利用したゲノム育種価の解析や利用の検討が進んでいる（熊谷ら 2018；中島ら 2019；棚原ら 2022）。ゲノム育種価は、DNA材料が採取可能であれば生後間もなく評価が可能であり、全きょうだい間の能力差も明らかになる。そこで、本県でもゲノム育種価の種雄牛造成への活用を目的に、独立行政法人家畜改良センター（改良センター）や各県との共同研究に参画している。平成28年度から令和4年度まで、ゲノム育種価予測式を立てるためのリファレンス集団（訓練群）の枝肉成績とSNPデータを計1,528頭分提供し、改良センターが算出する種雄牛のゲノム育種価を得ている。これらのデータを活用し、早期に若齢候補牛の選抜に利用可能か検証するため、ゲノム育種価と推定育種価の相関係数を検討した。

材料および方法

1. 供試材料

1) 訓練群

秋田県内で屠畜された、黒毛和種肥育牛1,528頭の腎周囲脂肪を採取し、枝肉成績および血統情報を収集した。

2) 予測群

ゲノム育種価を評価する予測群として、秋田県有種雄牛11頭の毛根を採取した。

なお、畜産技術協会附属動物遺伝研究所（現：改良センター遺伝子解析棟）でゲノム解析した秋田県有種雄牛35頭のSNPデータを加え、解析検体数は、訓練群が1,528検体、予測群が46検体とした。

2. DNA抽出およびSNP解析

DNA抽出およびSNP解析の作業は、改良センター所有の装置を用いた。DNA抽出は核酸自動分離装置（クラボウ社製）、SNP解析は GGP BovineLD-24v4.0（イルミナ社製）のSNPチップを使用した。SNPの型判定は iScan（イルミナ社製）により実施した。個体コールレート0.95以上、SNPコールレート0.95以上、マイナーアリル頻度

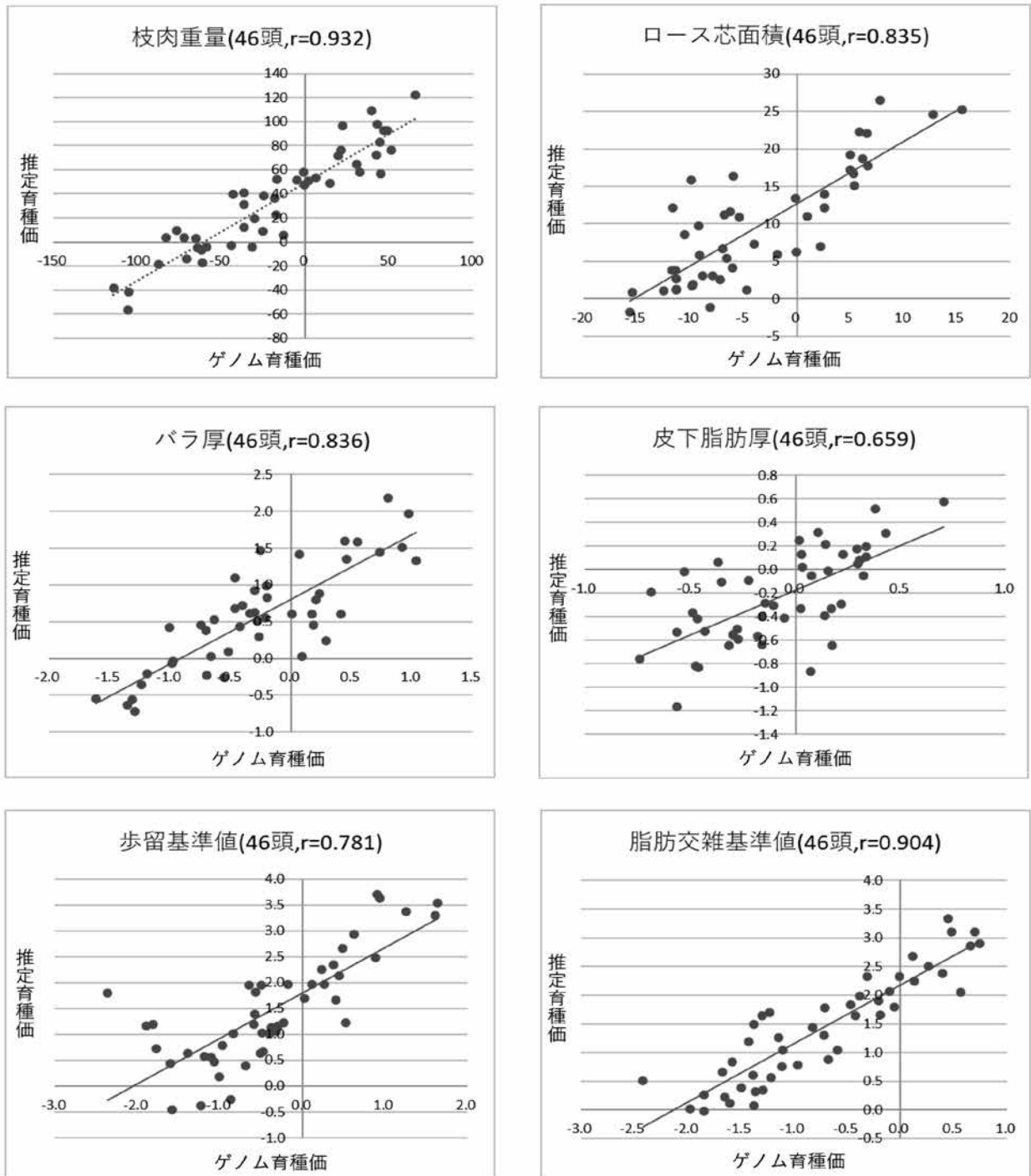


図1 種雄牛46頭における、ゲノム育種価と推定育種価の相関（枝肉6形質）

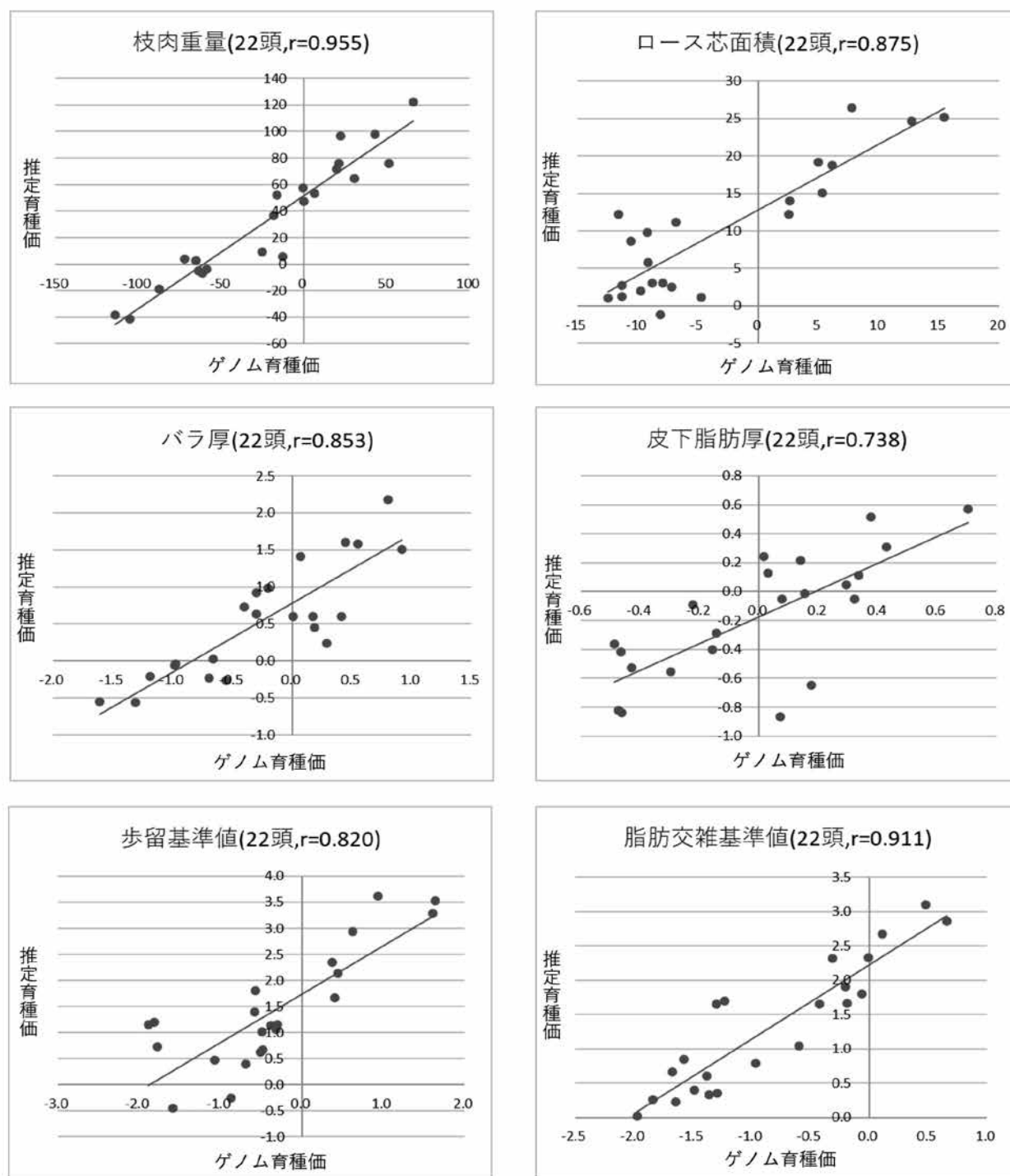


図2 枝肉6形質すべてにおいて推定育種価の正確度が0.95以上の種雄牛22頭におけるゲノム育種価と推定育種価の相関（枝肉6形質）

0.01以上, Hardy- Weinberg 平衡検定 $P > 0.0001$ の条件を適用した. 得られたSNPデータについてBEAGLE v4.0を用いて50K相当の高密度SNPデータへの補完を行った. 本解析に用いたSNP数は24,961箇所とした.

3. ゲノム育種価の算出方法

ゲノム育種価の算出は, 改良センターにてG-BLUP法で実施した. 評価項目は, 枝肉重量, ロース芯面積, バラ厚, 皮下脂肪厚, 歩留基準値, 脂肪交雑基準値とした.

本県で解析した訓練群計1,528検体を含む, 共同研究機関が提供した訓練群計65,248検体のSNPデータを育種価予測式の算出に用い, 秋田県有種雄牛46頭の育種価評価を行った.

4. ゲノム育種価の精度検証

登録協会が算出した, 令和5年11月期の秋田県黒毛和種推定育種価を有する秋田県有種雄牛46頭について, 枝肉6形質のゲノム育種価と推定育種価の相関を求めた.

結果および考察

1. ゲノム育種価と推定育種価の相関

秋田県有種雄牛46頭のゲノム育種価と推定育種価の相関係数は, 枝肉重量で0.932, ロース芯面積で0.835, バラ厚で0.836, 皮下脂肪厚で0.659, 歩留基準値で0.781, 脂肪交雑基準値で0.904であり, すべての項目で高い値が得られた.

2. ゲノム育種価と正確度0.95超の推定育種価の相関

枝肉6形質すべてにおいて推定育種価が正確度0.95を超えている, 秋田県有種雄牛22頭のゲノム育種価と推定育種価の相関係数は, 枝肉重量で0.955, ロース芯面積で0.875, バラ厚で0.853, 皮下脂肪厚で0.738, 歩留基準値で0.820, 脂肪交雑

基準値で0.911であり, すべての項目でより高い値が得られた.

今回は, ゲノム育種価の精度検証として推定育種価との相関を求めた結果, 枝肉6形質すべての項目で高い相関係数が得られた. また, 正確度0.95以上の種雄牛22頭における相関係数は, 全46頭での係数と比較してより高い値が得られた. 以上から, 今回算出したゲノム育種価は, 本県の黒毛和種集団において, 推定育種価と同様に, 種雄牛や繁殖雌牛の候補牛の選抜に利用可能であることが示唆された.

謝 辞

解析に御協力頂いた, 独立行政法人家畜改良センターの皆様から感謝いたします.

なお, 本研究は日本中央競馬会特別振興資金助成事業「和牛の地域特性活用ゲノム選抜定着化事業」の一環として, 独立行政法人家畜改良センター, 公益社団法人畜産技術協会, 全農ET研究所, 一般社団法人ジェネティクス北海道, および22道県との共同研究として実施した.

引用文献

- 熊谷祐宏, 渡邊敏夫, 細川泰子. 2018. SNP情報を利用したゲノム育種価の算出とその精度. 岩手県農業研究センター研究報告 17, 63-68.
- 中島亮太郎, 川嶋啓介, 溝下和則. 2019. 「鹿児島黒牛」のさらなる品質向上のためのDNA解析. 鹿児島県農業開発総合センター研究報告 13, 115-119.
- 棚原武毅, 照屋喬己, 境龍樹, 平安山英登. 2022. 黒毛和種における1塩基多型(SNP)情報解析. 沖縄県畜産研究センター研究報告 60, 1-5.

収穫調製方法が稲わらサイレージの発酵品質に及ぼす影響

高橋利清・渡部一弥^{*1}・西野瞭^{*2}・佐藤咲・高橋ひろの・関屋万里生^{*1}現：秋田地域振興局，^{*2}現：鹿角地域振興局

要 約

黒毛和種の肥育で重要な粗飼料となる稲わらについて、本県では秋季の天候不順により、良質な乾燥稲わらの安定生産が困難である。そこで、稲わらサイレージの調製方法について検討した。稲刈り当日に調製する生稲わら区および翌日に調製する予乾稲わら区を設定し、サイレージの品質や成分を分析した。その結果、調製5カ月後のpHは生稲わら区が4.8、予乾稲わら区が5.9で両区とも、カビの発生も認められず、品質は良好であった。また、一般成分は両区で差が見られず、 β -カロテンは、調製5カ月後および17カ月後において、生稲わら区が14.9, 8.5 mg/kg、予乾稲わら区が13.8, 9.0 mg/kgと、長期保管により低減が認められた。以上より、稲刈り当日および翌日に稲わらをサイレージ調製することで、天候の影響を受けずに、良質な稲わらサイレージを生産できることが示唆された。

緒 言

黒毛和種を肥育する上で、稲わらは重要な粗飼料となる。しかし、本県は全国有数の稲作地帯であるものの、秋季の天候不順により収穫後の稲わらを十分に乾燥できず、良質な稲わらの安定生産が難しい。このため、多くの県内肥育経営体が、県外や輸入の稲わらを利用している。一方、稲刈り直後の稲わらをサイレージ化し、肉用牛の粗飼料にする検討が行われているが、肉質に影響を及ぼす β -カロテンの含有量が懸念され、限定的な利用に止まっている(高平ら 2015；森ら 2007)。

また、肥育牛に粗飼料として安定供給するには、飼料としての稲わらの機能性を維持しながら、長期保存する必要がある。由利ら(2018)は、飼料用イネのサイレージ化において、半日予乾処理で水分や β -カロテンが減少すると報告しており、サイレージの調製方法を検討することで、肥育牛に適した良質な稲わらを安定生産できる可能性がある。そこで、本研究では県産稲わらの利用率向上や耕畜連携の促進を目的に、県内の水田で

収穫された稲わらについて、稲刈り当日に梱包およびラッピングを行う生稲わら区と、稲刈り翌日に行う予乾稲わら区の2区を設定し、サイレージを調製した。なお、本研究では稲わらサイレージの肥育全期間給与技術を開発するため、調製した各区の稲わらサイレージを黒毛和種の肥育前・中・後期の全期間で肥育牛に給与し、発育や枝肉成績などにおける影響を調査する。本報では、サイレージ調製方法の検討について報告する。

材料と方法

1. 試験期間および供試材料

令和3年および4年の9月に刈り取った、食用米のひとめぼれの稲わらを供試した。

耕種農家が刈取り作業後、稲わらを収集・サイレージ調製し、経時的に調査した。

2. 試験ほ場

秋田県由利本荘市の農家所有の水田(面積:約1.3 ha)を、試験ほ場とした。

3. 試験区分

生稲わら区：稲刈り当日，サイレージ調製を実施。

予乾稲わら区：稲刈り翌日，サイレージ調製を実施。

4. サイレージの調製方法

クローラータイプのトラクター（YT463，ヤンマー）および牽引式カッティングロールベラー（VC-981-WXC，タカキタ）を用い，刈り取り後の稲わら（未細断の長わら）を，ベラーで約20 cm長にカット後に圧縮および梱包し，稲わらロールベールを生産した。なお，サイレージの添加剤として，ベール時に乳酸菌製剤の畜草1号プラス（雪印種苗）を添加した（材料1 kgに対し製剤5 mgで調製）。

その後，自走式ラッピングマシン（SW1120D，タカキタ）を用いてラップフィルムで密閉し，当場に運搬後，屋外に保管して経時的に稲わら試料を採材した。ロールベールの直径および高

さは，約88 cmおよび85 cm，ラッピング時の巻き数は，渡邊（2014）の報告を基に6層巻とした。

5. 調査項目

1) サイレージの発酵品質

pH測定は調製後5ヵ月経過した試料を用い，蔡（2009a）の方法に基づき実施した。すなわち，140 mlの蒸留水に約5～10 mm幅で細断した材料を浸漬させ，冷蔵庫で1日保存後，ガーゼおよび濾紙で処理した抽出液を，電極pHメーターを用いて計測した。

2) 栄養成分

調製後5ヵ月経過した試料を用い，当場の常法により，一般成分である水分，粗タンパク質，粗脂肪，粗繊維，粗灰分を測定した。また，調製直後および調製後5ヵ月経過した試料を用い，一般財団法人日本食品分析センターで β -カロテンの分析を実施した。

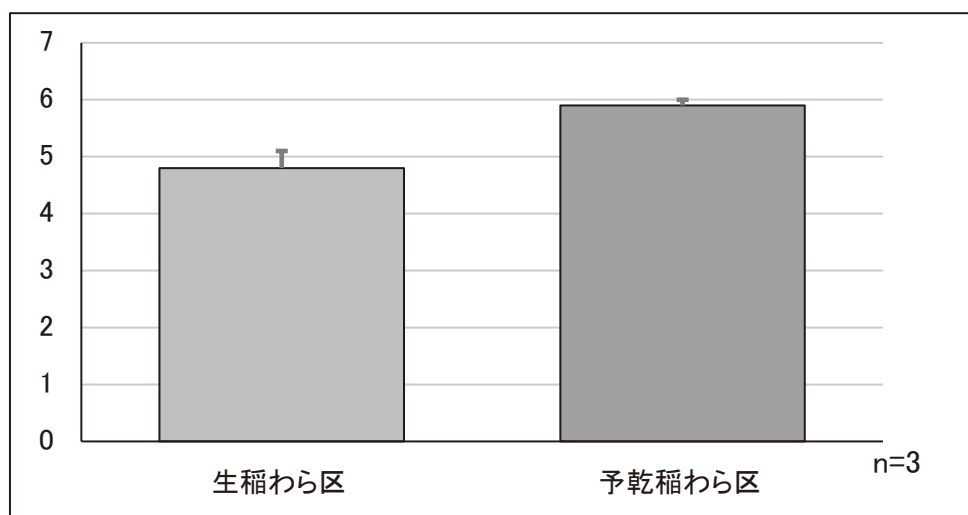


図1 稲わらサイレージのpH（調製5ヵ月後）

生稲わら区：稲刈り当日にサイレージ調製

予乾稲わら区：稲刈り翌日にサイレージ調製

表 1 稲わらサイレージにおける一般成分の分析値

(n=3)					
試験区分	水分	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
生稲わら区	52.5 ± 7.1	2.5 ± 0.9	1.2 ± 0.6	19.1 ± 8.3	11.4 ± 4.9
予乾稲わら区	45.5 ± 13.4	2.5 ± 1.4	1.2 ± 0.5	19.7 ± 8.7	12.9 ± 4.4

各分析項目の単位:水分(%), その他の項目(乾物中%)

生稲わら区 :稲刈り当日にサイレージ調製

予乾稲わら区:稲刈り翌日にサイレージ調製

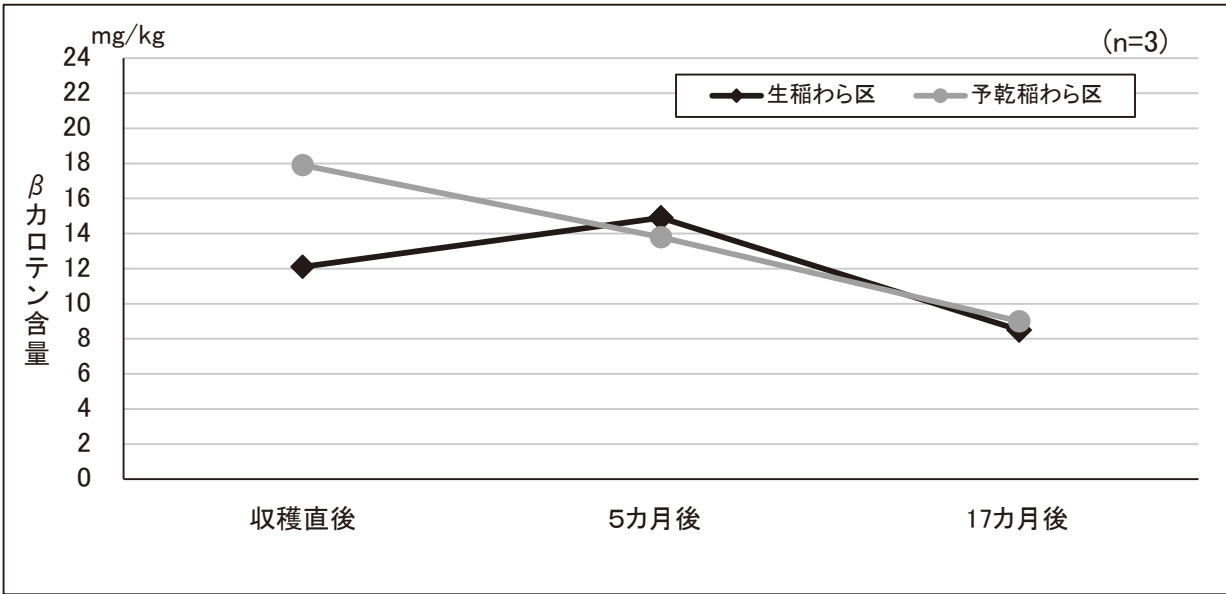


図 2 稲わらサイレージ中のβカロテン含量の推移(乾物中)

生稲わら区 :稲刈り当日にサイレージ調製

予乾稲わら区:稲刈り翌日にサイレージ調製

6. 統計処理

得られたデータはstudentのt検定を行い、5%水準で有意差の検定を実施した。

区で低い傾向がみられたが (P=0.06), 両区とも開封時にカビの発生は認められず, 良質な発酵品質を保持したと考えられる (図 1)。

結 果

1. サイレージの発酵品質

調製5ヵ月後のpHは、生稲わら区で4.8、予乾稲わら区で5.9となり、水分含量が高い生稲わら

2. 栄養成分

1) 一般成分

水分は、生稲わら区で52.5%、予乾稲わら区で45.5%となった。

その他の項目は両区間で同等の値であり、すべての一般成分で有意な差は認められなかった（表1）。

2) β -カロテン

調製直後、5ヵ月後および17ヵ月後において、生稲わら区で12.1, 14.9, 8.5 mg/kg, 予乾稲わら区で17.9, 13.8, 9.0 mg/kgとなった。両区の各ステージで有意な差は認められず、5ヵ月後以降では同等の値であることが確認された。

考 察

本試験では、黒毛和種肥育牛への給与を前提に、稲わらサイレージの調製方法を検討した。サイレージの発酵品質の指標とされるpHは、生稲わら区および予乾稲わら区の両区において、調製5ヵ月後で6以下となり、良好な発酵が促進したと考えられる。嫌気性菌である酪酸菌の生育を著しく抑制できるpHは、4.2とされている（佐々木1972）。蔡は（2009b）、稲わらのサイレージ調製時に乳酸菌製剤を添加することで、有意にpHの低下や乳酸含量の増加が認められ、黒毛和種の肥育後期に給与しても、乾燥稲わら給与と同等の枝肉成績が得られたと報告している。また、稲わらは水分および糖の含有量が低いため、サイレージ化の際に乳酸菌の増殖が抑制され、pHが5から6程度になるとの報告もあり（福井と吉村, 2021）、本試験においても、水分含量などの影響が示唆される。

また、黒毛和種の肥育において、飼料中の β -カロテンが肉質に影響することから、多くの生産者は粗飼料中の含有量に留意しながら管理している。しかしながら、生稲わらは β -カロテン含有量が高いことから、その低減対策として稲刈り後の予乾が有効との報告がある（馬場と吉野 2010；由利ら 2018）。さらに、生稲わらサイレージを半年程度保管後に開封し、晴天下で一昼夜放置した場

合でも、低減効果が認められたとの報告もある（森ら 2008）。このことから、天日による予乾を実施した場合、 β -カロテンの分解要素である酸素、熱や紫外線などで酸化分解作用が促進され、 β -カロテンが低減すると考えられる。一方、石田ら（2021）は、収穫方法や乾燥期間などが同様の場合でも、稲わらの β -カロテン含量に大きなばらつきがあることを報告している。本試験では、有意差は無いものの予乾稲わら区と比較して生稲わら区で低値を示したが、風乾による酸化および日照状況による熱伝達や紫外線照射が影響を与えた可能性が示唆される。本試験では、稲わらサイレージを黒毛和種の肥育全期間で給与する計画であり、 β -カロテンが生体や肉質に及ぼす影響についても今後検討する。

以上より、稲刈り当日および翌日の稲わらをサイレージ調製することで、天候の影響を受けずに、良質な稲わらサイレージを生産できることが示唆された。

謝 辞

本試験にご協力いただいた生産農家に深謝する。

引用文献

- 馬場未帆, 吉野賢一. 2010. 生稲わらの収穫調製方法によるサイレージ発酵品質および β -カロテンと α -トコフェノール含量. 埼玉県農林総合研究センター研究報告 61, 61-63.
- 福井弘之, 吉村健二. 2021. 稲わらサイレージにおける品質安定技術（第1報）. 徳島県立農林水産総合技術支援センター畜産研究課研究報告 20, 8-9.
- 石田美保, 浅野桂吾, 石田元彦. 2021. 石川県内の黒毛和種肥育牛に給与されている粗飼料の β -カロテン含量とその低減方法の検討. 日本草地学会誌 67, 94-98.

- 森昌昭, 松井靖典, 山田陽稔. 2007. 黒毛和種肥育牛における生稲ワラサイレージ給与方法と血液中ビタミンA濃度. 関東東海北陸農業研究成果情報. 12.
- 蔡義民. 2009a. サイレージ発酵品質の分析・評価法(2). 畜産の研究 63, 339-344.
- 蔡義民. 2009b. 肥育牛用飼料として稲わらサイレージの調製と利用. 日本畜産学会報 80. 386-389.
- 佐々木西二. 1972. 乳酸発酵とサイレージ. 科学と生物 10, 175-184.
- 高平寧子, 金谷千津子, 中島麻希子, 吉野英治, 紺博昭, 廣瀬富雄, 丸山富美子. 2015. 生稲わらサイレージの給与が肥育後期黒毛和種去勢牛の飼養成績におよぼす影響. 日本草地学会誌 61, 158-166.
- 由利奈美江, 渡邊潤, 千葉祐子. 2018. 予乾体系で収穫した飼料用稲専用品種「たちあやか」の飼料特性. 東北畜産学会報68 (No.2 大会要旨集), 22.
- 渡邊潤. 2014. ラップフィルム巻数が稲わらロールベールサイレージの長期間保管に与える影響. 秋田県畜産試験場研究報告28, 1-5.

コレシストキニンA受容体遺伝子を指標とした比内地鶏の発育改善に関する研究 (第2報)

ーゲノム育種による比内地鶏の増体性の改良効果の検証ー

力丸宗弘・鹿野亜海・田澤謙・菅原二千花

要 約

我々はこれまで発育が異なる比内鶏系統個体を交配し、作出したF₂家系集団において、コレシストキニンA受容体遺伝子 (*CCKAR*) の5' 非翻訳領域の特定部位における一塩基多型 (SNP, g. 420 C > A) とF₂個体の発育形質との間に有意な関連性を確認し、AアリルはCアリルよりも発育形質に対する効果が優れていることを報告した。さらに、当該SNPによって比内鶏および比内地鶏の発育が改善されることを明らかにした。本研究では、当該SNPを指標としてロードアイランドレッド種の雌系統 (岡畜ロード) をA/A型に固定した種鶏群 (ゲノム岡畜ロード) を用いて比内地鶏を作出し、増体性の改良効果について検証を行った。比内鶏と兵庫岡畜ロード×ゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏と比内鶏と兵庫岡畜ロード×岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏を23週齢まで飼育した結果、比内鶏と兵庫岡畜ロード×ゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏のうち当該SNPがA/A型の比内地鶏は比内鶏と兵庫岡畜ロード×岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏と比較して44g大きかった。また、岡畜ロードとゲノム岡畜ロードの産卵性能の比較を行った結果、ゲノム岡畜ロードの25-50W産卵率、初産日齢および200日齢卵重は岡畜ロードと同等の成績を示した。

以上の結果から、*CCKAR* g.420 C > A を指標として種鶏をA/A型に固定することによって、比内地鶏の発育が改善され、当該SNPが比内地鶏の増体性の改良に有効であることが示唆された。

緒 言

我々は、これまでニワトリの発育形質に影響する遺伝子を特定するため、比内鶏のF₂交雑家系を用いて発育形質に関する量的形質遺伝子座 (QTL) 解析を行い、ニワトリの食欲に関連すると予測される候補遺伝子として、満腹感を司る神経情報伝達を担うペプチドホルモンとして知られているコレシストキニンA受容体遺伝子 (以下、「*CCKAR*」という) と発育形質との関連性を明らかにした (Rikimaru et al. 2012)。また、F₂交雑家系における*CCKAR*の特定の一塩基多型 (以下、「SNP」という) (A/C) と発育形質との関連性について解析した結果、Aアリルは体重や日

増体重を高める効果を持つことを明らかにした (Rikimaru et al. 2013)。さらに、異なる*CCKAR*のSNP型を持つ比内鶏を材料として、発育、飼料摂取量、飼料要求率を調査した結果、A/A型を有する個体は他の遺伝子型 (A/C型, C/C型) 個体よりも発育が優れ、飼料要求率が改善されることを確認した (力丸ら 2014)。これらの結果から、*CCKAR* g.420 C > A によって比内鶏の発育が改善されることが明らかとなった。次にコマーシャル鶏である比内地鶏を材料として発育試験を行った結果、AアリルはCアリルよりも発育形質に対する効果が有意に優れ、A/A型個体はC/C型個体より14週齢以降における平均日増体重および23

週齢体重が有意に優れ、比内地鶏においてもA/A型を有する個体は他の遺伝子型（A/C型、C/C型）個体より発育が優れることを確認した（Rikimaru et al. 2020, 力丸ら 2023）。これらの結果から、当該SNPは比内地鶏の発育成績を改善するための有望な候補マーカーであることが示唆された。

これらの結果を踏まえ、平成28年度から「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち地域戦略プロジェクト）において、秋田県畜産試験場が代表となり、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、岐阜県畜産研究所、熊本県畜産研究所、宮崎県畜産試験場とコンソーシアムを設立し、「ゲノム手法によって作出される地鶏の食味性および増体性の改良効果の実証研究」に取り組んだ。プロジェクトでは、CCKARの当該SNPを指標として、各県の地鶏（比内地鶏、奥美濃古地鶏、天草大王、みやざき地頭鶏）の種鶏についてゲノム育種を行い、その種鶏から生産された各地鶏について改良効果の検証を行った。

比内地鶏は比内鶏の雄とロードアイランドレッド種の雌との交配によって作出されるが、当場でこれまで改良してきた比内鶏はCCKARの当該SNPのAアリル頻度が約9割であることがこれまでの研究により明らかとなっている（力丸ら 2014）。そのため、プロジェクトではロードアイランドレッド種についてゲノム育種を行うこととした。なお、ロードアイランドレッド種については、プロジェクト開始時期に系統の組み合わせ試験で新たな組み合わせが決定し（佐藤ら 2018）、雄系統（以下、「兵庫岡畜ロード」という）と雌系統（以下、「岡畜ロード」という）との系統間交配による組み合わせが新たな種鶏として県内の種鶏場へ供給されることとなったが、プロジェクトの期間内に両系統をA/A型に固定することは困難であったため、プロジェクトではこれまで当該SNPの遺伝子解析を行ってきた雌系統の岡畜ロードから新たにA/A型に固定した種鶏群（以下、

「ゲノム岡畜ロード」という）を作出し、比内鶏とゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏と比内鶏と岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏について発育成績の比較を行うこととした。発育調査の結果、比内鶏とゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏は比内鶏と岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏より23週齢体重が大きく、当該SNPを指標として種鶏をA/A型に固定することにより、比内地鶏の増体性が改良されることが示唆された（Rikimaru et al. 2020）。

しかし、プロジェクトで作出した比内地鶏は現行の比内地鶏と交配様式が異なっていたことから、本研究では、ゲノム岡畜ロードを用いて本来の交配様式（比内鶏×（兵庫岡畜ロード×ゲノム岡畜ロード））により比内地鶏を作出し、再度増体性の改良効果について検証を行った。あわせてゲノム岡畜ロードの産卵能力について調査を行った。

材料および方法

1. 比内地鶏の増体性の改良効果の検証

1) 供試材料

秋田県畜産試験場で2022年4月20日にふ化した、比内地鶏の雌260羽（各区130羽）を試験に用いた。

2) 試験区分および飼養管理

試験区分は比内鶏と兵庫岡畜×岡畜ロードの交配から作出した比内地鶏を従来型、比内鶏と兵庫岡畜×ゲノム岡畜ロードの交配から作出した比内地鶏のうちCCKAR g.420 C > Aの遺伝子型がA/A型の個体を改良型とした。

餌付けから4週齢までバタリー式育雛器、4週齢以降はビニルハウスを2区分に分けて飼育した。飼料は以下の3つの市販飼料を給与した：

- 1) 4週齢まで幼雛用飼料（CP25%; ME3,050 kcal/kg）；
- 2) 10週齢まで中雛用飼料（CP18%; ME2,900 kcal/kg）；
- 3) 23週齢まで仕上げ用飼料

(CP16%; ME2,900 kcal/kg). 飼育期間中, 水と飼料は自由摂取とし, 照明時間は自然日長とした.

試験期間は2022年4月20日から9月28日までとした. 体測は0, 4および23週齢に行った. なお, 鑑別違いの雄は試験から除外した.

本研究は全てのプロセスに関し, 秋田県畜産試験場動物実験委員会の承認を受けた上で実施した.

3) *CCKAR* g.420 C > Aの遺伝子型判定

比内地鶏の種鶏である比内鶏の1割はCアリルを有していること, またロードアイランドレッド種の雄系統である兵庫岡畜については*CCKAR* g.420 C > AがA/A型に固定されていないことから, 改良型は全ての個体がA/A型に固定されていない. そのため, 改良型および従来型について当該SNPの遺伝子型の判定を行った.

当該SNPの遺伝子型の判定は, *CCKAR* g.420 C > Aを標的として蛍光プローブ (TaqMan MGB プローブ, Product number : 4332076, Assay Name : *CCKAR*-SNP, Assay ID : ANGZVZ4, Thermo Fisher Scientific, MA, USA) を用いたSNPジェノタイピングアッセイにより行った. TaqMan SNP assayはTakara Premix EX Taq TM (Probe qPCR) (タカラバイオ, 滋賀, 日本) を利用し, 反応はゲノムDNA 20ngを1 μ l, PCRマスターミックスEX Taqを6.25 μ l, プローブ0.1pmol, プライマー 11.25pmolを0.313 μ l, ROXを0.25 μ l, SIGMA Water (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) を4.69 μ l, 合計12.5 μ lで行った. 反応は95°C 1秒間の熱変性, 60°C 20秒のアニーリング, 60°C 20秒の伸長反応を40サイクル行う条件とした. ポジティブコントロールには当該SNPの遺伝子型が明らかとなっている個体 (ホモ接合体, ヘテロ接合体) を, ネガティブコントロールにはSIGMA Water (Merck KGaA) を用いた. 当該SNPの遺伝子型判定にはApplied Biosystems StepOne TM Real-Time PCR System Software (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) を

用い, 各遺伝子型の判定を行った.

4) 統計解析

改良型については, 遺伝子型判定によりA/A型と判定された個体を統計解析に用いた. 各区の平均値の比較には, F検定により等分散性の有無を確認したのち, 対応のないt検定を用いた. P値が0.05未満の場合, 有意差ありと判定した.

2. ロード種鶏の産卵性能

1) 供試材料

秋田県畜産試験場で2022年3月23日にふ化したゲノム岡畜ロードの雌118羽および岡畜ロードの雌214羽を試験に用いた.

2) 飼養管理

4週齢までは4段式パタリーケージ (78.5cm $\times$ 73.0cm $\times$ 48.3cm) で飼育した. その後, 育雛用ケージ (90.6cm $\times$ 60.5cm $\times$ 60.5cm) に移して17週齢まで飼育した. 17週齢以降, 採卵用ケージ (22.7cm $\times$ 39.5cm $\times$ 45.5cm) へ移して50週齢まで飼育した. 飼料は, 0 ~ 4週齢まで幼雛用 (ME, 3,050 kcal/kg; CP, 25%), 4 ~ 10週齢まで中雛用 (ME, 2,850kcal/kg; CP, 18%), 10 ~ 17週齢まで大雛用 (ME, 2,800kcal/kg; CP, 15%), 17週齢以降成鶏用 (ME, 2,850kcal/kg; CP, 16%) を給与した. なお, 17 ~ 50週齢の期間は, 明期を16時間に設定した. 飼料と飲水は, 試験期間を通して自由摂取とした.

3) 調査項目

調査項目は25 ~ 50週齢におけるヘンディ産卵率, 初産日齢, 200日齢卵重, 生存率とした.

結 果

1. 比内地鶏の増体性の改良効果の検証

従来型と改良型の*CCKAR* g.420 C > Aの遺伝子型頻度を表1に示した. 改良型は遺伝子解析でA/A型と判定された個体のみであることからA/Aの遺伝子型頻度が1.0であるのに対し, 従来型はA/A型が0.30, A/C型が0.52, C/C型が0.18であった.

表 1 従来型と改良型のCCKAR g. 420 C > A の遺伝子型頻度

項目	A/A	A/C	C/C
従来型 (n=118) ¹	0.30	0.52	0.18
改良型 (n=48) ²	1.0	0.0	0.0

¹ 従来型: 比内鶏×(兵岡×岡畜)
² 改良型: 比内鶏×(兵岡×ゲノム岡畜) 改良型は遺伝子解析でA/A型と判定された個体数

表 2 従来型と改良型の発育成績の比較

発育形質	従来型 (n=118) ¹	改良型 (n=48) ²
	平均 ± 標準誤差	平均 ± 標準誤差
0週齢体重(g)	38.3 ± 0.3 ^b	39.4 ± 0.4 ^a
4週齢体重(g)	363.5 ± 3.4	360.0 ± 4.7
23週齢体重(g)	2,883.4 ± 21.5	2,927.4 ± 36.6
0-4週齢日増体重(g/day)	12.5 ± 0.1	12.3 ± 0.2
4-23週齢日増体重(g/day)	19.1 ± 0.1	19.5 ± 0.3
0-23週齢日増体重(g/day)	17.8 ± 0.1	18.1 ± 0.2

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)
¹ 従来型: 比内鶏×(兵岡×岡畜)
² 改良型: 比内鶏×(兵岡×ゲノム岡畜) 改良型は遺伝子解析でA/A型と判定された個体数

表 3 ゲノム岡畜ロードを種鶏に利用した場合の経済効果

項目	改良型と従来型の体重差	飼育短縮日数 ¹	1羽当たりの飼料削減額 ²	1戸当たりの飼料削減額 ³
経済効果	44g	3.1日	36.3円	181,500円

¹ $44\text{g} \div 14.0\text{g}$ (福田と力丸 (2023) より算出) = 3.1日
² 117g/日 (福田と力丸 (2023) より算出) $\times 100\text{円/kg}$ (飼料単価を100円/kgとした場合) $\times 3.1\text{日}$ = 36.3円
³ $5,000\text{羽}$ (比内地鶏農家一戸当たりの平均羽数) $\times 36.3\text{円/羽}$ = 181,500円

従来型と改良型の発育成績の比較を表2に示した。0週齢体重は改良型が39.4g、従来型が38.3gであり、改良型が従来型より有意に大きかった。4週齢体重および23週齢体重に有意な差は認められなかったが、23週齢における改良型の体重は2,927.4g、従来型の体重は2,883.4gであり、改良型は従来型より44g大きかった。0-4、4-23、0-23週齢における平均日増体重においても区間に有意差は認められなかったが、改良型は従来型より優れる傾向を示した。

ゲノム岡畜ロードを種鶏に利用した場合の経済効果を表3に示した。改良型と従来型の体重差(44g)と仕上げ期の平均日増体重(14.0g/日)(福田と力丸 (2023) から算出)から飼育短縮日数を試算すると、3.1日の短縮となった。また、1羽当たり36.3円、一戸当たり181,500円の飼料費削減となった。

岡畜ロードとゲノム岡畜ロードの産卵性能の比較を表4および図1に示した。岡畜ロードの25-50W産卵率、初産日齢、200日齢卵重、生存率は

表4 岡畜ロードとゲノム岡畜ロードの産卵性能の比較

項目	25-50W産卵率(%)	初産日齢(日)	200日齢卵重(g)	生存率(%)
岡畜ロード(R4.3生)	77.2	156.2	51.9	99.1
ゲノム岡畜ロード(R4.3生)	79.2	149.1	52.3	98.2

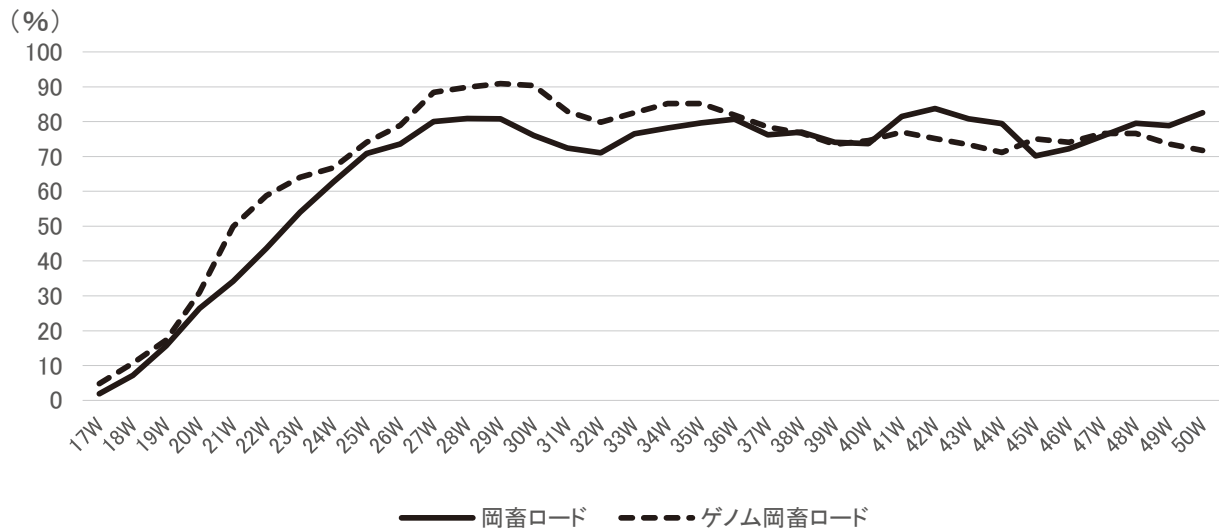


図1 岡畜ロードとゲノム岡畜ロードの産卵率の比較

77.2%, 156.2日, 51.9g, 99.1%, ゲノム岡畜ロードの25-50W産卵率, 初産日齢, 200日齢卵重, 生存率は79.2%, 149.1日, 52.3g, 98.2%であった。

考 察

我々はこれまで, *CCKAR* g.420 C > A によって比内鶏だけでなく比内地鶏においても発育が改善されることを明らかにした(力丸ら 2014, Rikimaru et al. 2020, 力丸ら 2023). 本研究では, 当該SNPを指標としてロードアイランドレッド種の雌系統(岡畜ロード)をA/A型に固定した種鶏群(ゲノム岡畜ロード)を用いて比内地鶏を作出し, 増体性の改良効果について検証を行った。

比内鶏と兵庫岡畜ロード×ゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏と比内鶏と兵庫岡

畜ロード×岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏を23週齢まで飼育した結果, 有意差は認められなかったものの当該SNPがA/A型の改良型は従来型と比較して44g大きかった. Rikimaru et al. (2020) は現行の比内地鶏の交配様式と異なる比内鶏とゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏と比内鶏と岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏を用いて発育成績の比較を行った結果, 比内鶏とゲノム岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏のA/A型個体は比内鶏と岡畜ロードを交配して作出した比内地鶏より23週齢体重が有意に大きくなることを確認しているが, 本研究においても同様の結果が確認された. これらの結果から, 種鶏の系統の組み合わせにかかわらず当該SNPをA/A型に固定することより, 比内地鶏の発

育が改善され、当該SNPが比内地鶏の増体性の改良に有効であることが示された。

ゲノム岡畜ロードを種鶏に利用した場合の経済効果を試算すると、飼育日数は3.1日の短縮、飼料費は1羽当たり36.3円、一戸当たり181,500円の削減となった。秋田県全体で考えた場合、令和4年の比内地鶏の生産羽数は401千羽（秋田県、2023）であることから、約15,000千円の飼料費削減となる。近年、飼料価格の高騰による経営費の圧迫が続いていることから、当該SNPを指標とした種鶏の選抜は比内地鶏生産農家の経営改善に貢献できるものと考えられる。

本研究の結果から、当該SNPは比内地鶏の増体性の改良に有効であることが示されたが、種鶏場へ種雛を供給するには種鶏の産卵能力も重要となる。岡畜ロードとゲノム岡畜ロードのふ化時期を同一日とし、産卵性能の比較を行った結果、ゲノム岡畜ロードの25-50W産卵率、初産日齢および200日齢卵重は岡畜ロードと同等以上の成績を示した。これらの結果から、当該SNPを指標として選抜したゲノム岡畜ロードはロードアイランドレッド種の雌系統として十分利用できることが確認された。

以上の結果から、*CCKAR* g.420 C > A を指標として種鶏をA/A型に固定することによって、比内地鶏の発育が改善され、当該SNPが比内地鶏の増体性の改良に有効であることが示唆された。今後は生産現場においても同様の効果が得られるか検証する予定である。

引用文献

秋田県. 2023. 比内地鶏の情勢. (令和5年3月).

畜産振興課.

福田栞・力丸宗弘. 2023. 餌付け時期の異なる

比内地鶏の期間発育に及ぼす暑熱の影響とその抑制対策. 秋田県畜産試験場研究報告. 37:14-26.

Rikimaru K, Komatsu M, Suzuki K, Uemoto Y, Takeda H and Takahashi H. 2012. Association between cholecystokinin type A receptor haplotypes and growth traits in Japanese Hinai-dori crossbred chickens. *Molecular Biology Reports* 39: 4479-4484.

力丸宗弘・武田尚人・大久保武・高橋大希・小松恵・高橋秀彰. 2014. コレシストキニンA受容体遺伝子の一塩基多型 (g.420 C > A) は比内地鶏の発育を改善する. *日本家禽学会誌* 51, 43-48.

Rikimaru K, Takeda H, Uemoto Y, Komatsu M, Takahashi D, Suzuki K and Takahashi H. 2013. Effect of a single-nucleotide polymorphism in the cholecystokinin type A receptor gene on growth traits in the Hinai-dori chicken breed. *The Journal of Poultry Science* 50: 206-211.

Rikimaru K, Sato Y, Ito Y, Fukuda S, Sasaki S and Takahashi H. 2020. Is a single-nucleotide polymorphism marker in the cholecystokinin type A receptor gene practically suitable for improving the growth traits of Hinai-jidori chickens? *The Journal of Poultry Science* 57: 99-106.

力丸宗弘・大久保武・高橋秀彰. 2023. コレシストキニンA受容体遺伝子を指標とした比内地鶏の発育改善に関する研究（第1報）—コレシストキニンA受容体遺伝子の一塩基多型 (g.420 C > A) と比内地鶏の発育形質との関連性—. 秋田県畜産試験場研究報告 37, 27-33.

乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育および生産性へ及ぼす影響(第1報)

田澤謙・福田栞・佐藤冬彦*・鹿野亜海・力丸宗弘

*株式会社秋田今野商店

要 約

本研究では、乳酸菌*Lactobacillus plantarum* AOK-L11株の加熱菌体（AOK-L11）の給与が比内地鶏の発育および生産性へ及ぼす影響について検討した。試験1では、AOK-L11を2 mg/kg, 4 mg/kg, 20 mg/kg添加した飼料を、試験2では0.2 mg/kg, 0.4 mg/kg, 0.8 mg/kg添加した飼料を22週齢まで給与し飼養した。両試験で設定したAOK-L11添加区は、ほぼ全ての区において対照区よりも10週齢以降体重・増体量が優れ、生産性についても対照区よりも優れていた。以上の結果から、AOK-L11の給与は比内地鶏の発育を向上させ、比内地鶏経営の収益を増加させる可能性が示された。

緒 言

わが国では、飼料穀物の多くを海外の輸入に依存しており、令和2年度における飼料自給率は25%と低い水準に留まっている（農林水産省 2023）。近年、飼料穀物の国際的な需給バランスや為替相場の影響により配合飼料価格が高騰し、畜産農家の経営を圧迫している。特に、飼料費が経営費の約6割を占める（農林水産省 2022）肉用鶏では、その影響が大きく、生産コストの低減と生産物の高付加価値化による収益性の向上が求められている。

プロバイオティクスは、「十分な量を摂取したときに宿主に有益な作用をもたらす生きた微生物」（FAO and WHO 2006）であり、家畜において飼料効率の改善や感染症予防による生産性向上を目的に利用されている（亀上と牛田 2014）。ニワトリでは、プロバイオティクスとして乳酸菌の給与が増体性や免疫機能の向上に有効であることが報告されている（Lan et al. 2003 ; Huang et al. 2004; Shokryazdan et al. 2017 ; Fesseha et al. 2021）。最近では、生きた微生物だけでなく、加熱処理された死菌体の給与がニワトリの

成長促進、免疫改善をもたらすことが報告され（Khonyoung and Yamauchi 2012, 2019）, 「腸内細菌叢を介さず直接生体に作用する食品成分」としてバイオジェニックスという新たな概念が広がっている（光岡 2011）。死菌体は生菌に比べ調製や保存が容易（光岡 1991; 弘田 2019）であり、腸内において生菌に劣らない活性を示す（Fujiki et al. 2012）ことからその利用と効果について注目されている。

Lactobacillus plantarum AOK-L11は株式会社秋田今野商店にて大根の麹漬けより分離された乳酸菌株であり、同社において安定化粉末加工処理を行い製造された加熱菌体である。比内地鶏では、生菌剤、乳酸菌加熱菌体の給与が発育性の向上や飼料効率の改善をもたらすことが報告されており（力丸と石塚 2006; 力丸ら 2017）、本加熱菌体についても同様の効果が期待される。一方、生産性向上を目的とした乳酸菌などの添加物の利用に際しては、その効果とともに費用対効果について検討する必要がある（亀上と牛田 2014）。そこで、本研究では、異なる濃度に調整した乳酸菌加熱菌体AOK-L11を添加した飼料を比内地鶏に給与

し、発育性や生産性に及ぼす影響について調査を行った。

材料および方法

1. 供試鶏および飼養管理

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。餌付けから4週齢まではバタリー育雛器で飼育し、4週齢以降パイプハウスにて22週齢まで飼育した。全期間を通して不断給餌、自由飲水とし、その他管理は当場の慣行とした。

2. 試験飼料

供試菌体には、乳酸菌加熱菌体AOK-L11を50%、デキストリンを50%含有した粉末をコーンスターチで100倍(試験1)または500倍(試験2)希釈した乳酸菌加熱菌体粉末(株式会社秋田今野商店, 秋田)を使用した。

3. 試験区分

試験1, 試験2ともに現行の配合飼料(餌付け～4週齢:比内地鶏えつけNC(CP21%; ME3,070 kcal/kg), 中期:比内地鶏中期(CP18%; ME 2,900 kcal/kg), 仕上げ期:比内地鶏完熟(CP16%; ME2,900 kcal/kg), JA全農北日本くみあい飼料株式会社)を給与する対照区, ならびに現行の配合飼料に濃度を調整した乳酸菌加熱菌体粉末を添加した試験区3区の計4区を設けて飼育した。

4. 実験計画

試験1では、乳酸菌加熱菌体2 mg/kg区, 4 mg/kg区, 20 mg/kg区の試験区3区および対照区を設け、各区60羽(計240羽)として、令和3年5月18日から令和3年10月19日まで飼育した。試験2では、乳酸菌加熱菌体0.2 mg/kg区, 0.4 mg/kg区, 0.8 mg/kg区の試験区3区および対照区を設け、各区120羽(計480羽)として、令和3年

9月22日から令和4年2月22日まで飼育した。

1区分のハウス内面積は試験1では5.4 m×2.7 m (4.12 羽/m²), 試験2では9.45 m×7.2 m (1.76 羽/m²) として飼育した。

5. 調査項目

1) 発育成績

0, 4, 10, 14, 17, 22週齢時に体重測定を行った。

2) 飼料摂取量, 飼料要求率

飼料摂取量は4, 10, 14, 17, 22週齢時に飼料残飼量を測定し、給与量から差し引いて求めた。飼料要求率は増体量および飼料摂取量から算出した。

3) 育成率

育成率は、試験開始時の餌付け羽数、誤鑑別個体などの淘汰羽数および死亡羽数より算出した。

4) 解体成績

各区5羽を解体調査に供した。22週齢時に生産現場の慣行に準じて食鳥処理および解体を行い、生体重量、と体重量ならびに全骨、モモ、ムネ、ササミ、手羽元、手羽先、肝臓、心臓、腺胃、筋胃および腹腔内脂肪の重量を測定し、生体重に占める重量割合を算出した。

5) 生産性

生産性は販売額から生産費を差し引いた粗収益を指標とし、1羽あたりにかかる費用を各区算出した。生産費は飼料費(前期用飼料86.4 円/kg, 中期用飼料77.0 円/kg, 仕上げ用飼料82.5円/kg)および乳酸菌加菌体添加費(0.2円/mg), ひな代(356円)と衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費(392円)を合計した諸経費(秋田県農林水産部 2021)より算出した。販売額は以下の式により求めた。

販売額 = (試験終了時の各区生体重平均値 - 0.05 kg (糞排泄量)) × 0.95 (と体割合) × 890 円 (kg 単価)

6. 統計処理

発育成績、解体成績についてはExcel統計2006ソフトウェア(Social Survey Research Information, 東京)を用いて一元配置の分散分析およびTukeyの多重比較検定を行い、 P 値が0.05未満の差を試験区間の有意差とした。

結 果

試験1では、乳酸菌加熱菌体を添加した全ての区において10週齢以降、対照区よりも体重が優れる傾向を示した(表1)。増体量は4 mg/kg区および20 mg/kg区が10～14週齢時において対照区よりも有意に優れ、試験開始から終了時までの増体量は乳酸菌加熱菌体を添加した全ての区が対照区よりも優れる傾向を示した(表2)。育成率については乳酸菌加熱菌体を添加した全ての区が対照区よりも低かった(表3)。1羽あたりの生産性は、4 mg/kg区が502.0円と最も優れ、対照区と比較して約45円粗収益が増加した(表4)。飼料要求率については10～14週齢および17～

22週齢において全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも優れていた(表5)。解体成績については試験区間で有意な差は認められなかった(表6)。

試験2では、0.4 mg/kg区で10週齢以降、0.8 mg/kg区で14週齢以降対照区よりも体重が優れる傾向を示し、0.8 mg/kg区は22週齢時において対照区よりも体重が有意に優れていた(表7)。増体量は、10～14週齢時において全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも有意に優れ、0.8 mg/kg区については、17～22週齢時および試験開始から終了時までの増体量が対照区よりも有意に優れる結果となった(表8)。育成率は0.8 mg/kg区が最も優れていた(表9)。1羽あたりの生産性は、0.8 mg/kg区が461.2円と最も優れ、対照区と比較して約45円粗収益が増加した(表10)。飼料要求率については10～14週において全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも優れていた(表11)。解体成績については試験区間で有意な差は見られなかった(表12)。

表1 各週齢における体重(g, 試験1)

週齢	対照区	2mg/kg区	4mg/kg区	20mg/kg区
0	37.8±2.7	37.6±2.5	37.8±2.8	38.0±2.8
4	445.1±45.1 ^a	437.0±35.4 ^{ab}	417.5±41.7 ^b	449.5±34.2 ^a
10	1300.4±152.8	1343.6±98.2	1302.8±149.4	1310.9±124.9
14	1774.6±225.2	1847.4±166.6	1821.4±193.4	1860.4±178.5
17	2170.9±236.8	2251.3±215.9	2210.9±213.3	2271.5±193.9
22	2603.8±318.5	2657.7±292.0	2650.6±245.0	2705.9±248.8

平均値±標準偏差

^{a, b} 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表2 各週齢間における増体量(g, 試験1)

週齢	対照区	2mg/kg区	4mg/kg区	20mg/kg区
0～4	407.3±44.2 ^a	399.4±35.2 ^a	379.6±40.5 ^b	411.5±33.0 ^a
4～10	855.3±123.9	905.7±76.8	885.3±122.4	866.2±95.1
10～14	480.8±105.5 ^b	522.0±77.2 ^{ab}	534.2±76.1 ^a	542.5±113.7 ^a
14～17	394.3±63.5	403.9±76.7	375.8±75.6	408.9±71.2
17～22	430.4±130.2	424.0±113.7	430.5±89.7	437.4±86.0
0～22	2566.0±317.9	2620.1±291.9	2612.8±244.0	2666.3±250.7

平均値±標準偏差

^{a, b} 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表 3 試験終了時の育成率（%, 試験 1）

	死亡羽数（羽）	育成率（%）
対照区	4	93.1
2mg/kg区	6	89.8
4mg/kg区	8	86.2
20mg/kg区	9	84.7

育成率＝（餌付け羽数－淘汰羽数－死亡羽数）／（餌付け羽数－淘汰羽数）＊100

表 4 1羽あたりの生産性（試験 1）

	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	954.9	—	748	1702.9	2159.2	456.3
2mg/kg区	962.0	4.7	748	1714.7	2204.8	490.1
4mg/kg区	939.7	9.2	748	1696.8	2198.8	502.0
20mg/kg区	975.0	47.6	748	1770.6	2245.6	474.9

飼料単価：前期用飼料 86.4円/kg、中期用飼料 77.0円/kg、仕上げ用飼料 82.5円/kgとした
諸経費：ひな代 356円＋衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費 392円とした
生産費：飼料費＋（乳酸菌加熱菌体添加費）＋諸経費とした
販売額：（試験終了時の生体重平均値（kg）－0.05（糞排泄量, kg））×0.95（と体割合）×890円（kg単価）とした
粗収益：販売額－生産費

表 5 各週齢間における1日あたりの飼料摂取量（g/日/羽）と飼料要求率（期間飼料摂取量/期間増体量, 試験 1）

飼料摂取量	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	25.6	65.5	96.4	106.1	119.6	80.8
2mg/kg区	26.1	68.3	98.1	109.3	116.1	81.6
4mg/kg区	24.3	65.1	102.8	104.0	111.8	79.1
20mg/kg区	25.3	65.5	103.1	114.2	116.4	81.7
飼料要求率	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	1.8	3.2	5.6	5.7	9.7	4.8
2mg/kg区	1.8	3.2	5.3	5.7	9.6	4.7
4mg/kg区	1.8	3.1	5.4	5.8	9.1	4.7
20mg/kg区	1.7	3.2	5.3	5.9	9.3	4.7

表 6 解体成績（%, 試験 1）

週齢	対照区	2mg/kg区	4mg/kg区	20mg/kg区
モモ	22.4±2.3	22.3±2.7	22.7±1.8	23.8±2.3
ムネ	11.9±1.1	12.0±2.1	12.7±0.8	12.6±1.1
ササミ	3.8±0.2	3.6±0.4	4.0±0.3	3.8±0.5
手羽元	3.8±0.3	3.6±0.4	3.8±0.5	3.8±0.4
手羽先	4.6±0.4	4.3±0.4	4.6±0.4	4.6±0.1
肝臓	1.4±0.1	1.4±0.2	1.5±0.2	1.3±0.1
心臓	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
腺胃	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.2	0.3±0.1
筋胃	1.9±0.4	1.7±0.3	1.9±0.2	1.7±0.2
腹腔内脂肪	4.7±1.9	5.0±0.8	3.3±1.5	3.9±0.4

平均値±標準偏差、n=5

表7 各週齢における体重（g, 試験2）

週齢	対照区	0.2mg/kg区	0.4mg/kg区	0.8mg/kg区
0	37.6±2.9	37.9±3.1	37.9±3.2	37.9±3.2
4	468.7±38.0	459.1±38.2	463.7±46.2	458.9±37.6
10	1594.1±139.2	1571.2±123.8	1600.9±164.8	1571.3±132.0
14	2116.1±201.6	2144.5±186.0	2183.8±222.1	2160.4±188.1
17	2444.7±224.3	2428.7±216.3	2489.1±232.3	2496.9±202.4
22	3052.1±323.0 ^b	3019.1±332.3 ^b	3111.4±345.6 ^{ab}	3200.0±313.4 ^a

平均値±標準偏差

^{a, b}異符号間に有意差あり（ $P<0.05$ ）

表8 各週齢間における増体量（g, 試験2）

週齢	対照区	0.2mg/kg区	0.4mg/kg区	0.8mg/kg区
0～4	431.0±37.5	421.2±37.8	424.2±43.4	421.1±36.4
4～10	1127.0±107.7	1107.7±105.3	1139.5±128.1	1111.9±107.2
10～14	531.4±79.4 ^b	580.2±88.4 ^a	582.8±86.8 ^a	593.5±80.0 ^a
14～17	328.6±66.1 ^{ab}	286.2±58.7 ^c	312.5±57.5 ^b	336.5±61.2 ^a
17～22	607.4±155.0 ^b	585.9±179.9 ^b	613.0±160.7 ^b	708.9±157.8 ^a
0～22	3014.4±322.8 ^b	2981.3±332.3 ^b	3073.5±345.3 ^{ab}	3162.1±313.3 ^a

平均値±標準偏差

^{a, b, c}異符号間に有意差あり（ $P<0.05$ ）

表9 試験終了時の育成率（%, 試験2）

	死亡羽数（羽）	育成率（%）
対照区	12	88.9
0.2mg/kg区	12	89.1
0.4mg/kg区	21	81.6
0.8mg/kg区	9	91.7

育成率＝（餌付け羽数－淘汰羽数－死亡羽数）／（餌付け羽数－淘汰羽数）×100

表10 1羽あたりの生産性（試験2）

	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	1375.7	—	748	2123.7	2538.3	414.6
0.2mg/kg区	1392.8	0.7	748	2141.5	2510.4	368.9
0.4mg/kg区	1383.2	1.4	748	2132.6	2588.4	455.8
0.8mg/kg区	1451.3	2.9	748	2202.1	2663.3	461.2

飼料単価：前期用飼料 86.4円/kg、中期用飼料 77.0円/kg、仕上げ用飼料 82.5円/kgとした

諸経費：ひな代 356円＋衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費 392円とした

生産費：飼料費＋（乳酸菌加熱菌体添加費）＋諸経費とした

販売額：（試験終了時の生体重平均値（kg）－0.05（糞排泄量, kg））×0.95（と体割合）×890円（kg単価）とした

粗収益：販売額－生産費

表11 各週齢間における1日あたりの飼料摂取量（g/日/羽）と飼料要求率（期間飼料摂取量/期間増体量，試験2）

飼料摂取量	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	25.5	90.8	144.9	146.2	149.7	108.0
0.2mg/kg区	23.7	92.8	144.5	142.4	157.5	109.3
0.4mg/kg区	24.5	91.0	148.0	141.2	153.5	108.0
0.8mg/kg区	24.7	93.1	153.3	151.0	164.4	113.7
飼料要求率	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	1.7	3.4	7.6	9.3	8.6	5.5
0.2mg/kg区	1.6	3.5	7.0	10.5	9.4	5.6
0.4mg/kg区	1.6	3.4	7.1	9.5	8.8	5.4
0.8mg/kg区	1.6	3.5	7.2	9.4	8.1	5.5

表12 解体成績（％，試験2）

週齢	対照区	0.2mg/kg区	0.4mg/kg区	0.8mg/kg区
モモ	20.0±1.1	19.9±0.7	20.7±0.6	19.2±1.1
ムネ	11.5±1.0	12.3±0.6	12.4±1.0	11.5±0.6
ササミ	3.3±0.3	3.4±0.1	3.3±0.5	3.2±0.1
手羽元	3.6±0.3	3.8±0.3	3.6±0.3	3.5±0.1
手羽先	4.0±0.3	4.2±0.4	4.0±0.4	3.9±0.1
肝臓	1.8±0.1	1.6±0.2	1.7±0.2	1.7±0.1
心臓	0.4±0.1	0.4±0.0	0.4±0.1	0.4±0.1
腺胃	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
筋胃	1.7±0.3	2.1±0.1	2.0±0.4	1.9±0.2
腹腔内脂肪	5.2±2.4	4.4±1.4	5.1±1.6	4.8±0.8

平均値±標準偏差、n=5

考 察

本研究では乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育や生産性に及ぼす影響を明らかにするため、現行の配合飼料に異なる濃度に調整した乳酸菌加熱菌体を添加し、比内地鶏の発育調査を行った。試験1では、乳酸菌加熱菌体を2 mg/kg、4 mg/kg、20 mg/kg添加した区を設け、試験2では、乳酸菌加熱菌体を0.2 mg/kg、0.4 mg/kg、0.8 mg/kg添加した区を設けた。体重については、両試験で設定したほぼ全ての乳酸菌加熱菌体添加区が10週齢以降対照区よりも優れる傾向を示し、試験終了時の体重は試験2の0.2 mg/kg区を除いて全ての添加区が対照区よりも優れる結果となった。これらの結果は、乳酸菌加熱菌体をブロイラーに給与したKhonyoung

and Yamauchi (2012, 2019)、比内地鶏に給与した力丸ら (2017) の結果と一致しており、AOK-L11の給与が比内地鶏の増体を向上させることを示唆している。Khonyoung and Yamauchi (2012) は乳酸菌加熱菌体の給与がブロイラーの体重を増加させた要因として、腸絨毛表層の細胞分裂数の増加と隆起細胞の増加による腸機能の活性化を考察している。本研究では、腸絨毛の組織学的な調査を行わなかったが、乳酸菌加熱菌体AOK-L11の添加が腸の組織的な形態変化をもたらし、栄養素の吸収を促進させ、成長を促した可能性が考えられた。増体量については、両試験で設定したほぼ全ての乳酸菌加熱菌体添加区が10週齢以降対照区よりも優れる傾向を示し、特に10～14週齢時における増体が顕著であった。

本研究では、供試鶏が10週齢に達するまで、経口投与のワクチネーション、パイプハウスへの移動、飼料の切り替えなどを実施し、抗生物質（サリノマイシンナトリウム50.0 g力価/トン、エンラマイシン7.0 g力価/トン）を含有する配合飼料（秋田比内地鶏えつけNC、秋田比内地鶏中期）を給与した。ニワトリの腸内細菌叢はこれらワクチネーション、飼育場所の移動といったストレス、抗生物質の投与などによって容易に変動・悪化することが知られており（光岡 1971；丸田 2012；高橋 2012）、10週齢以前では腸内細菌による宿主への影響が制限されていたと推察される。微生物叢の変化は腸の発達、粘膜の構造に影響を及ぼす（光岡 1971; Lan et al. 2011）ことから、ワクチネーションが終了し、抗生物質を含有しない仕上げ飼料の給与を開始した10週齢以降、本加熱菌体給与による増体性の向上などの効果が顕著に表れたと考えられた。また、最終体重については両試験ともに乳酸菌加熱菌体の添加量に依存した増加が見られたことから、添加量の違いによる腸内構造および腸内細菌叢の変化と増体性との関連性についてはさらなる調査が必要である。

生産性については、試験2の0.2 mg/kg区を除いて本研究で設定した全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも優れていた。粗収益については両試験ともに対照区と比較して最大約45円増加し比内地鶏の生産性が約10%向上した。この結果からAOK-L11の給与は比内地鶏経営の収益を増加させることが示唆された。両試験ともに全ての乳酸菌加熱菌体添加区が10～14週齢において対照区よりも飼料要求率が優れていたことから、飼料の給与量に対して増体量の伸びが大きかったことが原因と考えられる。乳酸菌加熱菌体の添加量については、試験1と試験2で飼育時期が異なるため単純な比較は難しいものの、後者ではより少ない量で比内地鶏の発育性・生産性の向上が確認されたことから、生産費を考慮すると低濃度で

の給与が適していると考えられた。本研究ではAOK-L11を試験開始から終了時まで全期間給与したが、力丸ら（2017）は乳酸菌加熱菌体を112日齢まで10 mg/kgまたは2 mg/kg比内地鶏に給与し、増体性の向上を確認している。本研究で確認された発育性・生産性の向上が本加熱菌体の全期間給与に起因するかは不明であるが、最適な加熱菌体の給与量および給与開始時期・給与期間の検討によりさらなる生産コストの削減とこれに伴う増収が期待される。

解体成績については両試験ともに、乳酸菌加熱菌体添加区と対照区に有意な差は認められなかった。このことからAOK-L11の給与は比内地鶏の体重を増加させるが、本研究で調査した部位における歩留まり割合の増減には影響しないと考えられた。

育成率については、本研究で設定した全ての区が約90%と、死亡羽数が約1割を占める結果となった。本研究では、試験1においてマレック病と思われる足麻痺症状などを呈す個体が、試験2においてコクシジウム症の症状と思われる血便排出を呈す個体を確認され、これら症状の罹患・伝播が育成率に影響したと考えられる。ニワトリへの乳酸菌加熱菌体の給与は細胞性免疫に関わるサイトカインIFN- γ 遺伝子発現の上昇（力丸ら 2017）、回腸におけるセグメント細菌の増加による有害細菌の付着抑制（Khonyoung and Yamauchi 2012）といった免疫機能の促進が知られている。本研究では、AOK-L11の給与による免疫機能の賦活効果とその作用機序について調査を行わなかったが、供試鶏のこれら症状の罹患は本加熱菌体添加によって本来得られるはずの免疫システムの形成・維持、成長の促進に大きく影響を及ぼしたと考えられ、本研究で得られた結果にも影響したと考えられる。そのため、本研究で実施したAOK-L11の給与による比内地鶏の発育性・経済性への効果についてはさらなる検証が必

要である。

以上の結果より、乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与は比内地鶏の発育性や生産性を向上させる可能性が示された。

謝 辞

本研究で用いた試験飼料の調製にご協力いただきました、株式会社秋田今野商店の各位に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 秋田県農林水産部. 2021. 作目別技術・経営指標 (2020年版)
- FAO and WHO. 2001. Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria.
- Fesseha Haben, Demlie Tigabu, Mathewos Mesfin, Eshetu Eyob. 2021. Effect of Lactobacillus species probiotics on growth performance of dual-purpose chicken. Veterinary Medicine: Research and Reports 12 : 75-83
- Fujiki Takashi, Hirose Yoshitaka, Yamamoto Yoshihiro, Murosaki Shinji. 2012. Enhanced immunomodulatory activity and stability in simulated digestive juices of Lactobacillus plantarum L-137 by heat treatment. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 76 : 918-922
- Huang K M, Choi J Y, Houde R, Lee W J, Lee B, Zhao X. 2004. Effects of lactobacilli and an acidophilic fungus on the production performance and immune responses in broiler chickens. Poultry Science 83 : 788-795
- 弘田辰彦, 2019. 殺菌された乳酸菌のはたらき. 生物工学 97
- 亀上知世子, 牛田一成. 2014. 畜産領域におけるプロバイオティクスの現状と問題点. 腸内細菌学雑誌 28 : 147-154
- Khonyoung Duddoa, Yamauchi Koh-en. 2012. Effects 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
- Khonyoung Duddoa, Yamauchi Koh-en. 2019. Improved growth performance due to hypertrophied intestinal absorptive epithelial cells by heat-killed Lactobacillus sakei HS-1 in broiler chickens. Journal of Animal Science 97 : 2066-2075
- Lan Ngoc Thi Pham, Binh Thanh Le, Benno Yoshimi. 2003. Impact of two probiotic Lactobacillus strains feeding on fecal lactobacilli and weight gains in chicken. The Journal of General and Applied Microbiology 49 : 29-36
- Lan Y, Verstegen M W A, Tamminga S, Williams B A, 信沢敏一, 田名網祥一, 阿部英雄, 戸塚耕二. 2011. プロイラーにおける共生腸内微生物群の役割. 畜産の研究 65 : 1083-1088
- 丸田喜義. 2012. 生菌剤. 畜産の研究 66 : 1189-1196
- 光岡知足. 1971. ニワトリの腸内細菌叢. 鶏病研究会報 7 : 67-75
- 光岡知足. 1991. 家畜生産における生菌剤の利用. ビフィズス 5 : 1-18
- 農林水産省. 2022. 令和 2 年営農類型別経営統計. 農林水産省大臣官房統計部
- 農林水産省. 2023. 令和 4 年度食料需給表. 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室

力丸宗弘, 石塚条次. 2006. 機能性物質を活用した比内地鶏飼育技術の検討（第3報）－最適な添加物の検討－. 秋田県畜産試験場研究報告 21 : 50-56

力丸宗弘, 廣瀬義隆, 中井寛子, 青谷大希, 佐藤悠紀, 長谷浩伸. 2017. 乳酸菌加熱菌体HK L-137が比内地鶏の発育および生産性に及ぼす影響. 日本畜産学会報 88 : 321-328

Shokryazdan Parisa, Jahromi Faseleh Mohammad, Liang Boo Juan, Ramasamy Kalavathy, Sieo Chin Chin, Ho Wan Yin. 2017. Effects of a *Lactobacillus salivarius* mixture on performance, intestinal health and serum lipids of broiler chickens. PLoS One 12

高橋和昭. 2012. ブロイラーの飼育環境と腸管免疫. 栄養整理研究会報 56 : 59-67

乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育および生産性へ及ぼす影響(第2報)

田澤謙・佐藤冬彦*・鹿野亜海・菅原二千花・力丸宗弘

*株式会社秋田今野商店

要 約

本研究では、前報に引き続き乳酸菌*Lactobacillus plantarum* AOK-L11株の加熱菌体(AOK-L11)の給与が比内地鶏の発育および生産性、腸内細菌叢へ及ぼす影響について検討した。AOK-L11を1 mg/kg, 2 mg/kg, 4 mg/kg添加した飼料を22週齢まで給与し飼養した。AOK-L11添加区は10週齢以降対照区よりも体重、増体量が優れ、生産性については全ての添加区が対照区よりも優れていた。盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量はAOK-L11添加区と対照区で有意な差は認められなかった。以上の結果から、AOK-L11の給与は比内地鶏腸管内の*Bifidobacterium*属菌量の増減に影響を及ぼさないものの、比内地鶏の発育を向上させ、比内地鶏経営の収益を増加させることが示唆された。

緒 言

近年、配合飼料価格の高騰が畜産経営を圧迫しており、収益確保に向けた飼料費の削減、飼養方法の改善による生産性の向上が求められている。プロバイオティクス、ポリフェノールなどの植物由来成分、短鎖脂肪酸は、免疫賦活作用、畜産物の品質改善効果を有する機能性飼料素材であり、家畜の生産性向上に有効な飼料資源と考えられている(熊谷ら 2015)。特にプロバイオティクスとして知られる乳酸菌は、これまでに数多くの研究がなされ、生菌のみならず加熱処理された死菌体においても増体性改善効果(Khonyoung and Yamauchi 2012, 2019)、免疫調節機能(設楽2012, 兼松ら 2017)、体脂肪低減作用(Hsieh et al. 2016)などの有益機能が確認されている。近年では、プロバイオティクスの代表的機能である細菌叢の変化による腸内環境改善効果が、乳酸菌加熱菌体においてもいくつか報告されている。Warda et al. (2019) はマウスの行動学・生化学的研究において、乳酸菌加熱菌体を含有する発酵添加物の給与が腸内細菌叢

を変化させることを報告しており、Inatomi and Otomaru (2020) はハムスターにおいて、加熱殺菌した*Enterococcus faecalis* T-110の給与が、高齢時の下痢発症を惹起する*Clostridium difficile*を減少させることを報告している。ヒトでは、加熱殺菌した*Enterococcus faecalis* EC-12の摂取が、*Bifidobacterium*属菌を増加させることが報告されている(Terada et al. 2004)。*Bifidobacterium*属菌は、ニワトリの盲腸をはじめ多くの動物消化管内に常在するグラム陽性の偏性嫌気性桿菌であり、酢酸や乳酸といった有機酸産生などの機構を通じて、宿主の発育や健康維持に有益な作用をもたらす腸内細菌として知られる(渡辺 2016)。家畜においても乳酸菌加熱菌体給与による腸内環境改善効果が期待されており、*Bifidobacterium*属菌などの腸内有用微生物を対象とした研究に注目が集まっている。

我々は前報において乳酸菌*Lactobacillus plantarum* AOK-L11株の加熱菌体(AOK-L11)の給与が比内地鶏の発育を向上させ、比内地鶏経営の収益を増加させる可能性を見出した。特に給

与量については、増体性・生産性の結果から、低濃度での給与が適していると考察した。しかしながら、これら結果については調査鶏の罹病・伝播が影響している可能性があり、AOK-L11の給与効果については再度の検証が必要であるとした。また、AOK-L11の給与により比内地鶏の増体性が向上したが、本加熱菌体が腸内細菌叢へ及ぼす影響についてはまだ明らかとなっていない。そこで、本研究では前報に引き続き、乳酸菌加熱菌体AOK-L11を低濃度添加した飼料を比内地鶏に給与し、発育性や生産性への効果を再調査するとともに、腸内の有用微生物とされる*Bifidobacterium*属菌へ及ぼす影響について調査を行った。

材料および方法

1. 供試鶏および飼養管理

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。餌付けから4週齢まではバタリー育雛器で飼育し、4週齢以降パイプハウスにて22週齢まで飼育した。全期間を通して不断給餌、自由飲水とし、その他管理は当場の慣行とした。

2. 試験飼料

供試菌体には、乳酸菌加熱菌体AOK-L11を50%、デキストリンを50%含有した粉末をコーンスターチで500倍希釈した乳酸菌加熱菌体粉末（株式会社秋田今野商店、秋田）を使用した。

3. 試験区分

現行の配合飼料（餌付け～4週齢：比内地鶏えつけNC（CP21%；ME3,070 kcal/kg）、中期：比内地鶏中期（CP18%；ME2,900 kcal/kg）、仕上げ期：比内地鶏完熟（CP16%；ME2,900 kcal/kg）、JA全農北日本くみあい飼料株式会社）を給与する対照区、ならびに現行の配合飼料に濃度を調整した乳酸菌加熱菌体粉末を添加した試験区3区の計4区を設けて飼育した。

4. 実験計画

乳酸菌加熱菌体1 mg/kg区、2 mg/kg区、4 mg/kg区の試験区3区および対照区を設け、各区95羽（計380羽）として、令和4年9月21日から令和5年2月22日まで飼育した。1区分のハウス内面積は9.45 m×7.2 m(1.4羽/m²)として飼育した。

5. 調査項目

1) 発育成績

0, 4, 10, 14, 17, 22週齢時に体重測定を行った。

2) 飼料摂取量、飼料要求率

飼料摂取量は4, 10, 14, 17, 22週齢時に飼料残飼量を測定し、給与量から差し引いて求めた。飼料要求率は増体量および飼料摂取量から算出した。

3) 育成率

育成率は、試験開始時の餌付け羽数、誤鑑別個体などの淘汰羽数および死亡羽数より算出した。

4) 解体成績

各区5羽を解体調査に供した。22週齢時に生産現場の慣行に準じて食鳥処理および解体を行い、生体重量、と体重量ならびに全骨、モモ、ムネ、ササミ、手羽元、手羽先、肝臓、心臓、腺胃、筋胃および腹腔内脂肪の重量を測定し、生体重に占める重量割合を算出した。

5) 生産性

生産性は販売額から生産費を差し引いた粗収益を指標とし、1羽あたりにかかる費用を各区算出した。生産費は飼料費（前期用飼料86.4円/kg、中期用飼料77.0円/kg、仕上げ用飼料82.5円/kg）および乳酸菌加熱菌体添加費（0.2円/mg）、ひな代（356円）と衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費（392円）を合計した諸経費（秋田県農林水産部 2021）より算出した。販売額は以下の式により求めた。

販売額＝（試験終了時の各区生体重平均値-0.05 kg（糞排泄量））×0.95（と体割合）×890円（kg単価）

表1 *Bifidobacterium*属菌特異的プライマー

プライマー	配列 (5' →3')
g-Bifid-F	CTCCTGGAACGGGTGG
g-Bifid-R	GGTGTTCCTCCGATATCTACA

表2 各週齢における体重 (g)

週齢	対照区	1mg/kg区	2mg/kg区	4mg/kg区
0	37.8±3.3	37.8±3.2	37.8±3.3	37.8±3.1
4	402.5±37.4 ^b	405.8±36.9 ^{ab}	400.7±33.2 ^b	419.2±37.5 ^a
10	1583.4±129.6	1597.5±120.3	1585.6±113.0	1616.3±117.2
14	2198.4±176.7	2239.1±164.4	2231.4±152.3	2242.3±150.9
17	2562.7±214.2	2613.7±192.0	2558.7±199.9	2591.7±187.1
22	3231.2±300.3	3339.0±283.4	3257.7±284.1	3248.5±254.8

平均値±標準偏差

^{a, b} 異符号間に有意差あり (P<0.05)

6) 盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量

採取した盲腸便について、*Bifidobacterium*属菌の定量的PCR解析を実施した。盲腸便は21週齢時にパイプハウスにて排泄されたものを、各区無作為に4サンプル採取し、分析に供すまで-30℃以下の冷凍庫にて保管した。糞便サンプルからのDNA抽出は、ISOSPIN Fecal DNA（株式会社ニッポンジーン、東京）を用いて添付されていたプロトコルに従い実施した。抽出後は、Applied Biosystems StepOne™ Real-Time PCR System（Applied Biosystems, USA）を用いて、*Bifidobacterium*属菌特異的プライマーによるPCR増幅を行った。特異的プライマーはMatsuki et al. (2003) の報告をもとに、ユーロフィンジェノミクス株式会社（東京）に作成を依頼した（表1）。PCRの反応組成はTB Green®Premix Ex Taq™II（Tli RNaseH Plus）（Takara、滋賀）12.5 μl、

抽出DNA2.0 μl、プライマー（50 μmol/L）0.2 μlずつ、滅菌精製水を10.1 μlにより実施した。PCR条件は94℃ 20秒、55℃ 20秒、72℃ 30秒で40サイクル増幅を行った。反応後は94℃まで昇温し、蛍光強度の測定から融解曲線分析を行った。サンプル中の菌数は*Bifidobacterium breve*（秋田今野商店、秋田）を基準株として作成した検量線を基に測定した。PCRは1サンプルにつき2本のPCRチューブで実施し、データを平均した。

6. 統計処理

発育成績、解体成績および盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量についてはExcel統計2006ソフトウェア(Social Survey Research Information, 東京)を用いて一元配置の分散分析およびTukeyの多重比較検定を行い、P値が0.05未満の差を各区間の有意差とした。

表3 各週齢間における増体量（g）

週齢	対照区	1mg/kg区	2mg/kg区	4mg/kg区
0～4	364.7±37.5 ^b	368.0±36.5 ^{ab}	362.9±32.8 ^b	381.5±37.2 ^a
4～10	1178.1±99.8	1190.6±100.8	1185.0±92.5	1197.1±91.4
10～14	615.0±80.0 ^b	637.0±76.7 ^{ab}	648.5±67.1 ^a	623.7±64.6 ^{ab}
14～17	366.5±56.7 ^{ab}	377.8±72.0 ^a	330.1±65.3 ^b	349.5±56.4 ^{ab}
17～22	668.4±130.0 ^b	723.3±160.3 ^a	699.0±125.7 ^{ab}	656.7±116.4 ^b
0～22	3193.3±300.3	3301.3±283.2	3219.9±284.8	3210.7±254.9

平均値±標準偏差

^{a, b} 異符号間に有意差あり（ $P < 0.05$ ）

表4 試験終了時の育成率（％）

	死亡羽数（羽）	育成率（％）
対照区	2	97.8
1mg/kg区	1	98.9
2mg/kg区	0	100.0
4mg/kg区	6	93.5

育成率＝（餌付け羽数－淘汰羽数－死亡羽数）／（餌付け羽数－淘汰羽数）×100

表5 1羽あたりの生産性

	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	1425.7	—	748	2173.7	2508.1	334.3
1mg/kg区	1505.4	3.7	748	2257.1	2594.4	337.3
2mg/kg区	1379.1	6.8	748	2133.9	2529.3	395.5
4mg/kg区	1399.2	13.7	748	2160.9	2521.9	361.0

飼料単価：前期用飼料 86.4円/kg、中期用飼料 77.0円/kg、仕上げ用飼料 82.5円/kgとした

諸経費：ひな代 356円＋衛生費・光熱費・減価償却費・その他経費 392円とした

生産費：飼料費＋（乳酸菌加熱菌体添加費）＋諸経費とした

販売額：（試験終了時の生体重平均値（kg）－0.05（糞排泄量, kg））×0.95（と体割合）×890円（kg単価）とした

粗収益：販売額－生産費

表 6 各週齢間における 1 日あたりの飼料摂取量 (g/日/羽) と飼料要求率 (期間飼料摂取量/期間増体量)

飼料摂取量	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	24.7	92.5	137.6	157.6	164.9	113.3
1mg/kg区	24.7	103.3	147.9	161.5	169.7	119.2
2mg/kg区	23.8	92.5	142.3	147.3	151.9	109.8
4mg/kg区	24.1	90.5	135.4	149.2	165.1	109.9
飼料要求率	0～4週齢	4～10週齢	10～14週齢	14～17週齢	17～22週齢	0～22週齢
対照区	1.9	3.3	6.3	9.0	8.6	5.5
1mg/kg区	1.9	3.6	6.5	9.0	8.2	5.6
2mg/kg区	1.8	3.3	6.1	9.4	7.6	5.2
4mg/kg区	1.8	3.2	6.1	9.0	8.8	5.3

表 7 解体成績 (%)

週齢	対照区	1mg/kg区	2mg/kg区	4mg/kg区
モモ	21.8±0.7	20.8±0.3	22.1±1.4	21.2±0.9
ムネ	11.0±0.1	11.2±1.0	12.1±0.5	11.3±0.6
ササミ	3.5±0.5	3.3±0.3	3.5±0.2	3.5±0.2
手羽元	3.3±0.4	3.3±0.1	3.6±0.2	3.2±0.1
手羽先	3.9±0.3	3.9±0.1	4.1±0.3	3.8±0.2
肝臓	1.6±0.1	1.7±0.2	1.6±0.3	1.7±0.3
心臓	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1
腺胃	0.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
筋胃	1.4±0.3	1.6±0.1	1.6±0.3	1.4±0.2
腹腔内脂肪	4.8±0.2	6.9±2.0	5.4±0.8	5.9±0.8

平均値±標準偏差、n=5

表 8 盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量

<i>Bifidobacterium</i> 属菌 (log ₁₀ /g)	
対照区	7.2±0.2
1mg/kg区	6.9±0.4
2mg/kg区	7.9±0.1
4mg/kg区	7.0±0.8

平均値±標準偏差、n=4

結 果

体重は、4週齢時において、4 mg/kg区が対照区よりも体重が有意に優れていた。さらに乳酸菌加熱菌体添加区では、10週齢以降体重が対照区よりも優れる傾向を示し、試験終了時の体重は全ての試験区が対照区よりも優れていた（表2）。増体量は、1 mg/kg区では14～17週齢時および17～22週齢時において、2 mg/kg区では10～14週齢時において、4 mg/kg区では0～4週齢時において対照区よりも有意に優れていた。さらに、試験開始から試験終了時の増体量は全ての試験区が対照区よりも優れていた（表3）。育成率は2 mg/kg区が最も優れていた（表4）。1羽あたりの生産性は、2 mg/kg区が395.5円と最も優れ、対照区と比較して約60円粗収益が増加した（表5）。飼料要求率については、試験開始から終了時において2 mg/kg区が最も優れており、特に17～22週齢における飼料要求率が優れていた（表6）。解体成績、盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量については試験区間で有意な差は見られなかった（表7, 8）。

考 察

本研究では乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与が比内地鶏の発育や生産性、腸内細菌叢に及ぼす影響を明らかにするため、第1報に引き続き、乳酸菌加熱菌体を低濃度添加した飼料を比内地鶏に給与し、発育調査と微生物学的調査を実施した。乳酸菌加熱菌体添加区は10週齢以降体重が対照区よりも優れる傾向を示し、試験終了時の体重は全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも優れる結果となった。これらの結果は、前報で得られた結果と一致しており、AOK-L11の給与が比内地鶏の増体を向上させることを示唆している。前報では、本加熱菌体の給与による体重増加の要因として、腸絨毛の隆起とこれに伴う栄養吸収能の向上を考察した。腸の発達、消化管の粘膜構造には腸

内細菌叢の性状が影響しており（光岡 1971；Lan et al. 2011）、*Bifidobacterium*属菌は有機酸産生を通じて腸上皮細胞の増殖を促進し、粘膜の形態変化をもたらすと考えられている（坂田 1994）。本研究では、乳酸菌加熱菌体添加区と対照区で盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量に有意な差は認められなかった。この結果から、AOK-L11は比内地鶏腸管内の*Bifidobacterium*属菌量の増減に影響を及ぼさず、今般確認された体重の増加と*Bifidobacterium*属菌量との関連性は低いと考えられた。ニワトリの腸内細菌叢は部位によって構成される菌数・菌種が様々であり（光岡 1971）、盲腸便中の*Bifidobacterium*属菌量だけでは、本加熱菌体が宿主の腸管構造、消化・吸収能へ及ぼした影響について推察するのは難しい。そのため、AOK-L11の給与がもたらす体重増加の作用機序解明には、腸絨毛の組織学的な調査、経時的・網羅的な腸内細菌叢解析などさらなる調査が必要である。増体量については、全ての乳酸菌加熱菌体添加区が10～14週齢および試験開始から試験終了時において対照区よりも優れる傾向を示し、前報と同様の結果が得られた。10週齢以前は、ワクチンの投与、抗生物質（サリノマイシンナトリウム50.0 g力価/トン、エンラマイシン7.0 g力価/トン）を含有する配合飼料（秋田比内地鶏えつけNC、秋田比内地鶏中期）の給与などにより、腸内細菌叢が変動しやすい時期にあったと推察され（光岡 1971；丸田 2012；高橋 2012）、本加熱菌体が腸管、腸内細菌叢に与える影響は微小あるいは制限されていた可能性が考えられる。そのためワクチネーションが終了し、抗生物質を含有しない仕上げ飼料の給与を開始した10週齢以降、本加熱菌体給与による増体量の改善などの効果が顕著に表れたと考えられた。また、試験区間の増体量を比較すると1 mg/kg区では14～22週齢時において、2 mg/kg区では10～14週齢時において特に優れていたことから、AOK-L11給与による増体

性向上効果については、添加量に応じて宿主へ作用する時期が異なる可能性が考えられた。一方で4 mg/kg区では、4週齢時において体重が、0～4週齢時において増体量が対照区よりも有意に優れていた。これらの結果は前報の結果と先述の考察に矛盾する結果であり、本加熱菌体がふ化後の増体性、腸管および腸内細菌叢の形成・発達などに有益な作用をもたらすかは不明である。

生産性については、全ての乳酸菌加熱菌体添加区が対照区よりも優れており、前報と同様の結果が得られた。特に2 mg/kg区については、粗収益が対照区と比較して約60円増加し、比内地鶏の生産性が約18%向上した。この結果から、AOK-L11の給与は比内地鶏経営の収益を増加させることが示唆された。1 mg/kg区は本研究で設定した全ての区のうち最も増体量が優れていたが、粗収益が337.3円と試験区の中で最も低かった。これは、1 mg/kg区が他の区と比較して4週齢以降の飼料摂取量が多く、生産費のうち飼料費が増加したことが原因と考えられた。一方で、2 mg/kg区は10～14週齢および17～22週齢における飼料要求率が対照区よりも優れており、増体量に対して飼料給与量を少なく抑えられたことが、粗収益の増加に繋がったと考えられた。乳酸菌加熱菌体の添加量については、2 mg/kg区が試験区の中で育成率、粗収益が最も優れており、前報においても同濃度区の粗収益増加が確認されていることから、比内地鶏への給与には2 mg/kgが適していると考えられた。力丸ら(2017)は乳酸菌加熱菌体を112日齢まで比内地鶏に給与し、体重の増加を確認している。このことから、本加熱菌体の給与についても、増体量が優れていた10週齢以降に限定するなど最適な給与時期・給与開始時期の検討により、飼料費、乳酸菌加熱菌体費の削減、粗収益のさらなる増加が期待される。

解体成績については前報と同様、乳酸菌加熱菌体添加区と対照区で有意な差は認められなかった。

このことから、AOK-L11の給与は比内地鶏の体重を増加させるものの、各部位の歩留まり割合の増減には影響しないと考えられた。

育成率については、2 mg/kg区が最も優れており、試験終了時までの死亡数は0羽だった。腸内細菌叢は宿主の生体防御機構として働き、栄養素の競合、抗菌性物質の産生などにより外来病原体の侵入・定着を阻害するとされている(飯島と清野 2021)。また、無菌マウスにおいてリンパ組織の縮小・未発達、IgA量の減少などが確認されている(狩野ら 2017)ことから、腸管免疫の発達にも腸内細菌叢が関与していると考えられている。本研究では、AOK-L11添加区と対照区で*Bifidobacterium*属菌量に有意な差が認められなかったことから、*Bifidobacterium*属菌量が育成率あるいは比内地鶏の免疫系に及ぼした影響は低いと考えられた。しかしながら、ニワトリでは乳酸菌加熱菌体の給与により、回腸におけるセグメント細菌の増加(Khonyoung and Yamauchi 2012)、細胞性免疫に関わるサイトカインIFN- γ 遺伝子発現の上昇をもたらす(力丸ら 2017)ことが報告されていることから、AOK-L11が比内地鶏の免疫系へ及ぼす効果の解明にはさらなる調査が必要である。前報では、AOK-L11添加区の育成率が約90%以下であり、マレック病、コクシジウム症の罹患が育成率および当研究結果に影響を及ぼした可能性があると考えた。本研究では、試験開始から終了時まで、調査鶏において感染症の発病などの異常が確認されず、育成率については全ての区で90%以上となった。このことから、本研究で得られた結果は、疾病などの外的要因に影響されなかったと考えられた。

以上の結果より、乳酸菌加熱菌体AOK-L11の給与は比内地鶏腸管内の*Bifidobacterium*属菌量の増減に影響を及ぼさないものの、比内地鶏の発育性や生産性を向上させることが示唆された。

謝 辞

本研究で用いた試験飼料の調製にご協力いただきました，株式会社秋田今野商店の各位に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 秋田県農林水産部. 2021. 作目別技術・経営指標（2020年版）
- Hsieh Feng-Ching, Lan E. Cheng-Che, Huang Tsui-Yin, Chen Kuan-Wei, Chai Chee-Yin, Chen Wan-Tzu, Fang Ai-Hui, Chen Yi-Hsing, Wu Ching-Shuang. 2016. Heat-killed and live *Lactobacillus reuteri* GMNL-263 exhibit similar effects on improving metabolic functions in high-fat diet-induced obese rats. 2016. *Food & Function* 7 : 2378-2388
- 飯島英樹，清野宏. 2021. 総説 特集：腸内細菌と免疫，その最新情報 腸内細菌と免疫系の接点. *腸内細菌学雑誌* 35 : 205-214
- Inatomi Takio, Otomaru Konosuke. 2020. Effects of heat-killed *Enterococcus faecalis* T-110 supplementation on gut immunity, gut flora, and intestinal infection in naturally aged hamsters. *PLoS ONE* 15
- 兼松伸枝，木元広実，林征幸，小林洋介，田島清. 2017. ラクトコッカスラクティス H61加熱死菌が子ブタの免疫系へ及ぼす影響. 農研機構研究報告. 畜産研究部門 = *Bulletin of the NARO. Livestock and Grassland Science* 17 : 1-6
- 狩野俊樹，鈴木仁，鈴木祐介. 2017. 特集：腸内細菌叢と腎疾患 腸管粘膜免疫異常と腸腎連関，*日本腎臓学会誌* 59 : 552-556
- Khonyoung Duddoa, Yamauchi Koh-en. 2012. Effects 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
- Khonyoung Duddoa, Yamauchi Koh-en. 2019. Improved growth performance due to hypertrophied intestinal absorptive epithelial cells by heat-killed *Lactobacillus sakei* HS-1 in broiler chickens. *Journal of Animal Science* 97 : 2066-2075
- Lan Y, Verstegen M W A, Tamminga S, Williams B A, 信沢敏一，田名網祥一，阿部英雄，戸塚耕二. 2011. プロイラーにおける共生腸内微生物群の役割. *畜産の研究* 65 : 1083-1088
- 丸田喜義. 2012. 生菌剤. *畜産の研究* 66 : 1189-1196
- Matsuki Takahiro, Watanabe Koichi, Fujimoto Junji, Miyamoto Yukiko, Takada Toshihiko, Matsumoto Kazumasa, Oyaizu Hiroshi, Tanaka Ryuichiro. 2002. Development of 16S rRNA-gene-targeted group-specific primers for the detection and identification of predominant bacteria in human feces. *Applied and Environmental Microbiology* 68 : 5445-5451
- 光岡知足. 1971. ニワトリの腸内細菌叢. *鶏病研究会報* 7 : 67-75
- 力丸宗弘，廣瀬義隆，中井寛子，青谷大希，佐藤悠紀，長谷浩伸. 2017. 乳酸菌加熱菌体HK L-137が比内地鶏の発育および生産性に及ぼす影響. *日本畜産学会報* 88 : 321-328
- 坂田隆. 1994. 腸内細菌からのメッセージ 短鎖脂肪酸の生理的役割. *化学と生物* 32 : 321-328
- 設楽修. 2012. 抗菌性飼料添加物無添加飼料への乳酸菌死菌体製剤添加が肥育豚の発育，血液性状および糞便内細菌数に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告. 畜産編 48 : 17-22
- 高橋和昭. 2012. プロイラーの飼育環境と腸管免疫. *栄養整理研究会報* 56 : 59-67

Terada Atsushi, Bukawa Wakoto, Kan Tatsuhiko, Mitsuoka Tomotari. 2004. Effects of the consumption of heat-killed *Enterococcus faecalis* EC-12 preparation on microbiota and metabolic activity of the faeces in healthy adults. *Microbial Ecology in Health and Disease* 16

渡辺幸一. 2016. 総説 く特集：腸内細菌の分類の現状—嫌気性菌および乳酸菌を中心に—>ビフィズス菌の分類法の現状と動向. *腸内細菌学雑誌* 30 : 129-139

Warda K. Alicja, Rea Kieran, Fitzgerald Patrick, Hueston Cara, Gonzalez-Tortuero Enrique, Dinan G. Timothy, Hill Colin. 2019. Heat-killed lactobacilli alter both microbiota composition and behaviour. *Behavioural Brain Research* 362 : 213-223

秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧（2023年4月～2024年3月）

誌 名	題 名	掲 載 者	掲 載 年 等
日本家禽学会誌	遅羽性遺伝子と連鎖する一塩基多型を利用した比内地鶏初生ヒナの羽性鑑別の検証	力丸宗弘，大竹剛， 佐藤慎一，福田栞， 鹿野亜海，田澤謙， 菅原二千花，小島孝敏	日本家禽学会誌 60第J2号,J67-J73. 2023
東北農業研究	比内地鶏の異なる日齢における発育及び解体成績	鹿野亜海，田澤謙， 菅原二千花，力丸宗弘	東北農業研究 76,35-36.2023
東北農業研究	秋田県南部の大家畜飼養農家における自給飼料の現状と問題点の把握	由利奈美江，渡邊潤， 千葉祐子	東北農業研究 76,43-44.2023

秋田県畜産試験場研究報告

令和6年3月21日発行

編集兼発行 秋田県畜産試験場
代表者 畠山 英男
〒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、225部印刷して、単価は755円です。」

