

採卵鶏の卵の生産性と品質に対する 竹サイレージ給餌の有効性

菊川 裕幸^{1)*2)}・蔡 義民³⁾・柴田 昌三²⁾

Bamboo silage feeding on egg-laying chicken efficient to the production and quality of eggs

Hiroyuki KIKUKAWA^{1)*2)}, Yimin CAI³⁾ and Shozo SHIBATA²⁾

Abstract

Bodies of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) from two to three year-old was pulverized into 5 mm or smaller-sized chips that were stored for one month under anaerobic conditions and used as feed mixtures for egg-laying Boris Brown chickens. Smooth fermentation was processed because of a high concentration of lactic acid bacteria in leaves of the Moso bamboo chips with rare butyric and propionic acid. Long-term feeding of bamboo silage to the tested group of egg-laying hens showed that an egg production rate remained higher than that of another reference group given an usual food with no significant difference in egg weight. A higher preference of the bamboo feed was confirmed even during the summer season when an egg production rate declines. There was no discrepancy of eggs between the reference and tested groups in factors like the eggshell strength, and as the results, it is clarified that a 5 % addition of bamboo chips to a hens food can increase the egg productivity maintaining an enough quality as goods.

Key words: abandoned bamboo forest, agricultural use of bamboo, egg production rate, egg quality, egg weight.

(2019年3月14日受付, 2019年10月24日受理, 2019年12月27日発行)

¹⁾ 西日本短期大学 〒810-0066 福岡県福岡市中央区福浜 1-3-1
Nishi-nippon Junior College; 1-3-1, Fukuoka, Chuo-ku, Fukuoka, 810-0066 Japan

* Corresponding author, ag19041@s.okadai.jp

²⁾ 京都大学大学院農学研究科 〒606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町
Graduate School of Agriculture, Kyoto University; Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8502 Japan

³⁾ 国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター 〒305-8686 茨城県つくば市大わし 1-1
Japan International Research Center for Agricultural Sciences; 1-1, Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8686 Japan

緒 言

我が国の国土面積 3,780 万 ha のうち、森林面積は 2,508 万 ha であり、国土の約 3 分の 2 が森林となっている。我が国における竹林面積は、2012 年には約 16 万 ha (全森林の 0.6 %) となっており、九州や中国地方等の西日本に多く長期的に微増傾向で推移している (林野庁, 2018)。さらに今後予想される気候変動・温暖化の影響を受けて、これまで西日本中心の分布であった竹が北日本に分布拡大する予測が報告されている (Takano K.T. et al., 2018)。このように、竹林面積は特定の地域での拡大に加えて、北上して増加することが考えられる。

かつては、全国の竹林のほぼ 9 割が管理・経営されていたが (柴田, 2010)、時代の変化とともに竹の経済的意義は低下し、需要低減 (林野庁, 2014) やそれに伴う管理放棄により、竹林の高密度化が進行している (渡邊, 2004)。竹が優占している森林では、植物種の多様性が大きく損なわれるとともに、森林として有している様々な公益的機能の発揮に支障が生じることも懸念されている (林野庁, 2018)。そのため、荒廃竹林の再生に向けて、未利用竹の伐採を行い、適切な栽植密度に戻すことが強く求められている (矢内ほか, 2016)。

我が国における竹の利用については、従来からの丸竹・割竹、竹炭や竹酢液としての利用のほか、成分抽出などの新たな利用方法が研究・開発されており、原料としての竹の活用が大いに期待されている (林野庁, 2018)。新たな利用方法の一部には、伐採後の竹を破砕機によってチップ化したものを肥料や土壌改良剤 (山川ほか, 2009a, 2009b) または、飼料 (大谷ほか, 2004 中村ほか, 2009) として利用する方法が考案され、収量増加や品質保持など様々な効果を上げている。

特に飼料利用は、飼料自給率が低迷する我が国において重要な課題であり、飼料米やエコフィード、未利用資源の活用による飼料自給率全体の引き上げを目標とした取り組みが全国で展開されている。その中には竹を嫌気条件で乳酸発酵させて、貯蔵した家畜飼料 (サイレーシ調製) に加工したものをヤギやウシに給餌した研究 (萬田ほか, 1990) や竹破砕物の加工処理方法の違いによる竹サイレーシの発酵品質の影響調査 (大島ほか, 2015)、肉養鶏および採卵鶏の排せつ物臭気に及ぼす影響 (中村ほか, 2009) も含まれ、竹の飼料利用が徐々に進められている。

しかし、これらの研究で得られた結果は、原料である竹の伐採時期や樹齢が異なっていたり、竹の利用部位が稈または枝葉もしくはその両方であったりと、条件がそれぞれに異なり、大きくばらつきがある。また、対象の家畜によってもその給餌効果に違いがある。さらに経済

的効果の検証が不十分であるなど、実用化に向けては、詳細な条件設定とその試験結果を示すことが重要である。

そこで本研究は、飼養期間が短く、品質への影響評価が比較的行いやすい採卵鶏への適応を目指し、原料である竹の種類、飼料への適切な混和量、産卵率や卵重、鶏卵品質や消費者への影響など生産から消費までの各段階において、採卵鶏への竹サイレーシ給餌の有効性を明らかにすることを目的とした。具体的には、1) 竹の種類による竹サイレーシの飼料成分の違い、2) 竹サイレーシの混和割合の違いによる産卵率および卵重への影響、3) 竹サイレーシの長期給餌による産卵率と卵品質への影響、4) 竹サイレーシ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響について調査した。

材料および方法

本研究では、初めに竹種の選定に関する試験として、1) 竹の種類による飼料成分の違いについて実験を実施し、そのうち優れた飼料成分であった方を供試し、2) 竹サイレーシの混和量 (3 %, 5 %) の違いによる産卵率及び卵重への影響を調査した。その後、優れた竹サイレーシの混和量を採用し、3) 竹サイレーシの長期給餌による産卵率と卵品質への影響、4) 竹サイレーシ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響について調査した。

1. 竹のチップ化および採卵鶏の飼養条件

試験に供試する竹チップは 2015 年 5 月から 6 月に兵庫県篠山市 (現・丹波篠山市) において放置された竹林より伐採した 2 年から 3 年生のモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) およびマダケ (*Phyllostachys bambusoides*) とした。竹チップの製造は、竹粉砕機 (ohashi 製, GS122GB) を用いて、これらの竹を種類別に幹部、葉部に切り分けたものを 5 mm 以下に粉砕した (図 1)。粉砕したチップはポリプロピレンの 1 t 容量フレコンバッグ (株式会社フジテックス製, フレキシブルコンテナバッグ B) に詰め、投入口を固く結束して嫌気状態にしたのち、直射日光および雨の当たらない屋根のある場所で約 1 か月間保管し、サイレーシ化 (竹チップをフレコンバッグに入れ乳酸発酵させ、かつ貯蔵したもの) した。

採卵鶏の飼養場所は兵庫県立播磨農業高等学校内の開放型鶏舎で行い、飼養形態はケージに 1 羽、ケージ面積は 900 cm²とし、自由摂食ならびに自由引水条件下で飼育した。すべての試験に産卵率が 90 % 以上の採卵鶏品種 “ボリスブラウン” を用いた。対照区および竹チップ添加区の飼料には、市販の成鶏飼育用配合飼料 (JA 組合飼料株式会社製, 粗タンパク質含量 17 %, 代謝工

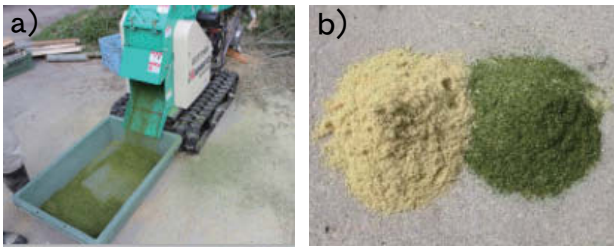


図1 竹チップの製造 (a:破碎機によるチップ化, b:稈部と葉部).

エネルギー含量 2,859 kcal/kg) を用いた。

2. 竹種の選定に関する試験 (飼料成分の分析)

竹の種類 (モウソウチク, マダケ) による飼料成分の違いを明らかにするとともに, 優れた竹種を採卵鶏に給餌するための試験を実施した。1で製造した竹サイレージをよく混和したのち, 100 gを飼料成分の分析用として供試した。

竹チップの化学組成は常法 (阿部, 1988; 自給飼料品質評価研究会編, 2001) に従って分析 (乾物あたりの有機物・粗タンパク質・粗脂肪・中性デタージェント繊維¹⁾・酸性デタージェント繊維²⁾・の割合, 総エネルギー) し, 両種の飼料成分に大きな差がないことが確認されたため, 大谷・岩澤 (2007) の竹サイレージの飼料成分と比較して家畜への給餌に問題がないことから, 生育や再生力が旺盛かつ拡大が顕著なモウソウチクを採卵鶏の飼料と決定した。

サイレージの pH は, 蔡ほか (2002) と同様に, 試料 10 g に蒸留水 90 ml を加えてよく攪拌してから 4℃の冷蔵庫で 12 時間放置した後, この抽出液をろ過し, ガラス電極 pH メーターを用いて測定した。有機酸含量 (新鮮重あたりの乳酸・酢酸・プロピオン酸³⁾・酪酸⁴⁾の割合) についても, 蔡ほか (2002) と同様に, 測定抽出液をイオン交換樹脂 (AmberliteIR120RH+, 東京有機化学工業株式会社) で処理して高速遠心分離 (12000 rpm × 5 分間) し, その上澄み液をフィルターでろ過してから高速液体クロマトグラフによって分析した。

3. 竹チップの混和割合の違いによる産卵率及び卵重への影響

本試験は採卵鶏の竹サイレージへの嗜好性と生産性を確認するために, モウソウチクの竹サイレージを供試して実施した。なお, 竹種の違いによる嗜好性や生産性の試験は実施していない。2015 年 7 月 21 日から 8 月 16 日の 16 日間 (182 日齢から 198 日齢), 同年 9 月 15 日から 10 月 4 日までの 19 日間 (237 日齢から 257 日齢) にそれぞれ 5 羽を供試し, 竹チップの混和

割合を 0 % (対照区), 3 %, 5 % とした 3 区を設けた。なお, 試験に供試した採卵鶏は 2015 年 7 月 21 日時点で 182 日齢であった。調査項目は産卵率および卵重とした。

4. 竹サイレージの長期給餌による産卵率と鶏卵品質への影響

本試験は採卵鶏への竹サイレージの長期給餌が産卵率と鶏卵品質に及ぼす影響について調査した。

3で実施した試験の結果より, 竹サイレージ 3 % 添加区と 5 % 添加区では, 平均値で見ると 5 % 添加区の方が産卵率が高かったため, 竹サイレージの混和割合を 0 % (対照区), 5 % に設定し, 2016 年 1 月 1 日から 12 月 31 日の 365 日間給与を各区について 30 羽に供試した。調査項目は産卵率ならびに卵重とした。なお, 試験に供試した採卵鶏は 2016 年 1 月 1 日時点で 346 日齢であった。さらに, 一般的に夏場の産卵率が低下する (泉川・大西, 2013) ということが知られているため, 夏季 (2016 年 7 月 27 日から 10 月 5 日) のみ残飼料を計測した。

5. 竹サイレージ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響

本試験は竹サイレージ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響について調査した。

4に供試した採卵鶏を対象に, 給餌開始 210 日後にあたる 2015 年 8 月 28 日に卵質を分析するために 20 個の鶏卵をそれぞれの区から無作為に抽出し, 卵殻強度, ハウユニット値⁵⁾, 卵黄色を測定した。卵殻強度は卵殻強度計 (富士平工業株式会社製, NFN384), 濃厚卵白の高さは卵白高測定器 (富士平工業株式会社製), 卵黄色はヨークカラーファン⁶⁾ (DSM 社製) により測定した。鶏卵の成分も同様に, 給餌開始後 210 日後にあたる 2015 年 8 月 28 日に鶏卵 10 個を無作為に抽出し, 鶏卵 10 個を混和したものをサンプルとして用い測定を行った。鶏卵の混和物は速やかに分析センターに冷蔵で輸送し, 到着後速やかに測定された。測定項目ならびに測定方法は水分 (常圧加熱乾燥法), タンパク質 (ケルダール法), 脂質 (酸分解法), 炭水化物, 脂質 (原子吸光度法), 熱量である (すべて日本食品分析センターにて分析)。

官能試験として 2016 年 5 月 29 日から 6 月 30 日に生産された卵を対照区, 竹サイレージ区に分け, 2 個ずつパックに入れたもの (4 個) を官能試験に供試した。上記の試験日を設定した理由は, 夏場であると産卵率や卵の品質低下の可能性があること, 消費者への販売後から官能試験までの鮮度を保てないことを考慮したためである。官能試験の対象者は, 採卵鶏の飼養地である高等

学校に鶏卵の購入に訪れた方とし、無作為に40名を選出した。評価への影響を避けるために、その場での回答は避け、同封したはがきに無記名での回答を依頼した。回答までの日数は概ね1日から2日以内とし、試験場所は、対象者の自宅内とした。評価項目は色味、におい、食味、購買意欲とした。

6. 統計処理

竹サイレージの混和量の違いによる産卵率及び卵重への影響について、対照区、竹サイレージ3%区、竹サイレージ5%区の試験区間の5%水準の有意差を求めるために、Fisherの最小有意差法によって分析した。竹サイレージの長期給餌による産卵率と鶏卵品質への影響について、対照区、竹サイレージ区の両試験区間の差を求めるために、産卵数、卵重ともに対応のあるt検定を行った。竹サイレージ給餌による鶏卵品質は対照区、竹サイレージ区の両試験区間の差を求めるために、卵殻強度、ハウユニット値、卵黄色ともに対応のあるt検定を行った。これらの統計処理にはソフトウェア エクセル統計 for Windows (BellCurve社製、2017年版)を用いた。

結 果

1. 竹種の選定に関する試験 (飼料成分の分析)

モウソウチクとマダケの飼料成分の分析結果を表1

表1 竹チップの飼料成分.

種名	部位	OM	CP	EE	NDF	ADF	GE
		(乾物あたり%)					(J/g)
マダケ	稈部	98.54	1.38	0.86	90.23	70.69	19428.0
	葉部	92.50	7.73	2.94	73.46	49.63	18973.0
モウソウチク	稈部	97.99	0.85	0.92	87.91	67.50	19261.0
	葉部	93.64	6.15	3.19	77.26	52.06	19323.0

OM: Organic Matter (有機物), CP: Crude Protein (粗タンパク質), EE: Ether Extract (粗脂肪), NDF: Neutral Detergent Fibre (中性デタージェント繊維), ADF: Acid Detergent Fibre (酸性デタージェント繊維), GE: Gross Energy (総エネルギー). 表中の数値は3反復の平均値.

表2 モウソウチクの発酵品質.

種名	部位	乾物中 (%)	pH	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸
				(新鮮重あたり%)			
モウソウチク	稈部	54.74	4.25	0.37	0.20	nd	0.01
	葉部	49.92	4.49	1.24	0.37	0.01	0.02

表中の数値は3反復の平均値.

に、発酵させたモウソウチクの竹チップの発酵品質を表2に示した。粗タンパク質は兩種において葉部が高い値となり、稈部の約6倍となった。粗脂肪においても粗タンパク質と同様の傾向となり、葉部の方が高い値であった。一方、中性デタージェント繊維や酸性デタージェント繊維は兩種ともに稈部で高い値であった。発酵品質は稈部、葉部ともにpHは4.2から4.5となり、プロピオン酸や酪酸はほぼ検出されなかった。乳酸は稈部の0.37%に比べ、葉部は1.24%と約3倍多かった。

2. 竹チップの混和割合の違いによる産卵率及び卵重への影響

182日齢から198日齢、237日齢から257日齢の採卵鶏を対象にした試験の産卵率および卵重を表3に示した。182日齢から198日齢の試験区では竹サイレージ5%添加区に産卵率の有意な低下がみられたが、237日齢から257日齢の試験区では竹サイレージ3%添加区に有意な産卵率の低下がみられた。卵重は竹サイレージ3%添加区がやや重くなる傾向があったが、日齢、試験区の違いによる有意な差はみられなかった。

3. 竹サイレージの長期給餌による産卵率と鶏卵品質への影響

試験開始時に346日齢であった、採卵鶏60羽を対象にした試験の産卵率および卵重の1年間の推移を図2に示した。産卵率は1月から4月は竹サイレージ区が

表3 産卵率と卵重.

日齢	試験区	産卵率 (%)	卵重 (g)
182日～198日	対照区	88.9±10.1 a	61.7±2.4 ns
	竹サイレージ3%区	91.6±12.7 a	63.2±2.5 ns
	竹サイレージ5%区	80.7±17.9 b	63.1±3.4 ns
237日～257日	対照区	86.0±12.0 a	65.1±2.8 ns
	竹サイレージ3%区	68.0±13.6 b	65.7±2.9 ns
	竹サイレージ5%区	88.0±15.1 a	64.8±1.7 ns

表中の異なるアルファベット間には, Fisherの最小有意差法で5%水準で有意差あり. nsは有意差なし.

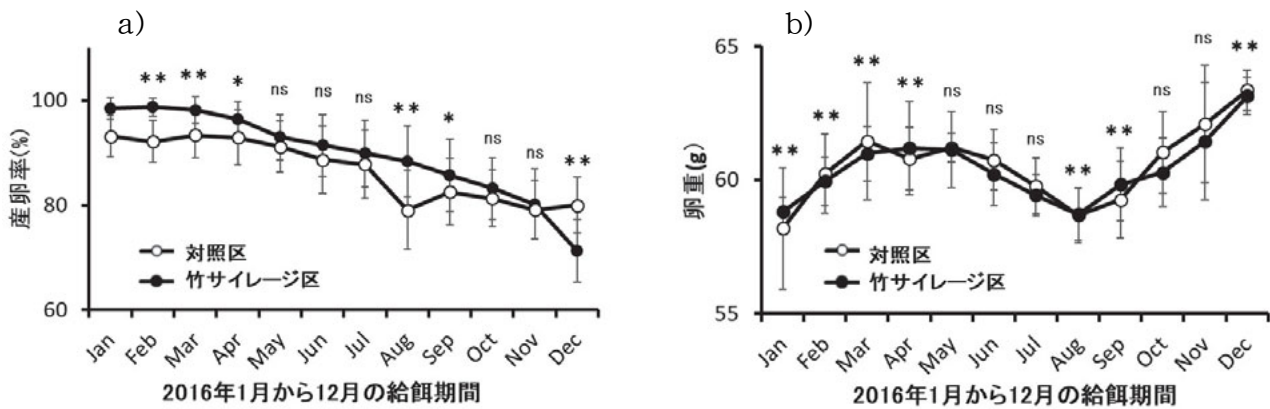


図2 産卵率と卵重の推移 (a:産卵率, b:卵重). **: p < 0.01, *: p < 0.05, ns: 有意差なし (t検定).

有意に高く推移し, 対照区の産卵率が大きく低下した8月においても, 竹サイレージ区の産卵率が有意に高く, 生産性を維持した. 総じて, 産卵率は試験最終月の2016年12月を除いて, 対照区に比べて竹サイレージ区が高かった.

卵重においては1月, 4月, 9月は竹サイレージ区が, 2月, 3月, 12月は対照区が有意に高くなったが, いずれもその差はさほど大きくなく, 生産性に影響を与えるレベルではなかった. また, 産卵率の低下期にあたる7月下旬から10月上旬までの残飼料の計測結果を図3に示した. 調査期間中すべてにおいて, 対照区が竹サイレージ区の約2倍の残飼料となった. 特に8月中旬の対照区の残飼料は6.82 kgと非常に多く, 採食が減退していた.

4. 竹サイレージ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響

鶏卵の食品分析の結果を表4に示した. 比較の条件は大きく異なるが, 我が国の標準的な鶏卵品質との差異

をみるため, 日本食品標準成分表(文部科学省, 2015)による鶏卵品質と比較した結果, 本試験の炭水化物がやや高値であること, ナトリウムがやや低値であることを除き, 大きな差はなかった. 試験区間の比較では対照区に比べ竹サイレージ区で脂質がやや高くなったが, 炭水

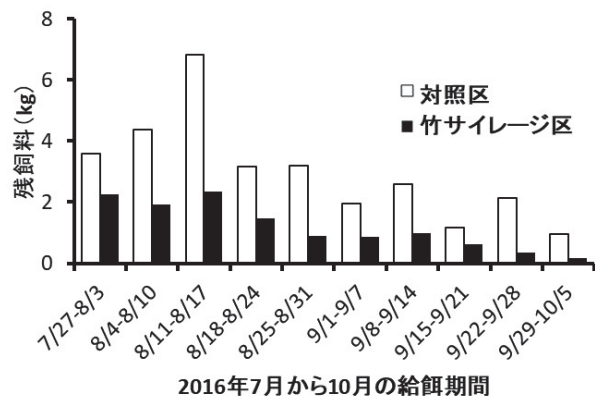


図3 夏季の残飼料の推移.

化物は対照区に比べ竹サイレージ区が約2倍高くなった。

半を占めた。

鶏卵品質は卵重、卵殻強度、ハウユニット、カラーファンともに試験区間における有意な差はみられなかった(表5)。

官能試験の結果を表6に示した。色味において、“卵黄の色は薄い”の回答は52.5%，“卵黄の色は濃い”の回答は20.0%，“変わらない”の回答は27.5%であった。においについて、“生臭さが薄い”の回答が40.0%，“変わらない”の回答が57.5%であった。食味について、“竹サイレージ区がおいしい”の回答が47.5%，“変わらない”の回答が40.0%であり、購入意欲では、“竹サイレージ区の卵を購入したい”の回答が87.5%と大

考 察

本研究では、1)竹の種類による飼料成分の違いについて実験を実施し、そのうち優れた飼料成分であった方を供試し、2)竹サイレージの混和量(3%、5%)の違いによる産卵率及び卵重への影響を調査した。その後、優れた竹サイレージの混和量を採用し、3)竹サイレージの長期給餌による産卵率と卵品質への影響、4)サイレージ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響について調査した。

モウソウチクの飼料的価値については、様々な研究が

表4 鶏卵の食品分析.

試験区	水分 (%)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	ナトリウム (mg)
標準成分*	76.1	151	12.3	10.3	0.3	140
対照区	74.7	162	12.3	11.2	0.9	130
竹サイレージ区	75.2	145	12.4	9.8	1.7	134

*日本食品標準成分表2015年版(七訂)から引用.

表中の値はすべて可食部 100 g 当たりの数値.

表5 鶏卵品質.

試験区	n	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm ²)	ハウユニット	カラーファン スコア
対照区	21	63.3±4.0	2.87±0.65	84.8±8.4	12.1±1.3
竹サイレージ区	22	63.5±5.0	2.76±0.50	85.3±6.8	12.1±1.1

対応のあるt検定で両区に有意差なし.

表6 官能試験およびアンケート結果.

項目	設問内容	回答(%)
色味 (n=40)	竹サイレージ添加区の卵黄の色は薄い	52.5
	竹サイレージ添加区の卵黄の色は濃い	20.0
	どちらも色は変わらない	27.5
におい (n=40)	竹サイレージ添加区の卵の方が生臭さが薄い	40.0
	竹サイレージ添加区の卵の方が生臭さが濃い	2.5
	どちらにおいもは変わらない	57.5
食味 (n=40)	どちらの卵がおいしかったですか(対照区)	10.0
	どちらの卵がおいしかったですか(竹サイレージ区)	47.5
	どちらも味は変わらない	40.0
購入意欲 (n=40)	総合的に判断して竹サイレージの卵を購入したい	87.5
	総合的に判断して竹サイレージの卵を購入したくない	12.5

すでになされており、萬田ほか（1990）は稲わらに比較して飼料価値が低いこと、秋友ほか（2009）は竹材のサイレージは牛の飼料として利用するには嗜好性などの課題があると指摘しているものの、藤井・米田（2015）は採卵鶏の臭気軽減に竹粉が有効であることを、大島ほか（2015）は竹の加工処理方法の違いにより発酵品質が向上することを報告している。これらの点を踏まえ、本研究では実用化を目指し、上述したように、簡易に竹チップ処理ができ、保存や給餌も容易な方法で試験を実施した。

1. 竹種の選定に関する試験（飼料成分の分析）

竹の伐採後、破砕機によってチップ化した竹 2 品種をフレコンバッグに入れ、嫌気条件で 1 か月間発酵させ、サイレージ化したところ、マダケとモウソウチクの飼料成分に大きな差はなかった。両品種とも粗タンパク質、粗脂肪は共通して葉部に多く含まれ、中性デタージェント繊維、酸性デタージェント繊維は稈部に多く含まれていた（表 1）。モウソウチクの全竹を粉砕し、サイレージ化した大谷・岩澤（2007）の研究において、モウソウチクサイレージの化学組成は、粗タンパク質 1.1 %、酸性デタージェント繊維 62.6 % であり、本研究と比較して、粗タンパク質は稈部と同様で、酸性デタージェント繊維は稈部の方が高値となった。

竹の種類においては、飼料的価値はマダケの葉部が高いと考えられるが、モウソウチクはマダケに比べて再生速度が速いことや、葉部に比べ硬質の稈部が重量部の大部分を占めること（大島ほか，2015）より、モウソウチクの全竹を飼料として活用することが適切であると考えられた。そのため、採卵鶏への給餌にモウソウチクを採用し、その発酵品質を調査した結果、稈部、葉部ともに pH は 4 程度になり、特に葉部において乳酸菌の量が多くなった（表 2）。モウソウチクサイレージは当初の pH は 6.0 であり、25 °C で 30 日以上保存した場合に pH が 5 以下となり（大谷・岩澤，2007）、発酵品質が安定する。つまり、本研究のように自然条件で保存する場合には、調製時期も重要である。本研究では、発酵品質を低下させるプロピオン酸および酪酸はほとんど発生せず、良質な乳酸発酵が行われたと考えられた（表 2）。竹サイレージの発酵品質を調査した大島ほか（2015）の試験においても発酵 1 か月後に乳酸菌量が最大となり、またその後の乳酸菌量に大きな変化はないことから 1 か月程度の貯蔵後に給餌することが経済性も優れ、妥当であるということが考えられた。

2. 竹チップの混割割合の違いによる産卵率及び卵重への影響

採卵鶏 5 羽を供試した短期間の竹サイレージ給餌試

験では、産卵率は 1 回目の試験において竹サイレージ 5 % 区に、2 回目の試験では竹サイレージ 3 % 区に有意な低下が見られた（表 3）。ここでは卵重の試験区間における有意差がなかったことや、夏場の産卵率が低下する期間における試験であったこと、供試羽数が少なかったことにより、結果が一定しなかったと考えられた。

産卵率についてすべての平均値をみると、対照区と竹サイレージ 5 % 区に大きな差はなかったが、竹サイレージ 3 % 区と 5 % 区間にはばらつきが生じた。大谷・岩澤（2007）によるモウソウチク由来の家禽用生理活性資材⁷⁾の採卵鶏への給餌試験においては、竹サイレージは 5 % 添加まで生産性に及ぼす悪影響がないことが確認されているが、今後はさらなる検証が必要である。

3. 竹サイレージの長期給餌による産卵率と鶏卵品質への影響

竹サイレージ 5 % の給餌を 1 年間実施した結果、産卵率は 12 月を除き、竹サイレージ区が高値のまま推移した。対照区の産卵率が低下した 8 月の残飼料をみると、対照区が竹サイレージ区に比べ約 2 倍程度多くなった（図 3）。夏季はアニマルウェルフェア⁸⁾に対応した管理を行っても採食率や産卵率が低下することが知られているが（泉川・大西，2013）、竹サイレージの給餌は夏場の採卵鶏の採食を高め、さらにモウソウチクに含まれる生理活性物質（安藤ほか，2003）により産卵率を向上させることが示された。

しかし竹サイレージ区における 12 月の有意な産卵率の低下は、竹サイレージ給餌との関連は不明であり、対照鶏の健康状態を観察する、長期にわたる給餌試験を行うなどして今後検証する必要がある。

4. 竹サイレージ給餌による鶏卵品質と官能試験への影響

鶏卵の食品分析による結果は、標準成分、対照区、竹サイレージ区における大きな区間差はなく（表 4）、竹サイレージの給餌が食品成分を損なわせることや栄養価を低下させることは少ないと考えられた。鶏卵品質についても同様に、調査項目に試験区間の有意差はなかった（表 5）。養鶏場の大型化に伴う集卵作業の機械化により破卵の増加が問題となっているが（阿部ほか，1995）、竹サイレージ 5 % 添加による影響はなく、さらに消費者側の指標ともなるハウユニット値やカラーファンスコアにも差がないことより、流通や消費段階における悪影響はほぼないと考えられた。消費者を対象にした官能試験についても、色味が対照区に比べ薄いと評価された以外は、生臭さが薄い、竹サイレージの方がおいしいという結果により、竹サイレージを使用した養鶏が農家所得を低下させることにはつながらないと考えられた。今後

は竹サイレージの供給体制の整備が課題となると考えられる。

要 旨

本研究では、原料である竹の種類、飼料への適切な混和量、産卵率や卵重、鶏卵品質や消費者への影響など生産から消費までの各段階において、採卵鶏への竹サイレージ給餌の有効性を明らかにすることを目的とした。その結果、2年から3年生のモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) を竹破砕機によって5 mm以下に粉碎した竹チップを1か月間嫌気条件で保管し、採卵鶏(ポリスブラウン)の飼料として給餌した。モウソウチクの竹サイレージは葉部に多くの乳酸菌を含み、酪酸やプロピオン酸の生成はなく発酵は順調に進行した。採卵鶏への1年間の長期給餌の結果、産卵率は対照区より高く推移し、卵重には大きな差は見られなかった。夏季給餌中の残飼料も竹サイレージ区が少なく、高い嗜好性が確認された。鶏卵の食品分析や、流通上問題となる卵殻強度、新鮮さの指標であるハウユニット値に対照区と竹サイレージ区の有意な差はなく、品質に問題がないことが確認された。この結果より、採卵鶏への飼料に5%の竹サイレージを添加することは、鶏卵の生産性を高め、品質は維持できることが分かった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、採卵鶏の管理にご協力いただいた兵庫県立播磨農業高等学校畜産科の教職員と生徒の皆様へ感謝します。

文 献

- 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分を中心とした資料分析法とその飼料栄養評価法への応用. 畜産試験場研究資料, **2**, 1-75.
- 阿部 渉・東海林孝礼・宮腰温子・嘉藤太加雄・中川忠雄 (1995) カキ殻の飼料添加が産卵後期の鶏卵殻質におよぼす影響. 新潟県畜産試験場, **11**, 75-79.
- 秋友一郎・太田壮洋・岡村由香 (2009) 未利用資源の畜産的利用に関する研究—竹材の畜産分野への利用に関する研究(発酵飼料化)一. 山口県畜産試験場報告, **24**, 79-84.
- 安藤浩毅・森田慎一・古川郁子・神野好孝・坂木 剛・廣末英晴 (2003) 加圧熱水によるモウソウチクからのキシロオリゴ糖の生成. 木材学会誌, **49**, 293-300.
- 藤井康代・米田華菜子 (2015) 採卵鶏飼料としての竹粉および自家発酵竹粉の有用性. *Bamboo Journal*, **29**, 29-35.
- 自給飼料品質評価研究会編 (2001) 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京, pp.7-42.
- 泉川康弘・大西美弥 (2013) アニマルウェルフェアに対応した鶏の飼養管理. 香川畜産試験場報告, **48**, 29-36.

萬田正治・長 英司・徳田博幸・黒田地一郎・渡邊昭三 (1990) モウソウチクの飼料的価値. 鹿児島大学農学部学術報告, **40**, 173-179.

文部科学省 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂)

[http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365297.htm]

中村茂和・松井繁幸・杉山 典・黒田博通 (2009) 竹粉サイレージの給与が肉用鶏および採卵鶏の排せつ物臭気に及ぼす影響. 静岡県中小家畜試験場研究報告, **2**, 43-48.

大島一郎・加藤洋平・久田真士・石川あい・廣瀬 潤・石井大介・白坂清春・松元里志・片平清美・高山耕二・中西良孝 (2015) 加工方法の違い(破砕または解砕)が竹材の保存性とサイレージの発酵品質に及ぼす影響. 日本暖地畜産学会報, **58**, 225-232.

大谷利之・岩澤敏幸 (2007) モウソウチクサイレージの調整とその発酵品質. 静岡県中小家畜試験場研究報告, **17**, 53-57.

大谷利之・和久田高志・関 哲夫・岩澤敏幸・池谷谷司 (2004) 竹粉サイレージ給与が肉養鶏ふんに及ぼす影響. 東海畜産学会報 **15**, 69-72.

林野庁 (2014) 森林・林業白書 (平成 26 年度), 林野庁, 東京, 225p.

林野庁 (2018) 竹の利活用推進に向けて.

[<http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/take-riyou/attach/pdf/index-3.pdf>]

蔡 義民・藤田泰仁・佐藤崇紀・増田信義・西田武弘・小川増弘 (2002) 麦茶残渣サイレージの調製貯蔵と発酵品質. 日本畜産学会報, **73**(2), 283-289.

柴田昌三 (2010) 竹資源の新たな有効利用のための竹林施業. 森林科学 **58**, 15-19.

Takano K.T., Hibino K., Numata A., Oguro M., Aiba M., Shioyama H., Takayabu I. and Nakashizuka T. (2017) Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys edulis* and *Phyllostachys bambusoides* (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5°C-4.0°C global warming. *Ecology and Evolution*, **7**, 9848.

渡邊政俊 (2004) 竹林栽培と竹林生産の動向. 内村悦三編 竹の魅力と活用, 創森社, 東京, pp.61-64.

山川武夫・山野麻有子・池田元輝 (2009a) 繊維状竹破砕物のカリ成分とマルチがダイズ品種フクユタカの生育と収量に及ぼす効果. 日本土壌肥料学会誌, **80**, 7-13.

山川武夫・山野麻有子・池田元輝 (2009b) 繊維状竹破砕物と窒素肥料の施肥位置がダイズ品種フクユタカの収量と三要素集積に及ぼす影響. 日本土壌肥料学会誌, **80**, 379-386.

矢内純太・中尾 淳・大迫敬義・宮藤久士・吉田裕三・佐野新悟 (2016) 竹林間伐材を利用した竹粉および竹炭の水稻苗箱培土としての有効性. 日本土壌肥料学会誌, **87**, 241-246.

付 記

- 1) 中性デタージェント繊維は、ヘミセルロース・セルロース・リグニンおよび熱変性タンパク質より構成される。この値は動物が消費する飼料の量を反映するため重要な指標であり、割合が増えると、乾物摂取量は一般的に減少する。
- 2) 酸性デタージェント繊維は、細胞壁物質のうちヘミセルロース

- を除いた部分を示し、セルロースとリグニンに該当する。この値は動物が飼料を消化する能力に関連するため重要であり、値が増えると、消化能力または飼料の消化が減る。
- 3) プロピオン酸は、飽和脂肪酸の1つで、サイレージ調製の際に酵母やカビの生成を強く抑制する役割を持ち、飼料の品質低下防止に利用されている。
 - 4) 酪酸は、不快な酸敗臭をもつ油状の液体で、サイレージ調製の場合は、腐敗菌である酪酸菌の生成を阻止することが重要であり、この値が高いとサイレージ品質が低下していると判断できる。
 - 5) ハウユニット値は、鶏卵の鮮度を表す指標の1つで、卵の質量と卵白の盛り上がりの高さから求められる。生みたての状態では90前後を示し、時間の経過とともに値が減少する。
 - 6) カラーファンは、卵黄色の測定に用いるカラーチャートのことです。卵黄と対比することにより色調を判定する。色調が15段階に区分され、数値が大きいほど濃い黄色であることを示す。
 - 7) 家禽用生生活性資材は、家畜の生体内の化学物質が、生体の特定の生理的調節機能に対して作用する性質を助長する資材のこと。
 - 8) アニマルウェルフェアは、動物が生活および死亡する環境と関連する動物の身体的および心理的状态のこと。家畜を快適な環境下で飼養することにより、家畜のストレスや疾病を減らすことが重要であり、結果として生産性の向上や安全な畜産物の生産にもつながるとされる考え方を示す。

