

牛の乳汁中体細胞数減少に対するビタミンC, Eの効果 (第2報)

加藤真姫子・渡邊潤

要 約

バイパスビタミンC, E投与が、乳汁中体細胞数(SCC)に及ぼす効果を明らかにするため、ホルスタイン種泌乳牛24頭を用い、①バイパスビタミンC製剤単品区(以下VC添加区)、②バイパスビタミンCおよびEの混合区(以下VC+VE添加区)、③バイパスビタミンE製剤単品区(以下VE添加区)、④無添加区(以下対照区)を設定し、TMRにトップドレスで4週間経口投与した。期間中のSCC、血漿中ビタミンC濃度、末梢血における白血球サブポピュレーション、血漿中代謝成分、臨床型乳房炎の発生について調査した。また、暑熱期に、モデル農家3戸の泌乳牛に対してバイパスビタミンCの添加を行い、1ヶ月間のバルク乳SCCの推移を調査した。

1. 試験区の血漿中ビタミンC濃度は3日後に有意に増加した(VC添加区:P<0.01, VC+VE添加区:P<0.05, VE添加区:P<0.05)。
2. 臨床型乳房炎を発症した個体の血漿中ビタミンC濃度は、発症時に低下した。
3. SCCは、ビタミンC+E添加区の3週目において、対照区よりも低かった(P<0.01)。
4. 末梢血白血球サブポピュレーションでは、バイパスビタミンC+E混合区でバイパスビタミンVC+VE添加区のCD4+/CD8+比において、3週目以降増加する傾向であった。
5. 酪農家における現地実証では、バルク乳SCC数が、給与翌日に一時的に増加し、その後、通常のレベルまで減少したが、それ以上の減少は認められなかった。

緒 言

牛乳の消費低迷に伴い、牛乳はさらなる高品質が求められており、とりわけバルク乳における乳汁中体細胞数(以下SCC)については生乳格付けにおいても重視される項目である。生乳の安全性を確保する上でも、乳房炎の指標であるSCC低減による乳質改善は、経営に直結した大きな課題となっている。

一方、ウシはビタミンCを肝臓で合成できることから、これまで栄養素としての要求性については、重視されてこなかった。しかし、Duncan et al (1944)は、ウシの壊血病を報告しており、近年では、乳牛においても暑熱ス

トレスや、人為的に発症させた大腸菌性乳房炎では血漿中ビタミンC濃度が低下することを報告している(Padilla et al, 2006)(Weiss et al, 2004)。ストレス環境下における乳牛において、ビタミンCをはじめとする生物学的抗酸化剤は、各種免疫細胞の活性化に貢献し、炎症により生じた活性酸素による乳腺上皮細胞のダメージを抑制することが期待される。

前報(加藤ら, 2009)では、高濃度ビタミンC, Eの筋肉内投与が、潜在性乳房炎に効果があり、暑熱期のバイパスビタミンC40g程度の経口投与により、SCCが減少する傾向があったことを報告した。今回は、ヒートストレ

スの少ない状況でバイパスビタミンを添加し、免疫状態を評価する目的で、末梢血における白血球サブポピュレーションを解析した。また、農家実証では、暑熱期のバイパスビタミンC投与を行い、バルク乳SCCをモニターすることでSCCに対する効果を見た。さらに酪農家自身の使用感を聞き取り調査し、利用の可能性についても検討した。

材料および方法

試験Ⅰ：ビタミンC、Eの予防的効果の検討
畜産試験場内で繋養している泌乳期のホルスタイン種24頭を、①バイパスビタミンC製剤単品区（以下VC添加区）、②バイパスビタミンCおよびEの混合区（以下VC+VE添加区）、③バイパスビタミンE製剤単品区（以下VE添加区）、④無添加区（以下対照区）の4区に各6頭を配置した。なお、試験牛は全頭が乳房炎経験牛であった。試験牛の概要を表1に示す。

1) 添加製剤:バイパスビタミンC（ビタミンC30%バイパス,ワイピーテック社）、バイパスビタミンE（ロビミックスE100,ロッシュ社）を供試した。

2) 添加期間:平成20年9月15日～10月13日の

28日間添加した。

3) 添加量および添加方法:バイパスビタミンについては、1頭当たりビタミンC製剤40g/日（ビタミンCとして12g）、ビタミンE製剤10g(ビタミンEとして1,000IU)/日をTMR飼料上にトップドレスで添加した。

4) 血液生化学性状および血漿中のビタミンC濃度:採血は、投与前、投与後1,2,3,8,14,21,28日目に行い、乳汁は、同日の朝、搾乳時に採材した。血液検査のため、血液は、ヘパリン加採血管、EDTA-2Na採血管を用いて頸静脈から行い、直ちに氷冷し、各検査項目の測定に供した。ビタミンC測定用の血漿は、Lin et al(2003)の手法に準じ、抗酸化処理を行い、HPLC(Waters)にカラム(ODS-120T, TOSOH)を装着して測定した。血液生化学検査項目としては、GOT、GGT、総コレステロール(T-cho)、アルブミン(A1b)、グルコース(Glu)、血中尿素態窒素(BUN)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)について、生化学分析装置(富士ドライケム,5500V,FUJIFILM)を用いて採血後2時間以内に測定した。

5) 乳汁中SCCおよび乳房炎調査:期間中の乳汁の採取は、乳量測定器(ミルコ

表1. 供試牛の概要

試験区分	供試頭数(頭)	分娩後日数(日)	日乳量(kg)
VitC添加区	6	165.5±97.0	30.7±7.0
VitE添加区	6	177.2±105.9	28.9±7.0
VitC+E添加区	6	168.2±92.2	30.8±5.4
対照区	6	166.7±97.9	27.0±8.4

ン, ORION) により、コンポジット乳をサンプリングし、Fossomatic90 (FOSS) で S C C を測定した。また、温湿度データロガー (T&Dcorporation) により、牛舎内温湿度をモニターし、試験期間中の個体乳量、臨床型乳房炎の発症について記録した。

6) 白血球サブポピュレーション: 末梢血における白血球サブポピュレーション解析は、WBC, 単核球, 顆粒球, CD4+, CD8+, CD3+CD45R-, CD3+CD45R+, CD335+WC1-, CD335+WC1+, CD335-WC1+, MHCclassII+CD14-, MHCclassII+CD14+, MHCclassII-CD14+について行った。白血球の表面抗原を、間接蛍光抗体法で染色し、フローサイトメーターにより解析した。なお、解析は北里大学へ依頼した。

6) 統計処理

一元配置分散分析を行った後、Tukeyの方法で検定を行った (吉田, 1975)。

試験II: モデル農家における実証試験

県内酪農家3戸を選定し、乳房炎の発症しやすい暑熱期の搾乳牛全頭に対して試験を行った。各酪農家では、日常的に泌乳牛に対してビタミンEを添加剤として投与しており、その量は1頭当たりおよそ500IU/日であった。よって、通常の飼養管理の状態、40gのバイパスビタミンC剤のみを、1カ月間添加し、バルク乳体細胞数の変動および実際に利用してみた酪農家の感想について調査した。

1) 添加剤: 植物性油脂でマイクロカプセル化したバイパスビタミンC (商品名ビタミンC30%バイパス: ワイピーテック社) を供試した。

2) 投与期間: 平成20年8月21日~9月20日の1ヶ月間添加した。

3) 投与量および投与方法: 搾乳牛全頭に対し、ビタミンC製剤40g/頭を1日1回飼料上にトップドレスで添加した。

4) 採材: 試験期間中のサンプルとして、夕方搾乳後のバルク乳を、毎日採材した。

5) 調査項目: 投与前、投与中、投与後に各1回、バルク乳を用いて黄色ブドウ球菌の細菌分離を行った。1ヶ月間のバルク乳は、Fossomatic90によりS C Cを測定した。また、3戸の酪農家にはバルク乳S C Cに影響を与える要因として、毎日の臨床型乳房炎の発生、乾乳により搾乳牛から外れる頭数、分娩後にバルク乳に合乳する頭数、搾乳牛頭数等について、予め渡したシートに記載してもらい、試験終了後には利用した感想についても聞き取りを行った。

結果および考察

試験I: ビタミンC, Eの予防的効果の検討
供試したバイパスビタミンCおよびEは、TMR上にトップドレスで添加し、経口投与した。ビタミンCの嗜好性には個体差があったが、残飼が認められなかったため、投与ロスの問題は無かったと思われる。

1) 牛舎内環境

乳房炎やS C Cの増加は、暑熱期に起こりやすいことが知られている。前報では、ヒートストレスの負荷がある状況でビタミンC剤を添加し、その効果を検討した。本試験における添加期間の牛舎内温度、湿度、温湿度指数を図1に示す。温湿度指数は、乳牛にお

けるヒートストレスを評価する方法として活用されており、この値が72を超えると、ヒートストレスを受け始めると言われている(臨床獣医, 2005)。

試験期間中で、この限界値を超えることは無く、ヒートストレスの影響の少ない条件下で飼養されていたことになる。

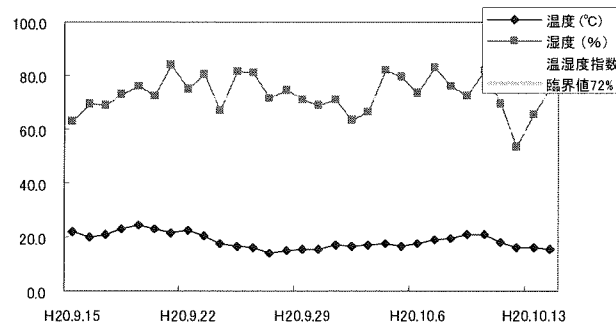


図1. 添加期間の牛舎内温湿度指数

2) 乳量

添加前、添加後および、添加区、無添加区間に有意な差は認められなかった(図2)。木田(2007)は、暑熱期に、ビタミンC(ビタミンC当量10g/日)混合飼料を給与した際、無添加群の乳量の低下が投与群よりも多かったことを報告している。また、血漿中ビタミンC濃度と高温下の泌乳成績は正の相関がある

(KONARC, 2007)といった報告があり、ビタミンCと乳生産には何らかの関連が示唆され、ビタミンC投与は、暑熱期の乳生産を向上させる可能性があるが、本試験では対照区との差が認められなかった。暑熱ストレスの無い環境であったため、乳量の差が出にくかったものとする。

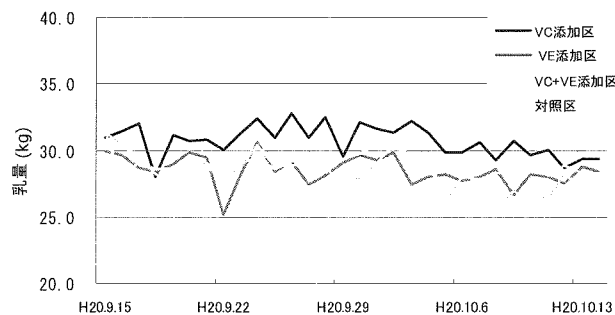


図2. 乳量の推移

3) 臨床型乳房炎の発症

投与期間中の臨床型乳房炎の発症は、VC添加区および対照区で各1頭、VE添加区で

2頭、VC+VE添加区のみで発症がなかった(表2)。発症個体の血漿中ビタミンC濃度を図3に示す。発症した4頭の血漿中ビタミン

表2. 臨床型乳房炎発症頭数

	非発症	発症	試験頭数
VitC添加区	5	1	6
VitC+E添加区	6	0	6
VitE添加区	4	2	6
対照区	5	1	6

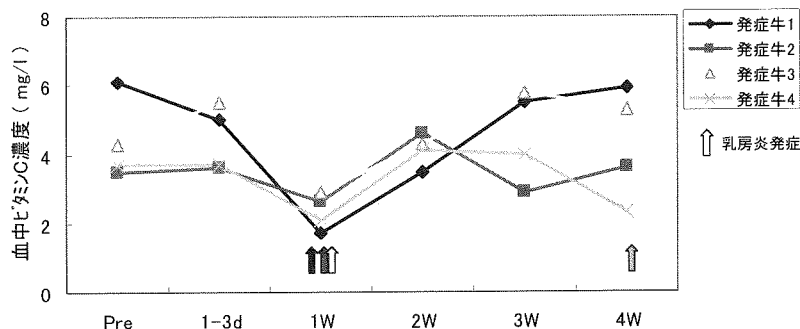


図3. 臨床型乳房炎発症牛の血中ビタミンC濃度の推移

ンC濃度は、発症時に有意に減少した。Weiss et al (2005)は、人為的に大腸菌を乳房内に注入したところ、血漿および乳中のビタミンCが減少したことを報告している。本試験における臨床型乳房炎の原因菌は、大腸菌以外の菌種であったが、自然感染の乳房炎においても、血漿中ビタミンC濃度が減少した。このことは、菌種を問わず、好中球が酸素を吸収したことでできた活性酸素を中和する際に、大量にビタミンCが消費されることを示唆している。1週目で発症した3頭は、2週目採血時には血漿中ビタミンC濃度が発症前のレベルに回復していた。ビタミンC濃度は、添加による補強と肝臓における合成の両者により、早期の回復が可能であったと想定される。また、乳房炎の治療に関しては、乳房炎軟膏を3日間注入する治療で症状が治まり、SCCも正常な値に戻った。なお、試験区間の比較におけるSCCの変動および血漿中ビタミンC濃度の解析には、発

症牛のデータを除外した。

4) 血漿中ビタミンC濃度およびSCCの変動

ビタミンCは水溶性であるため、体内に蓄積されずに、尿へ排泄される。松井(2006)は、尿へのビタミンCの排泄には閾値があり、血中ビタミンC濃度と腎機能の影響を受けて恒常性を維持しているとしている。血漿中ビタミンC濃度については、これまでの分析データから、個体差があると考えられたため、投与前からの変動量として表した(図4)。暑熱期にバイパスビタミンCを添加した試験では、血漿中ビタミンC濃度が有意に増加するのに10日間を要した(加藤ら, 2009)が、本試験では、3日後には血漿中ビタミンC濃度が有意に増加した(VitC添加区: $P < 0.01$, VitC+VE添加区: $P < 0.05$, VE添加区: $P < 0.05$)。このことは、本試験期間の暑熱ストレスが無かったため、ビタミンCの消費が少なかったためと考えら

れる。また、バイパスビタミンCは日量 40 g 程度で、ビタミンCの補強が十分可能であり、無駄に尿中に排泄されていないと考えられた。投与期間における SCC の推移は (図 5)、3 週目において、VC+VE 添加区が対照区よ

りも有意に低かった ($P < 0.01$)。全区において 2 週目の SCC 増加が認められた。1 週から 2 週目にかけて、飼養管理上の要因としては、何らかのストレスがあったと想定されたが、原因は不明である。

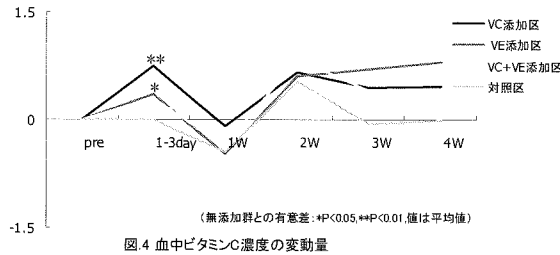


図4 血中ビタミンC濃度の変動量

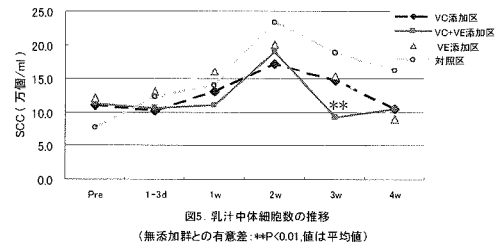


図5 乳汁中体細胞数の推移 (無添加群との有意差: ** $P < 0.01$, 値は平均値)

5) 血液生化学検査

バイパスビタミンの添加が原因と考えられる変動は認められなかった。Padilla et al (2005)は、血漿中ビタミンC濃度は、肝臓障害のマーカーである GOT や ALP と負の関係があり、脂肪肝牛ではビタミンC合成が減少

することから、血漿中ビタミンC濃度が低下することを示唆している。今回、肝機能障害が疑われる個体は無かったことから、血漿中ビタミンC濃度を比較する際、影響は無いと考えられた (図6-図10)。

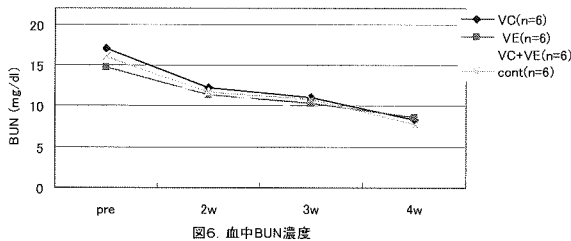


図6 血中BUN濃度

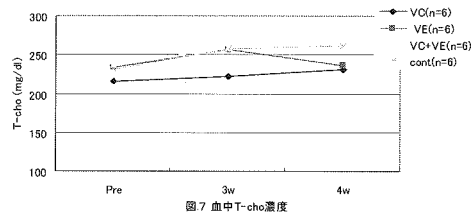


図7 血中T-cho濃度

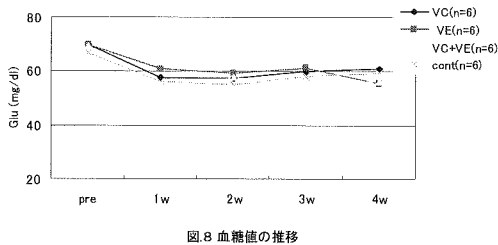


図8 血糖値の推移

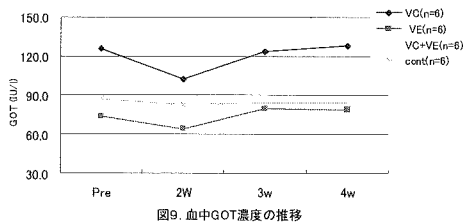


図9 血中GOT濃度の推移

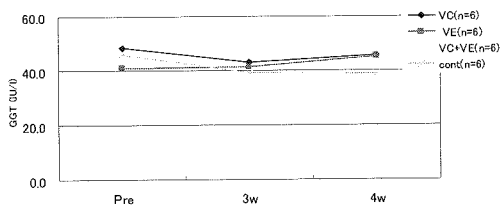


図10. 血中GGT濃度

6) 白血球サブポピュレーション

泌乳牛へのビタミンC, Eの投与が、細胞性免疫能に及ぼす効果については、明らかになっていない。ビタミンC, Eの投与と免疫状態を確認する目的で、末梢血の白血球サブポピュレーションの調査を実施した。バイパスビタミンC+E混合区で、炎症性疾患における細胞性免疫応答の指標となる CD4+/CD8+比 (大塚ら, 2006) が、3週目以降、増加する傾向であった。しかし、解析した各項目において、明確な差は認められなかった。前報 (加藤ら, 2009) では、高濃度ビタミンC, Eの筋

肉内投与は、乳腺細胞内での一過性の炎症を促進し、治癒に影響を与えている可能性を唆した。バイパスビタミンの経口投与では、筋肉内投与時のように免疫細胞が増加するような濃度に達していない可能性がある。また、アスコルビン酸の注射により、好中球の機能が亢進したとの報告 (Roth et al, 1985) もあることから、添加濃度を高めた上で、さらに機能的な解析を加えることが必要だと思われる (図11-図24)。

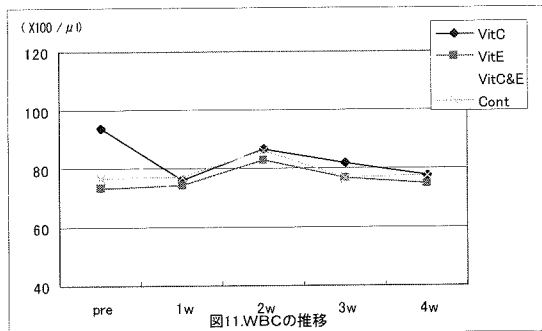


図11. WBCの推移

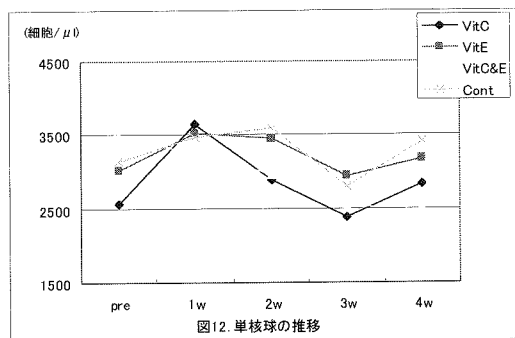


図12. 単核球の推移

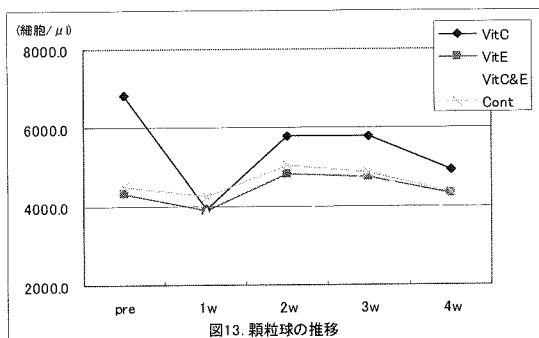


図13. 顆粒球の推移

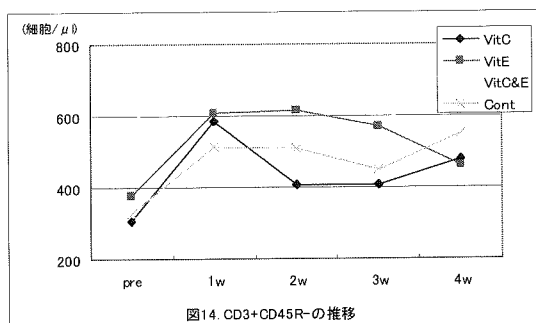
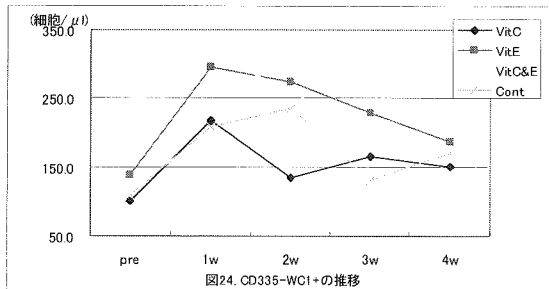
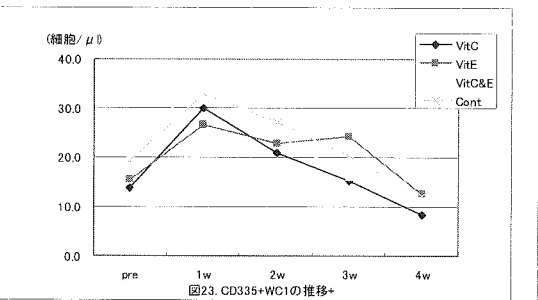
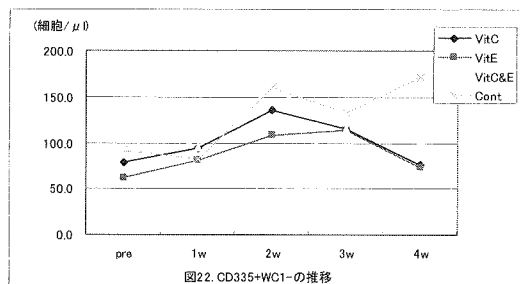
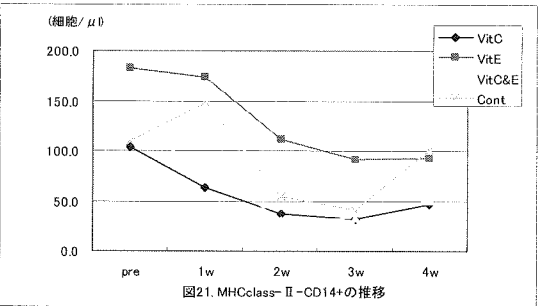
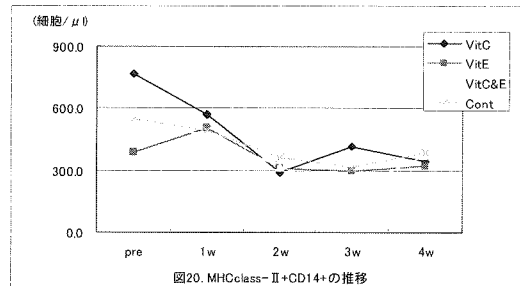
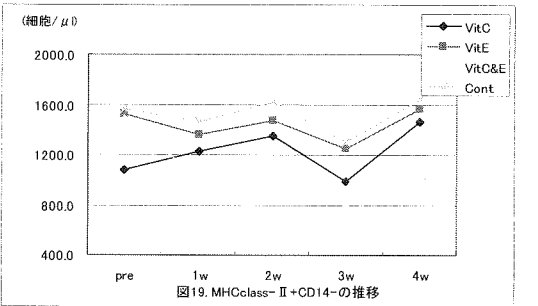
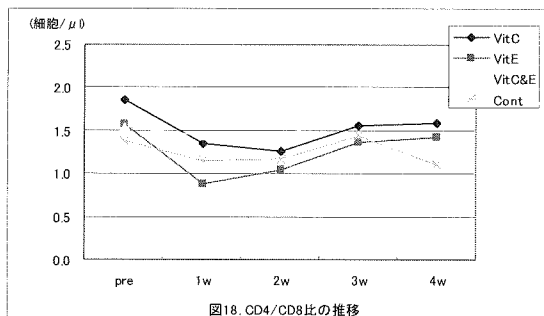
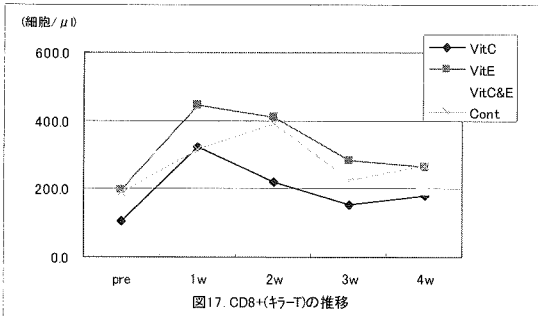
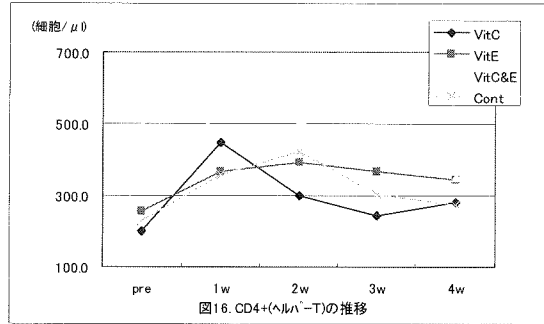
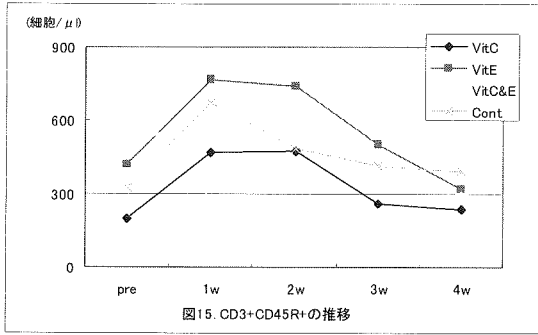


図14. CD3+CD45R-の推移



試験Ⅱ：モデル農家における実証試験

普及の可能性も含めて、酪農家で給与試験を行った。バルク乳SCC数が、給与翌日に一時的に増加し、その後、通常レベルまで減少したが、それ以下には低下しなかった(図25)。

給与した酪農家の感想としては、「投与期間中の治療のキレや予後が良い」、「嗜好性は悪くなく、投与が容易である」、「体細胞数に対する劇的な効果までは実感できない」、「資材として価格が高い、安ければ利用する」との回答が寄せられた。一方で、2戸の酪農家が「例年の夏よりも臨床型乳房炎の発生頭数が少なかった。」と回答した。バイパスビタミンは、未だコストの高い添加資材である。田中ら(2006)は、ヒートストレス下の泌乳牛にビタミンCを補給することで酸化ストレスを低減する傾向があることを報告している。酪農家における実際の搾乳牛群は、泌乳ステージ、乳腺の状態等、様々な状況の個体が混在しており、効率よく利用するためには、バルク乳SCCが高くなり、乳房炎の発生が多く認められる暑熱期を主体に利用することが、有効であると考えられる。

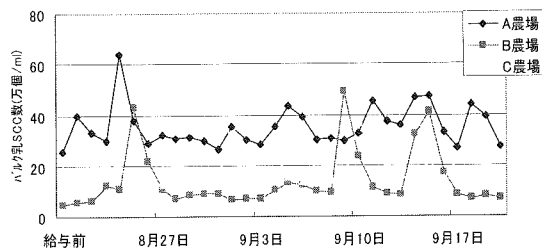


図25. 添加期間中のバルク乳SCCの推移

総括

ウシはビタミンCを肝臓で生合成できることから、その要求性については、考慮されて

こなかった。本研究では、泌乳牛における乳房炎の指標であるSCCに焦点を絞り、ビタミンEと組み合わせながら、治療と予防の観点からSCCに対する効果を検討してきた。治療の面からは、潜在性乳房炎個体を早期に発見し、筋肉注射経路でビタミンC、Eを投与する治療時に取り入れることで、SCCの改善に貢献できるものと考えられた。予防の面からバイパスビタミンを利用する際、その効果については、判然としない点も多いが、総じて良い効果が認められた。投与量については、今後もデータ数を増やし、検討していく必要があると思われる。柴田ら(2004)は、血漿中ビタミンC濃度を測定する場合、血漿とリンパ球の両方をサンプルに用いるのが適切であると報告していることから、リンパ球サンプルを測定して確認することも必要と思われた。また、ビタミンCは、極めて不安定であるため、分析操作が煩雑で、研究として取り組みにくい状況もある。より簡易な分析法の開発が望まれる。

最後に、乳牛とビタミンCの研究は、手つかずの部分が多いため、今後、繁殖性の向上、疾病の治療等、様々な応用が考えられる。しかし、ビタミン剤原料の中国からの供給が激減し、価格が高騰したままである。そのため、添加により、予防的に利用するためには、第1胃のバイパス率の高い製剤を選択する必要があるとともに、利用の時期や量を絞り込み、さらに効率的な給与法を検討する必要がある。

謝辞

白血球サブポピュレーションの解析およびご助言を頂きました北里大学 大塚浩通先生に深謝いたします。

引用文献

- 加藤真姫子, 渡邊潤, 植村鉄也. 牛の乳汁中体細胞数減少に対するビタミンC, Eの効果 (第1報). 秋田県農林水産技術センター畜産試験場. 23. 9-15. 2009.
- 吉田実. 畜産を中心とする実験計画法. 1版. 68-124. 東京. 1975.
- 木田克弥. 乳牛に対するビタミンC混合飼料給与による乳質改善効果. 畜産フィールド科学センター年報. 5. 28-29. 2008.
- 大塚浩通, 晴山寛子, 子比類卷正幸, 今瀬留以, 増井真知子, 安藤貴, 渡辺大作, 川村清市, 佐藤繁. 乳牛の炎症性疾患における末梢白血球サブポピュレーションとリンパ球幼若化反応. 家畜臨床誌. 29. 47-52. 2006.
- Padilla L, Matsui T, Heat stress decreases plasma vitaminC concentration in lactating cows. LIVESTOCK SCIENCE, 10, 300-330. 2006
- Ranjan, R, Swarup D, Naresh R, Patra C. 2005. Enhanced Erythrocytic Lipid Peroxides and Reduced Plasma Ascorbic Acid, and Alteration in Blood Trace Elements Level in Dairy Cows with Mastitis. Veterinary Research Communications, 29, 27-34.
- 田中正仁, 紙谷裕子, 鈴木知之. 泌乳牛に対する短時間ビタミンC投与が泌乳成績と血中酸化ストレス指標に及ぼす影響. 日本畜産学会第106回大会講演要旨集. P141, 2006
- W. P. Weiss, J. S. Hogan and K. L. Smith. 2004. Changes in VitaminC Concentrations in Plasma and Milk from Dairy Cows After an Intramammary Infusion of Escherichia coli. J. Dairy Sci, 87, 32-37. 2004.
- Lin et al, 2003. Determination of plasma vitaminC concentration in fattening cattle. Animal Science Journal, 74, 7-10.
- Licza Padilla, Ken-ichi Shibano, Jun Inoue, Tohru Matsui and Hideo Yano. 2005. Plasma VitaminC Concentration is Not Related to the Incidence of Ketosis in Dairy Cows during the Early Lactation Period., J. Vet. Med. Sci. 67, 883-886.
- Licza Padilla, Tohru Matsui, Ken-ichi Shibano, Hiromu Katamoto and Hideo Yano. 2007. Relationship between plasma VitaminC and serum Diagnostic Biochemical Markers in Lactating Cows. J. Vet. Med. Sci. 69, 909-913.
- A. Chaiyotwittayakun, R. J. Eskine, P. C. Bartlett, T. H. Herdt, P. M. Sears, and R. J. Harmon. 2002. The Effect of Ascorbic Acid and L-Histidine Therapy on Acute Mammary Inflammation in Dairy Cattle. J. Dairy Sci, 85, 60-67.
- M. HIDIROGLOU. 1999. Technical Note: Forms and Route of Vitamin C Supplementation for Cows. J. Dairy Sci, 82, 1831-1833.
- NRC飼養標準. 2001.

地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立（第3報）

—連用3年目—

渡邊 潤・佐藤寛子・加藤真姫子・植村鉄矢

要 約

牧草生産における家畜ふん堆肥の有効且つ適正な利用法の提示を目的に、家畜ふん堆肥と化学肥料の組合せ条件の違いが、牧草の生産性、飼料成分、嗜好性および牧草中の硝酸態窒素濃度に与える影響について検討を行った（連用3年目）。

- 1) 堆肥50%代替以上で、草丈および収量が高い値を示す傾向が認められた。
- 2) 堆肥代替率および腐熟度の違いによる一般飼料成分値の変動は認められなかった。
- 3) 堆肥代替区では、化学肥料区に比べて、粗灰分の上昇、カルシウム、マグネシウムの低下、リン、カリウムの上昇そしてミネラルバランス (K/Ca+Mg) 当量比の上昇が認められた。
- 4) 堆肥代替利用区においても、牧草中の硝酸態窒素濃度の上昇は認められず、危険水準とされる0.2%以下であった。
- 5) 化学肥料区は完熟堆肥代替区に比べ選択的に採食される傾向が認められた。

目 的

環境負荷低減および資源循環に配慮した適正な堆肥の利用が求められるものの、堆肥施用が粗飼料の生産性や飼料成分へ与える影響、特にミネラル成分以外の飼料成分については未だ不明な点が多く、農家が家畜ふん堆肥を粗飼料生産に利用する場合の、的確な情報は意外に少ない。そこで、本試験は、牧草生産における家畜ふん堆肥の有効且つ適正な利用方法の提示を目的に、家畜ふん堆肥と化学肥料の組合せ技術および生産した牧草の乳牛による嗜好性について検討を行い、連用3年目における影響について明らかにする。

材料および方法

- 1) 供試草地：2005年9月造成のオーチャードグラス単播草地（1区画3m×3m, 3区画×6試験区=18区画）を供試し、年間施肥量

N20kg/10a、施肥配分は早春10kg、一番草後6kg、二番草後4kgとした。

- 2) 《実験1》堆肥と化学肥料施用割合の異なる牧草生産試験：慣行区（化学肥料100%；化学肥料由来窒素10kg）、試験区1（30%代替区；化学肥料由来窒素7kg、堆肥由来窒素3kg）、試験区2（50%代替区；化学肥料由来窒素5kg、堆肥由来窒素5kg）、試験区3（80%代替区；化学肥料由来窒素2kg、堆肥由来窒素8kg）の計4区を設定した。施肥は2008年4月25日に実施し、化学肥料（N20%, P10%, K10%）と堆肥（乳牛ふんを主原料とする完熟堆肥）を用いた。一番草（出穂期；2008年5月26日時）について草丈および収量を調査し、飼料成分として水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、リン (P)、カリウム (K) を常法（自給飼料

品質評価研究会編, 2001) により測定した。また、牧草中のデタージェント繊維分画 (NDF, ADF) と高消化性繊維、硝酸態窒素濃度および TDN 含量を求めた。尚、高消化性繊維含量 (ヘミセルロース含量) は、NDF 値より ADF 値を差し引くことにより (出口, 2006)、TDN は ADF 含量から「粗飼料の品質評価ガイドブック; 自給飼料品質評価研究会編, 2001」の推定式により算出した。硝酸態窒素は高速液体クロマトグラフィを用いて、飼料成分分析基準法に沿って測定した (飼料分析基準研究会, 2004)。

- 3) 《実験2》堆肥腐熟度の異なる牧草生産試験: 試験区 4 (30%代替区; 化学肥料由来窒素 7kg, 堆肥由来窒素 3kg), 試験区 5 (50%代替区; 化学肥料由来窒素 5kg, 堆肥由来窒素 5kg) とした。施肥日および施用した化学肥料は実験 1 と同様であり、堆肥は、一般農家で生産された中熟相当の堆肥 (腐熟度 1~3: 平均値 1.7, 酸素消費量を指標として) を用いた。また、一番草について草丈, 収量および飼料成分について調査した。方法は実験 1 に同様である。
- 4) 《実験3》堆肥利用により生産された牧草の乳牛における嗜好性試験: ホルスタイン種泌乳後期牛 3 頭を供試し、実験 1 および 2 において生産された牧草を乾草調製し、カフェテリア方式による比較試験を 1 対の組合せに対し 3 回実施した。1 試技における提示乾草は、農用裁断機により細切、量は各 500g とし、採食開始から 15 分間、10 秒間隔の瞬間サンプリングにより顔の向き (右飼槽, 左飼槽, その他) をデジタルビデオカメラにて撮影, 記録した。解析は 15 分後の残飼量および採食開始から 6 分までの飼槽の選択率について行った。
- 5) 統計処理: 一元配置分散分析を行った後、

Tukey の方法で検定を行った (吉田, 1975)。

結果

1) 実験 1 および実験 2:

1-1) 草丈 (表 1): 堆肥 50%代替以上である試験区 2, 3, 5 が高く約 114cm (最も高い値を示したのは、試験区 5 の 114.9 ± 0.8 cm) であった。慣行区および試験区 4 が約 107cm と低い値を示した (最も低い値を示したのは、試験区 4 の 107.5 ± 1.2 cm)。試験区間に有意な差は認められなかった。

1-2) 乾物収量 (表 1): 化学肥料 50%, 完熟堆肥 50%の試験区 2 が最も乾物収量が多く、1a あたり 80.1 ± 3.3 kg であった。また、堆肥 80%代替の試験区 3 は、次いで 78.4kg と高い値であった。試験区 1 と試験区 4 では顕著に低値を示し、それぞれ 67.9kg, 64.9kg であった。試験区間に有意な差は認められなかった。

1-3) 飼料成分:

ア) 粗蛋白質 (表 2): 試験区 4 および 5 で高い値を示し 10.7 および 10.4%、試験区 2 が最も低く 9.6%であった。試験区間に有意な差は認められなかった。中熟堆肥を利用した試験区 4, 5 は、完熟堆肥施用区に比べて高い傾向が認められた。

イ) 粗脂肪 (表 2): 試験区 1 で 3.6%と高い値を示し、試験区 2 および 3 が 3.2%と最も低い値であった。

ウ) 粗繊維 (表 2): 試験区 3 で 36.8%と高い値を示し、慣行区が 35.3%と最も低い値であった。

エ) 粗灰分 (表 2): 試験区 3 が 8.8%と高い値で、慣行区が 6.5%で最も低い値であった。堆肥の熟度による違いは認められなかったものの、堆肥代替率の

上昇に伴って高い値を示した。

オ) ミネラル成分（表2）：試験区3においてCaとMgが、それぞれ0.19%、0.13%と他区に比べて低値を示した。Pは、堆肥利用区が0.28～0.31%と慣行区（0.23%）にくらべて高い傾向を示した。Kは慣行区（2.65%）が、堆肥利用区（3.00～3.28%）に比べて明らかに低い値を示した。ただし、堆肥代替率とK濃度に相関関係は認められなかった。飼料中ミネラルバランスの指標となるK/Ca+Mg当量比は、慣行区が最も低く2.83であり、堆肥代替割合の上昇と共に高い値を示した。中熟堆肥区は、完熟堆肥区に比べて低い値であった。ミネラル成分各項目および当量比について試験区間に有意な差は認められなかった。

カ) デタージェント繊維分画および高消化性繊維（表3）：NDFは、試験区1および試験区4で最も高く73.5%、73.7%、慣行区で最も低く71.1%であった。堆肥利用区は2%程度高い値を示した。

ADFは、中熟堆肥を利用した試験区4および5で高い値を示し40.8%、40.7%であり、慣行区が最も低い値で38.9%であった。高消化性繊維は、各区同程度で、32-33%であった。

キ) TDN（表3）：慣行区で最も高く58.9%であった。堆肥代替割合によるTDN含量の違いは認められなかったが、完熟堆肥施用区で約58%、中熟堆肥利用区で57.5%であった。

ク) 硝酸態窒素（表4）：各区も危険水準である0.2%以下であり、最も高い値を示した試験区2は0.08%であった。試験区間に差は認められなかった。

表1. 草丈および収量

	慣行区	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	試験区5
草丈(cm)	107.8±1.6	109.3±1.1	114.5±0.9	114.1±0.5	107.5±1.2	114.9±0.8
乾物収量(kg/a)	71.0±0.8	67.9±1.5	80.1±3.3	78.4±11.8	64.9±2.3	75.5±6.0

値は平均値±標準誤差

表2. 一般飼料成分およびミネラルバランス(乾物%)

	慣行区	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	試験区5
水分	78.7±1.2	81.7±1.6	80.1±0.9	80.7±1.4	81.0±0.4	80.5±0.9
粗蛋白質	10.0±1.1	10.2±0.6	9.6±0.9	10.0±0.9	10.7±0.1	10.4±0.1
粗脂肪	3.4±0.2	3.6±0.1	3.2±0.3	3.2±0.1	3.5±0.2	3.4±0.2
粗繊維	35.3±0.6	36.1±0.5	35.8±0.5	36.8±1.4	36.4±0.6	36.2±0.4
粗灰分	6.5±0.4	7.6±0.3	7.6±0.7	8.8±1.1	7.7±0.5	7.8±0.4
Ca	0.24±0.01	0.21±0.02	0.19±0.02	0.19±0.03	0.22±0.01	0.20±0.04
Mg	0.15±0.01	0.14±0.00	0.13±0.01	0.13±0.01	0.16±0.00	0.13±0.01
P	0.23±0.04	0.28±0.02	0.29±0.02	0.31±0.02	0.30±0.01	0.28±0.02
K	2.65±0.16	3.28±0.24	3.08±0.28	3.27±0.29	3.23±0.20	3.00±0.14
K/Ca+Mg当量比	2.83±0.02	3.88±0.33	3.95±0.40	4.31±0.58	3.40±0.20	3.71±0.35

値は平均値±標準誤差

表3. デタージェント繊維分画およびTDN(乾物%)

	慣行区	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	試験区5
NDF	71.1±0.5	73.5±0.5	72.4±0.9	73.1±0.9	73.7±2.0	73.0±0.7
ADF	38.9±1.0	40.3±0.2	39.9±0.4	39.9±0.6	40.8±0.9	40.7±0.4
高消化性繊維	32.2±1.2	33.1±0.7	32.5±1.0	33.2±1.3	32.9±1.1	32.3±0.5
TDN	58.9±0.7	57.9±0.1	58.2±0.3	58.2±0.5	57.5±0.7	57.5±0.3

値は平均値±標準誤差

表4. 硝酸態窒素濃度(%)

	慣行区	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	試験区5
硝酸態窒素	0.03±0.02	0.07±0.01	0.08±0.05	0.04±0.03	0.04±0.02	0.03±0.02

値は平均値±標準誤差

2) 実験3:

2-1) 堆肥代替率と嗜好性: 慣行区が試験区1, 2, 3 に比べ選択的に採食される傾向が認められた。選択率では、慣行区(57.7±6.9%)と試験区1(25.0±3.3%)、慣行区(70.1±2.6%)と試験区2(25.0±3.3%)の間には有意な差が認められた(図1)。残

飼量は、わずかであり採食性に差は認められなかった。

2-2) 堆肥腐熟度と嗜好性: 試験区1と4および試験区2と5の間には選択性に違いは認められなかった(図2)。残飼量は、わずかであり採食性に差は認められなかった。

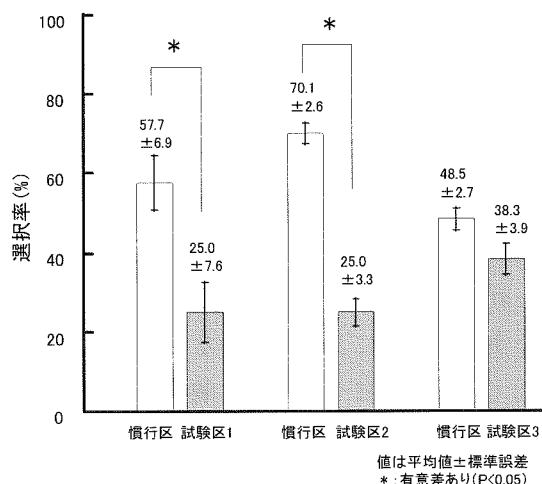


図1. 堆肥代替と嗜好性

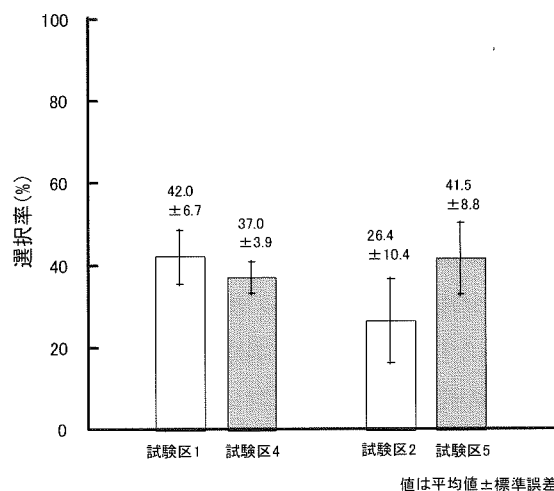


図2. 堆肥腐熟度と嗜好性

まとめと考察

本試験の結果をまとめると、①堆肥50%代替以上において、草丈および収量が高い値を示す傾向が認められた。②堆肥代替率および腐熟度の違いによる一般飼料成分値の変動は認められなかった。③堆肥代替区では、化学肥料区に比べて、粗灰分の上昇、Ca, Mgの低下、P, Kの上昇そしてK/Ca+Mg当量比の上昇が認められた。④堆肥による化学肥料の代替利用においても、牧草中の硝酸態窒素濃度の上昇は認められず、危険水準とされる0.2%以下であった。⑤化学肥料区を完熟堆肥代替区に比べ選択的に採食する傾向が認められた。

草丈と収量の関係について、1, 2年目では、堆肥代替率の高い試験区ほど草丈が高く、収量が低下する傾向を示していた。しかしながら、連用3年目では、堆肥代替率の高い試験区において草丈が高い傾向は同様であるが、収量も高い値を示し、1, 2年目とは異なった特徴を示した。草丈と収量については、そもそも相関関係があることが知られているが、連用2年目までの草丈と収量の関係については、前報（渡邊ら, 2009）において、堆肥施用による裸地化の進行について示唆した。こ

の裸地化の要因としては、オーチャードグラスが株化しやすい性質であることが考えられる。オーチャードグラスの株化については、密植、高窒素な施肥条件で促進され、生存個体割合が大幅に低下することが明らかになっている（佐藤, 1979）。窒素投入量が多くなると牧草中の粗蛋白質含量が増加することが知られており（佐藤, 1979）、連用1, 2年目に慣行区で粗蛋白質含量が高かった結果を踏まえると、化学肥料施用割合が高いほど肥料窒素成分が、植物体に吸収されていたと考えられ、すなわち個体間競争が助長されていた可能性があり、結果として連用3年目に収量を低下させたとも推測される。また、堆肥代替割合が50%以上の試験区において草丈および収量が高かったことは、肥効が緩やかであるとされる牛糞を原料とする堆肥（後藤, 2007）が、連用3年目でその効果を示したとも考えられるが、連用4年目以降、再び3年目と同程度の数値レベルが得られるか検討したい。

飼料成分各項目について、連用2年目では、慣行区と堆肥代替80%の試験区3がそれぞれ最大値または最小値を示し、堆肥施用量と比例的に成分含量の変動を示していた（渡邊ら,

2009)。しかしながら、連用3年目では、調査飼料成分項目において、有意な成分含量の違いは認められなかった。このことは、草丈および収量の部分で前述したように、緩やかであるとされた肥効が、連用3年目において、安定的に放出されるようになったとも推測される。今後、地力向上への堆肥連用の効果も明らかにするために、土壌成分分析による試験区間の比較も含めて検討したい。

分析項目ごとでは、粗蛋白質含量は、1、2年目と同様に、中熟堆肥を利用した試験区4、5で高い傾向を示した。これは、第1報（渡邊ら，2008）でも述べたように尿由来の即効性窒素の影響が考えられるが、連用の効果からか、試験区間の値の差は小さくなっており、今後よりその差は小さくなるものと考えられる。粗灰分含量は、化学肥料区で最も小さな値を示し、堆肥代替率が上昇するにしたがって、その含量が上昇していた。粗灰分含量に影響している成分について、Ca, Mg, P, Kの含量から推測してみても、慣行区と試験区3の関係から、施用堆肥に含まれる成分が影響していることは明らかであるが、最も含量の高いカリウムのみ値からは説明をつけることが出来ず、他のミネラル成分も関与している可能性が強い。ミネラルバランスについては、2年目に引き続き慣行区にくらべて試験区1→2→3と堆肥代替率の上昇に伴って高くなっていった。しかしながら、2年目の当量比に比べると、1ポイント程度ずつ値が小さくなっており、供試している化学肥料を、K20%からK10%と変更し、カリウム投入量を低下させた為と思われる。しかしながら、カリウムおよびリンの含量は、標準値に比べても依然高い値を示していることから、連用4年目においては、硫安や尿素などの窒素単体肥料（伊達，1993）に切り替えることも検討され

る。

硝酸態窒素濃度については、全ての試験区において0.1%以下の低い値であった。連用2年目では、中熟堆肥50%代替区において高い値を示していたものの、今回はその様な傾向は認められず、また、連用による影響も認められていない。硝酸態窒素濃度において試験を実施する年によって、一定の傾向が認められていない点については、植物体の生育ステージの他、地下水への流亡や日照条件（原田，1985）等により、植物体中への窒素過剰が起きていない為と考えられる。しかしながら、持続的農業生産技術を確立するためにも、地下水や土壌の分析も併せて今後検討する必要がある。

嗜好性について、今回は化学肥料と完熟堆肥区の比較において、全ての組み合わせで化学肥料区を選択していた。これまで1年目では化学肥料区、2年目では完熟堆肥区そして3年目では化学肥料区と、一定の選択性を示していない。どの年次の試技においても供試家畜は一方向の選択性を示すことから、試技設計は適切であったと推測されるものの、2年目までとは異なり嗜好性に関係するとされるNDFの上昇やTDN低下が認められなくなったことを踏まえると、堆肥施用が嗜好性へ影響する何らかの要因を誘導している可能性は否定できない。ただし、選択性では差が認められるものの、試技における残飼量はほぼ認められないことから、嗜好性自体には問題ないと考えられ、消化性や不断給餌の試験から評価することも必要かもしれない。

連用3年目の結果より、明らかに堆肥代替率によって異なっていた連用2年目までの飼料成分値の結果とは違い、化学肥料区と堆肥代替区の間でその差が認められなくなってきた。この事象は、牛ふん堆肥の肥効特性から

も納得できるものであり、畜産現場における堆肥利用時の有用な指標となりうる可能性がある。今後の連用4, 5年目の結果に、草地の永続性や環境負荷などの視点を加えることにより、より畜産現場へ即応できるような技術に仕上げることができると考えられる。

参考文献

- 後藤逸男. 家畜糞堆肥と化学肥料の共存. 畜産の研究. 第61巻. 第2号. 245-253頁. 2007.
- 佐藤庚. 飼料作物栽培の基礎. 114-121頁. 農山漁村文化協会. 東京. 1979.
- 自給飼料品質評価研究会編. 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック. 5-33, 77-83頁. (社)日本草地畜産種子協会. 東京. 2001.
- 自給飼料品質評価研究会編. 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 20-21頁. (社)日本草地畜産種子協会. 東京. 2009.
- 飼料分析基準研究会. 飼料分析法・解説. 4-61, 62. 芝光社. 東京. 2004.
- 伊達昇. 肥料便覧(第4版). 11-17頁. 農山漁村文化協会. 東京. 1993.
- 出口健三郎. フォレージ・マネジメント: 乳牛にとって“良質な粗飼料”とは何か? ~上手に良質粗飼料を確保・調達・利用するためには~. 79-83頁. デーリィ・ジャパン社. 2006.
- 原田勇. 牧草の栄養と施肥. 151-157頁. 養賢堂. 東京. 1985.
- 吉田実. 畜産を中心とする実験計画法. 1版. 68-124頁. 養賢堂. 東京. 1975.
- 渡邊潤, 佐藤寛子, 加藤真姫子, 植村鉄矢. 良質牧草生産における環境負荷低減型堆肥生産技術の確立ー堆肥と化学肥料の組合せ技術の検討ー. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告. 第22号. 34-40頁. 2008.
- 渡邊潤, 佐藤寛子, 加藤真姫子, 植村鉄矢. 地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立(第2報)ー連用2年目ー. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告. 第23号. 16-22頁. 2009.

籾殻炭添加飼料給与による豚糞からの臭気低減効果（第2報）

佐々木浩一、鈴木人志、遠田幸生*、熊谷誠治**、濱野美夫**、栗本康司**

(*秋田県産業技術総合研究センター工業技術センター・**秋田県立大学)

要 約

養豚の臭気環境改善に効果的な新規臭気対策資材を開発するため、地域未利用資源である籾殻を炭化した「籾殻炭」の臭気吸着能に着目し、本研究では、籾殻炭給与による豚糞臭気の高減効果および豚の健全性に及ぼす影響を明かにすることとした。

養豚用配合飼料に 400℃で炭化処理された籾殻炭を重量比で 0.5%、1%および2%添加して肥育豚へ2週間ないし4週間給与し、ガス検知管による豚糞の臭気物質の測定および嗅覚測定による臭気強度の評価、並びに豚の発育や飼料要求率および血液生化学性状に及ぼす影響を調査した。

その結果、豚糞から発生する臭気物質のうち硫化水素およびメルカプタン類は、籾殻炭給与によって高減される傾向にあった。そのことから、籾殻炭給与は豚糞から発生する臭気物質のうち、硫化水素およびメルカプタン類の高減に極めて有効であると考えられた。嗅覚測定による臭気強度では、配合飼料のみを給与された豚糞に比べ、籾殻炭を給与された豚糞の臭気強度は低い値を示した。籾殻炭の給与によって、嗅覚的にも豚糞臭気が高減されることを確認した。籾殻炭給与豚の発育や飼料要求率および血液生化学性状には顕著な変化認められなかった。よって、豚へ籾殻炭を給与しても、豚の発育や健全性への悪影響はないと考えられた。

以上より、本研究において、配合飼料に籾殻炭を重量比で 0.5%~2%添加給与することで、豚の発育や健康を損なうことなく、理化学的および嗅覚的評価においても豚糞臭気が高減されたことから、籾殻炭は養豚臭気改善資材として極めて有効であることが示唆された。

緒 言

畜産経営に起因する苦情でもっとも多いのは悪臭に関するものであり、その苦情件数は全体の6割を占めている(農林水産省, 2008)。そのため、臭気対策は、周辺環境や住民らとの調和による持続的な畜産経営を行ううえで、必要不可欠なものとなっている。

平成21年3月に出された「アニマルウェルフェアの考え方に対応した豚の飼養管理指針」では、豚舎における換気や臭気環境制御の重要性が示された(畜産技術協会, 2009)。

今後は、家畜の快適性に配慮した飼養管理の観点からも、生産現場ではこれまで以上に臭気環境の管理が求められることとなる。

臭気対策を目的とした数多くの資材が市販されているが、その効果が曖昧なものも多いとされている(黒田, 2006)。そのため、本試験では、養豚の臭気環境改善に十分な効果を発揮できる新規臭気対策資材を開発するため、地域未利用資源である籾殻を炭化した「籾殻炭」に着目した。

籾殻炭には、アンモニア (Kumagai et al,

2006) や、アルデヒド類ガス (熊谷ら, 2007) に対して優れた吸着能力がある。それら優れた吸着特性を持つ籾殻炭を用い、佐々木ら (2009) は、養豚用配合飼料に籾殻炭 (400°C で炭化処理されたもの) を重量比で 2% 添加し給与することで、豚糞から発生する悪臭物質のうち硫化水素、メルカプタン類および低級脂肪酸濃度が有意に低減されることを報告した ($P < 0.05$)。

しかしながら、現在市販されている植物系炭化物を主体とする臭気対策資材で推奨されている飼料への添加率は 1% 以下のものが多い。臭気低減資材として籾殻炭の日常的利用を考えた場合、より少ない添加コストで、効果的な臭気低減効果が得られ、かつ、より少ない添加率での利用が望まれる。400°C で炭化処理された籾殻炭については、2% 未満で飼料添加したときの豚糞臭気低減に及ぼす効果は明らかとなっていない。

そこで本研究では、これまで行った籾殻炭 2% 添加に加えて、重量比で 0.5% および 1% 量の籾殻炭を飼料へ添加し給与することで、籾殻炭添加率の違いが豚糞の臭気低減に及ぼす影響を明らかにすることとした。

籾殻炭添加飼料給与試験は 2 回実施し、試験 I では、飼料への籾殻炭添加率を重量比で 0.5% および 1% の 2 水準とした。試験 II では、籾殻炭添加率を重量比で 0.5%、1% および 2% 添加の 3 水準とし、さらに木炭を原材料とする市販の臭気対策資材との臭気低減効果の比較も行った。臭気の評価には、これまで行ってきたガス検知管による理化学的方法に加え、嗅覚測定による臭気強度での評価を新たに用い、複数の手法による多角的見地からの判別を試みた。さらに、籾殻炭給与が、豚の健康や生産性に与える影響を明らかにするため、血液生化学性状や発育および飼料効率な

どについての調査も行った。

材料及び方法

1. 試験 I

1) 試験時期

肥育豚への籾殻炭給与は、平成 20 年 9 月 25 日から 10 月 14 日まで 19 日間行った。

2) 供試豚

供試豚として、平成 20 年 6 月 3 日、12 日および 13 日に生まれた 4 腹の産子である三元交雑豚 (LWD) から去勢 7 頭および雌 5 頭の合計 12 頭を用いた。供試豚の試験開始時の平均日齢は、 105.5 ± 2.7 日であった。

3) 試験区、給与飼料および各区頭数

試験区、試験飼料および各区頭数を表 1 に示した。試験区は、市販の肥育前期用配合飼料 (子豚育成用配合飼料 兼松配合飼料 子豚用「スムーズ」、鹿島飼料株式会社、茨城: TDN78.0% 以上、粗たん白質 16.0% 以上、粗脂肪 2.5% 以上、粗繊維 4.0% 以下、粗灰分 7.0% 以下、カルシウム 0.5% 以上、リン 0.4% 以上) を給与した対照区 (籾殻炭無添加) と対照区給与飼料に重量比で籾殻炭を 0.5% および 1% 添加して給与した籾殻炭 0.5% 区および籾殻炭 1% 区の 3 区とした。各区の頭数は 4 頭 (去勢 2 頭、雌 2 頭、ただし対照区のみ去勢 3 頭、雌 1 頭) とし、各区の試験開始時の平均体重が等しくなるよう配置した。

4) 籾殻炭

籾殻炭は、秋田県内産の籾殻を用いて、秋田県立大学木材高度加工研究所の半割型環状炉 (内容積: 0.116 m^3) において作製した。籾殻はおよそ 2750 cm^3 の鉄製容器 6 本に入れたのちそれぞれを半密閉し、環状炉の中央部

表1. 試験区、給与飼料および供試頭数 (試験 I)

項目	試験区		
	対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区
基礎飼料	配合飼料	配合飼料+籾殻炭0.5%	配合飼料+籾殻炭1%
頭数	4	4	4

注) 籾殻炭は、配合飼料に対して重量比で添加

に設置した。その後、炭化炉内で1時間かけて400℃まで加熱すると共に1時間保持し、室温まで放冷した。取り出した籾殻炭はビニール袋に入れ、袋の口を結んで密閉し、使用するまで室温にて保管した。もちいた籾殻の平均含水率は5.1%であった。配合飼料への籾殻炭の混合は、畜産試験場豚舎内に設置されたタニナカ式自動攪拌機(うず9GS型、タニナカ産業株式会社、大阪)を用いて行い、混合時間は30分以上とした。

供試した籾殻炭および市販木炭素材の特性を明らかにするため、組成分析と細孔特性の評価を行った。それら分析は、秋田県産業技術総合研究センター工業技術センターおよび秋田県立大学にて実施した。

組成分析のため、全自動元素分析装置で炭素、水素および窒素含量を計測した。灰分は、試料を空气中850℃で1時間保持し、質量残存率から決定した。灰分に含まれない酸素分は $100 - (C + H + N + \text{Ash})$ で算出した。灰分組成は、蛍光X線分析装置にて分析した。細孔特性は、-196℃における窒素吸着による方法で分析した。BET比表面積は相対圧力0.1-0.3の窒素吸着量で、全細孔容積は相対圧力0.995の窒素吸着量から計算した。なお、県内で製造販売されている籾殻炭(六郷カントリーエレベーター、大仙市)についても同様の分析を行い、本試験で用いた籾殻炭との

豚糞の臭気濃度測定には、北川式ガス検知管(アンモニア: Tube No. 105SD、硫化水素: Tube No. 120U、メルカプタン類: Tube No. 130U、

特性を比較した。

5) 飼養管理

供試豚は、当场養豚施設内検定豚舎の後代検定豚房へ移動後、馴致のため市販配合飼料を不断給餌し、21日間の馴致期間後、各区への試験用飼料の給与を開始し、試験用飼料の給与期間は19日間とした。供試豚は、馴致期間および試験期間中、単飼、不断給餌および自由飲水とした。なお、試験期間中、対照区及び籾殻炭を給与したいずれ区においても、豚の健康状態に異常は特にみられなかった。

6) 豚糞採取および臭気濃度測定

豚糞からの臭気濃度測定のため、試験用飼料給与開始前日、給与開始後6日目、12日目および18日目の朝に各豚房内の糞を除去し、その翌日に豚ごとに24時間以内に排泄された豚糞の採取を行った。ポリエチレン性の袋(0.05mm厚、355×450mm)の中へ24時間以内に排泄され敷料等の異物が混ざっていない豚房内の新鮮糞を全量採取した。採取した豚糞は、袋の口を開いた状態で豚舎内にて24時間保管(飼料庫内)した。その後、実験室へ持ち帰り袋内の糞をじゅうぶんに混合後、容積0.8Lのガラス製容器(Charmy Clear L2-800cc、SEISHO CO., Ltd., 東京)に200g秤量し蓋をして密閉した。

酢酸(以下、低級脂肪酸): Tube No. 216S、光明理化学工業株式会社、神奈川)を用いた。密閉後90分に蓋の中央部にあけた約5mmの穴

から容器内へガス検知管を 5cm 程度挿入し、ガス検知管の先端が糞に触れないように注意しながら、容器内上部の気層部分をガス採取器 (AP-20, 光明理化学工業株式会社, 神奈川) を用いて吸引し各臭気物質濃度を測定した。90 分間の密閉中、容器内の臭気が外部に漏れないよう、蓋中央部の穴を市販のセロハンテープを貼ってふさぎ、実験室内にて保管した。

7) 豚糞臭気の嗅覚測定

豚糞臭気の嗅覚測定には、豚糞臭気濃度の測定に用いた各 12 検体 (各区 4 検体) を用い、試験開始後 12 日目および 18 日目の糞臭気濃度測定後、同日のうちに実施した。表 2 に示す 6 段階臭気強度表示法による臭気強度を用い (臭気対策研究協会, 1996)、豚糞臭気の嗅覚測定を行った。12 日目および 18 日目の嗅覚測定おけるパネル数は 4 名とした。嗅覚測定時は、机上に 12 検体を試験区に關係なくランダムに並べ、被験者が豚糞の入ったガラス容器のふたをはずして容器内に溜まった臭気を嗅ぎ判定する方法で行った。なお、嗅覚測定時に被験者から糞が直接見えないように、ガラス容器の外側には紙を巻き付け、容器内には糞に付着しないように濾紙を入れて目隠しとなるようにした。

表2. 6段階臭気強度表示法による臭気強度

臭気強度	内 容
0	無臭
1	やっと感知できる臭い (検知閾値)
2	何の臭いかが分かる弱い臭い (認知閾値)
3	楽に感知できる臭い
4	強い臭い
5	強烈な臭い

8) 体重、一日増体量、飼料摂取量および飼料要求率

供試豚の体重測定は、試験開始時、試験開始後 7 日目及び 14 日目の計 4 回行い、一日増

体量を求めた。また、豚ごとの試験飼料の摂取量および飼料要求率を算出した。なお、対照区のうち 1 頭は、試験期間中、飼槽から飼料を著しくこぼし、他の豚に比べて飼料給与量が 1.37 倍と極めて多かつたため、その豚の飼料摂取量は成績から除外した。

9) 血液生化学性状検査

粉殻炭が豚の生体に及ぼす影響を評価するため、血液生化学性状の検査を行った。採血は、試験開始時、試験開始後 7 日目および終了時 14 日目の計 3 回行った。血液の採取は、豚を鼻保定して頸静脈より行った。採取した血液は、ヘパリンナトリウム入り 10CC チューブ (ベノジェクト II 真空採血管、テルモ株式会社、東京) および凝固促進フィルム入り 10CC チューブ (ベノジェクト II 真空採血管、テルモ株式会社、東京) にそれぞれ分注後、遠心分離 (3,000 回転、10 分) をして血漿および血清を分取し、血液生化学性状の分析に供した。

血液成分として、血漿中総蛋白 (TP)、尿素窒素 (BUN)、アルブミン (ALB)、 γ -GTP 活性 (GGT)、GPT (ALT) 活性 (GPT)、GOT (AST) 活性 (GOT)、総カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、無機リン (IP)、中性脂肪 (TG)、総コレステロール (TCHO) および HDL-コレステロール (HDL) については、富士ドライケム DRI-CHEM5500V (富士フィルムメディカル株式会社、東京) を用いて測定した。電解質として、血漿中 Na、K および Cl は、富士ドライケム 800V (富士フィルムメディカル株式会社、東京) を用いて測定した。

遊離グリセロール、乳酸および β -ヒドロキシ酪酸の測定には、前処理として血漿を過塩素酸で 11 倍希釈して除タンパクした上精を試料として用い、血漿中遊離グリセロールは

Boobis et al (1983) の方法で、乳酸および β -ヒドロキシ酪酸は Maughan (1982) の方法を用い、それぞれ蛍光分光光度計で測定した。過酸化脂質は、Jo et al (1998) のチオバルビツール酸法を用いて蛍光分光光度計で測定した。ヒドロキシペルオキシドは、測定キットとして酸化ストレス度 (d-ROMs テスト) (DIACRON 社、イタリア) を用い、フリーラジカル評価システム F.R.E.E (DIACRON 社、イタリア) にて測定した。なお、血漿中遊離グリセロール、乳酸、 β -ヒドロキシ酪酸、過酸化脂質およびヒドロキシペルオキシドは、秋田県立大学にて測定を行った。

試験終了時のみ、免疫グロブリン (IgG) および α 1 産生糖化蛋白 (α 1AG) について調査を行った。IgG は、ブタ免疫グロブリン G 定量用キット ブタ IgG プレート ((株)メタボリックエコシステム研究所、宮城県) で、 α 1AG は、ブタ α 1AG 酸性糖蛋白質定量キット「ブタ α 1AG プレート」((株)メタボリックエコシステム研究所、宮城県) を用いた一元放射免疫拡散法 (SRID 法) にて測定した。IgG および α 1AG の測定には血清を用い、IgG 測定には血清を生理食塩水で 5 倍希釈したものを用いた。

10) 統計処理

得られたデータは、一元配置分散分析によって差の検定を行い、区間の検定には Tukey の方法を用いた。

2. 試験 II

1) 試験時期

肥育豚への籾殻炭給与は、平成 21 年 2 月 5 日から 3 月 5 日までの 4 週間行った。

2) 供試豚

供試豚として、平成 20 年 10 月 28 日、30 日および 11 月 2 日に生まれた 4 腹の産子である三元交雑豚 (LWD) から去勢 14 頭および雌 6 頭の合計 20 頭を用いた。供試豚の試験開始時の平均日齢は、 96.7 ± 1.98 日であった。

3) 試験区、給与飼料および各区頭数

試験区、給与飼料および添加率は、表 3 に示した。対照区には、試験 I と同じ市販の肥育前期用配合飼料を給与した。飼料への籾殻炭の添加率は、重量比で 0.5%、1% および 2% の 3 水準とし、籾殻炭 0.5% 区、籾殻炭 1% 区および籾殻炭 2% 区の 3 区分とした。さらに、籾殻炭の豚糞臭気低減能力を比較するため、木炭を原材料とする市販の臭気対策資材 (ピオカルボ M、販売元: 明治製菓株式会社 東京、製造元: pancosma フランス) を添加した市販木炭区を加えた合計 5 区で試験を実施した。市販木炭はメーカー推奨の添加率が 0.3~0.5% であったことから、本試験では重量比で 0.5% 添加とした。

各区の頭数は 4 頭 (去勢 3 頭、雌 1 頭、ただし対照区のみ去勢 2 頭、雌 2 頭) とし、試験開始時の各区平均体重が等しくなるよう配置した。

表3. 試験区、給与飼料および供試頭数 (試験 II)

項目	試験区				
	対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区	籾殻炭2%区	市販木炭区
給与飼料	配合飼料のみ	配合飼料 +籾殻炭0.5%	配合飼料 +籾殻炭1%	配合飼料 +籾殻炭2%	配合飼料 +市販木炭0.5%
頭数	4	4	4	4	4

注) 籾殻炭および市販木炭は、飼料に対して重量比で添加

4) 粉殻炭

粉殻炭は、試験Ⅰと同じのものを使用し、各区の添加率にあわせて配合飼料と混合調製し、試験に供した。

5) 飼養管理

供試豚は、当场養豚施設内検定豚舎の後代検定豚房へ移動後、馴致のため市販配合飼料を不断給餌した。29日間の馴致期間後、各区への試験用飼料の給与を開始し、対照区、粉殻炭1%区および粉殻炭2%区は、14日間試験飼料を給与した。粉殻炭0.5%区と市販資材区は、さら14日間延長し、計28日間試験飼料を給与した。供試豚は、試験Ⅰ同様、馴致期間および試験期間中、単飼、不断給餌および自由飲水とした。なお、試験期間中、いずれの豚においても、健康状態に特に異常はみられなかった。

6) 豚糞採取および臭気濃度測定

豚糞からの臭気濃度測定のため、給与開始後13日目および20日目の朝に各豚房内の糞を除去し、その翌日に豚ごとに24時間以内に排泄された豚糞の採取を行った。糞の採取および臭気の測定方法は、試験Ⅰと同様に行った。なお、粉殻炭0.5%区の1頭は、試験開始時から終了時まで、他の個体に比べて軟便であったことから、臭気濃度の測定および嗅覚測定から除外した。

7) 豚糞臭気の嗅覚測定

豚糞臭気の嗅覚測定は、試験Ⅰと同様の方法で、20日目の臭気濃度測定に用いた対照区、粉殻炭0.5%および市販資材区の3区の計12検体を用いて行った。

8) 体重、一日増体量、飼料摂取量および飼料要求率

供試豚の体重測定は、試験開始時および試験開始後7日間隔で行い、一日増体量を算出した。試験Ⅰ同様、試験終了時に豚ごとの試験飼料残量を計量し、試験期間中の飼料摂取量と飼料要求率を求めた。

9) 血液生化学性状検査

粉殻炭が豚の生体に及ぼす影響を評価するため、試験Ⅰ同様、血液生化学性状の検査を行った。採血は、開始時、試験開始後14日目および28日目の3回行った。採血により得られた血液処理は試験Ⅰと同様に行った。血液生化学性状としてTP、BUN、ALB、Ca、IP、Mg、GGT、GPT、GOT、TG、TCHO、HDLおよび電解質Na-K-CIについて、試験Ⅰと同様に検査を実施した。

10) 統計処理

統計処理は、試験Ⅰと同様に行った。

結果

1. 供試粉殻炭および市販木炭の特性

1) 組成分析結果

試験ⅠおよびⅡで供試した粉殻炭および市販木炭の組成を表4に示した。

粉殻炭の組成では、炭素46.40%および灰分38.10%の順に多かった。一方、市販木炭では、炭素が75.50%ともっと高く、灰分は3.56%と少なかった。市販木炭と比較した場合、粉殻炭は炭素がやや少なく、灰分は10倍以上多かった。なお、本試験で供試した粉殻炭は、市販粉殻炭と非常によく似た組成であった。

表4. 供試素材の組成 単位:mass%

項目	試験 I・II 籾殻炭	試験 II 市販木炭	参考 市販籾殻炭
炭素	46.40	75.50	39.10
水素	2.59	2.27	1.55
窒素	0.56	0.42	0.37
灰分	38.10	3.56	49.83
酸素	12.44	18.25	9.24

表5. 供試素材の灰分組成 単位:mass%

項目	試験 I・II 籾殻炭	試験 II 市販木炭	参考 市販籾殻炭
SiO ₂	96.73	23.29	97.25
K ₂ O	1.81	5.47	1.85
CaO	0.56	59.19	0.45
P ₂ O ₅	0.39	2.17	0.23
MgO	0.34	5.39	0.00
Al ₂ O ₃	0.12	2.87	0.16
Fe ₂ O ₃	0.06	1.61	0.06

表6. 供試素材の細孔特性

項目	単位	試験 I・II 籾殻炭	試験 II 市販木炭	参考 市販籾殻炭
BET比表面積	m ² /g	11.4	43.2	29.3
全細孔容積	cm ³ /g	0.032	0.048	0.045

2) 灰分組成

供試素材の灰分組成を表5に示した。

籾殻炭では、SiO₂がもっとも多く96.7%であり、市販素材ではCaOがもっとも多く59.2%であった。籾殻炭の灰分組成は、市販木炭と大きく異なるものであった。

供試素材の細孔特性について表6に示した。3素材のうち、比表面積がもっとも発達していたのは市販木炭であった。全細孔容積では、籾殻炭が他に比べてやや少なかった。

1. 試験 I

1) 豚糞臭気

1) 個体別臭気濃度の変化

各区における個体別臭気濃度の変化を図1から6に示した。

籾殻炭を給与した区の硫化水素濃度は、給与日数が進むにつれて低下する傾向にあった。特に、給与後18日目では、籾殻炭0.5%区および1%区の硫化水素濃度は、いずれの個体も10ppm未満となり、個体による硫化水素濃

度の差は小さくなった。しかしながら、対照区では、給与開始後6日目、12日目および18日目のいずれにおいても、個体によって硫化水素濃度の差が大きかった。なお、硫化水素では、開始時、6日目および12日目において、測定範囲の上限である40ppmを超える個体はいくつかみられたことから（対照区：6日目3頭、12日目1頭、籾殻炭0.5%区 開始時1頭、籾殻炭1%区 開始時1頭）、区間の差の検定は行わなかった。低級脂肪酸は、籾殻炭を給与しても、試験期間中その濃度に顕著な変化は認められなかった。

2) 豚糞の臭気強度

豚糞の臭気強度を表7に示した。

嗅覚測定を行った試験開始後12日目および18日目の糞で区間に有意差が認められた (P<0.05)。12日目では対照区に比べて籾殻炭1%区の臭気強度が、18日目では対照区に比べて籾殻炭0.5%区および1%区の臭気強度が有意に低い値を示した (P<0.05)。

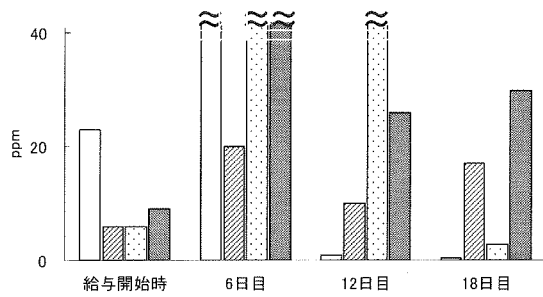


図1. 豚糞臭気の硫化水素濃度(対照区)

□NO.2 ▨NO.5 □NO.7 ■NO.13

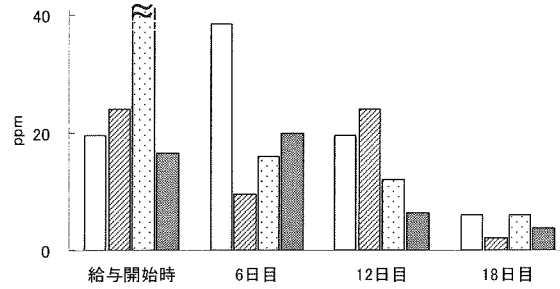


図2. 豚糞臭気の硫化水素濃度(籾殻炭0.5%区)

□NO.16 ▨NO.11 □NO.6 ■NO.17

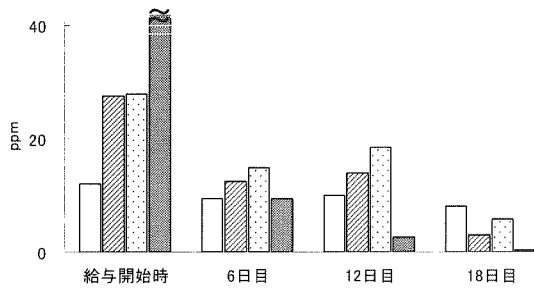


図3. 豚糞臭気の硫化水素濃度(籾殻炭1%区)

□NO.9 ▨NO.10 □NO.3 ■NO.4

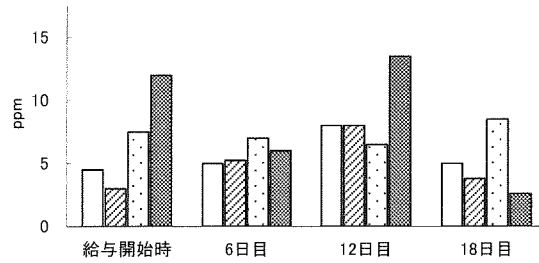


図4. 豚糞臭気の低級脂肪酸濃度(対照区)

□NO.2 ▨NO.5 □NO.7 ■NO.13

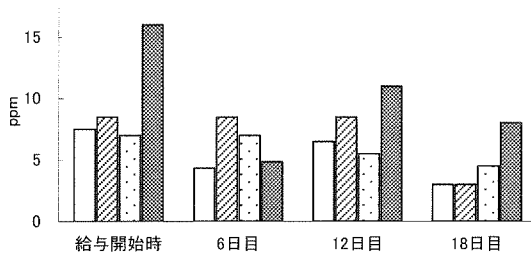


図5. 豚糞臭気の低級脂肪酸濃度(籾殻炭0.5%区)

□NO.16 ▨NO.11 □NO.6 ■NO.17

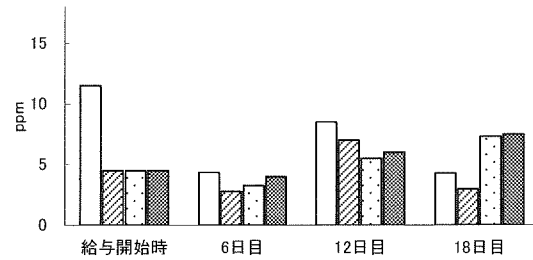


図6. 豚糞臭気の低級脂肪酸濃度(籾殻炭1%区)

□NO.9 ▨NO.10 □NO.3 ■NO.4

表7. 豚糞臭気の臭気強度

区分	試験区			分散分析
	対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区	
12日目	3.38 ± 0.92 a	2.50 ± 0.29	2.13 ± 0.43 b	P<0.05
18日目	3.38 ± 0.25 a	2.19 ± 0.24 b	2.06 ± 0.24 b	P<0.05

注1) 平均値±標準偏差、n=4

注2) 異符号間で有意差あり (P<0.05)

表8. 体重および一日増体量

項目	単位	試験区			分散分析	
		対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区		
体重	kg	開始時	44.0 ± 5.3	44.6 ± 6.1	44.3 ± 5.8	NS
		14日後	59.2 ± 7.4	59.9 ± 7.7	59.8 ± 7.0	NS
一日増体量	g/日	1082.1 ± 163.9	1089.3 ± 190.3	1112.5 ± 104.1	NS	

注) 平均値±標準偏差, n=4

表9. 飼料摂取量、籾殻炭摂取量および飼料要求率

項目	単位	試験区			分散分析
		対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区	
飼料摂取量	kg/日	2.80 ± 0.18	2.64 ± 0.42	2.64 ± 0.34	NS
籾殻炭摂取量	g/日	-	13.1 ± 2.1	26.2 ± 3.3	NS
飼料要求率		2.41 ± 0.15	2.43 ± 0.10	2.37 ± 0.11	NS

注) 平均値±標準偏差, n=4

4) 体重および一日増体量

試験開始時、試験開始後7日目および14日目の体重および一日平均増体量を表8に示した。試験開始後14日目の体重では区間に差はなく、14日間の一日増体量は同等であった。

5) 飼料摂取量、籾殻炭摂取量および飼料要求率

一日あたりの飼料摂取量、籾殻炭摂取量および飼料要求率を表9に示した。

飼料摂取量および飼料要求率に区間で差は認められなかった。籾殻炭摂取量は、籾殻炭0.5%区では13.1±2.1 g/日、籾殻炭1%では26.2±3.3 g/日であった。

6) 血液生化学性状

血液生化学性状を表10に示した。

試験開始時では区間に差はなかった。試験開始14日後では、籾殻炭0.5%区および籾殻炭1%区のGGT値が、対照区に比べて有意に低下したが (P<0.05)、他の項目では区間に差は認められなかった。

2. 試験Ⅱ

1) 豚糞の臭気濃度 (試験開始後13日目)

試験開始後13日目における豚糞の臭気濃度を図7から9に示した。

市販木炭区を除いた対照区から籾殻炭2%区までの4区での比較では、籾殻炭の給与によって硫化水素濃度に有意な変化がみられた (P<0.05)。籾殻炭1%区および籾殻炭2%区の硫化水素濃度は、対照区に比べて、有意に低い値を示した (P<0.05)。メルカプタン類濃度では、4区での分散分析では有意差が認められたが (P<0.05)、区間の多重比較では有意差はみられなかった。籾殻炭給与区の硫化水素およびメルカプタン濃度は、籾殻炭の添加率が高くなるほど、それら臭気濃度が低くなる傾向にあった。低級脂肪酸濃度では、籾殻炭2%区が対照区に比べて高い値を示すなど、籾殻炭給与による低減効果はみられなかった。

市販木炭区の硫化水素およびメルカプタン類濃度は、籾殻炭0.5%区と同程度まで低減された。

表10. 血液生化学性状

項目	単位		試験区			分散分析
			対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区	
TP	g/dl	開始時	6.60 ± 0.62	6.30 ± 0.50	6.43 ± 0.51	NS
		14日後	6.70 ± 0.50	6.68 ± 0.46	6.78 ± 0.15	NS
BUN	mg/dl	開始時	8.58 ± 0.30	8.68 ± 1.74	7.85 ± 1.52	NS
		14日後	9.73 ± 1.46	9.55 ± 3.59	9.28 ± 3.89	NS
ALB	g/dl	開始時	3.85 ± 0.56	3.75 ± 0.42	3.98 ± 0.65	NS
		2週後	4.28 ± 0.96	4.08 ± 0.43	4.25 ± 0.21	NS
Ca	mg/dl	開始時	10.48 ± 0.26	9.93 ± 0.79	10.80 ± 1.26	NS
		14日後	9.93 ± 0.83	9.83 ± 0.91	10.30 ± 0.68	NS
IP	mg/dl	開始時	9.05 ± 0.87	8.50 ± 0.51	8.45 ± 1.14	NS
		14日後	9.45 ± 0.64	9.38 ± 0.42	9.98 ± 0.83	NS
Mg	mg/dl	開始時	2.43 ± 0.36	2.18 ± 0.19	2.20 ± 0.08	NS
		14日後	2.58 ± 0.24	2.53 ± 0.10	2.45 ± 0.06	NS
GGT	U/l	開始時	56.0 ± 10.5	45.8 ± 12.6	51.0 ± 18.5	NS
		14日後	40.8 ± 3.8 a	34.0 ± 1.8 b	32.3 ± 1.0 b	P<0.05
GPT	U/l	開始時	35.5 ± 4.4	40.0 ± 7.5	43.3 ± 11.1	NS
		14日後	40.3 ± 8.7	36.5 ± 5.9	41.0 ± 2.7	NS
GOT	U/l	開始時	57.8 ± 10.9	46.3 ± 12.7	52.3 ± 9.5	NS
		14日後	48.5 ± 15.7	41.8 ± 12.4	51.3 ± 9.9	NS
Na	meq/l	開始時	142.3 ± 1.0	140.5 ± 1.7	141.5 ± 1.9	NS
		14日後	139.8 ± 1.3	140.5 ± 1.7	141.0 ± 1.8	NS
K	meq/l	開始時	6.50 ± 0.91	5.85 ± 0.19	6.33 ± 0.79	NS
		14日後	5.23 ± 0.29	5.15 ± 0.42	5.78 ± 0.72	NS
Cl	meq/l	開始時	100.8 ± 1.7	100.5 ± 1.3	100.5 ± 1.3	NS
		14日後	97.8 ± 1.0	98.8 ± 2.5	99.8 ± 1.9	NS
TG	mg/dl	開始時	39.0 ± 12.0	39.8 ± 12.2	48.3 ± 33.0	NS
		14日後	37.8 ± 10.5	32.8 ± 11.8	34.5 ± 9.4	NS
TCHO	mg/dl	開始時	128.8 ± 20.1	122.0 ± 12.5	123.5 ± 28.3	NS
		14日後	105.0 ± 3.7	100.0 ± 10.1	104.0 ± 15.7	NS
HDL	mg/dl	開始時	33.0 ± 2.2	34.3 ± 1.5	36.8 ± 4.3	NS
		14日後	31.5 ± 1.3	32.3 ± 3.8	32.5 ± 3.8	NS
遊離グリセロール	μmol/L	開始時	348.7 ± 180.4	195.8 ± 38.2	166.8 ± 49.1	NS
		14日後	170.2 ± 26.7	184.5 ± 21.9	168.3 ± 4.7	NS
β-ヒドロキシ酪酸	μmol/L	開始時	99.6 ± 16.0	92.7 ± 29.4	85.2 ± 21.2	NS
		14日後	87.5 ± 27.0	78.0 ± 20.9	79.2 ± 22.8	NS
ヒドロペルオキシド	CARR U	開始時	697 ± 130	607 ± 79	670 ± 71	NS
		14日後	599 ± 105	679 ± 53	675 ± 41	NS
過酸化脂質	nmol/mL	開始時	0.339 ± 0.048	0.352 ± 0.051	0.266 ± 0.033	NS
		14日後	0.262 ± 0.029	0.235 ± 0.022	0.238 ± 0.024	NS
乳酸	mmol/L	開始時	7.37 ± 2.40	4.67 ± 1.87	7.25 ± 3.52	NS
		14日後	4.91 ± 2.59	4.81 ± 3.04	6.51 ± 3.99	NS
IgG	mg/ml	14日後	9.18 ± 0.61	8.62 ± 0.62	8.54 ± 0.32	NS
α1AG	μg/ml	14日後	796 ± 284	837 ± 250	816 ± 33	NS

注1) 平均値±標準偏差、n=4

注2) 異符号間で有意差あり (P<0.05)

2) 豚糞の臭気 (試験開始後20日目)

試験開始後20日目の豚糞臭気濃度を図10から12に示した。

試験区間で有意な差はみられなかったものの、籾殻炭0.5%区および市販木炭区の硫化

水素およびメルカプタン類濃度は、対照区に比べて低い値を示した。

3) 豚糞の臭気強度 (試験開始後20日目)

豚糞の臭気強度を表11に示した。

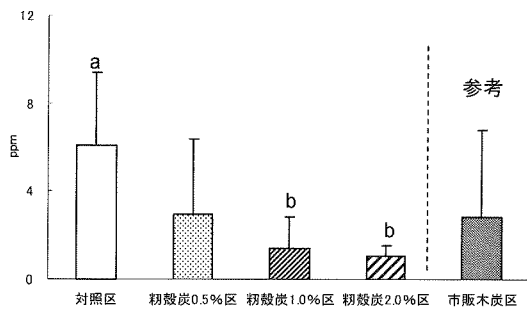


図7 豚糞臭気濃度(硫化水素:13日目)
Means±SD, n=4, a vs b: P<0.05 (籾殻炭0.5%区のみ n=3)

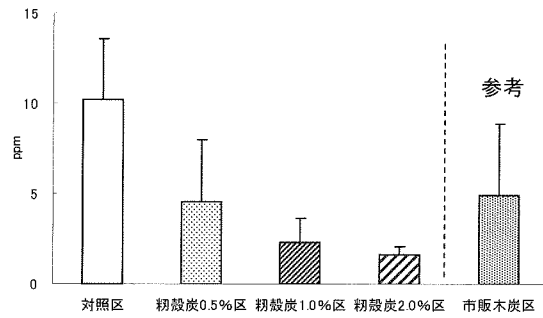


図8 豚糞臭気濃度(メルカプタン類:13日目)
Means±SD, n=4 (籾殻炭0.5%区のみ n=3)

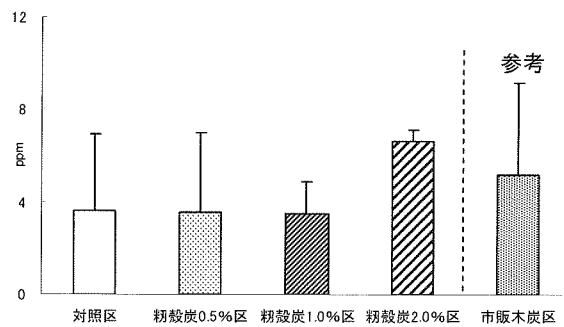


図9 豚糞の臭気濃度(低級脂肪酸:13日目)
Means±SD, n=4 (籾殻炭0.5%区のみ n=3)

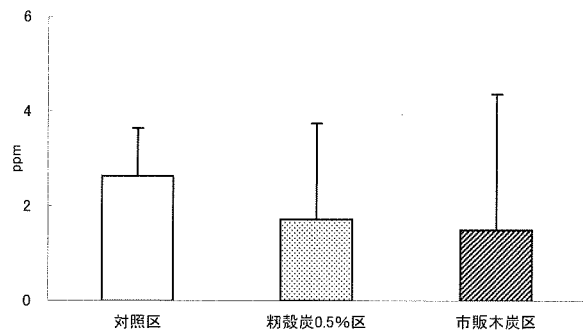


図10 豚糞臭気濃度(硫化水素:20日目)
Means±SD, n=3, a vs b: P<0.05 (対照区のみ n=4)

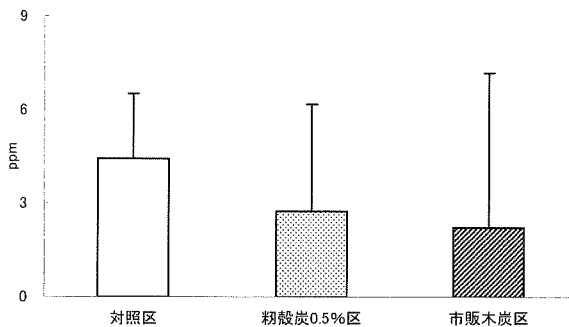


図11 豚糞臭気濃度(メルカプタン類:20日目)
Means±SD, n=3 (対照区のみ n=4)

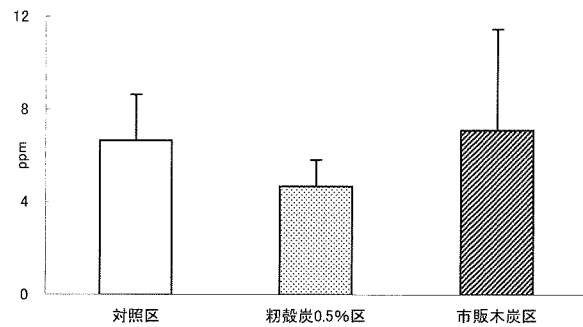


図12 豚糞の臭気濃度(低級脂肪酸:20日目)
Means±SD, n=3 (対照区のみ n=4)

嗅覚測定を行った試験開始後20日目の臭気強度は、区間で有意な差は認められなかったものの、対照区に比べて、籾殻炭0.5%区および市販籾殻炭区は低い値を示した。

4) 体重および一日増体量

体重および一日増体量を表12に示した。

試験開始後14日目では、区間において体重に差はなく、各区の一日増体量は同等であった。また、試験開始後28日目の対照区、籾殻炭0.5%区および市販木炭区の体重においても、同様に区間で差はみられなかった。

5) 飼料摂取量、炭化物摂取量および飼料要求率

飼料摂取量、炭化物摂取量および飼料要求率を表13に示した。

2ないし4週間の試験期間における試験飼料の摂取量および飼料要求率は、区間で差はなかった。

6) 血液生化学性状

試験開始時と試験開始後14日目の血液生化学性状検査の結果を表14に示した。

試験開始時では、IP量において区間で有意差

表11. 豚糞臭気の臭気強度

区分	臭気強度			分散分析
	対照区	粗殻炭0.5%区	市販木炭区	
20日目	3.31 ± 0.59	3.06 ± 0.94	2.75 ± 1.06	NS

注) 平均値±標準偏差、n=4 (粗殻炭0.5%区は1頭除外:n=3)

表12. 体重および一日増体量

項目	単位		試験区					分散分析
			対照区	粗殻炭0.5%区	粗殻炭1%区	粗殻炭2%区	市販木炭区	
体重	kg	開始時	47.2 ± 6.5	47.0 ± 5.2	46.8 ± 4.1	47.3 ± 4.3	47.9 ± 4.0	NS
		14日目	61.0 ± 7.2	60.6 ± 6.3	61.5 ± 3.6	60.6 ± 5.3	59.9 ± 3.5	NS
		28日目	73.4 ± 7.9	72.8 ± 7.1			72.7 ± 4.1	NS
一日増体量	g/日	14日目まで	989.3 ± 74.1	971.4 ± 159.5	1050.0 ± 107.9	953.6 ± 95.0	914.3 ± 96.2	NS
		14日以降	882.1 ± 71.3	867.9 ± 66.4			910.7 ± 112.7	NS
		28日間	935.7 ± 72.1	919.6 ± 98.0			912.5 ± 95.7	NS

注) 平均値±標準偏差、n=4

表13. 飼料摂取量、炭化物摂取量および飼料要求率

項目	単位		試験区					分散分析
			対照区	粗殻炭0.5%区	粗殻炭1%区	粗殻炭2%区	市販木炭区	
飼料摂取量	kg/日	14日目まで	2.85 ± 0.36	2.90 ± 0.27	2.83 ± 0.25	2.87 ± 0.44	2.55 ± 0.16	NS
		14日以降	3.01 ± 0.42	3.11 ± 0.21			3.07 ± 0.44	NS
		28日間	2.93 ± 0.39	3.00 ± 0.24			2.81 ± 0.23	NS
炭化物摂取量	g/日	14日目まで	-	14.4 ± 1.3	28.0 ± 2.5	56.3 ± 8.7	12.7 ± 0.8	NS
		14日以降	-	15.5 ± 1.1			15.3 ± 2.2	NS
		28日間	-	14.9 ± 1.2			14.0 ± 1.2	NS
飼料要求率		14日目まで	2.87 ± 0.18	3.03 ± 0.44	2.71 ± 0.30	3.00 ± 0.24	2.82 ± 0.43	NS
		14日以降	3.40 ± 0.25	3.58 ± 0.12			3.37 ± 0.10	NS
		28日間	3.12 ± 0.21	3.28 ± 0.24			3.09 ± 0.20	NS

注) 平均値±標準偏差、n=4

がみとめられた (P<0.05)。試験開始後14日目では、カルシウム量で区間に有意差が認められた (P<0.05)。しかしながら、その他の項目においては、試験開始時および終了時のいずれにおいても差は認められなかった。

考 察

活性炭の比表面積は900m²/g程度はあるが (農分協, 2009)、本試験で用いた粗殻炭の比表面積は、11.4m²/gであり、活性炭に比べると極めて少なかった。そのことから、本試験での粗殻炭給与による豚糞臭気低減には、粗殻炭への物理的吸着以外の要因が強く関与して

いる可能性がある と推察した。

佐々木ら (2009) は、粗殻炭2%給与で硫化水素およびメルカプタン類が8割以上大幅に低減されることを先に報告した。本試験においても、豚への粗殻炭給与により硫化水素およびメルカプタン類濃度の低減効果が認められ、さらに、粗殻炭の添加率が高くなるほど、臭気濃度が低減される傾向にあることを新たに確認した。以上の結果から、粗殻炭給与は、豚糞の臭気物質のうち、硫化水素およびメルカプタン類濃度の低減に極めて有効であることを改めて示すことができた。なお、低級脂肪酸濃度については、本試験において粗殻炭給与による低減効果は確認できず、粗

表14. 血液生化学性状

項目	単位		試験区					分散分析
			対照区	籾殻炭0.5%区	籾殻炭1%区	籾殻炭2%区	市販木炭区	
TP	g/dl	開始時	6.78 ± 0.19	6.53 ± 0.29	6.65 ± 0.33	6.93 ± 0.13	6.85 ± 0.13	NS
		14日後	7.38 ± 0.41	7.28 ± 0.83	7.20 ± 0.42	7.30 ± 0.41	7.70 ± 0.67	NS
BUN	mg/dl	開始時	10.08 ± 3.13	8.30 ± 0.61	10.03 ± 1.30	9.18 ± 1.47	10.05 ± 1.17	NS
		14日後	13.08 ± 3.07	11.78 ± 2.84	12.55 ± 3.40	12.23 ± 3.20	12.75 ± 1.05	NS
ALB	g/dl	開始時	4.65 ± 0.31	4.63 ± 0.25	4.55 ± 0.19	4.73 ± 0.29	4.60 ± 0.14	NS
		14日後	4.78 ± 0.25	4.75 ± 0.52	4.78 ± 0.26	4.78 ± 0.15	4.90 ± 0.32	NS
Ca	mg/dl	開始時	9.10 ± 0.32	9.17 ± 0.15	8.95 ± 0.65	8.88 ± 0.42	9.40 ± 0.29	NS
		14日後	9.35 ± 0.40	8.78 ± 0.30	a 9.15 ± 0.19	8.75 ± 0.13	a 9.75 ± 0.51	b P<0.05
IP	mg/dl	開始時	9.98 ± 0.30	10.10 ± 0.30	10.55 ± 0.47	a 9.23 ± 0.47	b 10.28 ± 0.85	P<0.05
		14日後	9.80 ± 0.76	9.48 ± 0.22	9.88 ± 0.43	9.15 ± 0.40	9.95 ± 0.59	NS
Mg	mg/dl	開始時	2.48 ± 0.26	2.30 ± 0.44	2.48 ± 0.10	2.28 ± 0.15	2.33 ± 0.17	NS
		14日後	2.18 ± 0.05	2.18 ± 0.10	2.15 ± 0.24	2.18 ± 0.13	2.35 ± 0.24	NS
GGT	U/l	開始時	39.0 ± 14.1	40.3 ± 14.5	43.1 ± 12.0	42.8 ± 7.5	47.5 ± 10.0	NS
		14日後	35.3 ± 10.4	44.0 ± 14.0	45.8 ± 11.0	48.5 ± 12.6	42.0 ± 17.6	NS
GPT	U/l	開始時	28.8 ± 6.6	30.3 ± 2.5	33.5 ± 12.4	31.8 ± 6.1	35.3 ± 11.6	NS
		14日後	35.3 ± 5.9	37.8 ± 9.8	33.0 ± 11.0	37.8 ± 5.1	36.3 ± 7.1	NS
GOT	U/l	開始時	39.0 ± 8.8	29.0 ± 10.1	37.0 ± 10.2	41.8 ± 15.7	43.3 ± 13.5	NS
		14日後	45.5 ± 6.2	42.0 ± 11.2	32.0 ± 5.7	47.0 ± 12.8	39.0 ± 9.4	NS
Na	meq/l	開始時	140.8 ± 2.2	140.0 ± 2.0	141.0 ± 3.4	139.8 ± 1.0	141.0 ± 0.8	NS
		14日後	141.5 ± 3.8	141.5 ± 0.6	142.5 ± 1.7	141.5 ± 2.4	142.8 ± 2.5	NS
K	meq/l	開始時	6.83 ± 0.46	6.23 ± 0.71	6.75 ± 1.18	6.08 ± 0.38	6.98 ± 0.50	NS
		14日後	7.05 ± 0.62	6.55 ± 0.24	6.93 ± 0.43	7.48 ± 0.67	7.55 ± 0.65	NS
Cl	meq/l	開始時	98.3 ± 1.3	96.3 ± 1.2	98.8 ± 4.6	97.0 ± 1.4	99.5 ± 1.7	NS
		14日後	97.8 ± 3.6	99.3 ± 1.0	98.5 ± 2.5	98.5 ± 2.4	99.8 ± 3.0	NS
TG	mg/dl	開始時	21.3 ± 12.0	23.0 ± 14.0	21.0 ± 9.4	23.3 ± 3.6	21.5 ± 10.7	NS
		14日後	28.0 ± 8.4	25.0 ± 12.9	32.5 ± 18.3	18.5 ± 6.8	23.8 ± 9.5	NS
TCHO	mg/dl	開始時	105.5 ± 12.1	101.3 ± 8.1	107.3 ± 24.7	119.0 ± 9.5	84.0 ± 12.8	NS
		14日後	113.5 ± 8.7	97.0 ± 19.2	105.0 ± 13.1	111.5 ± 12.9	106.3 ± 24.8	NS
HDL	mg/dl	開始時	36.3 ± 4.9	29.0 ± 1.0	30.8 ± 4.6	30.8 ± 3.5	27.5 ± 4.1	NS
		14日後	37.8 ± 6.8	29.5 ± 6.5	33.8 ± 6.7	34.8 ± 1.7	32.3 ± 3.4	NS

注1) 平均値±標準偏差、n=4

注2) 異符号間で有意差あり(P<0.05)

殻炭2%給与によって低級脂肪酸濃度が2から3割程度低減された結果（佐々木ら，2009）とは異なるものであった。

市販木炭0.5%添加給与による硫化水素およびメルカプタン類濃度は、籾殻炭0.5%区と同程度まで低減した。よって、籾殻炭には市販資材と比較しても遜色ない臭気低減効果が期待できると考える。

嗅覚測定による臭気強度では、籾殻炭給与豚の糞臭気が低減されることを確認した。今後は、臭気の嗅覚測定法のひとつである三点比較式臭い袋法（臭気対策研究会，1996）を用い、籾殻炭給与と豚糞臭気との関係をさらに詳しく検討し、豚舎規模での臭気環境を制御できる技術となるよう、籾殻炭の添加率や給与期間などを検討する必要がある。

籾殻炭を0.5～2%添加し、2ないし4週間給与した結果、豚の一日増体量や飼料要求率に

差はみられなかった。籾殻炭を1%添加して体重30kgから105kgまで給与した場合、籾殻炭給与による一日増体量および飼料要求率への明確な影響や改善効果が得られなかったとの報告がある（毛利ら，1998）。温度などの炭化条件の違いによって炭の特性は異なるが（Kumagai et al, 2006）、籾殻炭給与は、豚の発育や飼料の利用性に及ぼす影響は極めて少ない可能性が示唆された。

試験終了時に血液生化学性状において差が認められたのは、試験ⅠのGGTと試験Ⅱのカルシウムの2つのみであった。試験終了時のGGTに有意差が認められた試験Ⅰでは、籾殻炭給与によって肝機能が改善される可能性も示唆された。しかし、試験Ⅱでは籾殻炭給与によるGGT値に変化はなく、今回実施した2つの試験からは、籾殻炭給与が肝機能へ及ぼす効果を判別できなかった。試験Ⅱの終了時に

カルシウム量で有意な差がみられたが、カルシウム量の正常値は7.1~11.6mg/dlであり(養賢堂, 1994)、本試験で得られた値はいずれも正常範囲内であった。他の血液生化学性状に関する項目では、籾殻炭給与によって顕著な変化がみられなかった。よって、籾殻炭給与が豚の生体に及ぼす影響は極めて少ない可能性が示唆された。

本試験では、理化学的手法に加えて、嗅覚的評価方法においても、籾殻炭給与豚の糞臭気が低減されることを確認し、また、籾殻炭給与が発育、飼料の利用性および血液生化学性状などの生産性や安全性に悪影響がないことを明らかにした。

今後は、豚舎環境レベルでの臭気の高減と制御を可能とする籾殻炭利用技術を検討するとともに、籾殻炭給与による枝肉成績、肉質および食味への影響評価を実施していく予定である。

謝 辞

本研究において、嗅覚測定パネルとしてご協力いただきました、農林水産技術センター畜産試験場の職員各位に深く感謝致します。

なお、本研究は、秋田県立大学学長プロジェクト研究「秋田県の畜産環境改善に関するフィールド研究」において行ったものです。

引用文献

農林水産省生産局. 畜産環境をめぐる情勢. 16. 2008.
 畜産技術協会. アニマルウェルフェアの考え方に対応した豚の飼養管理指針. 10-11. 2009.
 黒田和孝. 養豚で利用される臭気対策資材. 日本養豚学会誌, 43(3): 143-167. 2006.
 Kumagai, S.; Ikawa, K.; Takeda, K. 2006.

Ammonia gas adsorption by carbonized rice husk. International Journal of Material Engineering for Resources, Vol. 13, No. 2, pp. 92-95.

熊谷誠治・佐々木恵司・清水良枝・武田絃一. 2007. 籾殻炭のアルデヒド類ガスの吸着効果, 素材物性学雑誌. 20. 34-38.

佐々木浩一, 鈴木人志, 遠田幸生, 熊谷誠治. 籾殻炭添加飼料給与による豚糞からの臭気低減. 秋田農技セ畜試研究報告. 23. 48-53. 2009.

臭気対策研究協会. 嗅覚測定法マニュアル環境庁大気保全局大気生活環境室 編集. 1996.
 Boobis, L.H. & Maughan, R.J. (1983) A simple one-step enzymatic fluorometric method for the determination of glycerol in 20 μ l of plasma. Clin. Chim. Acta 132: 173-179.

Maughan, R.J. (1982) A simple, rapid method for the determination of glucose, lactate, pyruvate, alanine, 3-hydroxybutyrate and acetoacetate on a single 20- μ l blood sample. Clin. Chim. Acta 122: 231-240.

Jo, C. & Ahn, D.U. (1998) Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turrkey. Poultry Sci. 77: 475-480.

西原英治・元木悟著. 自然と科学技術シリーズ 活性炭の農業利用 土壌浄化の新技術. 16. 社団法人 農産漁村文化協会. 東京. 2009.

柳沼力夫. 2003. 炭のすべてがわかる 炭のかがく. 72, 86. 誠文堂新興社. 東京.

養賢堂. 養豚ハンドブック 丹羽太左衛門編著. 864. 1994.

毛利重徳・供野潤也・田中章人. 1998. 肥育豚に対する飼料添加消・脱臭剤の効果. 長野県畜産試験場研究報告, 25. 37-40.

秋田比内地鶏の出荷体重を添加物によって150g大きくする

石塚条次・力丸宗弘・小松恵

要 約

当場で種鶏群を維持している比内地鶏の雄とロードアイランドレッド種の雌を交配して比内地鶏の雌を生産し、飼料添加物によって出荷体重を150g大きくする試験を行ったところ、

(1) 市販の一般飼料を給与して、え付けから70日齢または154日齢までグルコン酸ナトリウム（以下「GNA」という。）を毎日給与した試験区の発育は、対照区と同等で終了体重は春生まれで2.4~2.5kg、秋生まれで2.7~2.8kgだったが、GNAの発育増加効果は見られなかった。

(2) 全期間同じ飼料を給与して、仕上げの4週間にのみアミノ酸を給与した区は、給与しない区と比べて発育は同等だったが、飼育費用の面で有利になる可能性があった。

緒 言

県内の比内地鶏の生産規模は拡大傾向が続いてきたが、品質面では出荷体重の改善についての要望が多い。

そこで、いくつかの飼料添加物を給与して腸内細菌叢の動向を調査して発育促進効果を確認し、速やかな実用化を図るとともに、仕上げ期の飼料については、筋肉中の蛋白質合成に関与するアミノ酸を添加すると生産性の

向上が期待できるので、その適正な給与方法について検討する。

材料及び方法

1 試験鶏及び飼育期間

表-1のとおり。

4月16日ふ化の鶏を「春生まれ」とし、10月8日ふ化の鶏を「秋生まれ」とする。

表-1 試験鶏及び飼育期間

区 分	実施内容	飼育方法
春生まれ		
鶏のふ化日	2008年4月16日	27日齢までは、バタリー
ひなの生産方式	父：比内地鶏 母：ロードアイランドレッド種	28日齢以降は、ハウスへ移動 すべて不断給餌、自由飲水 敷料はウッドシェーブ
開始羽数	各区 雌 30羽	
試験期間	え付けから9月17日まで 154日間	
秋生まれ		
鶏のふ化日	2008年10月8日	27日齢までは、バタリー
ひなの生産方式	父：比内地鶏 母：ロードアイランドレッド種	28日齢以降は、ハウスへ移動 すべて不断給餌、自由飲水 敷料はウッドシェーブ
開始羽数	各区 雌 30羽	
試験期間	え付けから3月11日まで 154日間	

2 飼育方法及び給与飼料

ふ化後、場内の第1育すう舎に移動して4段式幼すう育成器で飼育し、28日齢で廃温したあと、平飼いの試験施設に移動した。

春生まれでは、試験区、対照区とも市販飼料を給与して、試験区にのみグルコン酸ナトリウムを0.1%添加した。秋生まれでは、前期から中期まで抗生物質等の薬剤をできるだけ添加しない飼料を給与し、対照区には同じ栄養水準で抗生物質等の薬剤を慣行飼育と同様に添加した育すう用飼料を給与した区を

あわせて設定し、試験区にのみグルコン酸ナトリウムを0.1%添加した。

後期と仕上げ期には全ての区に同一の栄養水準の飼料を給与し、試験区には125日齢から試験終了までリジンとメチオニンを標準量の1.5倍となるように添加した。

給与した飼料とその成分は表-2のとおり。

3 試験区分及び飼料給与法

試験区分ごとの飼料給与法は表-3のとおり。

表-2 給与飼料成分

区分	給与飼料		飼料の成分	
	飼料名	抗生物質	CP (%)	ME (kcal/kg)
春生まれ	幼すう用	有	21.0 以上	2,950 以上
	中すう用	有	18.0 以上	2,850 以上
	特大すう用	無	17.0 以上	2,960 以上
	特仕上用	無	15.4 以上	2,900 以上
秋生まれ	特幼すう用有	サリノマイシン有	21.0 以上	2,930 以上
	特幼すう用無	サリノマイシン無	21.0 以上	2,930 以上
	特中すう用有	サリノマイシン有	18.1 以上	2,850 以上
	特中すう用無	サリノマイシン無	18.2 以上	2,850 以上
	仕上げ用	無	16.0 以上	2,900 以上

CP:粗蛋白質、ME:代謝エネルギー

表-3 試験区分及び試験飼料給与法

時期	区分	羽数	0~27日	羽数	28~69日	70~97日	98~124日	125~154日
春生まれ	試験区 雌	30	市販幼すう用 GNA0.1%添加	28	市販中すう用 GNA0.1%添加	特別大すう用 GNA0.1%添加	特別仕上用 GNA0.1%添加	特別仕上用 GNA0.1%添加
	(特別飼料添加)	30		27				特別仕上用+アミノ酸 GNA0.1%添加
	試験区 雌	30		24				特別仕上用
	(特別飼料添加)	30		30				特別仕上用+アミノ酸
	対照区 雌	30	市販幼すう用	28	市販中すう用	特別大すう用	特別仕上用	特別仕上用
	対照区 雌	30		29				特別仕上用+アミノ酸
	対照区 雌	30		30				特別仕上用
	対照区 雌	30		30				特別仕上用+アミノ酸
秋生まれ	試験区 雌	30	特別幼すう用無薬	28	特別中すう用無薬	市販大すう用	市販仕上用	市販仕上用
	試験区 雌	30		29				市販仕上用 GNA0.1%添加
	試験区 雌	30	特別幼すう用有薬	28	特別中すう用有薬	市販大すう用	市販仕上用	市販仕上用
	試験区 雌	30		29				市販仕上用 アミノ酸2種添加
	対照区 雌	30	特別幼すう用無薬	30	特別中すう用無薬	市販大すう用	市販仕上用	市販仕上用
	対照区 雌	30		28				アミノ酸2種添加

4 飼養管理

第1育すう舎の4段式幼すう育成器から平飼いのためのパイプハウス式試験施設に移動した後、試験終了までそのまま飼育し、デビークはしていない。

飼育したパイプハウスの平面図は図-1のとおりで、春生まれの1区画の面積は、ハウスと運動場を合わせて43.20m²で、秋生まれ

では32.40m²であり、1m²当たりの飼育密度は1.4羽以下となった。

床面は春生まれではコンパネの上にビニールシートを敷いて敷料はウッドシェーブ(ウッドチップ堆肥)とし、秋生まれではコンクリート面の上に、直にウッドシェーブを敷いた。飼料は不断給与、水は自由飲水とした。

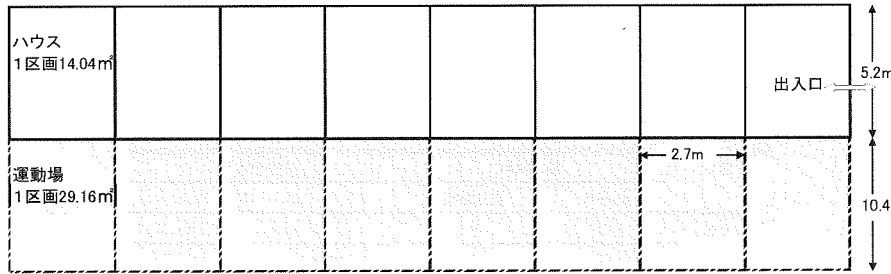


図-1 試験施設・春

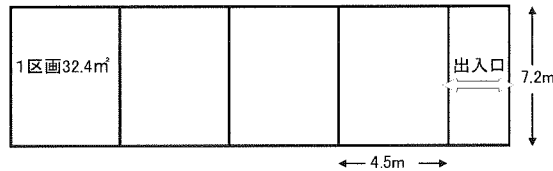


図-1 試験施設・秋

5 衛生管理

ワクチネーションは、次のとおり実施した。

病名	時期
MD	初生時
ND	4日齢
IBD	14日齢
NB	21日齢
FP	平飼いハウスへの移動時

6 調査項目

1) 体重

春生まれ、秋生まれとも体重は、ふ化時、

14日齢または15日齢、28日齢、70日齢、98日齢、125日齢、154日齢に測定した。

2) 育成率

育成率は羽数確認期間の終了時点の期末羽数から、期間中に事故により試験から除外した羽数を差し引いた羽数Aと、開始時点の期首羽数から期間中に事故により試験から除外した羽数を差し引いた羽数Bから算出した。

$$\text{育成率} = \left\{ \frac{A (\text{期末羽数} - \text{試験除外羽数})}{B (\text{期首羽数} - \text{試験除外羽数})} \right\} \times 100$$

3) 飼料消費量

体重測定日に残量を測定し、給与量から差し引いて求め、途中へい死等の試験除外羽数

の消費量を差し引いて消費量とした。

なお、試験除外した鶏の消費量は区内の平均値をこれに当てた。

4) 解体調査

解体調査は155日齢で、各区4羽を放血後温湯で毛抜きして解体し、各部位の重量を測定した。

5) 成分分析

春生まれは試験区と対照区から各1羽、秋生まれは試験区から2羽、対照区から1羽のもも肉を均一に破砕して凍結し、財団法人日本冷凍食品検査協会仙台検査所に送付して一般成分、イノシン酸、遊離アミノ酸について分析を依頼した。

春生まれでは一部に外敵による事故死があったため、育成率の下がった区がある。対照区に比較して、各試験区の試験区の終了体重、一日平均増体重はおおよそ同等の成績であった。

秋生まれでは、コクシジウム感染調査等のため2区で7羽解体したあと、残りの羽数で飼育試験を継続した。なお、ハウスへ移動した後にコクシジウムを発症した区があり、へい死が2羽あり、応急処置として当該区にのみサルファ剤を3日間投与した。その後は中期まで発育の遅滞があったが、後半の発育が優れていたため、終了体重は他の区と同等まで回復した。全体として終了体重が大きく、中でもGNAをえ付けから終了まで給与した区は平均2.8kgを超えて最も大きかった。

結果及び考察

1 育成率及び体重

育成率、日齢別体重及び一日平均増体重は、表-4のとおり。

表-4 育成率及び発育成績

区 分	生 存 羽 数 (羽)					育 成 率 %	日 齢 別 体 重 (g)								一 日 平 均 増 体 重 (g)							
	0日	28日	70日	125日	154日		0日	11日	28日	70日	98日	125日	154日									
春	G15試験区 0-154	30	28	28	28	28	93.3	43.9	3.8	134.1	22.7	304.9	36.9	1132.2	145.1	1682.6	163.6	2088.2	163.9	2126.8	185.9	15.5
	G15試験区 +アミノ酸	30	27	27	27	27	90.0	42.6	3.3	130.7	13.0	306.0	30.1	1150.6	142.4	1751.7	173.3	2160.9	192.4	2443.7	232.2	15.6
	G7試験区 0-70	30	29	29	29	29	96.7	43.0	3.0	130.4	24.4	324.2	40.6	1238.8	135.1	1788.4	156.6	2195.2	153.2	2514.9	203.4	16.1
	G7試験区 +アミノ酸	30	30	30	30	30	100.0	43.4	2.8	129.2	11.1	321.6	39.7	1183.5	152.7	1755.0	139.5	2141.2	116.4	2459.3	139.0	15.7
秋	対照区	30	30	30	30	30	100.0	42.8	2.9	131.1	15.0	316.9	27.8	1166.0	140.3	1701.3	153.3	2158.7	171.6	2459.3	237.8	15.6
	対照区 +アミノ酸	30	29	29	29	29	96.7	43.3	3.0	123.5	14.5	311.2	36.8	1168.3	181.7	1777.0	186.7	2152.6	188.1	2484.6	202.6	15.9
	対照区	30	30	30	30	30	100.0	43.0	3.1	123.4	18.7	308.8	67.2	1204.3	176.9	1785.6	197.8	2194.5	225.7	2591.7	292.7	16.6
	対照区 +アミノ酸	30	30	30	30	30	100.0	43.5	2.3	132.0	18.6	333.3	35.6	1262.7	153.6	1855.6	150.6	2251.3	149.6	2646.7	161.6	16.9
冬	G7試験区 0-70	30	28	28	27	25	83.3	42.0	3.2	111.8	17.9	280.0	43.3	1218.8	139.8	1899.1	259.3	2299.8	239.2	2720.8	291.1	17.4
	G15試験区 0-154	30	29	29	28	28	93.3	42.1	3.5	116.7	19.9	311.7	53.2	1260.2	128.1	1939.3	191.7	2322.0	189.0	2872.5	261.2	18.4
	抗生剤対照区	30	29	29	29	29	96.7	42.1	3.1	114.9	11.5	278.5	34.1	1247.3	94.0	1969.3	123.8	2328.1	174.8	2847.0	222.7	18.2
	抗生剤対照区 +アミノ酸	30	29	29	29	29	96.7	42.3	3.7	112.0	13.7	278.8	38.4	1236.9	119.3	1859.4	183.1	2272.2	214.6	2764.5	293.6	17.7
	無薬対照区	30	30	29	29	29	96.7	42.8	3.3	114.1	12.0	280.6	27.5	1260.7	113.6	1888.1	142.2	2314.2	158.6	2839.6	229.4	18.2
	無薬対照区 +アミノ酸	30	28	28	23	23	76.7	42.2	2.7	106.9	11.2	273.3	31.4	1029.2	203.8	1769.4	172.7	2243.7	185.5	2740.5	245.6	17.5

注) 1. 日齢別体重は、平均値(左側)と標準偏差(右側)
2. 家卵の区は、70日齢で5羽、125日齢で2羽解体調査した

2 飼料摂取量及び飼料要求率

1羽当たりの1日飼料摂取量及び飼料要求率は、表-5のとおり。

春生まれは、試験区と対照区との差は小さかった。

秋生まれは、中期以降冬の低温の影響から、春生まれと比べて仕上げ期の飼料要求率が低

下した。

表-5 一日平均飼料摂取量及び飼料要求率

時期	区分	飼育期間					通算				
		0~27日	28~69日	70~97日	98~154日						
春生まれ	対照区	21.1 g	1.9	87.8 g	4.3	87.1 g	4.6	104.7 g	7.8	72.5 g	4.8
	対照区	21.2 g	1.9	94.6 g	4.4	95.6 g	4.6	109.8 g	7.6	76.8 g	4.8
	対照区 +アミノ酸	21.2 g	1.9	93.0 g	4.2	96.7 g	4.6	109.6 g	7.8	76.6 g	4.7
	G7試験区 0-70	20.7 g	1.8	91.5 g	4.2	92.4 g	4.7	105.9 g	8.2	73.7 g	4.8
	G7試験区 +アミノ酸	20.7 g	1.8	92.2 g	4.4	94.6 g	4.6	105.2 g	8.4	74.5 g	4.9
	G15試験区 0-154	19.8 g	1.9	89.4 g	4.6	88.9 g	4.5	102.2 g	7.7	71.9 g	4.8
	G15試験区 +アミノ酸	19.8 g	1.9	94.4 g	4.7	93.4 g	4.4	107.5 g	8.7	74.6 g	5.0
	対照区 +アミノ酸	21.1 g	1.9	96.2 g	4.7	96.8 g	4.5	105.8 g	8.4	75.6 g	4.9
時期	区分	飼育期間					通算				
		0~27日	28~69日	70~97日	98~154日						
秋生まれ	無薬対照区	21.1 g	1.9	87.8 g	4.3	87.1 g	4.6	104.7 g	7.8	72.5 g	4.8
	G7試験区 0-70	21.2 g	1.9	94.6 g	4.4	95.6 g	4.6	109.8 g	7.6	76.8 g	4.8
	G15試験区 0-154	21.2 g	1.9	93.0 g	4.2	96.7 g	4.6	109.6 g	7.8	76.6 g	4.7
	抗生剤対照区	20.7 g	1.8	91.5 g	4.2	92.4 g	4.7	105.9 g	8.2	73.7 g	4.8
	抗生剤対照区 +アミノ酸	24.6 g	2.4	78.0 g	3.7	128.1 g	6.2	129.7 g	9.3	95.9 g	5.9
	無薬対照区 +アミノ酸	20.6 g	1.9	72.5 g	3.3	105.5 g	4.8	146.7 g	11.0	82.2 g	4.9

注) 左側が一日平均飼料摂取量(g)、右側が飼料要求率

3 1kg増体に要した飼料費

1羽当たりの1kg増体に要した飼料費は、表-6のとおり。

GNAを長期に添加すると費用が掛かり増

しになる傾向がある。

また、アミノ酸を添加した区の中には、何も添加しない慣行の飼育と比べて費用が少ない区があり、飼育コストを低減する技術となることが期待される。

表-6 1kg増体に要した飼料及び添加物の費用

区分	1羽当たり飼料費 円	1羽当たり増体量 g	GNA		アミノ酸		1羽当たり費用計 円	1kg増体費用計 円	対照区との比較
			添加率	費用 円	添加率	費用 円			
春生まれ 対照区	1731.02	2407		0.00		0.00	1731.02	719.02	—
対照区	1840.94	2549		0.00		0.00	1840.94	722.29	1.00
対照区 +アミノ酸	1836.78	2603		0.00	0.72%	16.34	1853.12	711.85	0.99
G7試験区 0-70	1777.10	2472	0.1%	13.56		0.00	1790.66	724.41	1.01
G7試験区 +アミノ酸	1780.06	2416	0.1%	13.65	0.72%	15.69	1809.40	748.96	1.04
G15試験区 0-154	1716.41	2383	0.1%	38.42		0.00	1754.83	736.45	1.02
G15試験区 +アミノ酸	1803.41	2401	0.1%	40.33	0.72%	16.03	1859.77	774.55	1.08
対照区 +アミノ酸	1807.27	2441		0.00	0.72%	15.77	1823.04	746.77	1.04
秋生まれ 無薬対照区	1819.58	2797		0.00		0.00	1819.58	650.60	—
G7試験区 0-70	1867.45	2679	0.1%	10.97		0.00	1878.43	701.22	1.08
G15試験区 0-154	1942.16	2830	0.1%	37.75		0.00	1979.92	699.51	1.08
抗生剤対照区	1889.82	2805		0.00		0.00	1889.82	673.76	1.04
抗生剤対照 +アミノ酸	1769.00	2722		0.00	0.72%	19.80	1788.80	657.11	1.01
無薬対照区 +アミノ酸	1713.39	2698		0.00	0.72%	19.77	1733.16	642.33	0.99

表-7 解体部位別体重比 (%)

時期	区分	と体重	全骨重	正肉量				腹腔内脂肪	可食内臓
				うち	もも肉	むね肉	ささみ		
	対照区	93.5 ± 2.2	15.8 ± 0.7	39.8 ± 0.6	21.4 ± 0.8	11.9 ± 0.6	3.5 ± 0.2	2.27 ± 1.91	1.35 ± 0.62
	対照区	91.7 ± 0.9	15.3 ± 1.3	40.2 ± 1.9	21.7 ± 0.6	15.2 ± 0.7	3.3 ± 0.3	3.51 ± 1.13	1.92 ± 0.17
	対照区 +アミノ酸	93.0 ± 0.6	15.6 ± 0.1	39.8 ± 0.2	21.9 ± 1.2	15.3 ± 1.0	3.5 ± 0.3	2.82 ± 1.04	1.17 ± 0.36
春生まれ	G7試験区 0-70	92.1 ± 1.6	16.0 ± 0.7	40.3 ± 0.8	21.2 ± 0.6	15.5 ± 0.1	3.5 ± 0.3	2.00 ± 1.60	1.37 ± 0.19
	G7試験区 +アミノ酸	92.0 ± 1.0	15.2 ± 1.2	39.8 ± 1.8	21.6 ± 1.1	11.8 ± 0.5	3.1 ± 0.4	2.81 ± 0.86	1.26 ± 0.73
	G15試験区 0-154	92.1 ± 1.5	16.0 ± 1.1	40.4 ± 0.7	21.7 ± 0.6	15.3 ± 0.3	3.4 ± 0.1	3.10 ± 1.10	1.62 ± 0.35
	G15試験区 +アミノ酸	91.1 ± 0.8	15.1 ± 0.2	40.4 ± 1.9	21.6 ± 0.6	15.4 ± 0.8	3.4 ± 0.2	3.04 ± 1.06	1.16 ± 0.27
	対照区 +アミノ酸	92.1 ± 0.5	16.9 ± 0.9	40.6 ± 1.3	21.5 ± 0.9	15.7 ± 1.1	3.5 ± 0.2	2.85 ± 0.18	1.26 ± 0.52
時期	区分	と体重	全骨重	正肉量				腹腔内脂肪	可食内臓
				うち	もも肉	むね肉	ささみ		
	無薬対照区	91.2 ± 0.9	11.6 ± 0.7	37.4 ± 1.1	18.9 ± 1.1	15.2 ± 0.6	3.4 ± 0.1	1.18 ± 1.24	2.61 ± 0.11
	G7試験区 0-70	92.8 ± 0.5	13.6 ± 1.9	37.1 ± 1.3	19.5 ± 1.1	11.2 ± 0.6	3.1 ± 0.5	0.81 ± 0.26	3.36 ± 0.21
	G15試験区 0-154	92.5 ± 0.4	15.1 ± 0.7	35.4 ± 1.7	18.5 ± 0.6	14.1 ± 0.8	2.9 ± 0.1	0.85 ± 0.52	3.64 ± 0.11
秋生まれ	抗生剤対照区	92.8 ± 1.9	16.0 ± 0.8	35.6 ± 1.8	18.8 ± 0.4	13.5 ± 1.1	3.3 ± 0.3	1.13 ± 1.23	3.79 ± 0.18
	抗生剤対照区 +アミノ酸	92.9 ± 0.3	14.9 ± 0.1	38.0 ± 1.6	19.2 ± 0.7	15.1 ± 0.5	3.3 ± 0.6	1.14 ± 0.67	3.84 ± 0.26
	無薬対照区 +アミノ酸	92.2 ± 0.7	15.6 ± 1.1	38.1 ± 0.2	19.2 ± 0.6	15.3 ± 0.9	3.7 ± 0.1	1.03 ± 1.13	3.91 ± 0.36

法) 数値は、平均値 (左側) と標準偏差 (右側)

表-8 成分分析結果

時期	春生まれ		秋生まれ		秋生まれ	
	♀	♀	♀	♀	♀	♀
区分	試験前	試験全	対照	試験前	試験全	試験全
一般成分						
水分	70.6	72.5	73.2	71.6	70.5	
蛋白質	22.1	21.7	21.2	21.7	21.0	
脂質	6.3	4.9	4.5	5.7	7.4	
灰分	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0	
核酸関連物質						
イノシン酸	69	62	150	180	160	
遊離アミノ酸						
イソロイシン	6	7	0	0	0	
ロイシン	11	13	5	8	8	
リジン	11	13	13	9	16	
メチオニン	0	5	0	0	0	
フェニルアラニン	6	8	0	5	5	
チロシン	6	8	5	5	0	
スレオニン	9	11	8	10	8	
バリン	8	10	7	6	6	
ヒスチジン	7	7	7	9	7	
アルギニン	11	15	10	9	10	
アラニン	25	29	28	25	28	
アスパラギン酸	22	23	24	19	26	
グルタミン酸	32	36	31	28	33	
グリシン	12	15	12	16	16	
プロリン	0	7	0	0	5	
セリン	16	19	19	22	19	

注) 単位: 水分、たんぱく質、脂質及び灰分は g/100g、その他はmg/100g

4 部位別解体成績

各区の解体成績は、表-7のとおり。

比内地鶏の食味に大きく影響している腹腔内脂肪は、春生まれのほうが多かった。

育方式の確立 (第2報) . 秋田畜試研報, 23, 60-65

5 成分分析成績

各区の成分分析成績は、表-8のとおり。

秋生まれのほうが春生まれと比べてイノシン酸の量が多かった。

全体として、試験区の成分は対照区の成分と比べて大きな差は見られなかった。

6 まとめ

これまで場で実施した比内地鶏の飼育試験 (1), 2), 3) における発育成績と比較すると、慣行飼育と同等の発育が得られることは明らかとなったが、GNAの増体効果は確認できなかった。

コスト低減につながる技術として実用化に向けた検討が必要となる。GNAの発育促進効果が確認できなかったので、添加割合を増やすことを検討したい。また終了前の4週間アミノ酸を給与した区は飼料効率を改善する可能性があるので、添加期間を延ばしてその効果を確認したい。

文 献

- 1) 佐々木茂・山本敬子・熊谷昌則, 1999. 秋田比内地鶏雄雛の有効活用技術の確立 (第1報) - 飼料給与法が発育や肉質に及ぼす影響 -. 秋田畜試研報, 14, 31-37
- 2) 石塚条次・力丸宗弘, 2005. 特定JAS規格に対応した比内地鶏生産体系の確立 - 秋田比内地鶏の早期出荷に適した高エネルギー飼料 -. 秋田畜試研報, 20, 41-45
- 3) 石塚条次・力丸宗弘・小松恵, 2009. トレーサビリティを明確にした秋田比内地鶏飼

秋田比内地鶏のDNA識別手法の確立（第3報）

力丸宗弘・石塚条次・小松恵・高橋秀彰*

*独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所

要 約

我々は前報（力丸ら，2009）で、比内地鶏のZ染色体上のマイクロサテライトDNAマーカーを調査することによって、比内地鶏と他の種鶏を識別する方法を報告した。しかし、鶏卵からのDNA抽出は困難であるため、比内地鶏の卵についてはDNA識別ができなかった。そこで、我々は卵殻からのポリメラーゼ連鎖反応（PCR）増幅可能なDNA抽出手法を開発した。卵殻を粉碎後、エチレンジアミン四酢酸二水素ナトリウム（EDTA-2Na）溶液を用いて完全に脱灰し、その後、常法にしたがって、フェノールクロロホルム抽出およびエタノール沈殿を行い、DNAを回収した。その結果、従来法よりも50倍効率的にDNAが回収できた。同DNAを鋳型として、比内地鶏の識別に用いる10個のマイクロサテライトDNAマーカーのPCRによる増幅が可能であった。同マーカーにおける比内地鶏の卵の遺伝子型は、比内地鶏と合致し、ロードアイランドレッドの卵は、比内地鶏および比内地鶏の卵と識別することができた。以上の結果から、卵殻からの簡単かつ効率的なDNA抽出手法が確立されたことにより、比内地鶏卵のDNA識別が可能となった。

緒 言

近年、消費者の畜産物に対する安全・安心・高品質への関心が高まり、国内の銘柄鶏や地鶏と呼ばれる地域特産鶏の需要が高まっている。県の特産品である秋田比内地鶏も年々出荷羽数が増加し、県内だけでなく、関東圏を主に需要が増えている。しかし、一方では、その供給量の増加につれて、流通過程での比内地鶏以外の混入や偽装が懸念され、消費者のみならず生産者からも科学的根拠に基づいた識別手法の確立が必要となってきた。我々は前報（力丸ら，2009）において、比内地鶏のZ染色体上のマイクロサテライトDNAマーカーを調査することによって、比内地鶏と他の種鶏を識別する方法を報告した。標準的なフェノールクロロホルム方法を用いて肉からDNAを抽出するのは比較的容易である

が、卵からのDNAの抽出はDNAの回収産物が少ないために比較的用途が限られる（Strausberger & Ashley, 2001）。さらに、外見では単に他の薄茶色卵と比内地鶏の卵を区別することができない。それゆえ、比内地鶏卵のDNA識別が望まれている。もし、卵殻から多くのDNA産物を抽出するための方法を開発できれば、比内地鶏卵の識別に我々（力丸ら，2009）の方法を適用することができる。そこで、本研究では、鶏の卵殻からDNAを抽出するための効率的な方法について検討を行った。

材料及び方法

1 供試材料

供試材料には、比内地鶏（n=8）とロードアイランドレッド（n=8）および比内地鶏（n=8）

の卵を用いた。

2 DNAの抽出

卵の表面の付着質を水で洗い落とし、内側および外側の卵殻膜を取り除いた後、殻を滅菌水で濯ぎ、室温で乾かした。乾かした殻を乳棒と乳鉢を用いて粉碎し、殻の粉40mgを1.5mlのマイクロチューブに入れ、0.5MのEDTA-2Na (エチレンジアミン四酢酸二水素ナトリウム、PH8.0) 800 μ lを加えた。恒温浸透培養器 (MBR-022;TAITEC、東京)を用いてチューブを56 $^{\circ}$ Cで一晩震動 (1400rpm)させた。次に、チューブへフェノールクロロホルムを0.6ml添加し、旋回培養器 (RT-50、TAITECC、東京)で6時間ゆっくり回転し、混合した。その後、チューブを10分間遠心分離し、上澄みを新しい1.5mlチューブへ移した。次にジエチル・エーテル (0.6ml)を加え、15秒間混合した。次にチューブを1分間遠心分離し、エーテルを含む上澄みを取り除いた。DNAを70%エタノールで二度洗い、0.6mlのエタノールで沈殿し、イオン還元滅菌水30 μ lに溶かした。DNAは、分光光度計 (GeneQuant Pro; GE Healthcare、Amersham, UK)を使用し定量化した。

3 遺伝子解析

Z染色体上の比内鶏に固定した9つのABRマーカー (ABR1003、ABR0241、ABR0311、ABR1004、ABR1013、ABR0633、ABR1005、ABR0089、ABR1007、

Takahashi et al., 2005; Rikimaru & Takahashi, 2007) および1つのADLマーカー (ADL0250、Cheng et al., 1995)について解析を行った (表1)。DNAは各2.5pmolのプライマー、200 μ MのdNTP、0.8mMのMgSO₄、0.5unitのKOD Plusポリメラーゼ (KOD-201; 東洋紡、東京)、東洋紡から供給される1 \times 反応バッファ、10ngゲノムのDNAを含む15 μ lの反応液に調整し (表2)、iCycler Thermal Cycler (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA)を用いてPCR増幅を行った。PCRサイクル、94 $^{\circ}$ C 2分間の熱変性後、熱変性 (94 $^{\circ}$ C、15秒)、アニーリング (58 $^{\circ}$ C、30秒)、伸張反応 (68 $^{\circ}$ C、30秒)のサイクルを40回繰り返す、最後に68 $^{\circ}$ Cで9分30秒間伸張反応を行った。PCR産物をサイズスタンダード (GENESCAN 400HD ROX、Size Standard; Perkin-Elmer, Foster City, CA, USA)と共にDNA自動シーケンサー (モデル3100; Perkin-Elmer, Foster City, CA, USA)を用いて電気泳動した。DNA断片の長さは、GeneScan (バージョン3.7)とGeneMapper (バージョン2.0)プログラム (Perkin-Elmer, Foster City, CA, USA)を用いて分析した。PCR産物の長さに基づいて、対立遺伝子型を判定した。

表1 使用したマイクロサテライトDNAマーカー

Marker	Forward primer (5' -> 3')	Reverse primer (5' -> 3')	References
<i>ABR0089</i>	ATAATCACAGCCCAATCAA	CCTGAATTTCCAAATAAGTTTTA	Takahashi et al. (2005)
<i>ABR0241</i>	ATACACTCGCAAGCCAGAC	CCCGGATCAGCTCATAAAGAC	Takahashi et al. (2005)
<i>ABR0311</i>	CCTAAAGCAGGAAGGCAGAA	TTGGAGCATTGTGGAGAAG	Takahashi et al. (2005)
<i>ABR0633</i>	AGTATGTTATTGCTGTGGC	TTTGGGAGAAGGAATGTTGT	Takahashi et al. (2005)
<i>ADL0250</i>	AAGCCGTAAGTGAAGCACT	CAGGCACAGTAGAAAAGAAC	Cheng et al. (1995)
<i>ABR1003</i>	AGAGGTAGGCGATGGACAAA	ATGCACCAAGTGACCAGGGAC	Rikimaru & Takahashi, (2007)
<i>ABR1004</i>	TGTAACAATAAGACGGGATT	TGTTATGTGATGTGAAACCTGA	Rikimaru & Takahashi, (2007)
<i>ABR1005</i>	GTAACAATTCACATTCAAGAGGCAT	AACCAGCATTTCCCTCAGCAA	Rikimaru & Takahashi, (2007)
<i>ABR1007</i>	GTCCCTCCCTTTGCCACAAC	TGCTGAAGACAGACTGCTGATAG	Rikimaru & Takahashi, (2007)
<i>ABR1013</i>	GAACAAGGTAGAAGCTGTCGGT	TGCTCGGGGAAGTATCAACAAC	Rikimaru & Takahashi, (2007)

表2 PCR反応液の組成

	使用量
鑄型DNA溶液 (10ng/ μ l)	7.5 μ l
10 \times PCRバッファー	1.5 μ l
2 mM dNTPミックス	1.5 μ l
25 mM MgSO ₄	0.54 μ l
プライマーF (200 μ M)	0.03125 μ l
プライマーR (200 μ M)	0.03125 μ l
KOD DNA ポリメラーゼ (1U/ μ l)	0.3125 μ l
滅菌蒸留水	3.585 μ l
全量	15.0 μ l

KOD DNA ポリメラーゼ : KOD-Plus-(東洋紡)

結果及び考察

40 mg の卵殻からのDNA回収量は498-1869ng (表2) で、1 サンプルあたりの平均は813ng であった。卵殻1 mg 当たりのサンプル回収量は12.5-42.2ng であった。Strausberger & Ashley (2001) の方法が報告されるまで、卵殻からのDNAの抽出は不可能と考えられていた。Strausberger & Ashley (2001) は50 mg のコウウチヨウの卵殻から15-90ng のDNAを回収した。卵殻1 mg 当たりの回収量は0.3-1.8ng であった。本研究において、卵殻からのDNA回収の効率はStrausberger & Ashley (2001) によって得られた量より50倍高かった。我々のプロトコルのポイントは、Strausberger & Ashley (2001) は脱灰なしでタンパク質加水分解酵素Kを用い卵殻の粉を分解したが、我々は卵殻をEDTA溶液で完全にカルシウムを除いたことである。EDTAは卵殻からカルシウムを除くだけでなく、活性化のために金属イオン (例えば、Mg²⁺、Mn²⁺) を必要とするヌクレアーゼの働きからDNAを保護する。その結果、効率的なDNAの回収によって、その後のPCRのコンタミの可能性が少なくなり、多くのマーカの分析が容易になる。本研究では、卵殻から得られた全てのDNAサンプルについて、Z染色体上の10個のマーカをPCRによって増幅することができた。

10個のマーカは比内地鶏と比内地鶏卵 (表3) においてそれぞれ1つの対立遺伝子に固定していた。各マーカの対立遺伝子の大きさは我々 (力丸ら, 2009) が報告した大きさと一致しており、比内地鶏とロードアイランドレッドの卵、比内地鶏とロードアイランドレッドの卵を容易に見分けることができた。この結果は、我々が前報 (力丸ら, 2009) で説明しているように、比内地鶏卵の遺伝子型は比内地鶏卵に対応していることから、卵殻に埋め込まれたDNAが産卵鶏から得られたことを示唆している。予想されたように、比内地鶏卵の遺伝子型は比内地鶏の遺伝子型と対応していた。すなわち、比内地鶏は比内地鶏の父親から得られたZ染色体を有する。我々は本研究で以下の結果を得た。: (1) 卵殻は母鶏のDNAを抽出するための良い情報源である。(2) 卵殻からのDNAはPCRで増幅が可能である。(3) 他の鶏卵と比内地鶏卵を識別することができる。以上の結果から、卵殻から簡単に効率的なDNA抽出法が確立された。本手法によって、雌鶏を捕らえる必要性もなく、母鶏のDNAを集めることが可能となる。さらに、この本手法は市場の他の鶏卵と比内地鶏卵を区別するために貢献することができる。また、それは比内地鶏卵の表示の有効性を補強することができる。

表3 卵殻からのDNA回収量および各マイクロサテライトマーカーにおける対立遺伝子

種類	Egg No.	DNA 回収量		Markers									
		濃度 (ng/ μ L)	総量 (ng)	ABR1003	ADL0250	ABR0241	ABR0311	ABR1004	ABR1013	ABR0633	ABR1005	ABR0089	ABR1007
比内地鶏	1	27.3	819	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	2	34.8	1044	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	3	19.8	594	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	4	22.1	663	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	5	18.8	564	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	6	33.9	1017	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	7	27.0	810	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	8	19.0	570	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
比内鶏	1	31.9	957	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	2	43.6	1308	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	3	32.1	963	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	4	27.1	813	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	5	22.9	687	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	6	56.3	1689	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	7	39.0	1170	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
	8	31.0	930	161	159	98	208	216	133	261	207	216	228
ロードアイランドレッド	1	17.5	525	155	157	130	208	218	133	271	207	216	228
	2	16.6	498	155	157	118	194	216	134	271	207	216	228
	3	17.9	537	155	157	130	194	217	134	261	207	218	228
	4	28.0	840	159	159	98	208	217	133	271	213	218	228
	5	23.0	690	148	157	118	194	216	134	261	207	216	228
	6	20.1	603	155	157	130	194	217	134	261	207	218	228
	7	19.1	573	155	157	118	194	216	134	271	207	216	228
	8	21.5	645	159	157	130	210	216	135	261	207	218	228

参考文献

- Cheng HH, Levin I, Vallejo RL, Khatib H, Dodgson JB, Crittenden LB, Hillel J. 1995. Development of a genetic map of the chicken with markers of high utility. *Poultry Science* 74, 1855-1874.
- Rikimaru K, Takahashi H. 2007. A method for discriminating a Japanese brand of chicken, the Hinai-jidori, using microsatellite markers. *Poultry Science* 86, 1881-1886.
- 力丸宗弘, 石塚条次, 小松恵, 高橋秀彰. 秋田比内地鶏のDNA識別手法の確立 (第2報) 秋田農技セ畜試研究報告, 23:54-59. 2009.
- Strausberger BM, Ashley MV. 2001. Eggs yield nuclear DNA from egg-laying female cowbirds, their embryos and offspring. *Conservation Genetics* 2, 385-390.
- Takahashi H, Tsudzuki M, Sasaki O, Niikura J, Inoue-Murayama M, Minezawa M. 2005. A chicken linkage map based on microsatellite markers genotyped on a Japanese Large Game and White Leghorn cross. *Animal Genetics* 36, 463-467

ヘラオオバコの給与が比内地鶏の肉質に及ぼす影響

力丸宗弘・小松恵・石塚条次・田村良文*

*独立行政法人 東北農業研究センター

要 約

ヘラオオバコは寒さに強く栽培しやすい植物であり、抗酸化、抗菌、利尿作用等を有していることから、付加価値が高い安全・安心な畜産物の生産のために注目されている。しかし、国内での家畜・家禽へのヘラオオバコ給与試験例は極めて少ない。そこで本研究では、ヘラオオバコを地鶏の運動場へ播種し、比内地鶏の成長、肉の理化学特性や食味に及ぼす影響を検討した。試験区分は1区(4~14週齢までヘラオオバコ摂取)、2区(14~22週齢まで同摂取)、対照区とした。10週齢以降4週間毎に体重測定及び血液採取を行い、22週齢に解体調査を行った。さらに肉色、もも肉の脂肪酸組成、n-6/n-3比、過酸化価を評価した。また、対照区と2区のもも肉について分析型官能評価を実施した。生体重、正肉、内臓割合に差は認められなかったが、1区では血中遊離脂肪酸が低下し、2区ではむね肉のa*値、腹腔内脂肪割合が低下した。また、1、2区では不飽和脂肪酸割合が高く、n-6/n-3比、過酸化価が低下する傾向を示した。官能評価では、2区は対照区と比較して高い評価を受けた。以上の結果から、鶏へヘラオオバコを給与することにより、健康的で保存性が高く、食味の良い鶏肉生産が期待できることが示唆された。

緒 言

近年の食品機能性研究の進展に伴い、安全で品質が良い上に機能性が高く健康に良いことが、食品として大切であることが一般に認識されつつある。このため、健康な家畜から品質や機能性も高い畜産物を生産するために放牧酪農や放牧豚の研究がなされ、その優れた効果が明らかにされつつある。一方、飼料にオレガノやシナモン、ナツメグ、ジンジャー等の天然ハーブを添加して家畜の健康を保ち、安全で機能性にも優れた畜産物を生産しようとする技術開発も進んでいる。

ヘラオオバコはヨーロッパ原産のオオバコ科に属する多年生植物でカタルポール、アウクピンなどのイリドイド配糖体やアクテオシドなどのフェニルエタノイド配糖体等の生理

活性成分を含み(西部・村井, 1995; Tamura, 2002; 竹松・一前, 1987; 田村, 2001a)、これまでの家畜への混餌試験から、羊ではインスリンに対する組織の反応性を亢進してインスリン作用を増大すること、豚や鶏では脂質の蓄積を抑制し、脂質の不飽和脂肪酸割合を高めること、また、鶏肉の品質保持期間を長くするなど、家畜の健康と畜産物の品質向上に効果のあることが明らかにされている(藤井ら, 2002; 西藤ら, 2005; Sano et al., 2003)。これまでの試験では、乾草粉末による給与が主体であるが、家畜がより自然に近い条件でヘラオオバコと配合飼料を自由に摂食できれば家畜はより健康になり、それらの家畜から生産される肉の品質や機能性も顕著に高まると予想される。

そこで、本研究ではこれらの成果をもとに、地鶏の運動場へ実際にヘラオオバコを播種し、ヘラオオバコの給与が比内地鶏の肉質に及ぼす影響について検討を行った。

材料及び方法

1 ヘラオオバコの栽培および給与方法

ヘラオオバコを鶏舎（パイプハウス）に接続している地鶏の運動場へ試験開始の前年秋に播種し、翌春、ヘラオオバコがある程度の生長に達した段階で運動場に地鶏を放飼し、ヘラオオバコを自由に摂食させる方法で行った。ヘラオオバコはニュージーランドで育成された品種、Grasslands lancelot (AgResearch Grassland Research center, 1995)を2006年10月10日に鶏舎に接続する運動場へ播種した。播種量は、播種の時期が若干遅れたので、多少多目の1㎡当たり3gとした。施肥は土壌が肥沃であったので実施しなかった。ヘラオオバコは順調に出芽・生長、越冬し、摂食試験を始める時期には草丈が30～40cm程度に達した。

2 供試鶏及び飼育方法

4週齢の比内地鶏を14週齢までの前半（28～98日齢）を運動場ではヘラオオバコ、鶏舎内では配合飼料をそれぞれ自由に摂食させる試験区（以下、オオバコ1区）と、14週齢以降（98～154日齢）にヘラオオバコと配合飼料を同様に自由に摂食させる試験区（以下、オオバコ2区）を設けた。さらに、対照区として、鶏舎、運動場は同一であるが、運動場は土壌（砂地）のままとし、ヘラオオバコを栽培しない対照区を設けた。試験期間は2007年5月2日～9月5日、1試験区当たりの供試羽数と運動場の面積はそれぞれ15羽、及び27㎡とした。飼料は

以下の3つの市販飼料を給与した：1）10週齢まで中雛用飼料（CP18%；ME2,850kcal/kg）；2）14週齢まで大雛用飼料（CP15%；ME2,800kcal/kg）；3）22週齢まで仕上げ用飼料（CP15%；ME2,900kcal/kg）。飼料は不断給餌とし、飲水は自由とした。

3 調査項目

1）生体重、血液生化学性状、飼料摂取量、飼料要求率、行動様態

4、10、14、18および22週齢に比内地鶏の体重を測定した。10週齢以降の体重測定時に各区からランダムに5羽を抽出し、採血を行い血漿中の遊離脂肪酸とグルコース含量の測定を行なった。また、試験期間中、飼料摂取量を随時測定し、増体重と飼料摂取量から飼料要求率を算出した。さらに、鶏を運動場へ解放してから1ヶ月後に15分間隔で目視による比内地鶏の行動様態を調査した。

2）解体調査、肉質分析、分析型官能評価

22週齢に各区からランダムに5羽を抽出し、解体調査、肉質分析および鶏肉の分析型官能評価を行った。解体調査は正肉、内臓、腹腔内脂肪重量について、肉質分析はもも肉およびむね肉の肉色、もも肉の脂肪酸組成とn-6/n-3比、過酸化物質について実施した。官能評価は、対照区とオオバコ2区の地鶏のもも肉から調製した加熱スープを用い、二つの被検試料間に風味の差があるか否かを回答させる二点識別法、対照区試料と比較した時の試験区試料の香り、酸味、うま味、塩味、苦味、甘味、コクおよび総合評価について7段階評価（-2～+2）させるシェッフェの一対比較法、また、対照区試料と試験区試料について感じたことを自由に記述させる自由意

見記入法により実施した。パネルはトレーニングを受けた20代の12名とした。なお、参考として対照区試料と被検区試料のどちらを好むかを回答させる二点嗜好法も実施した。

4 統計処理

データはStatview program (SAS社)を用いて処理し、平均±標準誤差で示した。有意差の検出にはANOVA & Fisher's PLSDを用いた。

結果

1) 生体重、血液生化学性状、飼料摂取量、飼料要求率、行動様態

体重では、オオバコ1区において、4～10週齢の増体がやや低下したものの、その後の増体は順調であり、22週齢では試験区間に差は認められなかった(表1、表2)。飼料摂取量について見ると、オオバコ1区では1

4週齢まで若干少ない傾向が認められたが、それ以後は対照区に比較してやや多かった(表3)。この摂取量の増加がオオバコ1区で試験後半に増体が回復した理由と考えられる。なお、試験期間全体を通してみると、オオバコ1区が飼料摂取量、飼料要求率ともやや低かった(表3、表4)。血漿中の遊離脂肪酸含量(表5)はオオバコ1区、2区とも対照区に比較して低く推移し、特に、1区では22週齢において対照区より有意に低い値を示した。グルコース含量については差が認められなかった(表6)。地鶏の行動様態については、オオバコ区の地鶏は対照区の地鶏に比較して鶏舎内よりも運動場に滞在する時間の割合が高かった(図1)。また、運動場に滞在する時間のほとんどがヘラオオバコの摂食に費やされていた。

表1. 体重の推移 (平均±SD、単位:g/羽)

	28日目	70日目	98日目	126日目	154日目
対照区	369±28	1253±127 ^b	1709±174	2151±169	2542±235
オオバコ1区	369±30	1153±88 ^a	1621±106	2091±132	2491±178
オオバコ2区	-	-	1709±174	2129±208	2554±240

^{ab}異符号間に有意差あり(P<0.01)

表2. 増体の推移 (平均±SD、単位:g/日/羽)

	28-70日	70-98日	98-126日	126-154日	試験全期間
対照区	21.0±2.8 ^a	16.3±2.8	15.8±2.4	14.0±3.5	14.1±1.5
オオバコ1区	18.7±1.9 ^b	16.7±1.9	16.8±1.9	14.3±4.2	13.8±1.0
オオバコ2区	-	-	15.0±2.7	15.2±4.5	14.2±1.5

^{ab}異符号間に有意差あり(P<0.01)

表3. 飼料摂取量(単位:g/日/羽)

	28-70日	70-98日	98-126日	126-154日	試験全期間
対照区	89.1	113.3	98.6	106.7	99.8
オオバコ1区	75.1	97.1	100.9	124.3	96.5
オオバコ2区			103.1	126.2	103.2

表4. 飼料要求率

	28-70日	70-98日	98-126日	126-154日	試験全期間
対照区	4.76	6.78	5.87	7.46	7.24
オオバコ1区	3.44	5.96	6.39	8.88	6.86
オオバコ2区			6.87	8.30	7.24

表5. 血漿中遊離脂肪酸含量(mEq/l)

	70日目	98日目	126日目	154日目
対照区	0.27±0.05	0.24±0.15	0.43±0.12	0.34±0.20 ^a
オオバコ1区	0.18±0.04	0.21±0.06	0.37±0.08	0.18±0.02 ^b
オオバコ2区	0.21±0.04	0.22±0.11	0.43±0.10	0.26±0.11

n=6

^{a,b} 異符号間に有意差あり(P<0.01)

表6. 血漿中グルコース含量(mEq/l)

	70日目	98日目	126日目	154日目
対照区	237.74±10.23	239.71± 3.66 ^a	236.64±6.53	230.05±6.20
オオバコ1区	258.36± 2.43	215.79±11.14 ^b	247.72±5.33	230.16±6.39
オオバコ2区	246.40± 9.29	239.38± 5.43	239.60±6.04	226.21±6.69

n=6

^{a,b} 異符号間に有意差あり(P<0.01)

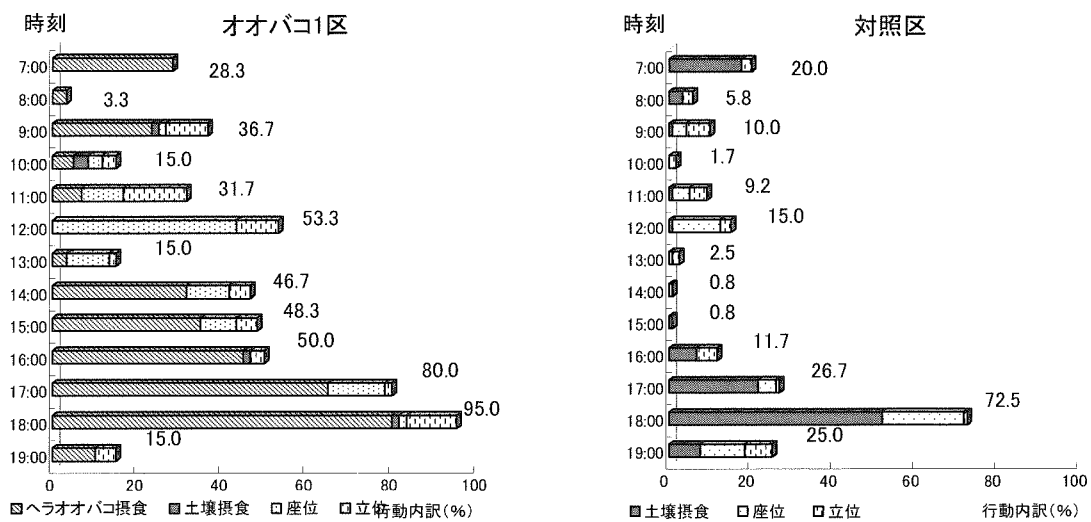


図1. 運動場における行動内訳

注: 横棒全体の長さは調査時に運動場にいた地鶏個体数の全個体数に占める割合

2) 解体調査、肉質分析、分析型官能評価
もも、むね、ささみの正肉量割合および肝

臓、心臓、砂肝の内臓重割合のいずれの項目
にも試験区間で差は認められなかった(表7)。

一方、肉色については、オオバコ1区、2区ともむね肉のa*値が顕著に低下した。もも肉についても同様の傾向が認められた(表8)。また、体重に対する腹腔内脂肪重量の割合が明らかに低く、ヘラオオバコの摂食により腹腔への脂肪蓄積が低下することが認められた(図2)。

ヘラオオバコを摂食した比内地鶏のもも肉の不飽和脂肪酸割合は対照区に比較して高く(図3)、一方、n-6/n-3比は低かった(図4)。また、過酸化物質はヘラオオバコ摂取により顕著に低下した(図5)。特に、これらの傾向は試験の前半にヘラオオバコを摂食させた場合に比較し、後半にヘラオオバコを摂食させた場合に顕著に見られ、ヘラオオバコ摂取の影響は屠殺、出荷に近い時期に摂食させるほどその効果が明確に表れることが示された。

二点識別法では、パネル全員がヘラオオバコのもも肉から調製したスープと対照区の地鶏のもも肉から調製したスープの風味に差があると回答した(図6)。シェッフエの一対比

較法では、ヘラオオバコを摂食した場合に鶏肉の香り、うま味、甘味、コクなど、苦味を除く全ての形質が高い評価を受け、総合評価(0~1)は対照区の0に対してオオバコ区は0.67と顕著に高かった。評価項目の中では、うま味が0.75、コクが0.67であり、他の形質に比較して特に高いことが特徴的である(図7)。自由意見についても(図表省略)、ヘラオオバコを摂食した場合にうま味やコクが強く、後味も良いなどと高く評価される場合が多かった。一方、対照区の評価はうま味が弱い、全体的に味が薄い、水っぽいなどと低く評価される場合が多かった。なお、参考に実施した二点嗜好法でも被験者12人のうち9名がヘラオオバコを摂食した鶏肉から調製したスープを好むと回答した(図8)。

表7. 解体成績(平均値±SD、単位:%)

	もも肉	むね肉	ささみ	肝臓	心臓	砂肝
対照区	19.7±0.59	12.0±0.56	3.2±0.34	1.45±0.20	0.36±0.01	2.50±0.53
オオバコ1区	19.4±0.30	12.4±0.51	3.4±0.45	1.46±0.15	0.35±0.02	2.09±0.49
オオバコ2区	20.2±0.60	12.4±0.81	3.6±0.20	1.38±0.25	0.33±0.04	2.27±0.38

n=5

%: (各部位) / (絶食体重)

表8. 肉色(平均±SD)

	もも肉			むね肉		
	L値	a値	b値	L値	a値	b値
対照区	57.43±0.65	16.29±0.41	19.57±0.27	59.61±0.48	6.71±0.43 ^a	17.12±1.12
オオバコ1区	57.70±0.35	15.41±0.21	19.62±0.87	57.96±0.73	5.47±0.42	15.91±0.48
オオバコ2区	57.40±0.85	16.46±0.49	19.81±0.63	58.96±0.40	4.81±0.37 ^b	17.63±1.67

n=5

^{ab}異符号間に有意差あり(P<0.01)

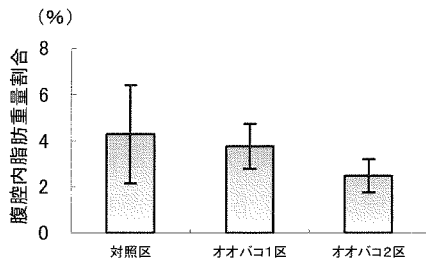


図2. 体重に対する腹腔内脂肪重量の割合 (%)
n=5

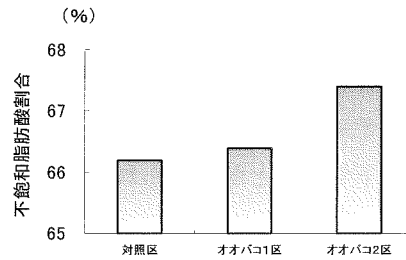


図3. もも肉中の脂質の不飽和脂肪酸割合 (%)

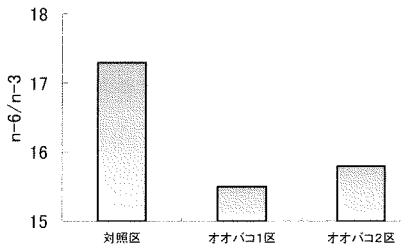


図4. もも肉中の脂肪酸のn-6/n-3比

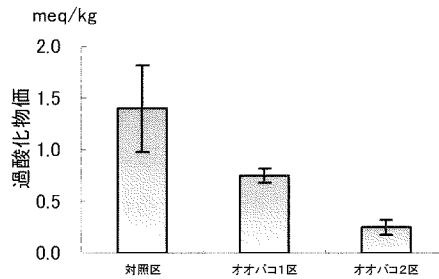


図5. もも肉の過酸化価
n=2

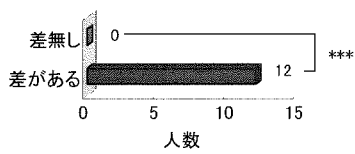


図6. 二点識別法による鶏肉の官能評価
***: P<0.001

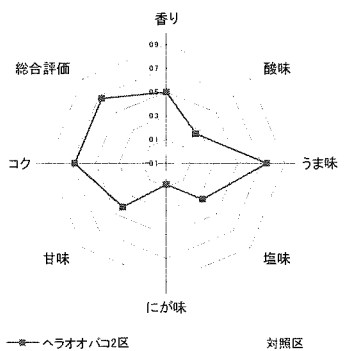


図7. シェッフエの一对比較法による鶏肉の官能評価

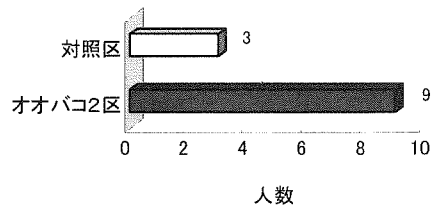


図8. 二点嗜好法による鶏肉の官能評価

考察

家畜用ハーブとしてはオレガノ、シナモン、ナツメグ等を用いている例が多いが、本試験では、飼料用として品種が育成されており種子の入手が容易であること、また、栽培が容易で、乾物生産性も高いことからヘラオオバコを試験に用いた。さらに、ヘラオオバコは刈り取り後の再生が速やかで年間複数回の再生植物の利用が出来る。即ち、ヘラオオバコはチモシーやオーチャードグラス等の寒地型永年性イネ科牧草と同様な生育特性を有しており (AgResearch Grassland Research center, 1995; 田村, 2001b; 田村, 2002)、それらの草種と同様な方法で容易に栽培ができる大きな利点がある。

配合飼料にヘラオオバコの乾草粉末を混合して給与したこれまでの試験では、対照区と比較して増体が劣ると報告されている (西藤ら, 2001; 西藤ら, 2005) が、本試験では、飼育期間の前半にヘラオオバコを自由摂食させた場合に増体が劣る傾向を示したものの、その後は成長が回復し、出荷時体重には飼育期間の前半および後半のいずれの時期にヘラオオバコを摂食させた場合でも対照区との間に体重の差は生じなかった。これは、鶏の生理状態に関わらず一定量を強制給餌する方法と鶏が体調に応じて好きな時に好きなだけ摂食できる自由摂食法との摂食方法の違いによるものと考えられる。

解体成績でヘラオオバコ摂食の影響が最も顕著であったのは、腹腔内脂肪重量の減少である。腹腔内への脂肪蓄積の低下は、青森シャモロックを用いた西藤ら (2005) の試験でも認められている。また、豚を用いた試験では、皮下脂肪の蓄積が抑えられると報告されている (藤井ら, 2002)。これらの結果は、ヘラオオバコ摂食が脂質代謝に作用してその蓄積を

抑制することを示唆している。ヘラオオバコには、動物体内の脂質代謝に影響を及ぼし、その蓄積を抑制するとされるイリドイド配糖体が含まれており、このイリドイド配糖体の存在が脂質蓄積抑制の一因と考えられる。また、ヘラオオバコの摂食により血中の遊離脂肪酸含量が低下したが、血中の遊離脂肪酸は、中性脂肪が分離して血液中に放出されたものであり、ヘラオオバコを摂食した区では脂肪蓄積が減少していることから、それが血中の遊離脂肪酸含量にも反映されているのかもしれない。血中のグルコース含量についてはこれまでの報告 (Sano et al., 2002) と同様に差は認められなかった。肉色では、ヘラオオバコの摂食により肉色の赤色度の低下が認められた。これはヘラオオバコに含まれる β -カロチンによるものと考えられる。西藤ら (2005) が青森県産の地鶏、青森シャモロックを用いた試験では、肉の黄色度が強まったが、この場合もヘラオオバコに含まれる β -カロチンによるものと推測される。本試験では、 β -カロチンを測定していないが、ヘラオオバコ摂食によって β -カロチンが増加し、そのことが肉色の赤色度の低下に影響しているものと考えられる。 β -カロチンは体内でビタミンAに変化して、人の健康性向上に有益な役割を果たす。また、抗酸化作用も有している。このことから、ヘラオオバコの摂食は鶏肉の β -カロチン含量を高め、鶏肉の品質、機能性向上に貢献すると考えられる。

肉質については、ヘラオオバコ給与により脂質の不飽和脂肪酸含量が高まり、n-6/n-3比が低下した。それは、これまでの報告 (山本ら, 2002) と同様、鶏肉脂質の脂肪酸組成が人の健康に対して有益な方向に変化したが、これはヘラオオバコの極めて高い抗酸化活性 (フリーラジカル消去活性) (Al-Mamun et al.,

2007; 田村ら, 2007)に起因するものと考えられる。肉質についてヘラオオバコ摂食の影響が最も顕著に見られたのは、鶏肉の過酸化物質の低下である。ヘラオオバコを摂食した鶏肉の過酸化物質はヘラオオバコを摂食していない対照区の鶏肉の過酸化物質に比較して明らかに低かった。過酸化物質は、油脂の劣化を評価するための理化学的指標であり、油脂中の過酸化脂質量を表している。この値が低いほど、脂質の劣化が抑制されていること、即ち、鶏肉の品質が良く保持されていることを示している。このことからヘラオオバコ給与は鶏肉の品質保持期間を長期化すると考えられる。ヘラオオバコは極めて高いフリーラジカル消去活性を有することが報告されており、その原因物質の一つとしてフェニルエタノイド配糖体のアクテオシドの存在が示唆されている(Al-Mamun et al., 2007; 田村ら, 2007)。よって、ヘラオオバコ摂食によって、地鶏の体内に取り込まれた抗酸化物質が何らかの代謝を経て筋肉組織等に移行し、脂質の酸化を抑制したと考えられる。

ハーブ類給与が肉の官能評価に与える影響について、ヘラオオバコと極めて良く類似した生理活性成分を含む杜仲葉を豚に給与した試験(Sung et al., 2009)では、豚肉の香りや歯ごたえが良くなり、総合評価も高まったと報告されている。また、香りや辛み成分を中心とするオレガノ、タイム、シナモン等を飼料に混合して与えた場合にはハーブのマスク効果により臭みが少なくてあっさりとした豚肉や臭みが少なくて女性に好まれる鶏卵が生産できること、脂の融点が低い牛肉が生産できることなどが民間企業のホームページで紹介されている。本試験でヘラオオバコを自然摂食させた場合には、さらにうま味やコクが強くなると評価される場合が多く、総

合評価も顕著に高まった。この要因として、ヘラオオバコに含まれるイリドイド配糖体、フェニルエタノイド配糖体などの生理活性物質の関与が考えられる。また、オオバコ区的地鶏は運動場で自由にヘラオオバコを摂食することが多く、ストレスも少なかったことが考えられる。さらに、必然的に運動時間も多くなるので、このことも地鶏の肉質に影響を与えていると推察される。

ヘラオオバコの栽培は容易で、鶏への給与も運動場に放し飼いの条件で自由摂食させる場合には、技術や経費的にこれといった問題はなく、容易に生産現場に普及が可能であると考えられる。しかし、今後、取り組まなければならない問題もある。特に大きな課題は、わが国の気象条件に適し、かつ、生理活性成分の蓄積に優れた新品種の開発である。既に述べたように、種子の入手が可能な2品種が育成されているが、いずれもが外国で育成された品種であり、高温・多湿の梅雨の時期には個体の腐敗が多く、夏季高温時には生育が著しく停滞する。さらに、ヘラオオバコはまだ野性的な性格が強く、生存戦略のためと思われるが春以降の花茎の抽出が極めて多く、給与のために必要な新しい葉の展開を上回るほどである。花茎抽出期以降の栄養成長期における葉の展開と伸長が優れる品種の開発もあわせて必須である。

ヘラオオバコ給与に当たっては、ヘラオオバコの栽培に必要な種子や肥料の入手、また栽培のための労力等の費用、鶏を放し飼いするための運動場の確保と整備のための費用などが必要でありこれらをカバーするための安全・安心の確保や機能性向上の強調などの消費者ニーズ対応方策も考えなければならない。

謝辞

本研究の遂行並びに取りまとめにあたり、鶏肉の官能評価について御協力頂いた新潟大学農学部の藤村忍准教授、血中の遊離脂肪酸とグルコース含量の測定について御協力頂いた岩手大学農学部の佐野宏明教授に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- Al-Mamun, M.; Yamaki, K.; Nakai, Y.; Masumizu, T.; Saito, K.; Sano, H.; Tamura, Y. Superoxiide anion radical scavenging activities of herbs and pastures in northern Japan using electron spin resonance spectrometer(ESR). *Int J Biol Sci.* 2007, 3, 349-355.
- 藤井洋治・熊谷成子・田村良文. これをちよつとエサに混ぜてやるといいようだ ―ハーブ「ヘラオオバコ」で枝肉の格付けがアップ―. *現代農業* 2002, 5, 226-229.
- Forage herbs, The grasslands range of forage and conservation plants. 1995, 28-29, AgResearch, New Zealand.
- 西部三省・村井道子. ハーブ・オオバコの生理活性成分. *Foods Food Ingredients J Jpn.* 1995, 166, 42-49.
- 西脇 充・宮入真太・長谷川尚輝・杉山留美子・高崎興兵・鈴木伸一・田村良文、前田良之. 飼料用ハーブ給与がブロイラーの成長および肉質に及ぼす影響. *日草誌* 2001, 47 (別), 232-233.
- 西藤克己・廣田聡子・田村良文. ヘラオオバコ給与が地鶏の発育及び肉質に及ぼす影響. *東北畜産学会報* 2005, 55(2), p37.
- Sano, H.; Tamura, Y.; Shiga, A. Metabolism and glucose kinetics in sheep fed plantain and orchard grass and exposed to cold. *N Z J of Agric Res.* 2002, 45, 171-177.
- Sano, H.; Tamura, Y.; Shiga, A. Tissue responsiveness and sensitivity to insulin in sheep fed plantain and orchard grass and exposed to cold. *N Z J of Agric Res.* 2003, 46, 169-173.
- Sung Dae LEE; Hoi Yun KIM; Young Min SONG; Hyun Jung JUNG; Sang Yun JI; Hae Dong JANG; Jae Weon RYU; June Cheol PARK; Hong Kil MOON and In Cheul KIM. The effect of *Eucommia ulmoides* leaf supplementation on the growth performance, blood and meat quality parameters in growing and finishing pigs. *Animal Science Journal.* 2009, 80, 41-45.
- Tamura, Y.; Nishibe, S. Changes in the concentrations of bioactive compounds in Plantain leaves. *J Agric Food Chem.* 2002, 50, 2514-2518.
- 竹松哲夫・一前宣正. 世界の雑草I ―合弁花類― オオバコ科概説. 全国農村教育協会 1987, 342-365.
- 田村良文. 安全な畜産物の生産のために―機能性牧草類の利用― (1). *畜産の研究* 2001, 55, 1295-1300.
- 田村良文. 安全な畜産物の生産のために―機能性牧草類の利用― (2). *畜産の研究* 2001, 55, 1151-1154.
- 田村良文. ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) の機能性成分蓄積に及ぼす生育季節、気象と栽培要因の影響ならびに遺伝的変異. *東北農研研報* 2002, 100, 75-92.
- 田村良文・Mohammad Al-Mamun・八巻幸二・増水章季・西藤克己・佐野弘明. 牧野草・ハーブのスーパーオキシドアニオンラジ

カル消去活性. 畜産の研究2007, 61, 1063-1072.

田村良文. 新しい機能性素材、ハーブ・ヘラオオバコの栽培と利用. 薬用植物研究 2009, 31, 45-60.

山本あや・西脇 充・田村良文. 飼料へのヘラオオバコ添加によるブロイラーむね肉の脂肪率と脂肪酸組成の変動. 畜産の研究 2002, 56, 685-687.

比内地鶏の去勢に関する試験（第1報）

—比内地鶏の去勢が発育およびと体成績に及ぼす影響—

力丸宗弘・小松恵・安田正明*・石塚条次

*秋田県北部家畜保健衛生所

要 約

比内地鶏は日本で著名なブランド鶏であるが、市場に流通する比内地鶏のほとんどは雌であり、雄は脂が少なく、肉が硬い等の理由でほとんど利用されていない。本試験では、未利用である比内地鶏の雄びなを有効に活用するため、去勢が比内地鶏の発育およびと体成績に及ぼす影響について検討を行った。4週齢のひなを雌区、去勢区、雄区に15羽ずつ割り当て去勢を8週齢に実施した。22、26、30週齢に解体を行い、各部位の重量を測定した。去勢区と雄区は18～26週齢では体重や増体に有意な差は認められなかったが、雌区は全期間を通して最も劣った。と体成績では、去勢区は26、30週齢において雌区よりもも肉、正肉割合が高かった。去勢区と雄区の腹腔内脂肪割合に差は認められなかったが、26週齢では去勢区の腹腔内脂肪量は雄区より多かった。以上の結果から、26週齢までであれば去勢鶏は雄と同等の発育が得られ、雌よりも肉量が多いこと、また雌に匹敵する腹腔内脂肪量が得られることから、去勢は比内地鶏の雄びなを利用するために有効であることが示唆された。

緒 言

去勢鶏とは睾丸を外科的に取り除いた雄のことである。去勢鶏は雄性ホルモンの欠如によって、性的に成熟した雄に関連する特徴的な大きいとさかや肉垂を欠き、より温順で活発的でなくなる(Royal, 1936)。また、闘争、求愛、テリトリーを守ることに費やされるエネルギーが大きく減少し、より効率的に飼料を摂取し、脂肪を蓄積しながら肉質が改善される(Jacob and Mather, 2000)。去勢の目的は重量においてより経済的な利益を得、柔らかく、おいしい肉を維持し、販売により良い価格を得ることであり、海外では産業として去勢鶏が生産されている。しかし、国内では去勢技術は知られているものの産業として去勢鶏は生産されていない。

比内地鶏は、郷土料理である、きりたんぼ

鍋に利用されることが多く、脂肪が多いほど好まれる傾向にある。そのため、市場に流通する比内地鶏のほとんどが雌であり、雄は脂が少なく、肉が硬い等の理由でふ化時に淘汰されている。雄びなの淘汰はひな価格や生産費を上昇させる原因の1つともなっている。これまで比内地鶏の雄びなを有効に活用するため、飼養方法による検討を行った(佐々木ら, 1999; 富樫ら, 2000; 石塚と山本, 2001)が、雌のような脂肪を付着させることはできなかった。

一方、去勢を行うことによって、去勢鶏は雄より体重が大きくなり(akter et al., 1996; Chen et al., 2000a; Mast et al., 1981; Welter, 1976; Rahman et al., 2004)、腹腔内脂肪量が増加する(Cason et al., 1988; Fennel and Scanes, 1992; Chen et al.,

2000ab, 2005; 尾野ら, 1979)ことが報告されている。もし、飼育期間の長い比内地鶏においても去勢の効果が認められれば、雄びなを有効に活用することが可能となる。

そこで本報では、去勢が比内地鶏の発育および体成績へ及ぼす影響について検討を行った。

材料及び方法

1 供試鶏及び飼育方法

比内地鶏のひなを4段の育雛バタリーで4週齢まで飼養し、ひなを15羽ずつ3つの試験区(去勢区、雌区、雄区)に分けた。その後、運動場が付随したパイプハウスで飼育した。試験期間は2007年4月4日～10月3日とした。飼料は以下の4つの市販飼料を給与した: 1) 4週齢まで幼雛用飼料(CP21%; ME2, 900kcal/kg); 2) 10週齢まで中雛用飼料(CP18%; ME2, 850kcal/kg); 3) 14週齢まで大雛用飼料(CP15%; ME2, 800kcal/kg); 4) 30週齢まで仕上げ用飼料(CP15%; ME2, 900kcal/kg)。飼料は不断給餌とし、飲水は自由とした。

2 去勢

去勢は奥山(1962)の方法により、8週齢に実施した。外科手術の間、過度の出血を避け精巣を早く取り除くため、去勢の12時間前に給餌を止めた。鶏をきれいな木製の台に保定した。翼と脚を固定し、肋骨部分を見やすくするために鶏をいっばいに引き延ばした。皮膚は70%のエタノールで消毒した。第6肋骨と第7肋骨の間を左右2箇所切開し、去勢鉗子を用いて精巣を取り除いた。約1週間後、メスで穴を開け皮下に蓄積した空気を抜いた。

3 発育

4、10、14、18、22、26、30週齢に生体重を測定した。また、生体重の成績から4-10、10-14、14-18、18-22、22-26、26-30週齢の日増体重を算出した。

4 テストステロン濃度

各区からランダムに5羽ずつ抽出し、翼下静脈から血液を採取した。テストステロン濃度は10、14、18、22、26、30週齢に測定し、テストステロン EIA キット(Cayman Chemical Company, MI, USA)を用いて測定した。

5 と体成績

22、26、30週齢に各区からランダムに5羽ずつ抽出した。と殺の18時間前に絶食し、体重測定を行った。放血、脱毛後、体温が8℃に低下するまで、と体を氷水で冷やした。と体はもも、むね、ささみ、手羽、心臓、肝臓、砂肝、腹腔内脂肪に分け、もも肉とむね肉の骨を抜き、各部位の重量測定を行った。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。

6 統計処理

得られたデータは Statview program (SAS社)を用いて処理し、平均±標準誤差で示した。有意差の検出には ANOVA & Fisher's PLSD を用いた。

結果

テストステロン濃度の推移を図1に示した。雄区のテストステロン濃度は14週齢以降去勢区、雌区より有意に高かった ($P < 0.01$)。去勢区と雌区のテストステロン濃度は全期間

において有意な差は認められなかった。

体重の推移を表1に示した。去勢区と雄区は全期間を通して雌区より有意に体重が優れていた ($P < 0.05$)。去勢区は10、14週齢 ($P < 0.05$) において雄区より有意に体重が劣ったが、18週齢以降両区に差は認められなかった。

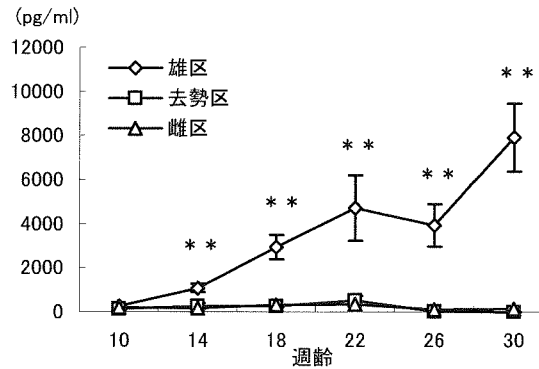


図1. テストステロン濃度の推移

平均値 ± 標準誤差 (n=15)

** , $P < 0.01$

表1. 体重の推移

	雌区	去勢区	雄区
4週齢	369 ± 5 ^b	417 ± 8 ^a	417 ± 8 ^a
10週齢	1253 ± 23 ^c	1357 ± 36 ^b	1634 ± 40 ^a
14週齢	1709 ± 32 ^c	2121 ± 56 ^b	2324 ± 50 ^a
18週齢	1719 ± 44 ^b	2907 ± 66 ^a	3035 ± 41 ^a
22週齢	2542 ± 61 ^b	3492 ± 80 ^a	3538 ± 51 ^a
26週齢	2719 ± 102 ^b	3925 ± 98 ^a	4031 ± 62 ^a
30週齢	2895 ± 139 ^b	4169 ± 98 ^a	4384 ± 69 ^a

平均値 ± 標準誤差 (n=15)

^{a,b,c} 同列の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

日増体重の推移を表2に示した。体重と同様に去勢区と雄区は全期間を通して雌区より有意に体重が優れていた ($P < 0.05$)。去勢区は4-10週齢 ($P < 0.05$) にかけて増体が雄区より有意に劣ったが、10-18週 ($P < 0.05$) にかけては去勢区が雄区より有意に優

れていた。18-26週齢では去勢区と雄区に有意な差は認められなかったが、26-30週齢 ($P < 0.05$) では去勢区は雄区より増体が有意に劣った。

表2. 日増体重の推移

	雌区	去勢区	雄区
4-10週齢	21.0 ± 0.5 ^b	22.4 ± 0.7 ^b	29.0 ± 0.8 ^a
10-14週齢	16.3 ± 0.5 ^c	27.3 ± 1.3 ^a	24.6 ± 0.5 ^b
14-18週齢	15.8 ± 0.7 ^c	28.1 ± 0.8 ^a	25.4 ± 0.7 ^b
18-22週齢	14.0 ± 0.9 ^b	20.9 ± 1.2 ^a	17.9 ± 1.1 ^a
22-26週齢	6.2 ± 2.6 ^b	15.5 ± 1.0 ^a	17.6 ± 0.7 ^a
26-30週齢	3.6 ± 2.8 ^c	8.7 ± 1.0 ^b	12.6 ± 0.9 ^a

平均値 ± 標準誤差 (n=15)

^{a,b,c} 同列の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表3. 22, 26, 30週齢のと体成績

週齢	絶食体重 (A)	肉				内臓			
		もも肉 (B)	むね肉 (B)	ささみ (B)	正肉量 (B)	肝臓 (B)	心臓 (B)	砂肝 (B)	腹腔内脂肪 (B)
22週 雌区 (g)	2428 ± 80 ^b	478.0 ± 21.3 ^c	291.6 ± 3.4 ^b	78.2 ± 2.4 ^b	847.8 ± 24.5 ^b	35.5 ± 3.6 ^b	8.7 ± 0.3 ^c	60.3 ± 4.7	105.8 ± 26.2 ^a
(%)		19.7 ± 0.3 ^b	12.0 ± 0.3 ^a	3.2 ± 0.2	34.9 ± 0.3 ^b	1.5 ± 0.1 ^{ab}	0.4 ± 0.0 ^b	2.5 ± 0.2 ^a	4.3 ± 1.0 ^a
去勢区 (g)	3191 ± 72 ^a	642.8 ± 20.2 ^b	333.8 ± 12.7 ^a	104.4 ± 5.7 ^a	1081.0 ± 35.7 ^a	48.9 ± 2.2 ^a	12.7 ± 0.3 ^b	68.7 ± 6.1	53.2 ± 6.4 ^b
(%)		20.1 ± 0.2 ^b	10.4 ± 0.2 ^b	3.3 ± 0.1	33.8 ± 0.4 ^c	1.5 ± 0.0 ^a	0.4 ± 0.0 ^b	2.2 ± 0.2 ^{ab}	1.7 ± 0.2 ^b
雄区 (g)	3240 ± 188 ^a	755.0 ± 47.6 ^a	329.8 ± 14.3 ^a	102.2 ± 4.6 ^a	1187.0 ± 65.1 ^a	41.0 ± 1.9 ^{ab}	15.4 ± 0.9 ^a	54.1 ± 5.4	27.0 ± 4.9 ^b
(%)		23.3 ± 0.3 ^a	10.2 ± 0.2 ^b	3.2 ± 0.1	36.7 ± 0.3 ^a	1.3 ± 0.1 ^b	0.5 ± 0.0 ^a	1.7 ± 0.1 ^b	0.8 ± 0.1 ^b
26週 雌区 (g)	2506 ± 110 ^b	484.8 ± 20.3 ^b	294.6 ± 7.8 ^c	83.8 ± 1.9 ^c	863.2 ± 26.8 ^b	38.1 ± 3.7 ^b	8.5 ± 0.4 ^c	53.9 ± 4.8 ^b	91.0 ± 16.0 ^{ab}
(%)		19.4 ± 0.3 ^c	11.8 ± 0.4 ^a	3.4 ± 0.1	34.5 ± 0.8 ^b	1.5 ± 0.1	0.3 ± 0.0 ^b	2.2 ± 0.2 ^a	3.6 ± 0.5 ^a
去勢区 (g)	3827 ± 121 ^a	825.8 ± 37.5 ^a	444.8 ± 9.2 ^a	131.0 ± 2.6 ^a	1401.6 ± 47.5 ^a	49.1 ± 2.8 ^a	12.9 ± 0.4 ^b	88.3 ± 4.9 ^a	104.4 ± 18.9 ^a
(%)		21.6 ± 0.5 ^a	11.6 ± 0.1 ^a	3.4 ± 0.1	36.6 ± 0.5 ^a	1.3 ± 0.1	0.3 ± 0.0 ^b	2.3 ± 0.1 ^a	2.7 ± 0.5 ^{ab}
雄区 (g)	3669 ± 139 ^a	859.0 ± 39.6 ^a	391.0 ± 19.6 ^b	116.4 ± 6.3 ^b	1366.4 ± 63.5 ^a	47.8 ± 1.9 ^a	19.3 ± 0.8 ^a	61.2 ± 5.6 ^b	50.4 ± 12.8 ^b
(%)		23.4 ± 0.3 ^a	10.6 ± 0.1 ^b	3.2 ± 0.1	37.2 ± 0.4 ^a	1.3 ± 0.0	0.5 ± 0.1 ^a	1.7 ± 0.0 ^b	1.4 ± 0.4 ^b
30週 雌区 (g)	3008 ± 78 ^c	560.6 ± 22.1 ^c	350.8 ± 10.9 ^b	90.0 ± 1.4 ^b	1001.4 ± 32.6 ^c	61.6 ± 7.6 ^a	9.4 ± 0.7 ^a	43.8 ± 1.7 ^a	137.8 ± 25.3
(%)		18.7 ± 0.3 ^c	11.7 ± 0.2	3.0 ± 0.1	33.4 ± 0.2 ^c	2.0 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.0 ^b	1.5 ± 0.0 ^b	4.5 ± 0.7
去勢区 (g)	3926 ± 87 ^b	826.4 ± 26.5 ^b	466.6 ± 13.0 ^a	129.6 ± 7.3 ^a	1422.6 ± 40.3 ^b	46.3 ± 1.4 ^b	12.6 ± 0.3 ^b	84.4 ± 4.2 ^a	146.2 ± 21.8
(%)		21.0 ± 0.3 ^b	11.9 ± 0.3	3.3 ± 0.2	36.2 ± 0.2 ^b	1.2 ± 0.0 ^b	0.3 ± 0.0 ^b	2.1 ± 0.1 ^a	3.7 ± 0.5
雄区 (g)	4262 ± 78 ^a	1007.4 ± 21.3 ^a	477.2 ± 14.2 ^a	139.8 ± 7.1 ^a	1624.4 ± 41.3 ^a	49.8 ± 2.3 ^{ab}	19.6 ± 0.4 ^a	61.9 ± 4.1 ^b	137.6 ± 47.2
(%)		23.6 ± 0.4 ^a	11.2 ± 0.2	3.3 ± 0.2	38.1 ± 0.2 ^a	1.2 ± 0.1 ^b	0.5 ± 0.0 ^a	1.5 ± 0.1 ^b	3.2 ± 1.0

平均 ± 標準誤差 (n=5)

^{a,b,c} 同列の異符号間に有意差あり (P < 0.05)

%: B (各部位) / A (絶食体重)

22、26、30週齢のと体成績を表3に示した(表3)。もも肉割合は全ての週齢で雄区が最も高かった(P < 0.05)。去勢区は26、30週齢において雌区よりもも肉割合が有意に高かった(P < 0.05)。むね肉割合は22週齢において雌区が去勢区、雄区より、26週齢では去勢区と雌区が雄区より有意に高かった(P < 0.05)が、30週齢では3区間に有意な差は認められなかった。ささみ割合は全ての週齢において3区間に有意な差は認められなかった。正肉量割合は全ての週齢で雄区が最も高かった(P < 0.05)。去勢区は22週齢において雌区より正肉量割合が有意に低かった(P < 0.05)が、26、30週齢では雌区よりも有意に高かった(P < 0.05)。内臓器官では、雌区の肝臓割合が30週齢において去勢区、雄区より有意に高かった(P < 0.05)。また、雌区は26、30週齢において雄区より砂肝割合が有意に高かった(P < 0.05)。去勢区は22週齢において雄区より肝臓割合が有意に高く(P < 0.05)、26、30週齢において砂肝割合が有意に高かった(P < 0.05)。一方、雄区は心臓割合が全ての週齢で去勢区、雌区より有意に高かった(P < 0.05)。腹腔内脂肪割合は雌区が22週齢において去勢区、雄区より、26週齢において雄区よりも有意に高かった(P < 0.05)。

30週齢では3区間に有意な差は認められなかった。去勢区と雄区の腹腔内脂肪割合は全期間において差は認められなかったが、26週齢では去勢区の腹腔内脂肪量が雄区より有意に多かった(P < 0.05)。

考察

8週齢に去勢を行った結果、18週齢以降去勢区と雄区の体重に有意な差は認められなかった。この結果は、去勢鶏が雄よりも体重が大きいという報告(akter et al., 1996; Chen et al., 2000a; Mast et al., 1981; Rahman et al., 2004; Welter, 1976)とは一致しなかった。一方、尾野ら(1979)はニューハンプシャーと横班プリマスロックをそれぞれ30週齢と31週齢まで飼育した結果、両品種とも雄と去勢鶏の生体重に差はないと報告している。さらに、York and Mitchell (1969)やCason et al. (1988)はブロイラーで試験を行った結果、去勢鶏は雄より体重が劣ると報告している。去勢による発育成績の違いはおそらく品種、去勢時期、去勢方法、と殺時期の違いによるものである。本試験では、8週齢に去勢を行ったが、鶏が大きいと、睾丸を除去する際に睾丸周辺の膜が厚く動脈を引っ張ってしまうこともあり、去勢に多くの時間を要した。その結果、鶏に大きなストレス

を与えることとなった。それゆえ、雄区と去勢区の生体重に差がなかった理由として、去勢時のストレスによる4-10週齢の増体の低下が原因と考えられる。今後はより早い日齢で効率的な去勢方法を確立し、ストレスを軽減する必要がある。本試験では、去勢区は10-18週齢にかけて雄区よりも増体が良いことから、去勢によるストレスが軽減されれば、更なる増体が見込めると考えられる。また、去勢区では4kgに達した以降の増体が雄区より劣るため、飼育期間は30週齢よりも26週齢の方が良いと思われる。

と体成績では、去勢区は雄区と比較して生体重を構成する筋肉や内臓器官の重量割合が大きく変動した。去勢区は全期間において雄区よりも肉重量割合が有意に減少した。尾野ら(1982)は去勢鶏では特に後肢骨格筋重量が著しく低下し、それはアンドロゲン欠如による特定骨格筋の発育の遅延によるものと報告している。図1に示したように去勢によって、去勢区ではテストステロン濃度が減少し、雌区と同じ濃度で推移し、尾野ら(1982)の報告と同様の結果が得られた。また、尾野ら(1979)は内臓の成長には去勢の影響は認められないと報告しているが、本試験では内臓器官の成長にも去勢の影響が認められた。去勢区では雄区と比較して心臓重量割合が有意に減少した。Fennel and Scanes(1992)は去勢鶏にアンドロゲンを投与することによって、心臓重量が有意に大きくなることを確認している。本試験における去勢区の内臓重量割合の減少はテストステロン濃度の減少によるものと考えられる。また、去勢区では雄区と比較して砂肝重量割合が有意に増加した。去勢区では成長期である10-18週齢にかけて増体が雄区より上回っていることから、飼料摂取量の増加が砂肝の発達に影響してい

るものと考えられる。これらの結果は去勢がもも肉だけでなく、心臓や砂肝のような内臓諸器官の成長にも大きく影響を及ぼすことを示唆している。腹腔内脂肪割合は全期間において去勢区と雄区に有意な差は認められなかった。しかし、腹腔内脂肪量を比較すると、去勢区は26週齢において腹腔内脂肪量が雄区より多く、それはこれまでの報告(Casonet al., 1988; Fennel and Scanes, 1992; Chen et al., 2000a, b 2005; 尾野ら, 1979)とも一致する。腹腔内脂肪量の増加は去勢後のテストステロン濃度の減少によるものと考えられる。尾野ら(1979)は去勢によって、腹腔内脂肪量だけでなく皮下、筋間の脂肪量が増加することを報告している。本試験では皮下、筋間の脂肪量を測定していないが、この結果は去勢区が雄区よりも肉中の粗脂肪含量が多いことを示唆している。

結論として、去勢鶏では雄と同等の体重を有し、雌に匹敵する腹腔内脂肪量が得られた。さらに、去勢鶏は雌よりも肉重量割合、生肉量割合が高いことから、鶏肉を生産する上で雌よりも有利である。以上の結果から、去勢によって未利用である雄びなを有効に活用できる可能性が示唆された。

謝辞

本研究は財団法人旗影会の平成19年度研究助成によるものです。

参考文献

- Akter R. Hashim MA and Byuiyan MMU. Effects of caponization in ISA Brown birds. The Bangladesh Veterinarian, 13:5-8. 1996.
- Cason JA, Fletcher DL and Burk WH. Effect of caponization on broiler growth.

- Poultry. Science, 67:979-981.1998.
- Chen KL. Wu CP and Chou RGR. Effect of caponization age on growth performance and postmortem change in muscles of Taiwan country chicken. Journal of the Agriculture Association of China, 1:54-63.2000a.
- Chen KL. Wu CP and Hong YM. Meat quality and carcass traits of capon in comparison with intact male and female Taiwan country chickens. Journal of the Chinese Society of Animal Science, 29:77-88.2000b.
- Chen KL. Chi WT and Chiou PWS. Caponization and testosterone effects on blood lipid and lipoprotein in male chickens. Poultry Science, 84:547-552.2005.
- Fennel MJ and Scans CG. Inhibition of growth in chickens by testosterone, 5 α -dihydrotestosterone, and 19-nortestosterone. Poultry Science, 71:357-366.1992.
- Jacob J. and Mather FB. Capons. Department of Animal Science, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Service, University of Florida.2000.
- 石塚条次、山本敬子. 秋田比内地鶏雄雛の有効活用技術の確立(第3報). — 飼料添加物が発育や肉質に及ぼす影響 —. 秋田県畜産試験場研究報告, 16:31-40.2001.
- Loyal F. Payne. Capon production. Agricultural experiment station, Kansas state college of agriculture and applied science. 1936.
- Mast MG. Johdan HC and Macneil JH. The effect of partial and complete caponization on growth rate, yield and selected physical and sensory attributes of cockerels. Poultry Science, 60:1827-1833. 1981.
- 奥山善徳. 肉用鶏の仕立てと去勢の方法. 畜産の研究. 第7巻. 715-717項. 養賢堂. 東京. 1953.
- 尾野喜孝、岩元久雄、高原斉、岡本正夫. 去勢鶏の骨格筋成長に関する研究. I 骨格筋, 腹脂肪, 筋間脂肪, 皮膚, 骨および内臓の重量変動. 九大農学芸誌, 34:39-46. 1979.
- 尾野喜孝、岩元久雄、高原斉. 去勢鶏の骨格筋成長に関する研究. II 体各骨格筋と個々の骨格筋の重量変動. 九大農学芸誌, 37:23-30.1982.
- Rahman MM. Islam MA. Ali MY. Khondaker MEA and Hossain MM. Effect of caponization on body weight, hematological traits and blood cholesterol concentration of nara chicken. International Journal of Poultry Science, 3 (4):284-286. 2004.
- 佐々木茂、山本敬子、熊谷昌則. 秋田比内地鶏雄雛の有効活用技術の確立(第1報). — 飼料給与法が発育や肉質に及ぼす影響 —. 秋田県畜産試験場研究報告, 14:31-37.1999.
- 富樫祐悦、山本敬子、川井真美子、熊谷昌則. 秋田比内地鶏雄雛の有効活用技術の確立(第2報). — 飼養環境が発育や肉質に及ぼす影響 —. 秋田県畜産試験場研究報告, 15:33-44.2000.
- Welter JF. The effect of surgical caponization on production efficiency and carcass yield of rooster. Poultry Science, 55:1372-1375. 1976.

比内地鶏の去勢に関する試験（第2報）

—比内地鶏の去勢が肉質に及ぼす影響—

力丸宗弘・小松恵・小川秀治*・石塚条次

*秋田県中央家畜保健衛生所

要 約

比内地鶏は日本で著名な肉用鶏であるが、雄の肉は脂肪が少なく、郷土料理であるきりたんぼ鍋に適さないことからほとんど利用されていない。本試験では、8週齢における去勢が26週齢にと殺した比内地鶏の肉質へ及ぼす影響について調査を行った。もも肉とむね肉を一般成分（水分、粗蛋白質、粗脂肪）、肉色、脂肪酸組成の分析および組織学的観察に用いた。去勢鶏では雄と比較して肉中の粗脂肪含量が有意に増加し、肉の赤味が低下した。脂肪酸組成については、去勢鶏は雌と似た脂肪酸組成となった。また、去勢鶏の肉は雄と比較して有意に柔らかくなり、筋肉組織では雄と比較して結合組織が少なく筋内膜が薄かった。以上の結果から、去勢によって肉の品質が向上し、未利用である雄びなを比内地鶏生産において利用できることが示唆された。

緒 言

比内地鶏の肉は主に郷土料理であるきりたんぼ鍋に利用されているが、脂の多い雌の方が雄よりも鍋料理に適しているため、流通する比内地鶏のほとんどが雌である。一方、雄は脂が少なく、肉が硬い等の理由でふ化時に淘汰されている。雄びなの淘汰はひな価格や生産費を上昇させる原因の1つともなっている。我々は未利用である比内地鶏の雄びなの有効活用を図るため、去勢が比内地鶏の発育およびと体成績に及ぼす影響について検討した。その結果、26週齢までは去勢鶏の発育は雄と差がないこと、また腹腔内脂肪量が増加し、雌よりも肉量が多くなることを確認した（力丸ら、2009）。さらに、去勢によって去勢鶏の肉質が雌と同様の肉質であることが確認されれば、雄びなの利用が可能となる。

去勢による肉質への影響はこれまで数例（Chen et al. 2000; Mast et al., 1981; 佐々木と出口., 1995; York and Mitchell, 1968）

報告されているが、比内地鶏のように長期間飼育した去勢鶏の理化学的特徴に関する報告はほとんどない。また、去勢鶏肉の組織学的特徴については報告されていない。そこで本報では、比内地鶏の去勢が肉色、一般成分、脂肪酸組成、破断強度および筋肉組織に及ぼす影響について検討した。

材料及び方法

1 供試鶏及び飼育方法

比内地鶏のひなを4段の育雛バタリーで4週齢まで飼養し、ひなを15羽ずつ3つの試験区（去勢区、雌区、雄区）に分けた。その後、運動場が付随したパイプハウスで飼育した。試験期間は2007年4月4日～10月3日とした。飼料は以下の4つの市販飼料を給与した：1）4週齢まで幼雛用飼料（CP21%；ME2, 900kcal/kg）；2）10週齢まで中雛用飼料（CP18%；ME2, 850kcal/kg）；3）14週齢まで大雛用飼料（CP15%；ME2, 800kcal/kg）；

4) 30週齢まで仕上げ用飼料(CP15%; ME2, 900kcal/kg)。飼料は不断給餌とし、飲水は自由とした。

2 去勢

去勢は奥山(1962)の方法により、8週齢に実施した。外科手術の間、過度の出血を避け精巣を早く取り除くため、去勢の12時間前に給餌を止めた。鶏をきれいな木製の台に保定した。翼と脚を固定し、肋骨部分を見やすくするために鶏をいっぱい引き延ばした。皮膚は70%のエタノールで消毒した。第6肋骨と第7肋骨の間を左右2箇所切開し、去勢鉗子を用いて精巣を取り除いた。約1週間後、メスで穴を開け皮下に蓄積した空気を抜いた。

3 測定および肉質分析

26週齢に各区からランダムに5羽ずつ抽出し、18時間の絶食後、と殺を行った。放血、脱毛後、体温が8℃に低下するまでと体を氷水で冷やした後、30分間吊るした。と体はもも、むね、ささみ、手羽、心臓、肝臓、砂肝、腹腔内脂肪に分け、むね肉ともも肉の骨を抜いた後、皮を除いた。

破断強度の測定にはクリープメータ(RE-3305S, 山電株式会社, 東京)を用いて大腿二頭筋を測定した。各サンプルの長さ、幅、厚さを一定のサイズ(5cm×2cm×1cm)に整え、測定には一枚刃(プランジャーNO.21 ナイフ型)を用いた。組織観察では、大腿二頭筋を20%リン酸緩衝ホルマリン液で固定し、パラフィン包埋した後、薄切(3μm)し、ヘマトキシリン・エオジン(HE)染色およびNF-1渡辺鍍銀法を施した。むね肉と組織観察後の残りのもも肉を家庭用のチョッパーでミンチした。肉の色値(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。その後、ミンチした肉は他の分析のために-30℃で保存した。

化学分析は鶏肉の品質評価法(農林水産省, 1996)に準じて行った。水分含量は100℃乾燥法(18時間)、粗蛋白質含量はケルダール法、粗脂肪含量はエーテル抽出法により測定した。脂肪酸組成の分析は日本食品分析センターへ依頼した。肉の脂質はFolch et al. (1957)の方法に従って約3gのサンプルからクロロホルムメタノール(2:1, vol/vol) 80mLを用いて抽出した。メチル化した脂質のサンプルは、0.25mm×30m×0.25μmのキャピラリーカラム(DB-23)を備えたガス・クロマトグラフ(島津製作所 GC-1700, 京都, 日本)を用いて定量化した。カラムは10℃/分で50℃から170℃まで、そして1.2℃/分で170℃から210℃まで暖まるようにプログラムした。インジェクターと探知器温度は250℃とした。搬送ガスには1.5ml/分の流速のヘリウムを用いた。クロマトグラムはコンピューティングインテグレーター(島津製作所 C-R7A plus)で記録した。脂肪酸は標準の脂肪酸のメチル・エステルの相対的保有倍率を比較することによって識別し、相対的比率は合計したピーク面積の割合として決定した。

4 統計処理

得られたデータはStatview program (SAS社)を用いて処理し、平均±標準誤差で示した。有意差の検出にはANOVA & Fisher's PLSDを用いた。

結果

26週齢の発育成績を表1に示した。雄区と去勢区の体重、増体に差は認められなかった。雄区と去勢区は雌区よりも体重、増体が

有意に優れていた ($P < 0.05$)。雄区と去勢区の飼料摂取量と飼料要求率にほとんど差はなかった。雌区は飼料摂取量が最も少なく、飼料要求率が最も優れていた。

表-1. 26週齢の発育成績

	雌	去勢	雄
体重, g	2719 ± 324 ^b	3925 ± 326 ^a	4031 ± 232 ^a
日増体重, g (4-26週)	15.3 ± 2.0 ^b	19.3 ± 1.7 ^a	19.8 ± 1.2 ^a
飼料摂取量/羽/日 (4-26週)	103.2	144.3	145.7
飼料要求率 (4-26週)	6.5	7.0	6.7

平均値 ± 標準誤差. (n=15).

^{ab}同列の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

もも肉とむね肉の肉色の比較を表2に示した。もも肉では、去勢区のL*値が最も高く、去勢区と雌区のb*値は雄区より有意に高かった ($P < 0.05$)。去勢区と雌区のa*値は雄区より有意に低かった ($P < 0.05$)。むね肉に

おいても、去勢区のL*値は雄区より有意に高く、去勢区と雌区のa*値は雄区より有意に低かった ($P < 0.05$) が、b*値に差は認められなかった。

表-2. もも肉、むね肉の肉色

		雌	去勢	雄
もも肉	L* value	54.7 ± 0.6 ^b	57.8 ± 0.9 ^a	50.1 ± 0.5 ^c
	a* value	17.2 ± 0.5 ^b	16.5 ± 0.4 ^b	18.8 ± 0.2 ^a
	b* value	18.5 ± 0.4 ^a	19.4 ± 0.2 ^a	17.3 ± 0.4 ^b
むね肉	L* value	55.0 ± 0.5 ^{ab}	56.5 ± 0.6 ^a	54.5 ± 0.5 ^b
	a* value	6.1 ± 0.2 ^b	5.5 ± 0.2 ^b	6.6 ± 0.4 ^a
	b* value	15.2 ± 0.3	14.8 ± 0.4	14.3 ± 0.4

平均値 ± 標準誤差. (n=15).

^{ab}同列の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

もも肉とむね肉の一般成分の比較を表3に示した。もも肉では、去勢区は粗脂肪含量が最も高く、雄区より水分含量、粗蛋白質含量が有意に低かった ($P < 0.05$)。むね肉では、去勢区は粗脂肪含量が最も高く ($P < 0.05$)、

雄区より粗蛋白質含量が有意に低かった ($P < 0.05$)。すなわち去勢区の肉は雌の肉に匹敵するほど脂肪が多かった。

表-3. もも肉、むね肉の一般成分(%)

		雌	去勢	雄
もも肉	水分	73.4 ± 0.8 ^{ab}	72.2 ± 0.3 ^b	74.5 ± 0.3 ^a
	粗蛋白質	20.1 ± 0.2 ^c	21.0 ± 0.2 ^b	21.8 ± 0.2 ^a
	粗脂肪	4.6 ± 0.2 ^b	5.7 ± 0.3 ^a	3.7 ± 0.3 ^c
むね肉	水分	73.9 ± 0.3	73.3 ± 0.3	73.9 ± 0.2
	粗蛋白質	23.8 ± 0.6 ^b	24.4 ± 0.1 ^b	26.3 ± 0.2 ^a
	粗脂肪	0.8 ± 0.1 ^b	1.0 ± 0.1 ^a	0.7 ± 0.1 ^b

平均値 ± 標準誤差. (n=15).

^{a,b}同列の異符号間に有意差あり (P < 0.05)

もも肉の脂肪酸組成の比較を表4に示した。脂肪酸別に比較すると、去勢区は雄区よりステアリン酸 (C18:0)、アラキドン酸 (C20:4)、ドコサテトラエン酸 (C22:4)、ドコサペンタエン酸 (C22:5, n-3) が有意に低かった (P < 0.05)。雌区は雄区より有意にパルミチン酸 (C16:0) が高く、アラキドン酸 (C20:4)、ドコサテトラエン酸 (C22:4)、ドコサペンタエ

ン酸 (C22:5, n-3) が低かった (P < 0.05)。去勢区と雌区の脂肪酸に有意な差は認められなかった。また、飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸については3区間に有意な差は認められなかった。

表-3. もも肉の脂肪酸組成(%)

	雌	去勢	雄
ミリスチン酸 (C14:0)	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.6 ± 0.0
ミリストレイン酸 (C14:1)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.0
パルミチン酸 (C16:0)	24.0 ± 0.2 ^a	23.7 ± 0.9 ^{ab}	21.9 ± 0.2 ^b
パルミトレイン酸 (C16:1)	4.9 ± 0.4	4.4 ± 0.4	3.8 ± 0.4
ヘプタデカン酸 (C17:0)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
ステアリン酸 (C18:0)	7.5 ± 0.2 ^{ab}	7.0 ± 0.3 ^b	8.5 ± 0.6 ^a
オレイン酸 (C18:1)	39.5 ± 0.6	39.8 ± 0.6	37.5 ± 1.4
リノール酸 (C18:2, n-6)	17.8 ± 0.7	19.1 ± 2.5	20.4 ± 1.1
α-リノレン酸 (C18:3, n-3)	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.0	0.7 ± 0.0
エイコセン酸 (C20:1)	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.4 ± 0.0
エイコサジエン酸 (C20:2, n-6)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
エイコサトリエン酸 (C20:3, n-6)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
アラキドン酸 (C20:4, n-6)	1.7 ± 0.0 ^b	1.5 ± 0.2 ^b	2.6 ± 0.1 ^a
ドコサテトラエン酸 (C22:4, n-6)	0.3 ± 0.0 ^b	0.3 ± 0.0 ^b	0.5 ± 0.0 ^a
ドコサペンタエン酸 (C22:5, n-6)	—	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0
ドコサペンタエン酸 (C22:5, n-3)	0.2 ± 0.0 ^b	0.2 ± 0.0 ^b	0.3 ± 0.0 ^a
ドコサヘキサエン酸 (C22:6, n-3)	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.0
飽和脂肪酸	32.4 ± 0.3	31.7 ± 1.2	31.2 ± 0.8
不飽和脂肪酸	66.1 ± 0.2	67.1 ± 1.2	67.0 ± 0.8
一価不飽和脂肪酸	44.7 ± 1.0	44.6 ± 1.0	41.7 ± 1.8
多価不飽和脂肪酸	21.4 ± 0.9	22.5 ± 2.3	25.3 ± 1.1
不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸	2.04 ± 0.0	2.13 ± 0.0	2.15 ± 0.0

平均値 ± 標準誤差. (n=3).

^{a,b}同列の異符号間に有意差あり (P < 0.05)

去勢区と雌区の破断応力は雄区より有意に低かった (P < 0.01) (図1)。去勢区と雌区に差は認められなかった。それゆえ、去勢鶏の肉は雌と同じように柔らかく、雄では去勢鶏や雌よりも硬かった。大腿二頭筋の横断面を

2に示した。雄区では筋内膜の細網繊維が多く、筋内膜が厚かったが、去勢区と雌区では、雄区と比較して結合組織が少なく、筋内膜が薄かった。

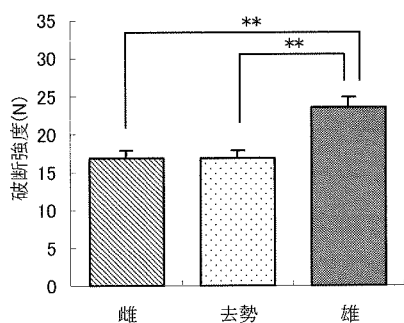


図-1. 大腿二頭筋の破断強度
平均値 ± 標準誤差. (n=3).

** , P < 0.01

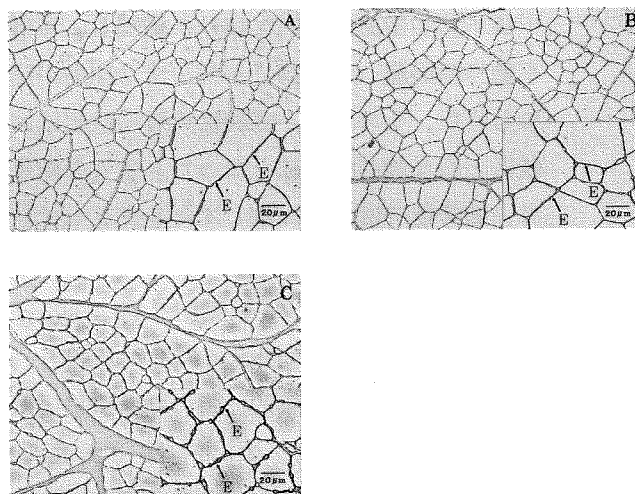


図-2 大腿二頭筋の筋肉組織

A: 雌 B: 去勢 C: 雄

E: Bar = 20 μm

考 察

去勢鶏では、去勢によってテストステロン濃度が減少し (Chen et al, 2005 ; 佐々木と出口, 1995 ; Rikimaru et al., 2009)、血中の脂質濃度が増加する (Hsieh et al., 2001) ことが報告されている。また、去勢は腹腔内脂肪量 (Cason et al., 1988; Fennel and Scanes, 1992; Chen et al., 2000ab, 2005; Ono et al., 1979; Rikimaru et al., 2009)、筋間、細胞間、皮下の脂肪 (Hsieh et al., 2001; 尾野ら, 1979) の蓄積をもたらすことが報告されている。それゆえ、本試験における去勢区の肉中の粗脂肪含量の増加は筋肉間、細胞間の脂肪の蓄積によるものと考えられる。Chen et al. (2000) は台湾鶏において26週齢の去勢鶏は16週齢の雌鶏よりも粗脂肪含量が多いことを報告しているが、本試験では去勢鶏は同じ週齢の雌よりも粗脂肪含量が多かった。この結果は去勢鶏では雌よりも多くの脂肪を蓄積することを示唆している。

ミオグロビン(タンパク質)は、筋肉中に存在し、肉の赤味や濃さの大きな要因である(中浜、1976)。また、肉色は日齢、性別、運動に

よっても影響を受ける(細野と鈴木、1989)。例えば、日齢とともにミオグロビンレベルは増加するため、日齢が進んだ動物は若い動物よりも肉の色が濃い。また、頻繁に動かす筋肉は通常、肉色が濃い。これは同じ動物でも筋肉の色が変化することを意味している。去勢鶏では、闘争、求愛、テリトリーを守ることに費やされるエネルギーが大きく減少する (Jacob and Mather, 2000) ことから、エネルギー代謝に必要な酸素が雄よりも少ないと推測される。したがって、本試験では、ミオグロビン含量を測定していないが、肉中のミオグロビン含量の減少によって去勢区の肉の赤味が減少し、明るみが増したものと思われる。さらに粗脂肪含量として示される筋肉間脂肪の蓄積の増加によって、去勢区の肉の黄色味が増したものと思われる。

去勢区の脂肪酸組成は雄区と比較してステアリン酸 (C18:0)、アラキドン酸 (C20:4, n-6)、ドコサテトラエン酸 (C22:4, n-6)、ドコサペンタエン酸 (C22:5, n-3) が減少した。さらに去勢区では、パルミトレイン酸 (C16:1) (P<0.35)、オレイン酸 (C18:1) (P<0.14)、

一価不飽和脂肪酸 ($P < 0.18$) が増加し、多価不飽和脂肪酸 ($P < 0.25$) が減少する傾向が認められた。その結果、去勢区の脂肪酸組成は雌区と似た脂肪酸組成となった。我々の結果は、去勢鶏では雄と比較してパルミトレイン酸 (C16:1)、オレイン酸 (C18:1) が増加し、ステアリン酸 (C18:0)、 α -リノレン酸 (C18:3, n-3) が減少するという岡本(1973)の報告と一部一致していた。一般的に鶏の脂肪酸組成はパルミチン酸 (C16:0)、オレイン酸 (C18:1)、リノール酸 (C18:2) が主な構成 (沖谷, 1996) であり、本試験で有意差が認められた脂肪酸はこれら3つの脂肪酸よりも割合が低く、そのため全飽和脂肪酸や全不飽和脂肪酸の割合への影響が認められなかったと考えられる。この結果は、台湾の去勢鶏について報告している Chen et al. (2000) の結果とも一致している。

破断応力では、去勢区の肉が雄区よりも柔らかく、雌区と同じような柔らかさとなった。Mast et al. (1981) もせん断テストによって、去勢鶏の肉は雄より柔らかく、もも肉において最も柔らかさの違いがあることを確認している。肉の硬さは結合組織の量 (沖谷, 1992) によって大きく影響を受け、筋内膜や筋周膜が厚いと肉が硬く、薄いと肉が柔らかくなる。例えば、ブロイラーに比べて「歯ごたえ」があるとされる名古屋コーチンでは、ブロイラーより筋内膜の細網繊維が多く、筋内膜が厚い (尾関ら, 1992)。また、もも肉の破断強度では、名古屋コーチンの方がブロイラーより硬い (尾関ら, 1994)。我々は、大腿二頭筋の組織を比較した結果、雄区では筋内膜の細網繊維が多く、筋内膜が厚いが、去勢区では、雌区と同様に細網繊維が少なく、筋内膜が薄いことを確認した。この結果は、去勢鶏が雄よりも柔らかいということを組織学的に

裏付けている。

以上の結果から、比内地鶏を去勢することによって、雄の肉は雌のような肉に変化し、肉質が向上することが明らかとなった。また、前報 (Rikimaru et al., 2009) において去勢による体重への影響がないことを確認していることから、去勢によって未利用である比内地鶏の雄びなを有効に活用できることが示唆された。

謝 辞

本研究は財団法人旗影会の平成19年度研究助成によるものです。

参考文献

- Cason JA, Fletcher DL and Burk WH. Effect of caponization on broiler growth. *Poultry Science*, 67:979-981. 1998.
- Chen KL, Wu CP and Hong YM. 2000b. Meat quality and carcass traits of capon in comparison with intact male and female Taiwan country chickens. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 29:77-88. 200.
- Chen KL, Chi WT and Chiou PWS. Caponization and testosterone effects on blood lipid and lipoprotein in male chickens. *Poultry Science*, 84:547-552. 2005.
- Fennel MJ and Scans CG. Inhibition of growth in chickens by testosterone, 5 α -dihydrotestosterone, and 19-nortestosterone. *Poultry Science*, 71:357-366. 1992.
- Folch J, Lees M and Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal

- tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 467-509. 1957.
- Jacob J. and Mather FB. Capons. Department of Animal Science, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Service, University of Florida. 2000.
- 細野明義・鈴木敦士. 畜産加工. 63項. 朝倉書店. 東京. 1976.
- Hsieh CY. Chen KL and Chiou PWS. The lipoprotein composition and structure of capon and incomplete caponized Taiwan country chicken. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 30:229. 2001.
- Mast MG. Johdan HC and Macneil JH. The effect of partial and complete caponization on growth rate, yield and selected physical and sensory attributes of cockerels. *Poultry Science*, 60:1827-1833. 1981.
- 中浜信子. 調理の科学. 92項. 三共出版株式会社. 東京. 1976.
- 岡本正夫. 雄鶏の去勢および甲状腺除去がその体脂肪に及ぼす影響. IV. 脂肪酸組成の変動について. *九大農学芸誌*. 27:147-164. 1973.
- 沖谷明紘・松石昌典・西村敏英. 食肉のおいしさと熟成. *調理科学*. 25 (4):314. 1992.
- 沖谷明紘. 肉の科学. 102-103項. 朝倉書店. 東京. 1996.
- 奥山善徳. 肉用鶏の仕立てと去勢の方法. 畜産の研究. 第7巻. 715-717項. 養賢堂. 東京. 1953.
- 尾野喜孝、岩元久雄、高原斉、岡本正夫. 去勢鶏の骨格筋成長に関する研究. I 骨格筋, 腹脂肪, 筋間脂肪, 皮膚, 骨および内臓の重量変動. *九大農学芸誌*, 34: 39-46. 1979.
- 尾関教生・吉田行夫・加藤貞臣・河村孝彦・坪内涼子・柴田幸雄・伊藤秀夫・申七郎. 名古屋コーチン (名古屋種) 鶏肉の食品組織学的特性 (第2報) — コーチンも肉の組織構造とその成分について— *調理科学*, 27 (3):183-190. 1994.
- Rikimaru K. Yasuda M. Komastu M. and Ishizuka J. The effects of caponization on growth performance and carcass characteristics in Hinai-jidori. *Journal of Poultry Science*, 2009.
- 佐々木健二・出口裕二. 肉用鶏における去勢とその影響. *三重県畜産試験場研究報告*, 12:19-25. 1995.
- York LR and Mitchell JD. The effect of estradiol-17 β -monopalmitate and surgical caponization on production efficiencies, yields and organic characteristics of chicken broilers. *Poultry Science*, 48:1532-1536. 1969.

飼料作物奨励品種選定試験
—飼料用とうもろこし（平成20年度）—

植村 鉄矢

要 約

種子が市販されている飼料用とうもろこしについて、県内に適する品種を選定するため、15品種について調査した。

標準品種の生育状況を平年と比較してみると、発芽に要した日数は、平年並みであった。播種後40日目に調査した初期生育は、降水量及び日照時間が平年を下回ったことから草丈が平年よりも低かった。

こうした中で、TH472、KD570、34N84、KD660及びTX448の乾物収量が標準品種と比較して多かったが、それ以外の品種は標準品種と同程度またはそれ以下であった。

緒 言

東北地域向けに販売または育成されている飼料用とうもろこしの品種について、その生育特性を調査し、本県の環境に適応した能力の高い品種を奨励品種として補完するため、品種選定試験を実施した。

なお、本試験は東北6県による「飼料用とうもろこしの品質評価に関する協定試験」として実施しており、本報の標準品種は東北6県の比較基準となる品種である。

材料および方法

1 試験期間

平成20年5月8日～9月20日

2 試験場所

秋田県農林水産技術センター畜産試験
場圃場

3 試験圃場の構成

15m² (3m×5m) 3反復/1品種

4 栽培概要

1) 栽培密度

相対熟度118日以下の品種

7,018本/10a

相対熟度119日以上品種

6,061本/10a

1区当たり5畦、畦間75cmとして2粒点播1本仕立てとした。

2) 施肥

表-1に示すとおりである。

表-1 施肥量

(kg/10a)

区分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	堆肥	苦土石灰	熔燐
基肥	12	24	12	4,000	100	60
追肥	0	0	0	0	0	0

3) 播種日

平成 20 年 5 月 8 日

4) 供試品種

表-2に示すとおり、県の奨励品種3品種を含む15品種について調査した。

表-2 供試した飼料用トウモロコシ品種・系統

		品種・系統	相対熟度 (カタログ値)	販売メーカー 育成場所	
1	極 早 生	標準	TH667	95~100	タキイ種苗
2			TH472	100	タキイ種苗
3	早 生	標準 奨励	36B08	106	パイオニア
4			HE0679	105	雪印種苗
5			KD570	107	カネコ種苗
6			33N29	108	パイオニア
7			34N84	110	パイオニア
8			LG3520	110	雪印種苗
9	中 早 生	標準 奨励	セシリア	115	パイオニア
10			KD660	116	カネコ種苗
11			SH7701	120	雪印種苗
12			TX448	120	タキイ種苗
13	中 生	標準	32F27	126	パイオニア
14			31P41	122	パイオニア
15			ゆめそだち	125	九州農研・タキイ種苗

注) 標準: 標準品種(東北6県で協定試験として実施している中で標準的な生育特性、収量性を示し、他品種との標準比較となる品種)

奨励: 秋田県奨励品種

5) 調査方法

牧草・飼料作物系統適応性試験実施要領に準じた1)。

結果および考察

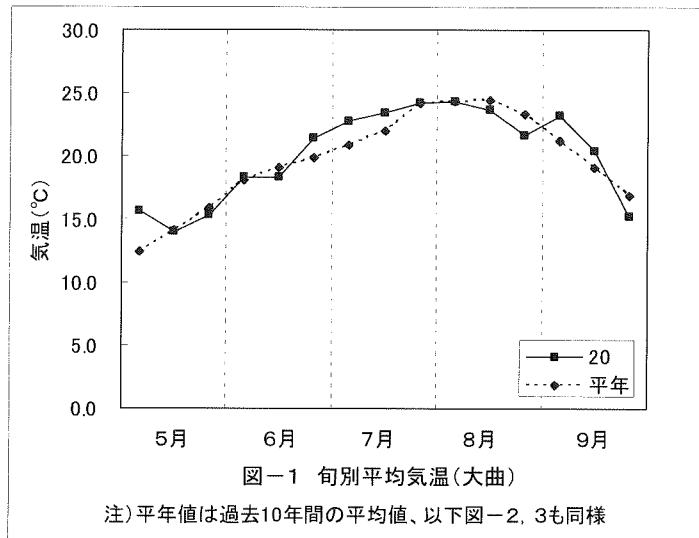
1 栽培期間中の気象の特徴

平成 20 年 5 ~ 9 月の状況について近隣の気象庁大曲観測所のデータを参考として、旬別の平均気温、日照時間及び降水量を図-1から3に示した。なお、平年値として過去 10

年間の平均値を用いた。

1) 気温

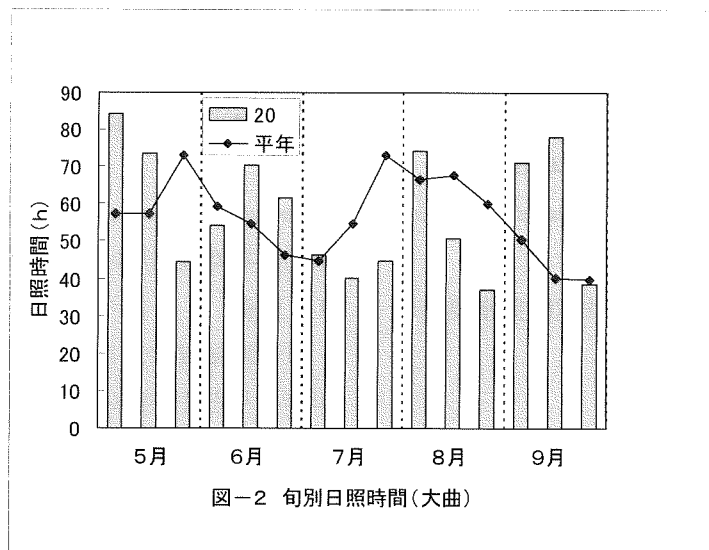
日平均気温は、5月中旬から6月中旬まで平年よりもやや低い日が多く続いた。6月下旬から7月中旬までは平年よりも高く、7月下旬から8月上旬は平年並みであった。真夏日は、13日あった。8月中旬から下旬にかけては平年よりも低く、9月上中旬は高く下旬は低く推移した。



2) 日照時間 (日射量)

他の月旬は、平年よりも長かった。

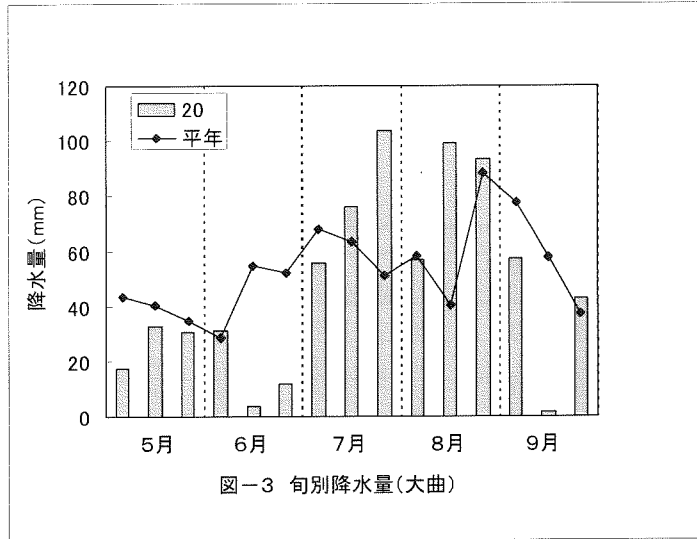
5月下旬、7月中、下旬、8月中旬及び9月下旬の日照時間が平年よりも短かった。



3) 降水量

年よりも多かった。また、9月に入ってから、少なく推移した。

7月上旬まで平年よりも降水量は少なかった。7月中旬から8月下旬にかけては平



2 生育および収量特性

本年度の生育および収量特性について表-3に示した。

播種後の気温が平年よりもやや低く推移したが、発芽に要した日数は9~10日と平年並であった。

播種後40日(6月18日)の生育調査では、平年よりも草丈が20cmほど短かった。これは、気温のやや低い日が続いたこと、日照不足、降水不足が重なったためと考えられる。

初期生育の草丈は、34N84が標準品種に比較して8cm程度、KD660が7cm程度長かったが、それ以外の品種については、標準品種並又はそれ以下であった。

収穫調査の結果から稈長は平年より短かったが、乾物収量は平年並みが確保された。これは初期生育期の天候が悪かったものの、以降の天候が比較的良好であったためと考えられる。また、TH472及びゆめそだちで約20%程の倒伏が見られた。

表-3 生育特性

No	品種・系統	初期生育草丈 (cm)	収穫月日 (月日)	収穫熟度	倒伏 (%)	折損 (%)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	生総重量 (kg/10a)	標比 (%)
1	標準 TH667	48.3	9/8	黄後	0.0	0.0	248	124	3,884	100
2	TH472	36.6	9/10	黄後	21.0	2.0	213	134	4,293	111
3	標準 36B08	46.4	9/9	黄後	6.0	5.0	246	134	4,090	100
4	早 HE0679	42.2	9/9	黄後	2.0	2.0	183	122	4,589	112
5	早 KD570	37.9	9/9	黄後	3.0	1.0	214	111	4,195	103
6	早 33N29	40.1	9/11	黄後	2.0	1.0	211	125	4,293	105
7	早 34N84	50.4	9/11	黄後	0.0	1.0	225	132	4,484	110
8	早 LG3520	46.0	9/11	黄後	1.0	0.0	235	137	4,683	114
9	標準 セシリア	50.1	9/16	黄後	1.0	2.0	228	159	4,565	100
10	中早生 KD660	57.2	9/16	黄後	0.0	2.0	257	179	6,071	133
11	中早生 SH7701	40.2	9/16	黄後	0.0	4.0	283	172	5,457	120
12	中早生 TX448	39.7	9/29	黄後	0.0	7.0	238	164	5,919	130
13	標準 32F27	45.4	9/17	黄後	0.0	1.0	248	157	5,357	100
14	中生 31P41	44.3	9/16	黄後	0.0	1.0	241	156	5,119	96
15	中生 ゆめそだち	42.7	9/29	黄後	20.0	14.0	255	156	5,002	93

注)病害はエリオット&ジェンキンス法 0無~5甚

乾物収量は、TH472、KD570、34N84、KD660 それ以外の品種は標準品種と同程度またはそ
及び TX448 が標準品種と比較して多かったが、 れ以下であった。

表4 収量特性

No	品種・系統		生総重量		乾物収量				乾雌穂 重割合 (%)	栄養収量			
			(kg/10a)	標比 (%)	茎葉 (kg/10a)	雌穂 (kg/10a)	総重 (kg/10a)	標比 (%)		DCP (kg/10a)	TDN (kg/10a)	標比 (%)	
1	極 早 生	標準	TH667	3,884	100	907	1,071	1,978	100	54.1	115	1,386	100
2			TH472	4,293	111	980	1,221	2,201	111	55.5	129	1,550	112
3	早 生	標準	36B08	4,090	100	947	1,182	2,129	100	55.5	125	1,500	100
4			HE0679	4,589	112	1,037	1,030	2,067	97	49.8	119	1,425	95
5			KD570	4,195	103	1,267	1,016	2,284	107	44.5	129	1,543	103
6			33N29	4,293	105	905	1,072	1,977	93	54.2	115	1,386	92
7			34N84	4,484	110	1,002	1,156	2,158	101	53.6	126	1,509	101
8			LG3520	4,683	114	1,011	1,018	2,029	95	50.2	117	1,401	93
9	中 早 生	標準	センリア	4,565	100	1,287	1,089	2,376	100	45.8	135	1,614	100
10			KD660	6,071	133	1,939	1,451	3,390	143	42.8	190	2,276	141
11			SH7701	5,457	120	1,235	1,104	2,339	98	47.2	133	1,597	99
12			TX448	5,919	130	2,118	1,474	3,592	151	41.0	200	2,395	148
13	中 生	標準	32F27	5,357	100	1,648	1,263	2,911	100	43.4	163	1,959	100
14			31P41	5,119	96	1,242	1,336	2,578	89	51.8	149	1,791	91
15			ゆめそだち	5,002	93	1,262	1,124	2,385	82	47.1	136	1,628	83

注) TDNは改良新得方式による

文 献

- 1) 独立行政法人畜産草地研究所, 2001.
飼料作物系統適応性検定試験実施要領 (改訂
5版). 畜産草地研究所平成 13-1 資料. 農林
水産技術会議事務局

飼料作物奨励品種選定試験

—飼料用稲（平成20年度）—

植村 鉄矢

要 約

飼料用稲について本県の環境に適応した能力の高い品種を秋田県飼料用稲奨励品種として選定するため、現行の奨励品種である「ふくひびき」及び「夢あおば」を含む4品種について、生育及び収量について調査した。

出穂日は「べごのみ」が最も早く、「ふくひびき」、「夢あおば」、「べこあおば」の順であった。乾物収量は「夢あおば」が最も多く、次いで「べごのみ」が多かった。

以上の結果から、乾物収量で現行の奨励品種である「夢あおば」を上回る品種はなかったが、「べごのみ」は「ふくひびき」のそれを上回った。出穂時期は、現行の奨励品種と比べて「べごのみ」が早く「べこあおば」は遅いことから、収穫期間の拡大が期待される。

緒 言

飼料稲は水田農業の振興と自給飼料基盤の拡大に有効な作物として位置づけられており、本県においても平成20年作付け面積は583.5haと取り組みは拡大してきている。しかし、品種別栽培面積をみると食用米品種である「あきたこまち」が64%と最も多く、飼料用稲専用品種は27%にすぎない。今後、飼料用稲の定着を図るためには食用米品種に比べて多収性、耐病性、耐倒伏性に優れている飼料用稲専用品種の普及が必要である。

そこで、本県の環境に適応した能力の高い品種を奨励品種として選定するため、飼料用稲専用品種として育成された2品種および現行の奨励品種である「ふくひびき」及び「夢あおば」について生育及び収量について調査を行った。

材料および方法

1 試験期間

平成20年5月23日～9月11日

2 試験場所 大仙市神宮寺大巻

3 試験圃場の構成

1区画 120.96m² (4.8×25.2m)

4 栽培概要

1) 栽植密度 17.1株/m²

2) 施肥 (10a 当たり)

窒素 8kg、リン酸 8kg、加里 8kg、堆肥 4 t (連用3年目)

追肥 なし

3) 播種日および移植日

播種日：平成20年4月20日

移植日：平成20年5月23日

5 供試品種

飼料用稲専用品種として育成された「べごのみ」及び「べこあおば」の2品種と県の奨励品種に指定されている「ふくひびき」及び「夢あおば」の合計4品種

6 生育及び収量調査

生育調査は草丈、茎数及び葉色 (SPAD値) を測定した。収量調査は黄熟期に水分、全重、桿長、穂長、穂数、収量、穂

割合等について測定した（秋田県農政部 2001）。

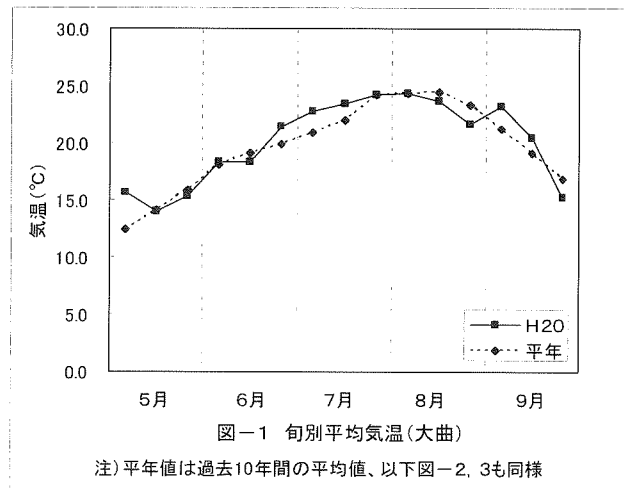
結果および考察

1 栽培期間中の気象の特徴

平成 20 年 5～9 月の状況について近隣の気象庁大曲観測所のデータを参考として、旬別の平均気温、日照時間及び降水量を図-1 から 3 に示した。なお、平年値として過去 10 年間の平均値を用いた。

1) 気温

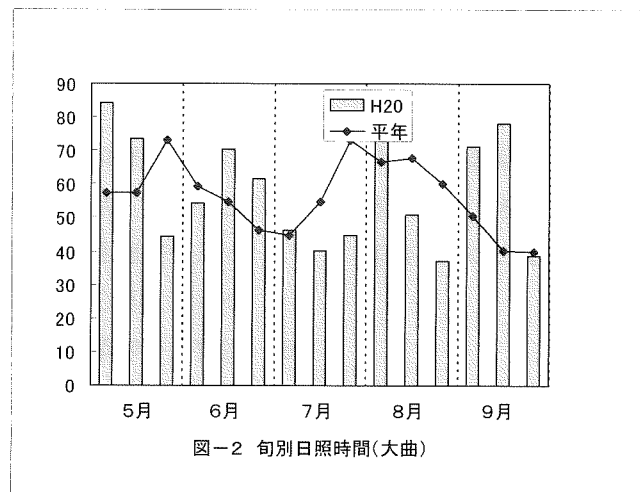
平均気温は、5 月は平年並みであった。6 月は平年よりも平均で 1.6℃高かった。しかし 7 月は平年よりも低い日が多く、平均で 0.5℃低かった。8 月 1 日から 20 日までは真夏日が 8 日間あり、平均では平年よりも 1.1℃高かった。9 月に入ってから収穫期までは平均で 2.8℃高く推移した。



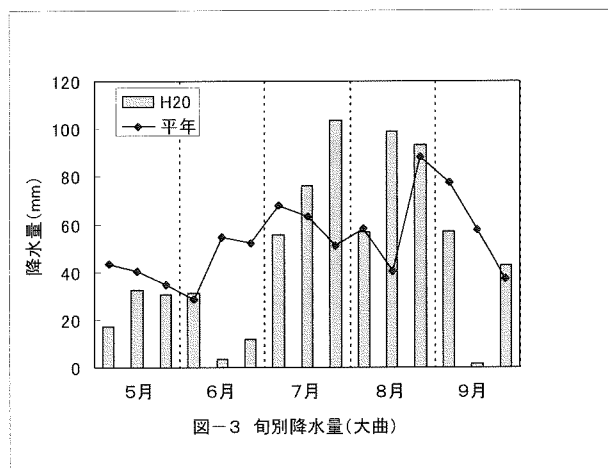
2) 日照時間 (日射量)

5月と7月は平年並みであったが、6月は

平年の 185%と長かった。8月、9月は平年並みであった。



3) 降水量 平年の54%と少なかった。8月、9月は平年
5月と6月は平年並みであったが、7月は よりも多く推移した。



2 生育および収量調査

生育調査の結果は表1に示した。「べこごのみ」は、期間を通じて草丈が高かったが、茎数は最も少なかった。「べこあおば」は、期間を通じて草丈が最も低く推移した。茎数も「ふくひびき」よりも少なく、「夢あおば」よりは多かった。

いずれの品種も倒伏はなく、SPAD値が7月21日時点で「ふくひびき」が40を若干下回

ったが、他の品種は40以上であった。当該圃場は、平成14年度から元肥として10アール当たり窒素で8kgの複合肥料と2tの堆肥を施用し、追肥として窒素で3kgの複合肥料を施用していたものであるが、平成19年度から堆肥の施用量を4tに増やし、今年度は追肥を行わなかった。SPAD値がこれまで維持されているのは、堆肥の効果と考えられる。

表1 生育調査結果

品種・系統名	調査項目	6月10日	6月20日	6月30日	7月8日	7月21日	7月31日
夢あおば	草丈(cm)	24.1	31.7	47.2	66.6	82.7	98.1
	茎数(本/株)	4.0	9.6	20.5	24.0	23.8	20.1
	SPAD値				43.5	40.7	37.5
ふくひびき	草丈(cm)	25.4	35.0	47.4	66.8	81.3	94.8
	茎数(本/株)	5.0	14.4	38.1	35.2	35.4	27.5
	SPAD値				40.9	39.5	38
べこあおば	草丈(cm)	25.0	37.6	46.5	62.5	77.2	89.4
	茎数(本/株)	4.1	12.8	24.3	33.2	31.6	24.2
	SPAD値				45.8	44.1	41.3
べこごのみ	草丈(cm)	24.2	35.0	50.6	69.4	84.1	111
	茎数(本/株)	4.2	8.7	20.2	21.6	21.4	19.8
	SPAD値				41.9	42.4	38.1

収量調査の結果は表2に示したとおりである。出穂日は「ゆめあおば」が7月31日と最も早く、「ふくひびき」が8月5日、「夢あおば」が8月7日、そして「べこあおば」が8月12日であった。

稈長は「べこごのみ」が89.0cmと最も高く、穂数は「ふくひびき」が353本/m²と最も多かった。乾物収量は「夢あおば」が1,370.4kg/10aと最も多く、次いで「べこあおば」、「ふくひびき」の順に多かった。

表2 収量調査結果

品種・系統名	出穂日	刈取日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	収量(kg/10a)		水分 %	乾物穂 割合%
						現物	乾物		
べこごのみ	7月31日	8月29日	89.0	18.4	295.9	3,752.6	1,168.5	68.9	53.7
ふくひびき	8月5日	9月2日	80.4	18.4	353.8	3,663.9	1,203.9	68.0	50.6
夢あおば	8月7日	9月4日	88.4	20.1	289.8	3,906.8	1,370.4	64.9	42.8
べこあおば	8月12日	9月11日	73.3	17.3	334.7	3,610.5	1,224.2	66.1	52.7

平成20年度の試験結果から、「べこごのみ」及び「べこあおば」は、収量的には現行奨励品種と比較して大きく上回るものではなかったが、現行奨励品種間で収穫時期にほとんど

差が無かったものが、「べこごのみ」と「べこあおば」を組み合わせることにより、8月下旬から9月中旬まで収穫期間の拡大が期待されることから、有望な品種と考えられる。

文 献

秋田県農政部. 2001. 平成13年度稲作指導指針.