

稲発酵粗飼料および粉碎玄米の給与が短期肥育した黒毛和種去勢牛の 発育および肉質に及ぼす影響

高橋英太・関 誠・村松克久¹・島津是之²

新潟県農業総合研究所畜産研究センター

現：¹新潟県農林水産部経営普及課,²新潟県新発田地域振興局農業振興部

Effects of feeding whole crop rice silage and crushed brown rice on growth performance and meat quality of short-term fattening Japanese black steers

Eita TAKAHASHI, Makoto SEKI, Katsuhisa MURAMATSU and Yoshiyuki SHIMAZU

Niigata Agricultural Research Institute Livestock Research Center

要約 イネ WCS および粉碎玄米の給与が肥育牛の発育、牛肉品質および牛肉脂質の脂肪酸組成、脂質酸化に及ぼす影響について検討を行った。粗飼料として肥育中期を除く肥育前・後期にイネ WCS を給与し、濃厚飼料として粉碎した玄米を 20%含む配合飼料を給与したところ、増体重および枝肉成績に差はなかった。また、筋間脂肪ではミリストレイン酸割合が高くなり、胸最長筋内脂肪ではリノール酸割合が低下した。さらに、胸最長筋の α -トコフェロール含量は高くなり、脂質酸化抑制効果がみられた。以上のことから、イネ WCS と飼料用米を同時に用いると、慣行と同等の品質の牛肉を生産することが可能であり、さらに牛肉の脂質酸化が抑制できると考えられた。

近年、飼料原料価格の高騰が和牛肥育経営を圧迫しており、飼料コスト低減のため、稲発酵粗飼料（以下、イネ WCS）および飼料用米の利用拡大、並びに肥育期間の短縮が技術的な課題となっている（酪近計画 2010）。

牛肉の食味と関係が深い（Mandell ら 1998, 片岡ら 2008）とされる脂肪酸組成については、特に飼料用米の給与がオレイン酸等の不飽和脂肪酸割合を向上させるという報告（三上ら 2012）があり、飼料用米の給与効果として期待されている。一方、脂肪酸組成に影響がない（野村ら 2011, 丸山ら 2003）等の異なる結果が報告されており、未だ検討が十分とはいえない。また、イネ WCS と飼料用米の肥育前・後期同時給与が肉質に及ぼす影響について、検討した報告はみられない。

肥育期間の短縮については、出荷月齢が若いとオレイン酸割合が低いことが報告（片岡ら 2008）されているため、肥育期間を短縮してもオレイン酸等の不飽和脂肪酸割合を低下させない技術が求められる。

さらに、不飽和脂肪酸は酸化されやすく、食品の風味を損なうなど（高村 2007）、流通、消費段階での品質保持が課題となる。

一方、イネ WCS に含まれるビタミン E により、牛肉の脂質酸化が抑制される（三津本 1995）ことが確かめられていることから、ビタミン E を多く含むイネ WCS 給与により、

不飽和脂肪酸の酸化抑制効果が期待されるとともに、「コシヒカリ」のイネ WCS においても牛肉品質保持効果が期待される。

そこで、「コシヒカリ」イネ WCS および粉碎玄米の給与が肥育牛の発育、牛肉品質および牛肉脂質の脂肪酸組成、脂質酸化に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法

1. 飼養試験

供飼牛は黒毛和種去勢牛を 8 頭用い、慣行区と試験区に各 4 頭を配置した。飼養形態は 2 頭群飼とした。

給与飼料は表 1 のとおりとした。試験区には粗飼料として、肥育中期を除く肥育前・後期にイネ WCS を給与し、肥育中期は乾燥稲わらを給与した。対照として、慣行区には肥育前期にはチモシー乾草を、肥育中・後期には乾燥稲わらを給与した。試験区の濃厚飼料には、粉碎した玄米を圧ペントウモロコシと置き換えて現物当たり 20%の割合で混合して給与した。出荷月齢は、概ね 27 か月齢での出荷とし、4 週間に 1 回の間隔で体重を測定した。

表1 肥育牛に対するイネWCSおよび粉碎玄米の1頭1日あたり給与量

区分	飼料の種類	肥育前期 (10-12か月齢)	肥育中期 (13-19か月齢)	肥育後期 (20か月齢以降)
飼料米・イネWCS 給与区(試験区)	濃厚飼料(粉碎飼料用玄米20%添加)	制限給与(～7.0kg)	飽食	飽食
	粗飼料	チモシー乾草(1.5kg) イネWCS(1.5kgADM)	乾燥稲わら(1.5kg)	イネWCS(1.5kgADM)
慣行区	濃厚飼料(圧ペントウモロコシ添加)	制限給与(～7.0kg)	飽食	飽食
	粗飼料	チモシー乾草(3.0kg)	乾燥稲わら(1.5kg)	乾燥稲わら(1.2kg)

2. イネ WCS の調製

品種は「コシヒカリ」を用い、収穫、梱包は完熟期にフレール型専用収穫機（ヤンマー、大阪）で行い、ラップフィルムで密封し、サイレージとした。

3. 飼料用米の調製

品種は「北陸 193 号」, 「コシヒカリ」, およびその他食用品種を用いた。粉碎は、乾燥後砕りした玄米を飼料用粉碎機（株式会社ナカトミ、長野）で行った。

4. イネ WCS の β-カロテンおよび α-トコフェロール含量

給与に用いたロールごとに、開封時に試料を採取し、脱気密封後、分析まで-20℃で保存した。分析は、凍結乾燥後粉碎した試料を用いて、定法（粗飼料の品質評価ガイドブック、2001）に準じて、高速液体クロマトグラフィー（株式会社島津製作所、京都）を用いて行った。

5. 血液中ビタミン A 濃度

採取した血液から血漿を分離し、定法（ビタミン学実験法 [I]）に従い、高速液体クロマトグラフィー（株式会社島津製作所、京都）を用いて行った。

6. 牛肉脂質の脂肪酸組成

牛肉は、筋間脂肪および胸最長筋について、第 6-7 胸椎付近の部位から採取し、Folch らの方法に従って脂質を抽出し、分析に供した。

メチルエステル化は脂肪酸メチル化キット（ナカライテスク、京都）を用いて行った。測定は、ガスクロマトグラフィー（株式会社島津製作所、京都）で行った。同定はミリスチン酸、ミリストレイン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸の 7 種の脂肪酸についておこない、各脂肪酸のピーク面積の合計を 100% として各脂肪酸の割合を求めた。

7. 牛肉の脂質酸化

と畜後 1 週間経過時点での-20℃で凍結保存した胸最長筋を試験に供した。試験は 20g 程度にスライスしたものを並べたアルミバットを、食品用ラップフィルムで覆い、4℃、遮光条件下で 10 日間保存し、0, 4, 7, 10 日目の試料を TBA 法（食肉の官能評価ガイドライン 2005）によって分析した。

表2 粉碎玄米とイネWCSを給与した牛の増体及び枝肉格付成績

区分	頭数	出荷月齢	増1体重あたり	枝肉重量	胸最長筋面積	バラの厚さ	背脂肪の厚さ	歩留基準値	脂肪交雑	肉色	しまり	きめ
	(頭)	(か月)	(kg/日)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(%)	(BMS No.)	(BCS No.)		
試験区	4	26.5	0.91	499	57.0	8.4	3.4	73.1	6.3	3.5	3.8	3.8
慣行区	4	26.7	0.89	488	59.0	8.5	2.7	74.3	8.3	3.5	4.8	4.8
(参考)全国平均	258,575	29.3		474	55.8	7.7	2.4	73.7	5.6	3.9		3.7

全国平均の出荷月齢は新潟県農林水産統計年報（H22-23）、他の数値は日本食肉格付協会牛枝肉、出荷県別格付結果情報(H22年次)を参考にした。

結果および考察

1. 増体重および枝肉成績

肥育全期間の日増体重および枝肉格付成績は、両区間に有意な差は認められなかった。また、肥育期間を短縮した両区は、日本食肉格付協会調査結果の枝肉格付成績の平均（牛枝肉格付結果 2010）と比べて、いずれの項目においても遜色ない成績であった（表 2）。

イネ WCS および飼料用米の給与のいずれにおいても、増体および肉質に影響はないという結果が報告されている（篠田 2007, 丸山ら 2003, 三上ら 2012）。今回の結果から、肥育牛に対して肥育前・後期に「コシヒカリ」イネ WCS を、肥育全期間に粉碎玄米を給与しても、増体重および枝肉格付成績には影響がなく、肥育期間を短縮できることが確かめられた。

2. 筋間脂肪および胸最長筋の脂肪酸組成

筋間脂肪および胸最長筋内脂肪の脂肪酸組成を比較したところ、慣行区に比べて、筋間脂肪ではミリストレイン酸が多く、胸最長筋ではリノール酸が少なかった（表 3）。また筋間脂肪ではパルミチン酸が増加する傾向（ $p = 0.08$ ）が見られた。

表3 筋間脂肪および胸最長筋内脂肪の脂肪酸組成(%)

脂肪酸種	筋間脂肪			胸最長筋		
	慣行区	試験区	p値	慣行区	試験区	p値
ミリスチン酸	1.4	1.9	0.25	2.0	2.3	0.39
ミリストレイン酸	0.4 ^b	0.8 ^a	0.02	0.5	0.8	0.08
パルミチン酸	23.0	26.5	0.08	26.0	27.8	0.13
パルミトレイン酸	4.1	4.6	0.49	4.1	4.3	0.65
ステアリン酸	10.2	8.7	0.14	9.7	8.9	0.19
オレイン酸	59.2	56.2	0.19	55.6	54.5	0.44
リノール酸	1.7	1.3	0.17	2.2 ^a	1.5 ^b	0.02
一価不飽和脂肪酸	63.7	61.6	0.28	60.2	59.6	0.60
不飽和脂肪酸	65.4	62.9	0.21	62.4	61.0	0.29
飽和脂肪酸	34.6	37.1	0.21	37.6	39.0	0.29

異符号間に有意差あり(a,b: $p < 0.05$)

肥育後期におけるイネ WCS と粉碎玄米の単独給与および同時給与が牛肉の脂肪酸組成に与える影響について、篠田らが検討しており、イネ WCS 単独給与では腎周囲脂肪のパルミチン酸、飽和脂肪酸割合が増加し、オレイン酸、不飽和脂肪酸割合が減少するとともに、イネ WCS と米ぬかおよび粉碎玄米を同時に給与しても同様の結果となることを報告している。また、野村ら（2001）は、肥育後期に飼料用米を給与するとリノール酸が減少することを報告している。その機序については明らかでないが、本試験においても、筋間脂肪でパルミチン酸が増加する傾向が見られるとともに、胸最長筋でリノール酸が減少していることから、イネ WCS および粉碎玄米を給与した影響であると考えられた。

3. イネ WCS のβ-カロテン含量および血漿中ビタミン A 濃度の変化

肥育前期および肥育後期に給与したイネ WCS のβ-カロテンおよびα-トコフェロール含量を表 4 に示した。

表4 給与したイネWCSのβ-カロテン及びα-トコフェロール含量(mg/kgDM)

区分	β-カロテン	α-トコフェロール
イネ WCS (肥育前期給与)	11.7 ± 2.4	127.3 ± 68.5
イネ WCS (肥育後期給与)	14.0 ± 8.4	224.1 ± 112.9

平均±標準偏差

これらのイネ WCS と粉碎玄米を給与した肥育牛の血漿中ビタミン A 濃度（図 1）は、全期間を通して慣行区との間に有意な差はなかったが、イネ WCS を給与した肥育前後期は慣行区と比べて高く推移し、肥育中期は慣行区に比べて血漿中ビタミン A 濃度が速く低下する傾向がみられた（表 5; $p < 0.07$ ）。

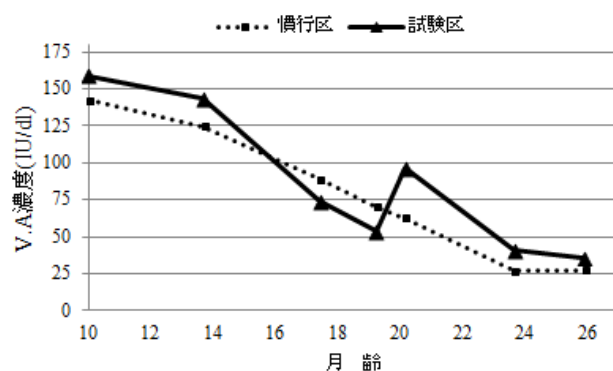


図1 粉碎玄米とイネWCSを給与した肥育牛の血漿中ビタミンA濃度の推移

表5 肥育中期の血漿中ビタミンA濃度の減少

区分	血漿中V.A濃度		
	前期終了時	中期終了時	減少量
試験区	144	54	-90 [†]
慣行区	125	70	-54 [†]

有意傾向あり(†: $p = 0.07$)

ビタミン A の前駆物質であるβ-カロテンが玄米に含まれる量は、圧ペントウモロコシに比べて少ない。粗飼料が乾燥稲わらのみとなる肥育中期に玄米を給与すると、血中ビタミン A 濃度の減少量が多いことが報告されている（三上ら 2012, 野村ら 2011）。本試験においては、玄米を圧ペントウモロコシと置き換え給与しており、そのため、肥育中期には、飼料由来のβ-カロテン摂取量が少なくなったため、血漿中ビタミン A 濃度の減少が速くなったと考えられた。

4. 胸最長筋の α -トコフェロール含量と脂質酸化

胸最長筋の α -トコフェロール含量は、慣行区に比べて有意に多かった(表6)。また、脂質酸化の程度を示すTBARS値を比較したところ、保存日数0,4,7,10日のいずれにおいても有意に低く、脂質酸化が抑制されていた(図2)。

表6 粉碎玄米とイネWCSを給与した牛の胸最長筋中 α -トコフェロール含量

区分	α -トコフェロール含量 (mg/kg)
試験区	5.5 ^A
慣行区	3.5 ^B

異符号間に有意差あり(A,B:p<0.01)

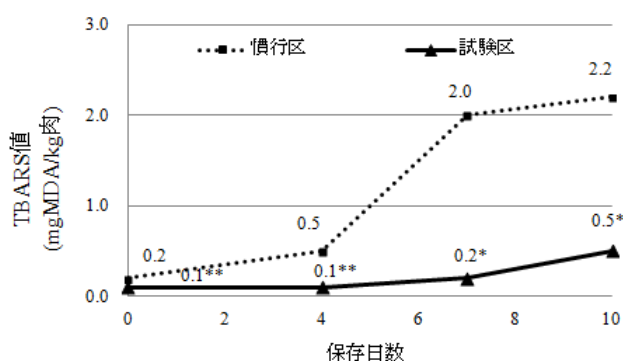


図2 胸最長筋TBARS値の推移
同一の保存日数区分内に有意差あり(*:p<0.05, **:p<0.01)

肥育牛へのビタミンE製剤の投与は、牛肉の品質保持に効果が高く、半腱様筋中にビタミンEの一種である α -トコフェロールが3.5mg/kgFM以上含まれると、肉色保持と脂質酸化抑制に効果があることが確認されている(三津本1995)。一方、イネWCSは乾燥稲わらよりビタミンEを多く含んでおり(吉羽2009)、飼料向け品種である「クサノホシ」のイネWCSの肥育後期給与で牛肉中にビタミンEを蓄積できることが確かめられている(清水2005)。「コシヒカリ」のイネWCSを肥育中期を除く肥育前・後期に給与したところ、胸最長筋中に5.5mg/kgの α -トコフェロールが蓄積された。また、これらの牛肉は、脂質酸化が抑制されており、「コシヒカリ」イネWCSから移行したビタミンEの抗酸化作用によるものと思われる。

以上のことから、イネWCSと飼料用米を同時に用いると、慣行と同等の品質の牛肉を生産することが可能であり、牛肉の脂質酸化が抑制できると考えられた。

引用文献

- 片岡博行, 岡本雄太, 平本圭二. 2008. 食味形質の遺伝的解析による美味しい牛肉生産に関する研究(第2報) 一月齢に伴う黒毛和種肥育牛の皮下脂肪脂肪酸組成の変化と種雄牛差並びに、牛脂肪の脂肪酸組成が、食味性に及ぼす影響。岡山県総合畜産センター研究報告17, 33-38.
- 公益社団法人 日本食肉格付協会. 2010. 牛枝肉格付結果. 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. 2001. (社) 日本草地畜産種子協会, 東京. 12-37.
- 篠田 満, 榎引史郎, 新宮博行, 上田靖子, 村井 勝, 嶺野英子. 2007. 黒毛和種の肥育後期におけるイネホールのクロップサイレージ給与が増体, 血液性状および枝肉性状に及ぼす影響. 日本畜産学会報. 78 (2) : 201-208.
- 清水信美. 2005. 飼料イネの肉用牛への給与技術の開発(黒毛和種雌肥育牛への稲発酵粗飼料給与の影響). 滋賀県畜産技術センター研究報告11, 1-22.
- 高村仁知. 2007. 食品中の脂質の酸化生成物による風味変化. オレオサイエンス 7, 231-235.
- 独立行政法人 家畜改良センター 編. 2005. 食肉の官能評価ガイドライン. 財団法人 日本食肉消費総合センター, 東京. 135-136.
- 日本ビタミン学会 編. ビタミン学実験法[I]. 1983. 東京化学同人. 東京. 23-26.
- 農林水産省. 酪農および肉用牛生産の近代化を図るための基本方針 (H22) . 2010.
- 野村賢治, 小林崇之, 竹内隆泰, 近藤守人. 2011. 肥育中後期に濃厚飼料の6割を飼料用玄米で代替給与した黒毛和種肥育牛への影響. 福井県畜産試験場研究報告. 24, 9-16.
- J. Folch, M. Less, G.H.Sloane Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509.
- 北陸農政局統計部. 2012. 平成22~23年 新潟県農林水産統計年報, 228.
- 丸山 新, 横山郁代, 浅野智宏, 臼井秀義, 小川正幸, 喜多一美, 横田浩臣. 2003. 飼料イネに関する研究IV 飼料イネ(モミ米)を用いた高品質牛肉生産(2) モミ米の給与時期について. 岐阜県畜産研究所研究報告 3, 52-60.
- Mandell, I.B., J.G.Buchanan-Smith, and C.P.Campbell. 1998. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. J.Anim.Sci., 76, 2619-2630.

高橋・関・村松・島津：イネ発酵粗飼料および粉碎玄米の給与が短期肥育した黒毛和種去勢牛の発育及び肉質に及ぼす

三上豊治, 野川 真, 阿部巖, 庄司則章. 2012. 黒毛和種肥育牛への飼料用米給与が発育および肉質に及ぼす影響. 山形県農業研究報告 4, 49-56.

三津本 充. 1995. ビタミンE投与による牛肉品質の安定化. 栄養生理研究会報 39 (2) , 147-156.

吉羽宣明. 2009. 稲発酵粗飼料の給与が褐毛和種の肥育成績および牛肉の特性に及ぼす影響. 埼玉県農林総合研究センター研究報告 8, 25-32.