

サイレージ抽出培養液および原材料由来乳酸菌培養液を添加したイネ「チネリア・ママ」サイレージの発酵品質

| | |
|-------|--|
| 誌名 | 山形大学紀要. 農學 |
| ISSN | 05134676 |
| 著者名 | 堀口,健一 松田,朗海 高橋,敏能 萱場,猛夫 角田,憲一 安藤,豊 後藤,正和 |
| 発行元 | 山形大学 |
| 巻/号 | 15巻3号 |
| 掲載ページ | p. 111-117 |
| 発行年月 | 2008年2月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



サイレージ抽出培養液および原材料由来乳酸菌培養液を添加した イネ「チネリア・ママ」サイレージの発酵品質

堀口 健一¹⁾・松田 朗海¹⁾・高橋 敏能¹⁾・萱場 猛夫²⁾・
角田 憲一³⁾・安藤 豊³⁾・後藤 正和⁴⁾

¹⁾山形大学農学部生物生産学科農業生産学講座

²⁾山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター

³⁾山形大学農学部生物生産学科生産生態制御学講座

⁴⁾三重大学生物資源学部資源循環学科物質循環学講座

(平成19年9月20日受理)

Fermentation quality characteristics of rice plant (*Oryza sativa* L., Chineria-Mama)
as whole crop silage by addition of fermented juice of silage extract and
fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria

Ken-ichi HORIGUCHI¹⁾, Oumi MATSUDA¹⁾, Toshiyoshi TAKAHASHI¹⁾,
Takeo KAYABA²⁾, Ken-ichi KAKUDA³⁾, Ho ANDO³⁾ and Masakazu GOTO⁴⁾

¹⁾Section of Agricultural Production, Department of Bioproduction, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, Japan

²⁾Yamagata Field Science Center, Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-0369, Japan

³⁾Section of Agricultural Ecology and Engineering, Department of Bioproduction, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, Japan

⁴⁾Section of Biocirculation, Department of Sustainable Resource Science, Faculty of Bioresources,
Mie University, Tsu 514-8507, Japan

(Received September 20, 2007)

Summary

The objectives of this study were to investigate the fermentation quality characteristics of Chineria-Mama whole crop rice silage and to examine the effect of addition of fermented juice of silage extract (FJSE) and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) on the fermentation quality. Rice plant (*Oryza sativa* L. line, Chineria-Mama) was cultivated by using conventional methods and was harvested on September 8 (Sept-cutting) and October 6 (Oct-cutting), 2006. The rice plants were cut with a cutter blower into 1-3 cm pieces and were crammed into plastic pouches without (control) or with 1% of FJSE (FJSE treatment) or FJLB (FJLB treatment) in the fresh matter. All silages were maintained indoors and opened after 1 month. FJSE and FJLB were prepared according to the following method. 100 g of the cut fresh Chineria-Mama silage and Chineria-Mama rice plant were macerated with 500 mL of water and 10 g granulated sugar was added. The mixture was incubated anaerobically at room temperature for 2 days, and then filtered through quadruple layers of cheesecloth. The filtrate was collected in a plastic bucket and blended with 10 g granulated sugar. There was no remarkable difference in crude protein, ether extracts and neutral detergent fiber content between the Sept-cutting rice plant and the Oct-cutting rice plant. The non fibrous carbohydrates content of Chineria-Mama rice plant was 33.1% Sept-cutting and 33.6% Oct-cutting in the dry matter. The pH values for silage of control, FJSE treatment and FJLB treat-

キーワード：イネ「チネリア・ママ」、サイレージ抽出培養液、原材料由来乳酸菌培養液、発酵品質、
イネホールクロップサイレージ

ment were the range of 3.6-3.8. Moisture contents for all silages of Sept-cutting were higher than those of Oct-cutting ($P < 0.01$). The lactic acid contents in the fresh matter of all silages were more than 1%, and that of FJSE treatment silage was lowest ($P < 0.05$) at Sept-cutting and Oct-cutting. Propionic acid was observed only in FLSE treatment silage ($P < 0.01$). Butyric acid contents were low in the silage of control, FJSE treatment and FJLB treatment. There was no large difference in volatile basic nitrogen content among three treatment silages. The present results suggest that the fermentation quality of *Chineria*-Mama whole crop rice silage is good, and the addition of FJSE and FJLB prepared in this experiment can not improve on the lactic fermentation of silage.

Key Words : *Chineria*-Mama, fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria, fermented juice of silage extract, fermentation quality, whole crop rice silage

緒 言

国内では現在、自給飼料増産に向けた取り組みとして、飼料イネホールクroppサイレージの専用品種の育成や栽培、調製および給与技術の開発が進められ、各地域での実証試験などを通じて飼料イネホールクroppサイレージの生産・給与技術が生産現場に普及しつつある。これらの技術開発と相まって、国内の飼料イネの作付面積は、2001年以降に急激な増加を示して2003年には5,000 ha以上に達し、その後4,500 ha前後で推移している（農林水産省生産局畜産部畜産振興課 2006）。このような状況にあつて、地域に適した品種を選定し、品質の良いサイレージを調製することは地域内での飼料イネホールクroppサイレージの利用を促進して飼料自給率を向上させていく上で重要な取り組みであると思われる。

飼料イネの専用品種の内、東北地方に適した品種は少なく、東北中南部以南での栽培に適した「べこあおば」や「夢あおば」があるに過ぎず、東北北部では専用品種がない状況である（農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所 2006）。東北の各地域において、飼料イネの利用を高めていくためには、それぞれの地域に適したイネが不可欠であり、地域で選抜育種されたイネの利用も有効であると思われる。山形県内で選抜育種された水稲長稈系統のイネ「チネリア・ママ」は、多収性や耐倒伏性に優れ、乾物生産効率が高いことが示唆されており、飼料イネとしての利用も有望であると考えられる。

飼料イネは一般に、付着乳酸菌数や可溶性糖類含量が少なく、茎内に残存する空気量が多く、サイレージの発酵過程において乳酸生成が進まずにカビ発生や酪酸生成が進行し、サイレージ調製が難しいことが指摘されている（蔡 2001；後藤 2004）。細切による高密度化、水分

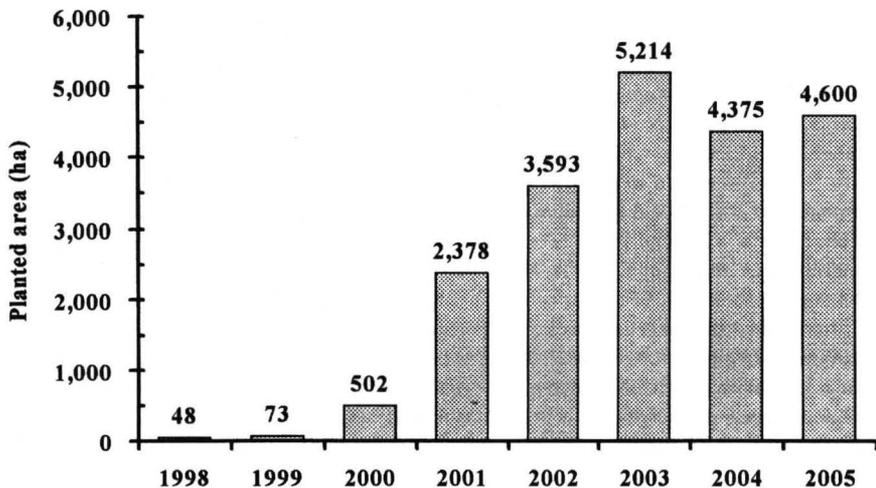


Figure 1. Change of whole crop rice planted area in Japan. Source : The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Production Station of Japan (2006).

調製のための予乾や水分吸収剤添加、グルコースや糖蜜の添加による可溶性糖類の補充など様々な良質サイレージを調製するための技術が広く普及し、近年では乳酸菌製剤を利用するサイレージ調製が有効な方法の一つとして確立されている。飼料イネに関してもサイレージの発酵品質を高める調製方法として乳酸菌製剤や原材料の付着乳酸菌を利用する技術開発が行われ（蔡 2001；平岡ら 2003, 2005, 2006 a), 多くの試験研究が報告され、その有用性が示されている（後藤 2004；Takahashiら 2005；平岡ら 2006b)。

そこで本研究では、イネ「チネリア・ママ」のホールクロープサイレージとしての評価を実施するための基礎データを収集する目的で、生育期の異なる時期に収穫を行い、原材料としての化学成分特性とサイレージの発酵品質特性を調査し、さらに原材料に付着する乳酸菌を利用する培養液添加剤のサイレージ発酵過程に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

原材料と培養液の調製

原材料のイネ (*Oryza sativa* L.) 「チネリア・ママ」は山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター高坂農場水田で栽培し、2006年9月8日 (Sept刈取) と同年10月6日 (Oct刈取) にそれぞれ収穫した。なお、それぞれの収穫時におけるイネの生育状況 (穂の状態) は、Sept刈取では糊熟期から黄熟期の穂、Oct刈取では黄熟期から完熟期の穂が混在していた。

本試験ではサイレージ調製時の添加物として2つの培養液、サイレージ抽出培養液 (fermented juice of silage extract: FJSE) および原材料由来乳酸菌培養液 (fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria: FJLB) を供試した。FJSE および FJLB は、サイレージ調製日の2日前に2005年産イネ「チネリア・ママ」サイレージ (添加物なし) および2006年産イネ「チネリア・ママ」の細切新鮮物 100 g を 1 L 容ポリエチレン製ボトルに入れ、それぞれに蒸留水500mLとグラニュー糖10g (2%相当量) を加えて培養 (室内保管) し、その後4重ガーゼでろ過してグラニュー糖10g (2%相当量) をさらに加えて攪拌して調製した。

サイレージの調製

サイレージの調製は、各収穫時とも原材料のイネを刈り取り後にカッターの切断長を 6 mm に設定して細切りし、ポリエチレン・ナイロン積層フィルム製の食品包装用パウチ (飛竜 BN-12, 旭化成) に入れ、卓上密封包装機 (SQ-303, シャープ) で密封して1ヶ月間室温で貯蔵して行った。処理は、培養液を添加しない処理 (無処理)、FJSE または FJLB を原材料の新鮮物重量に対して 1% (V/W) 添加した2処理 (FJSE 処理, FJLB 処理) の計3処理を設けた。各処理とも3反復とした。

原材料およびサイレージの化学分析

原材料およびサイレージは細切した新鮮物を60℃で通風乾燥し、カッティングミルを用いて 2 mm 以下に粉碎した後、化学分析に供した。水分、粗タンパク質、粗脂肪および粗灰分は定法 (堀井ら 1971) により分析した。中性デタージェント繊維 (neutral detergent fiber: NDF) の分析は Van Soest ら (1991) の方法により実施した。非繊維性炭水化物 (non fibrous carbohydrates: NFC) は乾物から粗タンパク質、粗脂肪、NDF および粗灰分の乾物中含量を除いて算出した (自給飼料品質評価研究会 2001)。

サイレージの発酵品質の分析用抽出液は、新鮮サイレージ 100 g に蒸留水 400 mL を加えて電動ミキサーに1分間掛け、ポリエチレン製ボトルに回収して4℃の冷蔵庫内で24時間保管した後、ろ紙 (No. 5 A) 上に4重ガーゼを広げ、内容物を移して液がほとんど出なくなるまで絞った。このサイレージ抽出液を用いて、pH、乳酸含量、揮発性脂肪酸 (酢酸, プロピオン酸, 酪酸, volatile fatty acid: VFA) 含量および揮発性塩基態窒素 (volatile basic nitrogen: VBN) 含量を調査した。pH 値はガラス電極 pH メーター (D-21, HORIBA) で測定した。乳酸は比色法により分析した。VFA の総量は水蒸気蒸留法により定量し、その構成成分の定量はステンレス製カラム (SUS カラム 2 M, 日立製作所) を装着したガスクロマトグラフ (G-5000A, 日立製作所) を用いて行った。VBN は Conway の微量拡散分析法 (Conway 1950) により定量した。

統計解析

サイレージの発酵品質の各データは、原材料の収穫時期 (2水準) とサイレージの調製処理 (3水準) を2因

子とする二元配置による分散分析を SAS の GLM プロシジャを用いて行った。分散分析の結果、危険率 (P) が 0.05 未満の場合に有意差があるとした。

結果と考察

原材料の化学成分組成

各収穫時の原材料イネ「チネリア・ママ」の水分含量は、Sept 刈取 67.1%、Oct 刈取 63.2% であり (表 1)、日本標準飼料成分表 (農業技術研究機構 2001) に記載されているイネの糊熟期 (68.1%)、完熟期 (64.4%) と類似していた。

一般に、イネの乾物中の成分含量は、生育の進行 (乳熟期、糊熟期、完熟期) とともに、粗タンパク質 (7.4%, 6.3%, 5.3%) や NDF (52.5%, 47.6%, 44.1%) が低下し、NFC (24.2%, 29.8%, 36.6%) が増加する (農業技術研究機構 2001)。イネ「チネリア・ママ」の乾物中の各成分含量は、粗タンパク質、粗脂肪、NDF および NFC とともに Sept 刈取と Oct 刈取の間に大きな差異がなく (表 1)、生育の進行による明らかな成分含量の違いが確認されなかった。この点については「チネリア・ママ」を飼料用イネホールクロップサイレージとして適期に利用していく上で、蓄積すべき重要な基礎データであり、今後さらに明確な生育期ごとの詳細な調査が必要である。

高品質サイレージを調製する条件として原材料に要求されることは、糖の含量が高いことであり、さらに、サイレージの発酵に利用されやすい少糖類で糖が構成されていることである (高野と萬田 1982)。NFC は飼料中の総炭水化物から繊維性炭水化物 (セルロースやヘミセルロースなど) を差し引いたもので、主として可溶性糖類やデンプンなどの易発酵性成分である。イネ「チネリア・ママ」の乾物中 NFC 含量は 33~34% の範囲であっ

た (表 1)。サイレージの原材料に常用される黄熟期のトウモロコシは、茎葉部に蔗糖などの可溶性糖類が比較的多く、これらが乳酸発酵の基質として有効に働くことから、調製方法に関わらずサイレージの発酵品質が良好である (藤田 1999)。黄熟期のトウモロコシは乾物中に 35.9% の NFC を含む (農業技術研究機構 2001)。本試験に用いた 2 つの収穫時期のイネ「チネリア・ママ」の乾物中 NFC 含量は黄熟期のトウモロコシとはほぼ同じであった。NFC 中の可溶性糖類含量を把握することが必要であろうが、イネ「チネリア・ママ」は良品質のイネホールクロップサイレージを調製する原材料として各収穫時期とも利用できることが推察された。

本試験での供試イネ「チネリア・ママ」は、それぞれの収穫時とも穂の熟期の状態にバラツキがあり、Sept 刈取では糊熟期から黄熟期の穂が、Oct 刈取では黄熟期から完熟期の穂が混在していた。そのため、明確な生育の熟期の判定ができなかった。したがって、収穫・調製の作業工程にもよるが、飼料用イネの一般的な収穫適期と言われている黄熟期の判定には、穂の生育状態を参考にしながら出穂後の日数を利用していくことが適当であると思われる。

サイレージの発酵品質

イネ「チネリア・ママ」サイレージの新鮮物中水分含量は、Sept 刈取で 71~72%、Oct 刈取で 66~68% の範囲であり、収穫時期に有意差 ($P < 0.01$) が認められ、処理間に有意差がなかった (表 2)。収穫時期によるサイレージの水分含量の違いは原材料の水分に影響されたものと思われる。

サイレージの pH は、それぞれの収穫時期ともすべての処理で 4 以下を示した (表 2)。サイレージの調製過程において、理想的な条件下では、詰め込み後 3 日程度で pH 4.2 以下になって植物酵素や雑菌の活動が停止

Table 1. Chemical composition of Chineria-Mama rice plant.

| Harvesting time | Moisture (%) | CP EE NDF NFC | | | |
|-----------------|--------------|---------------|-----|------|------|
| | | (%DM) | | | |
| Sept-cutting | 67.1 | 5.0 | 1.6 | 51.4 | 33.1 |
| Oct-cutting | 63.2 | 5.4 | 1.5 | 49.0 | 33.6 |

CP, crude protein; EE, ether extracts; NDF, neutral detergent fiber; NFC, non fibrous carbohydrates (100-NDF-CP-EE-crude ash); DM, dry matter.

し、1週間以内に pH4 以下になり、2～3週間で乳酸菌を含むすべての菌の活動が停止して安定状態になる(高野ら 1989)ことが知られている。このことから、本試験で調製したイネ「チネリア・ママ」サイレージは、各収穫時期とも処理間に関わりなくほぼ理想的なサイレージの調製過程であったことが推察される。一方、pHの結果ではサイレージの調製処理間に統計的な差($P < 0.01$)が認められ、FJSEを添加した処理が高かった(表2)。しかしながら、その数値の差は0.06～0.11と小さく、サイレージ調製時における培養液 FJSE の添加による pH への影響は小さいものと考えられた。

サイレージ新鮮物中の乳酸含量は、各収穫時期のすべての処理とも1～2%の範囲であり、収穫時期での有意な違いがなく、処理間と交互作用で有意差($P < 0.05$)が確認された(表2)。すなわち、FJSEを添加したサイレージは Sept刈取、Oct刈取とも無処理より低く、FJLB添加のサイレージは Sept刈取で無処理に比べて低く、Oct刈取で無処理とほぼ同じであった。一般に、飼料イネは、付着する乳酸菌数や可溶性糖類含量が低く、茎が中空で保有する空気量が多いため、サイレージ

の発酵過程において乳酸発酵が進まず、発酵品質の安定性を欠くことが報告されている(蔡 2001; 後藤 2004)。本試験における pH や乳酸の結果から、イネ「チネリア・ママ」サイレージの発酵品質は良好であることが示唆された。この要因としては、詰め込み時において、細切した原材料を用いたことと卓上密封包装機で空気を吸引したことにより、パウチ内の空気残存量が少なくなり、気密性が十分に保持された条件下で、NFC中の可溶性糖類が乳酸発酵の基質として利用されたことによるものと考えられた。一方、本試験で調製した培養液である FJSE および FJLB の添加は、サイレージの乳酸生成を高める効果が認められなかった。サイレージの乳酸発酵を促進させて発酵品質を改善させる目的から乳酸菌製剤や付着乳酸菌培養液を原材料の詰め込み時に添加して利用する調製技術が開発され、広く普及している(蔡 2001; 後藤 2004)。飼料イネに付着する乳酸菌を培養する FJLB を利用したイネホールクロープサイレージ調製に関する研究は詳細に行われており(平岡ら 2003, 2005, 2006a)、FJLB の添加によりサイレージの乳酸発酵が高まり、発酵品質が改善されたことが報告されている

Table 2. Fermentation quality of Chineria-Mama whole crop rice silage without or with FJSE or FJLB at Sept-cutting and Oct-cutting.

| Items | Sept-cutting | | | Oct-cutting | | | Significance | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|------------|
| | Control | FJSE treatment | FJLB treatment | Control | FJSE treatment | FJLB treatment | H | T | H×T |
| Moisture (%) | 71.4 ± 0.8 | 72.0 ± 0.4 | 72.0 ± 0.2 | 67.7 ± 0.3 | 67.8 ± 1.0 | 66.8 ± 1.6 | $P < 0.01$ | NS | NS |
| pH | 3.66 ± 0.05 | 3.72 ± 0.03 | 3.65 ± 0.02 | 3.65 ± 0.05 | 3.76 ± 0.04 | 3.65 ± 0.02 | NS | $P < 0.01$ | NS |
| Lactic acid (%FM) | 1.67 ± 0.13 | 1.36 ± 0.09 | 1.32 ± 0.16 | 1.62 ± 0.25 | 1.25 ± 0.03 | 1.69 ± 0.10 | NS | $P < 0.05$ | $P < 0.05$ |
| Acetic acid (%FM) | 0.21 ± 0.02 | 0.22 ± 0.02 | 0.22 ± 0.02 | 0.24 ± 0.00 | 0.27 ± 0.04 | 0.24 ± 0.01 | $P < 0.05$ | NS | NS |
| Propionic acid (%FM) | 0.00 ± 0.00 | 0.09 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.09 ± 0.06 | 0.00 ± 0.00 | NS | $P < 0.01$ | NS |
| Butyric acid (%FM) | 0.03 ± 0.02 | 0.01 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 | 0.01 ± 0.01 | 0.01 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 | NS | NS | NS |
| VBN (%FM) | 0.01 ± 0.00 | NS | NS | NS |

Values are means ± standard deviation of three samples. FJSE, fermented juice of silage extract; FJLB, fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria; H, harvesting; T, treatment; FM, fresh matter; VBN, volatile basic nitrogen; NS, not significant.

(Takahashiら 2005; 平岡ら 2006b). 既製サイレージを FJLB と同様な方法で培養する FJSE に関する研究報告はなく、本試験では新たな培養液添加剤としての可能性を探るための基礎データを得る目的から取り上げた。本試験に供試した2日間培養の FJSE および FJLB の添加前 pH 値は、FJSE で3.73, FJLB で3.70を示した。FJLB 添加によりサイレージ調製過程での乳酸生成が促進した既報 (平岡ら 2003, 2006b) において、添加した2日間培養の FJLB の pH 値は3.60~3.76であった。本試験の FJLB の pH 値はその範囲内であり、FJSE の pH 値も高くないことから、サイレージの乳酸発酵が高まるものと予想していた。しかしながら、期待していた培養液添加によるサイレージ調製過程での乳酸生成の促進はなく、その添加効果は確認されなかった。通常の慣行栽培、収穫および調製を行った飼料イネサイレージでは新鮮物中の乳酸含量が0.2~0.7%の範囲にあり、一般に1%以下であることが多い(蔡 2001; 平岡ら 2006a, 2006b)。本試験では無処理のサイレージで新鮮物中1.5%以上の乳酸含量を示しており、FJLB 添加による一層の乳酸生成の促進には結び付かなかったのかもしれない。FJSE に関しては、サイレージの乳酸発酵を円滑に進めるための乳酸菌の増殖が培養過程で得られなかったことやサイレージの不良発酵を誘発する酵母や糸状菌などの有害な微生物が培養過程で増殖してしまったことが考えられる。培養液の添加時の性状を把握することは良質サイレージを調製するために重要であり、乳酸菌数などの把握を行うことが今後必要である。

イネ「チネリア・ママ」サイレージの新鮮物中 VFA 含量の内、酢酸は Sept 刈取よりも Oct 刈取が高く ($P < 0.05$)、プロピオン酸は各収穫時とも FJSE 処理が高く ($P < 0.01$)、酪酸は各収穫時のいずれの処理も0.03%以下と低く、収穫時期および処理間に有意差がなかった(表2)。サイレージ調製過程における VFA の生成は発酵品質の良否に影響し、飼料イネではサイレージの発酵過程において糸状菌や酵母が増殖し、カビの発生や酪酸の発酵が起こりやすい(蔡 2001; 後藤 2004)。本試験では酪酸がすべてのサイレージで低く、酪酸生成が抑制されていた。特徴的な VFA 発酵を示したのは FJSE 添加のサイレージであり、プロピオン酸が無処理と FJLB 処理ではほとんど生成しなかったのに対し、FJSE 処理では新鮮物中0.1%ほど認められた。培養方法が同じである FJLB の添加サイレージではプロピオン酸の生成が

確認されなかった。このことから、培養方法の問題ではなく、培養に供試した原材料の違いが培養過程での菌叢の違いをもたらし、サイレージ発酵過程での VFA 生成に影響を及ぼしたものと推察される。

サイレージの新鮮物中 VBN 含量は、いずれのサイレージも0.01%と低く、収穫時期および処理間に統計的な違いがなかった。

以上のような結果から、イネ「チネリア・ママ」は、本試験で収穫した期間内での乾物中 NFC 含量が黄熟期のトウモロコシと同等であり、サイレージ発酵過程において円滑に乳酸が生成して発酵品質が良好であることが示唆され、収穫・調製の作業適期が1カ月ほどの長い期間可能であることが確認された。また、本試験で実施した培養方法により調製した FJSE および FJLB は、原材料詰め込み時に添加してもサイレージ発酵過程での乳酸生成を促進しないことが示された。イネホールクroppサイレージの調製技術を向上させるための取り組みを進めていく上で、原材料に付着する乳酸菌を有効に活用する培養液添加剤の実用的な研究は重要性が増していくと考えられる。今後は、培養液の培養方法、培養後の性状、原材料への添加量などを検討しつつ、良質なイネホールクroppサイレージを調製するための培養液添加剤の有効な利用条件を明らかにしていくことが必要であると思われる。

謝 辞

本試験の遂行にあたり、山形大学農学部生物生産学動物生産学分野の諸氏には多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。なお、本研究は科学研究費補助金 (No.18580264) の助成により行われた研究の一部である。

引用文献

- 蔡 義民 (2001) サイレージ乳酸菌の役割と高品質化の調製. 日本草地学会誌 47: 527-533.
- Conway EJ (1950) Micro-diffusion analysis and volumetric error. Lockwood and Son Ltd. London.
- 藤田 裕 (1999) 自給飼料シリーズ No.1 貯蔵粗飼料の品質改善. pp.17-18. 酪農総合研究所. 北海道.
- 後藤正和 (2004) 水田基盤を活用した地域畜産の技術的展望. 日本草地学会誌 50: 445-452.

- 平岡啓司, 山本泰也, 浦川修司, 水谷将也, 山田陽稔, 乾 清人, 苅田修一, 後藤正和 (2003) 附着乳酸菌事前培養液の添加がイネ (*Oryza sativa* L.) ホールクロップサイレージの発酵品質と飼料特性に及ぼす影響. 日本草地学会誌 49 : 460-464.
- 平岡啓司, 山本泰也, 浦川修司, 山田陽稔, 苅田修一, 後藤正和 (2005) 飼料イネ (*Oryza sativa* L.) 附着乳酸菌事前発酵液の有効画分と微生物叢. 日本草地学会誌 51 : 379-384.
- 平岡啓司, 山本泰也, 浦川修司, 山田陽稔, 苅田修一, 後藤正和 (2006 a) 飼料イネ附着乳酸菌事前発酵液のサイレージ調製不適条件における添加効果とその作用機作. 日本草地学会誌 52 : 89-94.
- 平岡啓司, 山本泰也, 吉村雄志, 浦川修司, 苅田修一, 後藤正和 (2006 b) イネホールクロップサイレージ調製における附着乳酸菌事前発酵液添加の実用性. 日本草地学会誌 52 : 29-32.
- 堀井 聰, 倉田陽平, 林 弥太郎, 田辺 忍 (1971) 動物栄養試験法 (森本 宏 監修). 第1版. pp. 280-298. 養賢堂. 東京.
- 自給飼料品質評価研究会 (2001) 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック. pp. vii. 日本草地畜産種子協会. 東京.
- 農業技術研究機構 (2001) 日本標準飼料成分表. 初版. pp. 24-29. 中央畜産会. 東京.
- 農業・生物系特定産業技術研究機構 畜産草地研究所 (2006) 飼料イネ 水稲の飼料利用 (稲発酵粗飼料) に関する生産・調製・利用技術の研究レビューと今後の技術開発方向. pp. 8-14.
- 農林水産省生産局畜産部畜産振興課 (2006) 稲発酵粗飼料の取組について. pp. 1.
- T. Takahashi, K. Horiguchi, M. Goto (2005) Effect of crushing unhulled rice and the addition of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation quality of whole crop rice silage, and its digestibility and rumen fermentation status in sheep. *Animal Science Journal* 76 : 353-358.
- 高野信雄, 萬田富治 (1982) サイレージ・通年利用の実際. 第6版 pp. 124-125. 農山漁村文化協会. 東京.
- 高野信雄, 大島光昭, 萬田富治, 安宅一夫 (1989) 粗飼料・草地ハンドブック (高野信雄, 佳山良正, 川鍋祐夫 監修). 第1版. pp. 555-556. 養賢堂. 東京.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74 : 3583-3597.