

# リードカナリーグラス(*Phalaris arundinacea* L.)サイレージの 発酵品質に及ぼす酵素製剤の影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
巻/号	472
掲載ページ	p. 157-162
発行年月	2001年6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



## リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) サイレージの 発酵品質に及ぼす酵素製剤の影響

田川伸一・岡島 毅\*・伊東睦泰\*

新潟大学大学院自然科学研究科 (950-2181 新潟市五十嵐 2 の町 8050)

\*新潟大学農学部 (950-2181 新潟市五十嵐 2 の町 8050)

Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

\* Faculty of Agriculture, Niigata University, Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

受付日 : 2000 年 4 月 24 日 / 受理日 : 2000 年 12 月 12 日

### Synopsis

Shin-ichi TAGAWA, Tsuyoshi OKAJIMA and Mutsuyasu Ito (2001) : Effects of Cellulase, Lactic Acid Bacteria and Wilting on the Fermentation Quality of Reed Canarygrass Silages. *Grassland Science* 47, 157-162.

This experiment was carried out to clarify the effects of cellulase (AC), lactic acid bacteria (SL) and wilting on the fermentation quality of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L., cv. Venture). Cellulase prepared from *Acremonium cellulolyticus* Y-94 (AC) was added at ratios of 0.01% and 0.05% of fresh matter, and commercial lactic acid bacteria (*Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus*) inoculant including cellulase (mixture of cellulase derived from a selected strain of *Acremonium cellulolyticus* and *Trichoderma viride*) (SL) was added at a ratio of 0.05% of fresh matter. These were ensiled both with and without the addition of carbon dioxide in order to establish an anaerobic condition at the early phase of fermentation. The effect of wilting was also investigated both with and without the addition of carbon dioxide. These materials were ensiled in experimental silos at a bulk density of 600 kg/m<sup>3</sup>.

The addition of AC or SL decreased the pH values, but increased the amount of lactic and total acids, the ratio of lactic acid to total acid content, and Flieg's score of silages. The addition of AC or SL decreased the amount of propionic, butyric and valeric acids. There was no statistically significant difference concerning the ratio of volatile basic nitrogen (VBN) to total nitrogen. From these results, it is suggested that the addition of AC or SL can be helpful to improve the fermentation quality of reed canarygrass silages. However, wilting or the addition of carbon dioxide was not effective in improving the fermentation quality.

**Key words :** Carbon dioxide, Cellulase, Fermentation quality, Lactic acid bacteria, Reed canarygrass, Silage, Wilting.

### 緒 言

南北に細長く、地形的にも標高差の大きい我が国では、地域的ならびに季節的気象変異が著しい。そのため利用するそれぞれの土地の条件に適した草種を選択することが飼料生産を成功させるためには不可欠である。多雪地帯である北陸地方では、冬は北西季節風による降雪・積雪が多量にある反面、夏は降雨量が相対的に少ない。そのため当地域では夏枯れなどが発生しやすく、草地の維持管理が難しい状況にあった。1970年代、草地の永続利用と牧草の低コスト生産の視点から、広い環境適応性を持ち、高い収量が期待できるリードカナリーグラスが広く導入され<sup>3-6)</sup>、現在、北陸地方の低標高地で安定して高い収量が得られる草種として位置付けられている。

収穫期に頻繁に雨にみまわれる我が国では、粗飼料は乾草としてよりもサイレージとして貯蔵される方が有利であり、集約的なサイレージの調製給与体系は、粗飼料の安定した省力貯蔵を可能とし、土地面積あたりの生産性の向上や、高能力家畜生産への対応も可能である。

新潟県畜産試験場年報<sup>19)</sup>では、リードカナリーグラスはサイレージ用草としての適性は欠けるものとしている。その理由は判然としないが、本草は出穂期で刈り取った場合、サイレージ発酵の発酵基質となる糖の含量がチモシーやオーチャードグラスに比べて少ない<sup>19)</sup>ことから、出穂を目安としてリードカナリーグラスをサイレージ材料草として収穫した場合には、材料草中の糖の不足により、サイレージは劣質な発酵をするものと考えられる。このことから、サイレージ調製時に発酵基質の増加を目的とした添加物の利用などにより発酵品質の向上を図る必要がある。

さらに、予乾処理による水分含有率の低下は、とくに酪酸菌と腸内細菌の活性を低下させて劣質な発酵を抑制し、また乾物率の上昇によってサイロから産生される廃汁の量を減少させる<sup>8)</sup>といわれている。このことから、リードカナリーグラスを良質サイレージとして利用するために予乾処理は有効であると考えられる。

本研究は第53回発表会(1998年8月)において発表。

本研究の一部は文部省科学研究費(No. 09660286)による。

またリードカナリーグラスは生殖成長期はもとより栄養成長期においても節間伸長を行うという特徴を持ったため、材料草の葉鞘・節間部には細胞壁構成物質が多く蓄積している<sup>12)</sup>と報告されているように、詰め込み密度を高めるのに困難な要因を持っている。したがって、細切、詰込み後も節間部に残存する空気によってその呼吸作用だけでは十分に嫌気条件が確立されず、好気性細菌の活動を抑えられず発酵品質の低下を招いていると考えられる。

そこで本報告では、リードカナリーグラスを良質サイレージとして貯蔵飼料化することを目的とし、まず、近年開発された従来のセルラーゼに比べてより強力な *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来セルラーゼ<sup>15,16)</sup>を用い、リードカナリーグラスサイレージの発酵品質に及ぼすセルラーゼの添加、酵素入り乳酸菌製剤の添加の効果を検討し、さらにリードカナリーグラスサイレージに及ぼす予乾処理の効果も併せて比較検討した。

またサイロ内に残る酸素を速やかに排除する方法としてサイロ内に二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を投入し、サイロ内の空気と置換させることにより、強制的に発酵初期の嫌気条件を確立させ得るかどうかについても検討を加えた。これまでサイロ内に CO<sub>2</sub> を添加することは CO<sub>2</sub> による殺菌効果、酸化防止ならびに一部冷却効果を目的としていた<sup>20)</sup>。しかしながら本実験のように嫌気条件を確立させることを目的とした実験は行われていない。本実験では、嫌気条件を確立させる目的でサイロ内に CO<sub>2</sub> を投入した条件下でセルラーゼの添加、酵素入り乳酸菌製剤の添加の効果と予乾の効果を検討した。

## 材料と方法

### 1. サイレージ調製

新潟県岩船郡関川村の村営若ぶな高原牧場において 1997 年 6 月 5 日にリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L., 品種ベンチャー) 1 番草 (出穂前, 平均草丈 115.8 cm, 水溶性炭水化物含有率 1.9% (乾物中), 水分含有率 84%) を収穫し、刈り取り後直ちに 1 cm に細切して材料草とした。サイレージ調製にはガス抜き用のバルブを付した 1 l 容の広口ポリ瓶を用い、埋蔵密度 600 kg/m<sup>3</sup> で材料草を詰め込み、室温で 90 日間貯蔵した。調製にあたっては、対照区 (control), *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来のセルラーゼ (明治製菓株式会社, 以下 AC) を材料草現物当たり 0.01% および 0.05% 添加した区 (それぞれ AC 0.01 区および AC 0.05 区), 酵素入り乳酸菌製剤 (商品名: スノラクト L アクレモパウダー, *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* を含む。酵素は *Trichoderma viride* 由来のセルラーゼと *Acremonium cellulolyticus* 由来のセルラーゼの混合剤。雪印種苗株式会社, 以下 SL) を製品の指示通り, 材料草現物当たり 0.05% 添加した区 (SL 区), ならびにガラス室内で 2 時間予乾を行って乾物率 25% になるようにした予乾区 (W 区) を設けた。また CO<sub>2</sub> をドライアイスとして 1 l 容ポリ瓶 1 つあたり約 4.2 g 添加した条件下でも AC 添加, SL 添加および予乾処理を施し, サイレージを調製した。それぞれの処理は 2 反復で行った。

90 日後, サイレージの全量を取り出し, 十分混合したのちその全量を -20°C で凍結保存し, 分析試料とした。

### 2. 分析

材料草の一部を 60°C で 18 時間通風乾燥し, 1 mm スクリーンのウィレー式粉砕器で粉砕後, 一般成分, 中性デタージェント繊維 (NDF), 酸性デタージェント繊維 (ADF), 水溶性炭水化物 (WSC) の分析に供した。調製されたサイレージはその新鮮物を用い, 水分および全窒素を分析した。また, サイレージ試料の新鮮物 20 g に蒸留水 200 ml を加え, ミキサーで良く磨砕した後, ろ過し, サイレージジュースを調製した。このサイレージジュースを用い, pH, 揮発性脂肪酸 (VFA), 乳酸および揮発性塩基態窒素 (VBN) を分析した。

材料草の一般成分は常法により, NDF および ADF はデタージェント法, WSC はアントロン法により分析した。また, サイレージの水分はトルエン蒸留法, 全窒素はケルダール法, pH はガラス電極 pH メーター (PH METER F-12, 堀場製作所株式会社) を用いて測定した。VFA (酢酸, プロピオン酸, 酪酸およびバレリアン酸) はガスクロマトグラフィ法 (GC-8APF, 島津製作所), 乳酸は BARNET により改変された BARKER と SUMMERSON 法, VBN は水蒸気蒸留法によりそれぞれ分析した。フリーク評点は, 乳酸, 酢酸および酪酸含量の比率から計算した。総酸に対する乳酸の割合 (%) (以下, L/T 比) を計算した。V スコアは酢酸と酪酸含有率および全窒素含有率に対する VBN の比率から新評価法の配点表<sup>18)</sup>により算出した。

分析結果について, 名古屋大学大型計算機センターの統計処理パッケージ SAS の ANOVA プロシジャを用いて分散分析を行った。

## 結 果

表 1 に材料草の一般成分を示した。本実験の材料草の水分含有率は 85% と高水分であり, また蛋白質含有率は 17% と高く, WSC 含有率は 1.9% と著しく低く, サイレージ原料としては良好でなかった。

図 1 に各リードカナリーグラスサイレージの pH と有機酸

Table 1. Chemical composition of reed canarygrass at ensiling<sup>1)</sup>.

Moisture	83.96
Crude protein	17.20
Crude fat	1.83
NFE <sup>2)</sup>	41.52
Crude fiber	32.58
Crude ash	6.87
NDF <sup>3)</sup>	69.55
ADF <sup>4)</sup>	43.34
WSC <sup>5)</sup>	1.89

<sup>1)</sup> % of DM except for moisture.

<sup>2)</sup> Nitrogen free extract.

<sup>3)</sup> Neutral detergent fiber.

<sup>4)</sup> Acid detergent fiber.

<sup>5)</sup> Water soluble carbohydrate.

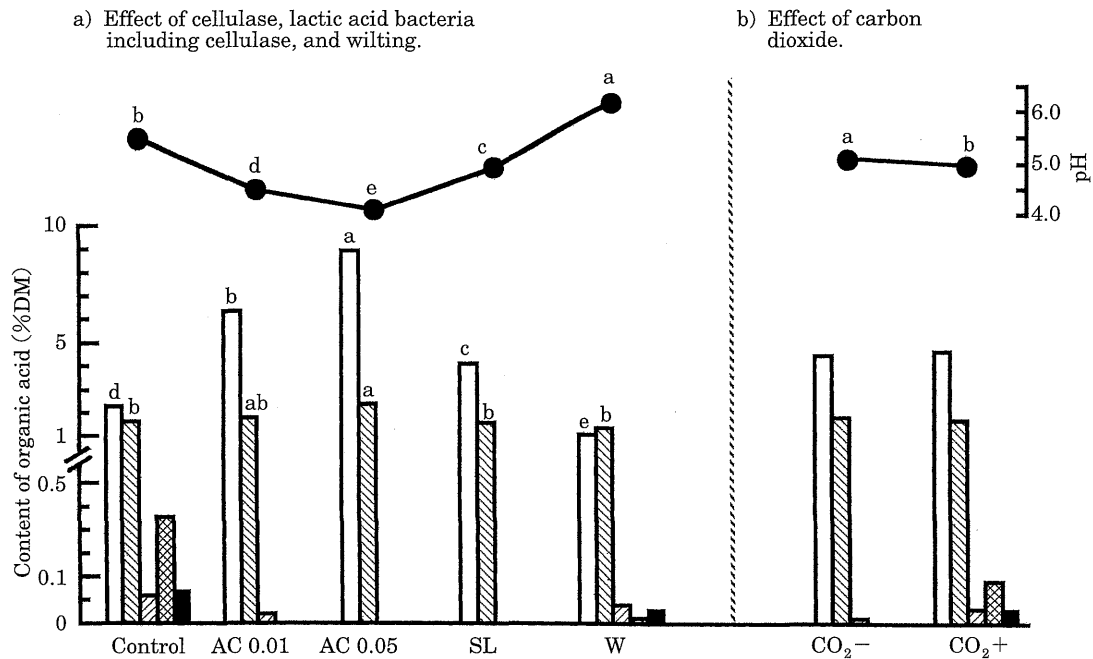


Fig. 1. Contents of organic acids (□: Lactic acid, ▨: Acetic acid, ▩: Propionic acid, ▪: Butyric acid, ■: Valeric acid) and pH values (—●) of reed canarygrass silages. a) Effect of cellulase, lactic acid bacteria included cellulase, and wilting (n=4). b) Effect of carbon dioxide (n=10).

Treatment; Control: untreated, AC0.01: added cellulase prepared from *Acremonium cellulolyticus* Y-94 at rate of 0.01% of fresh matter, AC0.05: added cellulase prepared from *Acremonium cellulolyticus* Y-94 at rate of 0.05% of fresh matter, SL: added commercial lactic acid bacteria including cellulase at late of 0.05% of fresh matter, W: wilting (25% dry matter content).

The different letters in the same organic acid denote significantly different at 5% levels (Duncan's multiple range test).

含有率を示した。ACまたはSLを添加したサイレーズのpHはいずれもcontrolに比べて有意に低く、とくにAC0.05区では4.07と著しく低くなっていた。乳酸含有率はcontrolでは2.3%と少なかったのに対し、AC添加によって大きく上昇し、特にAC0.05区では約9%とcontrolの3倍以上になった。SL区でもcontrolに比べて乳酸含有率は高く、約2倍になった。乳酸含有率に及ぼす予乾の効果は見られなかった。

酢酸含有率はcontrolの1.68%に比べて、とくにAC0.05区では2.38%と上昇した。一方、SL区では1.61%とほとんど変化はみられなかった。酪酸およびバレリアン酸はcontrolおよび予乾区で若干認められたが、ACまたはSLの添加区では認められなかった。

pHに対するCO<sub>2</sub>の添加効果は、有意性は認められたものの、わずかに低下するにとどまった。有機酸含有率に対するCO<sub>2</sub>の添加効果に有意性は認められなかったものの、酪酸とバレリアン酸はCO<sub>2</sub>の添加によってわずかに高くなった。しかしながら、AC添加もしくはSL添加を行った場合には、CO<sub>2</sub>を添加した場合でも酪酸とバレリアン酸の生成は全くみられなかった。

図2-a)に各リードカナリーグラスサイレーズの有機酸含有率の値をもとに算出したフリーク評点を、また図2-b)に総酸に対する乳酸の割合であるL/T比を示した。フリーク

評点はcontrolが47点と劣っていたが、AC0.01区、AC0.05区ならびにSL区ではいずれも90点以上と著しい高得点が得られた。また、L/T比はcontrolに比べてAC添加区ならびにSL区ではいずれも70%以上と高かった。一方、予乾区ではフリーク評点、L/T比ともにcontrolと比べて有意ではなかったが、若干低い評価となった。

フリーク評点は、CO<sub>2</sub>無添加区の80点に比べて、添加区では69点と有意に低くなった。またL/T比はCO<sub>2</sub>の添加によって有意ではなかったが低い値となった。

次に図3にVBN/TNおよびVスコアを示した。VBN/TNは、controlが10%近い値であったのに対してAC添加区またはSL区では8.5%以下であり、有意ではないものの、わずかながら発生が抑えられるという傾向を示した。Vスコアはいずれの添加区においても90前後の間にあり、ほぼ同程度の値となった。

## 考 察

リードカナリーグラスは、北陸多雪地帯における草地の継続利用と粗飼料の低コスト生産のために重要な草種であるが、良質なサイレーズの調製が難しいという問題がある。そこで本実験では、まず、セルラーゼ処理および市販の酵素入り乳酸菌製剤処理および予乾処理を施してサイレーズを調製し、これらの処理がリードカナリーグラスサイレーズの発酵

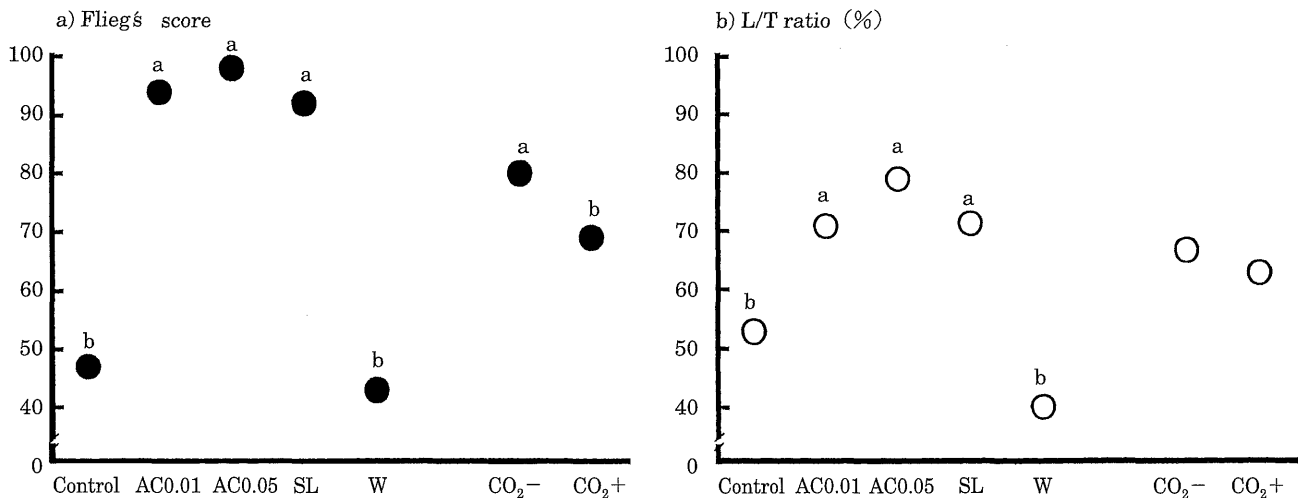


Fig. 2. a) Flieg's score and b) ratio of lactic acid content to total acid content (L/T ratio) of reed canarygrass silages.

The different letters denote significantly different at 5% levels (Duncan's multiple range test).

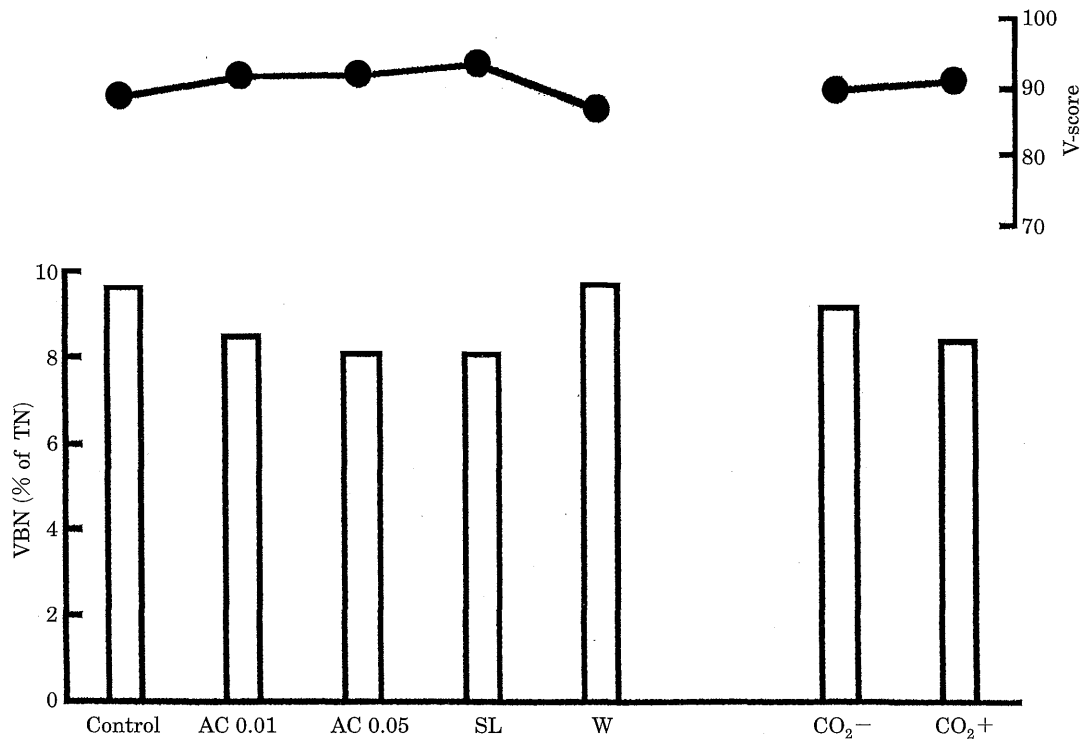


Fig. 3. Ratio of volatile basic nitrogen (VBN) to total nitrogen (TN) (□) and V-score (●) of reed canarygrass silages.

品質に及ぼす効果を検討した。また、サイレーズの発酵初期にサイロ内の嫌気条件を確立することを目的としてCO<sub>2</sub>の添加を行い、その効果を検討するために、CO<sub>2</sub>を添加した条件下でも同様にセルラーゼの添加、酵素入り乳酸菌製剤の添加、予乾処理の効果を検討した。

#### 1. 酵素製剤の発酵品質に及ぼす影響

乳酸含有率はAC 0.01区、AC 0.05区のセルラーゼ添加で2倍ないし3倍に上昇したことから、AC添加によって乳酸発酵が促進され、その結果もたらされた乳酸含量の増加によ

てpHが低下したものと考えられる。これと同様の現象は、*Aspergillus* spp. 由来のセルラーゼおよび *Trichoderma reesei* 由来のセルラーゼの添加がペレニアルライグラスサイレーズの発酵品質に影響を及ぼし、pHの低下と乳酸含有率の増加をもたらすという SELMER-OLSEN らの報告<sup>14)</sup>をはじめリードカナリーグラス以外の牧草を材料草とした場合にいくつか報告されており<sup>1,15)</sup>、本実験の結果と一致している。しかしながら、乳酸含有率の増加の程度はペレニアルライグラス<sup>14)</sup>やチモシー<sup>1)</sup>を材料草とした場合に比べてリードカナ

リーグラスを材料草とした場合には小さいものであった。GRABBER ら<sup>2)</sup>は、組織学的観察から、ハイブリッドライグラスの方がリードカナリーグラスに比べて著しく早く消化されると報告している。これらのことから乳酸含有率に及ぼすセルラーゼの添加効果の違いは、リードカナリーグラスの組織的な特徴を示唆するものと考えられる。

一方、SL 添加によっても乳酸含有率は高くなった。このような SL の添加効果が乳酸菌によるものか、SL 中に含まれている酵素によるものか、あるいはそれらの相乗効果によるものかは乳酸菌のみの添加区を設けなかった本実験結果からは不明である。ZHANG ら<sup>17)</sup>はオオムギサイレーズへの乳酸菌と酵素の混合および単独添加を試み、合剤の添加効果は酵素のみによっていたことを示した。本実験でも、AC のみの効果が得られたので、合剤である SL の場合も SL 中に含まれる酵素の効果であった可能性も考えられるが、一方、NISHINO and UCHIDA<sup>9)</sup>のローズグラスサイレーズに対する添加試験によれば、乳酸菌、酵素ともに効果を示し、混合添加によりさらに相乗効果を発揮した。さらに OHSHIMA ら<sup>11)</sup>は乳酸菌が不足する場合でも、SL 中の乳酸菌である *L. casei* subsp. *rhamnosus* の添加が必ずしも有効ではなかったことを報告している。今後、リードカナリーグラスを材料草とした場合においても乳酸菌と酵素の混合及び単独の添加試験を行う必要がある。

サイレーズ中の酢酸含量の増加と繊維分解酵素添加の間には有意な関係があるとの報告がある<sup>9)</sup>。本実験の酢酸含有率も乳酸含有率と同様に添加された酵素の量の差の影響を受けているとも考えられ、このことから SL の添加効果は酵素に由来したと考えられる。

酪酸およびバレリアン酸は control と予乾区で認められた (図 1) が、AC 添加区と SL 区では認められなかった。酪酸を生成する菌類は有機酸の発酵、タンパク質の分解など、サイレーズの品質を低下させ、採食量の低下をもたらすとされる<sup>8)</sup>。本実験から AC を現物あたり 0.01% 以上添加することと SL の添加は、リードカナリーグラスを良質サイレーズとして貯蔵飼料化して利用する場合に十分に効果があることがわかった。

総酸含有率は AC 添加および SL 添加によって大きく増加し (図 1)、それは乳酸含有率の増加が主な要因であった。

本実験の結果、L/T 比 (%) は AC 添加によって著しく上昇した (図 2-b))。友田ら<sup>15)</sup>は、マメ科のアルファルファを材料草としてサイレーズを調製した場合、AC 添加により L/T 比が高くなることを報告している。L/T 比の上昇の程度は友田らのアルファルファサイレーズに比べてイネ科のリードカナリーグラスサイレーズでは著しく大きいものとなった。この結果はリードカナリーグラスとアルファルファの構造成分の分解性の違いを示すものである。

フリーク評点による評価は AC 0.01 区、AC 0.05 区および SL 区では「優」の評価であるが、control と予乾区は「可」となった (図 2-a))。

VBN/TN は、AC もしくは SL 添加によって上昇が抑えられる傾向であり、一方、V スコアは高くなる傾向であった

(図 3)。この原因は酪酸含有率の低下から明らかなように AC あるいは SL 添加による酪酸発酵の抑制に伴い、おもに酪酸菌によるとされるサイレーズ熟成中のアンモニア生成<sup>10)</sup>も抑制されたためと考えられる。このことからリードカナリーグラスサイレーズの発酵品質が改善されたことが明らかとなった。

以上の結果は、良質サイレーズの調製が難しいといわれているリードカナリーグラスを材料草とした場合でも、AC 添加によりチモシーサイレーズ<sup>11)</sup>やアルファルファサイレーズ<sup>15)</sup>と同じように発酵品質を改善できることを示している。また SL を添加してもチモシーサイレーズやアルファルファサイレーズ、オーチャードグラスサイレーズ<sup>7)</sup>と同様に発酵品質を改善できることが明らかとなった。

## 2. CO<sub>2</sub> および予乾処理が発酵品質に及ぼす影響

予乾区では、総酸含有率は control に比べて低く、劣質サイレーズの指標である酪酸の生成が認められた (図 1)。一般に、良好な乳酸発酵には水分含有率は 70% 程度がよいとされている。本実験の結果、予乾処理区でも酪酸の生成が認められた。この原因は、水分含有率が 75% と高水分であったことが考えられる。今後、リードカナリーグラスを良質サイレーズとして調製するための適当な予乾処理についてはさらに検討が必要と考える。

一般にサイレーズ調製では、埋蔵直後の材料草の呼吸によりサイロ内を嫌気条件にして乳酸発酵を促進することが重要であるとされる。CO<sub>2</sub> の添加により、サイロ内の嫌気条件の確立を促進する効果を期待したが、しかし実際は、AC または SL 無添加区では CO<sub>2</sub> の添加効果はほとんど認められず、フリーク評点は CO<sub>2</sub> の添加により低くなった。

一方、AC または SL を添加した区では CO<sub>2</sub> を添加してもフリーク評点の低下はみられなかった。このことから CO<sub>2</sub> の添加効果に材料草中の糖含量や乳酸菌数が影響していることが推察される。

## 謝 辞

本実験を遂行するに当たり材料草の提供をいただいた新潟県関川村村営若ぶな高原牧場に感謝申し上げます。また *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来のセルラーゼを提供していただいた明治製菓株式会社生物科学研究所ならびに通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所 山辺 倫博士に深謝いたします。

## 引用文献

- 1) 艾尼瓦尔艾山・安宅一夫・檜崎 昇・野 英二 (1998) *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来の細胞壁分解酵素の添加がサイレーズの発酵品質、乾物回収率および細胞壁成分に及ぼす影響. 日草誌 43, 406-412.
- 2) GRABBER, J.H. and D.W. ALLINSON (1992) Anatomical structure and digestibility of reed canarygrass cultivars and hybrid ryegrass. *Grass and Forage Sci.* 47, 400-404.
- 3) 星野四郎・酒井友慶・今井悌三 (1971) リードカナリーグラスの新しい評価一とくに豪雪低標高地の採草・放牧用に. 日草誌 17, 141-144.

- 4) 星野四郎・小熊正巳 (1986) 永続採草用牧草リードカナリーグラス 1. 新潟県内における栽培利用実態と評価. 農業技術 41, 69-72.
- 5) 星野四郎 (1986) 永続採草用牧草リードカナリーグラス 2. 高位安定採草用牧草としての特性と栽培法. 農業技術 41, 116-119.
- 6) 小林清四郎 (1985) リードカナリーグラスの特性と栽培利用上の注意. 牧草と園芸 33, 17-19.
- 7) 増子孝義・藤田 希・円井更織・嶋田秀庸 (1997) キ酸, 乳酸菌製剤および乳酸菌製剤と酵素剤の混合物の添加が無予乾グラスサイレーズの発酵品質に及ぼす影響. 日草誌 43, 278-287.
- 8) McDONALD, P., A. R. HENDERSON, S. J. E. HERON, 内田仙二・大島光昭 監修 (1995) サイレージの生化学第 2 版. デイリージャパン社. pp59-346.
- 9) NISHINO, N. and S. UCHIDA (1998) Effect of cell wall degrading enzymes and lactic acid bacteria on the fermentation of rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth.) silage stored at various ambient temperature. *Grassland Science* 44, 193-197.
- 10) OHSHIMA, M. and P. McDONALD (1978) A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *Journal of the science of food and agriculture* 29, 497-505.
- 11) OHSHIMA, M., E. KIMURA and H. YOKOTA (1997) A method of making good quality silage from direct cut alfalfa by spraying previously fermented juice. *Animal feed Science and Technology* 66, 129-137.
- 12) 大谷 忠・伊東睦泰・真島 操・根本正之 (1992) リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の利用法の改善に関する研究 (第 1 報). リードカナリーグラスの生育習性と草質の関係. 東農大農学集報. 37, 64-73.
- 13) 佐藤 庚 (1973) 寒地型イネ科 4 草種の出穂期における生産構造の比較. 日草誌 19, 208-214.
- 14) SELMER-OLSEN, I., A. R. HENDERSON, S. ROBERTSON and R. MCGINN (1993) Cell wall degrading enzymes for silage. 1. The fermentation of enzyme-treated ryegrass in laboratory silos. *Grass and Forage Sci.* 48, 45-54.
- 15) 友田裕代・大桃定洋・田中 治・北本宏子・浜谷 徹・河野敏明・丹野 裕 (1996) *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来のセルラーゼの添加がアルファルファサイレーズの発酵品質に及ぼす影響. 日草誌 42, 155-158.
- 16) 友田裕代・浜谷 徹・田中 治・北本宏子・大桃定洋・河野敏明・丹野 裕 (1996) アルファルファサイレーズの発酵品質に及ぼす *Acremonium cellulolyticus* Y-94 由来部分精製酵素の影響. 日草誌 42, 343-347.
- 17) ZHANG, J., S. KUMAI, R. FUKUMI, I. HATTORI and T. KONO (1997) Effects of additives of lactic acid bacteria and cellulases on the fermentation quality and chemical composition of naked barley (*Hordeum vulgare* L. emend Lam) straw silage. *Grassland Science* 43, 88-94.
- 18) 日本草地協会 (1994) 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). pp6-94.
- 19) 新潟県畜産試験場年報 (1993) 有用微生物によるサイレーズ品質の安定化 I. 多種の牧草のサイレーズ適性及び乳酸菌の添加効果. pp 67-69.
- 20) 農林水産技術会議編 (1974) サイレージ研究の成果と展望. 中央畜産会. 東京. pp 86-87.

## 要 旨

田川伸一・岡島 毅・伊東睦泰 (2001) : リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) サイレージの発酵品質に及ぼす酵素製剤の影響. 日草誌 47, 157-162.

リードカナリーグラスを良質サイレーズに調製することを目的に, セルラーゼ (AC), 酵素入り乳酸菌製剤 (SL) の添加および予乾処理が発酵品質の改善に及ぼす影響, ならびに, 発酵初期の嫌気条件を確立するための CO<sub>2</sub> 添加の効果を比較検討した。

リードカナリーグラスサイレーズの pH は AC および SL の添加により目立って低下し, とくに AC0.05 区では 4.07 まで低下した。乳酸含有率は AC および SL の添加によって増加し, 特に AC0.05 区では 8.95% に達した。揮発性塩基態窒素 (VBN) 含有率は AC および SL の添加により低下したが有意ではなかった。

本研究の結果より, リードカナリーグラスを材料草としてサイレーズを調製する場合には AC および SL の添加がサイレーズの発酵品質を改善することが明らかとなった。CO<sub>2</sub> の添加および予乾の効果は見られなかった。

キーワード: 酵素, サイレージ, 二酸化炭素, 乳酸菌, 発酵品質, 予乾, リードカナリーグラス.