

## 平成26年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 5101-514241 （一般共同研究）

### 1. 研究課題名と成果の要点

- 1) 研究成果名：高水分牧草サイレージ調製時における乳酸菌・酵素製剤の添加効果  
（研究課題名：高水分牧草サイレージにおける乳酸菌・酵素製剤の添加効果）
- 2) キーワード：高水分、乳酸菌・酵素製剤、発酵品質、牧草サイレージ
- 3) 成果の要約：乳酸菌・酵素製剤（*Lactobacillus paracasei*、*Lactococcus lactis*、アクレモ酵素混合）は、水分含量がおおむね75%以上で地下茎型イネ科雑草の多い原料草に添加することにより、牧草サイレージの発酵品質を改善できる。

### 2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：根釧農試・研究部・乳牛G 谷川珠子、地域技術G
- 2) 共同研究機関（協力機関）：雪印種苗株式会社
- 3) 研究期間：平成24～25年度（2012～2013年度）

### 4. 研究概要

#### 1) 研究の背景

生産現場では雑草割合が高く、高水分の原料草で牧草サイレージ（GS）調製をしているのが現状であり、発酵品質の低下が問題となっている。新規乳酸菌・酵素製剤（*Lactobacillus paracasei* SBS00003, *Lactococcus lactis* SBS00001, アクレモ酵素混合）は、繊維分解酵素が原料草の繊維を分解して糖を産生するとともに、2種類の乳酸菌が速やかな pH の低下と乳酸発酵を促進し、発酵品質の改善が期待できる。

#### 2) 研究の目的

条件の悪い原料草（高水分、雑草割合高い）を用いて調製した GS において、乳酸菌・酵素製剤の添加による発酵品質の改善効果を明らかにする。

### 5. 研究内容

#### 1) 小規模サイロにおける乳酸菌・酵素製剤の添加効果

- ・ねらい：小規模サイロを用いて、乳酸菌・酵素製剤の添加が発酵品質に及ぼす影響を明らかにする。
- ・試験項目等：チモシー、シバムギおよびリードカナリーグラス1番草を予乾せずに15mmに細切し、1L容プラスチックボトルで調製した。試験処理は無添加、乳酸菌・酵素製剤添加、ギ酸0.3%添加とした。

#### 2) 実規模サイロにおける乳酸菌・酵素製剤の添加効果

- ・ねらい：スタックサイロにおいて、乳酸菌・酵素製剤の添加が発酵品質および泌乳牛の摂取量に及ぼす影響を明らかにする。
- ・試験項目等：地下茎型イネ科雑草が乾物比70%混合したチモシー1番草を予乾せずに、乾物50t規模のスタックサイロで調製した。試験処理は乳酸菌・酵素製剤の有無×スラリー施用時期とした。泌乳中期のホルスタイン種経産牛8頭を用い、1期19日の飼養試験を行った。飼料中GS割合は乾物比で約50%、飼料全体のCPは16%、TDNは74%とし、1日1回飽食量を給与した。

#### 3) 乳酸菌・酵素製剤の現地利用事例

- ・ねらい：北海道内の乳酸菌・酵素製剤の現地利用事例およびスラリー施用法が不適切と考えられる事例について、発酵品質の改善効果を明らかにする。
- ・試験項目等：(1)平成24年8月～平成25年6月に雪印種苗分析グループが受入れたGS1番草サンプル487件（水分含量75%以上）。(2)春のスラリー施用を中止してGS1番草の調製を行った農家事例。

### 6. 成果概要

- 1) 乳酸菌・酵素製剤の添加により乳酸発酵が促進し、V-Scoreは94点以上となり、発酵品質は大幅に改善した（表1）。各草種とも無添加に比べ、乳酸菌・酵素製剤を添加したGSのTDNは5%程度高かった。チモシーに酪酸菌を添加して調製したGSでは、乳酸菌・酵素製剤の添加により酪酸発酵はある程度抑えられ、発酵品質は向上した（データ略）。
- 2) 発酵品質はスラリー施用時期による差がなかった（表2）。本試験で施用したスラリーは水分含量がやや高かったこと、刈取り高を10cmとしたことにより、原料草へのスラリー混入が少なかったためと考えられる。乳酸菌・酵素製剤の添加により、pHおよび総窒素中の揮発性塩基態窒素割合（VBN/TN）は低下、乳酸含量は増加し、V-Scoreは75点から90点となり、発酵品質は改善した。乳酸菌・酵素製剤を添加したGSでは非繊維性炭水化物が高く、中性デタージェント繊維含量は低かった。泌乳牛の摂取量および乳生産には乳酸菌・酵素製剤の有無およびスラリー施用時期による差はなかった。無添加でも発酵品質が劣質とならなかったため、摂取量に差がなかったと考えられた。
- 3) - (1) 無添加のGSのV-Scoreの平均は71点であったが、乳酸菌・酵素製剤を添加したGSでは83点と高く、ギ酸と同程度の発酵品質の改善効果がみられた（表3）。V-Scoreが60点以下で劣質と判定されたGSの割合は、無添加では32%あったが、乳酸菌・酵素製剤を添加したGSでは15%と少なかった。
- 3) - (2) スラリー施用法の変更前は、乳酸菌・酵素製剤を添加してもV-Scoreは平均28点、21個中16個がV-Score60点以下と発酵品質が劣質となる割合が高かった（表4）。春のスラリー施用を中止した後では、乳酸菌・酵素製剤の添加により発酵品質は改善した。

## <具体的データ>

表1. 乳酸菌・酵素製剤の添加がGSの発酵品質および化学成分<sup>1</sup>に及ぼす影響(1L容ボトルサイロ)

| 草種         | チモシー(水分77%)       |                   |                   | シバムギ(水分72%)       |                   |                   | リードカナリーグラス(水分81%) |                   |                   |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|            | 無添加               | 乳酸菌・<br>酵素製剤      | ギ酸0.3%            | 無添加               | 乳酸菌・<br>酵素製剤      | ギ酸0.3%            | 無添加               | 乳酸菌・<br>酵素製剤      | ギ酸0.3%            |
| pH         | 5.30 <sup>a</sup> | 3.67 <sup>c</sup> | 4.78 <sup>b</sup> | 5.58 <sup>a</sup> | 3.63 <sup>b</sup> | 5.46 <sup>a</sup> | 4.69 <sup>a</sup> | 3.62 <sup>c</sup> | 4.18 <sup>b</sup> |
| 乳酸 (%FM)   | 0.00 <sup>c</sup> | 3.20 <sup>a</sup> | 0.39 <sup>b</sup> | 0.11 <sup>b</sup> | 4.42 <sup>a</sup> | 0.21 <sup>b</sup> | 0.00 <sup>c</sup> | 2.20 <sup>a</sup> | 0.52 <sup>b</sup> |
| 酢酸 (%FM)   | 0.42 <sup>a</sup> | 0.21 <sup>b</sup> | 0.06 <sup>c</sup> | 0.11 <sup>b</sup> | 0.33 <sup>a</sup> | 0.04 <sup>b</sup> | 0.96 <sup>a</sup> | 0.26 <sup>b</sup> | 0.19 <sup>b</sup> |
| 酪酸 (%FM)   | 0.96 <sup>a</sup> | 0.06 <sup>b</sup> | 0.05 <sup>b</sup> | 0.80 <sup>a</sup> | 0.00 <sup>b</sup> | 0.11 <sup>a</sup> | 0.74 <sup>a</sup> | 0.01 <sup>b</sup> | 0.11 <sup>b</sup> |
| VBN/TN (%) | 35.5 <sup>a</sup> | 4.7 <sup>b</sup>  | 5.1 <sup>b</sup>  | 19.0 <sup>a</sup> | 5.4 <sup>b</sup>  | 7.1 <sup>b</sup>  | 38.1 <sup>a</sup> | 7.6 <sup>b</sup>  | 6.6 <sup>b</sup>  |
| V-Score    | 8 <sup>b</sup>    | 95 <sup>a</sup>   | 96 <sup>a</sup>   | 14 <sup>b</sup>   | 98 <sup>a</sup>   | 87 <sup>a</sup>   | 4 <sup>b</sup>    | 94 <sup>a</sup>   | 88 <sup>a</sup>   |
| CP (%DM)   | 8.5 <sup>b</sup>  | 11.4 <sup>a</sup> | -                 | 12.7              | 13.2              | -                 | 7.3 <sup>b</sup>  | 9.5 <sup>a</sup>  | -                 |
| NFC (%DM)  | 8.6 <sup>b</sup>  | 15.8 <sup>a</sup> | -                 | 8.7 <sup>b</sup>  | 18.9 <sup>a</sup> | -                 | 5.9 <sup>b</sup>  | 12.5 <sup>a</sup> | -                 |
| NDF (%DM)  | 74.2 <sup>a</sup> | 65.1 <sup>b</sup> | -                 | 69.5 <sup>a</sup> | 60.1 <sup>b</sup> | -                 | 78.3 <sup>a</sup> | 69.9 <sup>b</sup> | -                 |
| TDN (%DM)  | 56.9 <sup>b</sup> | 62.9 <sup>a</sup> | -                 | 61.9 <sup>b</sup> | 66.0 <sup>a</sup> | -                 | 52.1 <sup>b</sup> | 57.4 <sup>a</sup> | -                 |

各草種・各項目で異符号間に有意差あり(abc: P<0.05)

VBN/TN:揮発性塩基態窒素/総窒素、CP:粗タンパク質、NFC:非繊維性炭水化物、NDF:中性デタージェント繊維、TDN:可消化養分総量、FM:原物、DM:乾物

<sup>1</sup>近赤外分析値

表2. 乳酸菌・酵素製剤の添加およびスラリー施用時期がGSの発酵品質、化学成分<sup>1</sup>および泌乳牛の摂取量に及ぼす影響(乾物50t規模スタックサイロ)

| 乳酸菌・酵素製剤              | 無    |      | 有    |      |
|-----------------------|------|------|------|------|
|                       | 早    | 遅    | 早    | 遅    |
| スラリー施用時期 <sup>2</sup> |      |      |      |      |
| pH                    | 4.30 | 4.26 | 4.03 | 3.96 |
| 乳酸 (%FM)              | 0.49 | 0.52 | 1.11 | 1.11 |
| 酢酸 (%FM)              | 0.66 | 0.57 | 0.62 | 0.42 |
| 酪酸 (%FM)              | 0.04 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| VBN/TN (%)            | 10.7 | 12.0 | 7.8  | 7.9  |
| V-Score               | 76.4 | 75.5 | 90.4 | 91.3 |
| 水分 (%)                | 81.0 | 81.2 | 82.0 | 81.7 |
| CP (%DM)              | 14.0 | 12.4 | 12.9 | 14.1 |
| NFC (%DM)             | 9.7  | 10.3 | 11.8 | 11.7 |
| NDF (%DM)             | 64.4 | 66.0 | 63.1 | 62.4 |
| TDN (%DM)             | 60.8 | 59.6 | 59.8 | 63.2 |
| 乾物摂取量 (kg/日)          | 23.5 | 22.3 | 22.7 | 22.5 |
| 4%乳脂補正乳量 (kg/日)       | 33.7 | 34.4 | 33.0 | 34.2 |

<sup>1</sup>化学分析値、TDNはめん羊4頭を用いた全糞採取法による値

<sup>2</sup>スラリー施用時期;早5/7~8、遅5/27~28、サイレージ調製6/28-29

表3. GS1番草における乳酸菌・酵素製剤の添加効果(道内平成24年産)

| 処理         | 無添加          | 乳酸菌・酵素製剤    | ギ酸          |
|------------|--------------|-------------|-------------|
| n=         | 87           | 115         | 60          |
| pH         | 4.27 ± 0.52  | 4.00 ± 0.24 | 4.02 ± 0.24 |
| 乳酸 (%FM)   | 0.95 ± 0.48  | 1.30 ± 0.48 | 0.93 ± 0.37 |
| 酢酸 (%FM)   | 0.54 ± 0.28  | 0.50 ± 0.28 | 0.39 ± 0.21 |
| 酪酸 (%FM)   | 0.19 ± 0.30  | 0.08 ± 0.11 | 0.06 ± 0.12 |
| VBN/TN (%) | 12.41 ± 9.73 | 8.87 ± 3.21 | 8.64 ± 3.77 |
| V-Score    | 71 ± 27      | 83 ± 14     | 85 ± 18     |
| 水分 (%)     | 78.7 ± 2.1   | 78.2 ± 2.1  | 79.0 ± 2.2  |
| CP (%DM)   | 11.0 ± 2.0   | 11.6 ± 1.7  | 10.7 ± 1.5  |
| NDF (%DM)  | 67.6 ± 5.0   | 65.9 ± 4.5  | 68.1 ± 4.0  |
| TDN (%DM)  | 59.0 ± 3.5   | 60.4 ± 2.9  | 60.0 ± 2.7  |

化学成分は近赤外分析値

表4. 乳酸菌・酵素製剤の添加および施肥法が発酵品質および化学成分<sup>1</sup>に及ぼす影響

| 施肥 <sup>2</sup> | 変更前  |      | 変更後  |   |
|-----------------|------|------|------|---|
|                 | 有    | 無    | 有    | 有 |
| 乳酸菌・酵素製剤        |      |      |      |   |
| n=              | 21   | 6    | 7    |   |
| pH              | 4.78 | 4.39 | 3.73 |   |
| 乳酸 (%FM)        | 0.37 | 0.47 | 1.45 |   |
| 酢酸 (%FM)        | 0.51 | 1.14 | 0.29 |   |
| 酪酸 (%FM)        | 0.81 | 0.39 | 0.04 |   |
| VBN/TN (%)      | 24.0 | 20.6 | 7.5  |   |
| V-Score         | 28.0 | 32.1 | 92.0 |   |
| 水分 (%)          | 78.8 | 80.6 | 76.6 |   |
| CP (%DM)        | 11.8 | 10.0 | 10.9 |   |
| NDF (%DM)       | 70.9 | 74.0 | 66.9 |   |
| TDN (%DM)       | 57.1 | 54.9 | 59.2 |   |
| カリウム (%DM)      | 2.5  | 1.6  | 2.0  |   |

<sup>1</sup>カリウム以外は近赤外分析値

<sup>2</sup>変更前:スラリー;5月上旬~1ヶ月間、秋、1回当たり3t/10a以上  
化学肥料;早春30kg/10a、1番草後15kg/10a

変更後:スラリー;春施用を中止、1番草収穫後3t/10a、秋5t/10a  
化学肥料;早春30kg/10a

V-Score :  
サイレージのVFA(酢酸、  
プロピオン酸、酪酸)含量  
と総窒素中の揮発性塩基  
態窒素割合から算出する。  
100点満点で評価し、80点  
以上が良、60~80点が可、  
60点以下が不可と判定さ  
れる。

## 7. 成果の活用策

### 1) 成果の活用面と留意点

- (1) 高水分原料草を用いたサイレージの調製時において、発酵品質を改善する際の参考とする。
- (2) スラリー施用量の過剰、施用時期の遅延など、施用法が不適切な場合は発酵品質が改善しない可能性があるため、北海道施肥標準を遵守する。
- (3) 本試験で使用した牧草サイレージ原料草の水溶性炭水化物含量は乾物中8%以上である。

### 2) 残された問題とその対応

## 8. 研究成果の発表等