

## 環境由来の微生物製剤および発酵製品の添加がサイレージの発酵品質に及ぼす影響

照井英樹・加藤昭洋・遠藤正広  
上野岳洋・安宅一夫

Effect of Addition of silage additives made and derived from microorganisms in the nature and fermented products on silage qualities

Hideki TERUI, Akihiro KATO, Masahiro ENDO, Takehiro UENO and Kazuo ATAKU  
(Accepted 24 July 2009)

### 緒言

食品に関する消費者の安全意識は近年旺盛であり、生産者はより一層の努力や工夫を求められている。そのため、生産物はもとより、生産資材にも天然由来の成分を使用することが求められる場合もある。一方で、輸入飼料および生産資材の世界的な高騰を受け、輸入依存型から自給飼料への構造転換を図る上で、良質なサイレージの調製が重要な課題となっている。

サイレージの発酵を改善し、良質なサイレージを調製するために多くの添加物が使用されている<sup>2,4,7,8)</sup>。添加効果を高める目的で特定の種を人工的に選抜淘汰した微生物製剤が広く用いられている<sup>2)</sup>が、自然環境に広く存在する微生物を用いた生物系添加剤も存在する<sup>5,7)</sup>。しかし、一部には効果が十分に証明されていないものや、添加剤自体の成分が十分に明らかにされていないものも存在する<sup>3)</sup>。環境微生物群 (Effective Microorganisms (EM)) と呼ばれる、土壤中に生息する好気性菌および嫌気性菌が混和した液体<sup>5)</sup> や、乳牛の尿を自然石と腐植土および微生物で処理した液体 (BM-W)<sup>3)</sup> も、天然由来の微生物資材として実際にサイレージ添加剤や堆肥等の発酵促進剤として使用する酪農家もいる<sup>7)</sup>。しかし、それらのサイレージ発酵に及ぼす影響については十分に検討されていない。

本研究では、EM および BM-W の添加によるチモシー、アルファルファおよびトウモロコシサイレージの発酵品質への影響について検討した。

### 材料および方法

#### 1. 材料草およびサイレージ調製

試験1：チモシーおよびアルファルファサイレージにおよぼす影響

材料草には酪農学園大学附属農場で栽培されたアルファルファ (*Medicago sativa* L., 品種：ユーバ, 開花期) とチモシー (*Phleum pratense* L., 品種：ホクセン, 出穂期) の一番草を用い、無予乾および天日乾燥による予乾の2段階に水分を調節した (表1)。材料草は1 cm の長さに切断し、750 g の材料に

- 1) 無添加,
- 2) EM 0.1%,
- 3) BM-W 0.1%,
- 4) アルファルファ緑汁発酵液 (AGJ) 0.2%,
- 5) チモシー緑汁発酵液 (TGJ) 0.2%

を添加、よく混合し、1リットルの実験用サイロに詰め込み、これを2反復した。EMは(財)自然農法国際研究センターが市販する「救世EM-1 (#1052S)」を、BM-Wは牛歩塾より市販の「BM小清水」を用いた。アルファルファおよびチモシーの緑汁発酵液は、各々の新鮮草を500 gの水と共にミキサーで磨砕攪拌後、ガーゼを用いてろ過し、グルコースを2% (重量) 添加し30℃で48時間発酵させたものを用いた<sup>10)</sup>。サイロは室温で50日間放置した後に開封し、分析に供した。

試験2：コーンサイレージにおよぼす影響

材料草には酪農学園大学附属農場で栽培されたトウモロコシ (*Zea mays* L., 品種：ニューデント100, 黄熟期) を用いた (表1)。材料草は0.8~1.5 cm の長さに切断し、

表1. 原材料の成分 (%DM)

	水分	WSC	CP
アルファルファ			
無予乾	82.4	6.4	16.7
予乾	61.3	5.3	16.0
チモシー			
無予乾	78.6	9.5	8.5
予乾	54.9	7.4	8.9
トウモロコシ			
	75.0	21.2	8.7

WSC: 可溶性炭水化物

CP: 粗蛋白質

- 1) 無添加,
- 2) EM 0.1%,
- 3) BM-W 0.1%,
- 4) 放線菌添加剤 (ActnB) 0.1%,
- 5) 光合成菌添加剤 (PSynB) 0.1%,
- 6) 乳酸菌添加剤 (LctB) 0.0004%,
- 7) 微生物由来細胞壁分解酵素 (AcC) 0.005%,
- 8) LctB 0.0004%と AcC 0.005%の併用添加区 (L+A)

とし、750 g の材料とよく混合した後、試験 1 と同様に処理した。EM および BM-W は試験 1 と同じ製品を用い、EM に含まれている微生物の製剤である ActnB と PSynB は EM と同じ組織より市販されているものを用いた。LctB は雪印種苗(株)製の市販品 (スノーラクト L) を、AcC は明治製菓(株)より市販のアクレモニウム製剤を用いた。サイロは室温で 30 日間放置した後に開封し、分析に供した。

## 2. 成分分析

各試験とも、水分は常法、粗蛋白質 (CP) は Kjeldahl 法、可溶性炭水化物 Anthrone 比色法によって定量した。NDF は Fibertech System M を用いて VanSoest の法<sup>15)</sup>によって定量した。また、サイレージの発酵品質は、新鮮物の純水抽出液 (100 g/500 ml) を用いて、pH はガラス電極 pH メーターにより測定し、有機酸はガスクロマトグラフィー (島津製作所 GC-14A 型、検出機: FID、カラム: 1.6 mm ガラス製、分析温度: 120-190°C (昇温は 5°C/分)、充填剤: PEG 6000) により定量した。

## 3. 統計処理

各試験とも、同一原料草におけるサイレージの発酵品質におよぼす影響は一元配置法により、原料草の水分、添加剤およびそれらの相互作用は二元配置法により分散分析を行なった<sup>11)</sup>。

### 結果および考察

試験 1. アルファルファサイレージ:

pH は無予乾処理区で、EM 区が 4.95 と他の処理区に対して有意に高くなったが、他の処理区間では 4.6 前後で有意な差は見られなかった。予乾処理区では、添加剤の種類による有意な差は見られなかったが、添加処理、予乾およびそれらの交互作用とも有意な影響が見られた (表 2)。

サイレージの水分は、予乾処理区では無添加区 (83.1%) より EM 区 (83.8%) および TGJ 区 (83.7%) が有意に高かったが、他の処理区間に差はみられなかった。サイレージ調製時の予乾による影響は観測されたが、有意な処理区および交互作用は

表2. アルファルファサイレージの発酵品質と添加物の効果

	無添加	EM <sup>1)</sup>	BM-W <sup>2)</sup>	AGJ <sup>3)</sup>	TGJ <sup>4)</sup>	添加物 (A)	水分 (B)	AxB	SE <sup>5)</sup>
pH									
無予乾	4.62 <sup>B</sup>	4.95 <sup>A</sup>	4.61 <sup>B</sup>	4.68 <sup>B</sup>	4.68 <sup>B</sup>	**	**	**	0.01
予乾	4.90	5.07	4.93	4.96	4.88				
水分 (%)									
無予乾	83.1 <sup>C</sup>	83.8 <sup>A</sup>	83.3 <sup>BC</sup>	83.4 <sup>BC</sup>	83.7 <sup>AB</sup>	*	**	—	0.03
予乾	62.8	62.3	62.8	62.9	62.5				
DM回収率 (%)									
無予乾	95.0 <sup>A</sup>	90.8 <sup>C</sup>	94.2 <sup>AB</sup>	93.6 <sup>AB</sup>	91.6 <sup>BC</sup>	**	**	**	0.33
予乾	95.4	93.6	95.4	97.8	96.0				
ガス損失率 (%)									
無予乾	4.4 <sup>B</sup>	5.9 <sup>A</sup>	4.4 <sup>B</sup>	4.6 <sup>B</sup>	4.7 <sup>B</sup>	**	**	**	1.15
予乾	2.3 <sup>C</sup>	3.3 <sup>A</sup>	2.4 <sup>C</sup>	3.0 <sup>B</sup>	2.1 <sup>C</sup>				

<sup>1)</sup> 有効微生物群, <sup>2)</sup> 発酵処理ふん尿, <sup>3)</sup> アルファルファ緑汁発酵液, <sup>4)</sup> チモシー緑汁発酵液, <sup>5)</sup> 標準誤差。

<sup>A,B</sup> 異文字間に有意差あり (P<0.01)。

\*, \*\* 添加物, サイレージ材料の水分および交互作用 (\*\* P<0.01, \* P<0.05)。

みられなかった (表2)。

EM区におけるDM回収率は無添加区の95%、BM-W区の94.2%およびAGJ区の93.6%に対して90.8%と低い値となり、ガス損失も他の処理区よりも高い結果が観測された。双方とも、添加物、予乾およびそれらの交互作用がみられた (表2)。

アルファルファサイレージの場合、乳酸の発生量はEM区で5.8%と低い値であったが有意差は観測されなかった。原料の水分ならびに添加物の処理区間における有意な変化は見られなかったが、添加物および予乾による効果がみられた。しかし、それらの交互作用は観測されなかった (表3)。

予乾した場合にはEM区において無添加およびBM-W区よりも多い酢酸の発生がみられた。予乾処理による効果はみられたが、添加物による有意な添加効果はみられなかった。プロピオン酸の発生は全ての処理区において低く、処理区間において有意な差はみられなかったが、添加物および水分の差による効果が見られた。酪酸の発生は全ての処理区において無、もしくは低く、カプロン酸およびバレリアン酸の発生は認められなかった。総酸生成量には処理区間による差はみられなかったが、予乾処理による効果が観測された (表3)。

チモシーサイレージ：

チモシーサイレージでは、予乾、無予乾処理区とも、AGJおよびTGJ区で3.76から4.03と、他の処

理区よりも低いpHであり、添加物および添加物と水分の交互作用がみられた (表4)。

無予乾処理区における水分は、無添加区およびBM-W区で他の処理区よりも高く、AGJおよびTGJ区では他の処理区よりも低い値を示した。予乾処理区では添加物による有意な差はみられなかったが、添加物および水分による効果がみられた (表4)。

EM区、BM-W区とも、無予乾処理区におけるDM回収率は他の処理区よりも低かったが、EM区では無添加区とBM-W区よりも高い値を示した。予乾処理区では添加物による有意な差はみられなかったが、添加物、予乾およびそれらの交互作用がみられた。同様にガス損失率は、無添加区、EM区およびBM-W区がAGJ区およびTGJ区よりも高かったが、予乾処理区では全ての処理区で、有意差はあったが、低い値であった。DM回収率およびガス損失率とも、添加物、予乾およびそれらの交互作用がみられた (表4)。

乳酸の生成量は、無予乾処理、予乾処理区とも無添加区、EM区およびBM-W区で1.2から2.2%と、他の処理区 (5.1から10.0%) よりも低い結果であった。添加物および予乾と添加物の交互作用が見られたが、水分による効果はみられなかった。酢酸の量は、無予乾処理では各添加区間に有意差はみられなかったが、予乾処理区のEM区で1.8%と他の処理区の0.6%未満よりも有意に高くなった。ま

表3. アルファルファサイレージの有機酸組成と添加物の効果 (%DM)

	無添加	EM <sup>1)</sup>	BM-W <sup>2)</sup>	AGJ <sup>3)</sup>	TGJ <sup>4)</sup>	添加物(A)	水分(B)	AxB	SE <sup>5)</sup>
乳酸									
無予乾	9.16	5.81	10.10	8.69	9.33	**	**	*	0.75
予乾	6.75	6.22	7.15	9.78	7.01				
酢酸									
無予乾	2.79	4.64	3.49	3.54	3.54	—	**	*	0.31
予乾	1.72 <sup>B</sup>	3.46 <sup>A</sup>	2.06 <sup>B</sup>	2.58 <sup>AB</sup>	2.43 <sup>AB</sup>				
プロピオン酸									
無予乾	0.17	0.14	0.15	0.22	0.15	**	**	—	0.07
予乾	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01				
i-酪酸									
無予乾	0	0	0	0	0	—	—	—	—
予乾	0	0	0	0	0				
n-酪酸									
無予乾	0	0	0	0	0	—	—	—	0.01
予乾	0	0	0.02	0.01	0				
総酸									
無予乾	12.19	12.23	13.79	12.45	13.20	—	**	—	0.85
予乾	8.51	9.88	9.32	12.45	9.49				

<sup>1)</sup> 有効微生物群, <sup>2)</sup> 発酵処理ふん尿, <sup>3)</sup> アルファルファ緑汁発酵液, <sup>4)</sup> チモシー緑汁発酵液, <sup>5)</sup> 標準誤差。

<sup>A,B</sup> 異文字間に有意差あり (P<0.01)。

\*, \*\* 添加物, サイレージ材料の水分および交互作用 (\*\* P<0.01, \* P<0.05)。

表4. チモシーサイレージの発酵品質と添加物の効果

	無添加	EM <sup>1)</sup>	BM-W <sup>2)</sup>	AGJ <sup>3)</sup>	TGJ <sup>4)</sup>	添加物(A)	水分(B)	AxB	SE <sup>5)</sup>
pH									
無予乾	5.23 <sup>A</sup>	4.95 <sup>A</sup>	5.21 <sup>A</sup>	3.76 <sup>B</sup>	4.03 <sup>B</sup>	**	—	**	0.05
予乾	5.34 <sup>A</sup>	4.53 <sup>B</sup>	5.24 <sup>A</sup>	4.04 <sup>C</sup>	4.03 <sup>C</sup>				
水分(%)									
無予乾	81.3 <sup>A</sup>	80.7 <sup>B</sup>	81.6 <sup>A</sup>	79.2 <sup>C</sup>	79.1 <sup>C</sup>	**	**	*	0.05
予乾	56.9	57.5	57.1	56.4	55.8				
DM回収率(%)									
無予乾	85.3 <sup>C</sup>	88.5 <sup>B</sup>	84.3 <sup>C</sup>	97.0 <sup>A</sup>	96.3 <sup>A</sup>	**	**	**	0.26
予乾	94.0	92.8	93.7	96.1	97.4				
ガス損失率(%)									
無予乾	10.2 <sup>A</sup>	7.9 <sup>B</sup>	10.6 <sup>A</sup>	2.1 <sup>C</sup>	2.1 <sup>C</sup>	**	**	**	0.19
予乾	2.8 <sup>B</sup>	3.6 <sup>A</sup>	2.7 <sup>C</sup>	1.5 <sup>C</sup>	1.5 <sup>C</sup>				

<sup>1)</sup> 有効微生物群, <sup>2)</sup> 発酵処理ふん尿, <sup>3)</sup> アルファルファ緑汁発酵液, <sup>4)</sup> チモシー緑汁発酵液, <sup>5)</sup> 標準誤差。

<sup>A,B</sup> 異文字間に有意差あり (P<0.01)。

\*, \*\* 添加物, サイレージ材料の水分および交互作用 (\*\* P<0.01, \* P<0.05)。

た, 添加物, 水分およびそれらの交互作用が観測された。プロピオン酸は予乾および無予乾処理とも, 全ての処理区において低く, 有意な差は見られなかったが, 添加物と予乾による効果がみられた。酪酸は, i-, n-とも, 無予乾処理区で無添加区, EM区およびBM-W区でAGJおよびTGJ区より高くなったが, 予乾処理区では有意な差は観測されなかった。双方とも添加物および予乾による効果がみられたが, n-酪酸のみで交互作用がみられた(表5)。カプロン酸, バレリアン酸は全ての処理区にお

いて生成はみられなかった。

#### 試験2. トウモロコシサイレージ:

トウモロコシサイレージのpHは処理区間で有意な差がみられたが, EM区は4.08と有意に高く, 他の処理区では概ね3.9以下であった。

DM回収率, ガス損失率とも, 添加物による差がみられたが, EM添加区で損失が多くなる結果が得られた。EM区, BM-W区, ActnB区およびPsynB区の環境由来微生物製剤の添加は無添加区と比較し

表5. チモシーサイレージの有機酸組成と添加物の効果(%DM)

	無添加	EM <sup>1)</sup>	BM-W <sup>2)</sup>	AGJ <sup>3)</sup>	TGJ <sup>4)</sup>	添加物(A)	水分(B)	AxB	SE <sup>5)</sup>
乳酸									
無予乾	1.29 <sup>C</sup>	1.20 <sup>C</sup>	1.19 <sup>C</sup>	10.03 <sup>A</sup>	5.83 <sup>B</sup>	**	*	**	0.37
予乾	1.99 <sup>B</sup>	2.18 <sup>B</sup>	1.90 <sup>B</sup>	5.16 <sup>A</sup>	5.06 <sup>A</sup>				
酢酸									
無予乾	1.63	2.34	0.83	0.86	0.69	**	**	*	0.23
予乾	0.25 <sup>B</sup>	1.76 <sup>A</sup>	0.24 <sup>B</sup>	0.51 <sup>B</sup>	0.58 <sup>B</sup>				
プロピオン酸									
無予乾	1.08	0.00	0.37	0.00	0.01	**	**	**	0.17
予乾	0	0.03	0	0	0				
i-酪酸									
無予乾	2.14 <sup>A</sup>	0.45 <sup>B</sup>	1.94 <sup>A</sup>	0.00 <sup>B</sup>	0.00 <sup>B</sup>	**	**	*	0.12
予乾	1.38	0.05	0.72	0.00	0.00				
n-酪酸									
無予乾	2.87 <sup>B</sup>	1.51 <sup>C</sup>	3.85 <sup>A</sup>	0.01 <sup>D</sup>	0.06 <sup>D</sup>	**	**	**	0.08
予乾	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00				
総酸									
無予乾	9.15 <sup>A</sup>	5.50 <sup>B</sup>	8.91 <sup>AB</sup>	10.96 <sup>A</sup>	6.59 <sup>B</sup>	**	**	**	0.51
予乾	3.08	4.13	3.04	5.67	5.64				

<sup>1)</sup> 有効微生物群, <sup>2)</sup> 発酵処理ふん尿, <sup>3)</sup> アルファルファ緑汁発酵液, <sup>4)</sup> チモシー緑汁発酵液, <sup>5)</sup> 標準誤差。

<sup>A,B</sup> 異文字間に有意差あり (P<0.01)。

\*, \*\* 添加物, サイレージ材料の水分および交互作用 (\*\* P<0.01, \* P<0.05)。

て差はみられなく、市販の乳酸菌製剤の添加区より損失が多くなる傾向がみられた(表6)。

乳酸の生成は処理区による有意な差はみられず、酢酸の生成はEM区で他の添加区よりも高くなった。酪酸の生成はいずれの処理区でもみられなかったが、EM区において1,2-プロパンジオールの発生がみられた。総酸の量については処理区間での有意な差はみられず(表6)、カプロン酸およびバレリアン酸の生成は全ての処理区においてみられなかった。

## 考 察

乳酸菌を用いたサイレージ添加剤はホモ型発酵かつL型乳酸の生成を主眼としており、ホモ型・L型乳酸菌の活動を増進することで良質なサイレージ発酵が得られるとされている<sup>2,12)</sup>。多数の微生物が生育する状況は、良質なサイレージを調製するためには、むしろ好ましくないとする指摘もある。本試験で使用了EM<sup>5)</sup>は土壤中に生息する好気性菌および嫌気性菌が混和した液体であるが、乳酸菌群、放線菌群、光合成細菌群、酵母群など、働きの異なる10属80種の微生物群を含み、生息環境に応じて環境に適した種が生き残り活動するとしている<sup>5)</sup>が、含まれている微生物種の詳細は明かされていない。本研究では、EMおよびBM-Wの添加によってサイレージの発酵品質に影響が見られた項目もあるが、EMおよびBM-W添加により必ずしも良質な発酵のサイレージを調製できたとは言えない。

良質なサイレージのpHは、一般的に4.0未満とされているが、サイレージを調整する際に乳酸発酵の基質となる糖分は牧草の場合は一般に低いことから、十分に低いpHを得ることは難しい場合がある<sup>8)</sup>。また、アルファルファなどのマメ科牧草では、

高い緩衝能により低いpHのサイレージを調製することは困難な場合がある。本試験でもWSCの含量はアルファルファ、チモシー双方の原料草において一般的な値ではあった(表1)。アルファルファサイレージでは、全ての処理区でpHは4.6から5.1であったが、EMの添加によって他の処理よりもpHが高くなる結果となった(表3)。しかし、乳酸の発生量が高く、酪酸の発生がみられなかった(表3)ことから、比較的良質なサイレージが得られたといえる。EM添加区では他の添加区よりも無予乾でpHが高く(表2)、有意差は無かったが乳酸の発生量が低かった(表3)。これは、EM溶液に含まれる様々な微生物<sup>5)</sup>の影響も考えられる。

一方、無添加、EMおよびBM-Wを添加したチモシーサイレージのpHはすべて高く(表4)、乳酸の生成量も少なく(表5)、良質なサイレージではなかった。イネ科牧草では乳酸菌の発酵基質となる糖含量が低いなど、良質なサイレージを調製するのが難しい場合がある。土着の乳酸菌を培養する緑汁発酵液を添加することで、無添加で良質な発酵が期待しにくい場合にも、乳酸菌添加と同様の効果が期待される<sup>10)</sup>が、これは本試験の結果(表4、表5)と一致する。緑汁発酵液は、添加するサイレージの原料草から調製する<sup>10)</sup>が、本試験では別の原料草を用いた場合でも良好な発酵が得られた(表5)。これは、緑汁発酵液には種特異性が少ないと推測されること、そしてアルファルファ、チモシーとも、酪農学園大学附属農場で栽培されており、地理的に接近した場所であることも影響していることが考えられる。

トウモロコシは比較的糖含量が高く、無添加でもある程度良質なサイレージの調製が可能であると考えられている。本試験でも、トウモロコシサイレー

表6. トウモロコシサイレージの発酵品質と添加物の効果

	無添加	EM <sup>1)</sup>	BM-W <sup>2)</sup>	ActnB <sup>3)</sup>	PSynB <sup>4)</sup>	LctB <sup>5)</sup>	AcC <sup>6)</sup>	L+A <sup>7)</sup>	SE <sup>8)</sup>
pH	3.80 <sup>BC</sup>	4.08 <sup>A</sup>	3.79 <sup>BC</sup>	3.85 <sup>B</sup>	3.80 <sup>BC</sup>	3.73 <sup>CD</sup>	3.82 <sup>BC</sup>	3.63 <sup>D</sup>	0.04
水分(%)	74.0	77.0	77.0	75.2	76.3	74.3	77.6	74.3	0.51
DM回収率(%)	99.5 <sup>AB</sup>	98.8 <sup>C</sup>	99.5 <sup>AB</sup>	99.5 <sup>AB</sup>	99.4 <sup>B</sup>	99.6 <sup>A</sup>	99.6 <sup>A</sup>	99.5 <sup>AB</sup>	0.09
ガス損失率(%)	0.5 <sup>BC</sup>	1.4 <sup>A</sup>	0.5 <sup>BC</sup>	0.5 <sup>BC</sup>	0.6 <sup>B</sup>	0.4 <sup>C</sup>	0.4 <sup>C</sup>	0.5 <sup>BC</sup>	0.09
乳酸(%)	9.38	5.29	10.63	6.83	8.37	8.54	7.79	9.12	0.58
酢酸(%)	1.55 <sup>B</sup>	5.62 <sup>A</sup>	2.14 <sup>B</sup>	1.22 <sup>B</sup>	3.21 <sup>B</sup>	1.51 <sup>B</sup>	1.62 <sup>B</sup>	1.31 <sup>B</sup>	0.53
1,2プロパンジオール(%)	—	0.21	—	—	—	—	—	—	0.03
n-酪酸(%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
総酸(%)	10.93	11.12	12.78	8.05	11.06	10.06	9.42	10.43	0.50

<sup>1)</sup> 有効微生物群, <sup>2)</sup> 発酵処理ふん尿, <sup>3)</sup> 放線菌製剤, <sup>4)</sup> 光合成菌製剤, <sup>5)</sup> 乳酸菌製剤, <sup>6)</sup> 細胞壁分解酵素製剤, <sup>7)</sup> 乳酸菌製剤と細胞壁分解酵素の混合, <sup>8)</sup> 標準誤差。

<sup>A,B</sup> 異文字間に有意差あり (P<0.01)。

ジでは、無添加区でも pH が低く、乳酸含量が高く、DM 回収率が高い良質な発酵が得られた (表 6)。EM, BM-W, ActnB および PSynB とした環境由来の微生物製剤の添加でも、市販の LctB と同等の効果が得られた (表 6)。LctB に細胞壁を分解して糖を産生する酵素<sup>11,12)</sup> を混合添加した場合は良好な発酵で、他の処理区よりも有意に発酵品質の改善が見られる項目もあったといえる。EM 区において他の処理区よりも高い酢酸の発生がみられたが、これは EM に含まれる微生物群の影響も考えられる。

また、EM 区でサイレージの好気的変敗を抑制する可能性を指摘<sup>6,9,13,14)</sup> されている 1,2 プロパンジオールの発生が見られた (表 6) ことから、EM 添加によりバンクライフの長いサイレージ調製の可能性が示された。1,2 プロパンジオールを生成すると考えられている *Lactobacillus. buchneri* は、植物に付着するヘテロ型乳酸菌である<sup>2)</sup> が、EM の成分は非公開であり<sup>5)</sup>、EM に *L. buchneri* が含まれているのか、EM には *L. buchneri* の活動を直接または間接的に向上させるようなプレバイオティクス効果があるのか、もしくは EM に含まれている他の微生物の効果なのかは明らかではない。今後は、環境由来の微生物製剤および発酵製品に含まれる成分を詳細に明らかにすることと、長期間発酵させた場合の発酵品質の変化、および好気的変敗におよぼす影響の検討が求められる。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、原料草を快く提供してくださった酪農学園大学附属農場の皆様、サイレージ調製、発酵品質分析、および解析作業その他において数々のご支援を賜った酪農学園大学家畜飼料科学研究所の皆様へ深く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 艾尼瓦尔艾山, 安宅一夫, 榎崎 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ジの発酵品質, 乾物回収率および細胞壁成分におよぼす影響. 日草誌 43: 406-412.
- 2) 安宅一夫. 2004. サイレージ発酵における硝酸塩の役割の解明並びに *Lactobacillus casei* 及び糸状菌由来セルラーゼの利用による高品質サイレージ調製法の開発と普及. 日本草地学会 学会賞受賞講演会.
- 3) 安宅一夫, 本田 勉, 菊池政則, 小坂進一, 野英二. 1995. ふん尿発酵産物の飼料的利用. 酪農学園大学紀要. 20 巻第 1 号 175-179.
- 4) Henderson, N. 1992. Feed Additives and Supplements. pp. 41-46. SAC. Edinburgh.
- 5) 比嘉照夫. 1994. 人・くらし・生命が変わる EM 環境革命. 総合ユニコム株式会社. 東京.
- 6) Kung, L. Jr. and N.K. Ranjit. 2001. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. J. Dairy Sci. 84: 1149-1155.
- 7) 黒澤信一, 安宅一夫. 1996. サイレージの発酵品質に及ぼす有効微生物群, いわゆる EM 添加の影響. 日草誌. 42 (別号): 268-269.
- 8) McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage (2nd Ed.). pp. 194-196. Chalcombe Publication. Bucks.
- 9) 西野直樹, 原田宏明, 坂口 英. 2002. 1,2-プロパンジオールを生成するヘテロ型乳酸菌 *Lactobacillus buchneri* を添加したトウモロコシサイレージの発酵特性と好気的安定性. 日草誌. 48 (別号): 208-209.
- 10) 大島光昭, 木村英司, 横田浩臣, 前坂昌宏. 1996. 搾汁発酵液の添加がアルファルファサイレージの品質に及ぼす影響. 日草誌. 42 別号: 280-281.
- 11) パピルス株式会社編集. 1995. エクセル統計. pp. 78. 社会情報サービス株式会社. 東京.
- 12) Ridla, M. and S. Uchida. 1998. Effects of combined treatments of lactic acid bacteria and cell wall degrading enzymes on fermentation and composition of Italian rye grass (*Lolium multiflorum Lam.*) silage. AJAS. 11: 277-284.
- 13) Taylor, C.C. and L. Kung, Jr. 2002. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. J. Dairy Sci. 85: 1526-1532.
- 14) 堤竹沙央理. エチルアルコール, 酵母および EM 添加がトウモロコシサイレージの発酵品質に及ぼす影響. 2003. 酪農学園大学酪農学科 2002 年度卒業論文.
- 15) Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. 1st Ed. pp. 95-117. Cornell University Press. New York.

## 要 約

環境由来の微生物製剤 (EM) と発酵させた乳牛のふん尿から生成された微生物製剤 (BM-W) をアルファルファ (開花初期) およびチモシー (出穂期) の一番草とトウモロコシサイレージに添加し、サイレージの発酵品質におよぼす影響を検討した。アルファルファでは、EM の添加により高い pH とガス損失率および低い乾物回収率であったが、発生した有機酸組成は酢酸含量が高いものの、その他の有機酸は他の処理区と同等であった。これらは無予乾サ

イレージで大きくなる傾向がみられた。チモシーでは、予乾、無予乾とも、無添加、EM および BM-W の添加により、pH が高く、乾物回収率が低いサイレージとなった。無予乾処理では低い乳酸含量と酪酸の発生により有機酸組成の劣悪なサイレージが調製されたが、土着の乳酸菌を増殖する緑汁発酵液の添加では良質なサイレージが得られた。トウモロコシサイレージでは、全ての処理区で良質なサイレージが調製された。EM 添加区では乳酸の生成量は低かったが、好気的変敗を抑制するとされる 1,2 プロパンジオールが発生した。

## Abstract

Microorganisms derived from nature (EM) and liquid made from fermented feces and urine of milking cows (BM-W) were evaluated as additives of first-cut alfalfa at early bloom in pre-drying and non-pre-drying treatments, first-cut timothy at early bloom in pre-drying and non-pre-drying treatments, and feed corn at mature stage silages. Significance was declared at  $P < 0.01$ . Addition of EM resulted in higher pH and gas loss, and lower DM recoveries than the control and other treatments. The compositions of short chain fatty acids were similar in all the treatments except higher acetic acid content, and non-pre-drying treatments tended in more acetic acid content. Control, additions of EM and BM-W resulted in lower fermentation quality with higher pH, lower DM recovery, and unfavorable fatty acid compositions. Addition of green juice, which enhances the activities of local lactic acid bacterium on those plants to be ensiled, resulted in good quality silages. All treatments on feed corn silage showed good fermentation qualities. Addition of EM resulted in lower lactic acid contents, but 1,2-propanediol, which may prevent secondary deteriorations of silages, was detected only at EM treatment.