

平成30年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 7101-724191（受託（民間）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「サイマスターAC」の添加効果（研究課題名：高水分牧草サイレージ調製時における菌株を変更した乳酸菌・酵素製剤の添加効果）
- 2) キーワード：高水分，牧草サイレージ，乳酸菌・酵素製剤，発酵品質
- 3) 成果の要約：乳酸菌・酵素製剤「サイマスターAC」は、高水分かつ地下茎型イネ科雑草割合の高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。製剤添加による発酵品質の改善幅は可溶性炭水化物含量が低い原料草で大きい傾向が見られた。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：畜試・基盤研究部・飼料環境G・湊 啓子
- 2) 共同研究機関（協力機関）：なし（雪印種苗株式会社）

3. 研究期間：平成29～30年度（2017～2018年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

「サイマスターAC」は2種類の乳酸菌（*Lactococcus lactis* SBS0001株、*Lactobacillus paracasei* SBS0003株）とアクレモ酵素（セルラーゼ）からなるサイレージ用添加剤で、高水分で地下茎型イネ科雑草割合が高い原料草に添加することで、サイレージの発酵品質を改善できることが確認されている（H26年度；指導参考事項）。今般、供試乳酸菌のうち *Lactococcus lactis* SBS0001株を、より酸性条件下での増殖性に優れる SBS0001-S株に変更する製品改良が行われた。

2) 研究の目的

高水分かつ地下茎型イネ科雑草割合の高い原料草に対する、菌株変更後の乳酸菌・酵素製剤「サイマスターAC」新製品（以下「新AC」）の添加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：新ACの添加による発酵品質の改善効果を菌株変更前の従来製品（以下「従AC」）と比較する。
- ・試験項目等：シバムギ，リードカナリーグラスおよびチモシーがそれぞれ優占する草地の1番草をハーベスターで収穫し、無予乾で290Lのポリエチレン製円筒サイロ（直径61cm，高さ1m）3本に同時に詰め込んだ。1本は無添加とし、2本には詰め込み時に新ACおよび従ACをそれぞれ噴霧接種した。2ヶ月後に開封して発酵品質，化学成分および乾物密度を測定した。試験は2ヶ年実施した。

2) バンカーサイロにおける乳酸菌・酵素製剤の添加効果

- ・ねらい：バンカーサイロでの高水分牧草サイレージ調製時において、新ACの添加効果を明らかにする。
- ・試験項目等：リードカナリーグラス主体草地の1番草（可溶性炭水化物（WSC）含量：4.5~7.6% DM）を、無予乾で2本のバンカーサイロ（幅4m×奥行10m×高1.2m）に同時に詰め込み、片方に新ACを噴霧接種した。H29年は詰め込み5ヶ月後、H30年は2ヶ月後に開封して発酵品質，化学成分および乾物密度を測定した。

6. 成果概要

- 1)-(1)新ACおよび従ACの添加により、pH，酪酸含量，全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合（VBN/TN）が有意に低下、乳酸含量およびV-Scoreが有意に高まり、発酵品質は向上した（表1）。添加した製剤間で発酵品質に有意な差は認められず（t検定； $p>0.05$ ）、新ACは従ACと同等の発酵品質改善効果を有することが明らかとなった。
- 1)-(2)原料草のWSC含量は4.8~10.0%DMの範囲にあり、製剤の添加によらずWSC含量が高い原料草ほどサイレージの発酵品質は良質となる傾向が見られた（図1）。pHの低下やV-Scoreの向上等の品質改善効果は、WSC含量が4.8~5.8%と低い原料草（表1：試験C，D）や、酪酸菌の混入が疑われる原料草（表1：試験A 枯れ草が混入，図1：TY²堆肥が混入）を用いた試験で明瞭に認められた。
- 1)-(3)新ACおよび従ACの添加により、水分，中性デタージェント繊維（NDF）含量が有意に低く、非繊維性炭水化物（NFC）含量が有意に高くなった（表1）。可消化NDF（ivdNDF）およびNDF消化率が有意に低下したが、その差は小さく、NFC含量の増加分で相殺され可消化養分総量（TDN）に有意な差は認められなかった。
- 2)-(1)小規模サイロ試験と同様に、新ACの添加により乳酸発酵が促進され、酪酸発酵が抑制される傾向が見られた（表2）。発酵品質は2ヶ年ともに無添加ではV-Scoreが50点台（不良）の劣質なものとなったが、新ACの添加により60~70点（可）となり発酵品質は向上した。化学成分の変化は小規模サイロと同様であった。
- 2)-(2)新ACの添加効果はH29年に比べH30年では小さかった。H30年では原料草のWSC含量が詰め込み前半と後半で大きく異なった（表2）。新AC添加によるV-Scoreの改善幅はWSC4.5%の原料草（後半）が投入されたバンカー上段に比べ、主にWSC7.6%の原料草（前半）が投入された下段では小さく（図1）、このためサイロ全体としての添加効果が小さくなったと推察された。
- 2)-(3)小規模サイロ試験と同様に、新AC添加による発酵品質の改善幅はWSC含量の低い原料草で大きかったが、得られる発酵品質はWSC含量とともに低下した（図1）。

<具体的データ>

表1 「サイマスターAC」の添加がサイレージの発酵品質および化学成分に及ぼす影響（小規模サイロ）

主体草種	シバムギ						リードカナリーグラス						添加効果 ⁹⁾	
試験名:調製年月日(生育ステージ)	A:H29.6.9(穂ばらみ期)			B:H30.6.14(出穂始)			C:H29.6.21(出穂期)			D:H30.6.21(出穂期)			無添加	
原料草の草種構成 ¹⁾	QG31%, TY16%, 枯草45%			QG53%, OG31%			RCG56%, OG21%			RCG70%, OG30%			vs	
原料草の化学成分(乾物%) ²⁾	CP:16.3, WSC:9.0			CP:15.2, WSC:7.5			CP:13.2, WSC:5.8			CP:18.1, WSC:4.8			n ⁶⁾ 新 従	
処理 ³⁾	無添加	新AC	従AC	無添加	新AC	従AC	無添加	新AC	従AC	無添加	新AC	従AC	AC AC	
発酵品質 ⁴⁾	pH	4.08	3.87	3.88	3.93	3.79	3.78	4.24	4.01	4.00	4.65	4.22	4.37	8 ** **
	乳酸(%FM)	2.23	2.52	1.92	2.44	2.79	2.73	1.47	2.03	2.15	0.56	1.41	0.88	8 ** **
	酢酸(%FM)	0.47	0.29	0.25	0.56	0.46	0.48	0.43	0.47	0.49	0.74	0.70	0.82	8 ns ns
	プロピオン酸(%FM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.09	0.11	— — —
	酪酸(%FM)	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4 ⁷⁾ ** **
	VBN(mg/現物100g)	60.6	47.4	52.6	37.3	34.8	39.1	49.2	40.6	39.3	71.8	72.3	69.4	7 ⁸⁾ * ns
	VBN/TN(%)	10.0	7.5	8.4	8.0	7.2	8.2	12.6	10.2	9.9	15.5	15.0	14.6	7 ⁸⁾ ** **
V-Score	72.5	94.2	92.7	91.3	93.6	91.4	74.1	87.1	87.6	62.6	65.4	65.9	7 ⁸⁾ * *	
化学成分 ⁵⁾	水分(%)	78.2	77.7	77.9	81.4	81.1	81.2	81.8	81.4	81.0	82.8	82.1	82.6	8 ** **
	CP(%DM)	17.4	17.6	17.7	15.7	15.9	15.8	13.5	13.4	13.1	16.8	16.9	17.0	8 ns ns
	CPs(%DM)	10.7	10.8	10.9	7.1	7.1	7.2	8.9	8.9	8.7	12.3	12.3	12.3	8 ns ns
	NFC(%DM)	12.6	14.9	14.5	11.3	11.3	11.4	9.4	10.1	10.7	5.9	7.4	6.4	8 ** **
	NDF(%DM)	59.2	57.3	57.4	62.5	61.9	62.0	66.5	65.9	65.9	65.4	63.4	64.0	8 ** **
	ivdNDF(%DM)	34.8	32.7	32.8	41.0	40.1	39.5	38.2	36.9	37.2	43.2	40.5	40.6	8 ** **
	NDF消化率(%DM)	58.8	57.1	57.2	65.6	64.8	63.8	57.5	56.0	56.5	66.1	63.9	63.4	8 ** **
TDN(%DM)	61.2	61.4	61.3	64.3	64.1	63.6	56.5	55.8	56.3	64.8	64.7	64.0	8 ns ns	
乾物密度(kg/m ³)	162	148	155	136	136	135	122	126	125	120	127	127	— — —	

チモシーを原料草とした4回の試験データ(出穂始めと出穂揃い)は省略。値は上中下の3ヶ所から採取した試料の平均値。

1)QG:シバムギ, TY:チモシー, RCG:リードカナリーグラス, OG:オーチャードグラス。2)CP:粗タンパク質, WSC:可溶性炭水化物。3)新AC:サイマスターAC新製品, 従AC:サイマスターAC従来製品。4)FM:現物, VBN/TN:揮発性塩基態窒素/総窒素, V-Score:VBN/TN, 酢酸+プロピオン酸含量および酪酸以上のVFA含量の3項目に配分された点数の合計(100点満点)。80点以上:「良」, 60~80点:「可」, 60点以下:「不良」。5)いずれも常法による化学分析値。CPs:溶解性蛋白質, NFC:非繊維性炭水化物, NDF:中性デタージェント繊維, ivdNDF:in vitro法(48時間培養)での可消化NDF, TDN:可消化養分総量(TDN=tdNFC+tdCP+(tdFA×2.25)+ivdNDF-9.3, H27年度指導参考事項), DM:乾物。6)チモシー試験を含めた8回の試験。7)3処理ともに非検出であった試験を除く。8)外れ値を含む試験を除く。9)Dunnetの多重比較検定(*;p<0.05, **;p<0.01, ns;有意差なし)。

表2 「サイマスターAC」の添加がサイレージの発酵品質および化学成分に及ぼす影響（バンカーサイロ）

試験年次:調製月・日(生育ステージ)	H29年:6.20(出穂期)		H30年:6.22(出穂期)		
原料草の草種構成 ¹⁾	RCG56%, OG21%		RCG90%, OG10%		
原料草の化学成分(乾物%) ²⁾	CP:前半13.5, 後半13.9 WSC:前半5.3, 後半5.0		CP:前半16.0, 後半17.3 WSC:前半7.6, 後半4.5		
処理 ³⁾	無添加	新AC	無添加	新AC	
発酵品質 ⁴⁾	pH	4.53	4.13	4.72	4.51
	乳酸(%FM)	0.64	1.44	0.51	0.71
	酢酸(%FM)	0.63	0.65	0.68	0.81
	プロピオン酸(%FM)	0.10	0.05	0.12	0.11
	酪酸(%FM)	0.17	0.09	0.11	0.07
	VBN(mg/現物100g)	55.9	45.5	82.4	66.5
	VBN/TN(%)	16.4	12.3	17.0	14.1
V-Score	50.4	70.2	53.0	63.5	
化学成分 ⁵⁾	水分(%)	83.0	82.2	81.5	81.9
	CP(%DM)	12.8	13.1	16.5	16.6
	CPs(%DM)	7.9	8.1	11.5	11.6
	NFC(%DM)	7.8	8.4	6.7	7.1
	NDF(%DM)	69.0	68.2	65.0	64.3
	ivdNDF(%DM)	40.7	38.8	42.7	41.5
	NDF消化率(%DM)	58.5	56.3	65.7	64.6
TDN(%DM)	57.5	56.9	63.3	63.2	
乾物密度(kg/m ³) ⁶⁾	ドリル法	—	—	136	137
	実測法	120	120	118	121

値は各バンカーサイロ18点(取り出し面3×上下・左中右に6分割)の平均値。H29年は表1の試験C, H30年は試験Dと同じ圃場の原料草を用いた。H29年の原料草は、前年春に堆肥を多量(5t/10a以上)に表面施用し、当年春は無施肥の圃場で生産、H30年の原料草は春の施肥が5月29日と遅れた圃場で生産された。1)~5)は表1の注釈参照。6)ドリル法:各切り出し面の中央部3カ所からコアサンプラーで採取した試料の乾物量/サンプラー容積。実測法:サイロに充填されていた全乾物重量/サイロの容積。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) 高水分の原料草を用いたサイレージ調製時において発酵品質を改善する際の参考とする。
- (2) 原料草のWSC含量が低すぎると、本剤を添加しても発酵品質を十分に改善できない可能性がある。植生改善や肥培管理の見直しを含めた利用が望まれる。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等 なし

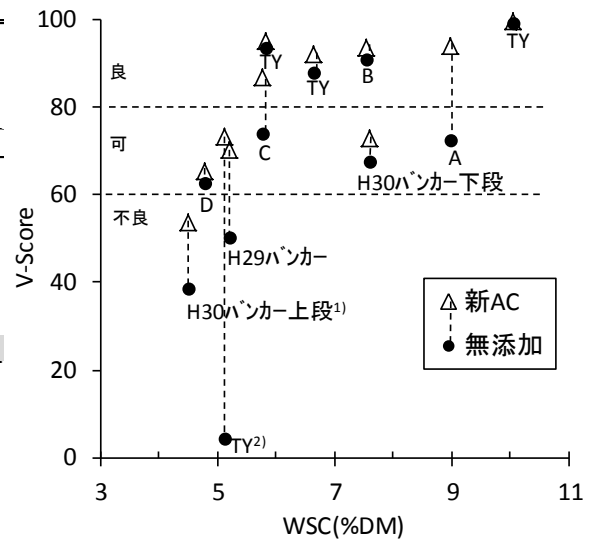


図1 原料草のWSC含量とサイレージV-Scoreの関係
表1の試験A~Dおよびチモシー(TY)を原料草とした4回の試験、表2のH29年およびH30年のデータをプロット。1)H30年の原料草は詰め込み前半・後半でWSC含量が大きく異なったため、サイロ上段と下段に分けて平均値を示した。2)原料草に当年春に散布した堆肥が多量に混入した。