

Ⅲ 水稲ホールクロップラップサイレーズの

発酵品質改善と好気的変敗（二次発酵）防止技術

村上勝郎，多田和幸，中村長悦，竹田政則，中津源次^{*1}，山田和明^{*2}，佐藤勝郎^{*3}，佐藤明子^{**}

（^{*1}元首席専門研究員兼草地部長，^{*2}現農政部農村振興課，^{*3}現岩泉農林事務所，^{**}現紫波地域農業改良普及センター）

1、目的

水稲を飼料化するにはサイレーズ利用が考えられるが、それにはサイレーズカッター等で切断し小型サイロに詰め込み貯蔵するのが一般的と考えられる。しかしながら、従来使用している粗飼料調製大型機械が水稲収穫時に水田で稼働可能であれば、現在普及されているラップサイレーズでの調製が可能である。

水稲ホールクロップサイレーズは乳酸の生成が少なく、酪酸発酵を起こしやすく、品質の劣化や開封後の2次発酵等が懸念される。^{1) 2) 3)}ラップサイレーズでの調製でも同様のことが考えられる。

そこで、ラップサイレーズ発酵促進のため乳酸菌の添加効果を検討し、また、開封後の二次発酵を防止するためプロピオン酸、アンモニアの添加効果を検討した。

2、研究方法

1) 試験1：乳酸菌添加効果

予備試験として、乳酸菌について基礎的知見を得るため、可溶性糖類の少ない夏期の再生草（イネ科牧草主体）を用い、各種市販乳酸菌の添加効果を検討した。乳酸菌はスノーラクトL、トリプルパック、1174、サイプロラクトの4種類を用いた。

2) 試験2：各種添加剤による発酵品質向上及び二次発酵防止効果

20リットルのポリ容器に1991年産の

イネ（岩手県立農試圃場）を2～3cmに切断し、アンモニアを現物中1，2，3%、プロピオン酸現物中0.5，1%、プロピオン酸アンモニウム現物中0.5，1%、乳酸菌（サイプロラクト）を規定量をそれぞれ添加し、水稲ホールクロップサイレーズを調製した。調製してから90日後に開封しそれぞれの発酵品質を検討した。

また、異常気象であった1993年産のイネ（岩手県立農試圃場）を2～3cmに切断し、20リットルのドラム缶に詰め上からプロピオン酸現物中1%、プロピオン酸アンモニウム現物中1%、セルラーゼ現物中0.02%をそれぞれ添加し調製した。調製してから70日後に開封しそれぞれの発酵品質を検討した。

3) 試験3：ラップサイレーズにおけるプロピオン酸添加効果

1992年のイネ（岩手県立農試圃場）をレシプロモアで刈り取り1梱包当たりプロピオン酸1%、プロピオン酸アンモニウム1%になるようにジョウロで刈り倒した水稲に散布し、その後ロールベアラ（φ90cm）で梱包しラッピングし水稲ホールクロップラップサイレーズを調製した。また、現地実証として雫石町で自走式カッティングロールベアラ（タカキタSR1200）を利用し水稲を梱包し、ラッピングし、水稲ホールクロップラップサイレーズを調製した。調製してから70

日後に開封しそれぞれの発酵品質を検討した。また、岩手県立農試で調製したプロピオン酸、プロピオン酸アンモニウム添加ラップサイレージについては、開封後切断し発砲スチロールに入れ20℃の恒温器内に放置し、それぞれの発熱の変化を検討した。

また、異常気象であった1993年産イネ(岩手県立農試圃場及び雫石町現地)についても上記同様の収穫調製作業をし、水稲ホールクロップラップサイレージを調製した。その後70日後に開封しそれぞれの発酵品質を検討した。更に、異常気象のため収穫時の水田の状態が悪かったので泥が混入したラップサイレージについても同様に発酵品質を検討した。

3、試験結果及び考察

1) 試験1：乳酸菌添加効果

乳酸菌添加サイレージの開封後の発酵品質を表1に示した。すべてにおいて水分85%以上と高水分なサイレージでPHは各添加とも高かった。乳酸発酵を促進するために乳酸菌を使用した。全添加区の乳酸の生成は無処理区と比較してほぼ同等の生成であった。更に酪酸の生成が乳酸の生成よりかなり多く、フリーク評点も低かった。また、アンモニア態窒素の発生もほぼ50%以上と非常に多かった。

これらのことから、供試した4種類の乳酸菌の効果は同様の傾向を示し、実際に水稲ホールクロップサイレージではないにしても乳酸菌のみの添加では発酵品質の改善はできなかった。

表1 牧草サイレージの乳酸菌添加効果

区 分	水分	PH	VBN/T-N (%)	原物中%				フリーク評点
				総酸	乳酸	酪酸	酢酸	
無処理	87.6	5.26	85.1	2.47	0.26	1.48	0.73	10
スノーラクトL	86.5	5.02	65.7	2.46	0.27	1.47	0.73	10
トリプルパック	85.5	5.01	61.4	2.53	0.36	1.74	0.43	10
1174	85.7	4.85	61.4	2.59	0.28	1.50	0.81	5
サイプロラクト	87.0	5.02	49.7	2.20	0.28	1.40	0.52	10

表2 1991年度産水稲ホールクロップサイレージ(ポリ容器)の発酵品質

処 理 区 分	水分	PH	VBN/T-N (%)	原物中%				フリーク評点	
				総酸	乳酸	酪酸	酢酸		
無処理		56.8	4.72	10.70	1.14	0.45	0.36	0.33	30
アンモニア	1%	52.3	8.29	20.36	1.43	0.63	0.00	0.80	60
アンモニア	2%	51.1	8.92	19.62	1.51	0.60	0.00	0.91	60
アンモニア	3%	53.1	9.03	21.43	1.86	1.04	0.00	0.82	70
プロピオン酸	0.5%	56.4	4.35	1.40	1.77	1.03	0.35	0.39	60
プロピオン酸	1%	55.7	4.24	1.40	1.61	0.75	0.44	0.42	40
プロピオン酸アンモニウム	0.5%	60.9	4.37	8.00	1.49	0.74	0.34	0.41	40
プロピオン酸アンモニウム	1%	56.6	4.30	8.70	1.97	0.91	0.53	0.53	40
サイプロラクトL		57.2	4.54	5.80	1.17	0.45	0.24	0.48	35

2) 試験2：各種添加剤による発酵品質向上及び二次発酵防止効果

1991年産の水稲ホールクロップサイレージの各処理の発酵品質を表2に示した。水分は51～61%でサイレージには最適な水分であった。アンモニア処理では、アルカリ処理なのでPH、VBN/T-Nは高いが、アンモニア添加量に関係なく酪酸の生成を抑制し、フリーク評点は高かった。乳酸の生成も無処理区と比較すると多かった。プロピオン酸添加では、PH、VBN/T-Nは低く、乳酸の生成も無処理区と比較して多いが、酪酸は無処理区よりやや多かった。添加量については大きな差はなかった。プロピオン酸アンモニウム添加は、プロピオン酸添加とほぼ同様の傾向を示した。乳酸菌(サイプロラクト)添加は、無処理区と比較するとPH、乳酸量はほぼ同等で、酪酸は若干少なかった。

これらのことから、アンモニア処理は酪酸発酵を抑制し水稲ホールクロップサイレージの品質は良好であるが、近年の動向から取扱い上、安全性、作業性に問題があり、実用的ではないと判断された。プロピオン酸、プロピオン酸アンモニウム添加はサイレージのPHを低下させる効果は認められ、フリーク法ではプロピオン酸が酪酸として検出されるので、評点は低かったが官能的に品質は良好であったと判断された。乳酸菌(サイプロラクト)

ト) 添加は試験1同様であり、水稲を材料にしても発酵品質を改善できなかった。

異常気象であった1993年産の水稲ホールクロップサイレージでは、それぞれの水分は70%前後と高かった。PHは無処理区を含めて全区で低かった。VBN/T-Nは全区において10%以下と低かった。乳酸の生成は各処理区とも大きな差はなく、乳酸の占める割合が多かった。酪酸は全処理区とも検出されなかった。プロピオン酸、プロピオン酸アンモニウムについては上部から添加したので酪酸が検出されなかったと思われる。フリーク評点は全区において高く、異常気象年の水稲ホールクロップサイレージの発酵品質は無処理でも良好と考えられた。

3) 試験3：ラップサイレージにおけるプロピオン酸添加効果

現地実用規模で水稲ホールクロップラップサイレージについて検討した。

農試圃場での水稲ホールクロップラップサイレージの水分は全区において55%前後であった。PHは4.85～5.08と高かった。有機酸組成では、無処理区では乳酸が多く、酪酸はごくわずかであった。プロピオン酸添加区でも乳酸が多く次いで酢酸、酪酸の順であった。プロピオン酸アンモニウム添加区では乳酸は無処理区とほぼ同量であったが酪酸、酢酸がそれを上回った。特に酪酸量は無処理区、

表3 1993年度産水稲ホールクロップサイレージ(ドラム缶)の発酵品質

処 理 区 分	水分	PH	VBN/T-N (%)	原物中%				フリーク評点
				総酸	乳酸	酪酸	酢酸	
無処理	69.3	4.08	8.09	2.22	1.84	0.00	0.38	95
プロピオン酸アンモニウム 1%	70.2	4.14	9.74	2.15	1.74	0.00	0.41	95
プロピオン酸 1%	70.1	4.19	9.96	2.20	1.81	0.00	0.39	95
セルラーゼ 0.02%	70.6	4.11	9.55	2.19	1.76	0.00	0.43	95

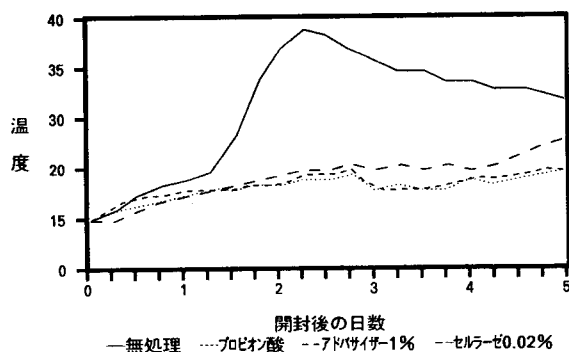
表4 1992年度産水稻ホールクロップサイレージの発酵品質

場所	区分	水分	PH	原物中%				フリーク評点
				総酸	乳酸	酪酸	酢酸	
農試	無処理	56.1	5.08	0.55	0.39	0.01	0.15	78
	プロピオン酸アンモニウム 1%	54.2	4.85	1.28	0.33	0.51	0.44	20
	プロピオン酸 1%	54.2	5.08	1.08	0.55	0.32	0.21	50
雫石町	無処理	64.6	5.52	0.73	0.43		0.03	60

プロピオン酸区と比べて多かった。その結果フリーク評点から言えば無処理>プロピオン酸>プロピオン酸アンモニウムであった。現地雫石町で自走式カッティングロールベアラで収穫調製したラップサイレージは、水分64.6%、PH5.52とかなり高かった。有機酸組成では乳酸の生成が多く、酪酸は少なくフリーク評点では良であった。

農試で収穫調製した各処理の水稻ホールクロップラップサイレージを開封し、その後の発熱の変化を図1に示した。参考として20リットルのドラム缶で調製したセルラーゼ0.02%添加の発熱の変化も表示した。無処理は開封してから1日後に発熱しはじめ既に変敗していた。温度は2日後にはピークになり、その後漸減した。プロピオン酸添加、プロピオン酸アンモニウム添加は同様の温度変化を示し、温度の急激な変化はなく、4日後に軽度に変敗した。セルラーゼ添加は3日後から変敗しはじめた。

図-1 開封後の温度変化



これらのことから、水稻ホールクロップラップサイレージの発酵品質の改善には供試した添加剤は明確な効果は把握できなかった。発酵品質の検討にはフリーク法で実施したが、官能法から劣悪なラップサイレージではなく、通常給与できるものとほぼ同等と考えられた。また、開封後の二次発酵を防止するためにはプロピオン酸、プロピオン酸アンモニウムの添加が効果的であった。よって、水稻ホールクロップラップサイレージには発酵品質改善よりも開封後の二次発酵防止法として添加剤を使用することが有効と考えられた。

異常気象であった1993年産の水稻ホールクロップラップサイレージでは、水分は57~65%の範囲であった。PHは、無処理ではかなり高く、各添加区でも高い傾向を示した。フリーク評点からプロピオン酸>無処理>プロピオン酸アンモニウムの順であった。また、異常気象のため十分に排出されていない水田圃場だったため、収穫・調製作業時に泥の混入があった。極度の泥混入ラップサイレージでは酪酸の生成が多かった。現地雫石町では機械作業に適した圃場条件だったので泥の混入がなく、無処理でも良好なラップサイレージが調製できた。これは土壌資質の差が明かであった。

表5 1993年度産水稲ホールクロップサイレージの発酵品質

区 分	水分	PH	VBN/T-N (%)	原物中%				フリーク評点
				総酸	乳酸	酪酸	酢酸	
無 処 理	64.5	6.14	5.40	1.42	0.59	0.00	0.83	60
プロピオン酸アンモニウム 1%	59.3	4.82	74.39	2.55	1.46	0.62	0.47	50
プロピオン酸 1%	63.2	5.44	11.26	1.38	1.09	0.12	0.17	80
無 処 理 (土混入)	63.2	5.64	4.24	1.24	0.89	0.18	0.17	68
プロピオン酸アンモニウム 1% (土混入)	57.3	4.84	14.46	3.36	1.67	0.93	0.76	40
プロピオン酸 1% (土混入)	56.9	4.39	1.54	3.57	1.79	0.94	0.84	40
無 処 理 (土混入)	66.0	5.95	4.42	1.42	1.30	0.00	0.12	100

4、要約

- 1) 予備試験として、可溶性糖類の少ない夏期の再生草（イネ科牧草主体）を用いて各種市販乳酸菌の添加効果を検討した。発酵品質は酪酸の生成が多くフリーク評点が低く、乳酸菌のみの添加では発酵品質の改善はできなかった。
- 2) アンモニア、プロピオン酸、プロピオン酸アンモニウム、乳酸菌（サイプロラクト）を添加して水稲ホールクロップサイレージの発酵品質改善を図った。アンモニア添加は酪酸発酵を抑制し水稲ホールクロップサイレージの品質は良好であるが、近年の動向から取扱い上、安全性、作業性に問題があり、実用的ではないと判断された。プロピオン酸、プロピオン酸アンモニウムでは実質の改善にはならなかった。
- 3) 異常気象年の水稲ホールクロップサイレージの発酵品質は無処理でも良質なサイレージが調製できた。
- 4) 水稲ホールクロップラップサイレージでは、開封後の二次発酵を防止するためにはプロピオン酸、プロピオン酸アンモニウムの添加が効果的であった。よって、水稲ホールクロップラップサイレージには発酵品質改善よりも

開封後の二次発酵防止法として添加剤を使用することが有効と考えられた。

5、引用文献

- 1) 箭原信男ら：1981 水稲ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究 東北農試研報63：151-159
- 2) 岩手県普及奨励事項および指導上の参考事項：1983 稲のホールクロップサイレージ調製と給与法：238-242
- 3) 岩手県畜産試験場試験概要書：1987 稲のホールクロップサイレージの安定的調製法
- 4) 伊藤信雄ら：1985 飼料用稲の収穫・調製法に関する研究 ホールクロップサイレージ用収穫機の作業性能とサイレージの発酵品質 東北農業研究37：187-188