

繊維分解酵素入り乳酸菌添加剤の麦サイレージへの効果

平尾 明・渡辺 聡*・反町 裕

Effects of additive with Lactic Acid Bacterium and Cellulase
on Orts, Barley and Rye Silage

Akira HIRAO, Satoshi WATANABE and Yutaka SORIMACHI

要 約

麦類栽培はトウモロコシとソルガムの混播の前後作として有用であるが、作期の関係で出穂期前後の収穫とならざるをえない。しかし、この生育時期の材料草は水分含量が高く、良質なサイレージ発酵のためには予乾が必要となる。そこで、トウモロコシ用収穫機械を利用して無予乾で麦類を収穫するために、繊維分解酵素入り乳酸菌の効果について検討した。

その結果、以下のことが明らかになった。

1. サイレージの品質、嗜好性から考えると、エン麦またはライ小麦を用いて、11月下旬に播種し、5月上旬までに収穫し、材料草1t当り500gの繊維分解酵素入り乳酸菌を添加することにより良質なサイレージが調製可能である。
2. 材料草の水分含量が80%以下になると、良質サイレージになることが期待されるため、トウモロコシ及びソルガムの播種に支障がない範囲内で、できるだけ遅い時期の収穫とする必要がある。
3. 収穫時期がこれより早くなる場合や生育の遅れにより水分含量が高いことが予想される場合には、水分調整材の利用が必要と考えられる。
4. 収穫機械利用における注意点として、添加剤の均一な混合、刈取り高さ、刃の回転数の調整について特に注意が必要となる。

緒 言

トウモロコシとソルガムの混播栽培は、トウモロコシ単播栽培+イタリアンライグラスやエン麦などの秋作飼料作物栽培の組み合わせに比べて、収量性・労力面から有利なため、広く行われている。この前後作栽培として、トウモロコシ用収穫機械を利用できる冬作飼料作物である麦類の栽培・利用を促進できれば、自給粗飼料生産は拡大し、経営の安定に資する。

トウモロコシとソルガムの混播栽培においては、ソル

ガムの再生収量を確保するためには13 以上の積算温度で600 必要とされる。相対熟度120日のトウモロコシとの混播栽培で、ソルガムの再生草の収穫を期待するには、播種時期は県北部では4月中、県南部でも5月10日までが適切と考えられている¹⁾。

この前後作栽培として麦類を利用するには、早生品種でも出穂期前後の収穫となる。しかし、この生育時期では材料草の水分含量が高く²⁾、良質なサイレージ発酵のためには予乾が必要となる。トウモロコシ用収穫機械を利用する場合には予乾は困難であるため、繊維分解酵素入り乳酸菌(以下「添加剤」という。)の利用による麦類の無予乾での良質サイレージ調製法について検討した。

* 現安房農林振興センター
平成17年8月31日受付

材料及び方法

1. 全体計画

本研究は4つの試験により構成した。

試験1では、平成13年度、14年度の2カ年において、草種、収穫時期ごとの添加剤の効果について検討した。具体的には、4草種(エン麦、ライ小麦、大麦、ライ麦)を用いて、収穫時期を2種類とした試験を行った。

試験2では、平成15年度において、嗜好性について検討した。

試験3では、平成16年度において、添加剤の量が品質及び嗜好性に及ぼす影響について検討した。コスト低減を図るため、添加剤の量を標準または1/2とした試験を行った。

試験4では、平成16年度において、収穫機械利用上の注意点について検討した。具体的には、収穫にスーパーカーを、サイロには5mカップサイロを用いた実用規模での試験を行った。

2. 試験1

供試品種として、エン麦6品種(延べ10品種)、ライ小麦3品種(延べ6品種)、大麦2品種(延べ3品種)、ライ麦4品種(延べ7品種)の4草種延べ26品種を用いた。収穫時期は出穂期及び出穂期とした。添加剤として乳酸菌(ラクトバチルス ラムノーサス)にセルロース分解酵素であるセルラーゼを加えたものを用いた。材料草を無予乾でカッターにより理論切断長3cm

に細切り、添加剤を添加し、攪拌した後、約2kgを3Lポリ容器に詰込み、密封した。試験区は無添加区及び材料草1tあたり添加剤500gを添加した添加区の2区とした。供試品種、調製月日及び開封月日を表1に示した。

調査項目は発酵品質、pH、水分、粗蛋白質及びNDFとした。発酵品質は官能評価基準³⁾により評価し、等級づけし、総合点81~100点を「優」、61~80点を「良」、31~60点を「可」、30点以下を「劣」とした。pHはガラス電極pHメーターにより測定した。水分、粗蛋白質及びNDFは常法により分析した。

3. 試験2

供試品種として、千葉県奨励品種、または試験1において好成绩であった4品種のスーパーハヤテ隼(エン麦)、アーリークイーン(エン麦)、ライコッコ(ライ小麦)、春一番(ライ麦)を用いた。材料草を4月28日に収穫期で刈取り、24kg~30kgを50Lドラム缶に詰込み、密封した。切断方法、切断長、添加剤の添加方法は試験1と同様とした。開封は6月12日に行った。試験区は試験1と同様とした。

調査項目は発酵品質、pH、水分、粗蛋白質、NDF及び嗜好性とした。発酵品質、pH、水分、粗蛋白質及びNDFの分析は試験1と同様の方法で行った。嗜好性は当所繋養のホルスタイン種乾乳牛2頭に1日1頭あたり約14kgを給与し、採食状況を観察することにより調査した。判定基準は、全頭が給与後すぐに採食したものを非常に良好として、給与直後にはおい

表1 試験1における供試品種とその調製月日及び開封月日

草種	品種	調製月日		開封月日	
		出穂期	出穂期	出穂期	出穂期
13年度					
エン麦	スーパーハヤテ隼	5/1	5/7	7/17	7/18
	ウエスト	5/1	5/7	7/17	7/18
	アーリークイーン	5/7	5/18	7/18	7/18
	アキワセ	5/7	5/18	7/18	7/18
	エンダックス	5/7	5/18	7/18	7/18
	極早生スプリンター	5/7	5/18	7/18	7/18
ライ小麦	ライコッコ	5/1	5/7	7/17	7/18
	ライスター	5/1	5/7	7/17	7/18
	改良ライコーン早生	5/7	5/18	7/18	7/18
大麦	ワセドリ2条	4/23	5/1	7/17	7/17
ライ麦	キングライ麦	4/23	5/1	7/17	7/17
	春一番	4/23	5/1	7/17	7/17
	ハルミドリ	4/23	5/1	7/17	7/17
	ライ太郎	4/23	5/1	7/17	7/17
14年度					
エン麦	アーリークイーン	4/22	5/8	9/9	9/24
	スーパーハヤテ隼	4/22	5/8	9/9	9/24
	はえいぶき	4/22	5/8	9/9	9/24
	極早生スプリンター	4/22	5/8	9/9	9/24
ライ小麦	ライコッコ	4/16	4/30	9/3	9/18
	ライスター	4/16	4/30	9/3	9/18
	改良ライコーン早生	4/22	5/8	9/9	9/24
大麦	飼料用2条大麦	4/16	4/30	9/3	9/18
	ワセドリ2条	4/16	4/30	9/3	9/18
ライ麦	キングライ麦	4/16	4/30	9/3	9/18
	春一番	4/16	4/30	9/3	9/18
	ライ太郎	4/16	4/30	9/3	9/18

を嗅ぐ等していたが、その後全頭が採食したものを良好として、半数が採食したものを、採食しないものを×とした。

4. 試験3

供試品種として、試験2において、品質、嗜好性とも優れていたスーパーハヤテ隼及びライコッコを用いた。材料草を5月1日に開花期で収穫し、約26kgを二重にした容量50Lのビニール袋に詰め、密封した。切断方法、切断長、添加剤の添加方法は試験1と同様とした。開封は9月27日に行った。試験区は材料草1tあたり添加剤500gを添加した標準添加区、標準の1/2である250gを添加した1/2添加区及び無添加区の3区とし、3反復を設けた。

調査項目は試験2と同様とした。発酵品質、pH、水分、粗蛋白質及びNDFの分析は試験1と同様の方法で行った。嗜好性の調査には当所繋養のホルスタイン種乾乳牛3頭を用い、1日1頭あたり約5kgを給与し、判定基準は試験2と同様とした。

5. 試験4

供試品種として、試験2において、品質、嗜好性が最も優れていたスーパーハヤテ隼を用いた。材料草を4月26日、30日に開花期で、スーパーカー(カネコ1350D型)+コーンハーベスタ(カネコKMC-901型)を用いて収穫し、理論切断長3cmに細切り、無予乾で2,500kgを5㎡カップサイロに詰め、密封した。添加剤は細切された材料草がスーパーカーのカーゴに積み込まれたところから上からふりかけることで添加した。試験区は試験1と同様とした。添加区は6月2日、無添加区は6月21日に開封した。

調査項目は試験2と同様とした。発酵品質、pH、水分、粗蛋白質及びNDFの分析は試験1と同様の方法で行った。分析用サンプルは各サイロの上部から2点、下部から2点、計4点を採取した。嗜好性の調査

には当所繋養のホルスタイン種搾乳牛18頭を用い、1日1頭あたり約15kgを給与し、判定基準は試験2と同様とした。

結果及び考察

1. 試験1

草種、収穫時期ごとの添加剤の効果について表2に示した。

エン麦では、出穂始においては、無添加区では10品種中8品種が「劣」であり、添加区でも2品種が「良」となったものの5品種が「劣」であった。pHも無添加区で平均5.1、添加区でも4.7と高く、良質サイレージの目安である4.2以下となったものは無添加区ではみられず、添加区でも2品種のみであった。また、添加剤の使用により、pHの変動が非常に大きく、一定の傾向は見られず、添加剤の効果は明らかではなかった。一方、出穂期においては、無添加区でも4品種が「優」、2品種が「良」となり、「劣」のものは見られず、pHも5品種で4.2以下となり、比較的良質なサイレージとなった。添加区では4品種が「優」、4品種が「良」となり、pHも7品種で4.2以下となり、さらに品質が向上した。

ライ小麦では、出穂始においては、無添加区では6品種中5品種が「可」、pHは平均4.7であったが、添加区では4品種で「良」となり、pH4.4と低下した。出穂期においてはさらに良質サイレージとなり、無添加区でも1品種が「優」、3品種が「良」となった。添加区では2品種が「優」、3品種が「良」となり、pHも5品種で4.2以下となり、さらに品質が向上した。

大麦では、出穂始においては、無添加区では2品種が「可」、1品種が「劣」であったのに対して、添加区では2品種が「優」、1品種が「可」となった。出穂期

表2 草種、収穫時期ごとの添加剤の効果

品種数	収穫時期	試験区	等級				pH			4.2以下の品種数	水分 (%)	飼料成分 (乾物中%)	
			優	良	可	劣	最高	最低	平均			粗蛋白質	NDF
エン麦 10	出穂始	無添加区	0	1	1	8	5.9	4.3	5.1	0	84.9	9.3	70.6
		添加区	0	2	3	5	5.6	4.2	4.7	2	86.3	10.0	65.5
	出穂期	無添加区	4	2	4	0	4.5	4.0	4.2	5	80.1	9.6	66.5
		添加区	4	4	2	0	4.4	3.8	4.1	7	76.7	9.8	64.7
ライ小麦 6	出穂始	無添加区	0	0	5	1	5.1	4.4	4.7	0	83.1	11.2	64.6
		添加区	0	4	1	1	4.7	4.2	4.4	2	83.0	12.0	61.7
	出穂期	無添加区	1	3	1	1	4.7	4.1	4.3	2	78.4	10.1	65.4
		添加区	2	3	1	0	4.6	3.9	4.1	5	78.5	9.3	65.1
大麦 3	出穂始	無添加区	0	0	2	1	4.6	4.4	4.5	0	79.6	12.4	63.3
		添加区	2	0	1	0	4.5	4.1	4.3	2	78.6	12.1	60.7
	出穂期	無添加区	0	1	2	0	4.7	4.4	4.5	0	77.3	11.1	60.3
		添加区	3	0	0	0	4.2	4.0	4.1	3	75.7	10.7	56.8
ライ麦 7	出穂始	無添加区	0	0	1	6	6.3	4.5	5.4	0	79.6	9.3	71.2
		添加区	0	0	2	5	6.4	4.6	5.6	0	79.7	8.9	70.9
	出穂期	無添加区	0	1	0	6	6.4	4.3	5.6	0	75.2	8.0	73.8
		添加区	1	0	1	5	6.0	4.2	5.2	1	75.2	8.0	72.2

においても出穂始とほぼ同様の傾向が見られ、無添加区では1品種が「良」、2品種が「可」であったのに対して、添加区では3品種すべてが「優」となり、pHも4.2以下となった。

ライ麦では、出穂始においては、無添加区では7品種中6品種が「劣」、添加区でも5品種が「劣」であった。pHもそれぞれ平均5.4、5.6と高い値であり、良質サイレージにはならなかった。出穂期においてもほぼ同様の傾向にあり、無添加区では7品種中6品種が「劣」、pHは平均5.6であった。添加区でも1品種が「優」で、pHが4.2となったものの、5品種が「劣」であり、pHは平均5.2であった。

これらのことから、以下のことが明らかとなった。

- (1) ライ小麦及び大麦については、出穂始の調製では無添加でも標準的な品質のサイレージとなったが、添加剤を用いることで比較的良好なサイレージとなった。出穂期の調製では、さらに添加剤の効果は高く、良質サイレージとなった。
- (2) エン麦では、出穂始の調製では低質なサイレージが多く、添加剤の効果は明らかではなかった。しかし、出穂期の調製では無添加でも良質なサイレージであったが、添加剤の使用によりさらに品質が向上した。
- (3) ライ麦についてはほとんどが低質なサイレージであり、無予乾でのサイレージには不向きであると考えられた。

また、添加剤のNDFに対する効果についてみると、出穂始では、無添加区に比べて添加区では延べ26品種中19品種でNDFが低下しており、そのうち15品種でpHも低下した。出穂期でも同様の傾向が見られ、18品種でNDFが低下しており、そのうち14品種でpHも低下した。これらのことから考えると、添加剤の繊維分解酵素によりNDF中のセルロースが糖に分解され、その糖により発酵条件が改善され、pHが低下したのではないかと考えられる。

2. 試験2

嗜好性試験に用いたサイレージの品質及び嗜好性について表3に示した。

無添加区ではpHが4.7~7.0と低下せず、等級はすべての品種で「劣」となった。一方、添加区では春一番が「劣」であったほかは、アーリークイーン、ライコッコが「良」、スーパーハヤテ隼が「優」の良質サイレージとなった。飼料成分については、試験1の値と比べると水分が高く、NDFがやや低い傾向が見られた。

嗜好性についてみると、無添加区では、「劣」ではあってもpHが4.8のスーパーハヤテ隼、4.7のライコッコは供試した2頭とも採食したのに対して、7.0の春一番は1頭のみ採食となり、5.8のアーリークイーンは2頭とも採食しなかった。一方、添加区ではすべての品種で2頭とも採食した。これらのことから、添加剤の使用により、良好な発酵状態となり、嗜好性が改善したものと考えられた。

表3 嗜好性試験に用いたサイレージの品質と嗜好性

品 種 名	試験区	等級	総合点	pH	水分 (%)	飼料成分 (乾物中%)		嗜好性
						粗蛋白質	NDF	
スーパーハヤテ隼	無添加区	劣	29	4.8	86.4	9.5	65.1	
	添加区	優	82	4.1	87.1	10.3	58.8	
アーリークイーン	無添加区	劣	10	5.8	89.7	7.8	66.4	×
	添加区	良	77	4.2	88.6	11.3	56.6	
ライコッコ	無添加区	劣	26	4.7	85.0	9.9	67.5	
	添加区	良	76	4.2	85.9	10.5	62.9	
春一番	無添加区	劣	10	7.0	86.1	9.5	64.5	
	添加区	劣	28	5.6	82.6	8.7	69.1	

3. 試験3

添加剤の量の違いによるサイレージの品質及び嗜好性について表4に示した。

スーパーハヤテ隼においては、等級は標準添加区が「優」、1/2添加区が「可」、無添加区が「劣」となり、総合点は標準添加区と無添加区の間には有意差 (P<0.05) が見られた。標準添加区と1/2添加区の間には有意差は見られなかったものの、標準添加区が1/2添加区を大きく上回っており、3反復のなかでの変動も少なかったのに対して、1/2添加区では大きな変動がみられた。また、pHでも、標準添加区は無添加区に比べて有意に低く (P<0.01)、1/2添加区と比べても大幅に低下しており、変動も少なかった。

ライコッコにおいては、等級は標準添加区が「良」、1/2添加区が「可」、無添加区が「劣」となったが、総合点に有意差は見られなかった。しかし、pHは標準添加区では4.2と十分に低下しており、無添加区との間に有意差が見られ (P<0.05)、1/2添加区に比べても変動が小さかった。

嗜好性は、スーパーハヤテ隼、ライコッコともすべての試験区で3頭すべてが採食した。なかでも標準添加区ではいずれの品種でも非常に良好であった。

これらのことから、標準添加量の1/2量では品質が安定しないため、十分な安定した効果を得るには標準量を用いる必要があると考えられた。

表4 添加剤の量の違いによるサイレージの品質と嗜好性

品種名	試験区	等級	総合点	pH	水分 (%)	飼料成分 (乾物中%)		嗜好性
						粗蛋白質	NDF	
スーパー ハヤテ隼	標準添加区	優	88.3 ^a ± 1.7	4.0 ^a ±0.01	82.7	6.8	64.8	
	1/2添加区	可	46.7 ±25.8	4.5 ±0.43	81.3	6.6	68.7	
	無添加区	劣	16.7 ^b ± 7.1	5.2 ^b ±0.00	78.6	4.8	75.1	
<hr/>								
ライコッコ	標準添加区	良	66.0 ±23.0	4.2 ^a ±0.25	82.4	8.0	69.5	
	1/2添加区	可	51.7 ±24.4	4.6 ±0.42	80.0	6.0	73.6	
	無添加区	劣	25.0 ± 2.9	5.2 ^b ±0.02	79.6	5.3	73.8	

異符号間に有意差あり。A-B (P<0.01) a-b (P<0.05)

4. 試験4

実用規模での試験におけるサイレージの品質及び嗜好性について表5に示した。

等級は添加区、無添加区とも「可」であったが、添加区では「良」に近い「可」であり、総合点、pHは無添加区に比べ変動が小さく、品質が安定しており、添加剤により均質に発酵したのではないかと考えられた。試験1から試験3の結果と異なり、「優」又は「良」とならなかった理由として、添加剤の添加方法等に問題があったこと、麦類のダイレクトサイレージでは添加剤の効果は生育ステージが進み、水分含量が低下した段階(80%以下)で現れる⁴⁾とされることから材料草の水分が83.6%とやや高かったことが考えられる。嗜好性は添加区、無添加区とも良好であり、両区間に差は見られなかった。なお、今回の試験においては、10aあたりの生草収量は約4tであり、この場合に必要な添加剤の量は約2kg、費用は約3,600円となる。

また、機械(スーパーカー)利用における注意点として、以下のことが明らかになった。

- (1) 添加剤の添加方法として、細切後のホッパーへの積み込み時またはサイロへの詰め込み時に添加することが考えられるが、増量剤の利用等、均一に混合することが重要である。
- (2) 雑草の巻き込みを防ぐための刈取り高さの調整、刈取った麦の刃への巻きつきを防ぐための刃の回転数の調整が必要であった。今回の試験では、刈取り高さは15cm以上、回転数は約2,700回転とする必要があった。
- (3) 倒伏すると機械では刈れないため、耐倒伏性の強い品種を選ぶ必要がある。
- (4) 今回の試験では畝間65cmで条播きしたが、収穫時、隣の列が干渉し、作業しづらいところがあったことから、畝間を70cm以上とする必要がある。

表5 実用規模での試験におけるサイレージの品質及び嗜好性

品種名	試験区	等級	総合点	pH	水分 (%)	飼料成分 (乾物中%)		嗜好性
						粗蛋白質	NDF	
スーパー	添加区	可	59.0±15.0	4.4±0.15	81.7	11.8	61.8	
ハヤテ隼	無添加区	可	49.8±27.9	4.5±0.44	83.1	10.6	64.4	

5. まとめ

以上のように、トウモロコシとソルガムの混播栽培の前後作として、麦類の栽培、サイレージ調製が同一の収穫機械により行える可能性が示された。ただし、作期及びダイレクト収穫の関係から、材料草の水分が高いため、添加剤を用いてサイレージの品質を改善する必要がある。さらに、年により水分含量の変動があることから、ビートパルプ等水分調整材の使用も考慮する必要がある。また、収穫機械の使用に際しては、作業条件、機械の調整等を配慮して行うことが重要である。

引用文献

- 1) 米本貞夫 (2001)、平成12年度試験研究成果発表会資料：29-34
- 2) 中央畜産会 (2001)、日本標準飼料成分表 (2001年版)：26-29、
- 3) 千葉県、千葉県農林技術会議 (1998)、飼料作物栽培技術必携：152
- 4) 米本貞夫 (2001)、平成12年度千葉県嶺岡乳牛試験場年報：117-118