

## 付着乳酸菌事前培養液の添加がイネホールクroppサイレージの発酵品質に及ぼす影響

斉藤健一・米本貞夫

Effect of Fermented Juice of Epiphytic Lactic Acid Bacteria on  
Fermentation Quality of Whole Crop Rice Silage

Ken-ichi SAITOH and Sadao YONEMOTO

### 要 約

飼料イネへの付着乳酸菌事前培養液 ( F J L B ) の添加効果を確認するため、飼料添加用グルコースと調理用白糖の2種類の糖原料を用いて別々に調製した F J L B により、現地での実証試験を行った。

収穫には水分含量72.6%の乳熟期のふさおとめを用い、フレール型専用収穫機により調製を行った。イネの刈取高さは地上高約14cmで、添加剤の添加量は現物重量当り約0.6%であった。サイレージは約315日間野外で貯蔵後開封し、発酵品質を調査した。

その結果、イネWC S の pH は3.9以下まで低下し、乳酸含量は新鮮物中1.4%以上生成されていた。酪酸含量は約0.05%と極わずかな生成量にとどまり、Vスコアで約90点、フリーク評点でも80点以上の高得点を示し、発酵品質が優れていた。カビ発生による乾物廃棄割合は2.0%以下で、カビの発生量は少なかった。

### 緒 言

イネホールクroppサイレージ ( イネWC S ) の高品質化は、飼料イネ栽培の定着普及に欠かせない課題である。これまで、イネWC S の発酵品質改善を目的に飼料イネ専用の乳酸菌添加剤「畜草1号」が開発され<sup>1)</sup>、全国的に普及しつつある。しかし千葉県内での畜草1号の利用は、价格的に高価なことから試験的に使われる程度で、その普及は進んでいない。

一方身近な道具と材料を用いて手作りで作成できる乳酸菌添加剤「付着乳酸菌事前培養液 ( F J L B )」のイネへの利用が試みられ、簡易試験の結果からイネWC S の発酵品質改善に効果のあることが示されている<sup>2, 3)</sup>。しかし、実用規模での F J L B 添加効果に関する報告は少なく<sup>4)</sup>、また実用規模での長期貯蔵性についても検討を

行う必要がある。

そこで今回、実際のイネWC S 生産現場において、ダイレクトカット体系での F J L B 添加試験を行ったので、その結果について報告する。

### 材料および方法

#### (1) 材料草および試験区分

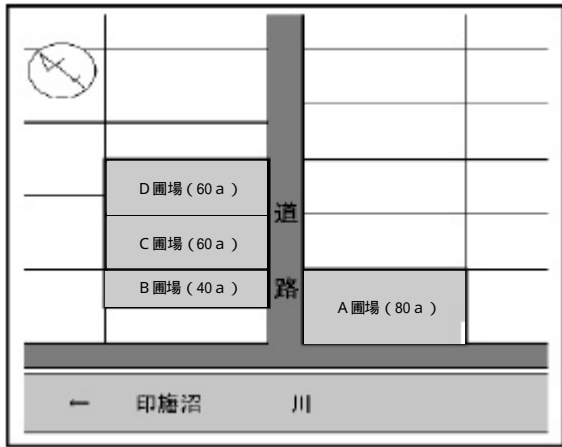
材料草は印旛村内の隣接する4枚の圃場 ( 合計面積2.4ha ) において、同一管理条件で栽培されたイネ ( 品種：ふさおとめ ) を用いた。

試験区分は飼料添加用グルコースを糖原料に用い調製した F J L B を添加する F J L B グルコース区、調理用白糖を糖原料に用い調製した F J L B を添加する F J L B 砂糖区、添加剤を用いない無添加区および4%のグルコース液を添加する4%グルコース液区の計4区を設定し、図1に示すように一圃場につき一種類の添加剤を用いてサイレージ調製を行った。

#### (2) 添加剤の調製

F J L B 調製には、図1のA圃場より8月4日にイネの地上20cm以上部分を採取し、水道水5Lに対して

平成17年8月31日受付



A圃場：F J L B グルコース区  
 B圃場：F J L B 砂糖区  
 C圃場：無添加区  
 D圃場：4%グルコース液区

図1 飼料イネ栽培の現地圃場図

イネ 1 kgの割合で混合し、家庭用ジューサミキサーで磨砕し得られた緑汁液を二重ガーゼでろ過し、そのろ液 5 L に水道水 15 L と糖 400 g を添加し、密閉したポリタンク内で 3 日間常温で培養した。その後収穫当日に、この培養液にさらに 400 g の糖を添加して作製した。

4%グルコース液は、水道水に対して 4%相当の飼料添加用グルコースを溶解して調製した。

(3) サイレージ調製

サイレージ調製は、F J L B グルコース区 ( A圃場：イネ水分 72.6% ) および F J L B 砂糖区 ( B圃場：イネ水分 72.6% ) が平成 15 年 8 月 7 日に、無添加区は同年 8 月 11 日 ( C圃場：イネ水分 66.4% ) に、また 4%グルコース液区は同年 8 月 13 日 ( D圃場：イネ水分 67.3% ) に、それぞれ実施した。

収穫はヤンマー農機社製のフレール型専用機 ( Y W H 1400 A ) により行い、添加剤は専用機搭載の添加装置により添加した。

専用収穫機によりロール状に梱包したイネは、スター農機社製のラッピングマシン ( J W M 110 W D X ) によりラップフィルムで 6 層巻きに密閉した。また、ロールは各区分とも圃場内で作製されたものの中から無作為に 3 ロールを選び、当畜産総合研究センターまでト

ラックで輸送し ( 輸送距離 26 km )、水はけの良い畑地に 1 段の縦置きで貯蔵した。

開封は平成 16 年 6 月 8 日から同年 7 月 14 日にかけて、各添加区間の平均貯蔵日数がほぼ同一になるよう順次行った ( 各区平均貯蔵日数は 315 ~ 317 日 ) 。

(4) 調査項目と方法

イネ材料草の水分含量は収穫直前に坪刈りによりサンプルを採取し、70 設定の通風乾燥機内で 72 時間熱風乾燥により測定を行った。添加剤の添加量は、専用収穫機取り付けのポリタンクへの添加剤投入量から、収穫終了時点での残量を差引き、この値を生産されたロール個数で除して算出した。飼料イネの刈取り高さは、各圃場ごとに切り株 30 本を無作為に抽出し高さを測定し、その平均値とした。

ロール重量は台貫計 ( 大原機械製作所 ) により、ロール作製日と開封日の 2 回、重量を測定した。さらにロール開封時にカビ発生部位を採取し、熱風乾燥法により乾物量を測定し、ロール重量から乾物廃棄割合を算出した。

サイレージの発酵品質は、品質評価ガイドブック<sup>5)</sup>に基づき新鮮物抽出液を用いて、pH 値はガラス電極 pH メータ ( 東亜電波工業社製 I F - 20 E ) により測定した。乳酸および揮発性脂肪酸 ( 酢酸、プロピオン酸、酪酸 ) については渡辺ら<sup>6)</sup>の方法に準じて、高速液体クロマトグラフ ( カラム：島津 S C R 102 - H、7 mm × 25 mm ) による、揮発性脂肪酸 ( 以下 V F A ) と乳酸の同時定量法で行った。揮発性塩基態窒素 ( V B N ) は水蒸気蒸留法、全窒素量 ( T N ) はケルダール法でそれぞれ分析した。発酵品質については、有機酸含量を用いて評価するフリーク評点と、V B N / T N 比と有機酸含量から求める V スコアにより評価した。サイレージ中の水分含量は、70 設定の通風乾燥機内で 72 時間熱風乾燥により測定した。

統計処理は一元配置の分散分析により各区間の有意性を検討した。

結 果

平成 15 年 8 月 4 日から 8 月 13 日までの気象条件を、気

表 1 試験期間中の気象条件

	8月4日	8月5日	8月6日	8月7日	8月8日	8月9日	8月10日	8月11日	8月12日	8月13日
降水量 ( mm )	0	31	0	0	9	25	0	0	5	4
平均気温 ( °C )	28.6	26.6	25.3	26.2	27.1	27.1	28.6	27.6	25.0	21.8
最高気温 ( °C )	33.8	34.2	29.9	31.2	31.5	29.8	34.0	31.6	30.2	25.3
最低気温 ( °C )	23.7	23.3	22.2	22.1	23.2	24.9	25.1	24.5	20.0	19.9
F J L B 調製時の平均気温	26.7									

\* 気象庁 気象統計情報より

\*\* 観測地：東京管区気象台千葉測候所 佐倉気象観測地 ( アメダス )

表2 糖原料を変えて調製したFJLBのpHと有機酸組成

種類	pH	有機酸組成 (mg/ml)				
		総酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸
FJLBグルコース区	3.50	1.48	1.37 (92.6)	0.09 ( 5.8)	0.00 (0.0)	0.03 (2.0)
FJLB砂糖区	3.46	1.29	1.06 (81.9)	0.20 (15.7)	0.00 (0.0)	0.03 (2.4)

\* ( )内は、総酸に対する各酸の割合を示す。

\*\* 縦列異符号間に有意差 (p<0.05) 有り

表3 処理区分別の収穫調製状況

区分	収穫日	熟期	イネ水分 (%)	刈取高 (cm)	添加量 (L/ロ-ル)	添加割合 (%/FM)	貯蔵日数	ロール重量 (kg)		
								作製時	開封時	減少量
FJLBグルコース区	8月7日	乳熟期	72.6	13.8 ±2.7a	1.1	0.65	315	170 ±6.2	164 ±7.6	6.7 ±3.3
FJLB砂糖区	8月7日	乳熟期	72.6	14.4 ±2.8ab	1.0	0.58	316	172 ±3.3	170 ±3.3	2.3 ±0.5
無添加区	8月11日	乳熟期	66.4	16.3 ±1.6c	0.0	0.00	317	164 ±1.2	156 ±0.9	7.3 ±2.1
4%グルコース液区	8月13日	乳熟期	67.3	15.1 ±1.9b	1.2	0.73	315	164 ±3.3	160 ±2.2	4.0 ±2.2

\* 縦列異符号間に有意差 (p<0.05) 有り

\*\* ±標準偏差

表4 イネWCSの発酵品質

区分	水分 (%)	pH	VBN/TN (%)	有機酸組成 (新鮮物中 %)				Vスコア	フリーク評点	乾物カビ廃棄率 (%)
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸			
FJLBグルコース区	70.6 a	3.89	8.4	1.43	0.17 b	0.02	0.04	90	83	0.9
	±0.5	±0.1	±1.1	±0.15	±0.16	±0.00	±0.02	± 4.0	±12.5	±0.6
FJLB砂糖区	70.5 a	3.92	8.7	1.45	0.19 b	0.02	0.05	89	80	2.0
	±0.8	±0.0	±0.3	±0.05	±0.12	±0.00	±0.02	± 1.2	±14.1	±2.8
無添加区	68.9 a	4.27	10.9	0.95	0.51 a	0.02	0.12	73	43	0.6
	±0.9	±0.2	±1.2	±0.32	±0.02	±0.00	±0.09	±12.2	±20.7	±0.6
4%グルコース液区	66.7 b	4.11	11.8	1.18	0.34 ab	0.02	0.08	75	57	1.8
	±0.9	±0.2	±1.7	±0.30	±0.03	±0.00	±0.04	±10.9	±27.8	±1.7

\* 下段は±標準偏差

\*\* 縦列異符号間に有意差 (p<0.05) 有り

象庁発表で収穫圃場に最も近い千葉測候所佐倉象観測所 (アメダス) での観測値を表1に示した。FJLB調製期間中 (8月4日~7日) の平均気温は26.7度、最高気温34.2度、最低気温22.1度であった。

試験に用いた2種類のFJLB中の有機酸含量とpH値を表2に示した。両FJLBともpH値は3.5以下に低下し、乳酸含量については1.0mg/ml以上に達し、総酸中の80%以上を乳酸が占めていた。また酪酸含量は両FJLBとも0.03mgと、僅かに生成されていた。

飼料イネの収穫調製状況を表3に示した。イネ水分含量は、収穫時期が異なったためFJLB添加区が72.6%と高く、無添加区および4%グルコース液区ではそれぞれ66.4%、67.3%であり、FJLB添加区に比べ低下していた。

専用収穫機によるイネ刈り高さは13.8cm~16.3cmであり、各区とも10cm以上の高刈りであった。また添加剤の添加量は1.0~1.2L/ロールで、添加割合としては現物重量当り0.58~0.73%であった。ロール重量は収穫の早かったFJLB添加区で170kgを超えていたが、無添加区および4%グルコース液区では、164kgと若干低くなっ

ていた。開封時のロール重量は収穫調製時と比べ全区間で減少し、その減少量は7.3kg~2.3kgであった。

サイレージの発酵品質を表4に示した。FJLBを添加した2区でpHが3.9まで低下していたのに対し、無添加区および4%グルコース液区では4.27、4.11とpHが高かった。またVBN/TN比も同様にFJLB添加区が9.0%以下であったのに対し、無添加および4%グルコース液区で10%を超えていた。

有機酸組成では乳酸、プロピオン酸および酪酸の各区分間で有意差は認められなかったが、乳酸含量はFJLB添加区で1.4%以上の生成量があった。それに対して無添加区では0.95%、4%グルコース液区で1.18%と、FJLB添加区に比べ乳酸含量が低い傾向を示した。酪酸含量についても各区分に差は認められなかったが、無添加区で0.12%と区間中最も高い値を示した。一方、酢酸含量は無添加区が0.51%と最も高く、FJLB添加区と比べ有意 (p<0.05) に高かった。

VスコアはFJLB添加区で90~89点と良質の発酵品質となっていた。また有意差は認められなかったものの無添加および4%グルコース液区で73点および75点とF

J L B添加区に比べVスコアが低下する傾向にあった。フリーク評点はF J L B添加区が80点以上の値を示し良好な発酵品質を示した。それに対して無添加区では43点で、発酵品質が低下する傾向を示した。また4%グルコース液区も他の区間と差は認められず、57点と発酵品質の改善効果は認められなかった。

カビ発生による乾物廃棄割合は各区間で有意差は認められず、その割合は0.6~2.0%であった。

## 考 察

本試験における飼料イネの収穫は、8月7日にF J L B添加による作業を開始したが、翌日の降雨により作業は中断し、圃場条件の悪化により4日後に無添加および4%グルコース液添加による収穫作業を行なった。このためF J L Bの添加を行なった圃場のイネ水分含量は、無添加および4%グルコース液添加の圃場と比べ、かなり高水分の状態であった。通常、イネ水分含量が高くなるとサイレージの発酵品質が低下することから、イネの収穫には水分含量を65%以下にすることが望ましいとされている<sup>7)</sup>。F J L Bを添加した2区では、イネ水分含量が72%を超えていたにもかかわらずサイレージのpHが3.9程度に低下し、酪酸菌の活動を抑えると言われているpH4.2<sup>8)</sup>を大きく下回っていた。それに対して無添加区でのイネ水分含量は66.4%まで低下していたが、サイレージのpHは4.3と高かった。これは、F J L Bの添加により乳酸菌が効率的に糖から乳酸を生成していたのに対し、無添加区では乳酸菌の活動が低かったため乳酸の生成量が少なく、pHの低下も小さかったものと推測された。一方、イネ水分含量が66.7%と最も低かった4%グルコース液区のサイレージpHは4.11で、無添加区に比べて低下していたが、水分含量の多かったF J L B添加区と比べると高く、酪酸菌の活動を抑えると言われているpH4.2をわずかに下回る程度であった。これは、イネに付着している乳酸菌が少ないため、グルコースから乳酸への生成量がやや少なかったためと考えられた。

発酵品質を総合評価するVスコアおよびフリーク評点では、F J L Bを添加した2区分で80点以上の高得点を示し、VBN/TN比も10%以下に抑えられ、酪酸発酵をほとんど伴わない良質なサイレージに仕上がっていた。

一方、無添加区および4%グルコース液区のフリーク評点は43点および57点と低く、またVBN/TN比でも10%を超えており、酪酸菌の活動があったものと考えられたが、Vスコアでは両区分とも70点を超えており、サイレージとして極端に品質の悪いものではなかった。これは無添加および4%グルコース液区のサイレージ調製に用いたイネ材料草の水分含量が66.4%および67.3%と、F J L B添加区のイネ材料草の72.6%と比べ5%以上低かったこと、およびイネの刈取り高さが各区間とも10cm以上の高刈であったことにより、発酵品質が高まったも

のと考えられた。通常、イネは穂や茎葉部に比べ、株元部分の水分含量がかなり高いため、地上10cm以上の高刈りを行うことで、水分含量が2~3%以上低下することが知られている<sup>9)</sup>。このことから無添加及び4%グルコース液区で刈取ったイネ材料草の水分含量が10cm以上の高刈りにより65%以下まで低下していた可能性があり、その結果ある程度発酵品質が改善されたものと考えられた。しかし今回の無添加および4%グルコース液区のイネ水分含量が、仮にF J L B添加区と同じ72%以上の高水分であった場合、10cm程度の刈高でもイネ水分含量は65%を大きく上回っていたものと考えられ、その場合pHは低下せずに酪酸発酵による品質低下を招いていたものと推測される。

以上より乳熟期で水分含量が72%程度の高水分のイネであっても、フレール型専用収穫機により地上高10cm以上の高刈りを行い、かつF J L Bを現物重量に対して約0.6%程度添加することで、無添加に比べ良質のサイレージが調製できるものと考えられる。

また今回のF J L B調製に飼料添加用グルコースと調理用白糖の2種類を用いたが、白糖の主成分であるシュクロースは2糖類であり、単糖類であるグルコースよりも乳酸菌の利用性が低いとされている<sup>8)</sup>、糖原料の違いによる培養液の調製に明らかな差は見られず、両液とも酪酸をほとんど含まない良質な培養液となっていた。このことから20L容量のポリタンクを用いての実在規模でも良好な調製が可能で、またグルコース以外で身近で入手しやすい調理用白糖による調製でも十分に対応が出来ることが明らかとなった。

培養温度では、今回のF J L B調製期間中の外気温の平均値が26.7と、簡易試験での培養条件30一定<sup>3)</sup>と比べ低かったが、F J L Bの調製は良好に進みサイレージへの添加による悪影響が見られなかったことから、千葉県内での8月上旬の外気温による常温培養でも、比較的確実にF J L Bを調製出来ることが示され、県内で十分利用できる技術と考えられた。

なお、カビによる乾物廃棄割合は、各区分とも有意差が認められず、添加剤による影響は少ないものと考えられた。またフレール型専用機で調製したイネWCSのカビ発生割合は、コンバイン型専用機で調製したものより少なく、貯蔵性に優れているとされている<sup>10)</sup>。本試験においてもカビによる廃棄割合は、約10ヶ月間の長期貯蔵でも2%以下であり、フレール型専用機で調製したイネWCSの貯蔵性の高さを示すものであった。これはフレール型専用機の方が、コンバイン型専用機に比べて梱包密度が高く<sup>11)</sup>、刈取ったイネも中空が残りにくいことによるものと考えられるが、県内で最も広範囲に用いられているコンバイン型専用機でのF J L B添加による発酵品質やカビ発生状況等については、今後さらに検討する必要がある。

## 謝 辞

本試験の実施にあたり、サイレージ調製にご協力頂いた生産農家の皆様、ならびにサイレージサンプルを提供いただいた畜産農家の皆様に心よりお礼申し上げます。さらには農家との調整にご協力をいただきました印旛農業改良普及センター農畜産科の皆様と、FJLBの調製方法について有益なご助言を頂きました、三重県科学技術振興センター畜産研究部の平岡啓司氏に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 蔡義民・藤田泰仁・徐春城・吉田宣夫・小川増弘(2002) 日本草地学会誌48(別号): 190-191
- 2) 平岡啓司・山本泰也・浦川修司・水谷将也・山田陽稔・乾清人・苅田修一・後藤正和(2003)日草誌49(5): 460-464
- 3) 斉藤健一・米本貞夫(2004)千葉県畜産総合研究センター研究報告4: 57-62
- 4) 平岡啓司・乾清人・山本泰也・吉村雄志・沖山恒明・苅田修一・後藤正和(2004)日草誌50(別号): 180-181
- 5) 自給飼料品質評価研究会編(2001)改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック、日本草地畜産種子協会、東京
- 6) 渡辺晴生・堀田正樹・高梨 勝・佐藤公明(1998)千葉畜セ研報22: 49-57
- 7) 農業技術研究機構編(2002)稲発酵粗飼料生産・給与マニュアル
- 8) 須藤浩(1971):サイレージと乾草 養賢堂 東京
- 9) 斉藤健一・西川康之・斉藤幸一・米本貞夫(2004)千葉県畜産総合研究センター研究報告4: 43-47
- 10) 斉藤健一・米本貞夫(2003)千葉県畜産総合研究センター研究報告3: 37-44
- 11) 吉田宣夫・春日政夫・山井英喜・青山達也・蔡義民・藤田泰仁(2002)日草誌48(別号): 186-187