

西南暖地における優良乳酸菌添加による 高品質サイレージの調製と利用

愛媛大学農学部

熊井 清雄
木村 徹哉

はじめに

近年、通年サイレージ給与体系の普及により西南暖地の酪農家において高品質サイレージの調製技術に対する関心が深まり、その品質も年ごとに向上しつつある。また、最近のバイテク応用の一環として、ここ数年来、乳酸菌添加サイレージが全国的に普及しているが、これの効果に対する見解は研究者、技術者によって異なり混乱しているように思われる。そこで筆者らの研究等に基づき、その疑問に答え、西南暖地におけるサイレージ用乳酸菌の効果や添加の必要性について解説することにする。

1 西南暖地における高品質サイレージ調製の困難性

北海道のような寒冷気候条件下においては、冬が長く貯蔵粗飼料は特に重要で、そのためサイレージ調製の歴史が古く、その技術も高い。一方、西南暖地では、冬作にイタリアンライグラス、エンバク、飼料カブなどが栽培され、乳牛の飼養規模も零細であったから、長い間、通年生草給与体系が中心であった。従って通年サイレージ給与体系が導入されて日が浅く、サイレージ調製技術が北海道などの寒地に比べて立ち遅れている。また、サイレージ原料草も多種多様であり、それぞれの原料草に適したサイレージ調製技術が必要であるが、知識や経験の不足及び未解明の問題もあってサイレージ調製の失敗例が少なくなかった。とりわけ暖地では、初夏から初秋までの期間中、高温あるいは高温多湿でサイロ詰込み作業中に雑菌の侵入や増殖が激しく、かつ詰込み後もサイロ内

が高温となり、37～45℃の高温を好む酪酸菌の増殖に有利な条件となり、30℃前後を適温とする乳酸菌の増殖には不利であること、トウモロコシやソルガムを除くサイレージ原料草は総じて可溶性炭水化物(WSC)の含量が低く、酪酸発酵によるサイレージの品質及び飼料価の劣化を招くことが多い。また、サイロ開封時の外囲温度が高く、それがために酵母菌、カビ、細菌による好気的変敗(二次発酵)を引き起しやすい。これらの原因は、西南暖地の高温多湿や暑熱が主因、あるいは誘因となっているものが多く、現在これに対する技術的対応が強く要請されている。

2 乳酸菌添加の必要性

サイレージ用作物の種類が多く、高温多湿の西南暖地ではサイレージ調製の失敗が多いことを述べたが、その技術的対応の一つとして乳酸菌製剤の適用がある。飼料作物・牧草の茎葉に付着している乳酸菌は、作物の種類、栽培環境、収穫時の生育ステージなどによって変動する。従って、自然界では、サイレージ発酵に必要な乳酸菌が不足していたり、たとえ乳酸菌数では充足していても、乳酸生成力の弱い乳酸菌ばかりで、優良乳酸菌数が不足していることもしばしば起る。従ってサイレージの乳酸発酵を短時間内に完了させて乾物損失を押えるには、一定数以上の乳酸生成力の高い優良乳酸菌(ホモ型乳酸桿菌)を添加することが必要となる。

3 乳酸菌の種類と乳酸発酵

サイレージ化の過程はWSCを発酵基質として乳酸菌が多量の乳酸を生成し、pHを4.2以下にまで

下げ、酸性条件下で保蔵することである。ところで乳酸菌は菌の形状によって、乳酸桿菌と球菌とに分かれる。乳酸球菌はサイロ詰込み直後の嫌気度の低い段階で活発に活動して乳酸を生成する。一方、乳酸桿菌は乳酸生成力が高く、pH が低くなって球菌の活動が鈍るとともに増殖し、pH が3.8~4.0 に下がると活動をほぼ停止する。このように乳酸桿菌が乳酸発酵の中心的役割を持つから、乳酸菌製剤には桿菌を主に利用している。また、乳酸菌は乳酸のみを効率よく生成するホモ型乳酸菌と、乳酸と同時に酢酸、エタノール及び二酸化炭素を副生するヘテロ型乳酸菌とに分かれる。

このように乳酸発酵を短時間に効率的に進めるにはホモ型乳酸桿菌が優れており、それを添加することによってサイレージの不良発酵を抑止することができる。

優良乳酸菌を添加しなかった従来のサイレージの中には、強い酪酸臭や酢酸臭のあるもの、アルコールと有機酸とが結合して芳香のあるエステル臭を発するものなどをよく見受ける。優良乳酸菌を添加すると、さわやかで臭いをあまり感じない高品質サイレージができあがることが多い。なお、参考までにサイレージ中に認められる主要な乳酸菌を表1に示した。

従来、サイレージ発酵に乳酸菌を添加しても効果が認められなかったという不満足なデータが多かった。また、自然界には必要な乳酸菌数が存在しているので、あえてそれを添加する必要がないと考える研究者が多かったように思われる。しかし、研究者のなかには材料草に乳酸菌がほとんど認められなかったり、必要とする数に達しない場合が半数近くあるとしている点や十分な乳酸菌が存在した場合でも、優良乳酸菌を添加すれば、サ

イレージ発酵が促進されることが認められるようになり、酪農家では乳酸製剤を積極的に利用するようになった。MacDonald や Bolsen は、この点に触れ、近年の技術の進歩により、サイレージ発酵を促進するに十分なホモ型乳酸菌を添加することができるようになり、その効果が安定してきたと述べている。なお、乳酸発酵を促進するに足る優良乳酸菌数は、材料草1g 当たり 10^5 個ベースが必要と考えられる。

4 乳酸菌添加効果の実証

筆者らはここ2, 3年来、乳酸菌添加サイレージに関する研究を実施し、発酵品質の向上に及ぼす効果を確認しているため、その研究成果の一部を述べることにする。

本試験は、イタリアンライグラス2番草(含水率82%, WSC8.8%)を細切りし、これに雪印種苗(株)のスノーラクトL(ラクトバチルス・カゼイ菌, ホモ型乳酸桿菌)を所定量(原料草1g 当たり乳酸菌を22,000個)を添加した後、実験用の1l 容のプラスチックサイロに詰込み密栓貯蔵した。また乳酸菌無添加の対照区も調製し、両者を経時的に開封し、pH, 有機酸組成及び微生物相について比較検討した。その結果の概要として図1にpH, 図2に乳酸菌及び酪酸菌の変遷を示した。

図1から明らかのように、添加区のpHは2~3日でサイレージの至適pHの4.2以下に低下したが、対照区のそれは3日目で4.8に下がったものの、pHの低下が不十分なために酪酸菌が7日目より活動を開始した結果、蛋白質の分解によりアンモニアなどを生成し、2日目にはpHが5.5以上に上昇した。図2より、乳酸菌数は詰込み後2~3日目で添加区が対照区を大幅に上回り、4日目では10

倍にも達した。次に酪酸菌数は対照区は4日目以降、急速に増殖し、1週間後には 10^4 個ベースに達したが、乳酸添加区ではpHが低く、酪酸菌の繁殖を完全に抑制した。詰込み50日目におけるpHは、対照区の5.2に対し添加区は4.0であり、

表1 主な乳酸菌の種類と諸特性

乳 酸 菌 名	菌の形態	発酵様式	発 育 温 度 (°C)			乳酸の旋光性
			最低温度	最適温度	最高温度	
ラクトバチルス・ブランタラム	桿菌	ホモ発酵	10	30	40	D L
ラクトバチルス・カゼイ	桿菌	ホモ発酵	10	30	40~45	L
ラクトバチルス・ブレビス	桿菌	ヘテロ発酵	15	30	38	D L
ストレプトコッカス・フェカリス	球菌	ホモ発酵	10	37~40	45	L
ペディオコッカス・セレビシイ	球菌	ホモ発酵	10	25~32	40~45	L
ロイコストック・メセンテロイデス	球菌	ヘテロ発酵	10	21~25	40	D

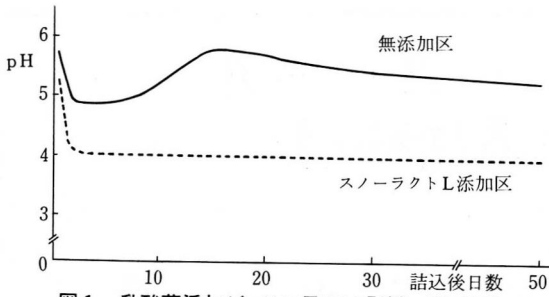


図1 乳酸菌添加がpHに及ぼす影響 (模式図)

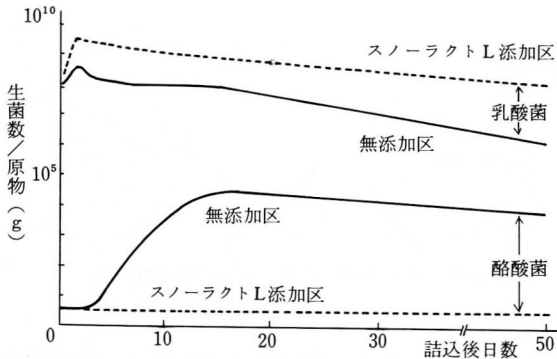


図2 乳酸菌添加が乳酸菌及び酪酸菌に及ぼす影響 (模式図)

乳酸含量(原物中)は対照区の0.2%に対し、添加区は1.9%と著しく増加した。一方、酪酸含量は対照区が1.3%に対し、添加区はその1/8に過ぎず、フリーク評点は対照区の25点に対し添加区は73点を示した。

この結果から、優良乳酸菌の添加はサイレージ品質を著しく高めることが明らかである。また、同時に添加した久保田鉄工㈱のサイロゲンについても同様の結果が認められた。

しかし、別の試験で数種の乳酸菌製剤を集めてその効果を比較検討したが、効果の全くないものがあつた。乳酸菌数をチェックしていなかったため、商品そのものに欠陥があるのか、製造して長年月が経過して生菌数が減少していたためか不明である。従つて、乳酸菌添加に当たっては、定評のある商品で、かつ製造年月日の新しいものを選びたい。また、長期保存は避け、もし保存する場合にはよく密封し、冷暗所に保存することが必要である。

5 乳酸菌添加サイレージと2次発酵

筆者らは、乳酸菌添加サイレージのなかには2次発酵を抑制する効果があることを認めている。2次発酵は、開封によってサイレージ中の酵母菌、次にカビが増殖してサイレージを変敗させる。また、トウモロコシサイレージの場合には、酵母菌の後に細菌が活動する。高品質サイレージは、酵母の栄養源である糖質、デンプン、乳酸などの有機酸の含量が高く、酵母の増殖を促し、2次発酵によるサイレージの品質と飼料価を著しく低下させる。

そこで、トウモロコシに4種の乳酸菌製剤を添加してホールクロップサイレージを調製し、開封後の各サイレージの発熱状況を比較した。調査法は、乳酸製剤を所定量添加したトウモロコシサイレージを詰込み50日後に開封し、室内に放置してサイレージの品温(温度)が40℃に達するまでの時間を測定した。その結果、対照区は28時間、スノーラクトLは56時間、その他の乳酸菌製剤は27, 28, 39時間をそれぞれ示し、スノーラクトL以外に2次発酵を遅延させるものが一点あつた。この乳酸菌添加による2次発酵の抑制作用は興味ある現象であり、菌学的な究明が待たれるところである。特に西南暖地では高温多湿で2次発酵が大きな問題となつており、乳酸菌添加によって安定的に2次発酵を2日程度押えることができれば、酪農家にとって大きな福音となり、優良乳酸菌添加の価値は倍増することになる。

おわりに

以上述べた優良乳酸菌の諸効果がすべての条件にあてはまるものではなく、効果のある場合とほとんど効果がみられないこともある。今後は、どのような条件で優良乳酸菌の添加効果が認められ、どうすれば更に効果を生むことができるか、

今後の研究の進展が待たれるところである。また乳酸菌にはD L型乳酸、D型乳酸及びL型乳酸を生成する種類がある。L型乳酸のみを生成する菌が栄養学的にみてより有効と考えられるが、これらの点についても今後更に研究を進める必要があろう。