

トウモロコシサイレージの二次発酵防止対策

雪印種苗(株)中央研究農場

古川 修

はじめに

近年、発達してきたサイレージ利用の普及、特に通年サイレージ給与方式は乳牛のルーメン内恒常性の維持、栄養収量性と圃場の効率的利用などではほぼ全国的に定着してきたと思われる。それと並行してサイレージの調製・貯蔵技術も改善され、サイレージ品質は著しく向上してきた。

しかし、その反面サイロ開封後、空気にさらされたサイレージが微生物の増殖によって変敗する“二次発酵”(好気的変敗)の問題がクローズアップされている。

1 二次発酵発生増加の背景

このように二次発酵が発生して被害を受ける事例が増加している背景としては、サイレージ品質の向上と低水分化、大型サイロの導入、機械化による作業の省力化などが考えられる。

(1) サイレージ品質の向上

酪酸発酵した低品質サイレージはサイロ開封後二次発酵を発生しない。それは、貯蔵中に生成した酪酸が二次発酵発生の原因となる酵母やカビに対して制菌作用を示すためである。一方、酪酸含量の低下に伴って、サイロ開封時の酵母やカビの菌数は一般的に増加傾向を示すとされている。双方、またはそのいずれかの菌数値の高いサイレージほど二次発酵が発生しやすい。

サイレージ品質が向上する反面、二次発酵が発生しやすくな

るのはこのためである。

(2) 大型サイロの導入

スチールタワーサイロなどの大型サイロの導入によって、原材料の低密度化、飼養頭数と一日当たりのサイレージ取出し量の不均衡(取出し厚さの不足)によって、長時間サイレージを空気にさらしてしまう。その結果、二次発酵が発生する例が多く見受けられる。

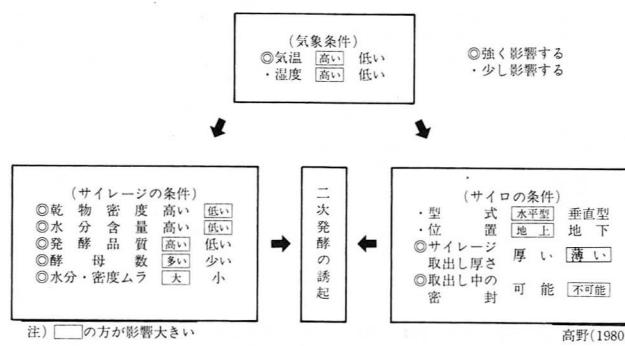
(3) 作業の省力化

酪農の規模拡大が進むにつれて、機械化による作業の合理化、省力化が進んでいる。そして、その中に二次発酵を発生させやすくしたり、発見を遅らせたりする要因が潜んでいる。

例えば、作業能率を重視するあまり、サイロ内の踏圧や均平作業が不足がちになる。また、デストリビュータを過信し、サイロ内の密度ムラ、水分ムラが発生する。

結果として、空気の侵入しやすい条件が形成され、開封後二次発酵が発生しやすくなっている。

更に、アンローダでの取出しが、二次発酵の前兆である発熱、わずかな蒸れ臭やカビの固まりなどの発見を遅らせ慌てる例も少なくない。図1は



二次発酵が発生しやすい要因を模式化したものであるが、すでに述べた状況などがこれらの要因を作り出しているものと理解される。

2 二次発酵発生のメカニズム

このように問題視される二次発酵がどのようにして発生するのか整理してみよう。

サイレージはサイロが密封貯蔵状態では、嫌気性が保たれ、一定の低いpHと各種有機酸が生成されて好気性の微生物は休眠状態となる。

しかし、サイロが開封されるとサイレージは空気にさらされ、嫌気状態であったサイレージの内部に空気が次第に侵入する。その状態でまず酵母が適度の温度・湿度・養分（生成された乳酸など）によって増殖し始め、サイレージの温度は徐々に上昇する。次に、酵母による発熱で刺激を受けた糸状菌が急速に増殖してカビを発生させる。この微生物の増殖のため低かったpHは上昇し、乳酸含量が減少し、VBN（揮発性塩基態窒素）が上昇する現象が生じてくる。

図2は二次発酵の進行過程での温度などの変化を示しているが、温度変化の山が一つのものと二つのものがある。山が二つの場合、最初の発熱は酵母によるもので、次の山はカビによるものであ

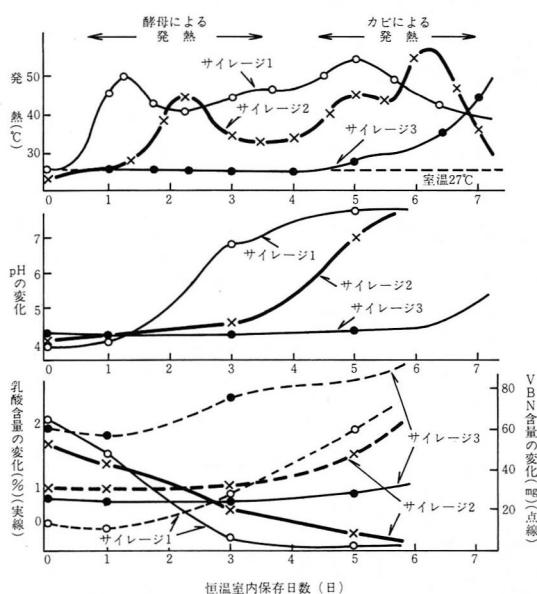


図2 二次発酵による変敗の進行と発熱、pH、成分の変化
(山下・山崎、1975)

り、山が一つの場合はカビによるものである。

このように二次発酵発生の根源は、酵母、カビなどの好気性微生物の増殖によるものである。先に示した図1の各要因は、この好気性微生物の増殖要因となっている。すなわち、外気温は高いほど、埋蔵密度が低いほど、水分が低いほど、密度や水分のムラが大きいほど、これら微生物は増殖しやすくなることになる。

3 二次発酵による損失

酵母やカビが増殖して二次発酵が発生すると、サイレージに含まれている栄養分がこれら微生物に横取りされてしまう。二次発酵を発生する微生物もその生命の維持、増殖のためにサイレージに含まれる栄養価の高いものをどんどん吸収、利用していくのである。そして、この二次発酵サイレージは、その品質、取出し作業上、表1に示したような数多くの損失をこうむることになる。また、栄養価的にも消化率の低下に伴い、TDNは約90%低下するという報告がある。

乳牛への影響については、下痢やアルコール不安定乳の発生のみならず、サイレージ品質劣化により、①嗜好性が低下する。採食量減少、エネルギー、蛋白質の利用性低下のため養分不足となり、②乳量の減少、繁殖障害などをきたすことになり、二次発酵が発生した場合は、エネルギー、蛋白質などの養分補給を考慮しなければならない。

4 二次発酵の防止対策

サイレージの二次発酵はサイレージの普及上大きな問題となっているが、これまで述べたような二次発酵発生の要因を充分理解し、サイレージ調製の段階から防止策を考慮しなければならない。

二次発酵防止策の要点をまとめると、①酵母数

表1 二次発酵による損失

損失をうけるもの	その項目	その程度	
		正常サイレージ	二次発酵サイレージ
発酵品質	乳酸含量(%)	2.0	0.5~1.2
サイレージ取出しの時間(分)		25 (100)	120 (480)
乾物損失	乾物(%)	0	9
飼料価値の低下	乾物消化率(%)	71	59
乳牛の影響	健康	異状なし	下痢など
	乳質	異状なし	アルコール不安定乳

高野(1980) 藤田(1980)

の少ないサイレージを調製する、②サイロ開封時の空気侵入を極力防ぐ、③詰込み・取出し作業をすばやく行い密封を完全に行うなど、できるだけサイレージが空気にさらされる時間を短縮することである。

そのために、次の基本対策を励行したい。

(1) 酵母数の少ないサイレージを調製する

先に述べたように、二次発酵の発生は酵母の増殖が引き金となる。この酵母はもともとサイレージ原材料に付着しているものであるが、サイロ詰込み後の発酵速度を高めてやることは、酵母の増殖を抑制する有効な手段となる。酵母数の少ないサイレージ作りのポイントは次の通りである。

①適期に収穫して、原材料水分を70%程度にする。

②乳酸菌などを添加してpHを下げる。

③密封を早期に完全に行う。

④1~2カ月の貯蔵期間を保つ。

刈遅れた原材料は茎が剛化したり、空洞化して埋蔵密度が減少する。また、トウモロコシの場合、黄熟期になると特性として、水分含量が約70%となり最適な条件となる。

このトウモロコシの収穫適期を予想するためには、まず絹糸が50%以上抽出した日をつかむ。地区により異なるが、この日に30~50日をプラスすると黄熟期に達するとされており、表2に地区別の目安となる日数を示した。

こうして、収穫期の目安をつけた上で、収穫前に熟期を再チェックすることが大切である。トウモロコシの収穫適期とされる黄熟後期になると、○下葉が若干枯れ上がってくる。

○雌穂を包んでいる包皮が褐色化していく。

○フリント種では子実に光沢が、デント種では子実にへこみが生じ、爪がたたなくなる。

○子実のつけ根をつぶしても汁が出にくくなる。などの特徴があげられるが、熟期の進んだ畑から収穫するとよい。

表2 黄熟期の目安

地 区	絹糸抽出日より加算日数
北海道 ～東北	45~50日
関 東	40
九 州	30

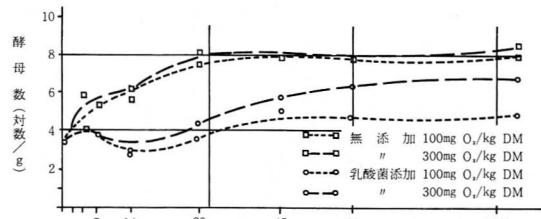


図3 酵母の増殖におよぼす乳酸菌添加の影響

(ツインマー, 1985)

ただし、その年の気象条件あるいは地区の気象条件によって、トウモロコシの茎葉の枯れ上がりと子実の登熟が不均衡となる場合がある。黄熟後期に固執して子実の登熟を待つ間、茎葉の枯れ上がりが更に進み、結果的に刈遅れた材料を収穫調製する場合がある。そして、サイロ開封後二次発酵に悩む事例が少なくない。

従って、収穫期を迎えるころには、注意深く材料を観察することが大切と考える。

次に、酵母を抑制するために発酵速度を高める手段として乳酸菌の添加も有効である。図3の成績をみると、乳酸菌を添加することにより酵母数が減少していることが認められている。

(2) サイロ型式を選定する

二次発酵は外気温の高い夏場に発生しやすいのは言うまでもない。そこで、既存サイロはもとより、夏場利用の補助サイロを設けることも一案である。このようなサイロは空気にふれる表面積が小さく、できるならば取出し後再密封できる型式がよい。例えば、取出し間口を狭めたスタッカサイロ、小型鉄板枠サイロ、ビニールバックサイロなどの利用を考えられる。サイレージ使用頻度に応じて選定できる。

更には、近年急速に普及したロールバックサイレージも二次発酵防止に有効である。なぜなら、サイレージ使用量に応じて袋詰めできる利点があり、現在ではその大きさも種々用意されている。

(3) 埋蔵密度を高める

サイロ詰込み時に埋蔵密度を高めることは、調製段階においても開封時においても空気の侵入を防ぐための有効な手段である。

その際、材料を細切することになるが、切断長は9~12 mmとし、しかも、シャープに切断することが望ましい。作業上手間はかかるが、刃の研

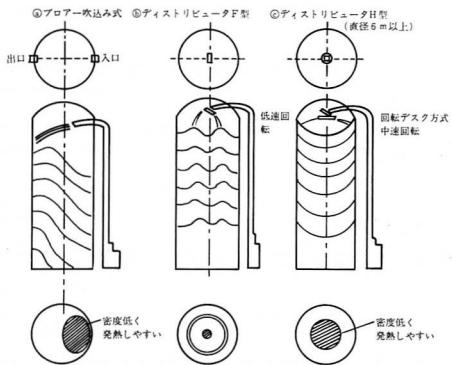


図4 サイロ内の密度変化

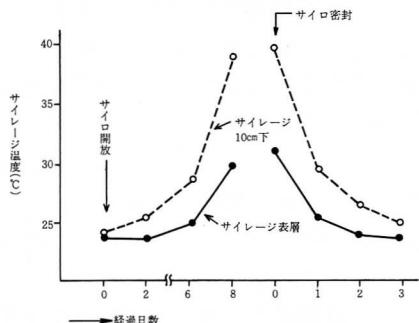


図5 サイロ開封による二次発酵
サイロ再密封による温度推移(高野、1979)

磨の励行を勧めたい。更に、踏圧作業も重要な要素となる。スタッカーサイロやバンカーサイロではトラクタなどで十分踏圧できるが、タワーサイロではサイレージ密度の平均化を図るために、詰込みごとに均平作業を行うようにしたい。(図4)。

5 二次発酵が発生した場合

これまで述べた対策を講じても、100%安全と言うわけにはいかず、一度発生した二次発酵をいかにして進行を防ぐかが重要である。

その方法として、まず変敗した部分を廃棄し、残ったサイレージの表面にプロピオン酸などの添加物を添加して、安定するまでサイロ密封する方法が効果的である。その際、先にも述べたが、この間に給与できる補助サイロがあると便利である。図5は二次発酵を起したサイロを密封した場合のサイレージ温度変化を示しているが、再度空気を遮断することによって好気性微生物の増殖が抑えられ、発熱を防いでいることがわかる。

完全に変敗してしまった二次発酵サイレージの

給与は避けなければならないが、二次発酵初期の段階で、発熱したサイレージを給与しなければならないときには、給与回数を多くし、サイレージは濃厚飼料などの後に給与する。この場合、糞の状態、乳量、乳成分、乳質などの変化を注意深く観察する必要がある。

以上、サイレージ二次発酵について、その発生要因と防止対策について概要を示したが、まだ未解決・未知の部門も多く残されている。トウモロコシサイレージの場合は、糖含量が高くサイレージ調製に適する材料である。ただし、その高い糖含量がサイロ貯蔵中にすべて微生物によって利用されるわけではない。従って、出来上りサイレージにもまだ多くの糖分が含有し、それが家畜への栄養源となっているわけであるが、同時に、酵母やカビの栄養源となっている。そのため、空気が侵入しやすい条件(低水分、密度が低い)では、二次発酵が発生しやすくなる。トウモロコシサイレージの場合はこのような危険性が潜んでいるため、調製段階では、きっちりと原則を守って作業する必要がある。良いサイレージができる、と言うことで過信は禁物である。

また、最近北海道内において、農家自身が2~3品種のトウモロコシを栽培して比較しているケースも見受けられる。例えば、それが相対熟度の異なる品種であれば、同じ時期に収穫すると多少なりとも水分ムラ、密度ムラが生じてしまう。このようなことも二次発酵発生要因となるので十分注意願いたい。

そして、物理的に防ぐことができない要因に取出し厚さがある。サイレージ使用量に比較してサイロ間口が広い場合(タワーサイロ、バンカーサイロなど)は、どうしても取出す厚さが薄くなる。結果として、サイレージが空気にさらされる時間がが多くなり、二次発酵の原因となる。冬場はともかく、夏場でのこうした状況は好ましくなく、こうした意味でも補助サイロの活用を勧めたい。

泌乳能力が向上するほど、粗飼料の品質、特にサイレージの品質が重要となってくる。栄養価の高いトウモロコシサイレージをロスなく給与できるように、この二次発酵の問題を再認識し、高品質生産に努めていただきたい。