

サイレージ二次発酵の対策

気温が高いこの時期に気になるのは、サイレージの二次発酵ではないでしょうか？サイレージが二次発酵してしまうと、発熱に伴ってサイレージの栄養価が下がり、嗜好性も低下して、十分に食い込めなくなります。また、TMRの発熱はサイレージに含まれている酵母などの雑菌が原因となるので、サイレージの二次発酵はTMRの品質にも影響します。特に粗飼料の食い込みが落ちてくる暑熱時期に、サイレージが二次発酵してしまうとその影響は更に大きくなります。今回は、サイレージの二次発酵を正しく理解していただくとともに、その対策を紹介させていただきます。

1. サイレージの二次発酵とは？

サイレージが腐るという現象には、大きく分けて2種類あります。一つは酪酸発酵で、サイレージ中の酪酸含量やVBN含量（揮発性塩基態窒素：主にアンモニア態窒素）が高くなることで、強烈な悪臭とともに嗜好性や栄養価が低下する現象です。この原因になるのは酪酸菌と呼ばれる雑菌で、酸性条件に弱いので、pHを下げることで抑えることができます。もう一つの腐敗である二次発酵の原因は酵母やカビで、酸素がないと増殖できませんが、特に酸性条件に強い酵母が原因となるので、pHが下がっても生き残ります。

サイレージで生成される有機酸（乳酸、酢酸、酪酸）には抗菌作用があるので、これら雑菌を抑制することができますが、その抗菌作用は有機酸の種類によって異なります（表1）。乳酸は他の酢酸や酪酸に比べてpHを下げる力が強いので、酪酸菌を抑えることは出来ますが、耐酸性酵母には効果がありません。一方、酢酸や酪酸はpHを下げる力は弱いものの、酵母やカビには強い抗菌作用を示します。一般的にサイレージ中の有機酸は、乳酸発酵が進むとサイレージ中の酢酸や酪酸含量は少なくなり、乳酸が少なくてpHが下がらなければ、酢酸や酪酸含量は高くなります。これらのように、酪酸菌と酵

母・カビは、生育環境、有機酸に対する感受性が異なるので、酪酸発酵と二次発酵を同時に抑制するのは非常に難しいのです。これで乳酸発酵しやすいトウモロコシサイレージで二次発酵が問題になる理由もご理解いただけるとと思います。

現在のところ、サイレージの二次発酵を抑制する決定的な解決法はありませんが、酵母やカビを抑制するポイントは、空気（酸素）ということになります。サイロ内に酸素がなければ、酵母やカビの菌数は少なくなります。また、開封後のサイロ内への空気の侵入を極力少なくできれば、酵母の増殖を最小限に抑えることができます。既にご存知のことも多いと思いますが、ちょっとした心がけが二次発酵を抑えることに繋がるとと思いますので、今一度、以下のポイントをご確認下さい。

2. サイレージ調製時にできる二次発酵対策

① 細切

二次発酵抑制において原料の切断は重要なポイントです。切断長もそうですが、今回は切れ方について紹介します。写真1は、きれいに切れているものと切れ方が悪いトウモロコシサイレージの写真です。切れ方が悪いと繊維が裂けたような状態になりますが、こうなるとフカフカした状態になるので、踏圧が効きにくくなって詰め込みが十分ではなくなります。詰め込み密度が低いと、残存する空気が多いということになるので、二次発酵しやすくなります。このような状態を避けるためには、ハーベスターの刃の調整が重要になります。切れ味が悪くな

表1 サイレージで生成される有機酸の特性

	pH低下	嗜好性改善	酪酸発酵抑制	二次発酵抑制
乳酸	○	○	○	△～×
酢酸	△	△	△	○
酪酸	×	×	×	○



写真1 トウモロコシサイレージの細切（左：切断良い、右：切断悪い）
る前にしっかりと刃の調整を行いましょう。

② 踏圧（何で踏むか？）

踏圧作業に使用される機械として、ホイール型のローダーとクローラ型のバックホーがあります。バックホーは機械の重量が重いので、踏圧に向いていると思われるかもしれませんが、クローラ型は広い面積で支えているために、材料と接している部分の圧力が低くて、踏圧の効率が悪いことが分かっています¹⁾。一方、ホイール型は軽い機体が多いですが、タイヤ4点で支えているので、クローラ型よりはるかに接地圧が高いのです。踏圧にはホイール型の機械を使用することをお勧めします(写真2)。

③ 踏圧（薄く広げて踏む）

ダンプなどで運んできたサイレージ材料をバンカーやスタックサイロで降ろした後、広げながら踏圧しますが、この時の広げ方にポイントがあります。厚みがありすぎると、圧力が高い機械で踏んでも、圧力が届かないのです。その目安は厚さ30cm以下です(図1)¹⁾。薄く広げるためには、緩やかで長いスロープを作ることと、ダンプ複数台分をまとめてやらないことが重要です。ダンプを待たせても踏圧を優先することが求められます。

④ 踏圧（踏圧時間を確保する）

近年はハーベスターの収穫スピードが非常に速くなり、踏圧が間に合わないケースが増えています。どんなに熟練したオペレーターでも、材料を運んで



写真2 ホイールローダー2台による踏圧



くるダンプの間隔が5分以下になると材料を広げるので精一杯となり、十分な踏圧が出来ません。運搬間隔が短すぎる場合は、詰め込むサイロの本数を増やすなどの方法で（2本同時詰め）、踏圧時間を確保するようにしましょう²⁾。

⑤ 夏場開封用の間口の小さいサイロを作る

二次発酵は、気温の高くなる春から夏にかけて問題となることが多いと思います。全てのサイロで出来ればいいですが、夏場開封するサイロだけでも間口の小さい（低い）バンカーやスタックサイロにすると、二次発酵のリスクが低減できます。間口が小さいと、サイレージを厚く取り出すことになり、空気はサイレージ取り出し面からサイロ内に侵入するので、厚く取り出すことが出来れば、二次発酵する前に給与することが出来るのです。

⑥ ビニール中仕切り

塔型や地下サイロで開封後の空気の侵入を防ぐ方法として、ビニールの中仕切りを入れていく方法が紹介されています。山形県畜産試験場によると夏場でも7日分の取り出し量ごとに中仕切りを行うことで、品温の上昇やサイレージの廃棄を防止できると報告されています(図2)³⁾。サイレージを詰め込む時に、一定間隔でビニールの中仕切りを入れていくことで、サイロ開封後の空気の侵入がビニールで遮断されるので、奥まで二次発酵することが抑制できます。

⑦ 乳酸菌

弊社のトウモロコシサイレージ用乳酸菌サイロSPは、乳酸から酢酸に変換することができる乳酸

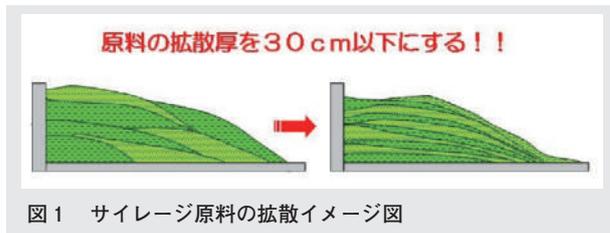


図1 サイレージ原料の拡散イメージ図

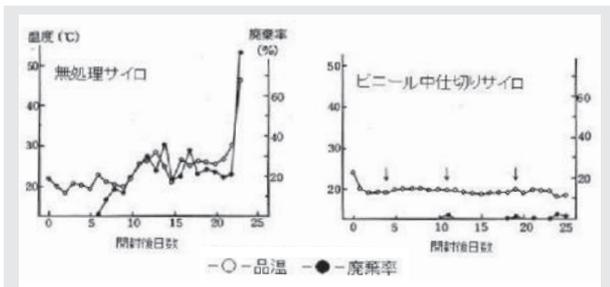


図2 各サイロの品温と廃棄率
山形県畜産試験場研究報告(1983)、170ページより引用

菌で、結果的にサイレージ中の酢酸含量が増加することから(図3)、開封後の酵母の増殖が抑えられ、二次発酵によるサイレージの発熱も遅くなります(図4)。一方、酢酸はお酢の成分なので、酢酸含量が高くなりすぎるとサイレージが酸っぱくなることから、若干嗜好性が悪くなるという点もあります。それでも例年、トウモロコシサイレージの二次発酵でお困りの方には、このサイロSPが最適になります。

3. サイレージ調製後にできる二次発酵対策

① 細断型ロールベラーによる再密封

近年普及している細断型ロールベラーは、二次発酵対策に有効です。梱包サイズが小さくなるので、給与する時に開封できるようになり、空気との接触が最小限に抑えられます。最初から細断型ロールベラーでサイレージ調製できれば一番良いのですが、作業スピードはバンカーやスタックサイロ調製よりも遅いので、大規模調製では使いにくい機械です。一方で、一度バンカーやスタックサイロで調製したサイレージを、冬場に開封して、夏場使用する分のサイレージだけ細断型ロールベラーで再密封するという技術があります。冬場であれば時間に余裕があるので、作業スピードは問題なくなりま

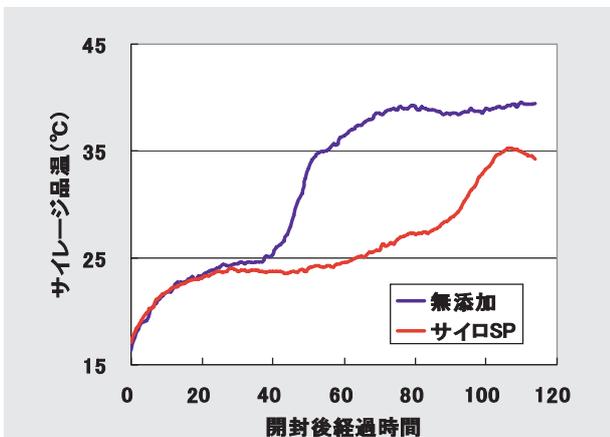


図4 トウモロコシサイレージ開封後の品温
(貯蔵期間：6ヶ月、2010年弊社調べ)

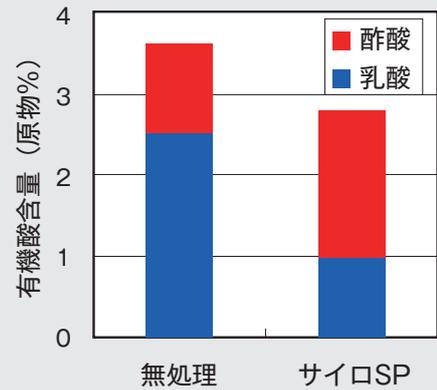


図3 トウモロコシサイレージの有機酸組成
(貯蔵期間：6ヶ月、2010年弊社調べ)

す。ラップフィルムなどの資材代や機械代などのコストはかかりますが、二次発酵対策としては有効とされます。

② 開封後のサイレージ取り出し面に使用する二次発酵抑制資材

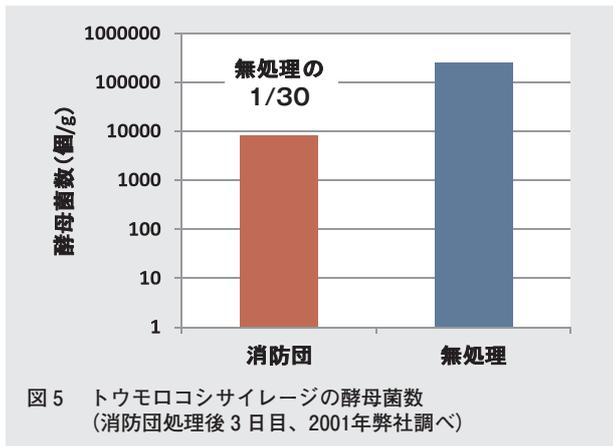
サイレージの二次発酵は、サイロを開封した後、空気が侵入することによって起こるので、空気と直接触れるサイレージの取り出し面が最も二次発酵しやすくなります。この開封後のサイレージ取り出し面に使用する資材として、「サイロ消防団」と「サイロ見張番」という商品を販売しています(表2)。

サイロ消防団は、プロピオン酸カルシウムを溶かした液状の商品です。プロピオン酸には酵母やカビに対する抗菌作用があるので、バンカーやスタックサイロの取り出し面1㎡あたりサイロ消防団を200mlの割合で噴霧することで、二次発酵の進行を遅らせる効果があります。バンカーサイロのトウモロコシサイレージにサイロ消防団を処理して、3日後の酵母菌数を調査したところ、無処理に比べて菌数は1/30でした(図5)。また、スタックサイロのチモシーサイレージでも調査したところ、処理から2日後に写真左側の無処理には中段に白いカビが点在していましたが、右側のサイロ消防団処理にはカビは発生していませんでした(写真3)。

サイロ見張番は、カラシ油の香気成分(アリルイソチオシアネート)の抗菌作用を活用した商品です。中にカラシ油成分を浸み込ませたビーズが入っ

表2 二次発酵抑制資材の使い方

商品名	使用場面(適応サイロ)	使用方法
サイロ消防団	バンカー、スタック、トレンチタイプ	サイレージ取り出し面に200ml/㎡の割合で噴霧。
サイロ見張番	塔型、地下、半地下タイプ ミキシング後のTMR	サイレージ取り出し面に2個/㎡の割合でのせて、上にシートをかける。



た分包になっていて、この分包から放出されるカラス油ガスによって、酵母・カビの増殖を抑制し、二次発酵を遅らせることができます。サイレージ取り出し面1㎡あたりサイロ見張番を2個の割合で配置し、ガスを充満させるためにシートをかけます。塔型、地下、半地下タイプのサイロで使いやすい商品になります。

タワーサイロのトウモロコシサイレージ（試験期間8～9月）で効果を検討してみました。サイレージ取り出し直後の取り出し面が、1日空気にさらされることで二次発酵が進み、無処理区はpH3.7からpH4.4まで上昇して明らかに変敗していますが、サイロ見張番処理によってpHの上昇が抑えられ、変敗が抑制されていました（図6）。このサイロ見張

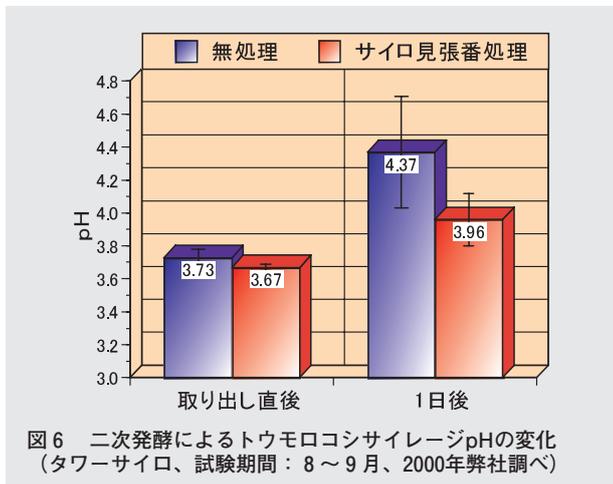


写真3 スタックサイロでの試験の様子 (2002年弊社調べ)
 番の特徴を利用して、TMR飼料の発熱抑制を検討しました。TMR飼料はミキサーにより混合するので、空気が入り込んで発熱しやすくなりますが、サイロ見張番を処理することで、発熱が抑制されます（図7）。実際にTMRセンターから農家に供給するTMR飼料にサイロ見張番を処理して、給与するまでの変敗を抑えている事例もあります（写真4）。

今回ご紹介した内容は、手間やコストがかかるものもあるので、言うほど簡単ではありませんが、サイレージの二次発酵にお困りの方のヒントになれば幸いです。

参考文献

- 1) 大越安吾、牧草と園芸、第55巻3号、2007年
- 2) 北海道立総合研究機構 農業研究本部 平成23年度試験研究成果
- 3) 山形県畜産試験場研究報告、P170、1983年

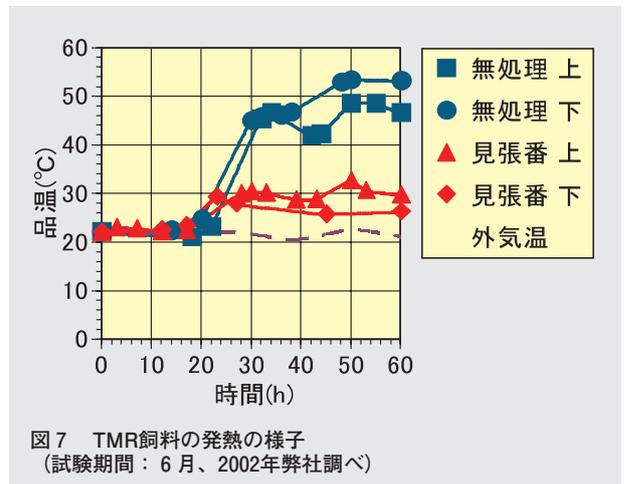


写真4 TMRセンターから配送されたTMR飼料へのサイロ見張番使用事例