

サイレージ調製の基本

酪農学園大学 野 英二・安宅 一夫

はじめに

最近の酪農情勢は厳しく、特に牛乳の生産過剰・乳価の問題が最大の焦点となっている。この状況下におかれている酪農経営を健全なものにするためには、乳牛個々体の効率的な生産性の向上が一層望まれる。そのためには、まず適切な飼料給与が必要となり、とりわけ粗飼料基盤の充実が強調される。

牧草等の粗飼料の貯蔵形態は乾草とサイレージが中心をなしている。サイレージ調製は乾草調製に比較して多くの有為性が認められているが、あやまった調製を行なうとサイレージは劣化し、莫大な栄養分の損失を引きおこす。そこで、ここにおいてサイレージ調製の基本について記述する。

1 サイレージ発酵のしくみ

1) サイレージとは

牧草や飼料作物など高水分の飼料は、そのまま放置すれば微生物の作用により変敗する。この変敗つまり有害微生物の増殖を阻止する一方法としてサイレージがある。

サイレージは、適当な水分を含んだ状態で密封することによって、酸素の供給を遮断して発酵(嫌氣的発酵)させたものである。この発酵はサイレージ発酵といい乳酸発酵が主流をなすもので、乳酸菌が材料の糖を利用して乳酸を生成することにより貯蔵性を高め貯蔵中の養分の損耗をできるだけ抑えることがねらいである。

2) サイレージの発酵過程

サイレージができるまでの変化は次のようになる。

第1期(詰込み後2~3日)

サイロ内に詰め込まれた材料はサイロ内に残存する空気中の酸素を利用して細胞呼吸が持続され、そのため温度が一時上昇する。この現象は青刈材料を野積みした時に起こるものと同じであり、材料の糖分はこれにより消耗する。この時期は、材料の養分損失や第2期以降の発酵過程に影響するため、できるだけ短い方がよい。

第2期(詰込み後4~10日目まで)

第1期で酸素が消費され嫌気状態になる。乳酸菌が急激に増殖して乳酸が生成され、pHが低下する。またサイロ内温度が下降しはじめる。

第3期(詰込み後15~20日)

乳酸生成量は多くなり新鮮物に対し1~2%に達し、pHが4.2以下に低下する。これにより不良菌は抑圧され、サイロ内の諸変化は落ちつき安定する。

第4期(詰込み後30~60日)

サイレージの調製条件が良好であれば、安定した状態が維持される。しかし、悪条件下では酪酸菌などの不良菌により乳酸が酢酸、酪酸に移行する。また蛋白分解もおこりアンモニア含量が高くなる。このようになると養分損失が著しく、飼料価値が低下し、また極端な場合は腐敗臭を呈してくる。

第5期(開封後)

この期はサイレージの利用期であり、サイロ開封後いわゆる二次発酵が生じることもある。これは良いサイレージを調製しても変敗するため、注意を払う必要がある。

2 サイレージ発酵に影響する要因

1) 微生物の働き

サイレージは微生物の働きによる発酵によってできる。これに関与する微生物は、乳酸菌、酪酸菌、酵母、糸状菌(カビ)、好気性細菌などである。中でも乳酸菌はもっとも重要な役割を果たしている。乳酸菌は材料中の糖類に作用して急速に増殖し、多量の乳酸を生成する(乳酸発酵)。この乳酸発酵がサイレージ調製の基本であり、不良菌を抑制し貯蔵性を高めるのである。一方、酪酸菌は糖や乳酸を酪酸に変化させるばかりでなく、蛋白質を分解してアンモニアやアミンなどを生成し、悪臭、栄養価の低下、また牛の生理に悪影響をおよぼす原因となる。

酵母やカビは二次発酵の原因となる。

2) 材料の化学組成

材料の成分のうちサイレージ発酵に一番関与するものは糖分である。これは微生物の生育に不可欠なものである。糖分が十分存在すれば乳酸菌は速やかに活動し、乳酸発酵を促進するため良質なサイレージが得られやすい。トウモロコシは糖含量が多いため良質なサイレージを調製しやすいが、牧草は一般に糖含量が低いので、細心の注意を払う必要がある。

また、材料中にある程度の硝酸塩が存在すると、サイレージの発酵品質は良くなるケースもあるが、有害なガスが発生したり、硝酸塩が消失しない場合、牛の事故にもつながるためあまり好ましくない。

3) 材料の水分含量

材料の水分含量が高いと不良発酵(酪酸発酵)する危険率が高まるが、予乾することで酪酸発酵を抑えることができる。

4) 材料の細切・踏圧

細切や踏圧は、詰込み当初の汁液の浸出をもたらす発酵を促進すること、また埋蔵密度を高め嫌気性を保つことになる。

5) 空気

サイレージ発酵は嫌気的条件下で行なわれるため、空気の侵入を絶対に阻止しなければならない。そのため、詰込みが完了したならば速やかにサイロ

表1 サイレージを左右する諸要因

(大山を一部修正)

密封	水分	糖	温度	サイレージ品質
良好	低	—	—	○
	高	多	—	○
		中	低	○
		少	—	×
不良	低	—	—	×
	高	多	—	○
		中	—	×
		少	—	×

注 —:影響しない, ○:良好, ×:不良

を密封する必要がある、これがサイレージ調製の基本である。

6) 温度

不良菌である酪酸菌の生育温度は30~40℃であり、乳酸菌の生育最適温度(30℃前後)よりやや高めである。したがって、酪酸発酵を抑えるためには低温の方がよい。

以上、サイレージ発酵に影響する主な要因を記したが、そのうち主なものの相互関係は表1のとおりである。

3 牧草サイレージの調製法

牧草の収穫期が天候に恵まれない地域では、サイレージに調製する依存度が高い。しかし、一般的に牧草はトウモロコシに比較して糖含量が低く、かつ蛋白質含量が高いため、サイレージの材料としては好ましくない面がある。そのため、牧草サイレージの品質は不安定になりやすい。劣質なサイレージは生産性を低くするばかりでなく、牛の生理障害にも起因する。したがって、サイレージの調製原則を守って良質な牧草サイレージを調製する必要がある。その原則は、良質材料の使用(材料草の適期刈り)、水分の調節、材料の切断、サイロの密封である。

1) 良質材料の使用(材料草の適期刈り)

良質なサイレージは良質な材料草から作られる。サイレージ調製は、材料の飼料価値をいかに維持し貯蔵性を高めるかであり、飼料価値を向上させるものではない。そのため飼料価値は材料草によって上限が決まるもので、良質な材料草を用いる必要がある。したがって、適期に刈り、枯葉・土砂・

表2 刈取時期別サイレージの品質、採食量と収量

(高野・山下, 1970)

収穫月日 生育段階	サイレージ水分	発酵品質		栄養価			摂取量		10a 当たり サイレージ TDN 生産量
		pH	フリーク 評点	乾物消化 率	DCP	TDN	乾物	TDN	
6月7日 穂ばらみ～ 出穂始期	84.0	4.47	65	71.0	11.8	74.3	8.5 (100)	6.3 (100)	145.5 (100)
6月21日 出穂始期	73.8	3.99	80	58.6	7.8	66.6	9.3 (109)	6.2 (98)	215.7 (148)
7月5日 開花後期	72.3	3.92	95	53.4	4.6	55.6	8.2 (96)	4.5 (71)	186.2 (128)
7月19日 糊熟期	75.9	5.01	15	43.1	4.4	45.2	6.4 (75)	2.9 (46)	142.0 (98)

多量の雑草を含まないことが重要である。

牧草の収穫適期は、牧草の収量・再生力とサイレージの品質・嗜好性・栄養価によって決定される。表2はオーチャードグラス主体牧草を用いた場合の刈取時期別サイレージの品質、栄養価、摂取量、TDN 生産量を示したものである。発酵品質は穂ばらみ期から開花後期にかけて良好となるが、糊熟期では極めて低下する。栄養価および摂取量は、生育期が進むにつれ低くなる傾向にある。またサイレージ TDN 生産量は出穂始期がピークを示している。これらのことを総合的に判断すると、イネ科牧草の一番草は第1図に示すように出穂期前後が収穫適期となる。

また、赤クローバーは開花盛期、アルファルファは開花初期が収穫期である。

2) 水分の調節

収穫適期の牧草の水分含量は80%前後含んでおり、このまま調製すると良質なサイレージは得づらい。そのため水分の調節をする必要がある。水分の調節には、予乾、サイロからの排汁、水分吸収物の添加などの方法がある。

高水分サイレージ(水分76%以上)は多量の材料汁液が浸出し、不良菌が繁殖しやすくなるため

排汁を促進させることが必要である。排汁が効果的に行なわれない場合は、過剰な水分を吸着させるもの(フスマ、ビートパルプ、稲ワラ等)を添加するとよい。

中水分(水分65~75%)と低水分(水分64%以下)サイレージは、牧草を刈り取った後、反転などをして予乾し、水分の調節をする。低水分サイレージの場合は発酵を抑えることが目的であり、サイロ内を嫌気状態に保つことで品質を安定させるため、一般に気密サイロが必要となる。通常は70~65%を目標に軽予乾し、乳酸発酵を促進させる方法をとるとよい。予乾の方法は、天候、使用機械(モアー、ヘイコンディショナー、モアーコンディショナーなど)にもよるが、刈倒した後2回前後反転すればよく、前日の夕方~早朝に刈って午後からサイロ詰めを行なうとよい。

3) 材料の切断

原料の切断効果は、第一に汁液を浸出させ発酵を促進させること、第二に密度の向上による早期嫌気化である。表3に示すように、高水分サイレージの場合は、切断処理が必須の条件となる。一方、低水分サイレージは発酵自体を抑える貯蔵法のため、切断の効果は低い。しかし、品質の安定度、

表3 切断処理とサイレージ品質 八幡・名久井 (1970)

水分処理	切断処理	pH	乳酸① %	NH ₃ -N 比	蛋白質 DN%	DM回収率%	DM消化率%	TDN %
高水分 82.5%	切断	4.12	1.58 (78)	14.9 (100)	14.8	87.0	67.9	66.0
	無切断	4.80	0.52 (41)	26.3 (177)	15.3	79.5	62.6	56.1
中水分 68.1%	切断	4.50	1.05 (78)	9.1 (100)	11.2	85.9	64.9	62.1
	無切断	4.86	0.88 (70)	12.6 (138)	11.4	74.1	67.7	65.7
低水分 60.1%	切断	4.48	0.60 (77)	8.8 (100)	11.4	85.8	59.8	59.2
	無切断	4.66	0.90 (84)	7.5 (85)	10.9	87.1	58.7	57.9

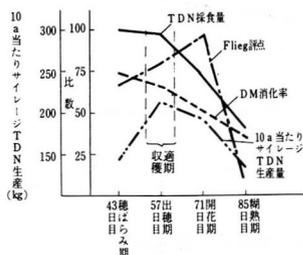


図1 サイレージの品質 総合評価 (高野)

表4 サイレージの品質に及ぼす密封遅延の影響 (現物中)

(安宅・菊地, 1978)

材 料	処 理	pH	乳 酸	酢 酸	酪 酸	総 酸	フリーク 評 点	NH ₃ -N
			%	%	%	%		
オーチャード	早期密封	4.15	1.45	0.28	0	1.73	100	34.3
	密封遅延	5.12	0.85	0.56	1.01	2.42	10	111.2
アルファルファ	早期密封	4.71	1.34	0.73	0	2.07	77	86.1
	密封遅延	5.85	0.12	1.07	1.09	2.28	-10	217.1

注 密封遅延は24時間サイロ開放

埋蔵密度の向上, サイロからの取り出し法などを考えると, 切断処理を行なうべきである。

4)サイロの密封

表4に示すように, 密封の遅延は品質を著しく低下させる。そのため, 詰込み作業はできるだけ短時間(日数をかけない)で行ない, 詰込み終了後直ちに密封を完全にする必要がある。また, 発酵過程に空気の侵入があると腐敗を呈するため, 気密性を保つ必要がある。

5)添加物の使用

以上の4項目がサイレージ調製の原則である。この条件を満たすことが出来ず良質サイレージを得られないと判断された時, 特に高水分材料で, しかも天候, 材料草, 調製法, サイロの不良な場合に使うべきである。

添加物には, 乳酸発酵促進と不良発酵抑制をねらいとするものがあり, 状況に応じて選択使用する。なお, 主な添加物として, 乳酸発酵を促進させるものは, フスマ, ビートパルプ, 糖蜜, 乳酸菌など, 不良発酵を抑制するものは, 蟻酸, プロピオン酸, ヘキサミン複合剤などがある。

4 トウモロコシサイレージの調製法

トウモロコシは糖含量が高いため, サイレージ材料として非常に適している。しかし, 発酵品質が良好でも十分な栄養価をもったものを生産されていないことがある。これは, 比較的サイレージに調製しやすいことから, 安易な気持で行なっているためと思われる。今後はトウモロコシの特性を十分理解し, より栄養価の高いサイレージを調製する必要がある。

トウモロコシサイレージ調製の要点は, 適期刈り, 切断・踏圧, サイロの密封である。

1)適期刈りおよび品種の選定

トウモロコシの収穫期は牧草サイレージの場合

と同様に, 栄養収量と発酵品質が良好な時期である。図2に示すように, TDN収量, 乳牛の採食量, 水分含量など総合的に判断すると, 収穫期は黄熟期がよい。また, トウモロコシの生命は子実であり, その含有率は黄熟期で十分な値を示している。黄熟期前は, 水分含量が高く, サイレージ発酵上好ましくなく, 栄養収量も低い。また, 過熟期では, 栄養収量の低下と同時に低水分になるため気密サイロが必要になる。

収穫期を黄熟期にするためには, まずその地域に適した品種を選定し, 栽培管理を適切にする必要がある。トウモロコシは生育の早晩により早生種, 中生種, 晩生種に大別され, その品種は表5に示したので参考にされたい。

2)材料の切断と踏圧

詰込みに際して材料を切断する必要がある。切断の意義は, 埋蔵密度を高め, 原料の汁液が浸出しやすく, 発酵が盛んになるためである。このよ

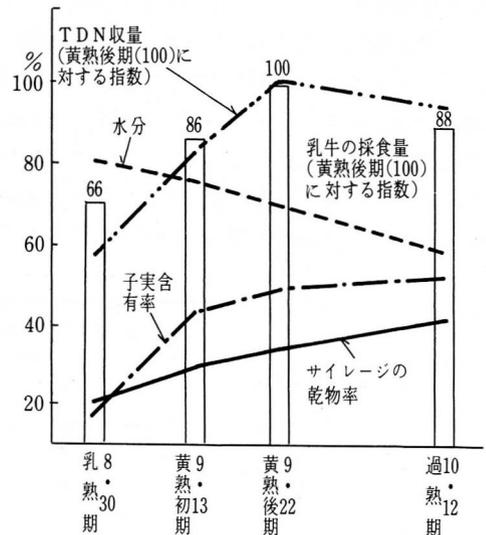


図2 刈取時期と収量, 採食量, 乾物率との関係 (名久井, 1976)

注 品種ヘイゲンワセ

表5 北海道で利用されているトウモロコシの品種特性

(櫛引, 1979)

早晩性	品種名	商品名	発芽と初期生育	倒伏	刈取時期の熟度	ススモン抵抗性	ゴマハガレ抵抗性
早生	ワセホマレ	ワセホマレ	最良	最強	極早	中	強
	ヘイゲンワセ	ヘイゲンワセ	良	強	早	弱	中
	C 535	バイオニア早中生種A	中	中	やや早	〃	強
	オーレリヤ	バイオニア早生種	やや不良	弱?	〃	〃	?
	P 131	バイオニア 〃	〃	中	やや早?	〃	?
J X 22	ニューデント75日	〃	やや弱	やや早	〃	中	
中生	ホクユウ	ホクユウ	最良	弱	中	中	中
	J X 844	ニューデント85日	中	やや弱	中	?	?
	W415	ウイスコンシン95日	〃	〃	中～晩	?	?
	J X 92	ニューデント95日	〃	〃	〃	やや弱	中
晩生	P 3853	バイオニア早中生種B	中	やや弱	中～晩	中	?
	P 3715	バイオニア中生種	〃	最強	晩	強	強
	W573	ウイスコンシン110日	やや不良	〃	〃	中	中
	J X 162	ニューデント110日	中	中	晩～極晩	強	強
	J X 188	ニューデント115日	やや不良	強	〃	〃	〃
	P 3575	バイオニア中晩生種	〃	〃	〃	弱	〃
極晩	P 3390	バイオニア晩生種	中	強	極晩	中	強

注 判定は早晩性ごととした

表6 原料の種類に合わせたサイレージのつくり方

(高野, 1977)

	イネ科牧草 (イタリアン, オ ーチャードなど)		ムギ類 (オオムギ, ビールム ギ, ライム ギなど)	トウモロコシ	ソルガム
	高水分サイ レージ	予乾サイ レージ			
収穫の適期	出 穂 期		出穂～乳熟	糊熟～黄熟	開花～乳熟
予乾の必要性	な し	な し	な し	な し	な し
切断の必要性	2～4 cm	どちらで もよい	2～3	1.5	1.5
添加物の必要性	夏収穫の必 要	な し	な し	な し	な し
サイロの早期密封	重 要		重 要	重 要	重 要
サイロの排汁	重 要	な し	必 要	必 要	必 要

うにサイレージの品質は材料を短かく切断するほどよくなるが、これを給与した場合、第4胃変異の発生などが懸念されるので、切断長は10～15 mmが適当である。ちなみに米国では12 mm程度が推奨されている。

また、踏圧を行なうことにより一層発酵が促進されると同時に、サイロ開封後の二次発酵の防止にも役立つ。

3)密封

牧草サイレージの場合と同様に、トウモロコシにおいても密封は原則であり、詰込み完了後直ちに密封する必要がある。

5 ま と め

以上、サイレージ調製の基本を記したが、材料の種類に合わせたサイレージの調製法をまとめると表6のとおりである。

最後に、サイレージの飼料価値は、材料の飼料価値とサイレージの品質(発酵の良否)との相互関係で規定されるものであることを認識していただきたい。