

れている繊維質成分やリグニンと消化率や栄養価との負の関係はこの試験でも各季節をこみにした場合は同様な結果が得られたが、季節別にみると必ずしも画一的な関係でないことがわかった。

3 サイレージの発酵品質と飼料価値を左右する要因

安宅 一夫 (酪農学園大学)

北海道の酪農経営において、サイレージは冬季舎飼期の貯蔵飼料として重要性が認識されているが、最近では、経営の集約化にともない、その通年利用も増加している。

そこで、本稿では、最近の研究成果を中心に、サイレージの発酵品質と飼料価値を左右する諸要因について述べたい。

1. サイレージの飼料価値

サイレージの飼料価値は次のように規定される。

サイレージの飼料価値 = 材料の飼料価値 × サイレージの発酵品質

すなわち、飼料価値の高いサイレージは、飼料価値の高い材料を用いて、高品質のサイレージを調製することによって得られる。材料の飼料価値を左右する要因は、草種・刈取時期および施肥などであり、これらはサイレージの発酵品質にも影響する。一方、サイレージの発酵品質を左右する要因は以下のように複雑である。

2. サイレージの発酵品質におよぼす基礎的的要因

サイレージができるまでの過程は、微生物学的要因、化学的要因および物理的要因が複雑にからみあっているが、基本的には、(1)密封、(2)水分含量、(3)糖(WSC)含量、(4)温度によ

って左右される。これらの相互関係は表1のようである。すなわち、基本的には密封が最も重要であり、密封が十分であれば、水分を70%以下に調節すると他の要因に関係なく、良質サイレージができる。これは低水分化による酪酸菌の抑圧を目的としたものであり、乳酸発酵に依存しない。つぎに高水分材料の場合、密封が十分であり、多量(新鮮物中2%以上)のWSCが存在すれば、温度に関係なく良質サイレージができる。しかし、WSC含量が中程度(1~2%)の場合、温度が低いときに限って良質サイレージができる。密封が不十分あるいは遅延する場合とか、密封が十分であっても材料水分が高く、WSC含

表1 サイレージの高品質化の条件

密封	水分	糖	温度	サイレージ品質	
早期密封, 十分	低	—	—	○	
	高	多	—	○	
		中	低	—	○
			高	—	×
密封遅延, 不十分	低	—	—	×	
	高	多	—	○	
		少	—	—	×

注) 一:影響しない,○:良好,×:不良
(大山, 1977)を一部修正

量が低い場合（1%以下）、良質サイレージをつくることは困難である。

3. サイレージの発酵品質と飼料価値を左右する実際的要因

実際に高品質で飼料価値の高いサイレージを調製するには、(1)良質材料の使用、(2)水分調節、(3)切断、(4)密封の4項目が重要であり、これをサイレージ調製の4原則という。

(1)良質材料の使用 サイレージの発酵品質と飼料価値におよぼす材料的要因は、前述のように草種・刈取時期および施肥などである。草種では、トウモロコシはWSC含量が高く、サイレージ原料として最も適しているが、オーチャードグラス・チモシーおよびマメ科草はWSC含量が低く、高水分では良質サイレージがつくりにくい。刈取時期は、材料の飼料価値を大きく左右するが、収量・サイレージの発酵品質および栄養価などから、牧草では出穂期、トウモロコシは黄熟期が適期と判定される（表2、表3）。また、高窒素施肥は蛋白質含量の増加とWSC含量の減少をもたらし、サイレージの発酵品質を低下させる。しかし、高硝酸塩はサイレージの発酵品質を改善する。

以上の材料的要因は、サイレージの発酵品質と飼料価値を左右するが、以下の調製要因は発酵品質に影響する。

(2)水分調節 乳酸発酵を促進して、酪酸発酵を抑制するためには、水分含量を65～70%に調節する必要がある。牧草は予乾を行い、トウモロコシは熟期を進めて黄熟期に収穫するとよい。これらの効果は表3、表4のようである。

表2 刈取り期別高水分牧草サイレージの品質、栄養価

刈取り	pH	乳酸 (%)	酪酸 (%)	サイレージ乾物消化率 (%)	乳牛のサイレージTDN採食(Kg)	草地TDN生産 (Kg/10a)
穂ばらみ期	4.5	1.52	0.14	7.3	6.3	14.6
出穂期	4.0	2.66	0.22	6.1	6.2	21.6
開花期	3.9	2.76	0.01	5.5	4.5	18.6
結実期	5.0	0.50	1.61	4.5	2.0	14.2

(高野・山下, 1972)

表3 大樹町で生産されたトウモロコシサイレージの品質と栄養価

	水分	例数	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)	評点	DCP (%)	TDN (%)
全平均	80	70	3.8	1.45	0.58	0	2.03	85	1.1	14.4
乳熟期	82	31	3.8	1.41	0.63	0	2.04	83	1.0	12.4
糊熟期	78	35	3.8	1.44	0.56	0	2.00	86	1.0	15.5
黄熟期	72	4	3.7	1.80	0.37	0	2.17	99	1.3	20.0

(安宅ら, 1976)

表4 切断処理とサイレージ品質

区分	原料水分	処理	pH	乳酸 (%)	アンモニアN比率 (%)	乾物消化率 (%)
高水分	85%	切断	4.1	1.58	15	68
		無切断	4.8	0.52	26	63
中水分	70	切断	4.5	1.05	9	65
		無切断	4.9	0.88	13	68
低水分	60	切断	4.5	0.68	9	60
		無切断	4.7	0.90	8	59

(名久井ら, 1974)

たように、密封はサイレージ調製の最優先項目である。また表5に示すように、密封が遅延すると、サイレージの発酵品質は確実に低下する。

表5 サイロの密封, 開放処理とサイレージの発酵品質

区分	pH	水分 (%)	有機酸組成 (FM%)							$\frac{VBN}{T-N} \times 100$ フリーク 評点
			総酸	乳酸	酢酸	酪酸	酸	吉草酸	カハ酸	
サイロ1 密封	4.16	85.4	2.576	1.989	0.591	0.022	0.002	0.005	8.58	75
サイロ2 開放	4.70	86.9	2.032	0.923	0.622	0.353	0.025	0.105	20.52	23

(高野ら, 1977)

表6 良質サイレージの評価基準

pH	乳酸	酢酸	酪酸	$\frac{NH_3-N}{T-N} \times 100$
4.2以下	1.5~2.5%	0.5~0.8%	0.1%以下	11%以下

表7 道内産サイレージの発酵品質

区分	pH	総酸 (%)	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	アンモニア態窒素 (mg %)	$\frac{NH_3-N}{T-N}$ (%)	水分 (%)
牧草サイレージ	4.5	1.43	0.81	0.30	0.32	65	9.2	72.0
トウモロコシサイレージ	3.8	1.74	1.33	0.41	0	21	5.9	78.0

(吉田, 1978)

(3)切断 高水分材料の場合、切断は密度を高め、すみやかに嫌気的条件をつくり、草汁をでやすくして、乳酸発酵を促進して品質を改善する。一方、低水分材料では、密封が完全であれば、切断は省略できる(表4)。

(4)密封 サイレージは嫌気的条件下で発酵を利用した製品であるから、先に述べ

表8 道内産牧草サイレージの発酵品質

サイレージ別	試料別	水分 (%)	pH	総酸 (ミリ当量) (%)	総酸中		粗蛋白質 (DM中) (%)	NH ₃ -N T-N (%)
					乳酸 (%)	VFA (%)		
粗蛋白質/DM15%以下 水分 74~85%	27	79.2	4.45	38.3	48.2	51.8	12.0	19.0
粗蛋白質/DM15%以上 水分 74~85%	17	80.1	4.65	41.2	48.0	52.0	17.2	17.2

(筋原, 1973)

表9 大型バンカーサイロ^{*}で調製されたサイレージの発酵品質

サイロNo.	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)	NH ₃ -N (mg %)	$\frac{\text{NH}_3\text{-N}}{\text{T-N}} \times 100$	評点
1	4.46	1.02	1.17	0.37	2.56	84.7	15.5	58
2	4.34	1.43	1.16	0.25	2.84	59.6	13.7	65
3	4.51	0.62	1.02	0.31	1.95	58.7	16.2	55
4	5.00	0.38	0.69	1.29	2.36	99.8	29.1	4
5	4.88	0.38	0.91	1.12	2.41	127.9	30.6	-2

* 上士幌大規模草地

(吉田・安宅ら, 1976)

4. サイレージの発酵品質の現状

良質サイレージの評価基準は表6のようであるが、一般農家で生産された牧草サイレージの品質は表7、表8のように劣質であることが指摘できる。すなわち、経営規模の拡大にともない、サイロも大型化し、密封が遅延している場合が多く、材料も一般に高水分である。たとえば、公共牧場での大型バンカーでのサイレージ調製は、1基の詰め込みに約10日間を要し、その間サイロは開放されている。したがって、そこで生産されるサイレージの発酵品質は表9のように極めて劣質であり、家畜飼養上問題がある。トウモロコシサイレージは、発酵品質において問題はないが、栄養価を高めるために適期刈を行なう必要がある(表3)。また、一部でトウモロコシサイレージの二次発酵が問題になってきたが、これも、サイレージ調製の基本を実行することにより阻止できよう。

5. サイレージの発酵品質と家畜飼養

一般に良質サイレージは1~2%の乳酸と0.5%程度の酢酸を含んでいる。また、劣質サイレージは、これ以外に酪酸・吉草酸およびカブロン酸を多量に含んでいる。したがって、サイ

表 10 牧草の調製方法と
ルーメン内VFA組成

	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸
自然乾草	86.5	9.5	3.4	0.6
人工乾草	83.6	12.5	3.5	0.5
ヘイキューブ	81.0	14.2	4.4	0.4
サイレージ	77.1	16.7	3.7	2.5

(単位：モル%) (安宅ら：1978)

レージの発酵品質の良否は、家畜の生産ならびに健康に大きな影響を与える。

一般にサイレージは他の利用形態に比較して、ルーメンVFAのプロピオン酸濃度を高める(表10)。また、この傾向は、良質のものほど顕著であり、さらに、トウモロコシサイレージは牧草サイレージよりプロピオン酸濃度が高い(表11)。一方、劣質サイレージはルーメン液の酪酸濃度を高める(表12)。し

たがって、良質サイレージは乳生産を高めるのに有効であるが、劣質サイレージは、乳生産の減少、下痢、ケトージス、乳房炎およびミネラルの利用性低下をもたらす。

表 11 牧草サイレージとトウモロコシ・サイレージ
給与時のルーメン内VFAと乳量・乳質

		牧草サイレージ		トウモロコシ・サイレージ	
		1番刈り	2番刈り	早刈り	遅刈り
VFA (モル%)	酢酸	52.7	60.4	52.2	54.4
	プロピオン酸	25.4	23.1	29.7	29.0
	酪酸	16.9	12.9	15.6	13.8
	イソ-吉草酸	2.7	2.0	0.9	1.2
	n-吉草酸	2.3	1.6	1.6	1.6
	乳量(g)	19.4	15.8	17.9	17.6
	乳脂肪(%)	3.70	3.60	3.62	3.60
	蛋白質(%)	3.17	3.16	3.46	3.34
	無脂固形分(%)	8.61	8.56	8.79	8.90

(和泉：1976から作成)

表 12 サイレージの品質とルーメン内VFA組成

サイレージ	サイレージ有機酸 (%)				評点	ルーメン内VFA (モル%)			
	乳酸	酢酸	酪酸	総酸		酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸
1	1.79	0.94	0	2.73	78	62.7	22.2	9.7	5.3
2	0.94	0.13	1.91	2.98	13	50.3	14.8	29.3	5.6
3	2.06	0.56	0.60	3.22	41	64.4	15.4	14.1	6.2
4	2.10	0.24	0.58	2.92	42	67.2	15.5	12.1	5.2

(安宅・檜崎：1976)

表 13 農家で生産されたサイレージの乳酸異性体の分布

	水分 (%)	pH	全乳酸 (%)	全乳酸中 (%)	
				L-乳酸	D-乳酸
トウモロコシ・サイレージ (34)	79	3.8	1.43	45	55
牧草・サイレージ (2)	75	4.2	1.67	44	56
蟻酸・サイレージ (7)	77	3.9	1.30	57	43
ヘイレージ (9)	64	4.4	1.35	54	46

(安宅ら：1978)

サイレージで生産される乳酸には、D型とL型の異性体が存在するが、D型の乳酸は家畜に代謝されにくい。表13に示すように、高水分サイレージには、D乳酸が多いが、低水分サイレージや蟻酸サイレージには、L乳酸が多い。

今後は、サイレージの発酵をコントロールして、家畜栄養上好ましいサイレージを調製することが望まれる。

4 道東酪農地域における乾草調製の実態とその品質・飼料価値

名久井 忠 (北農試畑作部)

1. はじめに

北海道の乾草生産量はおよそ102万t(1975)で牧草利用に占める割合は41.7%と最も多い。道東酪農地域について見ると、68万t余で全道の6.6%を占めている。こうして調製された乾草のうち、およそ4.7%が敷料あるいは廃棄に転用されており、乾草の調製利用上の改善点がまだ残されているように思われる。

そこで、乾草の調製からその品質・飼料価値まで、主として道東酪農地帯の実態について考えることにしたい。

2. 乾草調製ならびに利用上の各種条件

(1) 気象条件について

第1～3図に1971年から1978年までの6月における日照時間と3日連続無降雨日の出現回数を示した。日照時間を旬別に見ると、6月上旬は全道的に80時間前後で、無降雨連続日も0回の確率が少なく、2～3回の確率が高い。しかし、中旬になると、上旬に比べて日照時間がおよそ30%前後減少し、無降雨連続日も0回ないし1～2回の確率が相対的に高まり、下旬も中旬と同じ様な状態が続くことが示されている。以上のように、地域によって多少の変動が見られるものの、6月中・下旬は日照時間、無降雨連続日が少なくなることから、乾