

梱包サイレージの二次発酵に関する研究

—二次発酵要因と添加剤の効果について—

坂本 登** 辻 久郎**

Studies on Aerobic Deterioration of Baled Silage

Raising conditions and effect of additives
on aerobic deterioration.

Noboru SAKAMOTO and Hisao TSUJI

緒言

梱包サイレージは大規模畑作酪農における省力化技術として開発されたが、最近の家畜飼養の多頭化、高品質サイレージの大量調製、サイレージの通年給与という点から見ても有利な条件をそなえていることはこれまで報告^{7,8)}してきた。しかし、梱包サイレージは作業機械、取扱いの面から材料を適正水分まで予乾しなければならないことや梱包間隙の白カビ発生などの問題があるが、通年サイレージ給与にとまなう夏季開封による二次発酵が最も問題となる。

材料草がサイロに詰込まれ、サイレージとしての嫌気的な発酵が終り、一応安定状態にあるものが開封という操作または事故によって好気的条件下にさらされ、酵母、カビなどの働きによる発熱をとまなう品質の劣化（好気的変敗）を一般に二次発酵と呼んでいる。

サイレージの好気的変敗に関与する要因としては、これまでの研究^{5,6)}で気温、水分含量、サイレージ密度、pH、残存糖含量、揮発性脂肪酸その他の成分、微生物相などがあるとされている。しかも、これらの要因は互いに相関をもって変敗に関与している。このような変敗は微生物が養分を消費し、呼吸を行なうことによって起るものであるから、結果として物質の消耗、pHの上昇、温度の上昇などがその指標となる。

“微生物の働き→乾物の消耗”という考え方をすれば、サイレージとしての発酵もできるだけ抑えた方が養分の消耗も少なくなる。このような考え方で諸外国では種々の添加剤を加え、できるだけ発酵を抑えたサイレージ^{9,10)} (non-ferment silage) が研究されている。今後、このようなサイレージが実用化されれば、開封後の好気的変敗がより問題となるだろう。

サイレージの好気的変敗を防止または抑制する条件と

しては、好気的條件をさけるか、微生物の活動を抑えることであるので、実際には詰込密度を高くし、サイレージ取出しごとに密封する事、サイロの大きさと型式、変敗防止剤の使用などが考えられる。

変敗要因に関するこれまでの研究では、前に述べた要因のうち単独の因子に関するものが多い。著者らは、これまで梱包サイレージを用いて梱包密度、添加剤と変敗の関係を紹介してきたが、本研究では材料水分が40～50%の低水分梱包サイレージを夏季に開封した場合の主要要因と変敗の関係の総合的解析と各種添加剤の効果を検討した。

材料および方法

材料草は、1980年5月のイタリアンライグラスの2番草と7月のローズグラスの1番草である。いずれの草種もディスクモアで刈落とし、目標水分になるまでテッダーで反転予乾した。これを一定の梱包密度にヘイベーラで梱包した。サイロは塩化ビニール製のバッグサイロを用い、これに梱包の場合は2梱包、バラ詰の場合は2梱包相当分の重量の材料を、いずれも無脱気で詰込み、室内に放置した。

サイレージ調製時期、添加剤および添加方法は第1表のとおりである。添加剤は、蟻酸を現物当り0.3%、プロピオン酸ナトリウム0.3%、ホルマリン1%、蟻酸+ホルマリンを0.15+0.5%、2規定の塩酸3%を詰込時の梱包、開封時の梱包の表面から散布、詰込時のバラ材料に完全に添加した。いずれの草種も夏季開封による二次発酵を調査するため、イタリアンライグラスは8月11日（貯蔵期間80日）、ローズグラスは9月9日（貯蔵期間55日）に開封し、水分含量、サイレージpH、有機酸含量、発酵品質、カビ発生程度を調査し、その後の二次発酵によるサイレージ品温を約10日間にわたって調

* 昭和56年度日本畜産学会東海支部秋季研究発表会において講演

** 畜産部飼料研究室

査した。

サイレージ中の有機酸含量はガスクロマトグラフィーを用い、揮発性脂肪酸と乳酸を同時定量した。サイレージ品温、気温はサーミスタ自記温度計によって連続的に記録した。サイレージの発酵品質は分析した有機酸の構成比からフリーク法によって評価した。

サイレージは長期間好気的狀態におけば、二次発酵するが、その主な変化は表面的にはカビや酵母の活動による品温の上昇である。これまでの研究によると、その温度変化は、まず酵母の活動によるもの、次にカビの活動による温度上昇の2つの山が見られる。二次発酵の起りやすさの程度の指標は、多くの研究の大半は開封から品

Table 1. Experimental methods

Grasses and silage making	Italian ryegrass 2nd cut, pre-wilting Ensiled at May 23, 1980 and unloaded at Aug. 11, 80 days of ensilage
	Rhodesgrass 1st cut, pre-wilting Ensiled at Jul, 16 and unloaded at Sep. 9, 55 days of ensilage
Additives	A Control
	B Formic acid 3g/Kg grass f.m.
	C Sodium propionate 3g/Kg grass f.m.
	D Formalin (38% w/v HCHO) 10g/Kg grass f.m.
	E Formic acid + Formalin 1.5g + 5g/Kg grass f.m.
	F Hydrochloric acid (2N) 30g/Kg grass f.m.
Adding methods	I Sprinkled on the surface of bales at ensiling
	II Sprinkled on the surface of bales at unloading
	III Thorough mixing with non-baled materials at ensiling

Each grasses was ensiled in bag-silos (size: 115x200cm, thickness: 0.13-vinyl bag silo) and the air was not sucked from silo.

温が上昇し始めるまでの時間で示している。本研究で用いた低水分サイレージの場合、添加剤等の影響により、種々のパターンが見られた。すなわち、第1図に示すように、早くから品温が上昇し始めても、その後ゆっくり上昇するもの(パターン-C)や遅くから上昇し始めても、その後急上昇するもの(パターン-B)、さらには第1の山と第2の山の間が極端に短いものなどがある。しかし、どのパターンでも外気温曲線(図では直線で示してあるが)と品温曲線の間で囲まれる面積を酵母の活動による第1の山が終り、品温の上昇率がなくなった時点までについて見ると一定であった。したがって本研究では、サイレージ品温と外気温との差を1時間ごとに積算した値が500℃になった時点の開封からの時間で二次発酵の起りやすさの程度を表現することにした。

二次発酵要因に関する総合的解析は主成分分析によって、添加剤、添加方法および開封時の外気温の高低が二次発酵に与える効果は線型モデルを用いた重回帰分析によって解析した。

結果および考察

1. 材料およびサイレージの一般的形質

イタリアンライグラスとローズグラスのサイレージ詰込形態別の各形質の平均値と変動係数は第2表のとおりである。

イタリアンライグラスの材料水分は約40%であり、梱包密度、大きさを一定としたので、サイレージ材料の諸形質はバラツキが少ない、しかし、サイレージに関する形質は添加剤、添加方法の影響で梱包、バラ詰ともかなりバラツキが大きい。梱包サイレージはバラ詰に比較して密度が高いため乳酸含量が多く、pHが低い。したがって発酵品質が良く、カビ発生程度も少なかった。開封後の二次発酵は梱包サイレージの方がやや起りにくい傾向にある。

ローズグラスはイタリアンライグラスよりも材料水分含量が高く約60%であり、有機酸含量とくに揮発性脂肪酸(VFA)が多く発酵品質が悪かった。この傾向はとくにバラ詰サイレージに強い。ローズグラスは元来、可溶性炭水化合物が少なくサイレージ化しにくい作物である。二次発酵は密度の高い梱包サイレージよりも品質の

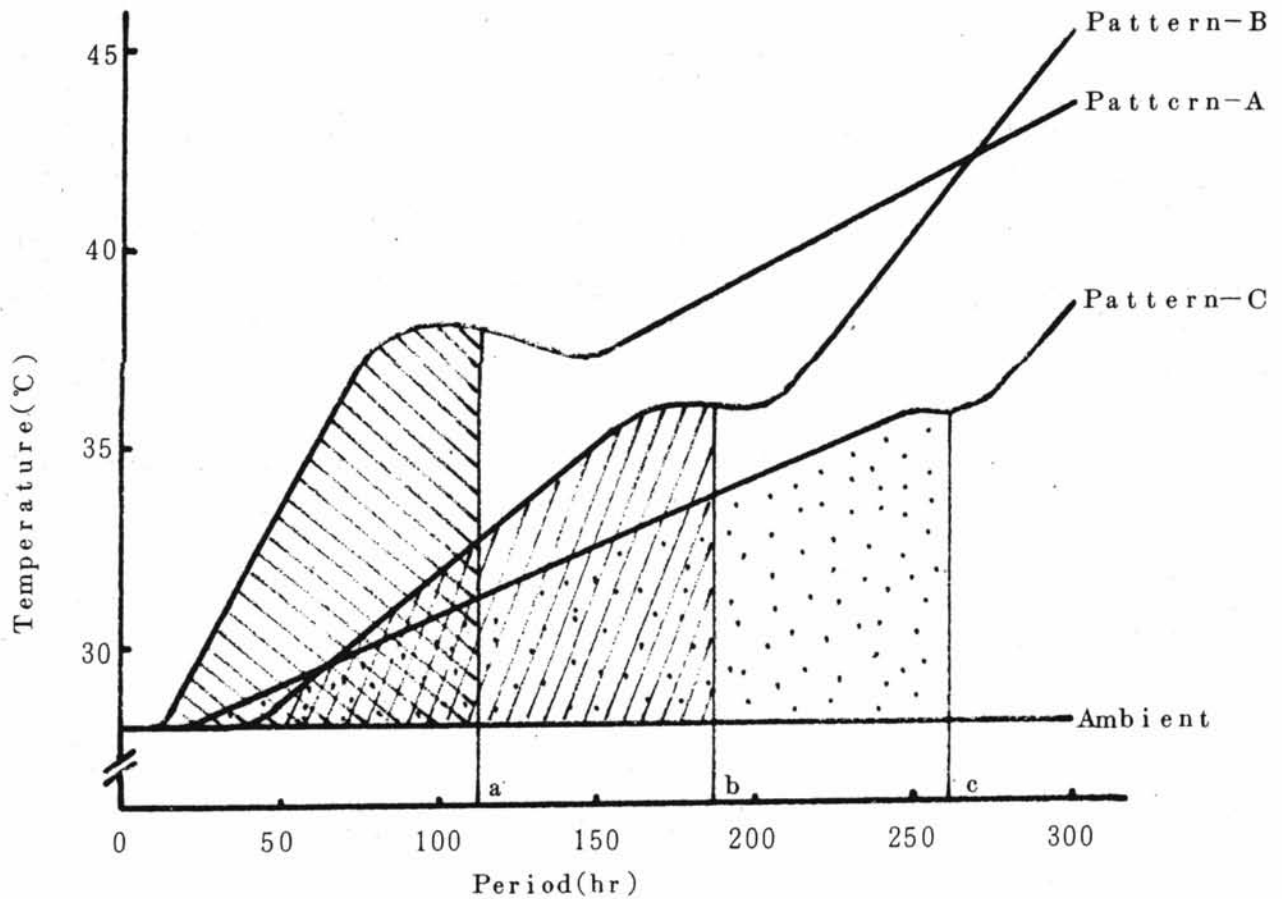


Fig. 1. Changing pattern of temperature with aerobic deterioration on baled silage.

Table 2. Traits of silage and its general statistics

Traits	Units	Italian ryegrass				Rhodesgrass			
		Baled		non-Baled		Baled		non-Baled	
		Mean	CV****	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV
Fresh density	Kg/m ³	238	8	-	-	256	23	-	-
Dry density	Kg/m ³	135	9	-	-	111	24	-	-
Bale weight	Kg	17.0	11	-	-	18.7	25	-	-
Bale volume	m ³	0.0709	7	-	-	0.0728	5	-	-
Moisture content	%	43.4	7	41.9	7	56.3	7	60.3	11
Silage pH		5.25	4	5.53	2	5.27	11	5.07	8
Total acid	mg/100g f.m.	628	81	290	48	1783	49	1081	37
Lactic	mg/100g f.m.	536	90	201	61	1160	68	575	33
Acetic + Propionic	mg/100g f.m.	69	76	61	55	546	42	419	50
Other VFA	mg/100g f.m.	23	29	28	30	77	14	87	31
Quality*		65	23	45	32	45	59	29	29
Molding**		1.0	113	1.7	73	1.2	59	1.8	61
Aerobic deterioration***	hr	72	23	67	22	93	38	123	38

* Evaluated by Flieg's appraisal method.

** Molding degree by the rank of 0-5 at unloading.

*** Hours after opening silo until $\sum_{i=1}^{hr} (T_i - t_i) = 500$. (T_i : Silage temp., t_i : Ambient temp.)

**** Coefficient of variation.

悪いバラ詰サイレージの方が起りにくかった。

2. サイレージの有機酸含量

イタリアンライグラスとローズグラスの添加剤、添加方法別のpH、各有機酸含量、発酵品質は第3表のとおりである。

水分含量の多いローズグラスはイタリアンライグラスよりも有機酸含量、とくにVFA含量が多いので発酵品質は悪かった。

無添加の場合、一般的に添加剤を用いたものより発酵が促進され有機酸含量が多かったが、イタリアンライグ

ラスの梱包については逆に少なかった。蟻酸、ホルマリンを添加した場合、かなり発酵が抑制され有機酸含量が少なくpHが高い。プロピオン酸ソーダ添加の場合、梱包サイレージではとくに乳酸発酵が促進され、発酵品質が高かった。塩酸添加では、梱包サイレージはよく発酵するが、バラ詰サイレージではやや発酵が抑制される。

以上のことから、蟻酸やホルマリンはサイレージの発酵を抑制し、プロピオン酸ソーダは発酵とくに乳酸発酵を促進するものと考えられる。

Table 3. Chemical composition of silages

Treatments	Moisture	pH	Organic acids** (mg/100g f.m.)								Lactic	Total	Quality***	
			C ₂	C ₃	i-C ₄	C ₄	i-C ₅	C ₅	i-C ₆	C ₆				
Italian ryegrass														
I	A	40.4	5.6	53	4	8	0	6	6	5	0	242	324	56
	B	41.3	5.4	30	4	7	0	4	6	tr	0	203	254	60
	C	43.0	5.0	63	60	16	0	3	tr	0	0	1414	1556	100
	D	41.5	5.4	25	3	9	0	5	tr	0	0	165	207	60
	E	43.0	5.4	46	10	15	1	4	3	2	2	638	721	70
	F	44.7	5.0	75	11	21	0	4	tr	3	4	1514	1632	80
III	A	44.4	5.7	56	14	26	0	4	tr	tr	0	401	501	65
	B	41.1	5.4	39	13	14	0	4	2	tr	0	246	318	59
	C	39.7	5.4	29	94	6	tr	6	8	tr	0	219	362	41
	D	39.5	5.6	37	20	26	2	5	7	1	0	196	294	46
	E	47.0	5.5	14	12	21	0	3	tr	0	0	64	114	32
	F	39.8	5.6	22	18	36	0	5	3	tr	0	82	156	28
Rhodesgrass														
I	A	58.5	4.6	595	40	61	2	5	2	tr	0	2344	3051	77
	B	57.9	5.2	917	43	64	7	6	6	tr	tr	949	1992	26
	C	60.3	4.8	357	104	51	3	5	6	tr	tr	1897	2423	78
	D	48.9	6.2	288	32	48	2	5	13	0	0	310	698	19
	E	56.6	5.2	388	40	68	9	5	12	tr	0	725	1247	35
	F	55.7	5.6	420	50	69	3	3	4	tr	0	738	1287	32
III	A	69.1	5.2	661	110	125	9	5	tr	0	0	775	1685	19
	B	65.2	4.8	512	47	65	9	7	3	tr	0	701	1344	27
	C	53.2	5.2	252	135	45	3	7	20	0	0	725	1187	37
	D	53.2	5.4	248	35	51	1	6	7	0	0	341	689	24
	E	60.7	5.4	238	23	55	6	6	12	5	5	365	715	26
	F	60.5	4.4	225	28	52	3	5	7	2	tr	544	866	41

* I; Baled, III; non-Baled, A; Control, B; Formic acid, C; Sodium propionate, D; Formalin, E; Formic acid + Formalin, F; Hydrochloric acid.

** Organic acid was analyzed by gas chromatography. C₂; Acetic, C₃; Propionic, C₄; Butyric, C₅; Valeric, C₆; Caproic, i-; iso.

*** Evaluation by Fleig's appraisal method.

3. サイレージ主要形質間の相関

サイレージの二次発酵に関係すると考えられる主要形質相互の相関係数は第4表のとおりである。

材料水分が高いほど総酸含量が多くなり、とくにVFA含量が増加する。サイレージの二次発酵は高水分で総酸が多く、pHの低いものが、とくにVFA含量が多いほど起りにくい。したがって、二次発酵防止剤として効果のあるものの大半はVFAである理由はここにあるものと思われる。

4. 二次発酵要因に関する統計学的解析

サイレージ水分含量(X₁)、pH(X₂)、VFA含量(X₃)、総有機酸含量(X₄)、二次発酵の起りやすさ(X₅)の5形質について主成分分析(PCA)を行った

結果は第5表のとおりである。

互いに相関のある5形質(X₁, X₂, X₃, X₄, X₅)を互いに無相関の新しい5成分(Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅)に変換し、しかも第1主成分の方に情報を要約した結果、5形質のもっている情報の84%を第1主成分(Z₁)と第2主成分(Z₂)で表現することができた。各形質の主成分に対する因子負荷量から推察して、第1主成分は水分含量の多い、総酸やVFAの多い、変敗しやすい因子であり、第4表から見ても二次発酵の起りやすさの因子(+ : 二次発酵起りにくい, - : 二次発酵起りやすい)であることがわかる。第2主成分はpHが高く、VFA含量の多いものほど大きくなる因子、すなわちサイレージの発酵品質を表す因子(+ : 劣質サイ

Table 4. Linear correlation coefficients among main traits
(n=31)

Traits		Correlation coefficients			
		X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Moisture content	X ₁	-0.333	0.900**	0.664**	0.662**
Silage pH	X ₂		-0.031	-0.438**	-0.432*
VFA	X ₃			0.590**	0.603**
Total acid	X ₄				0.555**
Aerobic deterioration	X ₅				

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level

Table 5. Eigenvalue and factor loading on principal component analysis

Original variables		Factor loading of principal component					Cumulative contribution of Z ₁ and Z ₂ to original variables (%)
		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	
Moisture content	X ₁	0.5191	0.2157	0.0545	0.5023	0.6547	90.5
Silage pH	X ₂	-0.2802	0.8189	0.0081	-0.4195	0.2736	94.5
VFA	X ₃	0.4717	0.4976	0.0494	0.2024	-0.6974	96.5
Total acid	X ₄	0.4651	-0.1670	0.6472	-0.5758	0.0742	71.7
Aerobic deterioration	X ₅	0.4617	-0.0858	-0.7587	-0.4463	0.0768	68.6
Eigenvalue		3.181	1.037	0.445	0.291	0.046	
Contribution ratio		0.636	0.207	0.089	0.058	0.009	(Mean)
Cumulative contribution(%)		63.6	84.3	93.2	99.0	100.0	84.3

レーズ、一：良質サイレーズ)である。第1主成分と第2主成分で5形質のもっている情報を表現した場合、とくに水分含量、pH、VFA含量の情報が反映される。

各形質をZ₁—Z₂座標面に落して見ると、第2図のようになる。すなわち、第1象限は発酵品質が悪く二次発酵しにくいサイレーズ、第2象限は発酵品質が悪く二次発酵しやすいサイレーズ、第3象限は発酵品質が良く二次発酵しやすいサイレーズ、第4象限は発酵品質が良く二次発酵しにくいサイレーズをあらわしている。

このように意味づけしたZ₁—Z₂座標面に各処理されたサイレーズを散布させると第3図のようになる。したがって、イタリアンライグラスは品質は良いが二次発酵しやすく、ローズグラスは品質が悪いが二次発酵しにくい材料であることがわかる。またバラ詰すると、イタリ

アンライグラスは二次発酵については変化はないが、品質が悪くなり、ローズグラスでは発酵品質が悪くなり二次発酵しにくい傾向にある。

5. 添加剤と添加方法および開封時の外気温の二次発酵に対する効果

各処理が二次発酵に与える効果を線型モデルを用いた重回帰分析によって推定した結果は第4図のようである。

添加剤の効果は、本研究のように低水分サイレーズを真夏に開封した場合、無添加のものよりも二次発酵を抑える効果のあるものはなかったが、添加剤の中では蟻酸や蟻酸とホルマリンの混合液添加は二次発酵が抑制された。

添加方法については、イタリアンライグラスでは梱包詰込時添加、梱包開封時添加、バラ詰込時添加の順に二

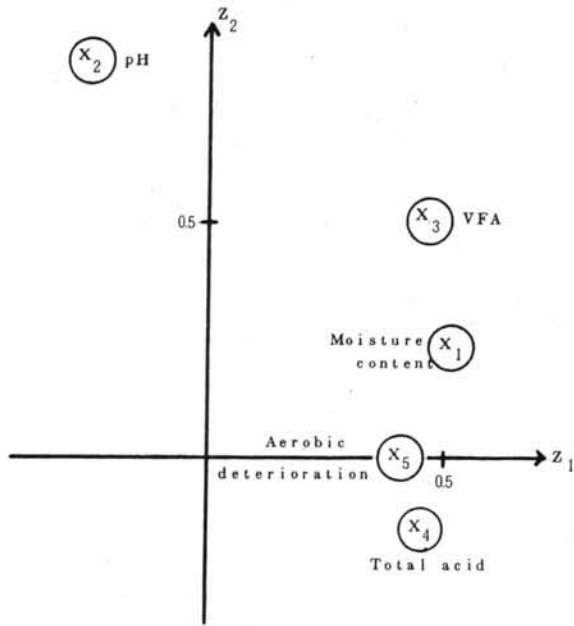


Fig. 2 Classification by factor loading of the traits on Z_1 and Z_2 .

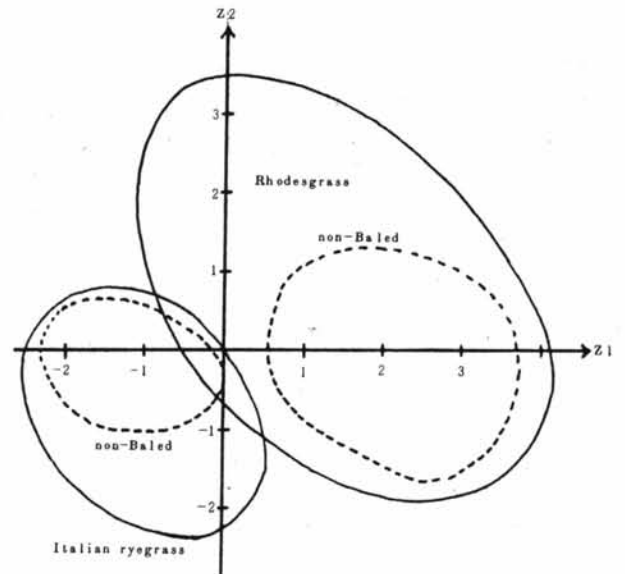


Fig. 3 Score distribution of each silages on a Z_1 - Z_2 plane.

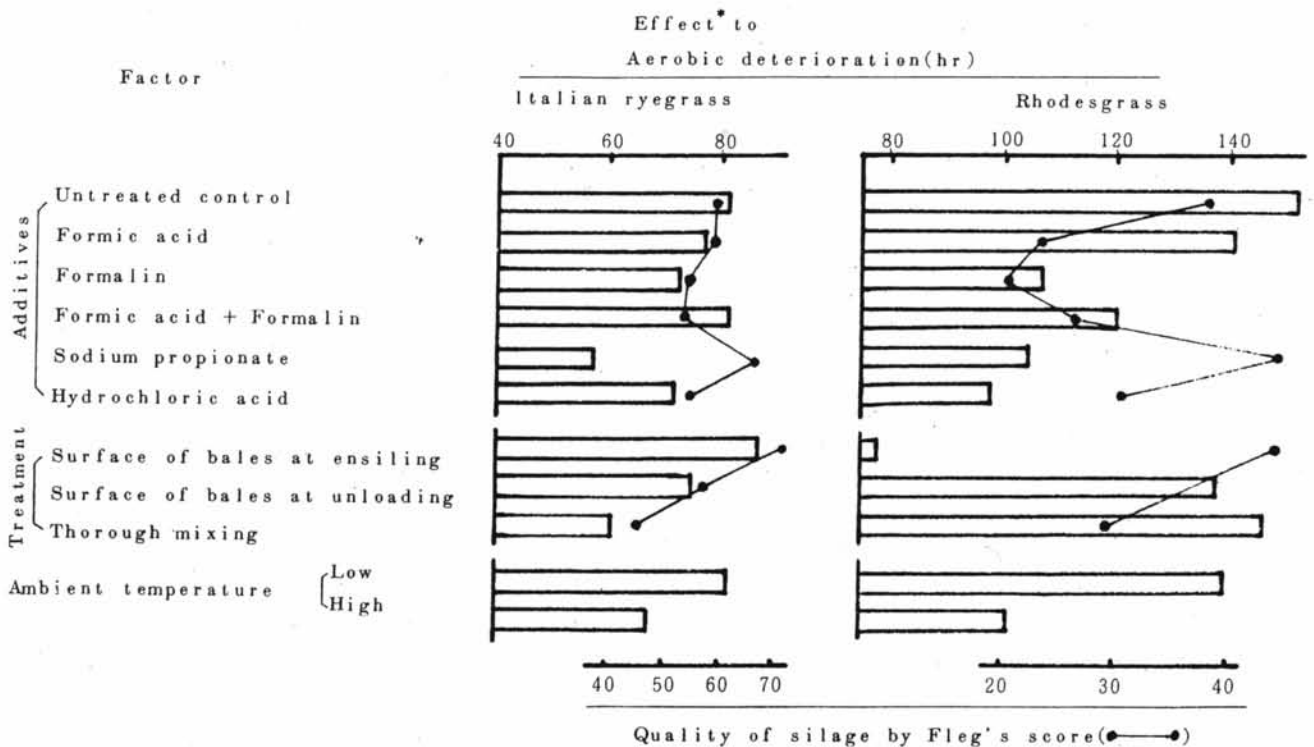


Fig. 4 Effect of each treatments to aerobic deterioration.

* was calculated numerically by multiple regression analysis on linear model.

次発酵を抑える効果があり、ローズグラスはその逆であった。また当然、高温時に開封した方が二次発酵が起りやすかった。

大山ら³⁾は埋蔵日数が短かく、pHの高いサイレージが気温の高い条件におかれると好気的変敗しやすいとしているが、本研究に用いたサイレージは梱包という形態であるが、まったくこの条件に一致するもので、変敗しやすいサイレージであった。二次発酵を防止するため添加剤として、これまでの研究^{3, 4)}で効果があるとされる蟻酸、プロピオン酸、ホルマリン、蟻酸+ホルマリン、塩酸を用いたが、その他に酪酸やカプロン酸¹⁾添加も効果があるとされる。蟻酸やプロピオン酸は、これまでサイレージの発酵改善のための添加剤として使用されており、とくにプロピオン酸は詰込時のpHを下げて乳酸発酵を促進し、品質が高くなった。詰込時にプロピオン酸ソーダを添加した場合、このような理由で発酵品質が高くなり、二次発酵しやすかったが、開封時にはプロピオン酸として添加量の20~30%しかなく、とくに梱包サイレージでは表面に散布しているの、梱包の中心部では表面の $\frac{1}{3}$ 程度のプロピオン酸しかなく、プロピオン酸そのものがカビや酵母の活動を抑えるに致らなかったものと思われる。本研究における添加量の3倍程度のプロピオン酸を添加(1%)した場合、効果があったとしている報告³⁾もある。

イギリスなどではサイレージの発酵による乾物や栄養の消耗を少なくするため、non-ferment silageに関する研究^{2, 9, 10)}が多くなされている、このようなサイレージを調製するための添加剤として、ホルマリン、パラホルムアルデヒド、蟻酸、アクリル酸などを使用しているが、McDonald²⁾は蟻酸や蟻酸+ホルムアルデヒド添加によってサイレージ発酵を抑制されたサイレージは開封後の好気的変敗が起りやすいと報告している。本研究でもホルマリン添加サイレージは発酵による有機酸の生成が少なく、かなりサイレージ発酵が抑制されていた。したがって、このようなサイレージは開封後の二次発酵が起りやすかった。

Wilsonら⁹⁾は材料現物当りホルムアルデヒドを0.1%添加した場合、その時点で添加量の60%しか実際には添加されておらず、40日後には添加量の6.5%が残留しているにすぎないとしている。したがって、本研究では現物当りホルマリンとして0.3%添加しているの、ホルムアルデヒドとしては0.1%程度であり、詰込から80日たった開封時にはホルマリンとして0.02%程度しか残留していないことになる。この程度のホルマリン量では酵母やカビの活動を抑制することができなかつたものと考えられる。開封後に梱包表面からホルマリンを添加

した場合、二次発酵抑制効果が見られたが、実際には均一に添加することが難しく、添加効率も低い。カプロン酸+塩酸を添加して二次発酵を防止する場合でも、大山ら⁴⁾は開封時に添加する方が効果があると報告している。しかし、開封後に添加することは均一に添加することが実験室でできてはいても実際には不可能であり、梱包サイレージではなおさらである。

サイレージの開封後の二次発酵を防止することは、とくに詰込時添加の場合、良質のサイレージを調製することと相反することとなり、また開封前の嫌気的状態から開封後の好気的状態に変化してもサイレージに何の変化もないようにしようというところに二次発酵防止の難しさがある。しかも酵母やカビの活動を抑制する効果のある、飼料添加物として安全なもの大半は劣質サイレージ中に見られるVFAである。その他のホルマリンや蟻酸なども広い意味での良質サイレージ調製のための添加剤である。

したがって、サイレージの二次発酵防止剤としては、詰込時に添加することを前提として、サイレージ調製に悪影響を与えず、貯蔵中の変化、損耗が少なく開封時にも酵母やカビの活動を抑制するだけの量が残り、家畜にそのサイレージを給与しても障害のないものが望ましい。

摘 要

イタリアンライグラスとローズグラスをロータリーモアで刈落し、目標水分になるまで予乾し、ヘイベラによる梱包とバラで収穫した。

各作物は無添加と蟻酸、プロピオン酸ソーダ、ホルマリン、蟻酸+ホルマリン、塩酸を添加後バグサイロに無脱気で詰込み、室内に放置した。添加量は現物当り蟻酸は0.3%、プロピオン酸ソーダは0.3%、ホルマリンは1%、蟻酸+ホルマリンは0.15+0.5%、2規定の塩酸は3%である。これらのサイレージについて、諸品質と二次発酵を調査し、次のような結果を得た。

1. 水分含量が少なく、総酸が少なくpHの高い、VFA含量の少ないサイレージほど二次発酵が起りやすかった。
2. 蟻酸やホルマリンはサイレージ発酵を抑制し、開封後の二次発酵を起りやすくした。
3. プロピオン酸ソーダや塩酸は乳酸発酵を促進してサイレージ品質を高め、その結果二次発酵が起りやすかった。
4. 開封時にホルマリンを添加した場合、二次発酵抑制効果がある。

参考引用文献

- 1) 原慎一郎・大山嘉信(1979) : とうもろこしサイレージの好気的変敗に関与する酵母および糸状菌—カプロン酸および塩酸添加による変敗防止効果との関連—。日畜会報 50 (6), 375—385.
- 2) McDONALD, P. (1976) : Trends in silage making. *Microbiology in Agriculture, Fishers and Food*, 109-123. *Academi*
- 3) 大山嘉信・柁木茂彦(1971) : サイロ開封後のサイレージの変敗, 第1報. 日草誌 17(3), 176—183.
- 4) 大山嘉信・原慎一郎(1979) : とうもろこしサイレージの開封後の好気的変敗防止のための2種類の添加剤の効果. 日畜会報 50(3), 182—188.
- 5) 大山嘉信(1981) : サイレージの好気的変敗とその防止対策(1). 畜研 35(8), 997—1002.
- 6) : (2). 畜研 35(9), 1118—1120
- 7) 坂本登・辻久郎(1977) : 梱包サイレージの密度に関する研究, 第1報. 三重農技センター研究報告 6, 79—84.
- 8) : 第2報. 三重農技センター研究報告 8, 91—96
- 9) WILSON, R. F. and WILKINS, R. J. (1978) : Paraformaldehyde as silage additive. *J. agric. Sci., Camb.*, 91, 23—29.
- 10) WILSON, R. F., WOOLFORD, M. K., COOK R. E. and WILKINSON, J. M. (1979) : Acrylic acid and sodium acrylate as additives for silage. *J. agric. Sci., Camb.* 92, 409—415

Summary

Italian ryegrass and Rhodesgrass were cut with a rotary mower and harvested with a hay-baler after pre-wilting during 1980 on the dates shown in Table 1. Each baled and non-baled materials were ensiled in vinyl bag silos without additive or after the addition of formic acid and sodium propionate at 0.3%, formalin at 1%, formic acid + formalin at 0.15+0.5% and hydrochloric acid(2N) at 3% of fresh matter weight and stored at room temperature. The air was not sucked from silos.

The results of investigating some traits of silage and aerobic deterioration were summarized as follows:

1. The lower moisture contents, total organic acids and volatile fatty acids and the higher pH of silages, the higher quality of silages were resulted. These silages were susceptible to rapid deterioration after opening silos.
2. Both formic acid and formalin were effective in restricting fermentation and were particularly liable to deteriorate rapidly on exposure to air.
3. Sodium propionate was effective in hastening lactic fermentation and suffered aerobic deterioration.
4. It was effective on aerobic deterioration when formalin was added at the time of opening but not at the time of ensiling.