

好气的変敗の程度が異なる とうもろこしサイレージの飼料価値

松岡 栄*・板垣 隆*・浜田 美紀*
高橋 潤一*・藤田 裕*

(受理: 1983年3月25日)

Nutritive Value of Corn Silage at Different Stages of Aerobic Deterioration

Sakae MATSUOKA, Takashi ITAGAKI, Miki HAMADA
Junichi TAKAHASHI and Hiroshi FUJITA

摘 要

とうもろこしサイレージの飼料価値が好气的変敗によりどの程度低下するかを検討するために、サイロから取り出したサイレージを9, 10, 11日間屋外に堆積放置し、その飼料価値を取り出し直後のもの(対照)と比較した。消化試験、窒素出納試験はメン羊4頭を用いて実施した。その結果は次のとおりである。1) 堆積したサイレージは放置後3~4日目頃から発熱し始め、9, 10, 11日間放置したものの品温が30°Cを越えた日数は、それぞれ2, 4, 6日間であった。2) サイレージの化学成分は、変敗によりNFE, WSCが減少し、粗繊維, ADF, NDF, リグニンが増加し、化学的品質では、pHが上昇し、乳酸含量が減少したが、その割合は必ずしも堆積放置日数に対応しなかった。3) すべての成分の消化率において、変敗サイレージと対照との間に統計的有意差はなかった($P>0.05$)が、変敗によりNFEの消化率が低下し、粗繊維, ADF, NDFの消化率が高くなる傾向がみられた。4) 変敗サイレージの養分含量は対照とあまりかわらなかったが、11日間放置したサイレージにおいて、放置中にDCP, TDN, DEがそれぞれ8.8, 9.7, 11.9%損失した。5) 窒素蓄積率についてみると、変敗サイレージ給与時と対照との間に有意差はなかったが、11日間放置したサイレージを給与した時にかなり低い値を示した。6) 第一胃内性状は、変敗サイレージ給与時と対照との間に大きな差はなかった。

サイレージを家畜に給与するときサイロを開封しなければならぬが、このとき空気にさらされた表面の部分から発熱しだすことがある。また、給与するためにサイロから取り出して堆積していても発熱することがある。これは、空気が侵入することにより、好気

性のカビや酵母などが残存する養分を利用して急激に増殖するためであり、このとき熱が発生するのである¹⁾。これは、一般にサイレージの好气的変敗と呼ばれている現象で、最近、その発生が増大しており、大きな問題となっている^{2,3)}。

* 帯広畜産大学家畜生産科学科家畜栄養学教室

* Laboratory of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

これまで、著者らは好気的変敗がサイレージの飼料価値に与える影響について一連の試験^{4,5)}を実施してきた。本実験では、前報⁵⁾に引き続き、とうもろこしサイレージを用いて、好気的変敗の程度と飼料価値の低下割合について検討した。

材料および方法

サイレージの調製

1980年10月3日に本学付属農場産のデントコーン(黄熟期)を細切(10 mm)し、約3.7トンを角型タワーサイロに詰め込んだ。これを翌年の5月9日にすべて取り出した。取り出したサイレージを四つに分け、一つは直ちに冷凍保存(-10°C)し、これを対照サイレージとした。他の三つは、別々に木枠内に堆積し、屋外にそれぞれ9, 10, 11日間放置した。放置後、全体をよく混合してから冷凍保存した。以降、これらをそれぞれ9D, 10D, 11D-サイレージと呼ぶ。なお、サイレージの堆積量はそれぞれ約450, 450, 870 kgであった。

サイレージの堆積放置中の温度変化は、隔測温度計検出端子を堆積の中央部に埋め込み、自動温度記録計を用いて測定した。

試験設計

上記四つのサイレージについて、メン羊4頭(サフ

ォーク種去勢雄、このうち2頭はルーメンフィステル装着、平均体重74 kg)を用い、4×4のラテン方格法により、消化試験および窒素出納試験を実施し、さらに第一胃内性状の測定も行った。

消化試験および窒素出納試験は全糞尿採取法により行い、予備期7日間、糞尿採取期5日間とした。また、第一胃内容液は、糞尿採取期に引き続き2日間、ルーメンフィステルを通して採取した。

サイレージは、室温で解凍した後、午前8時と午後4時の1日2回、2.5 kg ずつ給与した。

分析方法

サイレージの可溶性炭水化物(WSC)はアンスロン法⁶⁾により、リグニンはADFを72%硫酸で処理する方法⁷⁾によって分析した。その他については前報⁵⁾と同様の方法で行った。

結 果

サイレージの堆積放置中の温度変化は第1図のとおりである。堆積したサイレージは、すべて放置3~4日後に発熱し始め、8日過ぎには約43°Cに達した。しかし、この間、34°Cに達してから、わずかではあるが、いったん温度が低下したもので、また、32°Cに達してから温度上昇が一時停滞したのもなど、堆積により温度変化の推移は異なっていた。

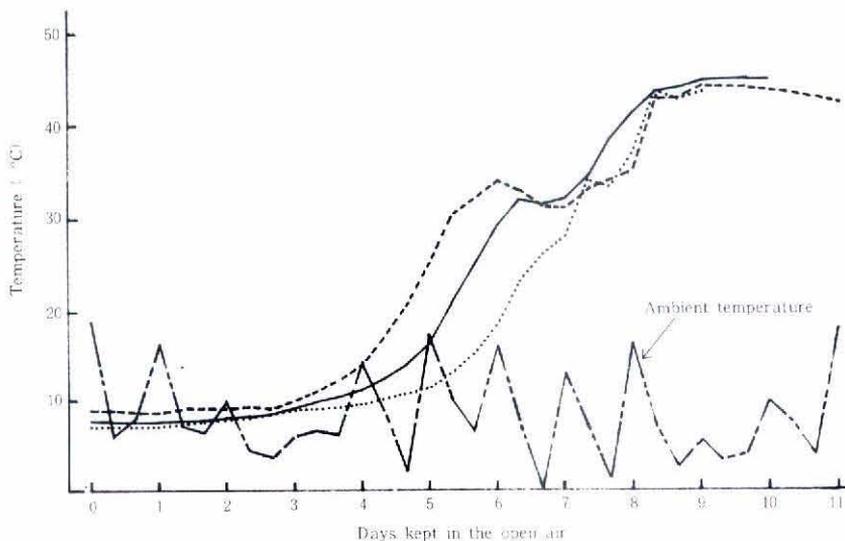


Fig. 1. Changes in temperature of silages stacked in the open air after being removed from silo.

.....9D-silage, —10D-silage, ----11D-silage.

Table 1. Chemical composition and chemical quality of silages

	Silages ^{a)}			
	C	9D	10D	11D
Chemical composition (%)				
Dry matter	21.9	22.5	22.2	21.2
Crude protein	8.2	8.3	8.6	8.5
Crude fat	2.4	2.5	2.6	2.6
Crude fiber	25.1	27.5	26.2	27.2
N-free extract	58.2	55.5	56.3	55.0
Crude ash	6.2	6.2	6.3	6.7
ADF	31.7	33.8	32.9	34.3
NDF	52.2	54.9	52.8	55.2
Lignin	4.5	4.9	5.3	5.0
WSC	7.6	5.0	6.2	5.6
Energy (kcal/g)	4.58	4.47	4.48	4.51
Chemical quality				
pH	3.78	4.36	4.30	4.31
Organic acids (%)				
Lactic acid	4.52	2.53	2.66	2.59
Acetic acid	2.60	1.91	2.34	2.74
Propionic acid	trace	trace	trace	trace
Butyric acid	trace	trace	trace	trace
VBN/Total-N (%)	1.2	0.6	0.6	0.7

Remarks: 1. a) C is the silage taken immediately after being removed from silo (control). 9D, 10D and 11D are the silages which were stacked in the open air after being removed from silo for 9, 10 and 11 days, respectively.

2. Each value is on a dry matter basis.

サイレージの化学成分と化学的品質は第1表のとおりである。変敗により、NFE、WSCが減少し、粗繊維、ADF、NDF、リグニンが増加した。化学的品質では、変敗によりpHが上昇し、乳酸含量が減少した。

サイレージの消化率と養分含量は第2表のとおりである。すべての成分の消化率において、対照サイレージと変敗サイレージの間に統計的有意差はなかった ($P > 0.05$) が、変敗により、NFEの消化率が低下し、粗繊維、ADF、NDFの消化率が高くなる傾向がみられた。養分含量では、DCP、TDN、DEともにサイレージ間に大きな差はなかった。

11日間堆積放置したサイレージについては、堆積した重量と放置後の重量を測定し、放置中の養分の損失量を計算した。その結果は第3表のとおりである。DCP、TDN、DEの損失量を堆積量の割合で示すと、それぞれ8.8、9.7、11.9%であった。

窒素出納試験の結果は第4表のとおりである。サイレージの給与量は同じであり、すべてのサイレージにおいてほとんど残飼がなかったため、粗蛋白質含量の違いに対応して、摂取窒素量は異なっていた。窒素蓄積率についてみると、変敗サイレージ給与時と対照との間に有意差はなかった ($P > 0.05$) が、11D-サイレージ給与時にかなり低い値を示した。

第一胃内性状は第5表のとおりである。表中の値は、サイレージ給与直前、給与後1、2、3、4、5、7時間目の計7回の測定値の平均で示した。すべての測定値において、処理間に大きな差はなかった。

考 察

サイレージの好気的変敗の結果として、物質の消耗、pHの上昇、温度の上昇が起こることが知られており、これらを変敗の指標とすることができる⁸⁾。本実験で

Table 2. Digestibility coefficients and nutrient contents of the silages

	Silages ^{a)}				Standard error
	C	9D	10D	11D	
Digestibility coefficient (%)					
Dry matter	63.3	63.1	62.8	62.8	±1.20
Organic matter	65.6	65.5	65.2	65.1	±1.18
Crude protein	51.2	51.4	52.2	49.5	±0.48
Crude fat	73.1	72.6	75.8	75.4	±1.03
Crude fiber	57.1	61.8	59.1	61.6	±1.94
N-free extract	70.8	69.2	69.6	68.6	±0.95
Energy	64.6	63.5	64.1	63.4	±1.30
ADF	53.2	56.1	54.4	56.7	±1.70
NDF	55.8	59.0	57.1	58.7	±1.60
Nutrient content					
DCP, %DM	4.2	4.3	4.5	4.2	
TDN, %DM	63.7	63.8	63.7	63.1	
DE, Mcal/kg DM	2.96	2.84	2.84	2.86	

Remarks: 1. a) See footnote in Table 1.

2. No significant difference in digestibilities among the silages.

Table 3. Losses of DM, DCP, TDN and DE of the silage during the 11-day aerobic exposure period

	A	B	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100$
Silage	870 kg	819 kg	51 kg	
DM	190.5 kg	173.6 kg	16.9 kg	8.9%
DCP	8.0 kg	7.3 kg	0.7 kg	8.8%
TDN	121.3 kg	109.5 kg	11.8 kg	9.7%
DE	563.7 Mcal	496.5 Mcal	67.2 Mcal	11.9%

A is the amount immediately after stacking in the open air.

B is the amount after the 11-day stacking in the open air.

Table 4. Nitrogen balance in sheep fed on silages

	Silages ^{a)}				Standard error	Significance of difference between silages
	C	9D	10D	11D		
N intake (g/day)	14.4	14.9	15.2	14.4	±0.01	10D>9D>C, 11D**
N in feces (g/day)	7.0	7.3	7.3	7.3	±0.09	—
N in urine (g/day)	5.0	5.5	5.8	5.6	±0.26	—
N digested (g/day)	7.4	7.7	7.9	7.1	±0.08	9D, 10D>11D**, 10D>C*
N retained (g/day)	2.4	2.1	2.2	1.6	±0.26	—
as % of intake	16.4	14.3	14.2	10.8	±1.80	—
as % of digested	32.0	27.8	27.1	21.8	+3.47	—

Remarks: 1. a) See footnote in Table 1.

2. * Significant at P<0.05. ** Significant at P<0.01.

Table 5. Characteristics of the rumen contents of sheep fed on silages

	Silages ^{a)}			
	C	9D	10D	11D
pH	6.77	6.77	6.84	6.76
Ammonia-N (mg/100 ml)	6.3	6.2	6.4	7.2
Total VFA (mM/100 ml)	7.5	7.4	7.3	7.9
Molar % of individual VFAs				
Acetic acid	63.0	62.7	63.2	64.6
Propionic acid	22.1	20.9	21.8	21.0
Butyric acid	14.9	16.3	15.0	14.4

Remarks: 1. a) See footnote in Table 1.

2. Each value is the mean of seven determinations (just before feeding and at 1, 2, 3, 4, 5 and 7 h after feeding).

は、サイレージの品温測定が比較的簡単なことから、サイレージの温度上昇を変敗の指標とし、とくに 30°C を越えた日数に着目した。ちなみに、9, 10, 11D-サイレージの 30°C を越えた日数はそれぞれ 2, 4, 6 日間であった。

一般に、サイレージは温度（品温、外気温）の高いときに変敗が起りやすく、低いときには起りにくい^{8,9)}。OHYAMA ら¹⁰⁾は、サイレージを小型容器（直径 30 cm, 深さ 27 cm）に詰めて放置した実験において、外気温が 10°C 以下のときは変敗が起きなかったと報告している。本実験では、5 月上旬にサイレージをサイロから取り出した。このとき、サイロの中央部はまだ凍結していた。取り出したサイレージ全体を均一に混ぜてから、屋外に堆積放置したが、このときのサイレージの品温は 7~9°C であった。また、放置後 4 日間の平均外気温は 7.8°C と低かった。このような温度条件のもとでも、すべての堆積において放置後 3~4 日目頃からサイレージの発熱がみられた。

OHYAMA ら¹¹⁾、山下・山崎¹²⁾は、変敗が進むにつれて pH が上昇し、乳酸および WSC 含量は減少したと報告している。本実験においても、変敗による pH の上昇、乳酸および WSC 含量の減少はみられたが、その割合はサイレージの堆積放置日数、換言すればサイレージの発熱期間の長さに対応しなかった。本実験では、サイレージの変敗の程度をサイレージの発熱期間の長さ、とくに 30°C を越えてからの日数と関連づけたが、この他に最高温度、累積温度も変敗の程度に影響を与える要因であることが指摘されている¹³⁾。また、本実験では、堆積の中央部の一ヶ所しか温度を

測定しなかったが、部位による温度の違いが予測される¹⁴⁾ので、この点も考慮しなければならないであろう。

サイレージの消化率については、前々報⁴⁾において、変敗により乾物、有機物、粗蛋白質、粗繊維、NFE、エネルギーの消化率が低下し (P<0.05)、前報⁵⁾では、粗蛋白質の消化率が低下し (P<0.05)、NFE とエネルギーの消化率も同様な傾向を示した。しかし、本実験では、変敗により有意に低下した成分はなく、NFE においてのみその傾向があった。これとは反対に、変敗により粗繊維、ADF、NDF の消化率が高くなる傾向がみられた。変敗により消化率が高まったとする成分については、これまで粗繊維¹⁵⁾と ADF⁵⁾が報告されている。

窒素蓄積率についてみると、処理間に有意差はなかったが、対照に比べ 11D-サイレージ給与時にかなり低い値を示し、変敗による窒素利用率の低下がうかがわれた。これは前報^{4,5)}の結果と一致する。

サイレージは変敗によりその化学成分、発酵品質が変化する⁸⁾ので、変敗したサイレージを給与すると、第一胃内性状に影響を与えることが予想される。しかし、この点について検討した報告は少ない^{4,15)}。本実験では、すべての測定値において、変敗したサイレージ給与時の値と対照との間に大きな差はみられず、本実験の程度の変敗では第一胃内性状に大きな影響を与えないものと思われた。

一般に、変敗はサイレージの養分含量を低下させるものと考えられている⁸⁾が、本実験では、11 日間堆積放置したのもでも、養分含量は対照とあまりかわらなかった。しかし、サイレージの堆積放置前後の重量差

から、放置中の DCP, TDN, DE の減少割合を算出すると、9~12%となり、かなり大きな養分の損失が見積もられた。このことは、サイレージの変敗の影響をみる場合、質的のみならず量的にも検討することの重要性を示すものである。これまで、小型容器にサイレージを入れて放置し、乾物の損失量を測定した報告は多数ある^{11,13,16)}が、DCP, TDN, DE の損失量を測定した報告は他にみられないので、今後さらにデータを集積する必要があるだろう。

文 献

- 1) 安藤文桜・越智茂登一, 新版サイレージのすべて, 116-119, 酪農事情社, 東京, 1976.
- 2) 十勝農業協同組合連合会, サイレージ2次発酵に関する一考察(サイレージ通年給与普及資料 No. 3), 1977.
- 3) 北海道農業試験場, 昭和54年度試験研究成績書(畜産・飼料, 14-40, 1980).
- 4) FUJITA, H., S. MATSUOKA, J. TAKAHASHI, A. FUKAZAWA and K. TAKASE, *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **51**: 511-518, 1980.
- 5) 松岡 栄・尾上富見男・加藤勝幸・藤田 裕, 日畜会報, **53**: 786-791, 1982.
- 6) 榎木茂彦, 動物栄養試験法(森本 宏監修), 第1版, 422-424, 養賢堂, 東京, 1971.
- 7) 農林水産省畜産試験場, 新しい飼料分析法とその応用, 畜産試験場 No. 56-1 資料, 21-30, 1981.
- 8) 大山嘉信, 畜産の研究, **35**: 997-1002, 1981.
- 9) 小野寺幸雄・木下善之・花坂昭吾, 東北農試研究速報, **13**: 20-24, 1972.
- 10) OHYAMA, Y., S. MASAKI and S. HARA, *J. Sci. Food Agric.*, **26**: 1137-1147, 1975.
- 11) OHYAMA, Y., S. HARA and S. MASAKI, "Forage Conservation in the 80's", *Brit. Grassl. Soc., Occ. Symp. No. 11*, 257-261, 1980.
- 12) 山下良弘・山崎昭夫, 北農試研報, **110**: 81-95, 1975.
- 13) HENDERSON, A. R., J. M. EWART and G. M. ROBERTSON, *J. Sci. Food Agric.*, **30**: 223-228, 1979.
- 14) 松岡 栄・浅野徳昭・藤田 裕, 未発表.
- 15) 出岡謙太郎・坂東 健・岡本全弘, 新得畜試研究報告, **12**: 19-25, 1982.
- 16) HONIG, H., *Das Wirtschaftseigene Futter*, **21**: 25-32, 1975.

Summary

In an attempt to clarify the effect of aerobic deterioration on the nutritive value of silage, digestion and nitrogen balance studies were conducted, using four wether sheep in a Latin-square design. The sheep were fed corn silages which were at different stages of aerobic deterioration, having been stacked in the open air after being removed from silo for 0 (control silage), 9 (9D-silage), 10 (10D-silage) and 11 days (11D-silage). The results obtained are summarized as follows. 1) The temperature in 9D, 10D and 11D silages were over 30°C for 2, 4 and 6 days, respectively. 2) The aerobic deterioration resulted in higher pH, decreased lactic acid, WSC and NFE contents and increased crude fiber, ADF and lignin contents of the silages. These changes were not to any extent proportional to the number of days the silage had been stacked in the open air. 3) The deteriorated silages tended, though non-significant, to be lower in digestibility of NFE, but to be higher in crude fiber, ADF and NDF than control silage. 4) The silage lost 8.8% DCP, 9.7% TDN and 11.9% DE during the 11-day aerobic exposure period. DCP, TDN and DE contents of the deteriorated silages, however, were not different from those of control silage. 5) The percent nitrogen retained of total N intake and digested N for the sheep fed 11D-silage was, though non-significant, considerably lower than that for the sheep fed control silage. 6) There was no large difference in ruminal characteristics between the sheep fed the deteriorated silages and control silage.