

高窒素施肥がサイレージの発酵品質と緬羊 の利用性におよぼす影響

安宅一夫*・楢崎 昇*
(家畜飼養学研究室)

Influence of High Nitrogen Fertilization on Fermentative Quality
of Silage and Its Utilization by Wether.

Kazuo ATAKU* and Noboru NARASAKI*
(March, 1976)

結 言

わが国の牧草生産は草地面積の狭小と乳牛の多頭飼育の傾向から必然的に高度集約、多収の方向で発展している。

とりわけ、窒素肥料の多施用がイネ科牧草の収量を高めるという報告は枚挙にいとまがない²⁾。

しかし、高窒素施肥は牧草の粗蛋白質含量の増加と可溶性炭水化物 (WSC) 含量の低下をもたらし、このような牧草を材料とした場合、サイレージ品質の劣化が懸念されている^{4,6,7,18,19)}。

また、高窒素施肥はしばしば牧草中に多量の $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積をもたらし、硝酸中毒の危険性が指摘されているが³⁾、これがサイレージの発酵にどのように影響するかはまだ明らかでない。

そこで、本研究はオーチャードグラスとアルファルファの再生草に対する高窒素施肥がサイレージの発酵品質と緬羊による利用性におよぼす影響について検討した。

材料と方法

酪農学園大学農場の1番刈後のオーチャードグラス草地とアルファルファ草地を使用し、両草地を窒素施肥水準により2分し、高窒素区には10a当り窒素10kg、低窒素区に3.4kg施用した。りん酸、加里はそれぞれ10kg、7kg同量施用した。

*Lab. of Animal Nutrition, The College of Dairying, Nopporo, Hokkaido, Japan

牧草の刈取りは8月24日に行ない、ただちにカッターで細切し、バックサイロにサイレージを調製した。

消化試験はルーメンフィステルの装着された去勢雄緬羊3頭を用い、予備期7日間、本試験期7日間の全糞採集法で実施した。

ルーメン内容物は消化試験の最終日に、サイレージ給与3時間後にルーメンフィステルより採取した。

水分、粗蛋白質の分析は常法により¹⁴⁾、WSCはアンスロン法¹⁴⁾、NO₃-Nはイオン電極法¹⁾、CWはVan Soestらの方法により²¹⁾、総エネルギーはボンブカロリメーターにより測定した¹⁴⁾。

サイレージの発酵品質は常法により分析した¹⁷⁾。

みかけの消化率は常法で¹⁴⁾、真の消化率について、乾物はVan Soestらの方法で²⁰⁾、粗蛋白質は代謝性窒素を乾物100g摂取当り0.5gとして算出した¹³⁾。

結果と考察

1. 材料草の化学組成

材料草の化学組成におよぼす高窒素施肥の影響をTable 1に示した。

高窒素施肥により両草種とも水分含量、粗蛋白質含量およびNO₃-N含量の増加が示された。また、WSC含量は再生草のためいずれも低い値であったが、高窒素施肥によりさらに低下した。これらの結果は既往の報告^{2,8,9,10)}と軌を一にしている。

Table 1 Chemical composition of original grass

	Level of N	%		% DM	
		Moisture	Crude protein	WSC	NO ₃ -N
Alfalfa	High	78.6	19.2	4.33	0.17
	Low	76.4	15.3	5.16	0.07
Orchardgrass	High	73.6	18.7	4.33	0.13
	Low	72.2	14.7	5.80	0.10

2. サイレージの発酵品質

サイレージの発酵品質をTable 2に示した。

オーチャードグラスサイレージは両施肥区とも同程度のやや劣質のものであった。アルファルファでは、低窒素区で極めて劣質のサイレージが生産されたが、高窒素施肥により酪酸生成のない高品質のものができた。これまで、高蛋白質・低WSC含量は高品質サイレージ調製の隘路と考えられ、高窒素施肥がサイレージの発酵に悪影響をおよぼすとす

報告が多くなされている^{4,6,7,18,19)}。しかし、大山ら¹⁶⁾は材料の粗蛋白質含量が高いこと自体は必然的に低品質と結びつかないと報告し、坂東ら²⁾、和泉ら⁹⁾は高窒素施肥によるサイレージの高品質化を報じている。いっぽう、Wieringa は²³⁾材料に $\text{NO}_3\text{-N}$ が多い場合、サイレージの pH は高くても酪酸含量は少ないと述べており、本結果はこれを支持する。このことは、高窒素施肥により牧草に $\text{NO}_3\text{-N}$ が多量に蓄積した場合、発酵中に還元され、中間生成物の亜硝酸が酪酸菌の繁殖を抑圧し、高品質のサイレージが生産されるものと考察される。ちなみに、硝酸塩あるいは亜硝酸塩による腐敗性嫌気性菌に対する阻害効果はすでに広く認められている²⁴⁾。

Table 2 Fermentative quality of the silages

	Level of N	pH	Organic acid %				Mark	mg% $\text{NH}_3\text{-N}$	% $\text{NH}_3\text{-N/T-N}$
			Lactic	Acetic	Butyric	Total			
Alfalfa	High	4.60	1.79	0.94	0	2.73	78	66.5	11.7
	Low	5.48	0.94	0.13	1.91	2.98	13	85.7	17.0
Orchardgrass	High	5.68	2.06	0.56	0.60	3.22	41	157.8	21.9
	Low	5.40	2.10	0.24	0.58	2.92	42	121.6	20.0

3. サイレージの化学組成と消化率

サイレージの化学組成と消化率を Table 3 に示した。

まず化学組成では、材料草と同じく高窒素施肥により粗蛋白質含量の増加が示された。また、CW (細胞壁構成物質) 含量は高窒素施肥により低下したが、これは高窒素施肥による牧草の成熟遅延が一因と考えられる。サイレージの $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量は材料草に比較して顕著に減少した。宮崎ら¹²⁾はサイレージ化による $\text{NO}_3\text{-N}$ 消失の事実を認めている。

つぎに消化率についてみると、両草種のサイレージとも各成分の消化率は高窒素施肥により高くなる傾向があり、とくに粗蛋白質の消化率は有意に向上した ($P < 0.01$)。粗飼料の粗蛋白質含量と粗蛋白質の消化率の間に高い相関が示されており¹¹⁾、高窒素施肥が牧草の粗蛋白質の消化率を高めることについて、すでに多くの報告^{2,7,8,9,18,19)}がなされている。

Table 3 Chemical composition and digestibility of the silages

	Level of N	% Dry matter	Chemical composition				kcal/g Energy	% Apparent digestibility				% True digestibility	
			% DM			Energy		Dry matter	Crude protein	CW	Energy	Dry matter	Crude protein
			Crude protein	CW	$\text{NO}_3\text{-N}$								
Alfalfa	High	19.3	18.3	51.7	0.07	4.70	55 ^b	67 ^{a, b}	48 ^b	54 ^b	73 ^a	84 ^a	
	Low	19.5	16.2	55.4	0.08	4.71	52 ^b	57 ^c	47 ^b	52 ^b	71 ^b	76 ^b	
Orchardgrass	High	23.1	19.5	60.3	0.10	4.97	61 ^a	73 ^a	64 ^a	61 ^a	78 ^a	88 ^a	
	Low	26.3	14.4	62.1	0.08	4.83	57 ^b	62 ^{b, c}	62 ^a	58 ^b	75 ^a	83 ^a	

Values followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$)

消化率におよぼす草種の影響についてみると、各成分ともアルファルファサイレージがオーチャードグラスサイレージに比較して有意に低いことが示された (Table 4)。名久井ら¹⁵⁾はアルファルファ乾草のCW消化率はオーチャードグラス乾草に比較して著しく低いと報告している。これらの結果はアルファルファの繊維質が木質化しており消化されにくいことを示唆する。

また、Table 4はサイレージの消化率に関して、窒素施肥と草種の効果が極めて大きく、その交互作用は小さいことを示している。

以上のことから、再生草をサイレージとして利用する場合、消化率の点からみると、オーチャードグラスサイレージがアルファルファサイレージよりすぐれ、いずれも高窒素施肥により栄養価が改善されることが示唆される。

Table 4 Analysis of variance of digestibility

	d.f	Apparent digestibility				True digestibility	
		Dry matter	Crude protein	CW	Energy	Dry matter	Crude protein
Nitrogen fertilization	1	48.40*	328.65***	5.20	23.80	18.25	130.68**
Forage	1	100.34**	79.05*	685.54***	131.34**	72.03**	88.56**
Interaction	1	0.70	0.04	3.31	2.71	0.09	7.68
Silage	3	49.81*	135.91***	231.35**	52.62*	5.04	75.64**
Error	8	8.31	7.65	15.24	11.20	5.98	7.66

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

4. ルーメン内容物の性状

ルーメン内容物の性状とその分散分析の結果を Table 5 に示した。

Table 5 Average value and analysis of variance of rumen contents.

Level of N	pH	mg/dl NH ₃ -N	mM/dl T-VFA	VFA proportion (molar %)				
				C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	
Alfalfa	High	6.73 ^{a,b}	34.9 ^a	5.7	62.7 ^a	22.2 ^a	9.7 ^b	5.3
	Low	6.93 ^a	22.3 ^b	4.8	50.3 ^b	14.8 ^b	29.3 ^a	5.6
Orchardgrass	High	6.62 ^b	41.0 ^a	5.2	64.4 ^a	15.4 ^b	14.1 ^b	6.2
	Low	6.46 ^{b,c}	33.3 ^a	5.7	67.2 ^a	15.5 ^b	12.1 ^b	5.2
	d.f	Variance						
Nitrogen fertilization	1	0.0016	311.10**	0.120	69.12*	40.37**	232.32***	0.333
Forage	1	0.2523**	217.60*	0.083	261.33**	28.83**	125.45**	0.163
Interaction	1	0.0972*	18.01	1.470*	173.28**	42.57**	349.92***	1.081
Silage	3	0.1170**	182.24*	0.558	167.91**	37.24***	235.90***	0.526
Error	8	0.0122	24.81	0.202	12.54	1.91	3.50	0.955

Values followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

pHはアルファルファサイレージ給与区がオーチャードグラスサイレージ給与区より有意に高く ($P < 0.01$), 交互作用が有意に示され, 窒素施肥の影響は明らかでない。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度はオーチャードグラスサイレージ給与区がアルファルファサイレージ給与区より有意に高く ($P < 0.05$), さらに高窒素施肥により有意に高くなった ($P < 0.01$)。和泉¹⁰⁾は, ルーメン内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は摂取蛋白質含量と密接な関連があり, さらにサイレージ既存の $\text{NH}_3\text{-N}$ によっても影響されると報告している。

総VFA濃度にはサイレージ間に大差は認められなかった。総VFA中に占める各VFAのモル比率についてみると, 酢酸はアルファルファ低窒素区が他より有意に低く ($P < 0.01$), プロピオン酸はアルファルファ高窒素区が有意に高く ($P < 0.01$), 酪酸はサイレージの酪酸含量の順に高かった。藤田ら⁵⁾はサイレージ給与時のルーメン内の各VFA濃度比の変動は特異的であり, 摂取したサイレージ中に既存するVFAの相違にもとずくと考察している。

以上のようにサイレージ品質の良否が家畜の利用性に大きく影響することが示唆されたが, 今後, 諸段階の窒素施肥水準を設け, $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積の程度との関連でさらに検討する必要があると考える。

要 約

オーチャードグラスとアルファルファの再生草を用いて, サイレージの発酵品質と綿羊による利用性におよぼす高窒素施肥の影響を検討した。

その結果の要約はつぎのようである。

1. 高窒素施肥により材料草の粗蛋白質, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量は顕著に増加し, WSC含量は減少した。
2. 高窒素施肥により $\text{NO}_3\text{-N}$ が多量に蓄積された材料草から調製されたサイレージは酪酸生成がなく高品質であったが, 他のサイレージの発酵品質は劣質であった。
3. $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量はサイレージ化により激減した。
4. サイレージの消化率は高窒素施肥により有意に向上した。
5. ルーメン内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は高窒素施肥サイレージで有意に高く, 酪酸濃度は劣質サイレージ給与で高くなった。

謝 辞

終りに臨み懇篤なる御指導を賜った帯広畜産大学吉田則人教授に謝意を表す。また本研究の実施にあたり種々御配慮と御指導を賜った酪農学園大学前農場長原田勇教授な

らびにサイレージ調製に御援助戴いた同実験圃場吉田博治技師に謝意を表する。なお本研究の一部は昭和47年度文部省科学研究費によって行なわれたことを付記する。

文 献

- 1) 朝日敏光・橋崎昇・安宅一夫, 1976 イオン電極による牧草の $\text{NO}_3\text{-N}$ 測定法について。道草地研報, 10: 115-118.
- 2) 坂東健・篤野保, 1970 いね科牧草サイレージの化学的品質と消化率に及ぼす窒素施肥水準と生育時期の影響。道農試集報, 21: 39-47.
- 3) Crawford, R. E. and W. K. Kennedy, 1960 Nitrate in forage crops and silage. New York Agr. Exp. Sta. Bull. 37: 1-15.
- 4) Fox, J. B. and S. M. Brown, 1969 The effect of fertilizer nitrogen on silage fermentation. J. Br. Grassld. Soc., 24: 23-24.
- 5) 藤田裕・神部正路, 1973. 牧草サイレージの化学的品質がメン羊の窒素利用性におよぼす影響について。日畜会報, 44: 615-622.
- 6) Gordon, C. H., J. C. Derbyshire and W. C. Jacobson, 1964 Variations in initial composition of orchardgrass as related to silage composition and feeding value. J. Dairy Sci., 47: 987-992.
- 7) 井上司朗, 1972 高水準窒素施用イタリアンライグラスサイレージの品質改善に関する研究 第1報。草地試研報, 1: 52-58.
- 8) 和泉康史・大橋尚夫・及川寛, 1972 窒素施用水準および刈取時期が乾草とサイレージの消化率および養分摂取量に及ぼす影響。日畜会報, 43: 603-610.
- 9) 和泉康史・岡本全弘・大森昭治, 1973 窒素施肥水準および予乾処理がサイレージの消化率および養分摂取量に及ぼす影響。新得畜試研報, 4: 1-7
- 10) 和泉康史, 1975 窒素施用水準および刈取時期を異にする乾草およびサイレージの給与がウシ第一胃内揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響。日畜会報, 46: 24-28.
- 11) 亀岡暄一, 1966 乳牛の科学。242-244, 農山漁村文化協会, 東京。
- 12) 宮崎昭・石田直彦, 1968 サイレージ調製時における青刈飼料中の硝酸塩含量の変化について。日畜会報, 39: 313-318.
- 13) 森本宏, 1969 家畜栄養学。226-227, 養賢堂, 東京。
- 14) 森本宏(鑑修), 1971 動物栄養試験法。191-424, 養賢堂, 東京。
- 15) 名久井忠・岩崎薫・早川政市・八幡林芳, 1975 粗飼料の品質査定に関する研究 第3報。北農試研報, 111: 79-90.
- 16) 大山嘉信・榎木茂彦, 1968 サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究1。日畜会報, 39: 61-67.
- 17) 須藤浩, 1971. サイレージと乾草。192-197, 養賢堂, 東京。
- 18) 須藤浩・内田仙二・守分俊彦・国眼重雄, 1971 サイレージの調製法に関する研究 第17報。岡大農報, 38: 39-40.
- 19) 須藤浩・内田仙二・長浜知洋, 1972 同上 第18報。岡大農報, 39: 31-39.
- 20) Van Soest, P. J., R. H. Wine and L. A. Moore, 1966 Estimation of true digestibility of forage by the in vitro digestion of cell walls. Pro. 10th Int. Grassld. Cong., 438-441.
- 21) Van soest, P. J. and R. H. Wine, 1967 Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 3. J. A. O. A. C., 50: 50-55.
- 22) Whitehed, D. C., 1970 The role of nitrogen in grassland productivity. pp. 86-88, Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops. Hurley.
- 23) Wieringa, G. W., 1966 The influence of nitrate on silage fermentation. Pro. 10th Int. Grassld Cong.,

537-540.

24) 好井久雄・金子安之・山口和夫, 1974 食品微生物学, 401, 技報堂, 東京.

Summary

The present studies were undertaken to investigate the effect of high level nitrogen fertilization on the fermentative quality of silage and its utilization by wether. The aftermath of orchardgrass and alfalfa were fertilized with 3.4kg(low) and 10kg(high) per 10a of nitrogen fertilizer.

The results are summarized as follows.

1. High protein, high $\text{NO}_3\text{-N}$ and low WSC content forage was obtained from high level nitrogen fertilization.
2. Only in the case of forage containing much $\text{NO}_3\text{-N}$, the fermentative quality of resultant silage was excellent, but that of other silages were not satisfactory.
3. More $\text{NO}_3\text{-N}$ was removed during the ensiling process.
4. Digestibility of silage was significantly improved by high level nitrogen fertilization.
5. High level nitrogen fertilization significantly increased in concentration of ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$. On the other hand, butyric acid concentration was high in poor silage-fed wether.