岡山大農学報 (50), 65—70 (1977)

サイレージの化学的成分と品質に関する研究
(第13報) サイレージの発酵的品質がヒツジの窒素利用性におよぼす影響

林　弘明・内田仙二・堀米隆男
(家畜飼養学研究室)

Received June 28, 1977

Studies on the Chemical Composition and Quality of Silage
XIII. The Influence of Fermentative Quality of Silage on the Nitrogen Utilization of Wethers Fed on the Silage

Hiroaki HAYASHI, Senji UCHIDA and Takao HORIGOME
(*Laboratory of Animal Nutrition*)

The first cut Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM) was harvested at the early flowering stage. The grass was chopped into 2 cm lengths and ensiled immediately in iron laboratory silos with the following treatments: lot A, without any treatments; lot B, with 0.4% formic acid; lot C, with 1% glucose. Resultant silages were examined for fermentative quality, nitrogen distribution and feeding value.

The pH value and score determined by FLIEG's method were as follows: lot-A silage, 4.63 and 40; lot-B silage, 4.38 and 69; lot-C silage, 4.50 and 50. Lot-A silage had lower values of total N, protein N and amino N than the other two silages, while the value of ammonia N was higher in lot-A silage. Lot-B silage had lower values of amino N and ammonia N than lot-C silage. These results indicate that the pH value and score of silage were related with the nitrogen distribution.

The nitrogen digestibilities determined by wethers were 60.5% in lot-A silage, 65.5% in lot-B silage and 66.6% in lot-C silage. The wethers which fed on lot-A silage showed a negative nitrogen retention but the feeding of the other two silages resulted in positive nitrogen retention.

These data suggest that the feeding value of nitrogen compounds in silage was affected by the fermentative quality of the silage.

緒　　言

著者らは，サイレージの発酵的品質と，その飼料価値との関係を明らかにする目的で一連の研究[9,11,12,13,14]を進めているが，本研究は，その一環として，品質と窒素成分の飼料価値との関係を知ることを目的として実施したものである．すなわち，同一材料草から，添加物を使用することによって異なった発酵的品質のサイレージを調製し，それらの窒素成分の形態別分布を調査するとともに，ヒツジを実験動物として，消化率，家畜による利用性などを査定し，サイレージ発酵と，その窒素成分の飼料価値の変動との関係を検討した．

材料と方法

サイレージの材料と調製方法　本学実験圃場に栽培したイタリアンライグラス：品種早生ヒカリ（*Lolium multiflorum* LAM）の一番草を開花初期に収穫し埋蔵材料とした．刈取後ただちにサイレージカッターにて2cmに細切し，予乾なしでそれぞれ区別に埋蔵した．すなわち，実験用鉄製サイロ（⌀75×120cm）3基を用い，無添加対照区（A区），0.4%量のギ酸を添加した区（B区），1%量のブドウ糖を添加した区（C区）のサイレージを，それぞれ著者らの常法[14]によって調製した．調製法の大要はTable 1のようである．

Table 1　Outline of silage-making

Lot	Silo	Ensiled amount of grass	Additives	Pressure
		(kg)		(kg/m²)
A	Experimental silo (iron) ⌀75×120cm	220	——	227
B		220	Formic acid (0.4%)	227
C		220	Glucose (1.0%)	227

サイレージの品質評価　pH価は常法[8]によりガラス電極pHメーター（日立-堀場M5型）によって測定し，有機酸の定量および発酵的品質の評価はFLIEG法[3,8]によった．

窒素の消化率および窒素出納の査定　第一胃フィステルを装着した去勢ヒツジ各3頭を簡易代謝試験装置に収容し，各サイレージを単一給与して飼養試験を実施した．試験期間は，各期予備期7日，本試験期間7日とし，本試験期間の全糞，全尿を採取して分析に供し，窒素の消化率および出納を求めた．

第一胃内液のアンモニア態窒素濃度調査　飼養試験の本試験終了の翌日，各ヒツジの給餌後の第一胃内液を，フィステルを通じて経時的に採取し，アンモニア態窒素濃度を調査した．

サイレージの窒素組成の調査　サイレージ中の窒素組成の形態別分布を調査した．すなわち，新鮮サイレージを試料に用いて，全窒素はKJELDAHL法[10]により，タンパク態窒素はBARNSTAIN法[10]により，アンモニア態窒素はセミミクロ蒸留法[4]により，さらにアミノ態窒素は比色法（銅塩法）[5]によりα-alanineを標準として定量し，形態別分布を求めた．

結果と考察

サイレージの発酵的品質　各区サイレージの試料を経時的にサイロの上，中，下層より採取して分析し，発酵的品質を調査した結果，各区の平均値はTable 2のようである．

Table 2のように，pH価，評点とも区間にかなりの差が認められた．乳酸はC区が最も高く，B区，A区の順であり，酪酸はA区が高く，続いてC区で，B区が最も低い値となっている．サイレージ発酵に対するギ酸添加の効果は，酸度を高めることにより，発酵，とりわけ酪酸発酵など不良発酵を抑制することにあり，糖質の添加効果は，乳酸発酵を促進することにあるが，本実験の結果においても，それらの特徴が示されている．いっぽう，無添加区

Table 2　Fermentative quality of the silages produced

Lot	pH	Organic acid (%)				Score	Grade
		Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total acid		
A	4.63	2.47	0.22	1.08	3.77	40	Middle (4 th)
B	4.38	2.95	0.57	0.14	3.66	69	Good (2 nd)
C	4.50	3.02	0.13	0.80	3.95	50	Satisfactory (3 rd)

のそれは，乳酸が比較的少なく，酪酸が比較的多い．これらサイレージの分析結果より，調製された3区サイレージは，それぞれその処理に対応して，発酵的にみて性質の異なる製品が得られたことになる．なお，FLIEG法による評点はA区40点，B区69点，C区50点となり，等級別では，それぞれ4級，2級，3級となる．

サイレージの窒素組成　各区サイレージの窒素組成を形態別に定量した結果はTable 3のようである．

Table 3　Nitrogen distribution of the silages (mg/100g)

Lot	Total N	Protein N	Amino* N	Ammonia N
A	454 (100)**	232 (51)	97 (22)	71 (16)
B	473 (100)	271 (57)	169 (36)	45 (10)
C	480 (100)	250 (52)	180 (38)	53 (11)

* Nitrogen determined as α-alanine
** Values in parentheses are the percentage of total nitrogen

タンパク態窒素はB区サイレージが最も高く，続いてC区サイレージ，A区サイレージの順で，全窒素に対する割合は，それぞれ57，52，51（%）であった．α-alanineとして定量したアミノ態窒素はC区が最も高く，B区がこれにつぎ，A区が最も低い値であった．しかして，全窒素に対するアミノ態窒素の割合はC区38，B区36，A区22（%）であった．サイレージ中のアンモニア態窒素はA区が最も高く，C区，B区の順で，全窒素に対する割合は，それぞれ16，11，10（%）であった．

以上の窒素形態別調査結果を，上記のサイレージの発酵的品質の調査結果と対比した場合，今日までの知見と類似した傾向にあることが知られる．しかして，サイレージに含まれる窒素成分の構成は，サイロ内での発酵の状況によって大きく影響されること，ひいては採食した家畜による利用性に反映する可能性のあることが推測される．

ヒツジによる窒素の利用性　ヒツジの飼養試験の結果より，窒素成分の消化率および窒素出納を査定した結果はTable 4に示すようである．

Table 4 Nitrogen digestibility and nitrogen retention of wethers fed on silages

	Lot A	Lot B	Lot C
N intake (g/day)	13.58± 0.13	15.67±0.00	14.81± 0.57
Fecal N (g/day)	5.37± 0.24	5.41±0.14	4.94± 0.23
Urinary N (g/day)	10.11± 1.63	9.00±0.59	8.15± 0.68
Digested N (g/day)	8.21± 0.33	10.26±0.14	9.87± 0.51
Retained N (g/day)	− 1.90± 1.17	1.26±0.45	1.72± 1.16
Nitrogen digestibility (%)	60.5± 2.0*	65.5±0.9	66.6± 1.5
Nitrogen retention (% of dietary N)	−14.0± 8.6	8.0±2.9	11.6± 7.5
Nitrogen retention (% of digested N)	−23.1±13.9	12.3±4.5	17.4±10.9

Value : Mean±standard deviation
* Significantly different from lots B and C (P<0.01)

Table 4より，窒素の消化率はA区60.5%，B区65.5%，C区66.6%で，B, C区間に大差は認められないが，評点の低いA区は両区に比べかなり低い値を示した．摂取サイレージ中の全窒素および可消化の窒素の体内蓄積率は，評点の低いA区の場合，いずれも負の値であった．いっぽうB区の場合，それぞれ8.0，12.3（%），そしてC区では，それぞれ11.6，17.4（%）で正の蓄積を示した．

著者らの1人[14]は，材料の細切度を調節して品質に差を設けた場合，細切度の高い良質サイレージの窒素の消化率および窒素蓄積率が向上することを認め，WALDOら[15]は，ギ酸添加によって品質を改善した場合，無添加区に比べ窒素の利用性が向上したと報告している．また，藤田ら[2]も，日乾して品質改善した場合，窒素の利用性が改善されることを認めている．さらに，サイレージと乾草の窒素の蓄積率を比較した場合，乾草の方が高くなったとする報告[1]がある．これら諸報告とともに，本実験結果は，草利用においてその加工，貯蔵法および品質が，窒素の利用性に大きく影響することを示唆していると思考される．特に本結果は，サイレージ調製において添加物によって品質を改善することが，窒素の利用性の向上につながることを明らかにしていると思われる．

なお，本実験成績より，ブドウ糖添加サイレージとギ酸添加サイレージの品質，窒素組成ならびに窒素の利用性を比較した場合，前者は発酵的品質がやや劣り，全窒素に対するタンパク態窒素がやや低く，また全窒素に対するアンモニア態窒素がやや高くなっているにもかかわらず，窒素の利用性は高い値を示しており，今日までの報告[2]の一般的傾向と多少異なっている．これの原因については，なお今後検討の必要があると思われるが，前者の場合，アミノ態窒素が後者より多く含まれることより，あるいはこれらの窒素の利用性に起因したことも考えられる．なお，楢崎ら[7]も，両添加物を用いた良質サイレージの飼養試験の結果，ブドウ糖添加サイレージの窒素蓄積率の方がかなりの差で高い値を示したことを報告している．

これらのことより，使用する添加物は，それぞれのサイレージ発酵への作用を通じて，窒素の利用性に対しても特異的な影響をおよぼす可能性のあることが推定される．

ヒツジ第一胃内アンモニア態窒素濃度 各区サイレージ摂取後のヒツジの第一胃内液アンモニア態窒素濃度を経時的に調査した結果は Fig. 1のようである．

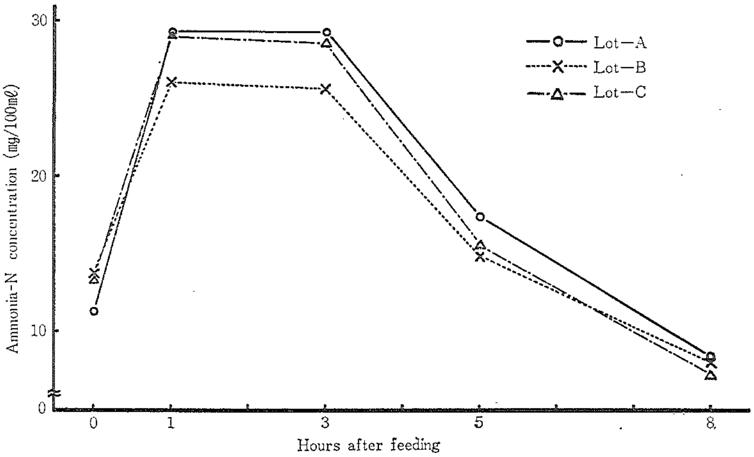

Fig. 1 Changes of ammonia nitrogen concentration in rumen fluid of wethers fed on silages

Fig. 1のように，第一胃内液のアンモニア態窒素濃度は，各区とも摂取後急速に増加し，3時間を過ぎる頃から徐々に減少するという経過を示した．しかして，その濃度は総体的にA区サイレージで高く，続いてC区サイレージで，B区サイレージが最も低い傾向にあり，これはサイレージ中のアンモニア態窒素濃度の傾向と一致するものであって，摂取当初における第一胃内液アンモニア態窒素濃度は，サイレージ中のアンモニア態窒素含量に強く影響されることが認められた．

しかして，これらの結果は，サイロ内のサイレージ発酵の良否が直接・間接的に家畜の栄養生理に影響し，家畜の窒素利用性に関連してくることを示すものと思われる．これらの点は，藤田ら[2]も指摘しているところである．このことは，劣質サイレージを給与する場合，良質サイレージを給与する場合に比べ，糖質に富む飼料を与える[6]などの配慮により，窒素の利用性の向上を図ることが必要となることを示唆するものであろう．

摘　　要

サイレージの発酵的品質と窒素成分の飼料価値との関係を知るために，添加物の利用によって同一材料草から発酵的品質の異なる製品を調製し，ヒツジによる飼養試験を実施して，窒素の消化率および窒素蓄積率を調査した．サイレージは，開花初期に収穫し，2cmに細切したイタリアンライグラスを材料に用い，鉄製実験サイロに，無添加対照（A区），ギ酸0.4%添加（B区）ならびにブドウ糖1%添加（C区）の区分でそれぞれ調製した．

実験結果の要約は次のようである．

(1) でき上がったサイレージの品質評点はA区40点（4級），B区69点（2級），C区50点（3級）であった．

(2) サイレージ中の窒素の形態別分布を調査した結果，全窒素に対するタンパク態窒素の比率はA区51，B区57，C区52（%）であり，α-alanineとして定量したアミノ態窒素の比率はA区22，B区36，C区38（%）であった．いっぽう，アンモニア態窒素の比率はA区16，B区10，C区11（%）であった．

(3) ヒツジによる飼養試験の結果，窒素の消化率はA区60.5，B区65.5，C区66.6（%）であり，窒素の蓄積率はA区－14.0，B区8.0，C区11.6（%）であった．

(4) サイレージ摂取後のヒツジ第一胃内液のアンモニア態窒素の濃度は，サイレージ中のアンモニア水準が高い場合に高くなる傾向を示した．

これらの結果は，サイレージのサイロ内発酵の状態が，その窒素成分の飼料価値に反映することを示すものである．

本報の概要は日本畜産学会関西支部会第26回大会（昭和51年9月22日，岡山大学）の席上で発表した．

文　　献

1) FOFFLAR, R. E., R. P. NIEDEMEIER and B. R. BAUMGARDT : J. Dairy Sci. **50**, 1805—1813(1967)
2) 藤田　裕・神部正路：日畜会報 **44**, 615—622 (1973)
3) KELLNER, O. und M. BECKER : Grundzüge der Fütterungslehre (15., neubearbeitete Auflage), 120—121, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin (1971)
4) 小林昇：Japan Analyst **15**, 855—856 (1966)
5) 満田久輝：実験栄養化学（全・初版），105—106，いずみ書房・京都（1961）
6) 森本　宏：家畜栄養学（改著第1版），216—219，養賢堂・東京（1969）
7) 楢崎　昇・安宅一夫：日草誌 **20**（別号—1），112—113（1974）
8) 須藤　浩：サイレージと乾草（初版），152—156，養賢堂・東京（1971）
9) 須藤　浩・内田仙二・平松　昇：岡山大農学報 **36** 43—48（1970）
10) 東大農化教室：実験農芸化学（第4版・上巻），106—107，朝倉書店・東京（1955）
11) 内田仙二・須藤　浩：岡山大農学報 **38**, 51—58（1971）
12) 内田仙二・須藤　浩：岡山大農学報 **42**, 33—38（1973）
13) 内田仙二・須藤　浩：日草誌 **19**（別号—1），88—89（1973）
14) 内田仙二・須藤　浩・坂口　英：岡山大農学報 **43**, 47—52（1974）
15) WALDO, D. R., J. E. KEYS, Jr., L. W. SMITH and C. H. GORDON : J. Dairy Sci. **54**, 77—84 (1971)