

# サイレージ調製における硝酸態窒素の変化に関する研究 (第2報) 材料草の細切および破碎が硝酸態窒素の消失におよぼす影響

内田仙二・内田真人・堀米隆男  
(家畜飼養学研究室)

Received October 30, 1979

## The Changes of Nitrate Nitrogen in Silage-Making II. The Influences of Chopping and Lacerating of Forage on the Disappearance of Nitrate Nitrogen during the Storage

Senji UCHIDA, Mato UCHIDA and Takao HORIGOME  
(Laboratory of Animal Nutrition)

In order to investigate the relations between the physical treatment of ensiling forage and disappearance of nitrate nitrogen during the storage, the experiment of silage-making was conducted with chopped or lacerated forages in miniature-experimental silos.

The first-cutting Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM.) and sorghum (*Sorghum vulgare* PERS.) were harvested at the heading stage without wilting. The forages were chopped into 1.5 cm (fine) and 6.0 cm (coarse) in lengths by conventional forage chopper and then a part of fine chopped forage was further lacerated to an almost pulpy consistency. Each treated forage was ensiled into 5 miniature-experimental silos without any additives. The contents of nitrate nitrogen in the ensiled forages and of the resultant silages were determined by the ion meter method and the fermentative qualities of the silages were estimated by pH value and FLIEG's method.

The seepage from silo was not found in any silages. The fermentative qualities of resultant silages were remarkably improved when the fine chopped and further lacerated forages were used. It was reconfirmed that the disappearance rates of nitrate nitrogen in Italian ryegrass silages during the storage were generally higher than those in sorghum silages. On the other hand, in spite of the good fermentative qualities, the disappearance rates of nitrate nitrogen in the fine chopped and further lacerated silages were higher than those in the coarse chopped silages which had inferior fermentative qualities. There were negative significant correlations between the pH values and the disappearance rates of nitrate nitrogen in the silages, and also positive significant correlations were found between the scores of fermentative quality or lactic acid contents by FLIEG's method and the disappearance rates of nitrate nitrogen in the silages.

These data indicate that high quality silage with low nitrate nitrogen can be made by chopping and lacerating the ensiling forage.

### 結 言

サイレージ調製によって、一般に材料中の硝酸態窒素の一部または大部分が消失すること、そしてその消失の程度はサイレージの発酵条件によって左右され、通常の場合、発酵的品質の劣るサイレージにおいて消失が大となることが明らかにされている<sup>4,7,10</sup>。これらの事実を踏まえて著者らは、良質でしかも硝酸態窒素消失の高いサイレージ調製法を知る目的で

一連の基礎実験を実施している。さきの実験ではサイレーヅ発酵に対しそれぞれ特異的に作用すると考えられるブドウ糖、尿素および炭酸カルシウムを単独または混合で添加してサイレーヅを調製し、その発酵的品質と硝酸態窒素消失との関係について検討した<sup>8)</sup>。

本実験では埋蔵材料を機械的に処理し、物理的形態を変えてサイレーヅを調製してその発酵的品質と埋蔵中の硝酸態窒素消失との関係を検討した。すなわち材料にイタリアンライグラスおよびソルゴーを用い切断長に差を設け、あるいは破碎処理を施した材料によって調製試験をおこない、でき上りサイレーヅの品質と消失率との関係を調査した。

## 材 料 と 方 法

### 1. 材料草

(1) イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* LAM.) : 当研究室実験圃場に1977年9月30日播種(品種・マンモスA), 1978年5月10日1番草出穂期に収穫したものを日乾することなく埋蔵材料として使用した。材料草の乾物含量は18.82%, 乾物中換算硝酸態窒素含量は0.05%であった。

(2) ソルゴー (*Sorghum vulgare* PERS.) : 同じく当研究室実験圃場に1977年7月5日播種(品種: グリーンソルゴー), 同年9月11日1番草出穂期に収穫したものを埋蔵材料に供用した。材料の乾物含量は16.50%, 乾物中換算硝酸態窒素含量は0.30%であった。

### 2. サイレージ調製法

収穫した材料草はただちにTable 1に示すようにサイレーヅカッターによって細切し、またはさらにホーレーヅチッパーで破碎して4l容実験サイロに埋蔵した。

Table 1 Outline of silage-making with Italian ryegrass and sorghum in miniature-experimental silo

Forage	Lot	Treatment of forage	n	Volume of silo	Ensiled amount	Density
				(l)	(g)	(g/l)
Italian ryegrass	1.5	Chopping into 1.5 cm	5	4	2000	500
	1.5+L	Chopping into 1.5 cm and lacerating	5	4	2500	625
	6.0	Chopping into 6.0 cm	5	4	1500	375
Sorghum	1.5	Chopping into 1.5 cm	5	4	2000	500
	1.5+L	Chopping into 1.5 cm and lacerating	5	4	3000	750

材料処理およびその区別は、イタリアンライグラスの場合1.5cmの長さに切断した材料による区(1.5区), これをさらに破碎した材料による区(1.5+L区), そして6cmの長さに切断した材料による区(6.0区)の3区とし、ソルゴーの場合1.5cmの長さに切断した材料による区(1.5区)とこれをさらに破碎した材料による区(1.5+L区)の2区とし、各区5反復によって調製試験を実施した。埋蔵量は予備埋蔵テストにより各処理材料がサイロにはばば充満される量をもって決定した。なお実験サイロおよび埋蔵後の密封方法等は前報<sup>8)</sup>に詳述した通りである。

### 3. 硝酸態窒素の測定

材料草およびでき上りサイレーヅの硝酸態窒素含量は前報<sup>8)</sup>に示した術式により、風乾・粉

碎試料の 0.0122M  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  抽出液による試料抽出液を用い、Orion 硝酸イオン電極を装着した Corning Digital 112 Research pH メーターによって定量した。

#### 4. サイレージの発酵的品質の調査

各区サイロを埋蔵後45日目に開封し、pH 値ならびに有機酸含量を調査して発酵的品質を査定した。pH 値の測定はガラス電極 pH メーター（日立—堀場 M-5 型）により常法<sup>5)</sup>で、有機酸の分析および品質評価は FLIEG 法により実施した。なお FLIEG 法による品質評点は改訂法(1966年)の規準に従って算出した<sup>3,5)</sup>。

#### 5. 埋蔵中の硝酸態窒素消失率の調査

材料草中およびサイレージ中の硝酸態窒素含量と材料の埋蔵量およびサイレージの出来上り量を調査して、両者の関係から埋蔵期間中に消失した硝酸態窒素の量を算出し、その埋蔵時の総量との比率を求めて消失率とした。

## 結 果

### 1. サイレージの発酵的品質

イタリアンライグラスを材料として調製した各区サイレージの発酵的品質を調査した結果を平均値および標準偏差で示すと Table 2 のようである。

Table 2 The fermentative quality of Italian ryegrass silages

Lot	n	pH	Lactic acid (%)	Acetic acid (%)	Butyric acid (%)	Total acid (%)	Score
1.5	5	4.41* ±0.24	2.22 ±0.43	0.16 ±0.06	0.60 ±0.30	2.98 ±0.20	49.8 ±12.6
1.5+L	5	3.92 ±0.02	1.68 ±0.18	0.21 ±0.02	0.00 ±0.00	1.89 ±0.19	100.0 ± 0.0
6.0	5	5.61 ±0.21	1.00 ±0.10	0.09 ±0.07	1.38 ±0.20	2.47 ±0.20	17.8 ± 3.3

\* Mean ± S.D.

この結果より、材料を 1.5cm の長さに切断して調製した区 (1.5区) のサイレージは、pH 値 4.41 であり、乳酸含量が 2.22% とかなり高いが酪酸を相当含み、品質評点は 49.8 点と中位の品質を示している。1.5 cm に切断した後さらに破碎して調製した区 (1.5+L 区) のサイレージは、pH 値 3.92 と低く、乳酸含量が 1.68% で酪酸を含有しない製品で、品質評点は 100 点と優れた品質であった。いっぽう 6 cm の長さに切断した材料で調製した区 (6.0区) のサイレージは、pH 値 5.61 と高く、1.38% とかなりの酪酸を含んだ劣質製品であり、その品質評点は 17.8 点であった。

ソルゴーサイレージの発酵的品質の調査結果より、pH 値、有機酸含量および評点の平均

Table 3 The fermentative quality of sorghum silages

Lot	n	pH	Lactic acid (%)	Acetic acid (%)	Butyric acid (%)	Total acid (%)	Score
1.5	5	4.59* ±0.04	0.53 ±0.07	0.76 ±0.08	0.01 ±0.01	1.30 ±0.03	53.8 ± 9.2
1.5+L	5	3.68 ±0.01	0.95 ±0.26	0.17 ±0.06	0.00 ±0.00	1.12 ±0.31	99.6 ± 0.9

\* Mean ± S.D.

値および標準偏差を示すと Table 3 のようである。

すなわち材料を1.5cm に切断して調製した区 (1.5区) のサイレージの pH 値は平均4.59 で、酢酸含量が比較的高く評点は53.8点と中位の品質であり、1.5cmに切断しさらに破碎処理した材料から調製した区 (1.5+L) のサイレージの pH 値は平均3.68と極めて低く、酪酸を含有することなく、品質評点は99.6点と優れた品質を示している。

## 2. 埋蔵中の硝酸態窒素の消失

イタリアンライグラスサイレージの埋蔵中の硝酸態窒素消失率を平均値および標準偏差によって pH 値および評点のグラフと対照して示すと Fig. 1 のようである。

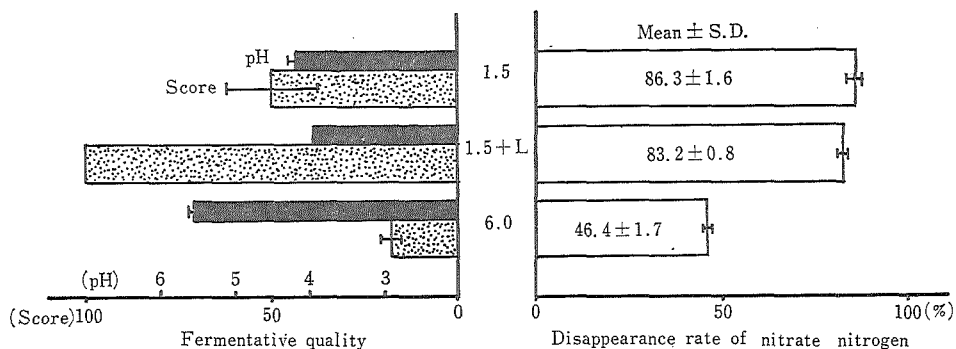


Fig. 1 The disappearance rate of nitrate nitrogen in Italian ryegrass silages during the storage.

すなわち1.5cmの長さに切断した区の消失率は86.3%と最も高く、切断しさらに破碎した区の消失率は83.2%と高い値となっている。いっぽう6cmに切断した区の消失率は46.4%で、上記2区のはほぼ半の消失にすぎない。これら各区サイレージの硝酸態窒素消失率をその発酵的品質と対比した場合、グラフで明らかに示されているように、良質サイレージの方が劣質サイレージよりはるかに消失が大であることが知られる。

同様にソルゴーサイレージの硝酸態窒素消失率と pH 値ならびに評点の平均値・標準偏差を対照してグラフで示すと Fig. 2 のようである。

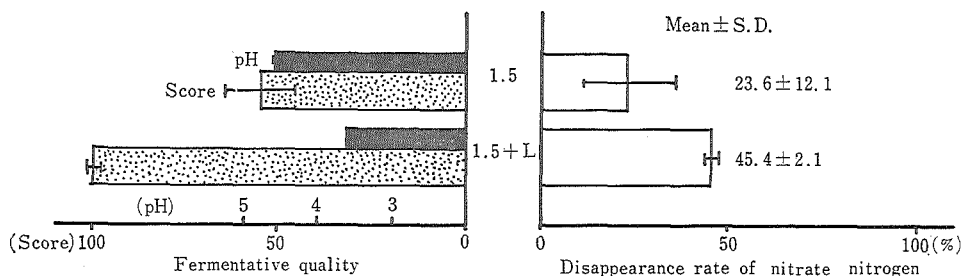


Fig. 2 The disappearance rate of nitrate nitrogen in sorghum silages during the storage.

Fig. 2 より1.5cmの長さに切断した区の消失率の平均値は23.6%と低い値である。いっぽう1.5cmに切断しさらに破碎した区は45.4%であり前者のほぼ2倍の値となっている。すなわち本材料による場合もグラフが示すように良質サイレージの消失率の方が劣質サイレージのそれより明らかに大となっていることが認められる。

### 3. サイレージの発酵的品質と硝酸態窒素消失の関係

本実験結果よりサイレージの発酵的品質と硝酸態窒素消失との関係を知るために各区各サイレージの pH 値, 評点ならびに乳酸含量と硝酸態窒素の消失率との相関関係を検討した結果は Table 4 のようである。

Table 4 Correlations between the fermentative qualities and disappearance rates of nitrate nitrogen in silages

	Fermentative qualities of silages		
	pH	Score	Content of lactic acid
Disappearance rate of nitrate nitrogen :	—— (Correlation coefficient) ——		
Italian ryegrass silage	-0.91***	0.71**	0.80***
Sorghum silage	-0.80**	0.68*	0.72*

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Table 4 より両サイレージとも pH 値と消失率との間に有意の負の相関が認められ, そして品質評点ならびに乳酸含量と消失率との間にいずれも有意の正の相関が認められる。すなわちこれらの関係は, 発酵的品質の良好な製品ほど硝酸態窒素消失が高くなる傾向にあることを示しているものである。

## 考 察

本実験結果より, 埋蔵材料を細かに切断し, あるいはさらに破砕することによって, でき上りサイレージの発酵的品質が著しく向上することが認められた。これらの現象はサイレージ調製と品質改善の基本的因子にかかわる事項として今日まで多くの研究者により実証され<sup>2,11)</sup>, 理論付けられてきたところであり<sup>5)</sup>, 著者らの1人もさきに実施した調製法に関する一連の研究の中で実証したところである<sup>6)</sup>。

いっぽう, これらサイレージの埋蔵中の硝酸態窒素消失のパターンをみると, まず材料の草種によって差があり, イタリアンライグラスサイレージの消失率はソルゴーサイレージのそれより一般に高くなる傾向が認められた。この傾向はさきの添加物を用いた実験結果<sup>7,8)</sup>と一致している。これらの原因については今日までのところ明らかにされていないようであるが, 今後物理的, 化学的あるいは微生物学的側面から追究されることが必要であろう。

つぎに処理間の硝酸態窒素消失の差についてみると Fig. 1~2 により明らかのように, 細切・破砕した材料を用いたサイレージの場合, 発酵的品質が極めて良好であるにもかかわらず消失率は大である。いっぽう切断長との関係では, 細かく切断した材料を用いた区サイレージの方が粗く切断した材料を用いた区のそれより発酵的品質が優れているにもかかわらず消失率は明らかに高くなっている。そしてこれらサイレージの発酵的品質と硝酸態窒素消失との関係を統計的に総括した Table 4 が示すように両者の間に有意の相関が認められ, 品質良好なものが消失率が高くなる傾向にあることも実証された。ところで, 材料の物理的条件を同一にして発酵的品質と消失率との関係を検討した今日までの幾つかの研究報告は, ある種の添加物を用いた場合を除き, 一般に発酵的品質と埋蔵期間中の硝酸態窒素消失との間には負の相関があること, なかんずく良質発酵サイレージほど消失率が低くなることを明らかにしている<sup>4,7,10)</sup>。以上のように本実験結果は従来実証されてきたサイレージの発酵的

品質と硝酸態窒素消失との関係に関する一般的傾向とは大きく異なった傾向を示しているものといえる。しかし、これらの原因およびその作用機構について本実験の結果のみから推定することは困難であるが、材料ならびにサイロ内の物理的条件の変化が硝酸態窒素消失のパターンにかなり強く影響することを本実験結果は証明しているものと思われる。

なお、材料中に含まれる硝酸塩がサイレージ発酵に影響をおよぼすとする研究結果<sup>9)</sup>、さらに特定濃度の硝酸塩添加が硝酸還元を誘導効果を示したとする結果<sup>1)</sup>も報告されている。これらのことから本結果は、今後さらに各種条件により追試される必要がある。

## 摘 要

良質で硝酸態窒素消失の高いサイレージの調製法を知るための研究の一環として、サイレージ材料の物理的処理とサイレージの品質ならびに硝酸態窒素の消失との関係について調査した。すなわちイタリアンライグラスならびにソルゴーを材料とし、切断長を変え、または破碎して調製した場合について、そのサイレージの発酵的品質と硝酸態窒素消失との関係がどのようになるかを比較検討した。

本実験の結果の大要は次のようである。

1) イタリアンライグラスサイレージの硝酸態窒素の消失率はソルゴーサイレージのそれに比べ一般に高い値になることが認められた。

2) サイレージの発酵的品質は材料の切断長が細かい区のものの方が良質で、さらにこれを破碎したものが優れる傾向にあった。

3) サイレージの硝酸態窒素の消失率は切断長が細かい区、ならびにさらに破碎した区において、発酵的品質が良質にもかかわらず高くなることが認められた。

4) 硝酸態窒素消失率と pH 値との間に有意な負の相関が、そして消失率と品質評点ならびに乳酸含量との間に有意な正の相関が両草種サイレージにおいて算出された。

5) 本実験より、材料の物理的処理によって良質で硝酸態窒素消失の高いサイレージ調製の可能性が示された。

## 文 献

- 1) 安宅一夫・楢崎 昇・菊地秀利：日草誌 21 (別-1), 103-104 (1975)
- 2) BAXTER, H. D., J. R. OWEN and D. R. WALDO: J. Dairy Sci., 49, 1441-1445 (1966)
- 3) KOCH, G.: Handbuch der Futtermittel 1. (Herausgegeben von M. BECKER und K. NEHRING), 279-282, Verlag Paul Parey • Hamburg (1969)
- 4) 増子孝義・藁谷信一・佐谷野利幸・淡谷恭蔵：日草誌 25 (別号), 245-246 (1979)
- 5) 須藤 浩：サイレージと乾草 (初版), 20-22, 152-157, 養賢堂・東京 (1971)
- 6) 内田仙二・須藤 浩・柴田国吉：岡山大農学報 37, 61-73 (1971)
- 7) 内田仙二・内田真人・堀米隆男：日本畜産学会関西支部報 77, 30 (1977)
- 8) 内田仙二・内田真人・堀米隆男：岡山大農学報 54, 51-57 (1979)
- 9) WIERINGA, G. W.: Proceedings of the X International Grassland Congress, 537-540 (1966)
- 10) 吉田條二・森沢重雄・中村亮八郎：日草誌 20 (別-1), 110-111 (1974)
- 11) ZIMMER, E. and C. H. GORDON: J. Dairy Sci., 47, 652-653 (1964)