

グリーンパニック高水分サイレージの発酵経過と発 酵品質

山野, 大偉治
九州大学農学部飼料学教室

小林, 民憲
九州大学農学部飼料学教室

五斗, 一郎
九州大学農学部飼料学教室

<https://doi.org/10.15017/22228>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 41 (1/2), pp.9-13, 1987-02. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

グリーンパニック高水分サイレージの 発酵経過と発酵品質

山野大偉治・小林民憲・五斗一郎

九州大学農学部飼料学教室
(1986年6月24日 受理)

The Fermentation Pattern and the Quality of Green Panic Silage

DAIJI YAMANO, TAMINORI KOBAYASHI and ICHIRO GOTO

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-06, Fukuoka 812

緒 言

暖地型イネ科牧草グリーンパニック (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) やローズグラス (*Chloris gayana*) は、我が国低暖地における夏季の粗飼料源として栽培法もほぼ確立し、普及している。しかし、これらの草種は、一般に全非構造化炭水化物(TNC)含有率が低だけでなく、利用性の高い若い生育段階(節間伸長期)では、高水分のため、サイレージ利用において多少の問題がある。すなわち、小林ら(1980)が示したように、節間伸長期と出穂期のグリーンパニックとローズグラスのサイレージ調製試験において、刈取り直後の材料草は、高水分でTNC含有率が低い。そのため、それらのサイレージは劣品質であった。一方、発酵抑制剤ギ酸添加の効果は高くないが、発酵促進剤グルコース(5%)の添加効果は高く、両草種とも最高品質が得られた。従つて、これらの暖地型イネ科牧草では、無添加・無処理では低品質サイレージしか得られないといえる。しかし、この試験結果は約1カ月の貯蔵によるものであり、良質サイレージ調製法の確立のためには、さらにサイレージ品質に対する貯蔵期間の影響とともに、発酵の経過及び発酵基質の役割の特徴を明らかにすることが必要である。

そこで、グリーンパニックのサイレージ利用の基礎的研究として、本研究では、まず、その高水分サイレージ発酵の経時的変化及び発酵品質について検討した。

材料と方法

材料草の栽培：1982年秋に自然下種したグリーンパニック草地を翌年5月31日～6月1日に耕耘・整地し、基肥(3要素：各1kg/a)を施用した。1番草刈り(8月4日)後、上記と同量追肥した2番草(出穂期)を10月12日に収穫し、試験に供した。なお、この2番草の乾物収量は42.86kg/aであった。

サイレージ調製：実験サイロとしてブンゼンバルブを付けた2l容ポリエチレン製広口びんを用い、材料草を刈取り直後約2cmに細切し、1.1kg(新鮮物)詰込み、20°Cの恒温室で保蔵した。また、グルコース(試薬1級)を新鮮物当たりで4%添加したものについても同様に調製した。

無添加区は、埋蔵後3, 6, 9, 12, 21, 42及び84日目に、また、グルコース添加区は、9及び84日目に開封した。反復サイロ数はそれぞれ4とした。

サイレージの品質調査：サイロ全体からむらなく採取した新鮮物試料についてpH(ガラス電極pHメーター)、全窒素(T-N, ケルダール法)、アンモニア態窒素(NH₃-N, 水蒸気蒸留法; 森本, 1971)及び有機酸(フリーク法; 須藤, 1971)を測定、定量した。評点は、フリーク評価法及びNH₃-N比率による評価法(須藤, 1971)によつてそれぞれ算出した。

材料草とサイレージの化学分析：70°Cで48時間以上通風乾燥し、乾物率測定後、粉碎(0.5mm)分析試料とし、全窒素及び全非構造化炭水化物(TNC, Smith

の方法；上野，1971) を定量した。なお，サイレージについては，乾物率及び乾燥試料での分析値は，揮発成分量で補正した。

結 果

材料草の成分については Table 1 に示した。

無添加区の乾物率 (DM) は約 24% で高水分に属し，全非構造性炭水化物 (TNC) 含有率は，同じ出穂期であつた前報 (小林ら，1980) のグリーンパニック材料草の 5.5% と比べて約 3.4% とかなり低かつた。グルコース (4%) 添加区の値は，計算値であるが，TNC は約 17% (新鮮物中では 4.65%) となつた。

無添加区及びグルコース添加区サイレージの成分と発酵品質の経時変化については Table 2 に示した。

無添加サイレージの場合，pH は，詰込み後 9 日目でやや上昇し，その後，低下する傾向にあつたが，5.55 (42 日目) 以下には低下しなかつた。乳酸含有率は，3 日目で 0.61% (新鮮物中，以下同じ) と低く，21 日目まで

Table 1. Contents (% dry wt) of dry matter (DM), total nitrogen (T-N) and total non-structural carbohydrates (TNC) in the materials ensiled.

	Control	+ 4 % Glucose
D M	24.23±0.57*	27.14**
T N	1.17±0.07	1.00
TNC	3.39±0.22	17.08

* Figures show means and standard deviations for eight replications.

** Figures show calculated values.

緩やかに高まつたあと，減少を始め，84 日目で 0.45% となつた。埋蔵後 3 日間で，乳酸は，最高生成時のほぼ 90% が生成した。酢酸は，84 日間の埋蔵期間を通して，0.14~0.38% とかなり高かつた。酪酸は，乳酸が最高値を示した 21 日目に生成が認められ，以後，乳酸の低下に対応して増加し，84 日目には 0.38% と高い値を示した。アンモニア態窒素 (NH₃-N) 比率は，埋蔵

Table 2. Changes in the chemical quality and composition (% wet wt for organic acids and DM: % dry wt for TNC) of the silages produced.

	Days after ensiling								
	3	6	9	Control			9	84	
								+ 4 %	Glucose
pH	5.98	5.93	6.01	5.94	5.81	5.55	5.60	4.72	4.59
Lactic acid %	0.61	0.60	0.65	0.64	0.67	0.64	0.45	2.66	2.08
Acetic acid %	0.14	0.21	0.25	0.28	0.31	0.38	0.34	0.18	0.22
Butyric acid %	0	0	0	0	0.01	0.12	0.38	0	0.14
Total acids %	0.75	0.81	0.91	0.92	0.99	1.14	1.17	2.84	2.44
Score*	98	92	89	85	82	33	17	100	65
NH ₃ -N % of T-N	5.9	8.5	10.8	12.4	14.3	14.3	17.9	10.4	12.2
Score**	94	85	77	70	63	63	49	78	71
DM %	23.87	23.74	24.06	23.89	23.74	23.28	22.92	25.79	24.80
TNC %	2.31	1.56	1.18	1.17	1.03	1.04	0.44	4.84	1.43
Consumption ratio % ***	32.9	54.9	65.4	64.0	70.2	70.5	87.7	74.2	92.7

Figures show mean values for 4 replications. Differences between the control and the +4% glucose at the same days after ensiling were significant at 1% level in pH, organic acids %, NH₃-N % of T-N and TNC %.

* Evaluated by the Flieg's appraisal method.

** Evaluated by the Sutoh's appraisal method.

*** $100 \times (\text{TNC amount ensiled} - \text{TNC amount in silage}) / \text{TNC amount ensiled}$

日数とともに緩やかに増加する傾向にあつた。詰込み時の全非構造性炭水化物 (TNC) 含有率 (Table 1) は，乾物中 3.39% とかなり低い値を示したが，9 日目には 1.18% に低下し，約 65% が消費され，以後消費速度は低下した。

グルコース添加区サイレージの場合，pH は，無添加

区より低く，9 日目で 4.72，84 日目で 4.59 と低下していく傾向にあつたが，良質サイレージの基準 pH 4.2 よりやや高い値であつた。乳酸含有率は，9 日目で 2.66% と無添加区の約 4 倍の高い値を示し，84 日目でやや低下するが，2.08% と高い値を維持した。酢酸は，徐々に増加し，84 日目で 0.22% と無添加区より低い値

であつた。酪酸の生成は 84 日目まで若干認められた。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率は、無添加区とは有意な差がなく、84 日目までやや高くなつた。

TNC 含有率は、9 日目まで 4.84% に減少し、約 74% が消費され、無添加と比べ、その消費量が多く、初期の乳酸発酵を高めた。

フリークの評点は、無添加区サイレージの場合、21 日目までは 82 点以上の良品質を示したが、その後、酪酸生成量が急増したため、品質は急激に低下し、84 日目では、極めて低品質 (16 点) となつた。これに対し、グルコース添加区では、84 日目でも 65 点の中品質であつた。また、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率による評点では無添加区サイレージでは埋蔵 3 日目から低下を続けたが、低下速度は緩やかであり、有機酸組成による評点と同様に、84 日目ではグルコース添加区で高い値を示した。

考 察

サイレージ発酵の経時変化については、オーチャードグラスやイタリアンライグラスなどの寒地型イネ科牧草では我が国においても目谷 (1970 a ; 1970 b)、大山ら (1970) 及び高橋 (1973) など多くの研究報告がある。

しかし、暖地型牧草サイレージの経時変化については、イネ科ではセタリア (*Setaria sphacelata* cv. Nandi) とローズグラス、マメ科ではロトノニス (*Lotononis bainesii*)、デスマディウム (*Desmodium intortum*) とサイラトロ (*Phaseolus atropurpureus* 現在 *Macroptilium atropurpureum*) での Catchpoole (1965 ; 1970) 及び、Catchpoole and Williams (1969) の報告があるにすぎない。

Catchpoole 一派は、セタリアとローズグラスのサイレージ発酵の一般的な特徴は、寒地型イネ科牧草の場合とは異なり、初期 (4 日目まで) の乳酸生成が少なく、しかもその後の減少の結果、酢酸あるいは酪酸主体の有機酸組成となるとともに、シュクロース 2% 添加の場合でも、初期 20 日間には転移相として乳酸サイレージとなるが、185 日の長期保蔵ではやはり揮発性脂肪酸が主体となることを認めている。

本研究のグリーンパニックサイレージにおいてもこれらと同様の発酵経過の特徴が認められたが、無添加サイレージにおける酪酸の生成と乳酸の減少開始時期は、これらより遅く、寒地型イネ科牧草で認められている一般発酵経過と同様に 21 日目となつた。この違いは、草種特性 (目谷, 1970 a) や栽培環境・発酵微生物などとともに、材料草水分 (大山・柁木, 1968 c)

と保蔵温度 (Ohyama *et al.*, 1973) の差 (それぞれ本研究では約 24%, 20°C : Catchpoole 一派では約 20%, 27°C) によつて発酵速度に若干変動が生じたものと考えられる。

無添加サイレージでは、埋蔵後 21 日目以降に急速に劣化して、フリーク評価法で、42 及び 84 日目それぞれ 33, 17 点とかなり低品質となつた。このことは、埋蔵材料草の低 TNC 含有率によつて、埋蔵初期における酪酸菌の活動を抑制する pH (4.2 以下) にするための乳酸が十分量生成しなかつたためである。この品質の低下は、酪酸生成量の増加とともに、タンパク質の分解すなわち $\text{NH}_3\text{-N}$ 含有率の増加をもたらした。

これに対して、グルコース添加サイレージでは、9 日目には乳酸が無添加区の約 4 倍も生成し、100 点の最高品質であり、その後の品質低下は緩やかであつた。すなわち、埋蔵時の TNC 含量は、埋蔵初期の乳酸発酵だけでなく、熟成期以後の品質に影響する。従つて、本試験の結果からは、熟成初期での短期利用では無添加のサイレージで十分利用可能であると考えられるが、それ以降の長期保蔵には、易利用性炭水化物源の添加が必要不可欠であるといえる。

添加炭水化物源としては、グルコースが最も効果が大きい (須藤ら, 1964 ; 大山・柁木, 1968 a, b) が本試験のグルコース添加区では 84 日目において、酪酸の生成がみられた。これは、酢酸がやや多く、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率がやや高かつたことから、pH の低下が十分でなかつたためと考えられる。タンパク質の分解が進み、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率が高まつた原因については不明であるが、さらに長期の保蔵を行つた場合にはさらに品質が低下する恐れがある。従つて、多量のグルコース添加は、有機酸生成効率を低下させ、余分に TNC を消費することになる (大山・柁木, 1968 b ; 小林ら, 1980) が、本試験の場合よりさらに長期間保蔵するためには 4% 以上のグルコース添加が必要であると推察される。

要 約

暖地型牧草グリーンパニック高水分サイレージの発酵経過と発酵品質について検討した。

1. 無添加サイレージでは、埋蔵後 3 日目までに急速に乳酸は生成され、21 日目から減少したのに対し、酢酸の生成は、埋蔵期間中徐々に増加した。酪酸は、サイレージが熟成段階に入る 21 日目に生成が認められ、以後、乳酸の減少に伴って増加した。また、アンモニア態窒素比率は、埋蔵中緩やかに高まつた。

2. 熟成期での品質劣化が急速であつた無添加サイレージに対し、グルコースを添加した場合、埋蔵初期に乳酸が多く生成され、pHが低下し、84日間埋蔵しても品質の低下は緩やかであつた。

文 献

- Catchpoole, V. R. 1965 Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) and *Chloris gayana* (C. P. I. 16144). *Aust. J. Agric. Res.*, **16**: 391-402
- Catchpoole, V. R. 1970 The silage fermentation of some tropical pasture plants. *Proc. XI Int. Grassld Congr.*, 891-894
- Catchpoole, V. R. and W. T. Williams 1969 The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. *J. Br. Grassld Soc.*, **24**: 314-324
- 小林民憲・高口 淳・西村修一 1980 暖地型牧草サイレージの品質に及ぼす材料草の生育段階および添加物の影響. 日草誌, **26**: 81-88
- 目谷義大 1970 a サイレージ発酵に関する研究. I. 高水分サイレージ発酵における経時的变化. 日草誌, **16**: 275-278
- 目谷義大 1970 b サイレージ発酵に関する研究. II. 材料草の水分処理, サイロ内空気吸引処理によるサイレージ発酵の経時变化. 日草誌, **16**: 279-284
- 森本 宏 監修 1971 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 421-424 頁
- 大山嘉信・榎木茂彦 1968 a サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究. I. 可溶性炭水化物および蛋白質の含量がサイレージの品質に及ぼす影響. 日畜会報, **39**: 61-67
- 大山嘉信・榎木茂彦 1968 b サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究. II. サイレージ発酵による可溶性炭水化物および蛋白質の量的変化. 日畜会報, **39**: 133-139
- 大山嘉信・榎木茂彦 1968 c サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究. III. 材料の水分含量, 詰込み密度およびサイロ内の気体の置換の影響. 日畜会報, **39**: 168-174
- 大山嘉信・榎木茂彦・森地敏樹 1970 サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究. VIII. 空気を導入したサイレージにおける微生物相および有機酸組成の経時的变化. 日畜会報, **41**: 625-631
- Ohyama, Y., S. Masaki and T. Morichi 1973 Effects of temperature and glucose addition on the process of silage fermentation. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **44**: 59-67
- 須藤 浩 1971 サイレージと乾草, 養賢堂, 東京
- 須藤 浩・内田仙二・安則久雄 1964 エンシレージの製造法に関する研究. (第6報)ブドウ糖添加の効果 (1). 岡大農学報, **24**: 37-46
- 高橋正行 1973 サイレージの品質におよぼす埋蔵時の空気混入率の影響. 第11報 埋蔵時の空気混入率と貯蔵初期における水溶性炭水化物の動向との関係. 日草誌, **19**: 371-378
- 上野昌彦訳 1971 Smith, D: 植物組織からの全非構造性炭水化物 (TNC) の抽出, 及び分析方法. 日草誌, **17**: 78-82

Summary

The fermentation patterns of high-moisture green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) silages was examined.

Second cut herbage at heading stage was chopped (about 2 cm) and the material with or without 4% glucose was ensiled in 2-liter polyethylene silo attached with a Bunsen's bulb. Silage samples with four replications (silos) were taken out at 3, 6, 9, 12, 21, 42, and 84 days (9 and 84 days for the silage with glucose) after ensiling, and their pH, organic acids, ammoniac nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), total nitrogen (T-N), total non-structural carbohydrates (TNC), and dry matter contents were determined. DM, T-N and TNC contents of the materials were determined before ensiling.

The quality of the silage without glucose decreased markedly after 21 days of ensiling. Lactic acid content in the silage was small because of the TNC shortage in the material and butyric acid was formed after 21 days of ensiling. The ratio of $\text{NH}_3\text{-N}$ to total nitrogen was gradually increased until 84 days. During storage, pH value was maintained between 6.01 and 5.55, apparently due to volatile fatty acids and $\text{NH}_3\text{-N}$.

In contrast to the results above mentioned, the silage with glucose was preserved well, caused by increase of TNC content in the ensiled material. Amount of lactic acid in this silage at first nine days of ensilage showed about four times of that in the silage without glucose and maintained its level until 84 days. However, at 84 days after ensiling, small amount of butyric acid was formed and pH value never decreased to 4.2 due to higher ratio

of $\text{NH}_3\text{-N}$ to total nitrogen during ensilage. Hence, addition of glucose more than 4% may be required, when longer storage is necessary than in this experiment.