

## サイレージ発酵に関する研究II

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
巻/号	164
掲載ページ	p. 279-284
発行年月	1970年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波事務所  
Tsukuba Office, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



## 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的変化

目 谷 義 大

北海道立新得畜産試験場 (北海道上川郡新得町)

#### 緒 言

前報<sup>1)</sup>において、サイレージ発酵における要因解析の基礎資料を得る目的で、サイレージ発酵を経時的に追求し、興味のある結果を認めたが、さらに明確な基礎資料を得るため前回同様、オーチャードグラスとアカクローバーを用い、各処理を行なってサイレージ発酵を再び経時的に追求した。

#### 試 験 方 法

供試材料：オーチャードグラスは1968年6月14日に、アカクローバーは1968年9月17日にそれぞれ当該飼料生産圃場にて刈取った草であり、その組成は表1に示すとおりであった。

供試サイロ：前回と同様な 10cm×20cm の供試材料 100g 容特殊ビニールサイロを用いた。

埋草方法：オーチャードグラスは水分含量 81.1%, 72.8%, 48.1%, アカクローバーは 87.2%, 76.3% に水分処理をし、各々 100g を供試サイロに埋草し、各水分処理を行なった草に対し、サイロ内空気を真空ポンプにて水銀計で 35mmHg, 45mmHg. 無吸引の3吸引処理とし、計 200 個のサイレージを3日目までは 30°C, 3日目以降は 20°C に調整した恒温室に入れそれぞれ熟

成させた。サンプル採取は各処理に対し埋蔵後 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 30 日目にそれぞれサンプルをサイロごと採取し、直ちに調査する以外は -14°C の冷凍室に入れ保存し、分析実験に用いた。

分析方法：一般成分, 有機酸, pH, アンモニア態窒素などの各成分の分析, ならびに plant juice の測定方法はすべて前報<sup>1)</sup>と同様に行なった。

#### 試験結果と考察

各処理における経時的変化は図1, 図2のとおりである。図1の高水分区についてみると、電気抵抗は埋蔵直後から吸引処理に応じ差がみられ、その結果吸引処理の強い区ほど plant juice の流出量が多く、その後の流出も速かった。また pH は、吸引処理による差がそれほど大きくはないが、それでも吸引処理の強い区ほど低く、この関係はその後も変らなかった。一方乳酸含量では pH と逆の傾向を示し、埋蔵初期から吸引処理の強い順に乳酸が高く、埋蔵後30日目でもこの関係は変らなかった。アンモニア態窒素比率は30日目までほとんど処理間により差がなく緩慢な増加を示した。したがって、高水分でのサイレージ品質は30日目まで一応吸引処理の強い順であった。次に中水分は図1に示すように電気抵抗値は高水分と同様に吸引処理の強い順に低く認められたが、高

表 1. 材 料 草 の 成 分

供 試 牧 草	処 理	水 分 (現 物 中) %	乾 物 中 の 一 般 成 分				
			粗 蛋 白 質 %	粒 脂 肪 %	可 溶 性 無 窒 素 物 %	粗 繊 維 %	粗 灰 分 %
オーチャードグラス	高水分区	81.1					
	中 //	72.8	16.2	5.2	40.0	29.6	9.0
	低 //	48.1					
アカクローバ	高水分区 I	87.2					
	高 // II	76.3	25.8	4.0	36.1	20.8	13.0

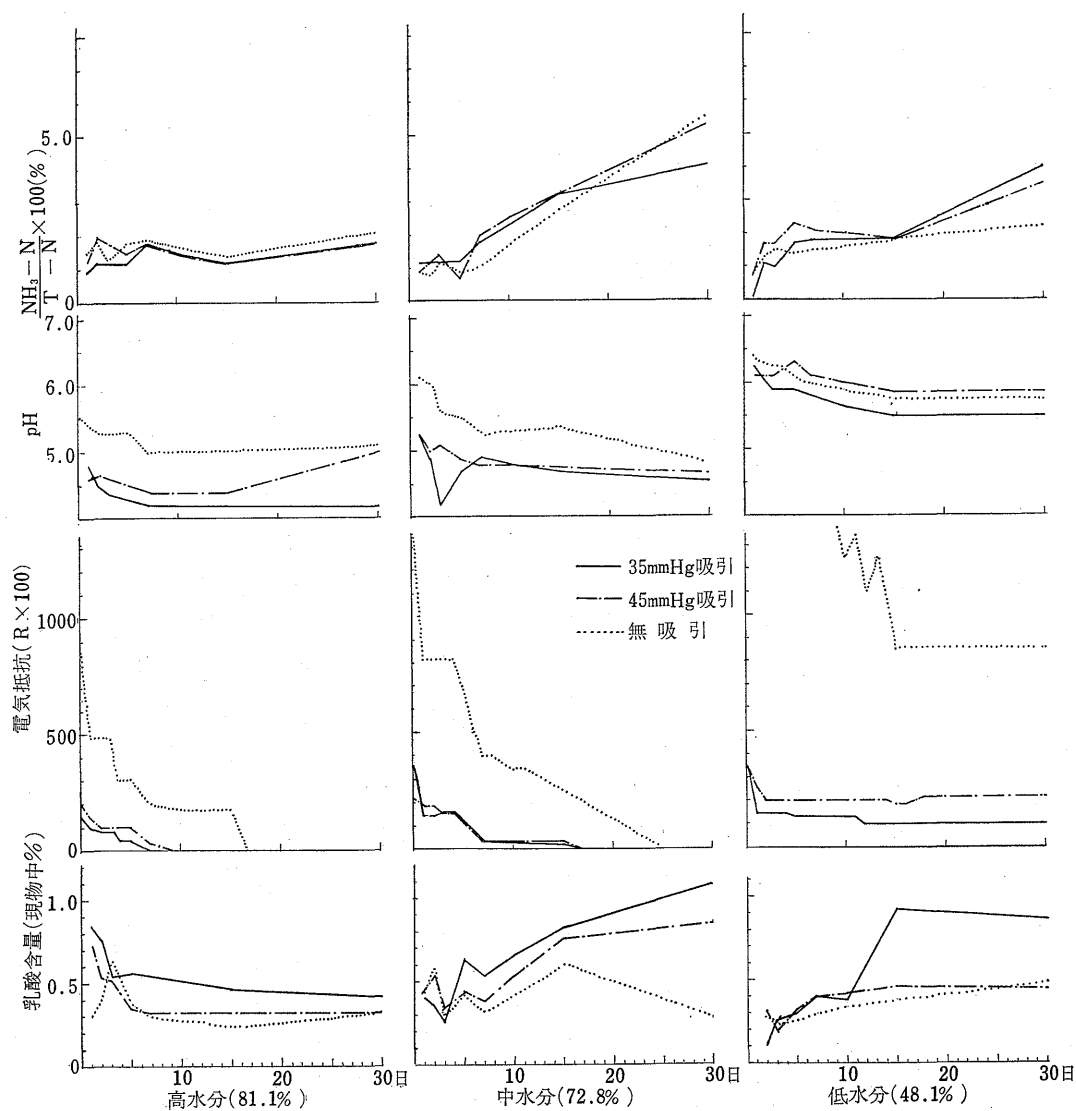


図 1. オーチャードグラスにおける経時的変化

水分に比較して全体に電気抵抗値が高く、また 35 mmHg と 45 mmHg との差は小さいがそれらと無吸引区とが大きな差となり、高水分に比較し plant juice がより流出しにくい状態にあったことを示している。また pH は埋蔵後 5 日目まで吸引処理の強い区ほど低く認められたが 7 日目に一時 35 mmHg 区が高くなり、その後再び低下が認められ結局吸引処理の強い順に低下することが認められた。一方乳酸含量は 3 日目以後、pH とは逆の傾向を示し、吸引処理の強い順に高い値を示した。またアンモニア態窒素比率は埋蔵直後より 15 日目までは 45 mmHg、35 mmHg、無吸引の順であったが 15 日目以後 30 日目ま

では吸引処理の強い順に低い値を示した。したがってこの場合には、高水分と同様、サイレージの品質は、吸引処理の強い順によくなったと考えられる。また低水分では図 1 に示すように電気抵抗は埋蔵直後高水分、中水分と同様、吸引処理の強い順に低かったが、高水分、中水分に比較して全体に電気抵抗値が高くまた吸引処理による差がかなり大きな差となっていることから plant juice がより一層流出しにくい状態にあったことが認められる。また pH は、埋蔵後 4 日目まで吸引処理の強い順に低く示されたが 5 日目以後、45 mmHg 区が最も高くなり、以後この関係は変らなかつた。一方乳酸含量では 10

日目まで 45 mmHg 区が高かったが、10 日目以後 35 mmHg 区が急激に増加し、また無吸引区も徐々に増加を示し、結局吸引処理 35 mmHg > 無吸引 > 45 mmHg の順となった。またアンモニア態窒素の比率も15日目までは乳酸含量と同様に 45 mmHg 区が高かったが、その後 35 mmHg 区が増加し、結局吸引処理の強い順に高い値であった。したがってこの場合も高水分、中水分と同様サイレーズの品質は吸引処理の強い順によくなるものと考えられる。以上の結果高水分においては埋蔵後30日目までに吸引処理にもとずく品質差がすくなくなり、pH ならびに各成分の動向からみてもし以後も貯蔵を続けるならば前報<sup>1)</sup>とも考えあわせて酪酸が増加し、全体的に品質低下が著しく、結局化学成分による品質評価では3つの材料草中最も悪いサイレーズとなる可能性にある。以上オーチャードグラスの結果を考察すると、オーチャードグラスの場合、乳酸発酵への影響の二つの面のうち、第1は水分処理による影響である。すなわちオーチャードグラスでは plant juice 中の可溶性炭水化物(以後WSCと記す)が材料草のそれに対し1/9以下(70 kg/cm<sup>2</sup>で搾汁した場合)でしかなく結局、高水分の場合、急激に plant juice が流出してもその後の活発な乳酸発酵により juice 中の WSC が著しく消費され、その結果長時間、乳酸の増加、維持がむずかしいと考えられるのと、さらに前報<sup>1)</sup>の結果から考えられるのと同様に、いったん生成された乳酸が酪酸菌などにより減少させられるなどの理由から高水分においては埋蔵初期には高い乳酸含量を示すが、その後、前記の理由により減少を示し、低い乳酸含量となることが推察出来る。また中水分の場合高水分に比較し plant juice の流出が徐々に長時間認められた結果、高水分のような一時的な乳酸の増加は認められないが、徐々に長時間乳酸の増加が続いたこと、さらには、大山<sup>4)</sup>は水分含量の少ない場合には酪酸を生成する細菌に対し抑制が厳しくなると報告し WIERINGA<sup>5)</sup>も予乾による高浸透圧のもとでは比較的高い pH において酪酸の生育が抑制されると報告し、結局中水分においては酪酸が認められないと考えられ、高水分のような急激な乳酸の減少は認められなかったこと。さらに中水分の場合は低水分に比較しても各時点における plant juice の流出量が多く認められ、その結果低水分より活発な乳酸発酵が行なわれたと考えられることから3つの材料草中中水分が最も高い乳酸含量を示すことが理解でき、この結果は須藤<sup>2)</sup>、GOUET<sup>3)</sup>らの報告と一致した。一方低水分においても結果的には高水分より多い乳酸含量を示す処理もみられたがその原因は中水分の場合と同様に推察できるが、しかし中水分に比べ plant juice 流出量がす

くない結果、35 mmHg 区、45 mmHg 区で15日目以後乳酸の増加が認められず、明らかに低水分においては栄養源(plant juice)が不足したことによるものと推察できる。また中水分を境とし、それより水分が高くても低くても乳酸の生成を抑制する結果が認められ、GOUET<sup>3)</sup>、MURDOUCH<sup>6)</sup>、ZIMMER<sup>7)</sup>らと同様な結果でもあった。

次に第2は吸引処理による影響である。各水分処理で強い吸引をした区は、水分処理することにより認められた傾向がさらに極端に強くなって認められ、無吸引区においては、その傾向がある程度抑制されることが認められた。すなわち、高水分においては吸引処理の強い区ほど急激な plant juice の流出が認められ、その結果活発な乳酸発酵が開始されることから、WSC が急激に消費されたと考えられること。また、前報<sup>1)</sup>の結果から考え、試験Ⅱの高水分においても当然酪酸菌の活成が認められると考えられることから、急激な乳酸の増加が認められた直後、急激に乳酸が減少し、この傾向は吸引処理の強い区ほど極端に認められたものであったことが推察できる。一方中水分においては、予乾処理は酪酸を生成する菌に対し抑制力が強いとする大山<sup>4)</sup>、WIERINGA<sup>5)</sup>の報告と同様今回の試験において無吸引区を除いて乳酸の減少が認められず、予乾により酪酸を生成する菌の活成が抑制されたと考えられることから予乾処理においては、乳酸を生成する菌が活成しやすい処理区、すなわち plant juice の流出量の多い区ほど高い乳酸を示したと推察できる。また低水分においても予乾処理により酪酸を生成する菌に対する抑制力が当然強く働いたと考えられ、結局中水分と同様な理由によったものであることが推察できた。

一方アカクローバーの結果を図2に示した。高水分Ⅰにおいて、吸引処理の強い順に電気抵抗値が低くなる傾向を示したが吸引処理によるこれらの差が非常に小さく、plant juice の流出量がいずれの処理においても多いことが認められた。また pH では、35 mmHg、45 mmHg 区で3日目までに急激な低下を示し、以後も徐々に低下することが認められ、30日目までほとんど同様な値で経過した。これに対し無吸引区は埋蔵初期からほとんど大きな変化は認められず、30日目でも高い pH を示した。一方乳酸含量では埋蔵後2日目から吸引処理の強い順に高い値を示したが30日目には35 mmHg 区が非常に高い乳酸含量を示したのに対し、45 mmHg 区と無吸引区はそれほど高い値は認められず、この2処理は同じ値を示した。次にアンモニア態窒素の比率は35 mmHg、45 mmHg 区で埋蔵15日目まで同様に増加を示したが、15日目以後減少が認められたのに対し、無吸引処理区では

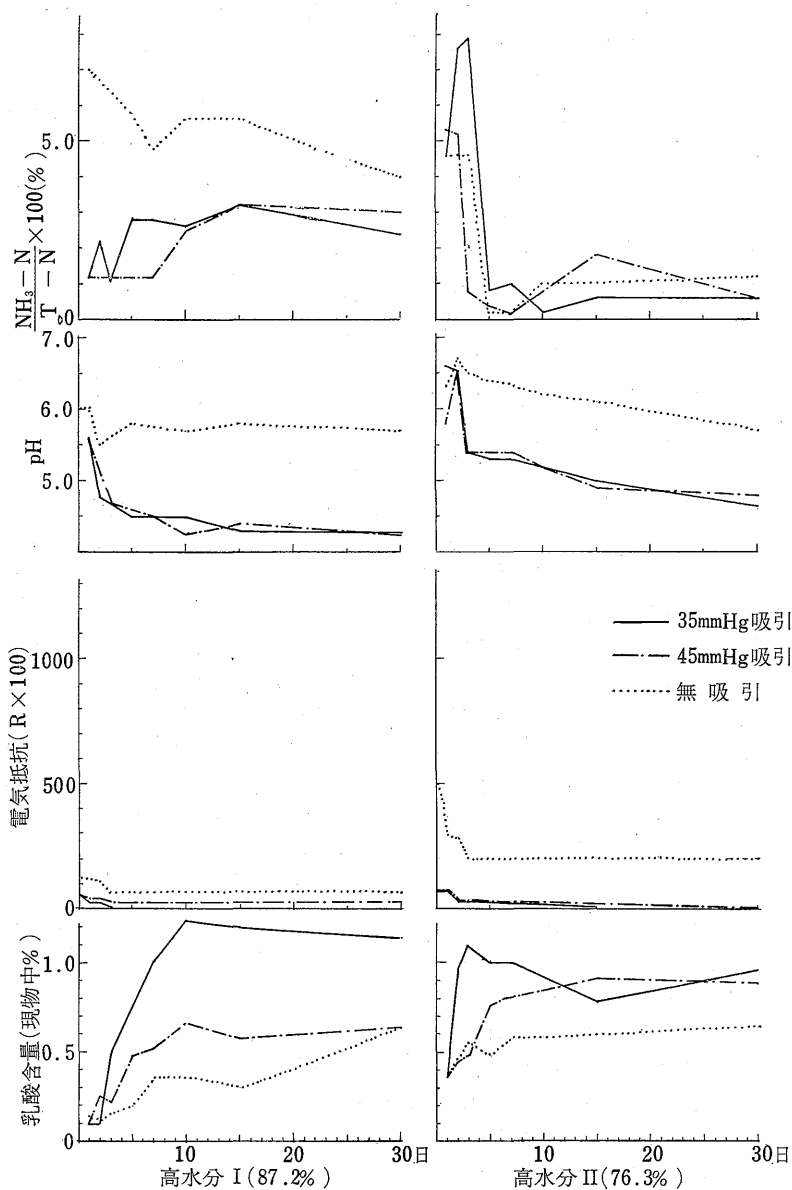


図 2. アカクロバにおける経時的变化

埋蔵直後から非常に高く、以後30日目まで徐々に減少を示し、結局30日目では吸引処理の強い順に低い値を示す傾向にあった。したがって高水分 I におけるサイレージの品質は吸引処理 35mmHg 区で最もよく、次で 45mmHg、無吸引の順であった。次に高水分 II では図に示すように電気抵抗値の 35mmHg、45mmHg 区による吸引差はほとんど認められず、無吸引区だけが少々高く認められた以外は高水分 I に比較し電気抵抗値の推移にほとんど差が認められなかったことから、アカクロバ

の場合、予乾処理による plant juice の流出への影響はオーチャードグラスほど大きくは認められなかった。また pH では、高水分 I と同様 35mmHg、45mmHg 区では30日目まで同様な値で推移した。すなわち2日目から3日目まで急激に低下し、その後も30日目まで徐々に低下が認められた。またこれに対し無吸引区では常に高い値で推移した。以上 pH はいずれの処理とも高水分 I に比較し高い値で推移することが認められた。一方乳酸含量では埋蔵初期から吸引処理の強い順に高い値を示し

たが、5日目以後 45 mmHg, 無吸引区はさらに増加を示したのに対し、35 mmHg 区は一時低下した後再度増加が認められた。また高水分 I に比較し、45 mmHg, 無吸引区では高水分 II の方が高い値を示したが、35 mmHg 区では埋蔵初期は非常に活発な発酵が認められるが、その後減少が認められ、結局高水分 I より低い値を示した。アンモニア態窒素の比率は埋蔵初期には各処理とも非常に高い値を示したが、その後5日目までに急激な減少を示し、その後の大きな変化は認められなかった。以上アカローバーの場合を考察するとアカローバーの場合は乳酸発酵への影響の二つの面のうち、第1は水分処理による影響である。すなわち、高水分 I, IIとも埋蔵初期より plant juice が急激に流出し、その後活発な乳酸発酵が行なわれるが、アカローバーでは plant juice 中に流出する WSC が材料草に対し 1/3 以上 (70 kg/cm<sup>2</sup> で搾汗した場合) を示すことから WSC がオーチャードグラスほど急激に消費するとは考えられず、結局、乳酸菌への栄養源の供給が長時間続いたと考えられることから埋蔵初期より高い乳酸含量を示したものと推察できる。また、アカローバーにおいては試験 I, II を通しオーチャードグラスに比較し plant juice の流出時期がはやく、さらに流出量も多かったにもかかわらず、乳酸発酵開始時が遅れ、この傾向は水分含量の多い高水分 I で特に強く認められた。この理由は一般に流出した juice は主として液胞からのものであり、濃度の差は細胞膜の filter 作用の差に帰因すると考えられることからアカローバーの高水分 I のような細胞組織の柔らかいものでは xylem (pith を含む) からだけではなく epidermis, cortex, phloem からまで流出があると考えられ、この場合、前記いずれかの部分からの流出が乳酸発酵を遅らせたものと考えられ、これに対し予乾の場合は予乾処理により、細胞膜の filter 作用が強くなり epidermis, cortex, phloem からの流出がある程度抑制された結果、早い時期から活発な乳酸発酵が行なわれたと推察するものである。なお、これを裏付けるものとし GREENHILL<sup>8)</sup> は細胞崩壊直後で xylem は高い water activity を示すが phloem は低い water activity を示したと報告している。第2は吸引処理による影響である。この場合 plant juice 中に含まれる WSC が多い結果オーチャードグラスのような急激な乳酸の減少は認められないと考えられることから、結果的に plant juice の流出時が早く、さらに流出量の多い区ほど高い乳酸含量を示すと考えられ、結局吸引処理の強い順に高い値を示す傾向にあった。なお、今回の試験においてもいろいろな面で問題が残されており、現在さらに追究中である。

## 要 約

オーチャードグラスの高水分 (水分含量 81.1%), 中水分 (水分含量 72.8%), 低水分 (水分含量 48.1%) とアカローバーの高水分 I (水分含量 87.2%), 高水分 II (水分含量 76.3%) をそれぞれ供試材料とし、ビニールサイロに埋蔵後、各水分区サイロ内空気を真空ポンプにて 35 mmHg, 45 mmHg, 無吸引の3吸引処理をそれぞれの発酵状態を経時的に調査した。

1. オーチャードグラスを水分処理した場合、サイレージ発酵における乳酸含量は中水分を境とし、それより水分が多くとも、低くとも乳酸の生成を抑制する結果が認められた。また吸引処理による影響は吸引処理の強い区ほど各水分処理による特徴が強く認められたのに対し、無吸引処理では水分処理による特徴があまり強くは認められなかった。一方アカローバーを供試材料とし、水分処理した場合、いずれの処理区とも高い乳酸含量を示し、水分処理による影響はオーチャードグラスほど強くは認められなかった。また吸引処理による影響は、いずれの水分処理区とも吸引処理の強い区が非常に高い乳酸含量を示した。

2. オーチャードグラスに比較し、アカローバーの場合 plant juice の流出から発酵開始までの時間が非常に長く、さらにオーチャードグラスでは plant juice の流出から乳酸発酵開始までの時間が予乾するほど長時間を要したのに対し、アカローバーでは逆に予乾するほど発酵までの時間が短かった。

3. 両草種における pH では埋蔵初期にアカローバーが高いが、その後減少が速く、最終的には両草種とも同様な値を示した。

## 文 献

- 1) 目谷義大: 日草誌, 投稿中 (1970)
- 2) 須藤浩: サイレージ調製と利用法, 養賢堂, 東京 (1966)
- 3) GOUET, P., N. FATIANOFF, S.Z. ZELTER, M. DURAND and R. CHEVALIER: *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 5, 79-100 (1965)
- 4) 大山嘉信: 日畜会報, 39, 168-174 (1968)
- 5) WIERINGA, G.W.: *Neth. J. Agric. Sci.*, 6, 204-210 (1958)
- 6) MURDOCH, J.C.: *J. Brit. Grassl. Soc.*, 15, 70-73 (1960)
- 7) ZIMMER, E. and C.H. GORDON: *J. Dairy Sci.*, 47, 652-653 (1964)
- 8) GREENHILL, W.L.: *J. Brit. Grassl. Soc.*, 19, 30-37 (1964)

(昭和45年5月2日受理)

## Studies on the Fermentation of Silage

### II. Effects of moisture contents and air suction on the process of the silage fermentation

Yoshihiro MEYA

(Hokkaido Shintoku Livestock Experiment Station)

#### Summary

Fermentation process of silage made of orchardgrass which moisture contents were 81.1 (High), 72.8 (Medium), and 48.1% (Low), and of red clover, 87.2 (High I), and 76.3% (High II) was studied. After these materials were ensiled in small vinyl silos, air in the silo was sucked by a vacuum pump to keep the pressure at 3 levels, 35 mmHg, 45 mmHg, and no suction, respectively.

1. In orchardgrass, content of lactic acid in silage was highest in medium moisture material. Formation of lactic acid was suppressed both in high and low moisture materials. This trends was more clear under air sucked silos and there was not so clear effect of moisture level in no-sucked silo. Content of lactic acid in red clover was higher than that of orchardgrass for all moisture treatments and there was not so much difference among treatments. For all moisture levels, the more the air was sucked from silo, the more lactic acid was formed.

2. In red clover, the period between plant juice exudation and beginning of fermentation was longer than orchardgrass. This period was prolonged as the moisture content of material was decreased in orchardgrass, while was shortened in red clover.

3. pH of the material was higher in red clover at the early stage of ensiling, but decreased rapidly afterwards to get the same acidity of orchardgrass finally.

(J. Japan. Grassl. Sci., 16, 279~284, 1970)