

# 梱包サイレージの密度に関する研究

第1報 梱包密度と品質および二次発酵の関係\*

坂本 登\*\*・辻 久郎\*\*

Studies on the Compactness of Baled Silage.

I. Influence of the density of bale on the quality and the secondary fermentation after opening silo.

Noboru SAKAMOTO and Hisao TSUJI.

## 緒言

サイレージ調製に関する理論、応用技術は、かなり研究され、今や、これらの技術を駆使すれば、いかなる材料、条件のもとでも発酵品質の高いサイレージを調製することができるといっても過言ではない。しかし、最近の家畜飼養の多頭化とともに、高品質のサイレージを大量に、安定、かつ省力的に調製することが重要な課題となってきた。この課題を解決する方法の一つとして、ヘイペーラを用いた梱包サイレージ調製がある。この方法は、農事試験場畑作部において「大規模機械化畑作酪農における総合技術組立試験」の中で、作業省力化のために、これまで乾草調製のため利用されてきたヘイペーラをサイレージ調製にとり入れたものである<sup>2)</sup>。梱包サイレージは貯蔵、給与の省力化に役立ち、歩留まりが高く、完全密封することによって最高品質のものが得られるが、適正水分まで材料を予乾することが必要であり、梱包間隙の白カビ、開封後の二次発酵なども問題である。

一方、梱包サイレージは、流通に好適な形態の一つとしてかなり前から研究されてきた。サイレージ流通の条件<sup>1)</sup>として、a) 高能率、大量調製が可能であり、b) 移送、再貯蔵において変質しにくいもの、c) ムダな水分の運搬をさけるための予乾、d) 運搬、貯蔵、給与など諸作業が簡便、e) サイロ形式は気密的で、容積、場所が変更できるものなどがあげられるが、梱包サイレージがこれに最も適合している。梱包サイレージをパッケージ板利用の密封サイロに大量貯蔵し、これを高温時と低温時に開封、分割再貯蔵した場合、いずれも高品質のものが得られることが認められている<sup>7)</sup>。また、10アール当り2トン程度の収量のイタリアンライグラスを1ヘクタール(20トン)、梱包サイレージに調製するた

めの延労働時間は18.5時間であり<sup>3)</sup>、給与労力まで含めると、大型タワーサイロを用いた場合の27%の労力であることも実証されている<sup>1)</sup>。

梱包サイレージ調製において、タイトペーラで予乾草を梱包する場合、材料水分は60%以下にする必要がある<sup>3)</sup>、また発酵品質の点からも、この程度の水分が好ましい。しかし、実際の調製作業においては、状況の変化から、やむなく作業途中で収納、貯蔵しなければならないことがおこる。このような時、サイレージ材料の水分は、かなり幅の広いものとなる。

そこで筆者らは、いろいろの水分条件と梱包密度のもとで、すなわち、ある水分含量の時、どの程度の梱包密度であれば高品質のサイレージが調製(無脱気のもとで)できるか、さらに夏季取出しの場合、二次発酵をどの程度おさえられるかを検討するために本試験を実施した。

なお、この論文の取りまとめに際して、御校閲いただいた鴻江政雄作物部長に対して深謝する次第である。

## 材料および方法

1975年と1976年の5月に刈落したイタリアンライグラスを、いろいろな水分含量になるように予乾し、これをヘイペーラ(コンパクトペーラ)で、各水分ごとにいろいろな梱包密度に梱包し、2梱包を1袋のバッグサイロに無脱気で貯蔵した。なお、梱包密度はヘイペーラで梱包可能な範囲のものである。

これらの材料草および、予乾、詰込み方法、使用バッグサイロなどは、第1表のとおりであり、材料水分、梱包密度の異なる53梱包の調査11形質は、第2表に示したとおりである。サイレージ中の有機酸の定量、品質は、フリーク法によった。開封時のカビ発生程度は、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)、甚(5)の6

\* 昭和51年度日本畜産学会東海支部研究発表会において講演

\*\* 畜産部

段階で示し、開封後の二次発酵の程度は、開封日から梱包内温度が急上昇し始めた日までの日数で示した。

Table 1. Materials and methods on baled silage making

Year	1975	1976	
General characters of ensiled Italian ryegrass	Cutting stage	Flowering	Full-heading
	Plant height (cm)	127	125
	Fresh yield (Kg/a)	402	400
	Moisture content (%)	78	79
Ensiled date	May 23	May 10	
Unsealed date	Jul. 31-Aug. 19	Aug. 2-4	
Operation system of wilting and baling	Cutting	Forage harvester (cutting width : 80cm)	
	Tedding	Gyro-tedder	
	Raking	Finger rake	
	Baling	Hay-baler (Compact baler) Bamfords BL-35	
Silo	Vinyl bag silo (Size: 115 × 200cm, Thickness : 0.13mm) The air was not sucked from silo.		

Table 2. Traits of baled silage and its material

Traits	Definition of the traits
Bale volume	m <sup>3</sup> Volume of a bale at ensiling date
Bale weight	Kg Weight of a bale at ensiling date
Baled silage weight	Kg Weight of a bale at unsealing date
Fresh density	Kg/m <sup>3</sup> Ensiled fresh matter weight per cubic meter
Dry density	Kg/m <sup>3</sup> Ensiled dry matter weight per cubic meter
Moisture content	%
Silage pH	
Organic acid	% Acetic, butyric and lactic acid was measured by Flieg's distillation method
Molding	Molding degree by the rank of 0-5 at unsealing date
Quality	Evaluated by Flieg's appraisal method
Secondary fermentation	days Days after opening silo until the secondary fermentation initiates

### 結果および考察

#### 1. 材料水分と梱包密度

材料草を刈落とし後、反転予乾しながら、いろいろな材料水分において、ほ場で走行梱包したが、梱包密度の変化は、ヘイベラのペールプレス装置を連続的に変化させたものであり、一定の密度に安定していなかった。したがって、本試験の場合、平均梱包密度および範囲は全体的に若干低くなっている。

第1図は材料水分30~80%の材料をヘイベラで梱包可能な密度範囲と平均を示したものである。現物密度は、材料水分40%で150~250 Kg/m<sup>3</sup> (平均200 Kg/m<sup>3</sup>)と最も低く、60~70%で230~400 Kg/m<sup>3</sup> (平均300 Kg/m<sup>3</sup>)と最も高かった。これを乾物密度で見ると、材料水分45~65%の範囲では、ほとんど変化はなく、平均120 Kg/m<sup>3</sup>程度であった。実際、梱

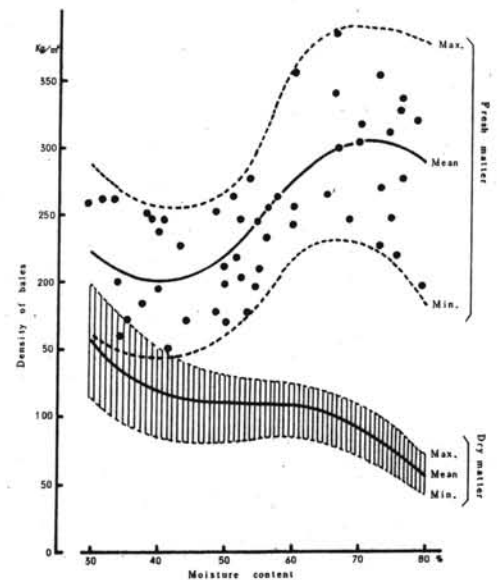


Fig. 1 Effect of moisture contents on the densiting of bale.

包サイレージを調整する場合、その密度は第1図の最高密度(Max.)近くで行なうものである。したがって、梱包サイレージ詰込の場合、踏圧、脱気を行なったと同程度の密度のものを詰込んでいることになる。しかし、サイロ内の梱包と梱包の間隙の空気の除去が問題である。

サイレージ流通を目的とした梱包サイレージの研究はこれまで、かなり報告されているが、鴻江らの報告<sup>8,9)</sup>によると、梱包サイレージの1梱包の重さは30Kg以下で、西南暖地における予乾処理の安全性を考えると、その材料水分は40~50%であるとし、また、加藤ら<sup>3)</sup>によると、タイトペーラで予乾草を梱包する場合、材料水分60%以下になると梱包可能であるが、水分が高いとトラブルをおこしやすい。また、50%以下の材料水分では、梱包密度90~2000DM Kg/m<sup>3</sup>、1梱包の重さ20Kgのものがトラブルなく調製されるとしている。

さらに、一戸ら<sup>2)</sup>によると、梱包サイレージの適正水

分は、ルーズペーラの場合、その能率、品質の関係から55%以下を目標にすべきであるとしている。

本試験においても、現物密度が最も低く、しかも乾物密度が100~150 Kg/m<sup>3</sup>となる材料水分35~50%が最も効率がよいものと思われる。

## 2. 材料およびサイレージ諸形質相互の関係

調査53梱包の各形質の平均値、変動係数および相関係数は、第3表のとおりであった。

サイレージ中の酪酸含量、開封時のカビ発生程度などは材料水分、梱包密度によって、かなりバラツキが見られた。詰込後の脱気処理が行なわれなかったにもかかわらず、全体的にカビ発生は少なかった(微~少)。しかし、水分の高いもの、サイレージPHの低いもの、総酸の少ない(現物中)もの、すなわち品質の悪いものは開封時白カビ発生がかなり見られた。

Table 3. General statistics and linear correlation coefficients among the traits (n=53)

No.	Traits	Mean	C. V. ** (%)	Correlation coefficient (r)											
				2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Fresh density	247Kg/m <sup>3</sup>	22	.12	.55	-.54	-.44	.55	-.48	-.43	.44	-.56			
2	Dry density	107Kg/m <sup>3</sup>	28		-.74	.36	.45	-.49	.41	.36	-.38	.51	.09		
3	Moisture content	55%	26			-.68	-.65	.76	-.64	-.57	.64	-.79	.46		
4	Silage pH	4.6	7				.14	-.43	.44	.36	-.63	.55	-.60		
5	Acetic acid*	0.42%	55					-.78	.66	.65	-.27	.72			
6	Butyric acid*	0.26%	143						-.68	-.58	-.48	-.86			
7	Lactic acid*	3.37%	40							.99	-.45	.83			
8	Total acid*	4.06%	31								-.38	.76	-.31		
9	Molding	1.5	68									-.61	.21		
10	Quality	82	26											-.36	
11	Secondary fermentation	8days	40												

\* Fresh matter basis

Significant at 5% level in the case of  $r > 0.27$

Significant at 1% level in the case of  $r > 0.35$

\*\* Coefficient of variation

材料水分が低いものほどPHが高く、酢酸、乳酸が多く、酪酸、カビ発生の少ない高品質のものであり、これは低水分サイレージの特性でもある。また、二次発酵はPHが低く、水分含量の多いものほどおこされた。大山ら<sup>12)</sup>の報告のとおり、埋蔵日数が短く、PHの高いサイレージが気温の高い条件におかれると変敗しやすいのであるが、これは低水分サイレージほど二次発酵をおこしやすいということであり、低水分梱包サイレージの問題の一つである。

開封後の二次発酵が梱包密度によって、どの程度影響されるかを検討することが本試験の目的の一つでもあった。第3表は形質相互の表面的な関係を示したものであるが、これらのデータから各形質の純粋な関係を見

るため、偏相関係数を計算した結果は第4表のとおりである。これは梱包の現物密度、乾物密度、水分含量、サイレージ品質、開封後の二次発酵の関係を示したものである。すなわち、材料水分と乾物密度、品質、二次発酵の関係は、これまで述べたとおりであるが、乾物密度と開封後の二次発酵との間に、わずかな正の相関が見られた。これは、乾物密度を高めることによって、わずかではあるが、二次発酵開始を遅らせることが可能なことを

Table 4. Partial correlation coefficients among main traits

No.	Traits	Partial correlation coefficient			
		2	3	10	11
1	Fresh density		0.214	-0.214	
2	Dry density	1.000	-0.679**	-0.187	0.266*
3	Moisture content		1.000	-0.718**	0.505**
10	Quality			1.000	
11	Sec. fermentation				1.000

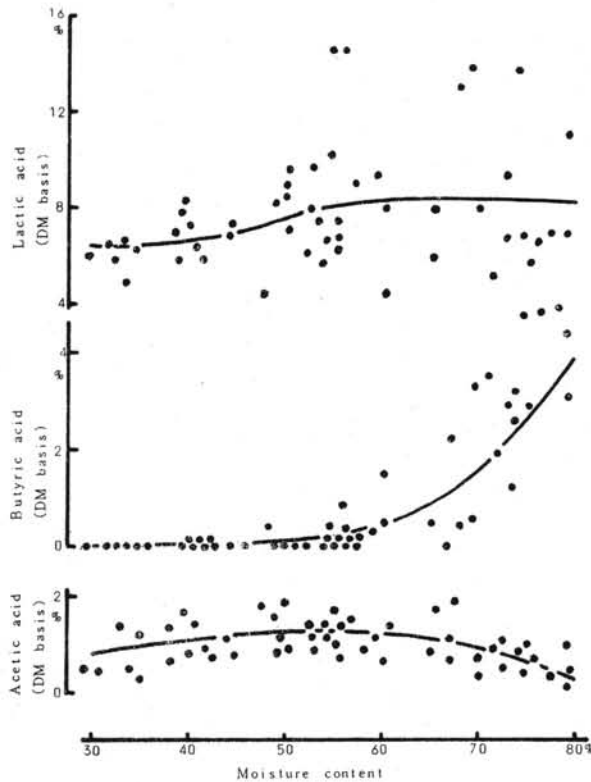
\* Significant at 5% level

\*\* Significant at 1% level

(n=53)

示している。しかし、実際には梱包密度はできるだけ高くして、大量貯蔵した場合は、利用に当たって分割再貯蔵すべきである。

1) 材料水分とサイレーシ中の有機酸、PHおよび品質



第2図は、材料水分が変化した場合のサイレーシ中の有機酸、PHおよびサイレーシ発酵品質の変化を示したものである。

図において、53梱包のデータがプロットされている

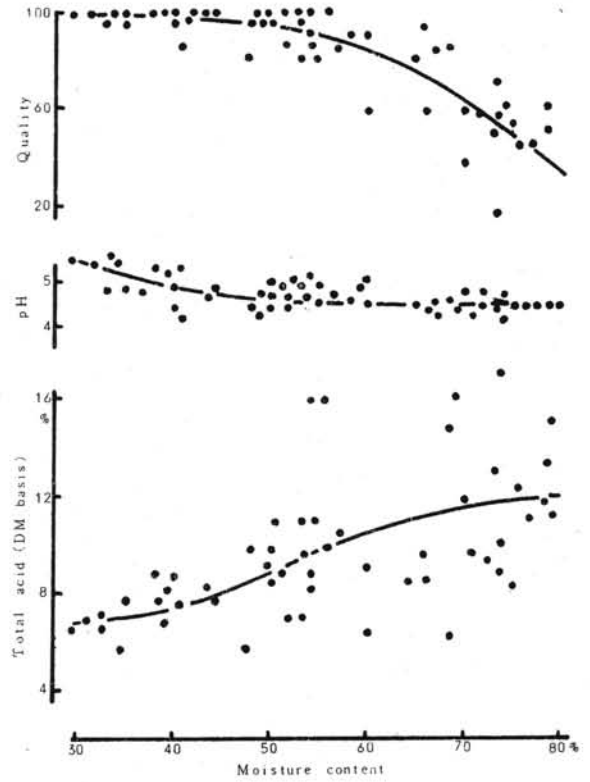


Fig. 2 Effect of moisture contents on the quantities of acetic, butyric, lactic and total acid, pH and the quality in baled silages.

が、このバラツキは調査誤差によるものではなく、梱包密度の差によるものである。サイレーシ乾物中酢酸含量は水分によってあまり変化はなく、50~60%の水分含量のところ若干多くなっている。酪酸については、水分含量60%をこえると急に多くなるが、それ以下ではほとんどない。乳酸は梱包密度によって、かなりバラツキが見られるが、50%以下の水分含量では若干少なくなり、乾物当たりになると材料水分によって大差はない。総酸は明らかに、水分含量が多くなると増加しているが、梱包密度によるバラツキも見られる。また、PHは水分含量が多くなると下っており、品質については、中~高水分の材料において密度によるバラツキが大きい。55%以下の低水分材料は安定して高品質のものが調製されている。これらの結果は、すでに報告されている。すなわち、材料水分とサイレーシ品質の関係については、須藤ら<sup>13)</sup>や小川ら<sup>10)</sup>によると、水分60%以下になると、いずれも良質のものが得られるとし、また密度との関係で、高橋ら<sup>14)</sup>は、高水分サイレーシの品質は密度が高いほどすぐれたが、予乾サイレーシでは差がなかったとしている。さらに小川ら<sup>10)</sup>は、予乾はVFAの増加をおさえるが、ある程度までは乳酸発酵を促進する効果が認められたとしている。

2) 材料水分、梱包密度と品質の関係

第3図は材料水分、梱包密度、品質の関係を示したものである。これは、重回帰分析による回帰式：

$$Y = 169.4 - W(2 - 0.02x_3) - 1.36x_3$$

Y：サイレーシ発酵品質

x<sub>3</sub>：材料水分(%)

W：標準梱包(0.06 m<sup>3</sup>)の重さ(Kg)

を図示したものである。すなわち、材料水分60%で、標準梱包(30×40×50cm)一梱包の重さが16Kgであれば、その梱包乾物密度は107Kg/m<sup>3</sup>であり、これを無脱気で密封貯蔵すると、平均発酵品質75点の梱包サイレーシが調製され、材料水分が40%で、標準梱包一梱包の重さが12Kgであれば、その梱包乾物密度は120Kg/m<sup>3</sup>となり、これを貯蔵すると平均品質100点のサイレーシが調製されることを示している。また、図中の曲線は等品質曲線であり、左下に向かって品質が高くなっている。この曲線を見ると、梱包密度の軸に平行になっており、梱包サイレーシの発酵品質は密度にはほとんど影響されず、材料水分含量によって大きく異なることを示している。すなわち、50%以下の材料水分では、品質90点以上の良質なサイレーシが調製されることがわかる。

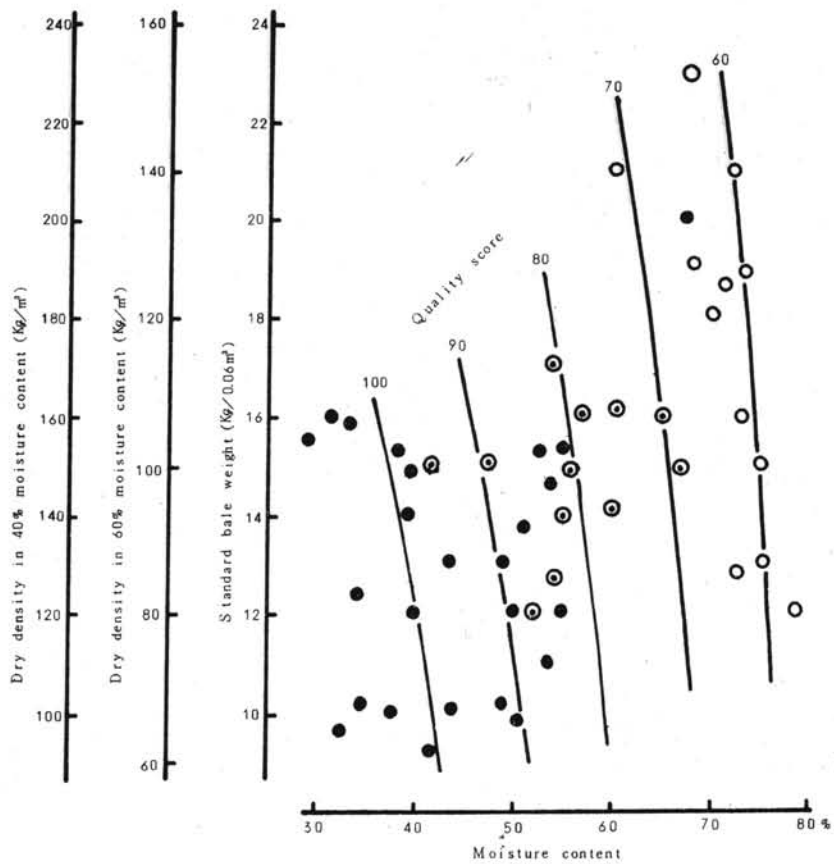


Fig. 3. Relationship among moisture contents, qualities of silage, standard bale weight and its equivalent scale of dry density in 40% and 60% moisture content.

- is silage quality in score from 15 to 70
- ◐ is silage quality in score from 70 to 90
- is silage quality in score from 90 to 100

粗飼料の品質は、その栄養成分、牛の摂取量など総合的に評価すべきである。菊地ら<sup>4,5)</sup>の報告によると、牛のサイレージ摂取量は揮発性脂肪酸の量と負の、揮発性脂肪酸中酢酸割合と正の相関が認められ、乾物摂取量は全チッソに対する揮発性塩基態チッソの比、PH、水分と高い相関があったとしている。また、高野ら<sup>15)</sup>もサイレージ品質評価にあたって、PH、有機酸のほか消化率、採食栄養量を考慮する必要があることを指摘している。しかし、本試験では一応、フリーク法による発酵品質をサイレージ品質とした。

本試験のデータから、品質に対する諸形質の寄与率を変数増加法による重回帰分析<sup>11)</sup>を用いて検討した結果は第4図のようであった。すなわち、サイレージ品質に対する影響度は、材料水分50%、サイレージ中有機酸組成25%、梱包密度10%、開封時のカビ発生程度8%で、これら以外の諸形質はほとんど影響しなかった。

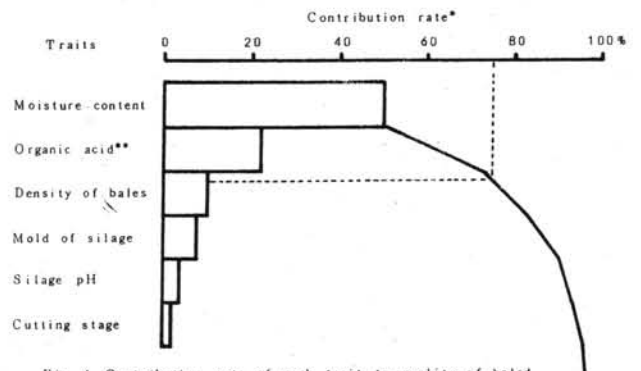


Fig. 4. Contribution rate of each trait to quality of baled silage.

- \* Contribution rate was calculated numerically by multiple regression analysis (Forward selection).
- \*\* Composition of organic acids

#### 摘要

梱包サイレージの密度と材料水分と品質、さらに夏季取出しにおける二次発酵の関係について検討した。穂揃期と開花期のイタリアンライグラスを用い、いろいろな水分含量のものを、ハイベラーで密度を変化させて梱包し、ビニールバッグサイロに貯蔵した。この梱包サイレージ53梱包について、諸形質を調査した結果、次のような結果を得た。

1. 材料水分30～80%のものをヘイバレーで梱包する場合、その乾物密度は40～200Kg/m<sup>3</sup>であった。
2. 材料水分が低くなると、乾物密度が高まり、品質が向上するが、開封後の二次発酵が早くなる。また、同じ材料水分のもので密度を高くすると、わずかながら二次発酵がおくれることが認められた。
3. 梱包サイレージの品質に対する寄与率は、材料水分50%、サイレージ有機酸比率25%、梱包密度10%であった。

参考引用文献

- 1) 安藤文桜(1970)：牛の粗飼料とくにサイレージの流通化とその方法。畜研 24(8), 1057～1061.
- 2) 一戸貞光・安藤文桜・安部 林(1967)：ヘイバレーの利用によるサイレージ調製法について。農作業研究 4, 16～20.
- 3) 加藤明治・池田 弘・高橋英伍・阿部 林・窪田哲夫・小川増弘(1973)：タイトペーラを利用した梱包サイレージの調製作業について。農作業研究 17, 28～34.
- 4) 菊地正武(1972)：乳牛のサイレージ摂取量に影響する牧草サイレージの成分について。日草誌 18(別号-2), 287～288.
- 5) 菊地正武・柴田章夫(1973)：牛のサイレージ摂取量とサイレージ品質との関係について。日草誌 19(別号-2), 120～121.
- 6) 三重県農業技術センター(1969)：水田における粗飼料の生産利用技術の体系化試験, 第Ⅱ報。38～42.
- 7) \_\_\_\_\_(1970)：水田生産粗飼料の貯蔵加工技術の確立に関する研究。9～10.
- 8) \_\_\_\_\_(1971)：\_\_\_\_\_. 18～21.
- 9) \_\_\_\_\_(1972)：\_\_\_\_\_. 16～20.
- 10) 小川増弘・高橋英伍・阿部 林(1976)：材料成分とサイレージ品質、Ⅰ貯蔵温度、貯蔵日数および予乾の効果。日草誌 22(1), 39～45.

- 11) 奥野忠一他(1976)：統多変量解析, 第1版。日科技連, 東京.
- 12) 大山嘉信・柁木茂彦(1971)：サイロ開封後のサイレージの変敗, 第1報 予乾サイレージにおける温度と有機酸組成の変化ならびに薬剤添加の影響。日草誌 17(3), 176～183.
- 13) 須藤 浩・内田仙二・井上文雄(1975)：サイレージ材料の水分含量とサイロ内埋蔵乾物密度。畜研 29(12), 1581～1582.
- 14) 高橋正行・鈴木敏彦(1975)：埋蔵密度の異なるサイレージの清化率および窒素の利用性の比較。日草誌 21(3), 149～153.
- 15) 高野信雄・山下良弘(1970)：草サイレージの品質に及ぼす各種要因の解析に関する研究, 第2報刈取時期がサイレージ品質, 消化率および採食栄養量に及ぼす影響。日草誌 16(1), 22～28.

Summary

The effect of the density of bale was studied on the quality and the secondary fermentation in baled silage making. In this experiment, Italian ryegrass materials of some moisture content were baled at the various density by hay-baler(compact baler) and ensiled in vinyl bag silo in May in 1975 and 1976.

The results of investigating some traits of plant material and resultant baled silage were summarized as follows:

1. In case that plant materials of moisture content ranged from 30% to 80% were baled by hay-baler, its densities were ranged from 40 DM Kg/m<sup>3</sup> to 200 DM Kg/m<sup>3</sup> (Fig. 1).

2. The lower moisture content of the materials ensiled, the higher dry matter density and the quality of silage were resulted. But low moisture silage suffered deterioration by the secondary fermentation after opening silo.

In the same moisture contents of the material, higher density gave promise of the more delayed secondary fermentation (Table 4).

3. As a result of analyzing data by the multivariate analysis, the traits influencing on the quality of baled silage were moisture content at 50%, composition of organic acids at 25% and density of bale at 10% respectively in the contribution rate (Fig. 4).