

サイレージの化学的成分と品質に関する研究  
(第7報) サイレージの乾物定量法と揮発性成分との関係

須藤 浩・内田 仙二

Studies on the Chemical Composition and the Quality of Silage.  
VII. Relation between the Methods for Determining Dry  
Matter and Volatile Matters in Silage

Hiroshi SUTOH and Senji UCHIDA

The presence of various volatile matters in silage has long been known. The authors have made a comparison between methods for determining dry matter in silage. The determinations in these tests included the toluene distillation method, and the drying methods with infrared ray and with oven. One of the two oven drying methods tested was a usual one and the other was a simplified one, in which a 20 to 40 g. of fresh and finely cut silage was directly weighed before drying in a large weighing bottle (6 cm × 5 cm). Of fifty silage samples, the contents of organic acids, total nitrogen, ammonia nitrogen, and dry matter as well as the pH values were determined.

The results obtained are summarized as follows:

1) Fifty silage samples (14 chinese milk-vetch, 13 Italian ryegrass, 6 oat, 5 corn, 3 sweet potato vines, 5 mixed hay crops and 4 others) contained 11.3 to 47.5 (mean  $20.7 \pm 7.6 g.$ ) of dry matter by the distillation method, 0.07 to 3.86 ( $1.40 \pm 0.95 g.$ ) of volatile fatty acid, 0.09 to 1.16 ( $0.58 \pm 0.29 g.$ ) of total N and 6.5 to 407.4 ( $110.6 \pm 98.3 mg$ ) of ammonia N, per 100 g.

2) The losses (D.M. by the distillation method—mean value of D.M. by the drying methods) were significantly correlated with volatile acid content,  $r = +0.69$ , with butyric acid content,  $r = +0.70$ , with ammonia N,  $r = +0.64$ , with pH,  $r = +0.46$  and with appraisal marks of silage,  $r = -0.60$ .

Therefore, the percentage of underestimating dry matter in poor silages is higher than that in good silages.

3) The quantity of dry matter estimated by the infrared ray drying was generally larger than that by the oven drying, but lower than that by the distillation method.

Even in employing the distillation method, however, further investigation will be necessary to determine the real quantity of dry matter in silage.

I 緒 言

サイレージには、揮発性脂肪酸（ギ酸・酢酸・プロピオン酸・酪酸・カプロン酸など）、揮

発性塩基（アンモニア・エチルアミン・トリメチルアミン<sup>1)</sup>など）のような揮発性成分をふくんでいることは、すでに知られている。したがって、サイレージの乾物を定量する場合、一般乾燥法 (Oven Drying) によるときは、揮発性成分が失われ、乾物含量は実際よりも低くみつめられることになる。このことから、乾物含量を知るためには、乾燥法によるよりもトルオール蒸留法による法がよいことが報告されている<sup>2)</sup>。簡易法についてはいろいろな方法が、比較検討された<sup>3)</sup>。またサイレージの乾物を定量するための乾燥法を示したものもある<sup>4)</sup>。

McDONALD 氏ら<sup>5)</sup>は、100°Cで乾燥する場合の揮発性成分の損失を知るため、この目的のための特殊な装置を考案して、サイレージ試料28点について研究した結果、酢酸は平均87.9%、酪酸は平均89.4%揮発すること、また乳酸も1.4~16%が揮発する。なおpHの高いサイレージでは、窒素の損失もいくらかあることを指摘している。

最近DUBRAVČIĆ 氏<sup>6)</sup>は、カール・フィツシャーの滴定法を用いた乾物定量値は、一般乾燥法で得た乾物量に補正をして得た値よりも、高いことを示している。

トルオール蒸留法は、一般乾燥法に比較して、揮発性成分を失なうことによる乾物含量の誤差は低い。いいかえると、多くの場合、トルオール蒸留法によるときは、乾燥法よりも乾物含量が真の値に近いことが認められている。しかるに、最近この方法でも、蒸留される水分のなかに、サイレージの品質により揮発性成分が混入しており、この値にも補正を要することを指摘している<sup>7)</sup>。

これらの報告から、サイレージの真の乾物含量を求めるには、FISCHERの滴定法によるか、トルオール蒸留法に対し、さらに補正值を加えるかの方法によるのが、もっとも適切に考えられる。

しかし、実用的には今日もなお一般乾燥法によることが多く、より真の値に近い値を得るための方法としてトルオール蒸留法を採用している。

著者らは、前記のことに鑑み、真の乾物含量を得るための方法についても研究中であるが、本報では真の値を得るための前段階として、また簡易実用的な面から、サイレージの乾物定量法としての一般乾燥法と、トルオール蒸留法との値の差について、すでに報告したところとの関連において<sup>8)</sup>、各種のサイレージを試料として、比較を行なった。

すなわち、乾燥法による乾物含量値と、トルオール蒸留法による乾物含量値の差すなわち損失と、サイレージの品質に関係をもつ揮発性脂肪酸およびアンモニア態窒素含量との関係について報告したい。

## II 実験材料および方法

### 1. 乾物定量法

サイレージの乾物含量は、つぎの諸法により水分の含量%を求め、100より減じた差をもって乾物含量%とした。

#### (1) トルオール蒸留法 (Toluene Distillation Method)

蒸留装置は、AOAC法<sup>9)</sup>に準じた加福式水分定量装置 (Fig. 1 参照) をもちいた。0.5cmに細切したサイレージをじゅうぶん混合して、注意深く10gをとり、トルオールを加えて常法により蒸留して、目盛管の下層の留出分を、水分として直接目盛りで読み、それより水分の含量を算出した。

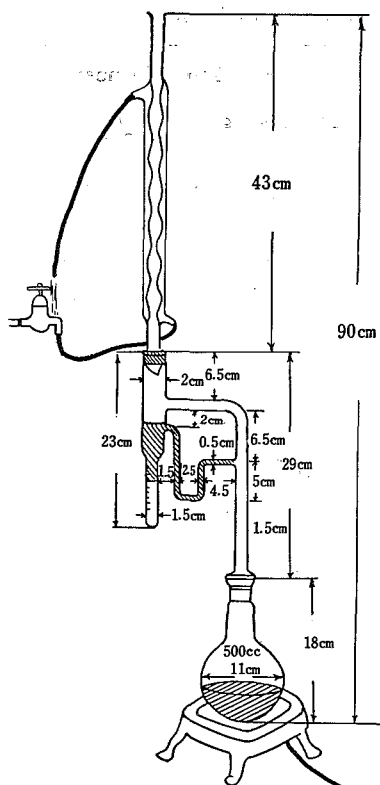


Fig. 1 Kafuku's apparatus for determination of moisture.

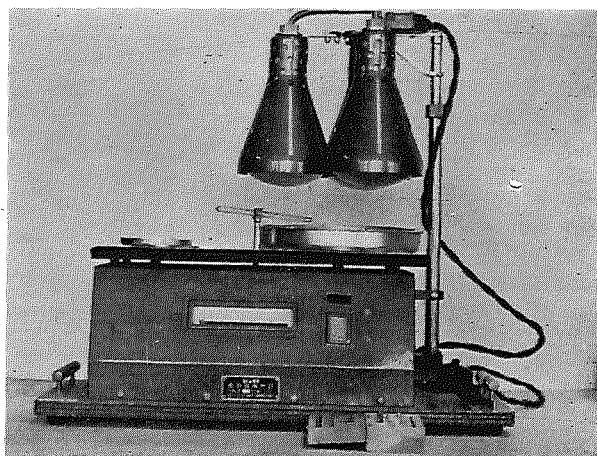


Fig. 2 Kett Infrared ray moisture-meter (F-2 B Type)

(2) 赤外線乾燥法 (Drying Method by Infrared Ray)

定量装置は、KETT赤外線水分計 (KETT Infrared Ray Moisture-Meter) F-2 B型 (Fig. 2) を使用した。

試料は前項と同様、0.5 cmに細切したサイレージを十分混和して、代表的試料になるように注意したもの

を30~50 g使用した。

定量に際しては、初めは (点灯して20分くらいまで、試料との距離5 cm, 後10 cmに調節) 130°Cくらいまで上昇させ、その後は100°C前後にした。また、試料は約5分毎にかきまぜて焦げつくことを防止し、メーターの指針が、試料の減量を示さない点を求めた。

(3) 恒温乾燥器内乾燥法 (Oven Drying Method)

a) 簡便恒温乾燥法 (Simplified Method by Oven Drying). 径6 cm×深さ5 cmのガラス製大型秤量びんをつかう。恒量にした秤量びんに、前項同様の試料を20~40 g秤取し、100~105°Cの恒温乾燥器の中に入れて、常法により恒量になるまで乾燥した。

b) 常法による恒温乾燥法 (Usual Method by Oven Drying). 一般の植物質飼料の試料を調製する方法で試料を調製した<sup>10)</sup>。すなわち、1~2 cmに細切した新鮮なサイレージ300 gを70°C以下で通風乾燥し、のち粉碎し、この試料を予め恒量にした小型秤量びん (直径3.5 cm×3.5 cm) に2 gとり、前項と同様に105°Cの恒温乾燥器内で乾燥して、恒量を求め乾物量を算出した。

Table 1. Methods for Determining Dry Matter in Silage

Method	Notes	Sample taken	Temperature
Distillation	(1) By distillation with toluene	Fresh silage 10 g	110.7°C (B.P. of toluene)
	(2) By infrared ray drying	Fresh silage 30 to 50 g	95 to 130°C
Drying	(3) Oven drying		
	{ a) Simplified weighing bottle (6 cm × 5 cm) b) Conventional weighing bottle (3.5 cm × 3.5 cm)	Fresh silage 20 to 40 g Air dried silage 2 g	100 to 105°C 100 to 105°C

## 2. 有機酸およびアンモニア態窒素の定量法

供試サイレージは、水分を定量するほか、pHはガラス電極pHメーターで測定した。

乳酸、酢酸、酪酸を定量し<sup>11)</sup>、品質を鑑定した<sup>12,13)</sup>。タンパク質の分解度を示すアンモニア態窒素の量も求めた<sup>14)</sup>。すなわちこの窒素はFLIEG氏<sup>13)</sup>のMgO-Nに相当するものである。

## 3. 供試サイレージの種類

主として1964年岡山県下の酪農家が生産したもので、レンゲ14点、イタリアンライグラス13

点、エンバク6点、トウモロコシ5点、サツマイモツル3点、混合牧草5点その他4点計50点である。

なお、FLIEG氏<sup>13)</sup>の鑑定による品質の分布はTable 3のようである。

この結果試料には、品質の優秀なもの15点、品質の劣るものが19点ふくまれた。各法による乾物の定量値を測定し、トルオール蒸留法と乾燥による定量値との差を求め、揮発性有機酸、アンモニア態窒素との関係並びに品質との関係を検討した。

## III 実験結果および考察

定量によって得た値のうち、乾燥法、赤外線乾燥法、トルオール蒸留法による定量値の差が比較的小なかつた場合の例を各種サイレージについて示すと、Table 4のようである。

また比較的定量値の差の大きかつた例を示すと、Table 5のようである。

Table 4, 5の結果から、一般にサイレージの品質の良好な場合が、乾燥法とトルオール蒸留法との定量値の差が少なく、品質の劣る場合は、良質の場合に比較して、その定量値の差は大きいように推察される。その理由は、品質の劣るサイレージは、揮発性脂肪酸および揮発性塩基をふくむことが多いので、当然考えられることである。

また、乾物含量値は、トルオール蒸留法、赤外線乾燥法、簡易恒温乾燥法、常法の順に大き

Table 2. Type of the Silages

Type of silages	Number of samples
Chinese milk-vetch	14
Italian ryegrass	13
Oat	6
Corn	5
Sweet potato vines	3
Mixed hay crops	5
Others	4
Total	50

Table 3. Distribution of Quality of Silages

Grade	Mark	Number of samples
Excellent	>80-100	15
Good	>60-80	9
Satisfactory	>40-60	2
Middle	>20-40	5
Poor	0-20	19
Total		50

Table 4. Comparison of Dry Matter Content by Various Determinations and Contents of Organic Acids and Nitrogen in Silage (1)

Type of Silages	Dry matter (%)				pH	Acid (%)			Nitrogen			Evaluation
	Infrared ray	Oven drying		Toluene distillation		Lactic	Acetic	Butyric	Total (%)	NH <sub>3</sub> -N (mg/100g)	NH <sub>3</sub> -N T.N × 100	
		Simplified	Conventional									
Chinese milk-vetch	17.2	17.1	17.1	17.5	4.27	3.78	0.40	0.16	0.74	57	8	85
Italian ryegrass	14.2	13.8	14.3	14.5	3.83	2.67	0.72	0	0.57	53	9	95
"	47.5	47.1	46.1	47.5	4.79	4.41	0.27	0	1.00	39	4	100
Sweet potato vines	15.4	14.6	14.2	15.3	3.62	2.00	0.42	0	0.46	27	6	95
"	12.8	13.5	13.4	13.7	4.80	0.74	0.07	0	0.28	15	5	100
Corn	22.9	22.7	21.8	23.0	4.18	1.05	0.70	0	0.26	14	6	80

Table 5. Comparison of Dry Matter Content by Various Determinations and Contents of Organic Acids and Nitrogen in Silage (2)

Type of Silages	Dry matter (%)				pH	Acid (%)			Nitrogen			Evaluation
	Infrared ray	Oven drying		Toluene distillation		Lactic	Acetic	Butyric	Total (%)	NH <sub>3</sub> -N (mg/100g)	NH <sub>3</sub> -N T.N × 100	
		Simplified	Conventional									
Oat	15.7	15.8	16.4	18.0	5.49	0.77	0.53	1.85	0.59	177	30	20
"	13.5	13.0	13.0	15.4	4.82	0.40	0.54	1.25	0.36	89	25	10
Chinese milk-vetch	16.1	16.1	15.0	18.5	5.25	0.70	0.76	1.36	0.79	215	27	20
"	9.7	10.0	9.9	12.5	5.10	0.54	0.96	1.63	0.49	148	30	15
Italian ryegrass	25.9	26.4	22.7	27.7	4.83	1.23	0.52	1.24	0.96	189	20	35
"	12.3	12.3	11.6	15.0	5.39	0.22	0.43	1.45	0.18	85	47	15
Mixture of chinese milk-vetch and Italian ryegrass	15.2	15.3	14.5	16.0	5.44	0.72	0.54	1.79	0.64	209	33	20
Hay crop mixture	23.3	23.6	22.4	26.0	5.93	0.74	1.40	2.16	1.11	407	37	10
"	23.2	22.6	22.8	25.7	6.03	0.89	1.28	2.42	1.16	364	32	15

く、常法の損失がもっとも多いことを示している。

赤外線乾燥法の値は、常法 (Conventional Oven Drying) に比較して、トルオール蒸留法の値にもっとも近い数値を示している。

つぎにTable 2の50点のサイレーズ試料の乾物含量を、定量法ごとに平均をもとめれば、Table 6のようである。

Table 6. Dry Matter Content by Various Determinations

Method	n	$\bar{x}$	s	Range
(1) Distillation	50	20.70 <sup>(%)</sup>	7.59	11.3—47.50
(2) Infrared ray drying	50	19.51	7.20	9.33—47.50
(3) Oven drying a) Simplified	50	19.27	7.24	9.73—47.12
"    b) Conventional	50	18.92	7.40	9.36—46.12
(4) Mean value of D.M. by drying methods	50	19.23	7.39	9.66—46.91
(1) — (4)	50	1.47	0.87	0.05—2.92

乾燥法と常法との間には、それぞれ有意な差があることが認められた。

これらの乾物含量の差は、揮発性成分の損失によるものであるので、これらの試料中の揮発性脂肪酸（酢酸+酪酸）ならびに、アンモニア態窒素などを示せば、Table 7 のようである。

Table 7によれば、50点の試料の揮発性脂肪酸（酢酸+酪酸）含量の平均値は1.40%で、アンモニア態窒素の含量の平均値は110.6mg%であった。この両者を加えたものは、トルオール蒸留法と、乾燥法による乾物の定量値の差（損失）に近い値であることが認められる。すなわち、トルオール蒸留法と乾燥法による定量値の差（損失）は、サイ

レージの揮発性成分との間に相関の存在することが推定される。

よって、各因子間の相関関係を求めてみると、Table 8 のようである。

Table 8. Correlations between the losses and Volatile Matters, pH Value and the Appraisal Mark of Silage

	n	r	t	p
Losses and volatile acids	50	+0.69	6.57	$p < 0.001$
Losses and butyric acid	50	+0.70	6.81	$p < 0.001$
Losses and NH <sub>3</sub> -N	50	+0.64	5.75	$p < 0.001$
Losses and pH	50	+0.46	3.60	$p < 0.001$
Losses and appraisal mark	50	-0.60	5.20	$p < 0.001$

Losses = (D.M. by toluene distillation - D.M. by drying methods)

このことは、品質の劣るサイレージほど、真の乾物量よりも、低くみつめられる程度の高ことを示している。

これらの結果から、サイレージの乾物を測定するには、トルオール蒸留法によるのが乾燥法によるよりも、より真に近い数値が得られることが知られる。常法による乾燥法によるときは、もっとも低い値となるので、飼料価値をもっとも低くみつめることになる。むしろ赤外線

この表によれば、すでに述べたとおり、乾物含量値は、トルオール蒸留法、赤外線乾燥法、簡易乾燥法、常法の順に大きい。その差（損失）について有意性の検定を行なってみると、トルオール蒸留法と乾燥法との間、トルオール蒸留法と他の3法間、赤外線

Table 7. Contents of Volatile Matters and Lactic Acid in Silages

	$\bar{x}$	s	Range
pH	4.66	0.72	3.50—6.11
Lactic acid (%)	1.55	1.25	0.08—5.12
Acetic acid (%)	0.54	0.33	0.07—1.57
Butyric acid (%)	0.90	0.73	0.00—2.42
Acetic acid plus butyric acid (%)	1.40	0.95	0.07—3.86
Total nitrogen (%)	0.58	0.29	0.09—1.16
Ammoniacal nitrogen (mg/100 g)	110.6	98.3	6.5—407.4

Table 8の結果では、損失と酪酸含量間には+0.70の相関がある ( $p < 0.001$ )。また損失と揮発性脂肪酸、アンモニア態窒素含量、pH間にも正の相関がいずれも認められる ( $p < 0.001$ )。品質の総合を示す評点間には、負の相関 ( $r = -0.60$ ) が認められた ( $p < 0.001$ )。

乾燥法によるほうが、損失は少ない。赤外線乾燥法には及ばないが、大型秤量びんに細切サイレーズを20~40g直接秤り、恒量を求める方法が常法よりも高い値が得られる。

トルオール蒸留法による場合、試料の採取量については、本研究では10gを採取したが、Sampling errorを少なくするため、定量装置の目盛管が30~50mlまで読めるものをつかい、30~50gくらいを採取するのが望ましい。その後著者らの研究室で使用している<sup>15)</sup>。

これに次ぐものとして、赤外線水分計が考えられる。

サイレーズの真の乾物含量を知るために、これらの諸方法をふくめた種々の方法ならびにこれらに関連する問題については、さらに研究中である。

#### IV 総 括

サイレーズの乾物を定量するため、レンゲ・イタリアンライグラス・エンバク・トウモロコシ・イモヅル・混播牧草をふくむ50点のサイレーズを試料に、トルオール蒸留法と乾燥法（赤外線乾燥法、恒温乾燥器乾燥法）を比較した。かつ、乾燥法により定量する場合の損失と揮発性成分間の関係を検討した。その結果の要約はつぎのようである。

1) サイレーズの乾物定量値は、トルオール蒸留法、赤外線乾燥法、簡易恒温乾燥法、常法の順に高かった。トルオール蒸留法に比較して、乾燥法は、損失の高いことが認められた。

2) 損失（トルオール蒸留法と乾燥法による定量値との差）と、揮発性成分、pH、評点間の相関を求めた結果、揮発性脂肪酸間に(+0.69;  $p < 0.001$ )、酪酸間に(+0.70;  $p < 0.001$ )、アンモニア態窒素間に(+0.64;  $p < 0.001$ )、pH間に(+0.46;  $p < 0.001$ )、品質の評点間に(-0.60;  $p < 0.001$ )の相関係数が得られた。すなわち、品質の劣るサイレーズにおいては、品質のよりよいサイレーズに比較して、その乾物含量ひいては飼料価値が、実際よりも低くみとられる割合が高くなる。

3) サイレーズの乾物量を知るためには、トルオール蒸留法について、赤外線水分計によるのがよいようである。

トルオール蒸留法による定量値についても、真の乾物量を求めるためには、なお問題点が残っている。これらについてはさらに研究中である。

本研究施行上多大の協力をされた坂本広司君に感謝する。また本研究の要点は、1965年4月7日の日本草地学会（東京）の席上で発表した。

#### 文 献

- 1) JACKSON, R.B. (1964) : *J. Sci. Food Agric.*, **15**(5), 308—312.
- 2) PERKINS, A.E. (1943) : *J. Dairy Sci.*, **26**, 545—51.
- 3) MAGEE, A.I. and KALBFLEISCH, Wm. (1952) : *Sci. Agric.*, **32**, 117—126.
- 4) BARNETT, A.J.G. (1954) : *Silage Fermentation*, 130—131, Butterworths scientific publications, London
- 5) McDONALD, P. and DEWAR, W.A. (1960) : *J. Sci. Food Agric.*, **11**, 566—570.
- 6) DUBRAVČIĆ, M.F. (1964) : *J. Assoc. Offic. Agric. Chem.*, **47**, 738—744.
- 7) FENNER, H. and BARNES, H.D. (1965) : *J. Dairy Sci.*, **48**(10), 1324—1328.
- 8) SUTOH, H. and UCHIDA, S. (1958) : *Sci. Rep. Fac. Agric. Okayama Univ.*, **12**, 25—26.
- 9) AOAC. (1955) : *Official Methods of Analysis*, 365, AOAC Washigton 4, D.C. 8 Ed.
- 10) 東大農化 (1955) : *実験農芸化学*, 108, 第4版 (朝倉書店) 東京.

- 11) FLIEG, O. (1938) : *Biedermanns Ztb. B. Tierern.* , 9(2), 178—183.
- 12) FLIEG, O. (1938) : *Futterb. u. Gärfutterb.* , 1(2), 121—128.
- 13) FLIEG, O. (1965) : *Die Landw. Versuchsst. Limburgerhof 1914—1964, 50 Jahre landw. Forsch. in der BASF*, 396—402.
- 14) 東大農化 (1955) : *実験農芸化学*, 103—4, 第4版 (朝倉書店) 東京.
- 15) 須藤 浩 (1966) : *サイレージの調製と利用法*, 154, 第4版 (養賢堂) 東京.



学術報告 第27号 正誤表

頁	行	誤	正
17	下から 15行目	K(Ⅱ)-type*	K(Ⅱ)-type <sup>8)</sup>
20	〃 7行目	菌環の発生本数	菌環上の子実体の発生本数
23	上から 12行目	37%	37%
25	下から 3行目	基礎と実察	基礎と実際
27	上から 4~26行目	Gibberelin	Gibberellin
〃	〃 6~20行目	Chlorophyl	Chlorophyll
〃	〃 10行目	pecioles	petioles
28	下から 4行目	茎の	葉柄の
29	上から 4行目	20ヶ所づつ	20ヶ所ずつ
〃	〃 10行目	茎葉の す入りの頃	葉の
30	第3表	<u>*, **, *, **, *</u>	<u>+, ++, +, ++,</u>
33	文献 9)	Garder	Garber
54	下から 8行目	負の相関	負の相関
57	上から 11行目	Linear-Sowiug	Linear-Sowing
〃	〃 18行目	Conclded	Concluded
〃	下から 5行目	Wheat	wheat
58	上から 14行目	農家の得望	農家の要望
60	〃 15行目	特は授精に	特に授精に
64	表一Ⅶの注(2)	乾燥種子消毒	乾燥、種子消毒
66	上から 1行目	慣行	慣行