

## サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究 (4):

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	内田, 仙二
巻/号	33巻1号
掲載ページ	p. 38-43
発行年月	1987年4月

## サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究

### IV. 乾物消化率及び栄養価の測定値に対する乾物定量法の影響

内 田 仙 二\*

#### 要 旨

内田仙二(1987):サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究 IV. 乾物消化率及び栄養価の測定値に対する乾物定量法の影響. 日草誌 33, 38-43.

同一材料草を用いて調製した無添加(C区),ブドウ糖3%添加(G区)及び予乾材料(W区)による各サイレージ並びに乾草について,それぞれ去勢羊による消化試験を実施した.各給与試料の乾物含量をガスクロマトグラフ法(GC),凍結乾燥法(FD),トルエン蒸留法(TD),修正トルエン蒸留法(CTD),低温加熱乾燥法(LOD)及び高温加熱乾燥法(HOD)によってそれぞれ定量した.各定量法による乾物含量を消化率の計算に適用して乾物消化率を算出した.さらに各試料について求めたDCP,TDNの値を各定量法による乾物含量の水準に換算し乾物定量法の影響を検討した.

サイレージの乾物定量値は定量法間で差を生じ,一般にGCによる値が他の定量法による値より有意に高く,HODによる値が有意に低くなった.一方,FD,TD,CTDによる値間に有意差は認められなかった.W区サイレージの定量法間の差は他の区のサイレージのそれらに比べ一般に小さく,乾草の場合の定量法間の差はさらに小さかった.サイレージの乾物消化率はその乾物含量を反映し,定量法間に有意差を生じた.しかし,乾草の場合の定量法間の差は一般に少なく,かつ定量法間に一定の傾向は認められなかった.各乾物含量に換算したDCP,TDNの値も上記と同様の傾向を示した.

キーワード: 栄養価, 乾草, 乾物消化率, 乾物定量法, サイレージ.

#### 緒 言

サイレージの乾物を加熱乾燥に基づく慣行法<sup>7)</sup>によって定量する場合,試料の調製時及び定量中に揮発性成分が揮発損失し,定量値に誤差を生ずることが明らかにされ<sup>1,6,10)</sup> 乾物及び各化学成分の定量のための改良法について検討が進められてきた<sup>5,13,17)</sup>.ところで,これらの定量値は消化率や可消化養分などの算出の基礎となるものであるから,適用される定量法によって,サイレージの乾物含量はもちろん栄養価値も誤って評価されると考えられる.しかし,今日までのところ乾物定量法と測定される栄養価との関連性についての検討は不十分のように思われる.

本報の実験は,これらに関する一連の研究の一環として企画したもので,今日までに提案された主要な乾物定量法を,同一材料から調製した品質,乾物含量及び揮発性成分含量の異なるサイレージ並びに乾草に適用して各定量法による乾物含量を比較するとともに,それらの値

を去勢羊による消化率の算出に適用して各定量法に基づく乾物消化率について比較した.さらに,消化試験より得られたDCP,TDNの値を各定量法による乾物水準に換算し,それぞれの値について乾物定量法による影響を比較検討した.

#### 材 料 と 方 法

##### 1. サイレージ並びに乾草の調製

同一圃場(本学実験圃場)に栽培したイタリアンライグラスを1番草出穂期に刈取り,次の方法によってサイレージ並びに乾草をそれぞれ調製した.刈取り後直ちに1.5cmの切断長に設定したサイレージカッターで細切し,無処理(C区)及びブドウ糖3%添加(G区)のサイレージを調製した.また,材料草を圃場に拡げて1日予乾した後1.5cmに細切して予乾サイレージ(W区)を調製した.別に同一材料草を3日間日乾して乾草を調製した.実験に使用したサイロは鉄製サイロ( $\phi 70 \times 120$  cm)3基で,重石はそれぞれ120 kgとした.

##### 2. サイレージの品質調査及び揮発性成分の分析

サイレージの発酵的品質は,pHの測定及びFLIEG

\* 岡山大学農学部 〒700 岡山市津島中1-1-1

法による有機酸定量に基づく評点によって判定した<sup>9)</sup>。揮発性成分として、発酵有機酸、アンモニア及びエタノールを定量した。有機酸とエタノールはガスクロマトグラフ法により、アンモニアは減圧蒸留法によってそれぞれ定量した。これらの定量法は全て前報<sup>13)</sup>の方法に準じた。

### 3. サイレージ及び乾草の消化試験

平均体重約 50 kg の去勢羊（日本コリデール種）3頭を簡易代謝試験装置に収容し、各サイレーズ及び乾草をそれぞれ単一給与して全糞採集法<sup>9)</sup>により消化試験を実施した。なお、乾草は給与前に 1.5 cm に細切した。試験期間は予備期 7 日以上本試験期 7 日間とし、各試料に対し 3 頭ずつ供試した。

### 4. 飼料及び糞の化学分析

本試験中の給与飼料からサイレーズ 200 g、乾草は 50 g、排泄された糞は 1/10 量を毎日採取し、4°C の冷蔵庫内に保管し、試験終了時に混合して分析に供した。分析試料の調製のための乾燥は凍結乾燥法<sup>13)</sup>により、粉碎後の試料の乾物定量及び粗脂肪抽出試料の予備乾燥は真空乾燥法<sup>13)</sup>を適用した。その他の分析操作は常法<sup>7)</sup>によった。糞試料の調製及び分析は全て常法<sup>7)</sup>によった。給与飼料及び糞の量とその分析値から各成分の消化率を求めるとともに DCP、TDN を算出した。

### 5. 飼料の乾物定量

上記の各給与飼料について、それぞれ次の 6 種類の定量法により乾物定量を行なって乾物含量を求めた。各定量は 5 反復で実施し、統計的方法<sup>13)</sup>によって比較した。

#### (1) ガスクロマトグラフ法 (GC)

各試料 10 g を用い、BURDICK and McHAN<sup>9)</sup>に準ずる処理によりイソプロパノール抽出液を調製し、内部標準として *n*-ブタノールを使用してガスクロマトグラフ分析を実施して水分を定量して乾物含量を求めた。分析装置及び条件は著者の検討結果<sup>14)</sup>に基づいて次のようにした。ガスクロマトグラフ：島津 GC-3 BT、カラムと充填剤：ガラスカラム ( $\phi 2.6 \text{ mm} \times 2.1 \text{ m}$ )・Ghromosorb 102、キャリアガス：He 60 ml/min、インテグレーター：島津 C-RB Chromatopac。

#### (2) 凍結乾燥法 (FD)

100 ml 容ポリエチレン製広口瓶を秤量用容器に用い、試料 20 g ずつを供用してそれぞれ予備凍結後、真空凍結乾燥機 (VIRTIS 10-147 MR-BA) のチャンバー内で 24 時間乾燥し乾物を定量した。乾燥条件はコンデンサー温度 -70°C、真空度 5  $\mu\text{Hg}$  以下とした<sup>15)</sup>。

#### (3) トルエン蒸留法 (TD)

50 g 用トルエン蒸留装置を用い、サイレーズ試料 50

g、乾草試料 20 g を使用して常法によりトルエン蒸留を行ない、留出した水分画分の容積から水分含量を求めて乾物含量を算出した<sup>12)</sup>。

#### (4) 修正トルエン蒸留法 (CTD)

TC 法による水分画分について DEWAR and McDONALD<sup>9)</sup>の方法に基づく補正を加え、トルエン蒸留法による修正乾物含量を求めた<sup>12)</sup>。

#### (5) 低温加熱乾燥法 (LOD)

ガラス製秤量瓶 ( $\phi 55 \times 35 \text{ mm}$ ) を使用し、サイレーズ試料は 20 g、乾草試料は 5 g をそれぞれ供用して 70°C の恒温乾燥器内で 16 時間乾燥し、放冷・秤量して乾物含量を求めた<sup>15)</sup>。

#### (6) 高温加熱乾燥法 (HOD)

LOD 法に準じ、105°C の恒温乾燥器内で 24 時間乾燥し、放冷・秤量して乾物含量を求めた<sup>15)</sup>。

### 6. 各乾物定量値に基づく乾物消化率並びに栄養価の算出

各定量法によって求めた乾物定量値に基づいて去勢羊による乾物消化率 (DMD) を算出した。一方、上記消化試験に基づいて測定した DCP 及び TDN の値を各定量法による乾物の水準に換算して比較した。

## 結果と考察

供試サイレーズの発酵の品質並びに揮発性成分含量を Table 1 に示した。C 区サイレーズの評点は 71 点、G 区と W 区のサイレーズのそれはいずれも 100 点であった。揮発性成分含量は、各サイレーズの発酵過程を反映して異なったパターンを示している。すなわち、C 区サイレーズは乳酸含量が比較的少なく、VFA 及びアンモニア含量が比較的多い。G 区サイレーズでは VFA 含量は比較的少なく、乳酸及びエタノール含量が他の区に比べて高い。上記の両区に比べ W 区サイレーズは発酵が総体的に抑制され、揮発性成分の含量は低くなっている。以上のように、供試した 3 区サイレーズはそれぞれ異なった発酵及び揮発性成分のパターンを示している。

各乾物定量法に基づいて測定した供試サイレーズ及び乾草の乾物含量は Table 2 のようである。乾物含量はサイレーズの各区において、いずれも GC 法による値が有意に高く、FD、TD 及び CTD 法による値には大差が無く、LOD と HOD 法による値は W 区サイレーズを除き、他の定量法による値より有意に低い値を示した。加熱乾燥法による場合、サイレーズ中の VFA、アンモニア、エタノールなどの揮発性成分の一部が乾燥中に揮発損失すること、そしてその割合は乾燥条件などによって異なることなどが知られている<sup>4,6,16)</sup>、LOD 及

Table 1. Fermentation quality and volatile matter contents of silages used for experiment

	C-silage		G-silage		W-silage	
Fermentation quality :						
pH	4.01		3.69		4.72	
Score <sup>1)</sup>	71		100		100	
Volatile matter :						
Lactic acid (%)	0.70 <sup>a)</sup>	4.07 <sup>b)</sup>	1.13 <sup>a)</sup>	5.47 <sup>b)</sup>	0.91 <sup>a)</sup>	1.81 <sup>b)</sup>
Acetic acid (%)	0.53	3.08	0.24	1.16	0.34	0.68
Propionic acid (%)	0.14	0.81	0.02	0.10	0.04	0.08
<i>n</i> -Butyric acid (%)	0.13	0.76	0.02	0.10	0.04	0.08
<i>i</i> -Valeric acid (%)	0.03	0.17	—	—	—	—
<i>n</i> -Valeric acid (%)	0.11	0.64	—	—	—	—
Ammonia (%)	0.06	0.35	0.04	0.19	0.16	0.32
Ethanol (%)	0.09	0.52	0.51	2.47	0.23	0.46
Total (%) <sup>2)</sup>	1.09	6.33	0.83	4.02	0.81	1.62
Total (%) <sup>3)</sup>	1.79	10.40	1.96	9.49	1.72	3.43

1) Evaluated by FLEGG's method. 2) Values without lactic acid. 3) Values with lactic acid. a) Percentage of fresh silage. b) Percentage of dry matter.

Table 2. Dry matter contents of silages and hay measured by different determination methods

	GC	FD	TD	CTD	LOD	HOD
C-silage (%)	18.86 <sup>a</sup>	17.19 <sup>b</sup>	17.00 <sup>b</sup>	17.28 <sup>b</sup>	15.76 <sup>c</sup>	14.97 <sup>c</sup>
G-silage (%)	22.76 <sup>a</sup>	20.67 <sup>b</sup>	20.55 <sup>b</sup>	20.76 <sup>b</sup>	19.36 <sup>c</sup>	17.41 <sup>d</sup>
W-silage (%)	51.87 <sup>a</sup>	50.33 <sup>b</sup>	50.35 <sup>b</sup>	50.50 <sup>b</sup>	49.79 <sup>b</sup>	46.30 <sup>c</sup>
Hay (%)	90.57 <sup>ab</sup>	90.62 <sup>ab</sup>	90.96 <sup>a</sup>	91.00 <sup>a</sup>	89.85 <sup>b</sup>	87.24 <sup>c</sup>

Values are means of five replicates.

GC: Gas chromatography. FD: Freeze dry for 24 h. TD: Toluene distillation. CTD: Corrected toluene distillation by DEWAR and McDONALD method. LOD: Oven dry at 70°C for 16 h. HOD: Oven dry at 105°C for 24 h.

a, b, c, d Means in the same row with a common superscript are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

び HOD の両法で得られた低い定量値は、その大部分が乾燥過程における物質損失に起因するものと思われる。FD 法及び TD 法によれば、定量中に生ずる揮発性成分の損失による定量誤差がより少なくなること<sup>5,12,15)</sup>、そしてまた両方法による定量値間に有意差を生じなかったこと<sup>15)</sup>が報告されているが、本実験結果もこれらと一致している。一方、GC 法によれば FD 法や TD 法などより定量中の揮発性成分の損失による誤差がより少なく、さらに適正な定量値が得られることが報告されている<sup>3,14)</sup>、本結果もそれを支持する成績であった。ちなみに、FD 法並びに CTD 法においても若干の定量誤差を生ずることも明らかにされている<sup>2,5,12,15)</sup>。揮発性成分含量の比較的良かった W 区サイレージの場合、各定量法による乾物含量間の差は比較的少なく、かつ区内の傾向も他の 2 区のサイレージと若干異なった。さらに、これら揮発性成分をほとんど含有しないと考えられる乾草の場合、各定量法による含量の差は極めて少なく、加熱乾燥法による値がわずかに低い値を

示すに止まった。これら各試料についての各定量法による乾物定量値の比較結果より、定量法間の含量の差は試料中に含まれる揮発性成分含量に強く左右されていることが認められる。従って、これらの成分を多量に含むサイレージでは、適用する定量法によって含量は大きく異なり、それを基礎にして評価される消化率や栄養価の値に強く影響することが考えられる。

各定量法によって測定した乾物含量を適用して去勢羊による乾物消化率 (DMD) を算出した結果を Table 3 に示した。各サイレージの DMD は、それぞれ試料の乾物含量と同様 GC 法による値が最も高く、FD, TD 及び CTD 法の値がこれに続き、LOD 並びに HOD 法による値が最も低くなり、定量法間に有意差が認められた。同一試料の DMD における定量法間の差は C 区サイレージで最も大きく、続いて G 区サイレージであり、W 区サイレージのそれは比較的小さかった。一方、乾草では DMD の測定値に対する乾物定量法の影響は少なく、HOD 法による値のみがわずかに低くなった。

これらの結果より、評価されるサイレージの DMD の値は、その乾物定量法によって有意に変動することが確認された。さらに、これら DMD の値の定量法間の変動は、サイレージの発酵パターンによっても左右されることも明らかに認められた。これらの傾向については、今日まで CLANCY ら<sup>4)</sup> 及び著者ら<sup>11,13)</sup> の実験結果からも考察されたところである。試料の調製と乾物定量に FV 法<sup>13)</sup> を適用し、消化試験により求めたサイレージ並びに乾草の DMD, DCP 及び TDN の値は Table 4 のようである。さらに、Table 4 に示した各試料の DCP, TDN の値を、上記 Table 2 の各定量法による乾物定量値の水準に換算した結果を Table 5 に示した。DCP 並びに TDN の換算値は、それぞれ試料及び定量法によって変動し、サイレージの場合、GC 法に基づく値が一般に高く、OD 法に基づく値はかなり低く、FD, TD

及び CTD 法に基づく値は両法の間中にあり、かつ定量法間に大差は認められなかった。これら定量法間の変動は C 区及び G 区サイレージで大であり、W 区サイレージでは比較的小であった。一方、乾草の場合、定量法に基づく差はほとんど認められなかった。もちろん Table 5 に示した値は、上述のように全て各定量法による乾物定量値を基にして一律に換算した結果であり、個々の可消化成分から算出した数値ではない。従って、定量法と DCP 及び TDN との関係を適正に表現しているとはいえない。しかし、これらの結果はサイレージに対する乾物定量法が、その栄養価の評価に対して大きく影響を及ぼす因子となることを示唆する資料となると思われる。

以上の諸結果から、サイレージの乾物定量値は、その揮発性成分の含有に起因して定量法間に差を生じ、それ

Table 3. Dry matter digestibilities of silages and hay evaluated by different methods for determining dry matter

	GC	FD	TD	CTD	LOD	HOD
C-silage (%)	63.5 <sup>a</sup>	60.0 <sup>b</sup>	59.5 <sup>b</sup>	60.2 <sup>b</sup>	56.3 <sup>c</sup>	54.1 <sup>d</sup>
G-silage (%)	71.1 <sup>a</sup>	68.8 <sup>b</sup>	68.6 <sup>b</sup>	69.0 <sup>b</sup>	66.7 <sup>c</sup>	63.0 <sup>d</sup>
W-silage (%)	61.1 <sup>a</sup>	59.9 <sup>b</sup>	59.9 <sup>b</sup>	60.0 <sup>b</sup>	59.4 <sup>c</sup>	56.4 <sup>d</sup>
Hay (%)	63.2 <sup>ab</sup>	63.2 <sup>ab</sup>	63.4 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>	62.9 <sup>b</sup>	61.8 <sup>c</sup>

Values are means of three wethers.

GC, FD, TD, CTD, LOD, HOD: see Table 2.

a, b, c, d Means in the same row with a common superscript are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 4. Nutritive values of silages and hay evaluated by digestion trials with wethers\*

	DM	DMD <sup>1)</sup>	DCP <sup>1)</sup>	TDN <sup>1)</sup>
C-silage (%)	16.97	59.5	1.93	10.24
G-silage (%)	20.52	67.5	2.10	14.80
W-silage (%)	50.49	60.0	5.25	29.39
Hay (%)	90.17	63.1	6.98	55.05

\* Values are evaluated by using the freeze-dry and vacuum-dry method (FV) for the drying of analytical samples.

1) Values are means of three wethers.

Table 5. Nutritive values of silages and hay corrected for dry matter levels measured by different determination methods

		GC	FD	TD	CTD	LOD	HOD
C-silage	DCP (%)	2.41	2.13	2.10	2.14	1.89	1.76
	TDN (%)	11.98	10.40	10.22	10.50	9.05	8.29
G-silage	DCP (%)	2.52	2.27	2.25	2.29	2.08	1.78
	TDN (%)	16.68	14.93	14.81	15.43	13.70	11.68
W-silage	DCP (%)	5.47	5.22	5.21	5.25	5.13	4.85
	TDN (%)	30.67	29.22	29.21	29.41	28.74	25.55
Hay	DCP (%)	7.02	7.02	7.08	7.12	6.92	6.50
	TDN (%)	55.40	55.46	55.73	55.82	54.73	52.33

Values are means of three wethers.

GC, FD, TD, CTD, LOD, HOD: see Table 2.

らに基づいて算出される消化率に強く反映してくることが実証され、サイレージの栄養価をより正しく評価するためにより適正な定量法を適用する必要があることが示された。それらの方法として、本実験からは GC 法が最も優れていると認められた。また、FD 法なども GC 法に比較的近い値を示し、これらの適用もサイレージの DMD をより正しく測定するために有効と考えられる。また一連の結果から、サイレージの栄養価をより正しく評価するために、試料調製などに FV 法<sup>13)</sup>を適用してより正しく個々の可消化養分含量を求めるとともに、さらにより適正な乾物定量値によって補正する方法が有用と思われた。

### 謝 辞

本研究の実施に当たり有益な御助言を賜わった岡山大学農学部 堀米隆男教授並びに坂口 英助教授に感謝の意を表わす。また実験に協力された小杉真樹君に対しても謝意を表す。

### 文 献

- 1) BERG, K. und F. WEISSBACH (1976) *Arch. Tierernähr.* **26**, 661-672.
- 2) BROWN, D.C. and J.C. RADCLIFFE. (1971) *Proceedings of the XI International Grassland Congress.* pp. 750-754.
- 3) BURDICK, D. and F. MCHAN (1982) *J. Dairy Sci.* **65**, 2396-2401.
- 4) CLANCY, M., P.J. WANGSNES and B.R. BAUMGARDT (1977) *J. Dairy Sci.* **60**, 216-223.
- 5) DEWAR, W.A. and P. MCDONALD (1961) *J. Sci. Fd Agric.* **12**, 790-795.
- 6) MCDONALD, P. and W.A. DEWAR (1960) *J. Sci. Fd Agric.* **11**, 566-570.
- 7) 森本 宏監修 (1971) 動物栄養試験法. 養賢堂. 東京. pp. 194-207, 280-298.
- 8) 須藤 浩 (1971) サイレージと乾草. 養賢堂. 東京. pp. 152-156.
- 9) 須藤 浩 (1982) 飼料学講義 (13 版). 養賢堂. 東京. pp. 100-101.
- 10) 須藤 浩・内田仙二 (1966) 岡山大農学報 **27**, 49-56.
- 11) 須藤 浩・内田仙二・古川任男 (1973) 岡山大農学報 **42**, 39-46.
- 12) 内田仙二 (1986) 日草誌 **32**, 51-58.
- 13) 内田仙二 (1986) 日草誌 **32**, 59-65.
- 14) 内田仙二 (1986) 日草誌 **32** (別) 230-231.
- 15) 内田仙二 (1978) 岡山大農学報 **52**, 43-47.
- 16) 内田仙二・林 弘明 (1985) 日草誌 **31**, 248-256.
- 17) WEISSBACH F. und K. BERG (1977) *Arch. Tierernähr.* **27**, 69-83.
- 18) 吉田 実 (1975) 畜産を中心とする実験計画法. 養賢堂. 東京. pp. 68-87.

(昭和 61 年 8 月 23 日受理)

Studies on the Evaluation of Dry Matter Content and  
Feeding Value in Silage

IV. Effects of methods for determining dry matter on estimates  
of dry matter digestibility and nutritive value

Senji UCHIDA

Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700, Japan

Summary

Digestion trials using wethers were conducted for three silages (C : Untreated, G : 3% glucose added, W : Wilted) and hay made from Italian ryegrass at heading stage. Dry matter concentration in each sample fed to wethers was determined by the six methods of gas chromatography (GC), freeze dry (FD), toluene distillation (TD), corrected toluene distillation by DEWAR and McDONALD method (CTD), oven dry at 70°C (LOD) and oven dry at 105°C (HOD). Dry matter digestibilities of the silages and hay based on the individual methods were calculated from the results of the digestion trials and dry matter determinations. Furthermore, DCP and TDN of these samples estimated by wethers were corrected for the dry matter levels determined by the different determination methods, respectively.

The values of dry matter content and dry matter digestibility in the silages evaluated by GC method were significantly higher than those by the other methods, whereas the tendencies were not detected in the hay. No significant differences were found among these values evaluated by FD, TD and CTD methods. In addition, the values in the silages evaluated by LOD and HOD methods were significantly lower than those by the other methods. On the other hand, it was indicated that the estimated nutritive value of silage was influenced considerably by the methods for determining dry matter.

**Key words :** Dry matter determination, Dry matter digestibility, Hay, Nutritive value, Silage.

(J. Japan. Grassl. Soc., 33, 38-43, 1987)