

草サイレージの飼料成分，化学的品質， 可消化養分含有率，摂取量などにおける相関関係

蔭野 保[†] 坂東 建[†] 小倉 紀美[†]
蒔田 秀夫[†] 吉田 悟[†]

INTERRELATION BETWEEN CONSTITUENT, CHEMICAL QUALITY, DIGESTIBLE NUTRIENT AND VOLUNTARY DRY MATTER INTAKE OF GRASS SILAGES

Tamotsu TOBINO, Takeshi BANDO, Noriyoshi OGURA,
Hideo MAKITA & Satoru YOSHIDA

草サイレージのTDN含有率と粗繊維含有率ならびにDCP含有率と粗蛋白質含有率との間に有意の相関関係が認められ，回帰式による推定値は実測値と大差ない値となった。また，草サイレージの水分含有率および総酸に対する乳酸の比率と乳牛による摂取量との間に有意の相関関係が認められ，重回帰式による推定値は実測値と類似した値となった。

I 緒 言

飼料成分の一般分析法では消化率が不明のため飼料価値の正確な評価が困難である。しかし，すべての飼料について動物試験を通じて消化率を求めることは不可能である。

したがって，動物を用いずに簡易に消化率を求める方法の必要性が認められている。

粗飼料の可消化養分含有率の推定方法を大別すると，*In vitro* 消化率による方法^{5) 6) 8) 21) 23)} 絹袋による方法，^{2) 22)} 指標物質による方法，^{3) 29) 34) 37)} 溶解性による方法¹³⁾，刈取時期その他による方法^{14) 28) 33) 35)} などである。これらの方法に関する研究報告は，乾草で行なわれたものが多いが，最近北海道産コーンサイレージで行なわれた詳細な報告³⁸⁾ がある。

草地酪農地帯においては，草サイレージが摂取量の大部分を占めるような飼養法が普及しつつあるので，草サイレージのもつ飼料価値が直接乳牛飼養効果に反映するようになり，その飼料価値の

適切な評価法が必要とされている。

In vitro 法や絹袋法は，反芻胃内微生物による分解量を直接定量するものであるから，ほかの方法よりもすぐれているが，実用的な評価法としては，方法が複雑である。サイレージの場合は，発酵によって牧草中の化学成分が変化するので，乾草のように2,3の指標物質によって消化率が推定できるかどうか疑問であるが，乳牛飼養の実際にあたって簡易で実用的な評価をする場合は，指標物質による方法がすぐれている。

草地酪農地帯においては，粗飼料は維持飼料のみならず，生産飼料としての役割りも果たせられるので，可消化養分含有率のみならず，その摂取量が重要な意味をもつようになってきた。すなわち，可消化養分含有率と乳牛による摂取量を乗じて得られる可消化養分摂取量で，粗飼料の飼料価値を比較評価した方がより正確であることは疑いない^{10) 11)}。

本報告は，最近根釧農業試験場で行なわれた草サイレージの消化試験成績と乳牛に対する給与試験成績から，草サイレージの飼料成分とTDNお

[†] 根釧農業試験場

および DCP 含有率の相関関係ならびに化学的品質と乳牛による摂取量との相関関係を統計的に分析し、TDN および DCP 含有率ならびに摂取量の推定法を検討したものである。

本報告を草するにあたり、前根釧農業試験場長坪松戒三博士には本文のご校閲と指導を賜わり、同機関と夫馬鈴薯科長には統計分析の実施にあたり多大のご指導をいただいたことを記して深甚の謝意を表する。

Ⅱ 試験方法

1. 飼料成分と TDN, DCP 含有率との相関関係

昭和40年度および41年度に根釧農業試験場で行なわれたサイレージの消化試験成績14例^{39) 40) 41)}

を供試材料とした。サイレージの原料草は、いずれもオーチャードグラス、チモシーなどを主体としたイネ科牧草で、マメ科が10%前後混入している1番草である。調製条件は、水分含有率40%以下の低水分サイレージ、80%以上の高水分サイレージ、無細切サイレージ(1例)、刈取時期別など各種である。消化試験は、雄めん羊を1群3頭ずつで実施し、予備期8日、本試験期7日の全糞採取法により行ない、各飼料成分の消化率とTDN, DCP 含有率は3頭の結果を平均して算出した。いずれもサイレージ単味給与で、残量がない程度の飽食量給与とした。

供試サイレージの化学的品質と飼料成分は、Table 1に示すとおりである。

Table 1. Chemical quality and composition of silages used for digestibility trials

Silages	pH	Moisture	Organic acid			Chemical composition				
			Total	Lactic	Volatile	Protein	Fat	Fiber	NFE	Ash
		(%)	—Percent in fresh silage—			—Percent in dry matter—				
1	5.0	36.2	0.66	0.33	0.33	7.8	2.2	35.9	47.8	6.3
2	5.3	55.2	0.82	0.70	0.12	11.2	3.6	33.8	43.9	7.5
3	3.8	78.2	2.72	2.21	0.51	9.6	3.2	34.4	45.9	6.9
4	4.5	75.9	0.64	0.10	0.54	12.0	5.4	34.9	40.7	7.0
5	4.7	74.9	1.37	0.76	0.61	11.6	5.6	36.7	39.0	7.1
6	4.4	35.0	a	a	0.77	10.0	4.5	36.5	41.4	7.6
7	4.1	84.1	2.03	1.32	0.71	17.0	5.5	29.1	38.1	10.3
8	4.1	68.9	2.12	1.72	0.40	16.6	4.4	25.8	42.5	10.7
9	4.9	50.6	0.32	0.21	0.11	8.9	3.4	33.4	47.3	7.0
10	5.0	50.0	0.30	0.05	0.25	9.0	3.0	31.6	49.4	7.0
11	4.6	47.9	1.12	0.59	0.53	9.1	3.2	32.9	47.8	7.0
12	5.1	78.0	2.09	+	2.09	15.0	4.7	31.4	37.4	11.5
13	4.3	51.3	0.68	0.57	0.11	12.2	3.6	30.1	46.6	7.5
14	3.7	79.4	1.58	1.21	0.37	12.1	4.6	37.8	38.2	7.3

a) Not determined

飼料成分の分析方法は農技研による方法に従い、化学的品質の分析方法は、次の試験に示すとおりである。

2. 草サイレージの化学的品質と摂取量との相関関係

昭和40年度、41年度に根釧農業試験場で実施された草サイレージの調製条件と乳牛の飼養効果に関する試験成績^{39) 40) 41)}から、草サイレージの化

学的品質と摂取量との相関関係を統計的に検討した。

(1) 供試サイレージ

消化試験に供試したサイレージと同様に、水分含有率の異なる場合、無細切サイレージ(3例)、刈取時期別など各種のイネ科牧草主体の1番草のサイレージで、いずれも無添加で調製した。

調査の対象としたサイロは、容量20 tのタワー

サイロ 5 基、40 t のトレンチサイロ 3 基計 8 基であるが、飼養試験の結果、クローサイロの場合は上、中、下層、トレンチサイロの場合は前、中、後期が飼養試験の 1, 2, 3 期にあたり、それぞれ

化学的品質と摂取量を調査したので、調査例数は 24 例となる。供試サイレージの化学的品質、供試牛および補助飼料の摂取量などは、Table 2 に示すとおりである。

Table 2. Description of Silages and cows used for consumption trials

Silages	Chemical quality of silages						Cows a)		Supplement ^{a)}	
	Moisture (%)	pH	Lactic Total (%)	VBN Total-N (%)	Protein in D. M. (%)	Fiber in D. M. (%)	Average body weight (kg)	Average milk production (kg)	Hay (kg)	Conc. (kg)
1	77.6	5.1	0	46.7	13.8	32.8	546	13.2	1.5	1.9
2	73.4	4.2	59.0	12.0	18.5	28.0	555	19.1	0.4	2.6
3	76.3	4.4	53.1	11.3	18.8	27.6	550	17.1	1.0	2.4
4	51.8	4.5	74.1	6.4	12.1	29.9	551	16.1	0.8	2.3
5	60.7	4.6	81.5	7.1	12.7	30.1	534	16.0	0.9	2.2
6	74.6	3.9	73.7	7.4	12.5	30.5	537	16.4	1.4	2.2
7	78.8	4.2	52.5	9.3	16.4	29.8	532	15.3	0.7	2.4
8	79.7	3.9	65.2	8.3	16.1	30.4	535	20.7	0.5	2.4
9	81.0	4.9	15.3	8.5	14.8	31.3	533	14.9	0.7	2.3
10	70.5	4.5	47.8	13.2	12.2	33.6	572	17.3	— ^{b)}	2.0
11	70.7	4.5	58.6	7.8	12.0	34.4	528	18.6	— ^{b)}	2.5
12	75.9	4.6	7.3	17.3	11.3	34.9	578	16.6	— ^{b)}	1.9
13	65.2	4.8	36.4	12.1	10.9	35.3	514	15.4	— ^{b)}	2.6
14	71.3	5.0	57.7	14.3	11.7	33.9	571	16.2	— ^{b)}	1.8
15	75.4	4.6	36.1	10.3	11.2	34.9	529	16.9	— ^{b)}	2.6
16	78.3	3.9	70.1	8.7	10.1	33.7	540	17.0	1.0	2.1
17	76.1	3.7	84.3	6.3	10.0	31.0	588	15.7	0.8	2.0
18	80.2	3.8	77.8	5.9	11.1	30.8	561	17.1	0.7	2.3
19	53.4	4.7	36.3	6.5	9.2	33.3	586	17.0	0.4	2.2
20	55.7	4.7	71.5	4.2	11.1	35.0	532	16.4	1.0	2.1
21	55.4	4.7	85.1	6.1	10.5	34.3	603	15.0	0.6	2.0
22	39.6	5.0	82.2	9.0	9.6	34.1	600	15.7	0.8	2.1
23	38.2	4.9	50.5	4.3	9.2	35.3	582	17.3	0.5	2.2
24	40.0	5.3	66.7	3.3	9.7	34.8	545	15.3	0.6	1.9

a) Average of three Cows

b) Not fed

(2) 摂取量

サイレージ 1 例につき、分娩後 2 か月以上経過した乳牛 3 頭を供試して、摂取量を調査した。Table 2 に示した供試牛の体重と乳量は、3 頭の平均値である。乾草の給与量は 1 日 2 kg としたが、6 例は無給与である。しかし、Table 2 に示すように、サイレージを飽食させると乾草の摂取量が少なかったため、無給与の場合も含めて検討

した。濃厚飼料は市販の配合飼料を用い、いずれも乳量または 4 % FCM 日量の 1/6 量を給与した。したがって、Table 2 に示すように、濃厚飼料の摂取量は同一ではないが、あまり差がないのでサイレージの摂取量に大きな影響はないと思われる。試験期間は 20 日間で、後半の 10 日間の成績を平均して、1 日当たり摂取量とした。

体重も摂取量同様 3 頭の平均値で、試験期間の

終了前3日間測定して平均した。統計的分析は、スネデカーの方法³⁶⁾にしたがった。

(3) サイレージの化学的品質

摂取量と関係の深いと思われる水分含有率、pH、総酸に対する乳酸の比率、全Nに対する揮発性塩基態窒素（以下VBNと記す）の比率、乾物中粗蛋白質含有率、同粗繊維含有率などと、摂取量との相関関係を求めた。

乳酸は比色法⁴¹⁾により、総酸は乳酸と揮発酸の合計量とした。なお、揮発酸は改良蒸溜法⁴²⁾により、醋酸として重量%で表わしたものが9例あるが、その他は同じく改良蒸溜法により回収した揮

発酸をガスクロマトグラフ³⁹⁾により各酸の重量%を算出し、合計したものである。また、VBNはBARNETT⁴⁾の方法にしたがったのが9例で、その他はこれに準じて、キエルダールの装置で実施した。

Ⅲ 試験結果

1. 飼料成分とTDN、DCP含有率との相関関係

飼料成分とその消化率ならびにTDN、DCP含有率との相関係数は、Table 3に示すとおりである。

Table 3. Correlation coefficient (r) between silage composition and their digestibility

Digestibility Composition	Dry matter	Protein	Fat	Fiber	NFE	TDN	DCP
Dry matter	— .125	— .367	— .090	— .247	.064	— .081	— .552*
Protein	.497	.758**	.275	.549*	.190	.506*	.969**
Fat	.012	.363	.324	.319	— .257	.124	.559*
Fiber	— .826**	— .555*	— .199	— .588*	— .776**	— .876**	— .653**
NFE	.164	— .407	— .094	— .152	.470	.179	— .534*

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

TDN含有率と粗繊維含有率、DCP含有率と粗蛋白質含有率との間に有意の相関関係が認められたことは、乾草の場合と同様であるが^{34) 35)}、サイレージは発酵をとまうので、刈取時の原料草サイレージの成分組成が著しく異なる場合がある。すなわち、早刈りした場合でも調製法によってはサイレージの粗繊維が著しく増大し、NFEが減少することがあるが、その場合は早刈りといえども消化試験によるTDN含有率が減少するので、Fig. 1に示すように、粗繊維含有率との間に相関係数 $r = -0.8760$ の直線的な関係を示すものと思われる。

粗蛋白質含有率とDCP含有率との間に、とくに高い相関関係が認められたことは、ほかの報告³⁸⁾と同様であった。

以上の結果から、回帰および重回帰方程式を算

Fig. 1 Relationship of TDN to fiber content

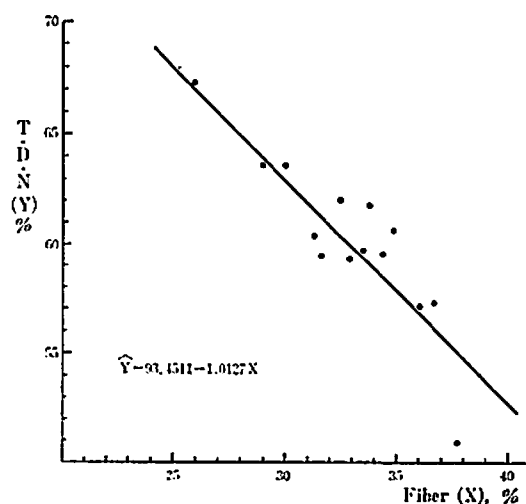


Table 4. Estimation equation of TDN and DCP

(Y)	X, X ₁ , X ₂	Multiple correlation coefficient	Regression equation
TDN	Fiber (x)		$\hat{Y} = 93.4511 - 1.0127X$(1)
TDN	Protein (x ₁) Fiber (x ₂)	.871**	$\hat{Y} = -0.7799X_1 - 1.0770X_2 + 104.6145$(2)
DCP	Protein (x)		$\hat{Y} = 0.9663X - 4.4697$(3)

出すると、Table 4 のとおりである。

回帰方程式(2)の重回帰係数は 0.871 で、粗繊維と TDN との相関係数 -0.876 よりも高くならな

かったので、TDN は回帰式(1)により、DCP は回帰式(3)により算出し、実測値との偏差を示したのが Table 5 である。

Table 5. Actual and estimated value of TDN, DCP contents

Silage	TDN (%) in D. M.			DCP (%) in D. M.		
	Actual	Estimated	Difference	Actual	Estimated	Difference
1	57.4	57.1	0.3	3.9	3.1	0.8
2	62.0	59.2	2.8	7.4	6.4	1.0
3	59.7	58.6	1.1	6.0	4.8	1.2
4	60.9	58.1	2.8	6.5	7.1	- 0.6
5	57.5	56.3	1.2	5.7	6.7	- 1.0
6	56.5	56.5	0	5.6	5.2	0.4
7	63.7	61.0	- 0.3	12.2	12.0	0.2
8	67.3	67.3	0	12.6	11.6	1.0
9	59.9	59.6	0.3	3.7	4.1	- 0.4
10	59.3	61.5	- 2.2	3.6	4.2	- 0.6
11	59.4	60.1	- 0.7	4.2	4.3	- 0.1
12	60.4	61.7	- 1.3	9.4	10.0	- 0.6
13	63.7	63.0	0.7	7.5	7.3	0.2
14	50.6	55.2	- 4.6	5.9	7.2	- 1.3

供試サイレーズ No. 14 のように品質が劣っている場合は、TDN の偏差がやや大きいこともあるが、一般によく一致した数値が得られるので、この回帰式による算定値をオーチャードグラス、チモシーなどを主体としたイネ科牧草の 1 番草に適用しても、大きな誤りはないであろう。したがって、SCHNEIDER³⁰⁾や ADAMS¹⁾の方法よりもより簡易に粗繊維含有率から推定できる本法の方が、より実用적であると思われる。

2. 草サイレーズの化学的品質と摂取量との相関関係

草サイレーズの化学的品質、飼料成分、供試乳牛の体重などと摂取量との相関係数を算出した結果は、Table 6 のとおりである。

サイレーズからの乾物摂取量は平均 12.7 kg で、10.1~15.2 kg の範囲であった。体重は 514~603 kg の範囲で、体重およびメタボリックサイズと摂取量との間に有意の相関関係が認められなかった。これはほかの報告²³⁾と異なるようであるが、本報告の場合は品質と摂取量との相関関係を求めるのが目的であるから、類似した体重の乳牛を用い、各種の品質のサイレーズを給与したためであ

Table 6. Correlation coefficients between chemical constituents of silages and their consumptions

	Average	Standard deviation	Consumption	Moisture	Protein	Fiber	pH	VBN Total-N	Lactic Total
Consumption (kg)	12.7	1.3	—	—	—	—	—	—	—
Body weight (kg)	554	25.1	.210	—	—	—	—	—	—
W ^{0.75} (kg)	114	3.8	.210	—	—	—	—	—	—
Moisture (%)	66.7	13.8	-.487*	—	—	—	—	—	—
Protein (%)	12.3	2.8	.005	.546**	—	—	—	—	—
Fiber (%)	32.5	2.4	-.107	-.423 *	-.772**	—	—	—	—
pH	4.50	0.43	.008	-.581**	-.254	.545**	—	—	—
VBN/Total-N (%)	10.3	8.5	-.165	.346	.238	.016	.254	—	—
Lactic/Total (%)	56.0	24.0	.413*	-.310	-.179	-.210	-.395	-.650	—

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

と思われる。

摂取量と水分含有率との間に負の有意の相関関係が認められたことは、多くの報告^{16) 17) 18) 20) 31) 39)}と同様であった。また、サイレージの化学的品質を示す主要な基準である総酸に対する乳酸の比率と摂取量との間に、正の有意の相関関係が認められた。

粗蛋白質、粗繊維、pH、および全 N に対する VBN の比率などと摂取量との間には、有意の相関関係が認められなかった。一般に粗蛋白質含有率が低く、粗繊維含有率が高い場合は、摂取量が少なくなることが予想される。しかし、低水分サイレージの場合は粗繊維含有率が高くても摂取量が増大する傾向を示すので³⁹⁾異なった調製条件のサイレージを包括して相関係数を求めると、有

意にならないものと思われる。また、VBN についても同様で、一般に早刈りでは VBN の比率が高くなるが、極端に高い場合を除けば早刈りの方を多く摂取するので、多くの調製条件を含めると有意の相関係数が得られなくなるとと思われる。化学的品質の相互の関係では、水分と粗蛋白質および粗繊維含有率との間に、それぞれ有意の相関関係があるのは不合理のようにみえるが、低水分サイレージ調製の際ハーベスターによる収穫作業中、ブローアにより葉部が飛散して粗蛋白質が減少し、粗繊維が増大すること³⁹⁾が影響していると思われる。

摂取量と化学的品質および体重との重相関係数と重回帰方程式を算出した結果は、Table 7 に示すとおりである。

Table 7. Estimation equation of silage dry matter consumption

(Y)	X ₁ , X ₂ , X ₃	Multiple regression coefficient	Multiple regression equation
Consumption (kg)	Body weight (x ₁) Moisture (x ₂) Lactic/Total (x ₃)	.560**	$\hat{Y} = 0.0001 X_1 - 0.0376 X_2 + 0.0158 X_3 + 14.2591 \dots (4)$
Consumption (kg)	Fiber (x ₁) Moisture (x ₂) Lactic/Total (x ₃)	.616**	$\hat{Y} = -0.1695 X_1 - 0.0588 X_2 + 0.0095 X_3 + 21.5988 \dots (5)$
Consumption (kg)	VBN/Total-N (x ₁) Moisture (x ₂) Lactic/Total (x ₃)	.600**	$\hat{Y} = 0.0451 X_1 - 0.0421 X_2 + 0.0254 X_3 + 13.6212 \dots (6)$

** $P < 0.01$

重相関係数は、摂取量と化学的品質との相関係数よりも高い値を示し、回帰式(4)よりも(5)、(6)の方がやや高かった。したがって本試験で供試した体重 500~600 kg の乳牛であれば、とくに体重を考慮する必要がないと思われるので、回帰式(5)により乾物摂取量を算出して実測値と比較した結果は Table 8 に示すとおりで、いずれもよく類似し

た値が得られた。

乾物摂取量の算定値に、回帰式(1)より算出した TDN 含有率の算定値を乗ずると、推定 TDN 摂取量が算出できるが、これを乳牛による実測値と比較した結果は、Table 8 の TDN 摂取量に示したとおりである。

Table 8. Actual and estimated values of silage dry matter, TDN consumptions

Silage	D. M. Consumption			T D N consumption		
	Actual	Estimated ^{a)}	Difference	Actual ^{b)}	Estimated ^{c)}	Difference
1	12.1	11.5	0.6	7.26	6.91	0.35
2	15.2	13.1	2.1	9.97	8.53	1.44
3	13.2	12.9	0.3	8.72	8.47	0.25
4	14.2	14.2	0	8.90	8.96	-0.06
5	13.3	13.7	- 0.4	8.47	8.63	-0.16
6	12.5	12.7	- 0.2	7.90	7.97	-0.07
7	11.7	12.4	- 0.7	7.35	7.85	-0.50
8	11.9	12.4	- 0.5	7.40	7.76	-0.36
9	10.1	11.7	- 1.6	6.13	7.21	-1.08
10	14.6	12.2	2.4	8.84	7.26	1.58
11	13.8	12.2	1.6	8.30	7.13	1.17
12	11.3	11.3	0	6.84	6.56	0.28
13	12.9	12.1	0.8	7.66	7.00	0.66
14	10.9	12.2	- 1.3	6.53	7.22	-0.69
15	10.2	11.6	- 1.4	6.12	6.74	-0.62
16	12.8	11.9	0.9	7.76	7.09	0.67
17	12.8	12.7	0.1	7.82	7.86	-0.04
18	11.2	12.4	- 1.2	6.91	7.72	-0.81
19	13.1	13.2	- 0.1	8.07	7.86	0.21
20	13.6	13.1	0.5	8.57	7.59	0.98
21	13.2	13.3	- 0.1	8.33	7.83	-0.50
22	13.8	14.3	- 0.5	7.91	8.41	-0.50
23	13.5	13.8	- 0.3	7.77	7.99	-0.22
24	13.0	14.0	- 1.0	7.44	8.14	-0.70

a) Calculated from estimation (5)

b) Actual consumption of silages by cows X digestion coefficients by sheep

c) Calculated from equation (1) X equation (5)

乳牛による TDN 摂取量の実測値は乾物摂取量の実測値にめん羊による消化率を乗じて算出した。ただし、供試した24例のサイレージのうち、同一サイロの上、中、下層または前、中、後期に

ついては同一消化率を用いた。

以上の結果、推定 TDN 摂取量は実測値とよく一致した傾向になるので、飼料価値の実用的な評価基準になると思われる。

Ⅳ 考 察

TDN 含有率の推定方法

草種および適用地域を限定すれば、乾草の場合は刈取期日によって最も容易に算定できることが報告^{28) 35)}されており、また葉部割合との相関関係も認められている³³⁾。

可消化養分含有率推定のための指標物質としては、リグニン³²⁾³⁴⁾ 酸不溶性リグニン³⁷⁾ (Acid insoluble lignin), メトキシル^{3) 32) 34)}, 糞中窒素²⁹⁾, 粗繊維^{31) 35)}, 粗蛋白質^{34) 35)} などがある。しかし、これらは同一草種内であれば高い相関関係が得られるが、草種が異なれば含有率が異なるので正確でない場合がある。これに反し、*In vitro* 法や網袋法は、反芻胃内微生物を用いて供試飼料を消化させる方法であるから、最も直接的である。*In vitro* セルローズ消化率とめん羊の消化試験による TDN 含有率との間に、高い相関関係があることについては著者らの 1 人が報告した³⁸⁾。しかし、供試胃液が異なれば比較的変動が大きい場合があるので、その補正方法については、さらに検討を要する。また、最近では薬品や酸に対するセルローズやホロセルローズの溶解性から、動物による可消化性を推定しようとする方向がある。⁷⁾¹²⁾¹³⁾²⁴⁾ また、さらに細胞壁構成物質の構造と消化性との関係を究明しようとする報告¹⁵⁾ もある。

これに反し、最近アメリカで普及上に用いられている。ADAMS の方法は、粗蛋白質と粗繊維から TDN を推定する方法で、基礎的な方向とは逆に指標物質としてはきわめて簡易な成分であるが、飼料の一般分析値を適用できるので、よく用いられている方法である。

飼料の一般分析法のうち、とくに炭水化物を粗繊維と NFE に分けることが不合理なので⁴³⁾、飼料成分の分析法については近い将来改善されるものと思う。しかし、現在の一般分析法でも TDN および DCP 含有率と有意の相関関係が認められることは、本報告の結果からも明らかであり、比較的良好に用いられている ADAMS¹⁾ や SCHNEIDER³⁰⁾ の方法もこれを基礎にしたものである。ADAMS の方法は粗蛋白質と粗繊維から代謝エネルギーを算

出し、TDN に換算する方法であるが、本報告では粗繊維含有率から回帰式により簡易に求めた。オーチャードグラスおよびチモシーなどの 1 番草のサイレージに適用する場合は、実用的で比較的正確な方法であろう。

乾物摂取量の推定方法

サイレージの摂取量を比較調査する場合、完全に同一の条件で実施することは困難である。すなわち、補助飼料として乾草を給与した場合、その摂取量が供試牛により異なるが、泌乳牛の場合は乾草無給与とすることは正常でない。また、乳量が多少でも異なる場合、乳量に応じて濃厚飼料を給与すべきか、一定量給与すべきか、明確でない。

本報告では、乾草を 2 kg 給与したが摂取量がそれぞれ異なること、また乾草無給与の場合も含めたこと、ならびに濃厚飼料の給与量を乳量または 4 % FCM 日量の 1/2 としたために、濃厚飼料の摂取量が完全に同一でなく、また供試牛の体重や乳量が多少異なることなどは、Table 2 に示したとおりである。

本調査結果は以上の不備な点があるが、これらの条件を包含しても、サイレージの化学的品質と摂取量との間に有意の相関関係が認められた。

サイレージの摂取量の推定方法には、めん羊で行なわれた報告²⁷⁾ があるが、これは単位乾物摂取量当たりの糞中排泄窒素が同一であるということ为基础にしたものである。乳牛の草サイレージからの乾物摂取量と化学的品質との関係については、オーチャードグラスで施肥量と刈取時期の異なる 8 種類のサイレージで調査した報告¹⁹⁾ があり、乾物含有率、酢酸、プロピオン酸、酪酸、乳酸、pH、アンモニアなどの含有率と有意の相関関係があることを認めている。また、高水分サイレージの 17 基のサイロで、発酵産物におよぼす要因と摂取量との関係を調査した報告²⁰⁾ があり、高蛋白質で低繊維の原料草は摂取量増大に必要であるが、サイレージ発酵にとっては望ましくないとのべている。

本報告では、添加物による調製をのぞいて草サイレージの調製条件の大半が含まれているが、こ

の場合は摂取量と pH, VBN, 粗蛋白質, 粗繊維などと有意の相関関係が認められず, 水分含有率と総酸に対する乳酸の比率との間に有意の関係が認められた。この理由については, 試験結果で述べたとおりであるが, これから得られた重回帰方程式による乾物摂取量の算定値は実測値とよく一致した傾向になるので, 実用的な摂取量の推定基準または比較評価基準になると思われる。

TDN 摂取量の推定方法

摂取量を加えた飼料価値の評価法としては, NVI 法が報告¹¹⁾されているが, これはめん羊による実験成績から粗飼料の可消化エネルギーに相対摂取量 (Relative intake) を乗じて表わされる方法である。この報告では, 推定 TDN 含有率に推定乾物摂取量に乗じて乳牛の推定 TDN 摂取量が算出できるので, 飼料価値評価の基準としてはより具体的な方法である。また, すでに報告した著者らの試験成績^{39) 40) 41)}によると, 草サイレージからの TDN 摂取量が多い場合は産乳量や体重が増加することが多いので, 生産反応とも直接関連した評価法になると思われる。

要 約

1. 昭和40年度と41年度に根釧農試で行なわれた草サイレージの消化試験成績および乳牛飼養効果に関する試験成績から, 可消化養分含有率, 摂取量, 飼料成分, 化学的品質の間の相関関係を検討し, TDN, DCP 含有率および摂取量の推定法を回帰式により求めた。

2. 草サイレージの乾物中 TDN 含有率 ($\hat{Y}$) は乾物中の粗繊維含有率 (X) から, 次の回帰式により表わされる。

$$\hat{Y} = 93.4511 - 1.0127 X$$

3. 草サイレージの乾物中 DCP 含有率 ($\hat{Y}$) は乾物中の粗蛋白質含有率 (X) から, 次の回帰式により表わされる。

$$\hat{Y} = 0.9663 X - 4.4697$$

4. 体重 550 kg 前後で乳量 16 kg 前後の乳牛を供試し, 乾草および濃厚飼料の給与を制限した条件では, 草サイレージの乾物摂取量と水分含有率および総酸に対する乳酸の比率との間に有意の関

係が認められた。サイレージの乾物摂取量は次の重回帰式により表わされる。

$$\hat{Y} = -0.1695 X_1 - 0.0588 X_2 + 0.0095 X_3 + 21.5988$$

$\hat{Y}_1$, 乾物摂取量 (kg)

X_1 , 粗繊維含有率 (乾物中%)

X_2 , 水分 (%)

X_3 , 総酸に対する乳酸の比率 (%)

5. TDN 含有率の算定値と乾物摂取量の算定値を乗じた推定 TDN 摂取量は, 乳牛による実測値と類似した値となった。

6. 以上の算定法は, オーチャードグラスおよびチモシーなどの1番草のサイレージに適用する場合は, 実用的な評価基準になると思われる。

文 献

- 1) ADAMS, R. S., 1961; Results of feed analysis in feeding dairy cattle. Jour. of Dairy Sci., 44:11:2105.
- 2) ARCHIBALD, J. G., 1961; Measurement of the nutritive value of alfalfa and timothy hay by varied techniques. Jour. of Dairy Sci., 44:12:2232.
- 3) ANTHONY, W. B. and J. T. REID., 1958; Methoxyl as an indicator of the nutritive value of forage. Jour. of Dairy Sci., 41:12:1715.
- 4) BARNETT, A. J. G., 1954; Silage fermentation, London 146-148.
- 5) BAUMGART, B. R. et al., 1962; Evaluation of forage in the laboratory. I. Comparative accuracy of several methods. Jour. of Dairy Sci., 45:1:59.
- 6) ————— and H. I. KONO, 1964; Evaluation of forages in the laboratory. IV. Within and among trial variability of the Wisconsin artificial rumen procedure. Jour. of Dairy Sci., 47:3:263.
- 7) BURDICK, D. and J. T. SULLIVAN., 1963; Ease of hydrolysis of the hemicellulose of forage plants in relation to digestibility. Jour. of Animal Sci., 22:2:444.
- 8) CHALUPA, W., 1966; Estimation of forage nutritive value from *in vitro* cellulose digestion. Jour. of Dairy Sci., 49:2:188.
- 9) CONRAD, H. R., 1966; Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants; physiological and physical factors limiting feed intake. Jour. of Animal Sci., 25:1:227.
- 10) CRAMPTON, E. W., 1957; Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. Jour. of Animal Sci., 16:3:546.
- 11) —————, 1960; A nutritive value index for forages. Jour. of Animal Sci., 19:2:538.

- 12) DEFORTY, B. A. and R. R. JOHNSON., 1963; Cellulose solubility as an estimate of cellulose digestibility and nutritive value of grasses. *Jour. of Animal Sci.*, 22:1:222.
- 13) ———, and ———, 1964; Estimation of the digestibility and nutritive value of forages by cellulose and dry matter solubility methods. *Jour. of Animal Sci.*, 22:1:222.
- 14) FAIRCHILD, T. P. et al., 1962; reliability of score-card judging of hay. *Jour. of Dairy Sci.*, 45:10:1218.
- 15) GAILLARD, B. D. E., 1962; The relationship between the cell-wall constituents of roughages and the digestibility of the organic matter. *Jour. of Agri. Sci.*, 59:3:369.
- 16) GORDON, C. H. et al., 1960; Consumption and feeding value of silages as affected by dry matter contents. *Jour. of Dairy Sci.*, 43:6:866.
- 17) ———, 1961; preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage, and direct cut silage. *Jour. of Dairy Sci.*, 44:7:1299.
- 18) ———, 1963; Feeding value of low moisture alfalfa silage from conventional silos. *Jour. of Dairy Sci.*, 46:5:411.
- 19) ———, 1964; Variations in initial composition of orchardgrass as related to silage composition and feeding value. *Jour. of Dairy Sci.*, 47:9:987.
- 20) ———, 1965; Effects of dry matter in low moisture silage on preservation, acceptability, and feeding value for dairy cows. *Jour. of Dairy Sci.*, 48:8:1062.
- 21) HERSHBERGER, T. V. and T. A. LONG, 1959; Use of the artificial rumen technique to estimate the nutritive value of forages. *Jour. of Animal Sci.*, 18:2:770.
- 22) HOBSON, J. D. et al., 1963; Evaluation of the dacron bag technique as a method for measuring cellulose digestibility and rate of forage digestion. *Jour. of Animal Sci.*, 22:2:448.
- 23) JOHNSON, R. R. et al., 1962; Relationship of *in vitro* cellulose digestibility of undried and dried mixed forage to their *in vivo* dry matter digestibility. *Jour. of Dairy sci.*, 45:2:250.
- 24) ———, 1964; A comparison of *in vitro* fermentation and chemical solubility methods in estimating forage nutritive value. *Jour. of Animal Sci.*, 23:4:1124.
- 25) MATHER, R. E., et al., 1958; Methods of adjusting roughage intake data of dairy cows for differences in body size. *Jour. of Dairy Sci.*, 41:5:722.
- 26) McCULLOUGH, M. E., 1961; A study of factors associated with silage fermentation and dry matter intake by dairy cows. *Jour. of Animal Sci.*, 20:2:288.
- 27) McDONALD, P., 1957; The estimation of feed intake by sheep on a silage diet. *Jour. of Brit. Grassland Soc.*, 12:1:22.
- 28) MELLEN, T. N. et al., 1962; Nutritive value of timothy hay as affected by date of harvest. *Jour. of Animal Sci.*, 21:1:123.
- 29) MINSON, D. J. and C. D. KEMP., 1961; Studies in the digestibility of herbage. IX Herbage and faecal nitrogen as indicator of herbage organic matter digestibility. *Jour. of Brit. Grassland Soc.*, 16:1:76.
- 30) 森本 宏 1961; 家畜栄養学, 養賢堂, 157-160.
- 31) MURDOCH, J. C., 1960; The effect of pre-wilting herbage on the composition of silage and its intake by cows. *Jour. of Brit. Grassland Soc.*, 15:1:70.
- 32) QUICK, G. V. and O. G. BENTLY, 1959; Lignin and methoxyl groups as related to the decreased digestibility of mature forages. *Jour. of Animal Sci.*, 18:1:365.
- 33) REID, J. T., 1959; Effect of growth stage, chemical composition, and physical properties upon the nutritive value of forages. *Jour. of Dairy Sci.*, 42:3:567.
- 34) RICHERTS, C. R. and H. G. WEAVER, 1958; Comparison of methoxyl, lignin, crude fiber, and crude protein contents of forage and feces as indirect indicators of dry matter digestibility. *Jour. of Dairy Sci.*, 41:7:956.
- 35) ———, et al., 1962; Date of cut vs, the combination of crude fiber and crude protein as estimators of forage quality. *Jour. of Animal Sci.*, 21:4:844.
- 36) スネデカー, 1953; 統計の方法下 (畑村又好ほか訳), 岩波書店, 350-354.
- 37) SULLIVAN, J. T., 1959; A rapid method for the determination of acid insoluble lignin in forage and its relation to digestibility. *Jour. of Animal Sci.*, 18:4:292.
- 38) 蔦野 保, 坪松戒三, 1963; *In vitro* 消化率による粗飼料の栄養価推定法に関する試験, 第2報, *In vivo* TDN 値と *In vitro* セルロース消化率の相関関係, 道農試集, 12:81.
- 39) 蔦野 保ほか, 1967; 根釧地方における乳牛のサイレーズ主体飼養法を前提とした牧草サイレーズ調製法に関する試験, 第3報, 慣行タローサイロによる中水分低水分サイレーズの調製とその飼養効果について, 道農試集, 16:64.
- 40) ———, 1968; 刈取時期別草サイレーズの化学的品質とその乳牛飼養効果比較試験, 北農, 35:2:25.
- 41) ———, 1968; 無細切サイレーズの化学的品質および乳牛飼養効果について, 日草誌, 14:1:20.
- 42) 前原信男, 1966, サイレージ有機酸定量法の検討, 北農試彙報, 90:55.
- 43) VAN SOEST, P. T., 1967; Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Jour. of Animal Sci.*, 26:1:119.

Summary

- 1) Correlation coefficients between TDN, DCP content and constituent of grass silages were calculated from the results of digestibility trials with sheep.
- 2) TDN($\hat{Y}$) in dry matter basis were expressed from crude fiber content (X) as following.

$$\hat{Y} = 93.4511 - 1.0127X \cdots \cdots (1)$$
- 3) DCP($\hat{Y}$) in dry matter basis were expressed from crude protein contents (X) as following.

$$\hat{Y} = 0.9663X - 4.4697 \cdots \cdots (2)$$
- 4) Correlation coefficients between chemical quality and voluntary dry matter consumption of silages were calculated from the result of feeding trials. Voluntary dry matter intakes

under the condition of restricted feeding of hay and concentrate were determined using cows of similar body weight and milk production. Voluntary dry matter intakes were expressed as following.

$$\hat{Y} = -0.1695X_1 - 0.0588X_2 + 0.0095X_3 + 21.5988 \cdots \cdots (3)$$

$\hat{Y}$, dry matter intake, kg

X_1 , crude fiber, percent in dry matter basis

X_2 , Moisture, %

X_3 , ratio of lactic to total acid, %

- 5) Estimated TDN intakes (equation(1) $\times$ (3)) were similar to actual values.
- 6) The above equation will be able to apply to silages made from 1st cutting of orchardgrass and timothy.