

エンシレージの調製法に関する研究

焦性亜硫酸ソーダ添加の効果並びに青刈トウモロコシと
青刈ダイズの混合割合について*

須藤 浩・内田 仙二

Studies on Silage-Making. V.

On the Effects of Sodium Metabisulfite as a Preservative
and of the Rate of Mixing Soybean with Corn.

Hiroshi SUTOH and Senji UCHIDA

The author¹⁾ has already published a report on the effects of starch feed, urea, and AIV acid on silage-making.

In this paper the results of small scale experiments carried out on the effect of sodium metabisulfite ($\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_5$) as a preservative and also on the effect of the proportion in mixing green soybeans in green maize will be reported.

- (1) Chopped sweet potato vines were ensiled according to the following methods:
 - a) with the addition of sodium metabisulfite at the rate of 0.5 per cent.,
 - b) with the addition of molasses mixed feed at the rate of 10 per cent. and
 - c) without any addition of the preservative.

The results of comparison of quality, characteristics and chemical composition of the experimental silages are shown in tables 2, 3, and 4.

The bisulfite treated silage had good quality and was characteristic of greenish color, and was free of undesirable and unpleasant odors.

- (2) Chopped sweet potato vines were preserved with the addition of sodium metabisulfite at the rate of 0.4 per cent. The resulting silage had lactic acid 1.04, acetic acid 0.23 per cent., pH 4.41 and no butyric acid after the storage for 172 days.

The results of digestion trials on rabbits are shown in table 9. Digestible crude protein and total digestible nutrients were respectively 6.0 and 48.7 per cent on the dry matter basis.

- (3) Corn, green soybeans and mixtures of corn and soybeans were ensiled according to the ratio as shown in table 11.

Investigations on organic acids, the pH value, and chemical composition of the silages were made.

When corn alone or a 7:3 mixture of corn and green soybeans was ensiled, the resulting silage had a very good quality.

These data suggest that mixing green soybeans in corn to an amount of 30 to 40 per cent of corn does not lower the quality of the resulting silage.

著者らの1人は、さきにエンシレージ調製の際の添加物として、澱粉粕・焼酎粕・尿素・鉍酸などの効果について報告したが、¹⁾ 本報ではその後行つた添加物すなわち焦性亜硫酸ソーダの効果並びに、青刈トウモロコシと青刈ダイズの混合割合をかえて埋蔵した場合の製品の結果について述べる。

* 調製法に関する研究 第5報

I. 焦性亜硫酸ソーダの効果

このものは異性重亜硫酸ソーダ、メタ重亜硫酸ソーダ、ピロ亜硫酸ソーダ、Sodium Metabisulfite (SMS) と略称している) と呼ばれ、分子式は $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ でサラサラした白い粉末である。

アメリカでは、エンシレージの添加剤として相当使用されている。その商品名は Meta-Green, Sta-Fresh などといわれ、わが国でもダイアグリーンなどの名で取扱われている。

エンシレージの添加剤としては、アメリカで 1952 年始めて Pennsylvania 州立大学の BRA-TZLER 氏らによつて研究され、その後幾多の研究によつて実用化される段階に至つている²⁻⁵⁾。

すなわち、従来添加剤ないし保存剤としてつかわれた酸類は、液状やガス状になつていて、取り扱いが不便でかつ危険である。これらの欠点を取り除くのがこの化合物である。もともと作物がもつている水分に接したときに、水と作用して、適当な形に変つてゆく。この化合物は添加剤として次の利点があげられている³⁻⁴⁾。

(1) 使用が非常に容易で、埋蔵作物に非常に均一に分布させることができる。(2) その使用には危険がほとんどない。(3) 他の添加剤に比較して安価である。(4) 飼料や肥料と同じような包装ができ、商品としての取扱いも便利である。(5) 萎凋(予乾)の必要がないから、天気の良いときでも、作物を適期に収穫して調製できる。特に 1 番刈の適期刈りができる。そして、実質的な労力の節約となる。(6) カロチンも含めて、養分を多分に保持すること、及びエンシレージの芳香が保たれる。すなわち、香のよいこと (Fresh cut odor), 色のよいこと (Brighter green color), 家畜の嗜好に適することが特長で、また酪酸もほとんど含まない。

わが国においても、三股氏らを主とし、北海道において、草サイレージへの応用を広汎に実験しその効果を認めている⁶⁾。

著者らもその効果について、種々の材料について実験しているが、ここにはサツマイモツルを材料にして行つた結果を述べる。

A. 実験 1.

1. 実験材料及び方法

1957 年本学部農場栽培のサツマイモツルを 10 月 31 日に収穫、3 cm に細切して 11 月 1 日 3 箇のワグネル氏ポットに 3 kg ずつ埋蔵、1 は $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0.5% 添加、2 は糖蜜飼料富士 5 号を 10% 加え、他は無添加として、それぞれ埋蔵し、ビニールにて表面を被い、常法により封じ、重石は 25 kg とした。しかして Table 2 に示す日これを開き、収量、外観的観察、pH の測定、酸の定量、アンモニヤ態窒素などの定量、一般分析などを行い、品質を鑑定すること前諸報の如くした。

2. 実験結果及び考察

埋蔵した材料の成分は Table 1, またこれらのエンシレージの粗収量及び特性は Table 2 に示した。有機酸、アンモニヤ態窒素等の定量の結果すなわち品質は Table 3 のとおりである。

Table 1. Chemical Composition of Sweet Potato Vines and Molasses Feed (%).

	Moisture	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash	True protein
Sweet potato vines	84.54	1.87	0.51	7.65	3.40	2.03	1.71
Molasses Feed (Fuji No. 5)	11.81	13.65	1.22	54.30	4.71	14.31	—

Table 2. Crude Yield and Characteristics of the Silages.

Treatment		Yield of silage		Density	Color	Odor	Date of opening
		Weight	Volume				
Na ₂ S ₂ O ₅	0.5%	74%	57%	0.900 ^{g/cm³}	light olive	fresh, mild	Jan. 23, '58
Molasses Feed	10%	84	61	0.964	pale yellow	mild	May 13, '58
No Preservative		77	53	0.924	yellow brown	sour	May 11, '58

Table 3. Quality of Experimental Silages.

	Layer	Dry matter	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total	NH ₃ -N	Class
Bisulfite silage	Upper	17.4%	4.59	0.64%	0.15%	0.04%	0.83%	3.7 ^{mg%}	Good
Molasses silage	Upper	26.0	4.55	1.33	0.44	0.29	2.06	25.3	Satisfactory
	Bottom	25.0	3.90	1.86	0.33	0.00	2.19	20.8	Very Good
No preservative silage	Upper	20.0	4.73	0.13	0.47	0.40	1.00	18.6	Inferior
	Bottom	16.0	4.73	0.20	0.50	0.52	1.22	17.4	Inferior

これら結果より, SMS エンシレージは pH 値が比較的高いこと, 醗酵有機酸の含量の低いこと, 酪酸含量の低いことなどの特徴が知られる. またもつとも緑色度を多くとどめ, カロチンの保存度が高いことが推察された. 臭については, 糖蜜飼料添加のものがもつとも芳香を示したのに対し, SMS 添加のものは, 酸臭を余り感ずることなく, いわゆる Fresh cut odor をもつていた. 糖蜜飼料添加のものは, 水分調節効果もあり, 下層に位する部分のもつともよい品質を示した.

なお一般分析の結果は Table 4 のとおりで, 各成分毎の収量を計算した結果は Table 5 のとおりである.

Table 4. Chemical Composition of Sweet Potato Vine Silages (%).

Feed	Moisture	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash	True protein
Bisulfite Silage	85.73	1.65	0.70	6.85	2.75	2.32	1.19
Molasses Silage	79.39	2.92	0.79	8.16	5.45	3.29	1.85
No preservative Silage	85.77	1.91	0.63	5.68	3.74	2.25	1.22

Table 5. The Yield of Nutrients to the Ensiled Nutrients (%).

Feed	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash
Bisulfite Silage	72	69	69	107	70	63	89
Molasses Silage	78	77	83	115	57	77	87
No preservative Silage	71	68	78	95	57	84	86

この結果では, 糖蜜飼料添加のものが, もつとも乾物の損失が少なかった. BROWN 氏ら⁷⁾ は SMS 添加と糖蜜添加とを比較したが, 乾物の損失では前者が3.5%低く, 乳酸含量は糖蜜添加

のものよりも40%少なかったと述べている。本実験では乾物損失の点では一致しなかったが、乳酸含量の点では約50%少なかった。

糖蜜飼料添加のものは、糖蜜の効果のみならず、添加によつて水分調節の作用もなされたためと思われる。

B. 実験 2.

1. 実験材料及び方法

前項と同じ材料 (Table 1 サツマイモツル) を、11月1日観察を便にするため、24cm×45cmの実験用サイロ (ガラス円筒) に15kgを埋蔵した。このつめこみに際して、化学用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ を0.4%量を均一に撒布しながら、十分に搾して埋蔵した。被覆はビニールを用い、押蓋をして重石は30kgとした。これを実験室におき、その変化を観察し、1958年4月22日開き、分析用に供するとともに、2頭の雄家兎をもつて、消化試験を施行した。

なお消化試験は1957年10月7日に刈り取つて無添加で埋蔵したサツマイモツルエンシレージについても行い参考に供した。

消化試験は常法により予備試験を行い、本試験を行つた。(家兎体重2.6kg, 1日1頭450g給与)。

1957年10月7日埋蔵の材料の成分は次のとおりのものであつた。

サツマイモツル成分 (%)

水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	純蛋白質
86.48	1.65	0.48	6.88	2.45	2.06	1.45
—	12.20	3.55	50.89	18.12	15.24	10.72

2. 実験結果及び考察

埋蔵後の醗酵状態を観察するに、埋蔵後の沈下が比較的速く、材料の色の変化は、無添加の場合のように、1週間位にていわゆるエンシレージ特有の色に完全に変わることなく、緑色味を残存した。しかして汁液の出が速く、かつ無添加の場合は、淡黄褐色を呈しているのに対し、濃紫黒色 (色の標準によると4-11-2 Dark brown 暗い茶) を呈しているのが特徴である。

SMS 添加埋蔵後172日間を経てこれを開き、その収量関係を調査したが、埋蔵時の重量に対して82%、容積は67%、密度 0.907 g/cm^3 で廃棄量はなかつた。

品質鑑定のため、出来上り量を上・中・下層の3部分に分つて分析したが、その結果は Table 6 のとおりであつた。分析及び鑑定の方法は従来行つて来た方法によつた。⁸⁾

Table 6. Quality of Bisulfite Sweet Potato Vine Silage.

Layer	Dry matter	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total	Total N	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\frac{\text{NH}_3\text{-N}}{\text{T.N.}} \times 100$	Class
Top	15.0%	4.79	0.70%	0.21%	0.09%	1.00%	0.3444%	14.9 ^{mg} %	4.3%	29 Good
Middle	16.0	4.41	1.04	0.23	0.00	1.27	0.3131	10.9	3.5	38 Very Good
Bottom	12.5	4.01	1.00	0.15	0.00	1.15	0.3309	10.0	3.0	40 Very Good

この結果はほとんど酪酸醗酵を起さず、アンモニヤ態窒素の含量も少なくエンシレージの品質としては良好なものである。pH 値は底層のみが小さく、上中層は一般の良質エンシレージと比較しては大きかつた。

なお成分毎の収量関係を分析計算した結果は Table 7 のとおりであつた。

Table 7. The Yield of Nutrients to the Ensiled Nutrients (%).

Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash	True protein
80	77	81	100	68	92	98	56

これによると 23% の有機物が損失している。調製中の漏汁の回収量は 317g で (完全に回収することはできなかつた), その組成は Table 8 のとおりであつた。

Table 8. Chemical Composition of Effluent.

Density	pH	Moisture	Dry matter	Organic substance	Crude ash	Total N	NH ₃ -N	$\frac{\text{NH}_3\text{-N}}{\text{T. N.}} \times 100$
1.037	4.75	93.05 %	6.95 %	4.25 %	2.70 %	89.9 mg%	7.41 mg%	8 %

この結果より回収漏汁内に含まれる乾物, 有機物, 無機物, 含窒素物の量を計算し, 埋蔵養分量に対する割合を求めてみると, それぞれ, 0.9, 0.7, 2.8, 0.6% であつた。漏汁による損失量はそれほど大きいものでないことがうかがわれる。

次に家兎による消化試験の結果は, Table 9 のとおりであつた。この間家兎は嗜食し, 体重の変化は少なかつた。

LUEDKE 氏ら⁹⁾ は, 妊娠牛に 1日 Na₂S₂O₅ 約 90g に相当する量を 180日間与えたが, 害作用がなかつたというが, この家兎は 1日 0.45g 程度の SMS を摂取したものと推察されるので, 前記牛の場合の摂取量の範囲内に属するものと考えられる。

Table 9. Digestibility of the Bisulfite treated Sweet Potato Vine Silage (%).

	Silage	Digestibility			Digestible nutrients	Notes
		Rabbit A	Rabbit B	Average		
Moisture	84.95	—	—	—	—	{ D. C. P. 0.9% T. D. N. 7.3%
Crude protein	1.85	48.6	48.7	48.6	0.90	
Crude fat	0.62	46.9	45.2	46.1	0.29	{ D. C. P. 6.0% T. D. N. 48.7%
N. F. E.	6.37	63.4	56.5	60.0	3.82	
Crude fiber	3.80	46.6	56.5	51.6	1.90	(on the dry matter basis)
Crude ash	2.41	—	—	—	—	
True protein	1.16	26.2	35.5	30.8	0.36	
Organic substance	12.64	55.6	54.4	55.0	—	

この結果は, 有機物の 55% が消化されることを示している。もつとも反芻獣であれば, これよりも高い消化率を示すものと推察される。またこの結果は, 生のツルを家兎に与えた場合の消化率 70~78%¹⁰⁾ に比較すると低い値である。

なお同家兎を用いて, 無添加のサツマイモツルエンシレージ (1957年 10月 7日埋蔵) を用いて消化試験を行つた結果は Table 10 のとおりである。

Table 10. Digestibility of Sweet Potato Vine Silage (No Preservative).

	Silage	Digestibility			Digestible nutrients	Notes
		Rabbit A	Rabbit B	Average		
Moisture	81.55	—	—	—	—	D. C. P. 1.14% T. D. N. 8.29%
Crude protein	2.19	50.9	53.7	52.2	1.14	
Crude fat	0.72	39.5	41.8	40.7	0.29	D. C. P. 6.2% T. D. N. 44.9% (on the dry matter basis)
N. F. E.	8.00	57.6	56.0	56.8	4.54	
Crude fiber	4.53	43.0	43.3	43.2	1.96	
Crude ash	3.01	—	—	—	—	
True protein	1.62	35.5	38.7	37.1	0.60	
Organic substance	15.44	51.7	51.5	51.6	—	

SMS 添加のものとは、埋蔵材料の採取時期がちがうので、両者の比較は困難であるが、無添加のものは材料の採取時期が早くより若い材料であつたにも拘らず、有機物の消化率は52%で、幾分添加のものに比較して劣つている。すなわち SMS 添加のものの消化率はまさるものと考えられる。

BRATZLER 氏ら³⁾が、オーチャードグラス、アルファルファブロム、アルファルファを材料にして、SMS 添加のものと無添加のものとを、メンヨウを用いて実験しているが、添加区の方が、対照区に比較してわずかに良結果を得ており、また三股氏ら⁶⁾のメンヨウによる消化試験でも、ほぼ同じような結果を得ている。

以上の実験結果より、80~84%程度の水分含量を有するサツマイモツルを材料にして、0.4~0.5%程度の焦性亜硫酸ソーダを添加することによつて家畜の嗜好に適する品質良好な、緑色の残つている、香のよいエンシレージを調製できることが認められる。

II. 青刈トウモロコシと青刈ダイズの混合割合について

エンシレージを調製する際、イネ科の作物とマメ科の作物を混合して埋蔵することは、養分的平衡を調節するのみならず、埋蔵後の醗酵を調節する上にも意味あることである。

一般に青刈トウモロコシに対しては青刈ダイズを混合してつめこみ、その不足する蛋白質を補うことが行われている。エンシレージ調製の技術上からいえば、青刈トウモロコシは醗酵性炭水化物の含量が多いので、それのみにて埋蔵するのが安全である。これに青刈ダイズを加えるときは、粗蛋白質：可溶無窒素物の巾が狭くなつて、青刈トウモロコシのみの時に比較してその調製技術は六かしく、エンシレージの品質が、その混合量によつては、その程度に応じて劣つてくるのではないかと推察できる。

それで、これらの関係を追求するために、青刈トウモロコシと青刈ダイズとの混合割合をかえて埋蔵研究した。

1. 実験材料及び方法

本学部農場産青刈トウモロコシ及び青刈ダイズを1957年8月19日刈り、これを細切し、

Table 11. Rate of Green Maize to Green Soybean.

Lots	Ensiled		Crude protein : N.F.E.
	Green maize	Green soybean	
10 : 0	2500 g	0 g	1 : 10.2
7 : 3	1750	750	1 : 5.6
5 : 5	1250	1250	1 : 4.1
3 : 7	750	1750	1 : 3.1
0 : 10	0	2500	1 : 2.0

Table 11 の通りに混合し, ヲグネル氏ポットに1区1箇ずつ埋蔵した. 埋蔵方法は著者らが行っている常法に従い, 被覆も同様に行つた. これらを10月16日より, 11月29日の間に1区ずつ開き, 品質を鑑定し, 一般分析を行つた.

2. 実験結果及び考察

埋蔵材料の組成を示せば Table 12 のとおりである.

Table 12. Chemical Composition of Ensiled Materials (%).

Forage	Moisture	Crude protein (p)	Crude fat	N. F. E. (c)	Crude fiber	Crude ash	c/p
Green Maize	76.74	1.41	0.37	14.33	5.61	1.54	10.2
Green Soybean	76.17	4.21	0.49	8.74	8.74	1.65	2.0

粗蛋白質対可溶無窒素物の比は, 青刈トウモロコシにおいては10を越え, 可溶無窒素物の多いことを示し, 青刈ダイズにおいては, GNEIST 氏¹¹⁾ のいう添加物なしで埋蔵できる限界点を示している. 開いたときの重量・容積の関係を示せば Table 13 とおりで, その品質は Table 14 のとおりであつた.

この結果は埋蔵期間を考慮しなければ

Table 13. Crude Yield.

Lots	Yield		Date of opening	Duration of storage
	Weight	Volume		
10 : 0	98 %	77	Oct. 16	59 ^{days}
7 : 3	99	76	" 29	72
5 : 5	96	73	Nov. 11	84
3 : 7	98	74	" 21	94
0 : 10	88	48	" 29	102

Table 14. Quality of silages (Corn, Corn-Soybean and Soybean).

Lots	Dry matter	pH	Acid				NH ₃ -N	NH ₃ -N T.N. × 100	Class
			Lactic	Acetic	Butyric	Total			
10 : 0	20 %	3.80	2.26%	0.41%	0.00%	3.03%	10 ^{mg} %	6 %	40 Very Good
7 : 3	24	3.86	3.31	0.49	0.02	3.82	25	10	38 "
5 : 5	21	3.98	2.83	0.38	0.34	3.55	46	10	32 Good
3 : 7	26	4.49	1.60	0.24	0.66	2.50	81	11	23 Satisfactory
0 : 10	22	5.40	0.91	1.38	1.27	3.56	177	23	8 Inferior

ならない点もあるが, 青刈トウモロコシのみのものもつとも品質がよく, 青刈ダイズの割合を多くするに従つて, 次第に品質が劣り, 青刈ダイズのみのもものが, もつとも品質が劣ることを示した. しかして, その比が7:3位の程度では, 青刈トウモロコシのみのもものに比較してほとんど劣らないようである.

実際エンシレージ調製に應用される場合は, 10:3位の比率をもつて青刈ダイズが混合されるのが普通であるから, 可溶無窒素物対粗蛋白質の比の値は相当高く保たれ(本実験の材料に例をとれば6.3となる), 調製上の技術には, さほど大きい影響を与えないものと思われる. 本実験では同量ずつの混合でも良質のものが得られた.

また一般的に, 乾物の窒素含量が高いときには, pH 値が高いことは¹²⁾, この実験でもあらわれている.

できたエンシレージの一般成分を示すと, Table 15 のとおりである.

Table 15. Comparison of Chemical Composition of Experimental Silages (%).

	Moisture	Crude protein (p)	Crude fat	N. F. E. (c)	Crude fiber	Crude ash	c/p
10 : 0	77.74	1.42	0.52	11.89	6.56	1.87	8.3
7 : 3	76.98	2.23	0.53	10.98	7.41	1.87	4.9
5 : 5	79.49	2.81	0.57	9.03	6.49	1.61	3.2
3 : 7	78.10	3.37	0.64	8.79	7.35	1.75	2.6
0 : 10	78.85	4.00	0.96	6.95	7.52	1.72	1.7

埋蔵中に可溶無窒素物の消費が醸酵によつて行われ、可溶無窒素物に対する粗蛋白質の比率が小さくなる。

またこの結果によると、可溶無窒素物に対する粗蛋白質の比が、5以上である場合には、良質のエンシレージがつくり易いと推察される。

これらの結果から、次のことが推察できる。

青刈トウモロコシに対し、30~40%程度の青刈ダイズの混合は、品質を劣化することなく、良質のエンシレージをつくることのできる。

したがつて、実際に行われている青刈トウモロコシ100に対し、30%程度の青刈ダイズの混入埋蔵は、製造技術からいつて安全な領域にあると考えられる。

III. 総 括

(1) 焦性亜硫酸ソーダ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ の、エンシレージへの添加剤としての効果を知るため、サツマイモツルを材料にして、0.4%または0.5%を添加して埋蔵した結果、製品は緑色度が一般の場合に比べて高く、家畜の嗜好に適することが知られた。

(2) 普通の良質エンシレージに比較して、pH値は高く、有機酸の含量が一般に低かつた。

(3) 家兎による消化試験の結果は、有機物の消化率が55%で、無添加のものに比較して優るものと推察された。

(4) 青刈トウモロコシに青刈ダイズを種々の割合に混合して埋蔵する場合、可溶無窒素物対粗蛋白質の比の値は、後者を増すに従つて小さくなる。

しかして青刈トウモロコシに対し、青刈ダイズを30~40%程度まで混合しても（可溶無窒素物対粗蛋白質の比の値は5程度）良質のエンシレージが安全にでき上がることが知られた。

本報は、部分的に、昭和33年8月16日（京都）及び昭和34年10月1日（篠山）の日本畜産学会関西支部会の席上で講演した。

文 献

- 1) SUTOH, H. (1958) : Sci. Rep. Fac. Agric., Okayama Univ., No. 11, 29~39.
- 2) ALDERMAN, G. (1955) : J. Dairy Sci., 38, 805.
- 3) BRATZLER, J. W. et al. (1955) : Penna. State Univ. Agr. Expt. Stat. Bull., 597, 43 pp.
- 4) BRATZLER, J. W. et al. (1956) : J. Anim. Sci., 15 (1), 163~176.
- 5) COWAN, R. L. et al. (1956) : Ibid., 15 (4), 1188~1198.
- 6) MITSUMATA, M. et al. (1959) : Nippon-Sôchi-Kenkyûkaishi, 5 (1), 22~30.

- 7) BROWN, W. D. et al. (1958) : J. Agr. Sci., **50**, 307~11.
- 8) SUTOH, H. et al. (1959) : Nippon Nôgei-Kagaku Kaishi, **33** (3), 202~205.
- 9) LUEDKE, A. J. et al. (1959) : Am. J. Vet. Research, **20**, 690~6.
- 10) MORIMOTO, H. (1950) : Chikusan-Shikenjô Hôkoku, **57**, 45.
- 11) GNEIST, K. (1937) : Landw. Versuch. Stat., **128**, 257.
- 12) BARNETT, A. J. G. (1950) : J. Brit. Grassland Soc., **5**, 93~7.