

プロピオン酸添加サイレージの調製法 とその給与が家畜におよぼす影響

酪農学園大学 講師 安宅 一 夫

畜産経営の大規模化にともない自給飼料を安価で省力的に生産することが要請されている。とりわけ、大量の自給飼料を計画的、省力的に貯蔵する方策としてサイレージの重要性が認識されている。

しかし、サイロの大型化、低水分サイレージの増加、通年サイレージ方式での夏季利用あるいは登熟の進んだとうもろこしサイレージの利用増加などにより、サイロの開封後に酵母やカビが増殖し、サイレージが発熱し、変敗するいわゆる二次発酵が問題となっている。

これらの対策として、酵母やカビの生育を強く抑制するプロピオン酸の利用が注目されている。

プロピオン酸添加サイレージは昭和40年から農林省東北農試や名古屋大学農学部をはじめ数カ所の試験機関で研究が開始され、北海道では昭和47年から北海道大学農学部、農林省北海道農試、道立農試および酪農学園大学で広範囲な研究が行なわれ、昭和50年度の農業試験場会議において指導参考事項に決定され、すでに実用化の段階に入っている。

プロピオン酸について

プロピオン酸は蟻酸や酢酸と同じように強い酸臭と刺戟臭を有する有機酸であり、無色の液体である。化学式 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ 、分子量 74.08 であり、現在わが国では、プロピオン酸はプロサンの商品名で市販されている（東洋曹達工業株式会社 107、東京都港区赤坂1丁目7番7号、TEL 03 (585) 3311）。この市販品の物理性は比重（20/4℃）0.99、沸点（760 mmHg）141~143℃、凝固点 -24℃、引火点 50℃、水に対する溶解度 ∞（無限大）である。また、500 l 以上保有する場

合は消防法危険物第四類第二石油類に属するので貯蔵・取扱いは同法に従わなければならない。

プロピオン酸添加サイレージの特徴

プロピオン酸をサイレージ調製に利用した場合の効果を示すと次のようである。

1 植物細胞の早期枯死

プロピオン酸をサイレージの調製の際添加すると植物の呼吸作用を抑制し、温度上昇や高温発酵を防止する。

2 乳酸発酵の促進

プロピオン酸は原液で pH 0.6、5倍稀釈液で pH 2.3 であるので、この添加により、材料の pH は急速に低下し、乳酸発酵に適した酸性度（pH 4~5）を保つ。図1は各種有機酸の pH 低下能を示したものであるが、この効果は各有機酸の解離

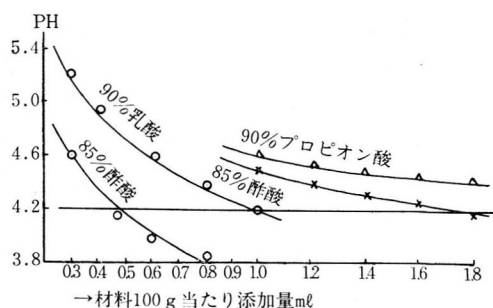


図1 アルファルファに対する各種有機酸の pH 低下能 (箭原, 1971)

恒数の順に一致している。すなわち、プロピオン酸の pH 低下能は他の有機酸に比較すると弱いが、過剰の添加によっても乳酸発酵を阻害するほど pH 低下が起らないことが示されている。従って材料に易発酵性の炭水化物が十分あれば、活発な乳酸菌の作用により、pH 4.2 以下の高品質の

サイレージが生産される。

3 カビの発生防止

前述のようにプロピオン酸は乳酸菌に対する阻害効果はないが、酪酸菌やカビその他不良細菌に対して強力な阻害効果を有する。とくにカビに対する抑制力は蟻酸や酢酸よりプロピオン酸が強力

である。各種酸の添加がサイレージの微生物相におよぼす効果について、筆者らが行なった実験結果を表1に示した。蟻酸、酢酸および塩酸の多量添加は乳酸菌の増殖を抑制し、真菌類(酵母・カビ)を増殖させる傾向があり、プロピオン酸の添加は乳酸菌の増殖に影響せず、不良菌の増殖を抑

表 1 有機酸添加がサイレージの細菌学的品質におよぼす効果 (生菌数/g)

			好気性菌数	乳酸菌数	真菌類数	酪酸菌数	pH
無 添 加	蟻 酸	0.1%	4.6×10^5	1.6×10^9	<100	<10	4.90
		0.3%	1.9×10^5	1.2×10^8	<100	1.4×10^1	4.65
		0.5%	2.5×10^5	1.4×10^8	1.5×10^2	1.4×10^1	4.51
酢 酸	0.7%	5.6×10^6	6.0×10^6	<100	<10	4.25	
	0.8%	3.9×10^7	1.8×10^7	2.0×10^4	1.1×10^1	4.18	
	1.0%	3.0×10^5	3.6×10^8	<100	<10	4.64	
プロピオン酸	0.6%	2.2×10^5	1.2×10^8	<100	<10	4.36	
	0.8%	3.7×10^5	6.7×10^7	4.5×10^2	<10	4.20	
	1.0%	4.6×10^5	4.8×10^8	<100	<10	4.87	
酪 酸	0.3%	4.4×10^5	1.8×10^8	<100	<10	4.80	
	0.5%	2.8×10^5	3.1×10^8	<100	<10	4.65	
	0.7%	3.0×10^5	3.3×10^8	<100	<10	4.76	
乳 酸	0.2%	3.0×10^5	3.2×10^8	<100	<10	4.60	
	0.4%	2.3×10^5	1.8×10^8	<100	<10	4.53	
	0.6%	5.4×10^5	4.9×10^8	<100	<10	4.45	
無 添 加	蟻 酸	1.0%	5.8×10^5	2.0×10^8	<100	<10	4.30
		2.0%	2.9×10^5	4.0×10^7	<100	<10	4.05
		3.0%					

菊地, 檜崎, 安宅 1974

表 2 プロピオン酸添加量の補正係数

豆 科 係 数	水 分 係 数		温 度 係 数 ★)	
豆科単播牧草	0.2		1,000 以下	0
豆科率 30%以上の混播牧草	0.1	80% 前後	1,000~2,000	0.1
豆科率 30%以下の混播牧草	0	75~65%	2,000~3,000	0.2
禾本科牧草 ★)	0	40% 前後	3,000~4,000	0.4
青刈りコーン類	0	40% 以下		
青刈りイネ	0			

注) 東洋曹達工業K.K., 技術資料

★) 詰込みから開封迄の積算温度(月間平均気温×貯蔵日数)で表わします。

表 3 各地の1カ月(30日間)の積算温度(標高200m迄の地点)

	北 海 道 (稚 内)	北 海 道 (根 室)	北 海 道 (札 幌)	東 北 (盛 岡)	関 東 (東 京)	中 国 (岡 山)	九 州 (宮 崎)	九 州 (熊 本)
1 月	-175	-145	-165	-84	90	105	200	140
2 月	-170	-170	-135	-63	110	120	235	160
3 月	-51	-66	-30	48	210	210	330	270
4 月	125	90	170	240	380	380	465	430
5 月	260	215	310	410	500	520	575	550
6 月	370	300	420	540	620	650	670	670
7 月	500	430	565	670	740	780	800	710
8 月	575	515	640	720	770	810	805	810
9 月	490	460	530	565	670	690	725	700
10 月	320	320	360	365	490	500	550	520
11 月	93	140	150	180	310	320	415	330
12 月	-84	-36	-21	10	160	170	265	200

圧することが示された。

4 二次発酵の防止

最近の研究によると、二次発酵の主役は酵母やカビのような好気性菌であることが明らかになってきている。前述のようにプロピオン酸はカビや酵母のような真菌類に選択的に抑制するので、サイレージの二次発酵を抑圧できる。

プロピオン酸添加サイレージの調製法

1 プロピオン酸添加必要量

プロピオン酸の添加必要量は材料の種類、水分含量および貯蔵期間の温度などにより異なるが、一般には0.5%が標準となる。低水分の材料や高温条件下では添加量が多く必要とされ、次の式によって適正な添加量を求める。

$$\text{添加量}(\%) = 0.5 + \text{豆科係数} + \text{水分係数} + \text{温度係数}$$

各係数は表2、表3から求める。

また、穀実類の開放貯蔵の場合、標準添加量は1.3%であり、これを稀釈せずに使用し、次の式によって添加量を補正する。

$$\text{添加量}(\%) = 1.3 + (\text{水分}\% - 30) \times 0.06 + \text{温度係数}$$

2 添加方法

調製の際添加する場合：プロピオン酸の効果を最大限に発揮するためには材料と均一に混合しなければならない。牧草では、フォレンジハーベスターまたはカッター、プロワーに自動添加装置を着装することにより、効率的に均一に添加できる。農薬散布機、ポリジョーロなどを使用する場合は水で5~6倍にうすめて添加する。

穀実類では少量の場合、農薬散布機やジョーロを使用するが、大量の場合、ポンプ式プロピオン酸アプリケーションによりオーガー搬送の途中で添加する。

コストの面などで全面に添加できない場合は、層状散布（追詰めの際など）あるいはサイロ壁面と上層部に部分添加（数十センチ）により養分の損失が防止される。

二次発酵抑圧のため使用する場合：サイロ開封後、二次発酵が起きた場合、プロピオン酸を添加することによってその進行を阻止し、損失を最少

に抑えることが出来る。前で述べた式から求めた添加量よりやや多め（下部に浸透する量を考慮して）のプロピオン酸を水で5~6倍にうすめてジョーロで散布し、よく踏圧して、ビニール等で密封する。筆者らは昭和50年度に数カ所の農家で起ったとうもろこしサイレージの二次発酵にプロピオン酸の稀釈液を0.5%程度散布することによってその進行を阻止することが出来た。二次発酵が相当深く進行し始めたり、予防する場合は適宜の深さに加圧注入する方法も有効であろう。

なおサイレージの目方は、材料の種類、水分含量、つめこみの深さ、サイロの型と規模などによって異なっているので表4、表5および表6を参考にいただきたい。

表4 サイロの大きさ別のサイレージの目方

	大 型	中 型	小 型
kg/m ³	670	610	540
kg/尺 ³	18.75	16.68	15.00
貫/尺 ³	5	4.5	4

表5 深さと1m³の目方の比較（青刈りトウモロコシ）

サイレージの深さ	kg/m ³
表 面	284
1.52 m	635
3.05 m	754
4.57 m	808
6.10 m	840

表6 サイロ1m³当たり貯蔵草量（安藤・阿部氏）

材料水分	小 型 (タワー)	中 型 (タワー)	大 型 (タワー)	トレンチ サイロ
	(kg) 840	(kg) 660	(kg) 800	(kg) 720
80%以上				
70%台	1,040	750	1,200	1,200
60%台	1,220	860	1,350	1,225
60%以下	1,210	930	1,500	1,500

プロピオン酸添加サイレージが家畜におよぼす影響

1 プロピオン酸の代謝

プロピオン酸は反芻家畜のルーメン内で発酵により多量に生成されるVFA（揮発性脂肪酸）の一種である。これはルーメン内繊維分解菌あるいは澱粉分解菌の作用した代謝産物をプロピオン酸生産菌群が二次的にプロピオン酸に転換することに

より生成するとされている。プロピオン酸は1g当たり約5,000 calの総エネルギーを有し、吸収された後、糖形成的に代謝され、反芻家畜の主要なエネルギー源となる。

ルーメン液中のVFAの平均含有量(ミリモル/l)の一例を示すと、酢酸63.0, プロピオン酸18.1, 酪酸14.5, コハク酸・乳酸5.2, 蟻酸1.3となっている。

ルーメン内でプロピオン酸生産が相対的に高くなると、低脂肪乳を分泌しやすいとされているが、これは、濃厚飼料多給時に起こるものであり、粗飼料利用時におけるプロピオン酸の供給は、乳量の増加ばかりでなく、脂肪率も高濃度に維持できるという興味ある知見が名古屋大学や根釧農試から報告されている。

最近、二次発酵の抑制効果はプロピオン酸より酪酸やカプロン酸が強力であるという報告が北大農学部や農林省畜産試験場からなされている。しかし、酪酸もカプロン酸も反芻家畜に多量に吸収されると、ケトン体を生成するのでケトージスを

起こす危険性がある。一方、プロピオン酸は糖形成的に働き、ケトージスの予防や治療に使用されている。

2 プロピオン酸の毒性

以上のように、プロピオン酸は反芻家畜のエネルギー源として完全に代謝利用されるので何ら毒性の心配はない。また、プロピオン酸は塩類として一定量(プロピオン酸として0.5%)まで食品添加物として認可されており、スイスのある種のチーズにはプロピオン酸が約1%も含まれている。

物質の急性毒性を示す単位としてLD₅₀(半数致死量)が用いられるが、これは物質を動物に経口または注射で与えた場合に、使用した動物の半数が死亡する量のことである。通常、体重1kg当たり何gであると表示される。プロピオン酸のLD₅₀についての記載は見当たらないが、プロピオン酸カルシウムで3.34g、プロピオン酸ナトリウムで5.10gであり、表7に示した他の物質と比較すると弱毒性~中等度毒性に属し、酢酸、エチルアルコール、食塩および砂糖などと同程度の毒性であり、サイ

表7 毒性度の分類

	LD ₅₀ (mg/kg)	例
supertoxic (超劇毒性)	5 mg 以下	パラチオン 青酸カリ(ガス)
extremely toxic (劇毒性)	5~50 mg	砒素・水銀
very toxic (強毒性)	50~500 mg	アスピリン・カフェイン
moderately toxic (中等度毒性)	500~5,000 mg	マンガン塩・鉄塩・ヒマシ油
slightly toxic (弱毒性)	5,000~15,000 mg	石けん・サッカリン・食塩 エチルアルコール・酢酸・砂糖
practically nontoxic (実用上無毒性)	15,000 mg 以上	シリコン・タルク・炭酸カルシウム

注) プロピオン酸カルシウムのLD₅₀……3,340 mg, プロピオン酸ナトリウムのLD₅₀……5,100 mg

レーズ添加物としての使用範囲では家畜に全く影響しないものと判断される。また慢性毒性は、1, 3, 6%のプロピオン酸添加飼料で180日間ラットを飼育した結果、体重は対照より増加し、血液、内臓ともに異常は認められなかったと報告されている。

また、他のある種の添加物と異なり、プロピオン酸は直接反芻家畜の栄養源となるものであるから、畜産物にこれが移行し、害をおよぼすという食物連鎖による汚染問題を生ずる心配もない。

まとめ

以上、サイレーズ添加物としてのプロピオン酸の特性、サイレーズの調製法およびその給与が家畜におよぼす影響について述べた。サイレーズ調製の基本は(1)適期刈取り、(2)水分調節、(3)細切、(4)踏圧・密封の4原則であることは論をまたないがさらにプロピオン酸の利用による効果が期待される。