

アルファルファサイレージの低品質化要因とその改善対策

北海道農業試験場 草地開発第1部

草地第5研究室長

鳶野 保

1 はじめに

アルファルファサイレージは、品質が不良にならやすく、高品質サイレージの調製が困難とされていた。そして、そのことがアルファルファ栽培の普及を遅らせてきた一つの理由であるともいわれている。けれども、近年におけるアルファルファの普及ぶりをみると、これらの懸念は払拭されたように見える。このような普及の原動力になっているのが、予乾方式によるサイレージの調製技術ではなかろうかと推察される。

予乾すると品質が向上することについては、多くの研究成果で明らかにされている。今更なんでも予乾かという気がしないでもない。けれども一農家におけるサイレージ調製は共同作業や共有機械による場合が多いので、作業能率が低下する予乾方式は敬遠されがちであった。それが今日、予乾方式が定着しつつあるのは、調製用機械の台数が増加したのかも知れないし、作業能率の向上を図る工夫がなされたのかもしれない。

ともあれ、一つの技術を基軸として、新しい作物が普及するということは喜ばしいことである。

ここでもう一度、アルファルファサイレージの品質が低下しやすい要因を摘出し、それを防止する対策について、主として予乾との関連について検討してみたい。

2 品質を低下させる要因

アルファルファサイレージの品質が不良になりやすい主要な要因として、3つあげることができる。第1は、水溶性炭水化物が低いことであり、第2は緩衝能が強いことであり、第3は高蛋白質であることである。

第1の要因である水溶性炭水化物であるが、発酵に用いられる際の炭水化物は水溶性でなければならない。すなわち、ブドウ糖、果糖、蔗糖、フラクトサンなどである。イネ科牧草の場合は、光合成で産生したブドウ糖がフラクトサンになって蓄積されるが、アルファルファの場合は主として澱粉になる。このことが、イネ科牧草とマメ科牧草の大きな違いである。フラクトサンは水に溶けるが、澱粉は水に溶けない。つまり発酵に用いられる炭水化物は、イネ科牧草よりもマメ科牧草の方が少ない。このことが、アルファルファサイレ

目次



小型ロールペーラによるイタリアンミレットの乾草調製風景。
立毛中のヘイスーダンも乾草適性が高い。
(雪印種苗㈱宮崎試験地)

□ ビッグロールペール乾草の品質を高めるために……………表紙②・16・表紙③
■ アルファルファサイレージの低品質化要因とその改善対策……………鳶野 保… 1
■ 九州における草地開発の現状と展望……………沢村 浩… 5
■ 南九州、とくに宮崎における乾草 生産の実態と改善のポイント……………横山三千男… 8
□ 芝生用新品種の特性と利用のポイント……………近藤 聰… 14
□ <トピックニュース> “土づくり”を進めよう!!……………12

ジの品質が不良になりやすい第1の理由である。

表1は、生育ステージ別のアルファルファの炭水化物含量を示したものである。庶糖の含量が着蕾期以降低下するが、それ以外は著しい変化は認められない。澱粉を除いた水溶性炭水化物含量は、生育ステージの若いうちでは9~10%であるが、サイレージ材料としての収穫時期である着蕾期以降は5~7%である。サイレージのpHを4.0にするためには、詰め込み材料の乾物中に水溶性炭水化物が6~7%必要であるといわれている。従ってアルファルファ中の水溶性炭水化物含量は、必要最少限である。ところが、アルファルファは緩衝能といって、pHの低下を妨げる働きが強いので、実際にはこれ以上の水溶性炭水化物が必要であろうと推察される。従って高水分・無添加では、良質なアルファルファサイレージの調製は困難であることがわかる。

イネ科牧草の場合は、表2にイタリアンライグラスの例を示す。これは表1の分析結果と同じく、イギリスのエディンバラ大学の研究者グループで分析されたものであるから、分析方法などが同じであり、比較するのに適した数値であると思う。これによると、アルファルファの澱粉のところが、イネ科牧草ではフラクトサンにほぼおきかわっていることがわかる。従ってイネ科牧草の場合は、フラクトサンを含めると、水溶性炭水化物はおよそ15%前後であることがわかる。それではイネ科牧草の場合は、サイレージ調製に必要な水溶性炭水化物は不足しないかというとそうではなく、これらの含量は栽培条件等によって著しく変動し、また1日のうちでも朝と夕方とでは時には倍量ぐらいたい変化することが知られている。従ってイネ科牧草といえども常に水溶性炭水化物が十分であるとはいえないものである。

次に、第2の要因である緩衝能のことであるが、たとえば牛の反芻胃の中では大量の有機酸が產生

表2 イタリアンライグラスの水溶性炭水化物含量
(乾物中%)

サンプルNo.	庶糖	ブドウ糖	果糖	フラクトサン
1	3.5	2.2	1.9	5.6
2	4.5	1.6	1.3	7.0
3	3.2	1.7	1.0	9.5
4	8.2	2.2	1.9	5.9
5	2.4	2.3	3.8	6.0

エディンバラ大学、ウイッテンビュアリ(1967)

表1 アルファルファの生育ステージ別炭水化物含量
(乾物中%)

炭水化物	生育期	着蕾前	着蕾期	開花始	開花期
果糖	2.5	2.7	2.0	1.4	2.3
ブドウ糖	2.5	2.6	2.1	1.3	2.1
庶糖	4.2	5.6	2.7	2.4	2.7
澱粉	8.7	4.8	6.8	6.0	6.2

エディンバラ大学、マクドナルド(1981)

されるので、pHが急激に変化しないように、唾液の中の成分が緩衝作用をしている。牧草中にもこのような物質が含まれている。それは主として、有機酸と無機物の塩類(カルシウムなどの無機物と結合したもの)である。そのほかに蛋白質も関連するが、それは全体の緩衝能のうちの30%前後であろうといわれている(マクドナルド、1962)。

生草中には、クエン酸などの有機酸の塩類が含まれている。従って生草に少量の水を加えてジューサーのような器械で磨碎して、乳酸を添加してpHが4.0になるまでの滴下量を測定すると、イネ科牧草の場合は、一般に乾物当たり3%程度である。ところがマメ科牧草の場合は、その倍量の6%程度必要なことが知られている。マメ科牧草には、イネ科牧草に含まれていない有機酸が含有されているためである。

つまり、サイロに詰め込む前の生草そのものが、イネ科牧草よりもマメ科牧草の方が緩衝能が強いのである。このことは、発酵初期のpHの低下を遅らせる原因になっていると推察される。更にサイレージの緩衝能は、生草よりも高くなることが知られているが、それは乳酸が産生するので、乳酸カルシウムのような有機酸の塩類が緩衝能を高めているのである。

表3 詰め込み材料とサイレージの緩衝能

(乾物100g当りミリ当量)

種類	新鮮材料		サイレージ	
	緩衝能	pH	緩衝能	pH
1 オーチャードグラス	24.7	-	-	-
2 "	25.2	-	-	-
3 イタリアンライグラス	58.9	5.88	125.0	4.14
4 "	44.6	-	-	-
5 "	31.0	5.89	100.0	4.31
6 "	38.6	6.16	130.6	4.37
7 ベレニアルライグラス	38.6	6.06	89.9	5.81
8 "	42.8	5.90	82.2	5.36
9 アカクローバ	57.8	5.95	142.2	4.02
10 "	61.7	5.73	147.1	4.35
11 "	49.1	5.80	76.3	5.03
12 シロクローバ	51.2	-	-	-

エディンバラ大学、ブレイン(1966)

表3に示す緩衝能の測定法は、はじめに0.1Nの塩酸でpH3まで低下させ、その後0.1N苛性ソーダでpH4からpH6まで上げるのに必要な量を、ミリ当量で示したものである。これをみると、生草よりもサイレージの方が高く、マメ科牧草の方がイネ科牧草よりも高いが、イネ科牧草でも種類によっては高いものもあることが示されている。

アルファルファについてはここでは示されていないが、同じ研究グループで発表している報告によると、アルファルファの場合、新鮮材料では57ミリ当量／乾物100g、サイレージでは253という高い場合もあるが、47, 115という例もあって、供試材料によって異なっている。けれども、アルファルファのようなマメ科牧草はオーチャードグラスに比較すると、およそ2倍以上の緩衝能があると考えられる。

第3の要因である高蛋白質と品質との関係については、緩衝能という点ではその影響は比較的少ないであろうということを先に述べた。それは、次のような実験結果に基づいている。牧草に少量の水を加えて磨碎し煮沸すると、蛋白質が凝固するので、それを濾過した濾液について緩衝能を測定すると、蛋白質を除いた際の緩衝能が測定されるので、全体との差で蛋白質の影響が明らかになる。これによると、オーチャードグラスで測定すると、先に述べたように緩衝能全体に占める蛋白質の割合は31%であったという。このことからみて、牧草全体の緩衝能に占める蛋白質の割合は大さくないであろうと推測されている。

一方、牧草中の蛋白質はサイレージにすると、50~60%ぐらいはアミノ酸にまで分解する。条件が悪いと、アミノ酸は酪酸菌によって酪酸とアンモニアと炭酸ガスになるので、サイレージの品質は不良になり、詰め込み材料の蛋白質が多いということは決して有利ではない。

従って、從来からわが国でも牧草の蛋白質含量と品質との関係を究明しようとした研究が多数みられるが、これらの研究結果では高蛋白質が必ずしも品質不良に結びつかないという報告が多い。その1例を示すと、表4のとおりである。牧草の生育ステージや窒素の施肥水準を変えると、粗蛋白質含量は著しく変化することが示されている。けれども、この表の結果からでは、粗蛋白質含量の高いものが必ずしも品質が劣るとは言えない。これは多分表4に示されているように、WSC(水溶性炭水化物)が多いので、いざれも必要量が十分に満たされていたためであろうと推察されている。

施肥や生育ステージを変えると他の成分も変わるので、カゼインのような蛋白質だけを添加したり、種々の試みがなされているが、品質が低下する場合もあり、しない場合もあるので、一定の結論が得られていない。けれども、先に述べたように、条件が悪いとアミノ酸が分解してアンモニアになるので、そのような意味でアルファルファの高蛋白質はサイレージが不良になりやすい一つの要因になると言えよう。

3 品質改善対策

アルファルファサイレージの品質が低下しやすい第1の理由として、水溶性炭水化物が少ないとあげた。これに対する改善対策は2つある。1つは予乾することであり、もう1つは水溶性炭水

表4 牧草サイレージの品質に及ぼす窒素施肥水準と生育ステージの影響

種類	生育ステージ	窒素施肥量(kg/10a)	乾物中%		pH	乳酸(%/乾物)	VBN ²⁾	評点 ³⁾
			水分(%)	粗蛋白質(%)				
チモシー	穂ばらみ期	15.0	83.1	19.3	10.5	3.97	1.87	5.7 100
		7.5	82.3	15.4	9.8	4.17	1.56	9.5 88
	出穂期	15.0	80.9	14.1	8.8	3.89	2.02	9.7 100
		7.5	79.1	10.8	9.1	3.89	1.55	7.7 95
オーチャードグラス	出穂始	10.0	83.6	17.0	10.2	4.24	1.37	8.5 80
		5.0	81.9	13.3	11.6	4.78	0.34	17.9 20
	開花期	10.0	79.8	13.8	6.4	3.83	1.48	5.5 80
		5.0	78.5	10.0	7.8	3.85	1.63	4.7 85
混播	穂ばらみ期	15.0	82.5	18.1	10.1	3.82	2.39	6.3 85
		7.5	81.4	15.4	11.5	4.01	1.56	8.4 73
	出穂期	15.0	80.1	12.7	9.8	3.74	1.90	8.7 90
		7.5	78.2	10.7	11.3	3.75	1.83	6.9 90

注 1) 水溶性炭水化物

2) 全窒素に占めるアンモニア態窒素の割合

3) フリーグ法による評点

(坂東・鶴野, 1970)

化物を添加することである。かつては、糖蜜などを添加したことがあるが、経済性と添加効果に問題があり、最近は用いられていない。糖蜜など炭水化物の添加物中には、酪酸菌が大量に付着していることがあり、そのためにサイレージの品質が逆に低下することのあることが指摘されている。

予乾をすると、詰め込み原料草中の水溶性炭水化物の含有率が高くなる。乾物中の含有率は予乾をしても変化しないが、水分が減少するので原物つまり詰め込み原料草中の含有率が高くなる。予乾をして乾物率が2倍になると、原物中の含有率が2倍になる。すなわち、水分80%のアルファルファを予乾して60%にすると、水溶性炭水化物の含有率は2倍になる。先に述べたように、アルファルファの水溶性炭水化物含量はおよそ6~7%で、これはサイレージのpHを4.0前後にするための最低必要量である。これが2倍になると、サイレージのpHが4.0になってしまっても、まだ6~7%の水溶性炭水化物が残存していることになる。従って水溶性炭水化物含量だけから言えば、安全に良質なサイレージが調製される条件が、保証されたことになる。

予乾をして水分を減少させると、水溶性炭水化物だけでなく、他の成分含有率も増加する。従って詰め込み原料草中の浸透圧が増加する。酪酸菌は浸透圧に敏感であり、原料草の乾物率を30%以上にして浸透圧を高めると、酪酸菌の生育が抑制されるという。酪酸菌は高水分で、かつ完全な嫌気性の状態で生育することはよく知られている。

乳酸菌も、水分が著しく低くなれば生育が抑制される。けれども、乾物率30%程度では十分生育できるので、乳酸発酵が起つてpHが低下する。酪酸菌はpHに対する感受性が強く、pHの低下で発育が抑制される。酪酸菌の最適pHは6.0~7.0である。乳酸菌はpH4.0以下でも増殖できるが、緩衝作用があるので、通常はpH4.0~4.2で発酵が停止する。予乾すると、予乾の程度によるが、発酵が抑制されるので、pH4.5~5.0で発酵が停止する。pH4.5~5.0でも浸透圧が高いので酪酸菌の生育が抑制され、品質が保持される。

一方、蛋白質がアミノ酸にまで分解する過程も予乾すると、その割合が少なくなる。更に酪酸菌

の生育が抑制されているので、アミノ酸がアンモニアになる分解が防止されることになる。以上のように述べると、予乾することによって、先に述べたアルファルファサイレージの品質が低下やすい問題点がすべて解決されるように見えるが、実際にそのような効果を期待してもよいのである。

なお、予乾すると以上のように発酵品質が改善されるだけでなく、飼料価値も高くなる。発酵を途中で中止することになるので、水溶性炭水化物がすべて消費されないで、残留することになる。ブドウ糖や果糖や蔗糖が残り、蛋白質の分解も少なくなるのであるから、飼料価値が高くなるのは当然のことである。

ブドウ糖などの糖類や澱粉は、そのまま小腸から吸収されるが、第1胃内で揮発性脂肪酸に変化して吸収されるので、無駄がなく家畜のエネルギー源になる。ところが、硬い纖維が第1胃内で消化される場合は、最終的に揮発性脂肪酸になるまでに、多くの微生物の働きや消化酵素などを必要とし、消化するだけで多大のエネルギーを消費することになる。従って纖維の多いサイレージは、実際に乳肉生産に用いられるエネルギーが少なくなる。反対に、糖類や澱粉などが多く残っているサイレージは、乳肉生産価値の高い飼料、すなわち正味エネルギーの高い飼料になるのである。

更に、予乾をすると採食量が多くなることも、著しい利点の一つである。アルファルファ自体が、他の牧草に比較すると、採食量が著しく多いことが知られている。予乾をすると、それが更に高められるので、近年における高泌乳牛の飼養には欠かせない飼料であることがわかる。

アルファルファサイレージは、高水分、無処理、無添加では良質に調製することは困難であることを繰返し述べて来た。そして、予乾することによって、ほぼ問題点が解決されるが、もう1つの方法は添加物を用いることである。気象条件か何らかの事情で予乾ができない場合は、添加物を用いなければならない。pHを4.2以下にすると、酪酸菌の生育を完全に抑制することができるので、最初から酸を添加する方法がある。強い酸を添加するのであるから、pHが確実に低下するのは当然のことである。ダイレクトカットで収穫し、サイロに

埋草する時に酸を加えて、呼吸や酵素や微生物による分解を停止させると、新鮮草のままの飼料価値で貯蔵できるかもしれない。

このような発想で、最近カナダの試験場で蟻酸を用いて高水分のグラスサイレージを調製し、肉用牛に給与して放牧時と同様の増体量を得ることができたという、興味深い報告がなされている。pHを低下させる能力は、蟻酸が最も強いようで、北農試の箭原氏らの調査によると、pH低下能は蟻酸、乳酸、酢酸、プロピオン酸の順であったという。

材料草 200 g に水 500 cc を加え、有機酸を加えて pH を測定したところ、蟻酸は 0.6% の添加で pH 4.0 に達するのに対し、プロピオン酸は 2% 以上添加しても、pH は 4.4 以下に低下しなかったという。実際に大きなサイロで実施すると、発酵が起って有機酸が産生するので、以上の実験結果と

は異なるが、蟻酸がすみやかに pH を低下させることは間違いないであろう。

発酵初期の pH を低下させる働きについては、乳酸菌も確実に効果があることが認められている。けれども、最終的にでき上がったサイレージの pH は無添加と同様であったという報告もある。しかし発酵初期の pH が低いので蛋白質の保存すなわちアンモニア態窒素含量が減少するという報告もある。また、詰め込み材料草中に乳酸菌が不足している場合があり、その場合に添加する必要があるということともいわれている。自然の乳酸菌よりも乳酸生成能率のよい乳酸菌を接種すべきだという考え方もある。乳酸菌については、接種すべき条件を明確にして検討すべき今後の課題であろう。

九州における 草地開発の現状と展望

九州農業試験場 草地部

草地研究室長

澤 村 浩

1 草地開発の現状

わが国の混播牧草地の面積は約 61 万 ha で、九州にはその 2.4%，約 1 万 5 千 ha が存在する。いっぽう、混播牧草を除いた、いわゆる耕地内飼料作物の作付面積は全国で約 40 万 ha で、九州にはその 30%，約 12 万 ha が存在する。このように、九州地方の自給粗飼料は飼料作物が主体であり、混播牧草のウエイトは低いように見られてきた。しかしながら、例えば熊本県阿蘇地方のように、野草地を含めて約 5 万 ha の草原が放牧・採草に利用されるなど、野草地の利用は極めて活発である。九州地方の野草地面積は約 12 万 ha で、飼料作物の作付面積に匹敵するほど広大であり、古くから役用牛馬の生産に利用してきた。現在は、肉用

牛の繁殖に利用されており、放牧された牛の姿は観光資源としても重要視されている。これら野草地は草地開発可能地であって、将来の需要によっては牧草地に変るものである。

九州の国営草地開発事業は、昭和 40 年から 49 年までに阿蘇地方で約 2 千 ha の草地造成を実施したのが最初で、最近までに累計約 2 万 ha の草地を造成してきた。九州の草地造成は、野草地を牧草地化することであって、森林を抜開して造成することはない。従って大規模な環境破壊は伴わない。農用地開発公団九州支社の阿蘇久住地域草地開発総事業費は、ha 当り昭和 55 年度約 800 万円であったのが 60 年度は約 1,600 万円と増加している。そのため、最近数年間の草地開発面積は減少傾向にある（表 1）。草地造成に用いられる牧草は、畜産