

良質サイレージの安定確収を図るために

酪農学園大学 安宅 一夫

サイレージ調製の成否、すなわちサイレージの発酵品質に影響する要因は、微生物的、化学的及び物理的な要因の3つに大別できるが、ここではサイレージ調製の技術的問題の観点から、これらの要因について、これまで明らかにされた知見を要約する。

(1) 草種・品種の選定

良質で栄養価の高いサイレージを調製するためには、まず原料草としてどのような草種、あるいは品種を選定すべきかが問題になる。一般に、草種・品種の選定は、栽培のしやすさや収量に重点がおかれ、サイレージ適性についてはあまり考慮されていない。

糖含量の高い作物ほど乳酸発酵主体の良質サイレージが調製されるため、サイレージを大量に調製する場合には糖含量の高い作物の選定が重要な課題となる。高野は、草種別・刈取時期別の乾物中WSC(可溶性炭水化物)含量とサイレージ品質との関係について次のように述べている。すなわち、常に優秀なサイレージ品質を得るためには、乾物中WSC含量が20%以上必要であり、これに

はトウモロコシが属する。またWSC含量が12~18%の作物からは安定した良好な品質のサイレージが得られ、これには各種のホールクロップサイレージ、春1番刈りのイタリアンライグラスが属する。一方、WSC含量が9~11%の作物からは高水分で安定的に良質サイレージを得ることは難しいとし、これにはオーチャードグラス、チモシーなどが相当する。更にイネ科牧草の二番草、アカローバ、アルファルファなどWSC含量が3~7%と著しく低い作物からは、高水分の状態では常に劣質のサイレージができるとしている。

北海道で栽培されている牧草の主要8草種についてそれぞれ1~5品種供試して、無干でサイレージを調製した結果の一部を表1に示した。

サイレージ品質では、ライグラス類及びトールフェスタが最も良質であり、メドーフェスタ、アカローバ及びオーチャードグラスが劣質であった。また、一般にサイレージ調製が難しいといわれているアルファルファにおいては、pHが高いにもかかわらず酪酸生成のない良質サイレージができたことは注目される。アルファルファから良質サイレージができた理由としては、原料草に乳酸

目次

<input type="checkbox"/> 粗飼料品質評価基準のその後……………	表②, ③, 18
<input checked="" type="checkbox"/> 良質サイレージの安定確収を図るために……………	安宅 一夫… 1
<input checked="" type="checkbox"/> エンバタのマグネシウム吸収に対する培地(土壌)環境の影響の品種間差異……………	尾形 昭逸… 5
<input type="checkbox"/> 協業組織と共に歩む酪農経営の改善……………	田渕 眞… 8
<input type="checkbox"/> トールフェスタ新品種「サザンタロス」の特性……………	近藤 聡…15
<input type="checkbox"/> 芝生用優良品種……………	表④



弊社緑化造園部が施工した中国瀋陽庭園
—'86さっぽろ花と緑の博覧会—

表1 サイレージ品質における草種・品種間差異

原 料 草	サイ レ ー ジ											
	水分 (%)	C (%)	P (%)	WSC (%)	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	プロピオン酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)	評点 (%)	2,3-ブタンジオール (%)
オーチャードグラス	83.2	10.6	8.1	4.74	0.32	0.17	0	0.39	0.88	14	0.13	
キタミドリ	81.0	9.0	10.4	4.75	0.18	0.08	0	0.41	0.67	11	0.33	
メドーフェスク	80.0	13.8	9.5	4.09	1.52	0.18	0	0	1.70	100	tr	
フェースト	87.7	9.6	21.8	3.86	0.95	0.28	0	0.01	1.24	96	0.11	
トールフェスク	78.8	6.7	17.1	3.79	1.18	0.11	0	tr	1.29	100	0.11	
ホクリョウ	81.4	18.4	5.6	4.80	0.98	0.62	tr	0	1.60	72	0	
イタリアンライグラス	76.6	6.8	6.8	3.81	1.11	0.06	0	0.01	1.18	100	0.03	
エース	84.8	15.5	9.4	5.06	0.63	0.31	0	0.30	1.24	28	0.30	
ハイライグラス												
テトリライト												
アルファルファ												
ソア												
チモシー												
センボク												
アカクローバ												
サッポロ												

菌が多く付着していたことが考えられる。

牧草のWSC含量は窒素施肥によって低下する。従って、窒素施肥量が多くなるとサイレージの品質が悪くなりやすい。

(2) 収穫適期

一般に、収量が最高に達する時期は、イネ科牧草は出穂期、マメ科牧草は開花期、トウモロコシでは糊熟後期～黄熟期とされている。一方、牧草における生育時期と成分の関係は図1のようである。サイレージ品質と関係のある成分では、生育が進むにつれて乾物含量とWSC含量が増加する。このことから、生育が進むにつれてサイレージ品質が向上することが予想される。しかし、出穂期を過ぎるとWSC含量が減少し、サイレージ品質が悪くなる。近年、栄養価の高い牧草を収穫するために早刈りの傾向にあるが、このことは無干草で良質のサイレージ調製することを困難にしている。

トウモロコシでは、乾物含量は生育に伴い増加し、WSC含量は糊熟期まで増加し、その後減少する。従って、良質のサイレージを調製するためには糊熟後期～黄熟期が適期と考えられる。

以上のことから、収量、栄養価、サイレージ品質の面から総合的に判断した刈取適期は、イネ科牧草は穂ばらみ～出穂初期、マメ科牧草は開花期初期、トウモロコシは黄熟期と考えられる。

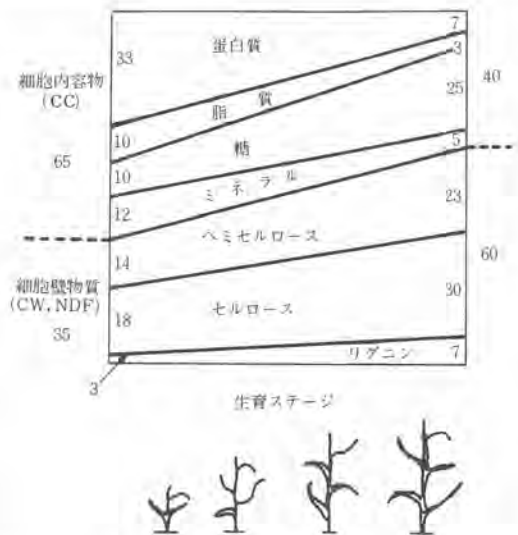


図1 牧草の生育に伴う成分変化

(3) 水分調節

原料草の水分含量は、サイレージ品質、養分損失及び栄養価などに影響を及ぼす。高水分の原料を用いると、①酪酸発酵しやすい。②排汁損失がある。③摂取量が低下する。④調製に際し運搬量が多くなる。などの不利がある。

酪酸発酵を抑制し、乳酸発酵主体の良質サイレージを調製するには、水分含量を70%以下に調節する必要がある。また、水分含量を60%以下にする

と、乳酸発酵も抑制されるが、特に酪酸発酵が抑制される。従って、低水分サイレージ（ヘイレージ）では、原料草の糖含量に関係なく良質サイレージができる。

サイロからの排汁の量は、サイロのタイプ、踏圧の程度、切断長などによっても影響されるが、原料草の水分含量に大きく左右される。原料草の水分含量と排汁との関係を調べた多くの研究結果は、水分含量が75%に低下すると排汁がほとんどなくなり、71%になると排汁は完全になくなることを示している。一方、蟻酸など酸を添加すると排汁量が増加することが報告されている。

原料の水分含量を調節する方法としては、刈取時期の遅延、予乾、乾物の添加などがある。乾物を添加する場合、使用する乾物としては稲わら、フスマ、ビートパルプ及び配合飼料などがあげられる。これらの乾物を10%程度添加すると水分含量が6～7%減少する。粗飼料と濃厚飼料を混合して調製したサイレージはオールインサイレージと呼ばれ、日本のコンプリートフィードとしてこれからの利用が期待されている。

(4) 切断長

原料草の細切は、サイロ内密度の向上、サイレージ発酵の促進と二次発酵の抑制、サイレージの取出し作業を容易にするなどの効果をもたらす。これらの効果は切断長が短くなるほどよくなる。

一方、切断長が短くなると咀嚼く時間の減少、消化率の低下、乳脂率の低下などが起り、反芻家畜の消化栄養生理上好ましくないとされている。消化生理及びルーメン発酵の面から切断長は6～12mmが最適と考えられる。

(5) 踏圧・加重

サイレージ調製における踏圧の重要性は古くから指摘されているが、機械作業による省力化のため、踏圧が省略されることが多くなってきた。

サイレージ品質に対する踏圧の効果は、原料の化学成分や水分含量によって異なる。一般的な条件では、踏圧によって密度を高めるとサイレージ品質は向上するが、高水分、低WSC、高温という条件が重なると踏圧によって品質が低下する可能

性がある。従って、実用的には、高水分でWSC含量の低い若刈りの原料草ではあまり密度を高めないように注意する必要がある。一方、熟期の進んだ作物や予乾原料草、あるいは粗大な作物では、細切、踏圧、加重に十分留意して密度を高める必要がある。このようにして、原料草の条件に応じて密度を調節することにより、高水分やWSC不足などの欠点をかなり補正できる。

また、二次発酵には、サイレージの化学成分のほかに密度の高低が大きく影響しているため、密度を高めることによって二次発酵の発生をある程度くい止めることができる。

(6) 密封

既述したように、サイレージ調製の必須条件は嫌気的条件を保持することである。サイレージの発酵初期に空気を導入したり、サイロを開放状態にしておくと、必ず品質の悪いサイレージができる。そして、この影響は高水分の原料ほど著しい。

(7) 添加物

良質サイレージを調製するための条件が不足する場合、これを補足し、品質を改善するために添加物が用いられる。また、原料草に不足している栄養素を補足することを目的として使用する添加物もある。添加物の利用はかなり古くから行われ、これまでに用いられた添加物の数は枚挙にいとまがないほど多い。現在、アメリカでは153種類の添加物が商品化され、イギリスでは42種類の添加物が市販されている。わが国で市販されている添加物の種類は表2のようである。第1のグループは乳酸発酵を促進し、第2のグループは不良微生物の生育を抑制するものである。そして、第3のグループは二次発酵を抑制するものであり、第4のグループは発酵よりもむしろ栄養価を改善するものである。代表的な添加物について解説する。

乳酸菌：現在、最も人気のある添加物である。その理由は、バイオテクノロジーの発展に伴い乾燥製品が開発され、農家が容易に利用できるようになったためである。これまで乳酸菌の効果については否定的なものが多かったが、最近、優良株の発見と製品化技術の向上により、添加効果が認

表2 サイレージ添加物の種類

タイプ	種類	製品
乳酸発酵を促進するもの	乳酸菌	バイオニア1177, バイオマックス, トリプルバック, サイロゲン, 新トモキンS, 東亜菌末, ビタコーゲン, バイオパワー
	糖及び炭水化物	ブドウ糖, 砂糖, 糖蜜, 穀類, 糖類, ビートパルプ
	酵素	サイロガード, スーパーGX, メイセラゼ
	発酵代謝産物	カルバック
不良発酵を抑制するもの	蟻酸	サイベスト
	プロピオン酸	プロサン, アドバサイザー
	ホルマリン	
	ヘキサミン製剤	コファジルプラス
二次発酵を抑制するもの	プロピオン酸	プロサン, アドバサイザー
	蟻酸カルシウム製剤	メイゾコファジル
	アンモニア	アンモニア
栄養価を改善するもの	窒素化合物	尿素, アンモニア, ダイブ
	ミネラル	炭酸カルシウム, 石灰石, リン酸カルシウム, 硫酸マグネシウム

められるようになった。これまで多くの製品は主要な菌種として、*L. plantarum* を用いているが、最近、ATAKUら及びHELLINGSらは*L. casei*の方がすぐれていることを見出した。

酵素：バイオテクノロジーの進展に伴い、この種の添加物が普及してくると思われる。なかでも、セルラーゼの効果が期待できるが、現在のところ製品の価格が高過ぎるようである。

蟻酸：蟻酸の添加は、1920年代に採用されたが、均一に添加することが難しかったため最初は失敗に終わった。しかし、ハーベスタの導入と自動添加装置の開発により1960年代からヨーロッパ及び日本において広く普及するに至った。蟻酸の添加は、原料草のpHを4.2以下にすると植物の呼吸作用や不良微生物の生育を抑制できるという原理に基づいている。すなわち、蟻酸は、pHを低下させる力において有機酸の中で最も強く、添加適量はイネ科牧草0.3%、マメ科牧草0.5%とされている。蟻酸添加により、養分損失の減少及びルーメン内における蛋白質の分解度の低下、摂取量の増加、産乳量・増体の改善などの効果が認められている。しかし、蟻酸は酪酸菌の増殖を強く抑制し、乳酸菌の増殖をも抑制するが、酵母やカビの増殖を抑制することができない。このため蟻酸添加サイレージは二次発酵を起しやすくとされている。

プロピオン酸：プロピオン酸は、酪酸発酵を抑制

する力では蟻酸に劣るが、酵母やカビの生育を抑制する点ではすぐれている。このため、低水分サイレージの品質保持や二次発酵防止に効果が期待できる。

ホルマリン：最近、ヨーロッパでこの添加物が注目されている。この理由は、ホルマリンはすべての微生物の生育を抑制して無発酵サイレージを作ること、ルーメン内における蛋白質の分解を著しく押

え、パイパス蛋白質を増加させることができるなどのためである。しかし、欠点もある。

その他：その他の添加物として、亜硝酸、ヘキサミン複合剤、蟻酸カルシウム複合剤、アクリル酸ソーダなどがある。

(8) 二次発酵防止対策

二次発酵の原因とその防止対策についても古くから論議されている。良質サイレージは二次発酵を起しやすくとされたが、最近、PAHLOW & ZIMMERは乳酸菌を添加したり、密度を高めることにより酵母の生育を抑制し、二次発酵をある程度防止できることを示している。この場合、開封時における酵母の数を1g当り 10^8 以下にする必要がある。これらのことから、二次発酵を防止する方法は、微生物的には、乳酸発酵を促進して酵母の少ないサイレージを調製することであり、物理的には細切と踏圧により密度を高めることである。また、1日当りの取出し量を多くすることも重要である。また、名久井らは化学的方法として、プロピオン酸、蟻酸カルシウム複合剤などの添加によってある程度二次発酵が抑制できることを認めている。

サイレージ調製の成否は、サイレージの発酵が好ましい方向に制御できるかどうかによって決ま

る。サイレージ調製の技術は、最初エジプト時代における発酵の物理的制御に始まり、今世紀初めの化学的制御の時代を経て、ついにバイオテクノロジーによる微生物的制御の時代を迎えた。それ

て、これまでの研究成果によってどんな原料を用いても確実に良質のサイレージを調製することが可能になったといえよう。

エンバクのマグネシウム吸収に対する 培地(土壌)環境の影響の品種間差異

広島大学生物生産学部 尾形 昭逸

はじめに

エンバクは、最近、ホールクロップサイレージ用飼料作物として単作で、あるいはイタリアンライグラスと混播で、我が国の暖地地域を中心に栽培利用が普及してきている。エンバクは、品種により熟期、草型、あるいは環境適応性に幅広い差異があることから、利用目的に適合した品種選択の余地も広いと考えられる。

エンバクは、一般に酸性土壌でもよく生育し、耐酸性が強い作物の一つと考えられて来ているが、酸性土壌で春先あるいは晩秋の低温期にマグネシウム欠乏の典型的症状を往々にして発現するが、気温が高い時期には同一栽培条件でも、この症状の発現は見られない。このようなエンバクのマグネシウム欠乏症発現の機構とともに、欠乏症発現の品種間差異に関する知見はほとんど見られない。

飼料作物ないし牧草茎葉の K/Ca+Mg, K/Mg 比は、これを採食した乳牛などのグラスステアニー症発症に深い関係にあるとされていることから、

表1 エンバクの乾物生産量と無機成分含有率の品種間比較

品 種	乾 物 生産量 (t/ha)	葉部の無機成分含有率 (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
ハヤテ	7.2	2.46	0.33	2.29	1.09	0.24	0.48
No. 2	6.4	2.73	0.34	2.18	1.02	0.22	0.54
No. 3	5.0	2.31	0.44	2.40	0.77	0.20	0.38
No. 4	4.9	1.96	0.36	1.73	0.85	0.12	0.31
No. 5	4.6	2.05	0.44	2.14	0.95	0.16	0.35

圃場での土壌pH (1:2.5 H₂O): 4.4~4.7; 土性: 砂壤土; 置換性塩基 Ca: 4.42me/100g, Mg: 0.33me/100g, K: 0.05me/100g, Na: 0.05me/100g

酸性土壌での、あるいは低温期に栽培利用されるエンバクのマグネシウムやカルシウムの塩基の吸収特性について知見をえておく必要がある。

本文は各種の培地条件でのエンバクのマグネシウム吸収特性の品種間差異を述べることにする。

1. 培地(土壌) pH とエンバクのマグネシウム吸収特性

表1に pH(H₂O)で4.4~4.7の花こう岩に由来する畑地土壌に「ハヤテ」ほか4品種のエンバクを9月上旬に播種し、12月下旬刈取った時の乾物収量と茎葉部のマグネシウム含有率(対乾物)を示した。「ハヤテ」ほかNo. 2の品種にはどの生育段階でも葉部にはマグネシウム欠乏症状の出現はなかったが品種番号No. 3~5の品種には明らかな欠乏症特有のじゅず玉状の緑色斑点が発生し、下位葉黄色化が進行した。分析結果からもマグネシウム含有率は0.24%から0.12%と品種間差異が他の要素含有率に比べて明らかであった。

本土壌を使用して、炭カル無施与の4.5とこの土壌のpHを炭カルで6.5, 5.5, 5.0に調節した土耕ポット試験を実施し、その結果を表2に示した。土壌のpHが高くなると、どの供試品種もマグネシウム含有率は上昇し、収量も増加する。「ハヤテ」、No. 2、及びNo. 3の品種はpHが4.5でも欠乏症の発現はなかったが、No. 4とNo. 5の品種はpHが5.0でも明らかな欠乏症状を呈し、その葉部マ