

これからのトウモロコシの 収穫・調整とその利用

酪農学園大学 安宅 一夫

トウモロコシは、牧草とともに乳牛の基礎飼料として古くから利用されているが、近年、その栽培面積は急速に増加している。すなわち、北海道におけるサイレージ用トウモロコシの栽培面積は、昭和48年頃まで約3万haと横ばい状態であったものが、以後急増し、昭和53年には4万8千haに達している。

トウモロコシは、牧草に比較して乾物およびTDN収量が高く、機械化により大量調製・給与が容易であり、さらに産乳性が高く濃厚飼料を節減できるなど多くの利点を有している。

したがって、トウモロコシサイレージの通年給与を軸とする飼料構成への転換は、これからの酪農、とりわけ牛乳の需給不均衡に対応する乳牛の飼養技術として大きな意味をもつものと考えられる。

こうした状況のなかにあつて、本稿では、良質で栄養価に富むトウモロコシサイレージの調製と利用について、その方法と問題点について述べたい。

トウモロコシの収穫適期

サイレージ用トウモロコシの収穫適期は、栄養収量、サイレージの品質および産乳性などによってきめられる。

(1) トウモロコシの熟期と栄養収量

まず、トウモロコシをサイレージとして利用する場合、単位面積当たりの栄養収量(生草収量でない)が最高の時期に収穫することが大切である。

表1は北海道におけるトウモロコシの熟期と収量などの関係を示したものである。場所と品種によって若干の差はあるが、生草収量は糊熟期で最高に達するのに対して、乾物収量およびTDN収量はそれより遅く、黄熟期で最高になる。

また、図1にも示すように熟期が進むにつれて雌穂の割合が増加し、黄熟期に収穫されたものでは雌穂の割合が全植物体の50%以上になる。そのため、TDN含量は、牧草と異なり熟期の進行に伴い増加し、黄熟期では乾物中約70%となる。

さらに、TDNの内容についてみると、可消化炭水化物の中身は、未熟なものでは茎葉の構造炭

目次



トウモロコシの収穫適期に収穫しましょう。

- F₁トウモロコシの機械収穫……………表②
- これからのトウモロコシの収穫・調整とその利用……安宅 一夫… 1
- 不耕起播種による草地造成……………小原 繁男… 7
- 肉牛用草地の造成と利用……………渡部 仁…11
- 小果樹の作り方と利用法(上)……………中島二三一…15
- ライムギ優良品種……………表③

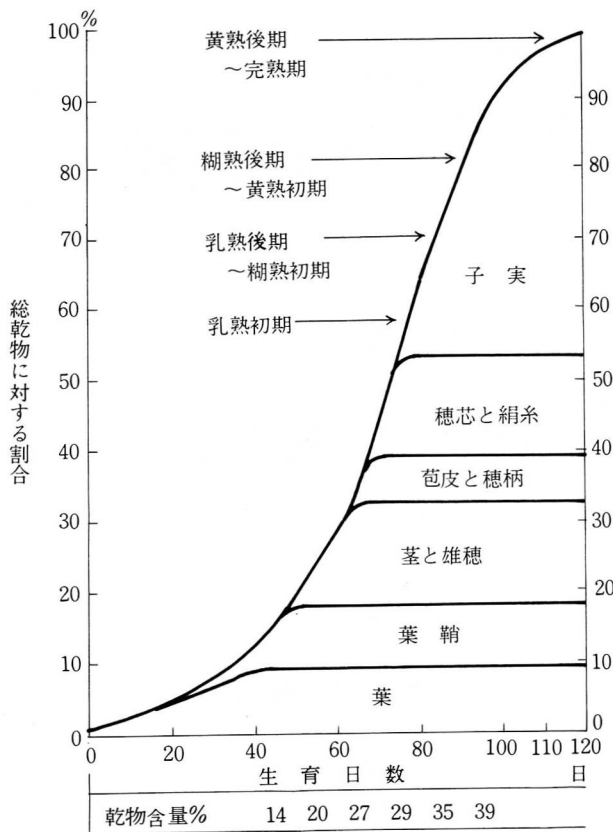


図1 登熟程度と乾物量の増加

表1 トウモロコシの熟期と収量

品 種	熟 期	収量 (t / 10a)			雌 穂 割 合 (%)	水 分 (%)	TDN (乾物中%)
		生 草	乾 物	TDN			
* 交 8 号 稈	乳熟期	4.64	0.91	0.56	40	79	61
	糊熟期	5.53	1.40	0.89	54	77	64
	黄熟期	5.37	1.71	1.13	63	72	66
** 新 4 号 得	乳熟期	4.78	0.91	0.66	35	81	73
	糊熟期	5.38	1.13	0.83	46	79	73
	黄熟期	4.39	1.15	0.80	58	74	70
*** ヘイゲンフセ 芽	糊熟後期	2.92	0.56	0.38	40	81	68
	成熟期	2.90	0.92	0.65	57	68	71
	過熟期	1.70	0.81	0.53	66	52	65

(* 荒ら1974, ** 石粟1974, *** 名久井ら1976)

表2 大樹町で生産されたトウモロコシサイレージの品質と栄養価

年 度	水 分 (%)	PH	乳 酸 (%)	酢 酸 (%)	酪 酸 (%)	総 酸 (%)	評 点	NH ₃ -N (mg %)	NH ₃ -N		DCP (乾物中%)	TDN (乾物中%)
									T-N (%)			
昭和51年	80	3.79	1.46	0.58	0	2.04	85	21.5	7.1		5.3	65.2
52年	72	3.81	1.98	0.83	0	2.81	85	31.7	8.3		4.6	69.6
53年	67	4.01	1.65	0.36	0	2.01	95	27.3	6.2		4.6	73.6

(安宅、熊谷ら, 1978)

水化物(セルロース、ヘミセルロースなど)が中心であるのに対し、登熟の進んだトウモロコシでは子実のデンプンが中心となり濃厚飼料的性格をもっている。

(2) トウモロコシの熟期とサイレージ品質

良質のサイレージを作るための原料の条件としては、豊富な糖含量(乾物中10%以上)と適当な水分含量(60~70%)があげられる。

トウモロコシは、いかなる熟期に収穫しても糖含量が高く、サイレージが作りやすい作物である。

一方、トウモロコシの水分含量は、熟期の進行に伴い減少し、乳熟期では80%以上のものが、黄熟期になると約70%となり、完熟期で約65%になる(表1)。

したがって、黄熟期に収穫されたトウモロコシからは、高い糖含量と適当な水分含量によって安定的に良質のサイレージが作られる。

未熟な原料の使用によって水分含量が80%以上の場合、サイレージは酪酸発酵を起したり、酢酸含量の多い、臭いのきついものができやすい。

また、過熟なものや降霜を受けた原料の使用により水分含量が60%以下の場合、慣行のサイロでは高温発酵やカビの発生を生じやすい。このような原料を詰め込む場合、加水をすとか気密サイロを用いる必要がある。

表2は北海道における代表的酪農地域の大樹町で作られたトウモロコシサイレージの品質と栄養価を示したものである。すなわち、昭和51年度のサイレージの水分含量は約80%と高く、黄熟期に収穫されたトウモロコシは全体の6%と少なかったが、以後早生種の導入と栽培法の改善により、昭和52年度からは、ほぼ黄熟期に収穫されるようになり、とくに昭和53年度は、サイレージの品質・

栄養価において著しい向上が示され、本場アメリカで作られたものにひけをとらないような良質サイレージができるようになったのである。

(3) トウモロコシの熟期と産乳性

トウモロコシサイレージを乳牛に給与する場合、どの熟期に収穫したとしても乳がでるかということが農家にとって大きな問題となる。

表3および表4は熟期の異なるトウモロコシサイレージと牧草サイレージの乾物摂取量、産乳性などを比較したものである。このデータは極めて示唆に富んでいるが、つぎのように要約できる。
①黄熟期のトウモロコシサイレージは、乳熟期のものより乾物摂取量および産乳量が多い。
②黄熟期と完熟期のトウモロコシサイレージの比較では、乾物摂取量、産乳量ともに差はみられない。
③早刈1番牧草サイレージは黄熟期のトウモロコシサイレージとはほぼ同等の乾物摂取量があり、産乳量も高いが、2番刈牧草サイレージの乾物摂取量および産乳量は前者より低い。
④黄熟期のトウモロコシサイレージは、乳熟期のそれより、牛乳の無脂固形分、とくに乳蛋白質の含量を高くする。

このように、黄熟期に収穫されたトウモロコシサイレージは、乳牛の乾物摂取量および産乳量を高め、さらに乳成分の向上をもたらすのである。

(4) トウモロコシの収穫適期の判定

前記したように、サイレージ用トウモロコシの収穫適期は、栄養収量、サイレージの品質および産乳性などを考慮してきめられるが、都合のよいことに、黄熟期に収穫するとこれらのすべてに最高となる。したがって、サイレージ用トウモロコシは、黄熟期に収穫することが肝要である。

トウモロコシの熟期の時期と性状はつぎのようである。

乳熟期 受精後20日前後で、子実の水分含量は75%くらいである。子実を押すと牛乳

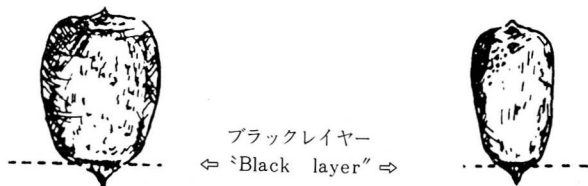


図2 ブラックレイヤーテスト、子実の先端近くに黒い層ができると収穫適期である。

表3 早生種と晩生種サイレージの産乳価値の比較

	早生種	晩生種	チモシー
刈取月日	9月14日	9月14日	6月24日
熟期	黄熟初期	乳熟初期	出穂初期
乾物収量 (t / 10a)	1.00	1.11	0.44
乾物 (%)	22.0	18.0	19.6
D C P (乾物中%)	6.2	5.6	9.6
T D N (‰)	69.8	61.2	70.4
サイレージ乾物摂取量 (kg / 日)	13.7	10.5	12.9
濃厚飼料乾物摂取量 (‰)	3.3	3.1	3.2
乾草乾物摂取量 (‰)	1.8	1.8	1.8
D C P 摂取量 (‰)	1.4	1.2	1.8
T D N 摂取量 (‰)	13.2	9.9	12.7
乳量 (kg / 日)	19.1	16.6	18.9
脂肪 (%)	3.76	3.65	3.63
無脂固形分 (‰)	8.77	8.73	8.68
蛋白質 (‰)	3.42	3.18	3.21

(和泉ら, 1977)

表4 トウモロコシと牧草サイレージの産乳価値の比較

	トウモロコシ		オーチャードグラス	
	早刈	遅刈	1番	2番
刈取月日	9月14日	9月28日	6月6日	7月25日
生育期	黄熟期	完熟期	出穂初期	出穂前
乾物収量 (t / 10a)	1.10	1.24	0.29	0.38
乾物 (%)	23.0	31.4	17.5	22.1
D C P (乾物中%)	6.1	5.2	17.0	9.8
T D N (‰)	67.3	66.4	76.4	57.7
サイレージ乾物摂取量 (kg / 日)	14.2	15.3	13.7	12.1
濃厚飼料乾物摂取量 (‰)	2.6	2.6	2.7	2.5
乾草乾物摂取量 (‰)	1.8	1.8	1.8	1.8
D C P 摂取量 (‰)	1.4	1.3	2.8	1.7
T D N 摂取量 (‰)	12.6	13.2	13.6	10.0
乳量 (kg / 日)	17.9	17.6	19.4	15.8
脂肪 (%)	3.62	3.60	3.70	3.60
無脂固形分 (‰)	8.79	8.90	8.61	8.56
蛋白質 (‰)	3.46	3.34	3.17	3.16

(和泉ら, 1977)

状の液体がでる。

糊熟期 乳熟期から8~10日後である。子実の水分含量は約60%になり、子実は生食の適期の状態で、糊状である。

黄熟期 糊熟期から約10日後で、子実の水分含量は約40%で、デント種では粒の頭部

表5 北海道で種子供給が行なわれている品種

品 種 名	熟 性	R・M	摘 要 (適 応 地 帯)
ヘイゲンワセ	早		奨励品種 (十勝, 網走, 上川北部)
J x 22 (ニューデント75日)	〃	75	
P 131 (パイオニヤ早生)	〃	82	
ワセホマレ	〃		奨励品種 (道東, 道北)
J x 844 (ニューデント85日)	〃	85	
C 535 (パイオニヤ早中生A)	〃	85	準奨励品種 (十勝, 網走, 根釧内陸)
ホクユウ	中		奨励品種 (十勝山ろく沿海, 釧路)
J x 92 (ニューデント95日)	〃	95	
W415 (ウイスコンシン95日)	〃	95	
P 3853 (パイオニヤ早中生B)	〃	100	
J x 122 (ニューデント105日)	晩	105	
W573 (ウイスコンシン110日)	〃	110	準奨励品種 (十勝, 網走, 道央)
J x 162 (ニューデント110日)	〃	110	〃 (道央, 道南, 上川)
P 3715 (パイオニヤ中生)	〃	110	〃 (十勝, 道央)
P 3575 (パイオニヤ中晩生)	〃	115	〃 (道央, 道南)
J x 188 (ニューデント115日)	〃	115	〃 (〃 〃)
P 3390 (パイオニヤ晩生)	〃	119	〃 (〃 〃)
J x 202 (ニューデント120日)	〃	120	

がくぼみ、爪でパカッと割れる状態のものである。

完熟期 黄熟期から8～10日後で、子実の水分含量は約35%となり、胚の部分は押しでも汁がほとんどでない。

収穫適期を簡易に判定するには、図2のようなブラックレイヤーテストを行うとよい。すなわち、トウモロコシは、生理的に成熟期に近づくと、子実の先端部分に黒い層 (Black layer) が形成される。中央部分の子実にこの黒い層ができると、子実の頭部はへこみ、下葉の数枚は褐色に変化し、トウモロコシの水分含量は60～67%になり、栄養収量は最大となる。

トウモロコシサイレージの調製技術

良質で栄養価の高いトウモロコシサイレージを作るには、適期収穫、原料の切断、サイロの早期密封が基本である。

(1) 適期収穫

良質のサイレージを作るために適期収穫、すなわち黄熟期収穫が極めて重要であることは再三述べてきた。そのため、黄熟期に安定的に収穫でき

る品種の選定と栽培管理が重要となる。

表5は、現在北海道で市販されているトウモロコシの品種を早～晩の順に配列したものである。品種の選定にあたっては、この表を参考にして、指導機関と相談してきめることが望ましい。

(2) 原料の切断

原料をサイロに詰め込む場合、切断によって密度が高くなり、それによってサイレージの品質は改善される。また、よく切断されていると、開封後の二次発酵の予防効果もある。

このように、切断長が短くなるほどサイレージの品質は向上するが、乳牛の消化生理上好ましくない。

したがって、トウモロコシサイレージの切断長は、0.6～1.0 cmが推奨される。

(3) サイロの早期密封

サイレージは嫌氣的発酵を利用したものであるから、空気の侵入を絶対避けなければならない。

一般に大型サイロでは、サイレージの調製に長時間を要し、その間サイロは開放されたままであり、また、詰め込み後も密封が不完全である場合が多い。そのため、サイロ上部の腐敗損失も相当

みられ、サイレージの品質に与える影響も極めて大きい。

したがって、詰め込み後すみやかに、そして確実に密封を行うことが大切である。

トウモロコシサイレージの二次発酵

最近、トウモロコシサイレージの利用増加に伴い、二次発酵が大きな問題となってきた。

サイレージの二次発酵は、サイロの開封により、環境が嫌気的条件から好気的条件へ変化することによって、それまで生育が抑制されていた酵母やカビのような好気性微生物が増殖することによって起こるサイレージの変敗現象である。

二次発酵の進行過程には二つのパターンがあり、温度の上昇の変化に二つの山があるものと一つのものがある。山が二つの場合、最初の山は酵母の増殖による発熱で、その後ふたたび温度が上昇するのはカビによるものである。また、山が一つの場合はカビによる発熱である。一般に二次発酵の初期にみられる白い斑点は酵母であり、さらに変敗が進み、白い糸のようなものがはっきりと識別できるのはカビである。

酵母による二次発酵初期の段階のサイレージは乳牛に給与しても、嗜好性や産乳性に大きな影響はみられないようである。しかし、変敗の進んだサイレージを家畜に給与することは不可能であり、また、二次発酵時に発生するカビのなかには人畜に寄生する毒素生産の強いものもあり、これを家畜に給与すると中毒、下痢、流産などの原因となり、これを取り扱う人間にも悪影響をおよぼすことも考えられる。

トウモロコシサイレージは本質的に二次発酵を起こしやすいものであるから、とくに熟期の進んだトウモロコシの使用にあたっては、前記したサイレージの調製の原則を守り、よく切断し、踏圧・密封を十分に行う必要がある。

不幸にして、二次発酵が発達した場合、プロピオン酸（市販名：プロサン、アドバイザー）を発熱部分に対して1%程度を数倍の水でうすめて散布すると変敗の進行を阻止できる（本誌24巻12号を参照）。

表6 トウモロコシと牧草サイレージ給与時におけるルーメン発酵

	トウモロコシ		オーチャード グラス	
	黄熟期	定熟期	1 番	2 番
PH	6.86	6.88	6.39	6.74
NH ₃ -N (mg/100ml)	6.9	5.7	21.4	12.5
VFA (mmol/100ml)	8.3	8.4	10.1	9.1
酢酸 (mol%)	52.2	54.4	52.7	60.4
プロピオン酸 (%)	29.7	29.0	25.4	23.1
酪酸 (%)	15.6	13.8	16.9	12.9
イソ-吉草酸 (%)	0.9	1.2	2.7	2.0
n-吉草酸 (%)	1.6	1.6	2.3	1.6

(和泉ら, 1977)

トウモロコシサイレージの給与法

乳牛の体を維持したり、牛乳を生産するエネルギーは主としてルーメン（第一胃）で生産されるVFA（低級脂肪酸）によってまかなわれている。

VFAの主要なものは、酢酸、プロピオン酸および酪酸であり、これらの酸の組成のちがいが産乳量や乳成分に大きく影響する。すなわち、酢酸は乳脂肪の合成に、そしてプロピオン酸は乳蛋白質や乳糖の合成に用いられる。

一般に粗飼料は酢酸の割合を高め、濃厚飼料はプロピオン酸の割合を高めることが知られている。

表6はトウモロコシサイレージと牧草サイレージを乳牛に給与した場合のルーメン内の様相を比較したものである。

黄熟期と完熟期のトウモロコシサイレージは牧草サイレージよりも、ルーメン内のプロピオン酸濃度を著しく高めている。

このように、黄熟期に収穫されたトウモロコシサイレージは、濃厚飼料的性格を有し、産乳性が高いことが理解できる。

つぎに図3は熟期の異なるトウモロコシサイレージを乳牛に長期間給与した場合の産乳性などを比較したものである。

子実の十分入ったトウモロコシサイレージの給

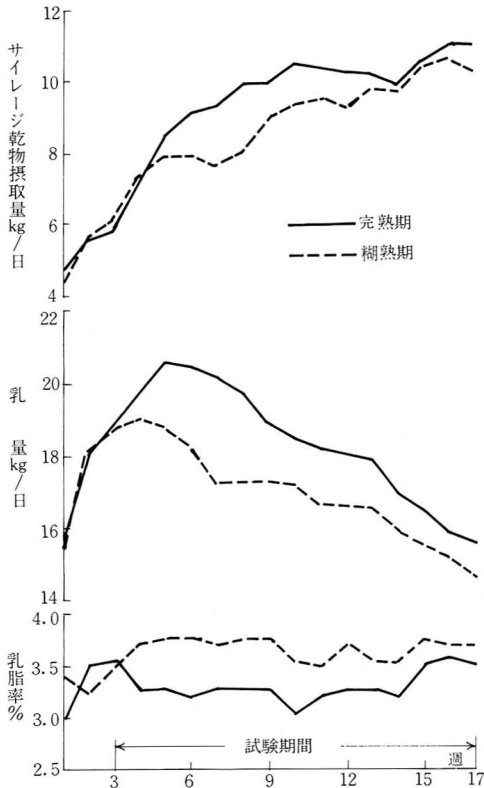


図3 熟期の異なるトウモロコシサイレージを給与された乳牛の乾物摂取量、乳量および乳脂率 (フィップラ, 1979)

表7 熟期別トウモロコシサイレージの粗蛋白質およびミネラル含量

熟期	粗蛋白質	Ca	P Mg K		
			(乾物中%)		
乳熟期	9.3	0.26	0.24	0.16	1.39
糊熟期	8.6	0.20	0.22	0.15	1.35
黄熟期	8.5	0.15	0.20	0.13	1.18

(安宅, 熊谷ら, 1978)

与により産乳量は著しく増加しているが、逆に乳脂率の低下がみられる。したがって、トウモロコシサイレージ、とくに熟期の進んだその給与においては、良質の長い乾草の補給が必要となる。

表7はトウモロコシサイレージの熟期別の粗蛋白質含量とミネラル含量を示したものである。トウモロコシサイレージは、一般に蛋白質とミネラルが不足しており、とくに熟期の進んだもので著しい。したがって、黄熟期のトウモロコシサイレージを給与する場合、これらの補給に対する配慮が

表8 トウモロコシサイレージを軸とした飼料給与例

区分	給与のメヤス	飼料の組合せ, 1日1頭当たり
粗飼料	体重の1.8~2.0%	乾草 8~10kg
		黄熟トウモロコシサイレージ 15~10kg
		ビートパルプ 2~4kg
濃厚飼料	乳量の1/3~1/2	配合飼料

(大樹共済熊谷, 1978)

表9 トウモロコシサイレージに対する乾草補給の効果

乾草給与量体重比 (%)	全乾物摂取量体重比 (%)	乳量 (kg)	乳脂肪 (%)	無脂固形分 (%)	蛋白質 (%)
0	2.61	21.7	3.33	8.65	3.26
0.5	2.75	22.3	3.58	8.70	3.31
1.0	2.76	19.9	3.70	8.80	3.38

(ホルターら 1973)

大切である。

また、最近トウモロコシサイレージの利用増加により、ケトージス、起立不能症、第四胃変位の発生が増加しているためこの対策を講ずる必要がある。

以上のようなトウモロコシサイレージの飼料特性をよく理解し、これを合理的に給与することが重要である。

産乳性を高め、しかも乳牛の健康をそこなわない飼料給与の一例を示すと表8のようである。

一方、わが国では良質乾草の大量調製が困難なため、乾草給与をできるだけ少なくしたトウモロコシサイレージ主体の給与体系が要求されている。このことに関して、アメリカでの長期給与試験から、粗飼料としてトウモロコシサイレージだけで高乳量を維持できるが、前記(図3)したように熟期の進んだトウモロコシサイレージの多給は乳脂率の低下をもたらすので2~3kgの乾草を補給した方が有利であることが示されている(表9)。

乾草は、トウモロコシサイレージが蛋白質およびミネラルに不足していることを考慮してアルファルファ主体の良質のものを使用するのが望ましい。