

# F<sub>1</sub>トウモロコシの適期刈による 良質サイレージの調製とその給与効果

酪農学園大学 安宅 一夫

とうもろこしは糖分含量が高く、サイレージとしてもっともつくりやすい作物の一つである。また、登熟の進んだとうもろこしは子実を多量に含み、乾物中の TDN 含量は約 70% と高く、濃厚飼料とほぼ同等の栄養価をもち、産乳性が高い。

以上のように、サイレージ原料としてのつくりやすさと、乳のでるエサとしてのとうもろこしが見直され、さらに最近、ヘイゲンワセやワセホマレのような早熟多収の F<sub>1</sub> 品種が国内で育成され、また、ニューデント系やバイオニア系の F<sub>1</sub> の早～晩生種がアメリカから導入され、これらの種子が大量に市販されるようになったことから、サイレージ用とうもろこしの栽培面積は北海道を中心として急速に増加している。ちなみに、北海道における栽培面積の推移をみると、昭和 48 年頃まで約 30,000 ha と横パイ状態であったものが、以後次第に増加し、昭和 52 年には 42,000 ha に達している。

いうまでもなく、サイレージの品質の良否は乳牛の生産性や健康に大きく影響するものである。しかし、農家で生産されたとうもろこしサイレージの品質は、一部を除いてまだ十分とはいえないのが現状である。したがって、とうもろこしのもつ特性を十分理解して、良質のサイレージを調製し、合理的な給与を行いたいものである。

良質のとうもろこしサイレージ調製のポイントは適期収穫・切断・密封であるが、単位面積当りの栄養収量、サイレージ原料としての適性および産乳性などを考慮すると適期収穫が最も重要である。

## 1. とうもろこしの刈取時期と栄養収量

とうもろこしをサイレージとして利用する場合、

表 1 トウモロコシの熟期と収量

品場	種所	熟期	収量 (t / 10a)			雌穂割合 (%)	水分 (%)	TDN (乾物中%)
			生草	乾物	TDN			
* 交札	8 号幌	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
** 交新	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
*** ヘイゲンワセ芽	七室	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	75

(\* 荒ら 1974, \*\* 石粟 1974, \*\*\* 名久井ら 1976)

単位面積当りの収量が最高の時期に収穫することが大切である。

表 1 は北海道におけるとうもろこしの刈取時期と収量などの関係について示したものである。

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、乾物収量と TDN 収量はそれより遅く、黄熟期で最高となり、過熟期で再び減少している。また、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% 以上となる。また、TDN 含量は、牧草と異なり熟期の進行に伴いやや増加し、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、未熟のものでは可消化炭水化物の中身は茎葉の構造性炭水化物 (セルロースやヘミセルロース) が中心であるのに対し、登熟が進むにつれて、雌穂の割合が増加するため子実のデンプンが中心となり、濃厚飼料的性格を強めていくのである。

従来、とうもろこしの品種は 3~3.5 m の長桿で晩生のものが使用されていたが、前述のように最近ではとうもろこしの生命は雌穂にあることが認識され、さらにハーベスターの普及により早熟多収

表2 早晩生品種の生総重と栄養収量

品 種 名	熟 度	10 a 当 り 収 量				備 考
		生 草 ( t )	乾 物 ( t )	子 実 ( kg )	T D N ( kg )	
ヘ イ ゲ ン ワ セ	成 熟	3.1	1.2	760	890	施肥量 (要素量kg) N.20P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . 30K 15
ウ イ ス コ ン シ ン 110 日	黄 初	6.1	1.5	590	1,050	
ハ イ デ ン ト	〃	5.2	1.3	280	840	栽植密度 6,667本
ジ ャ イ ア ン ツ	糊 初	5.6	1.2	200	770	

(注) ウイスコンシン110日はW573 (十勝農試, 1973)

で、耐倒伏性の強い2~2.5mの草丈の品種が推奨されるようになった。しかし、一部の酪農家には、質より量でガサの多い従来の晩生種を採用している場合がみられる。そこで、未熟なとうもろこしがいかに不利かを表2に示そう。

早生種のヘイゲンワセは生草収量がわずかに3.1tであったのに対し、晩生種の品種は5.2~6.1tとヘイゲンワセより2.1~3.0tも多い。しかし、乾物収量ではほとんど差はなく、TDN収量ではウイスコンシンを除いてむしろヘイゲンワセが多く、子実収量はヘイゲンワセが断然多い。このことから、十勝農試の仲野氏は早生種の有利性を本誌23巻4号で以下のように述べている。

“北海道では現在一般には乳牛1頭につき10aのコーンを栽培している。100頭飼育すれば1haの面積となるが、もし、晩生種を栽培したとすれば、早生品種と同じTDN収量でありながら250t内外余分に畑から運搬して貯蔵することになる。これは小型トラックで約60台分に相当する。これだけの余分な量を収穫、運搬するための経費を試算すれば、機械償却費、燃料費、賃金を合計して約125,000円内外となった。この外に250t貯蔵するサイロを余分に作る必要があるのである。”

以上のようにサイレージ用とうもろこしは黄熟期に収穫すると栄養収量をもっとも高く理想的であり、早生種の有利性が指摘された。しかし、気象条件の良好な地帯ではあまり早生種を用いると気温の高いうちに黄熟期に達してしまう。一般に同一場所で同一熟期までおいた場合、晩生種は早生種より多収である。したがって、その地域に適切な品種を選定し安定的に黄熟期に収穫したいものである。

とうもろこしの熟期の時期と性状を示すと次の

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60%くらいになり、生食適期の状態で、子実の大部分はチーズ状に硬化している。

**黄熟期** 糊熟期から約10日後で、子実の水分含量は約43%で、デント種では粒の頂部がくぼみ、爪でパカッと割れる状態のものである。

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

## 2. とうもろこしの刈取時期とサイレージの発酵品質

一般に良質サイレージは、以下に示すように良好な発酵品質と高い飼料価値との相乗積によって得られる。

$$\boxed{\text{良質サイレージ}} = \boxed{\text{良好な発酵品質}} \times \boxed{\text{高い飼料価値}}$$

発酵品質は、サイレージの発酵が好ましい方向でなされたかどうかを示すものであり、良好な発酵品質のサイレージは、乳酸含量が多く、酪酸やアンモニア含量が少ないものであり、オリブ色を呈し、快い芳香と甘酸味がする。

良好な発酵品質のサイレージを得るための原料の条件として、豊富な糖分含量と適正な水分含量があげられる。とうもろこしはいかなる時期に収穫しても乾物中20~30%の高い糖分含量を有しており、サイレージ原料としてもっとも好ましい作物である。また、サイレージの発酵が良好に行わ

れるための水分含量は65~75%であるが、熟期を進めて黄熟期に収穫するとよい。すなわち、表1で示したように乳熟期では水分含量が80%以上のものが、黄熟期では約70%となるのである。したがって、黄熟期に収穫されたサイレージは、高い糖含量と適正な水分含量によって発酵品質が良好となり、さらに前述したように栄養価も高くなる。また、このような時期に収穫したサイレージは、排汁による損失や寒冷地で冬期間中サイレージの凍結が少ないなどの有利性ももっている。

未熟な原料の使用により水分含量が80%以上の場合、サイレージは酪酸発酵を起したり、酢酸含量の多いものになりやすい。また、過熟の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を生じやすい。

表3に北海道における代表的酪農地域の大樹町で生産されたとうもろこしサイレージの発酵品質と栄養価を示そう。

表3 北海道大樹町で生産された  
とうもろこしサイレージの品質と栄養価

	水分	例数	PH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)	評点	DCP (%)	TDN (%)
全平均	80	70	3.8	1.45	0.58	0	2.03	85	1.1	14.4
乳熟期	82	31	3.8	1.41	0.63	0	2.04	83	1.0	12.4
糊熟期	78	35	3.8	1.44	0.56	0	2.00	86	1.0	15.5
黄熟期	72	4	3.7	1.80	0.37	0	2.17	99	1.3	20.0

(安宅ら, 1976)

サイレージの発酵品質は全体的に良好であったが、熟期が進み水分含量が低下するほど発酵品質と栄養価は向上している。しかし、平均水分含量は約80%と高く、黄熟期に収穫された適正な水分含量のサイレージは全体の6%と少なく、水分含量80%以上の未熟の原料を使用している酪農家が全体の44%も占め、適正な品種の選定と栽培管理など再検討する必要性が指摘された。

### 3. とうもろこしサイレージの二次発酵

最近、とうもろこしサイレージの利用量増加に伴い、二次発酵がゆるがせにできない問題となってきた。

一般に高品質のサイレージ、とくに熟期の進んだとうもろこしサイレージは劣質のサイレージに

表4 札幌市近郊農家のとうもろこしサイレージの品質と微生物相

牧場名	PH	%					生菌数/g				
		乳酸	酢酸	酪酸	総酸	好性 気菌	乳酸菌	酪酸菌	酵母	カビ	
F牧場	3.75	2.69	0.43	0	3.12	$1.4 \times 10^7$	$1.3 \times 10^6$	33	$1.7 \times 10^7$	<10	
H牧場	3.71	2.06	0.97	0	3.03	$1.9 \times 10^7$	$2.1 \times 10^6$	23	< $10^2$	<10	
K牧場	3.89	2.22	0.51	0.15	2.88	$8.4 \times 10^6$	$3.0 \times 10^7$	13	$1.4 \times 10^7$	<10	
N牧場	4.26	1.41	1.12	0.06	2.59	$3.0 \times 10^8$	$6.0 \times 10^6$	79	$4.8 \times 10^7$	<10	

(菊地・安宅; 1976)

比較して二次発酵を起しやすい。すなわち、劣質サイレージはプロピオン酸や酪酸を多く含み、これが、二次発酵の原因となる酵母やカビの生育を阻止するのである。一方、酵母の多いサイレージは二次発酵を起しやすいという報告があるが、著者らは、表4に示すように、とうもろこしサイレージには酵母が異常に多いことを認めている。また、とうもろこしは熟期が進むほどシャープに細切しにくくなり、その結果、サイロに密に詰まらず空気が侵入しやすくなる。

以上のようにとうもろこしサイレージは本質的に二次発酵を起しやすいものであるから、とくに熟期の進んだとうもろこしの使用にあたっては、サイレージ調製の原則を守り、よく細切し、踏圧、密封を十分に行う必要がある。

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、嗜好性や産乳量に低下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は家畜に給与することが不可能であり、また、二次発酵時に発生するカビの中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。

#### 4. とうもろこしの刈取時期と産乳性

これまでに、黄熟期に収穫されたとうもろこしは、栄養収量が最大であり、サイレージの品質も良好であることを述べた。

ところで、とうもろこしサイレージを給与する場合、どの熟期に収穫したらもっとも乳がでるか

表5 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	出穂始期
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6 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	出穂始期	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)

ということが問題となる。

そこで熟期の異なるとうもろこし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新得畜産試験場の興味あるデータを表5と表6に示そう。

これから次のようないろいろなことがわかる。

①熟期の進んだ黄熟期のとうもろこしサイレージは、乳熟期のものに比較して、乾物摂取量および産乳量が多い。②黄熟期と完熟期のとうもろこしサイレージの比較では、乾物摂取量および産乳量にほとんど差は認められない。③早刈の1番刈牧草サイレージは黄熟期のとうもろこしサイレージとほぼ同等の乾物摂取量があり、産乳性も高いが、2番刈牧草サイレージの乾物摂取量および産乳性は低い。④十分登熟したとうもろこしサイレージは、未熟のとうもろこしサイレージと比較して、牛乳の無脂固形分、とくに蛋白質含量を高くする。

このように、登熟の十分進んだとうもろこしサイレージは、乳牛の乾物摂取量および産乳量を増させ、さらに乳質の向上をもたらすのである。

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。また、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7は、表6と同じ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示したものであるが、黄熟期と完熟期のとうもろこし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とうもろこしサイレージは、濃厚飼料的性格を有し、産乳性が高いことが理解されよう。

#### 5. 十分に登熟したとうもろこしサイレージ粒の糞中排泄

以上のように、サイレージ用とうもろこしは、

表7 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	完熟期	1 番	2 番
PH	6.86	6.88	6.39	6.74
NH <sub>3</sub> -N(mg/100ml)	6.9	5.7	21.4	12.5
VFA (mmol/100ml)	8.3	8.4	10.1	9.1
酢酸 (モル%)	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)

表8 子実含有率の高いサイレージ給与時における未消化子実の排泄

乳牛 No.	体重	デンプンの消化率	水洗の方法で求めた排泄率	デンプンの消化率から求めた排泄率	備 考
	kg	%	%	%	
1	581	82.9	11.0	17.1	とうもろこしのサイレージの子実含有率は47.9%のものを用いた。
2	575	83.3	15.7	16.8	
3	604	81.4	12.9	18.6	
4	463	87.1	10.2	12.9	
5	714	80.4	11.4	19.6	
6	605	75.6	15.6	24.4	
7	481	82.5	13.2	17.5	
平均		81.9±3.5	12.9±2.2	18.1±3.5	

(名久井・阿部ら1975)

栄養収量, サイレージ原料としての適性および産乳性の点から, 登熟を進めて黄熟期にした方が有利であることを指摘した。しかし, 十分に登熟したとうもろこしサイレージを乳牛に給与した場合, 糞中にでてくる子実を心配する酪農家が多い。そこで, 子実含有率の高いとうもろこしサイレージを給与した時, 糞中に排泄される子実の量を調べた結果は表8のようである。すなわち, 糞中に排泄される子実は給与した子実の10~15%であり,

子実のデンプンは82%以上消化されており, さほど心配する必要はなさそうである。さらに, これらの損失を少なくするには, 切断長を短くし, 実を砕くなどの工夫をすればかなり改善できよう。しかし, 糞中への子実の排泄はもったいないことにちがいないが, 未熟なとうもろこしサイレージを給与するより, 十分登熟したものを給与するほうがはるかに有利であることはいうまでもない。

## 6. とうもろこしサイレージの給与法

黄熟期のとうもろこしサイレージは, 多量の子実を含んでいるため, 濃厚飼料的性格を有し, 産乳性の高いエサであることはすでに述べたとおりである。

とうもろこしサイレージの給与法は, 一般に体重の1%に相当する乾草(5~6kg)とその3倍程度のとうもろこしサイレージの給与が推奨されている。しかし, 良質の乾草の調製が困難なところでは, 乾草給与をできるだけ少量としたとうもろこしサイレージ主体の給与体系が望まれる。このことに関して, アメリカでの長期給与試験から, 粗飼料としてとうもろこしサイレージだけでも健康的に高乳量を維持できるという報告がある。しかし, 登熟の進んだとうもろこしサイレージは, 濃厚飼料的性格を有しており, この多給は乳脂率の低下をもたらす懸念があるので, 少量の乾草(2~3kg)を補給したほうが有利である。また, とうもろこしサイレージは蛋白質やミネラルが不足しているので, これらの補給に対する配慮が大切である。

## 7. 適品種の選定

サイレージ用F<sub>1</sub>とうもろこしの刈取適期は, 栄養収量, サイレージ品質および産乳性などを考慮してきめられる。すでに述べたとおり, 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満足できる。したがって, 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9は現在, 北海道で市販されているとうもろこしを早~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, 指導機関とよく相談し, 決定することが望ましい。

表9 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)
Jx22 (ニューデント75日)	〃	75		
P131 (パイオニヤ早生)	〃	82		
ワセホマレ*	〃			奨励品種 (道東, 道北)
Jx844 (ニューデント85日)	〃	85		
C535 (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)
Jx92 (ニューデント95日)	〃	95		
W415 (ウイスコンシン95日)	〃	95		
P3853 (パイオニヤ早中生B)	〃	100		
Jx122 (ニューデント105日)	晩	105		準奨励品種 (十勝, 網走, 道央)
W573 (ウイスコンシン110日)	〃	110		〃 (道央, 道南, 上川)
Jx162 (ニューデント110日)	〃	110		〃 (十勝, 道央)
P3715 (パイオニヤ中生)	〃	110		〃 (道央, 道南)
P3575 (パイオニヤ中晩生)	〃	115		〃 ( " " )
Jx188 (ニューデント115日)	〃	115		〃 ( " " )
P3390 (パイオニヤ晩生)	〃	119		
Jx202 (ニューデント120日)	〃	120		

\*旧系統名 道交S 1号, 昭和54年より種子市販の予定

表10 サイレージ用トウモロコシの刈取時期とその効果

区分	熟 期	栄養収量	水 分 (%)	TDN (乾物%)	サイレー ジ品質	摂取量	乳 量
早刈	乳熟期 ~糊熟期	少	80	60~65	良	少	少
適刈	黄熟期	大	70	70	優	多	多
遅刈	過熟期	やや大	65	65	良	やや多	やや多

(安宅, 1978)

すると栄養収量をもっとも高く, それから調製されたサイレージの発酵品質は良好であり, 産乳性が高いことを述べた。これらは表10のようにまとめられる。

今後は通年サイレージ方式の普及により, まずはとうもろこしサイレージの需要が増大するものと考えられる。したがって, 良質のとうもろこしサイレージを大量に確保し, 合理的な給与により, 乳生産を高めていただきたいものである。

## ま と め

サイレージ用 F<sub>1</sub> とうもろこしは, 黄熟期に収穫