

飼料用 F₁ とうもろこしの

収穫からサイレージの調製およびその給与まで

酪農学園大学 安宅 一夫

最近、購入飼料の高騰に伴い、濃厚飼料の節約と自給率の向上の方途として、あるいは地力維持増進のための輪作体系の必要性が指摘され、とうもろこしサイレージに対する関心が高まっている。

十分に登熟の進んだとうもろこしサイレージは多量の穀実を含むため濃厚飼料的性格を有し、産乳性が高いことが認識され、高エネルギー飼料としてホールクロップサイレージの調製利用が指向されているのである。

幸いなことに早熟多収の飼料用 F₁ (一代雑種) とうもろこしの品種が育成開発され、これまで不適とされていた地帯でも栽培が期待されるようになった。

これらのことから、国内外における最近の研究結果を紹介しながら、高品質で高栄養価のとうもろこしサイレージの調製とその利用法について述べたい。

とうもろこしサイレージ調製の四原則

サイレージの品質を決定する要因について、原料の糖含量、水分含量、発酵温度および空気の侵入などが解析されているが、後述のように適正な

時期に収穫されたとうもろこしは好ましい水分含量と高い糖含量を有するので、正しい調製法を行なうことにより、失敗なく安全に高品質のサイレージが調製できるものである。高品質で高栄養価のとうもろこしサイレージを調製するには以下に述べるように収穫時期、水分調節、細切・踏圧および密封が基本となる。

1 収穫時期

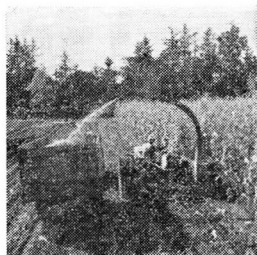
とうもろこしをサイレージとして利用する場合、10 a 当り最高の栄養生産量の時期に収穫することが大切である。高野氏は多くの品種で生草収量は乳熟期で最高に達するが、乾物量、蛋白質量および炭水化物量は黄熟期に最高に達することを示した(第1表)。また、熟期の進展に伴い TDN 含量はやや増加し、その幅は大きいものでないが、

第1表 とうもろこしの収穫期別栄養生産割合

| 区分 | 絹糸抽出期 | 乳熟期 | 糊熟期 | 黄熟期 | 完熟期 |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 生草量 | 86 | 100 | 96 | 85 | 61 |
| 乾物量 | 41 | 66 | 86 | 100 | 93 |
| 蛋白質 | 58 | 71 | 85 | 100 | 91 |
| 炭水化物 | 34 | 61 | 86 | 100 | 95 |

(高野 1963)

目次



デントコーンの収穫

| | |
|--|-----------|
| 北海道酪農・畜産・草地視察 | 表紙②③ |
| ■飼料用 F ₁ とうもろこしの 収穫からサイレージの調製およびその給与まで | 安宅 一夫…… 1 |
| ■西南暖地の傾斜草地における 高位生産利用技術 | 堀田 正樹…… 6 |
| □北海道をみて 東北地方の酪農・畜産・草地を語る(1) | ……10 |
| □離乳時体重 450 kg の肉用仔牛生産 | ……15 |

その増加の内容の主なものは炭水化物であり、さらにその炭水化物の内容についてみると、登熟が進むに伴い子実含量が増加するため、可消化炭水化物の中味が、茎葉の構造的炭水化物（セルロースやヘミセルロース）から子実のデンプンに置き変わり、登熟の進展に伴いより濃厚飼料の色彩を強めていくことが北農試畑作部グループによって示されたのである。

つぎにとうもろこしサイレージと牧草サイレージの産乳性を比較した興味ある試験結果を紹介しよう。第2表は新得畜試で行なわれた示唆に富むデータであるが、未熟のとうもろこしサイレージの乾物摂取量や産乳価値は低いが、黄熟期で収穫されたものは早刈牧草サイレージより高いことが明らかにされた。また、早刈で高品質の1番牧草サイレージの場合、高い乳生産が示されたが2番草サイレージの産乳価値は高くないことが知られ、一般農家の1番牧草の収穫時期やそのサイレージの品質を考慮すると、黄熟期で収穫されたサイレージの有利性が予想されるわけである。

以上のようにとうもろこしの収穫時期は、栄養生産性、産乳性さらに後述の原料の適水分を考慮すると黄熟期が適期と判断されるので、強い降霜

前に黄熟期となるF₁品種の選定と栽培管理が大切である。同一場所において同一熟度までおいた場合、晩生種は早生種より一般に多収であるので第3表に示すような、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。つぎにとうもろこしの熟期の時期と性状について示したので参考にさせていただきたい。

乳熟期：受精後20日前後で、このころの子実の水分含量は75%くらいである。子実は押すと牛乳状の液体が出る。

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、爪で押してもつぶれない。

成熟期：黄熟期から約8~10日後で、子実の水分含量は約35%。子実の胚の部分は押しても汁はほとんど出ない。

2 水分調節

原料が80%以上の高水分の場合(未熟な原料の利用や雨水、地下水のサイロ内侵入などによる)、

第2表 とうもろこしサイレージと牧草サイレージの産乳性の比較

| | T | D | N | 乾物摂取量 kg | 乳 量 kg | 乳 脂 肪 % | 無脂固形分 % | 蛋 白 質 % |
|-----------|---|---|----|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| 交 4 号(黄) | | | 70 | 13.7 | 19.1 | 3.76 | 8.77 | 3.42 |
| ジャイアンツ(乳) | | | 61 | 10.5 | 16.6 | 3.65 | 8.73 | 3.18 |
| 牧 草 | | | 70 | 12.9 | 18.9 | 3.63 | 8.68 | 3.21 |
| 交 4 号(黄) | | | 67 | 14.2 | 17.9 | 3.62 | 8.79 | 3.46 |
| 交 4 号(完) | | | 66 | 15.3 | 17.6 | 3.60 | 8.90 | 3.34 |
| 一 番 草 | | | 76 | 13.7 | 19.4 | 3.70 | 8.61 | 3.17 |
| 二 番 草 | | | 58 | 12.1 | 15.8 | 3.60 | 8.56 | 3.16 |

(和泉ら, 新得畜試 1974, 1975)

第3表 サイレージ用F₁とうもろこしの地域別適品種選定基準

| 地 域 | 早晩性 | 適 品 種 |
|---------------|-------------|--|
| 道東・道北 | 早~中 晩 | ヘイゲンワセ, パイオニア早生, ニューデント85日, ウィスコンシン95日, ホクユウ, ハイシュガーコーン |
| 十勝・網走 上川北部 | 早 中 晩 | ニューデント85日, ウィスコンシン95日, ホクユウ(山麓沿海ヘイゲンワセ) ニューデント105日, ニューデント110日, ウィスコンシン110日, パイオニア中生, ウィスコンシン115日, ニューデント115日, ハイシュガーコーン |
| 道央・道南 | 早 中 晩 | ニューデント105日, ニューデント110日, ウィスコンシン110日, パイオニア中生, ニューデント115日, ウィスコンシン115日 ニューデント120日, ウィスコンシン120日, パイオニア晩生 |

第4表 北海道とアメリカのとうもろこしサイレージの平均栄養価の比較

| 区 分 | 分析例 | 水 分 | 蛋白質 | 脂 肪 | N F E | 織 維 | 灰 分 | D C P | T O N |
|----------|-----|------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| *北 海 道 | 138 | 80.2 | 1.6 | 0.9 | 10.5 | 5.3 | 1.5 | 0.8 | 12.8 |
| *ア メ リ カ | 393 | 72.4 | 2.3 | 0.8 | 16.2 | 6.7 | 1.6 | 1.2 | 18.2 |
| **道 央 | 10 | 69.4 | 2.5 | 1.9 | 17.5 | 7.1 | 1.6 | 1.5 | 21.4 |

(* 高野 1963, ** 安宅 1976)

サイレージは多汁となり、酪酸発酵を起こしたり、酢酸の多いものになりやすく、逆に水分が60%以下の低過ぎる場合(刈取後の放置あるいは過熟)、サイロ内の空気の排出が不良で高温発酵を生じやすいものである。乳熟期の水分含量は約80%であるが、黄熟期に収穫すると約70%と適正な水分含量となる。さらに原料の水分含量はサイレージの品質やその歩留まりに影響するだけでなく、乳牛の乾物摂取量や産乳性に大きく影響するものであるが、登熟を進めて黄熟期に収穫すると適正な水分含量と高い糖含量によって高品質のサイレージが生産され、しかもそれは栄養価が高いのである。

一方、未熟な原料を使用する場合、予乾をするとか排汁を促進する必要がある。

以前、高野氏はわが国のとうもろこしサイレージは未熟な原料の利用によって水分が80~81%の多汁なものが多く、その品質や栄養価は高くないことを指摘したが、最近、道央の上層農家で生産されたとうもろこしサイレージは適切な品種の

第5表 とうもろこしの切断長とサイレージの
詰込量および嗜好性

| 切 断 長 (mm) | サイロ1m ³ 当たり詰込 量 (kg) | 育成牛の 残 食 率 (%) | 採食速度 (指数) |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|--------------|
| 9 | 475 | 3 | 100 |
| 16 | 430 | 4 | 85 |
| 22 | 410 | 4 | 80 |
| 32 | 380 | 16 | 75 |

(高野 1973)

第6表 道央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 | % | | | | 好気性菌 | 生 菌 数 g | | | |
|-------|------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|-----|---------------------|-----|
| | | 乳 酸 | 酢 酸 | 酪 酸 | 総 酸 | | 乳 酸 菌 | 酪酸菌 | 酵 母 | カビ |
| F 牧 場 | 3.75 | 2.69 | 0.43 | 0 | 3.12 | 1.4×10 ⁷ | 1.3×10 ⁶ | 33 | 1.7×10 ⁷ | <10 |
| H 牧 場 | 3.71 | 2.06 | 0.97 | 0 | 3.03 | 1.9×10 ⁷ | 2.1×10 ⁶ | 23 | <10 ² | <10 |
| K 牧 場 | 3.89 | 2.22 | 0.51 | 0.15 | 2.88 | 8.4×10 ⁶ | 3.0×10 ⁷ | 13 | 1.4×10 ⁷ | <10 |
| N 牧 場 | 4.26 | 1.41 | 1.12 | 0.06 | 2.59 | 3.0×10 ⁸ | 6.0×10 ⁶ | 79 | 4.8×10 ⁷ | <10 |

5月29日採取(菊地・安宅 1976)

選定により、本場アメリカ並みに栄養価が向上しているのである(第5表)。

3 原料の細切と踏圧

好しい発酵を期待するためには、詰込みに当ってまず原料を細切することである。カッターの刃は9mmに調節し、硬い茎や穂軸を砕き、細切し、さらに細切された原料はサイロ内で茎、葉および穂軸が均等になるようによく掻き均し、切込中も十分に踏圧を行ない、切込終了時に全員で十分踏圧する必要がある。第5表は細切の効果を示したものであり、9mm程度に細切した場合、密度が高く保持され、牛の嗜好性が改善されるのである。踏圧は一層密度を高め、発酵温度を低下せしめ、腐敗損失や開封後の二次発酵の防止に役立つ。

4 密 封

サイレージは嫌氣的条件で発酵を利用した製品であるから、切込後、前述のように十分踏圧を行ない、すみやかに密封しなければならない。このことはサイレージの養分損失を防ぎ、良好な発酵を行なわせるために大切なのである。塔型サイロではサイロビニールなどを使用して完全密封に心がけるべきである。

とうもろこしサイレージの

二次発酵と対策

前述のように、四原則の実施によって高品質で高栄養価のとうもろこしサイレージが調製される。

第7表 とうもろこしサイレーズの給与例

(体重 600 kg, 乳量 18 kg, 乳脂率 3.5%)

| 区 分 | | 給与量 kg | DCP kg | TDN kg | |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------|
| 必要養分量 | | | 1.14 | 11.38 | |
| 乳熟期前の サイレーズ | とうもろこし サイレーズ | 40 | 0.44 | 5.00 | |
| | 乾草 | 5 | 0.44 | 2.63 | |
| | 配合飼料 | 5 | 0.60 | 3.50 | |
| | 計 | | 1.36 | 11.13 | |
| 黄熟期の サイレーズ | とうもろこし サイレーズ | 40 | 1.60 | 8.40 | |
| | 乾草 | 5 | 0.44 | 2.63 | |
| | 配合飼料 | 1 | 0.12 | 0.70 | |
| | 計 | | 2.16 | 11.73 | |
| 備 考 | 乳熟期前の サイレーズ | | | | |
| | 黄熟期の サイレーズ | | | | |
| | 乾草 | | | | |
| | 配合飼料 | | | | |
| | 乾物% | 19.5 | 30.0 | 86.5 | 88.0 |
| | DCP% | 0.8 | 1.5 | 8.8 | 12.0 |
| | TDN% | 12.5 | 21.0 | 52.6 | 70.0 |

(西部 1974)

第8表 とうもろこしサイレーズと乾草との

産乳性比較 (乳量 kg/日)

| 場 所 | 処 理 | 乳 期 | | |
|------------|--------------------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| ミンガン | アルファルファ乾草 | 20.2 | 18.7 | 23.1 |
| | とうもろこしサイレーズ | 22.5 | 19.9 | 20.6 |
| メリー ランド | アルファルファ乾草—とうもろ こしサイレーズ | 20.1 | 19.7 | 21.5 |
| | とうもろこしサイレーズ | 19.9 | 22.1 | 21.6 |
| ニュー ヨーク | アルファルファ乾草—とうもろ こしサイレーズ:濃飼少量 | 21.7 | 22.7 | 22.1 |
| | アルファルファ乾草—とうもろ こしサイレーズ:濃飼多量 | 23.6 | 25.2 | 26.7 |
| | 粗飼料制限 | 21.3 | 22.2 | 22.2 |
| | とうもろこしサイレーズ—濃飼 多量 | 23.9 | 24.4 | 21.7 |

(ヘンケン 1972)

第9表 とうもろこしサイレーズに対する

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 % | 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)

ところで、最近、サイロを開封した後にサイレーズが発熱したり、カビが発生する、いわゆる二次発酵が問題となっている。

とくに、とうもろこしサイレーズは二次発酵を起こしやすく、なかでも、過熟期や降霜を受けた原料の使用によって起こり勝ちであり、開封直後より発熱が起こり、12月、1月の寒冷時でもとまらない場合と、春の気温の上昇時に発生する場合がある。前者の場合、原料にも問題があるが、原料の細切・掻き均し・踏圧の不十分が原因と考えられる。

二次発酵のメカニズムについてはまだ十分明らかにされていないが、開封により、サイロ内環境条件の変化(嫌気条件→好気条件)が起こり、酵母が異常に増殖し、サイレーズの温度が上昇し、これが引き金となって好気性微生物が増殖することが知られている。

第6表に道央の農家で生産されたとうもろこしサイレーズの品質と微生物相について示したが、N牧場の二次発酵サイレーズは好気性菌と酵母が多く、品質の劣化が示されたが、良品質のとうもろこしサイレーズさえ、好気性菌と酵母がかなり多いことが示されたのである。

以上のようにとうもろこしサイレーズは二次発酵を比較的起こしやすいものであるが、前述の調製の四原則を守ることが二次発酵予防の重要なポイントであり、さらに取り出し量に合致した適正なサイロ規模の考慮などが大切である。不幸にして二次発酵が起こった場合、プロピオン酸を水でうすめて発熱している部分に0.5%程度散布し、さらに踏圧を十分行なうことにより進行を阻止できる。

とうもろこしサイレーズの給与

1 とうもろこしサイレーズの栄養価

黄熟期以降に収穫されたとうもろこしサイレーズのTDN含量はNRCの成分表によると、乾物中70~71%と極めて高く、熟期による変動も少なく、DCP含量は黄熟期の4.9%から過熟期の4.5%へとやや減少することが示されている。

このことから、とうもろこしサイレーズのTDN含量とDCP含量は水分含量がわかれば、以下の

ように簡単に推定が可能である。水分含量が75%の場合、TDN含量は $70 \times 0.25 = 17.5\%$ 、DCP含量は同様に $4.9 \times 0.25 = 1.23\%$ となり、水分含量が70%の場合、TDN含量は $70 \times 0.30 = 21.0\%$ 、DCP含量は $4.8 \times 0.30 = 1.44\%$ と計算されるのである。

2 給与法

第7表に西部氏による給与例を示したが、乳熟期前のとうもろこしサイレージの給与に比較して、黄熟期のサイレージの給与により、濃厚飼料が5分の1に節約されるのである。

一般に、体重の1%に相当する乾草とその3~4倍(乾物で体重の1%に相当)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、わが国の乾草調製時の不良気象から、良質乾草の大量調製が困難であるので、乾草給与を可及的小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高乳量を維持できることが示されている(第8表)。

しかし、登熟とうもろこしサイレージの粗飼料としての単独多給は、乳脂率の低下をもたらすので少量の乾草(体重の0.5%程度)を補給した方が有利である(第9表)。

また、第10、11表に示すようにとうもろこしサイレージはCa、P、NaおよびSなどのミネラル含量が低く、総じて不均衡である。さらにMgについては最近の研究によると0.2%以上が望ましいとされているのでとうもろこしサイレージ多給では不足となる。

これらのことから、とうもろこしサイレージ多給の場合、蛋白質不足をも考慮して、アルファルファのようなマメ科の乾草あるいはサイレージと併用するか、不足するミネラルの補給に対する配慮が大切である。

第10表 とうもろこしサイレージのミネラル含量

(乾物中の値)

| | | % | | | | | ppm | | | |
|---------|---|------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|
| | | Ca | P | K | Mg | S | Mn | Fe | Cu | Zn |
| 平均 | | 0.29 | 0.24 | 1.05 | 0.20 | 0.16 | 42 | 235 | 12 | 34 |
| 最低 | | 0.10 | 0.13 | 0.43 | 0.08 | 0.11 | 2 | 31 | 44 | 13 |
| 最高 | | 1.51 | 0.66 | 2.77 | 0.74 | 0.21 | 0.40 | 1,800 | 110 | 213 |
| NRCの推奨値 | * | 0.53 | 0.39 | 0.70 | 0.10 | 0.20 | 20 | 100 | 10 | 40 |

(注) * 30 kg/日以上乳生産牛に対する値

(アダムス 1969)

第11表 北海道十勝で生産されたとうもろこしサイレージのミネラル含量と $\text{No}_3\text{-N}$ 含量 (乾物中%)

| | | Ca | P | K | Mg | Na | $\text{No}_3\text{-N}$ |
|--------|------------|------|------|------|------|------|------------------------|
| ヘイゲンワセ | 黄後~成 | 0.18 | 0.27 | 1.36 | 0.14 | 0.02 | 0.07 |
| ホクユウ | 黄初~中 | 0.20 | 0.21 | 1.47 | 0.15 | 0.02 | 0.11 |
| 十交 | 黄初~中 | 0.23 | 0.50 | 1.36 | 0.13 | 0.02 | 0.06 |
| 交8 | 乳末 | 0.22 | 0.50 | 1.22 | 0.13 | 0.02 | 0.08 |
| ジャイツ | 乳初 | 0.26 | 0.25 | 1.44 | 0.16 | 0.03 | 0.11 |
| 交8号 | 9月26日刈り乳末 | 0.24 | 0.20 | 1.37 | 0.13 | 0.02 | 0.11 |
| 交8号 | 10月15日刈り黄初 | 0.15 | 0.20 | 0.96 | 0.09 | 0.02 | 0.07 |
| 交8号 | 11月5日刈り成 | 0.13 | 0.20 | 0.97 | 0.10 | 0.02 | 0.06 |

(安宅・名久井ら 1976)