

トウモロコシのサイレージ調製における留意点

～収穫時期と養分損失割合の関係から考える～

1 はじめに

今年もそろそろ、トウモロコシの収穫が始まる季節になってきました。札幌では、6, 7月が寒く登熟不良が心配されておりましたが、8月には平年以上の暑さになり、例年並みに収穫作業が開始されています。



トウモロコシの収穫風景

飼料の自給率を高め、環境に配慮した酪農が求められる中、①ほ場面積あたりの収量が高い、②栄養価（TDN含量）が高いといった特徴のある飼料用トウモロコシが再び注目されています。また、最近、新たなトウモロコシの収穫調製機械として、細断型ロールベラや破碎処理機（カーネルプロセッサあるいはコーンクラッシャーと呼ばれています。）の開発、普及が進められており、飼料用トウモロコシ利用の機運が高まっています。トウモロコシホールクロープサイレージは栄養的特性あるいは物理性が大きく異なる子実や茎葉が混在し（図1）、濃厚飼料的性格と粗飼料的性格を有するため、上手に利用すれば、濃厚飼料の節減につながると期待されます。そこで、本稿では牛の嗜好性が高く、良質なトウモロコシサイレージを調製するポイ

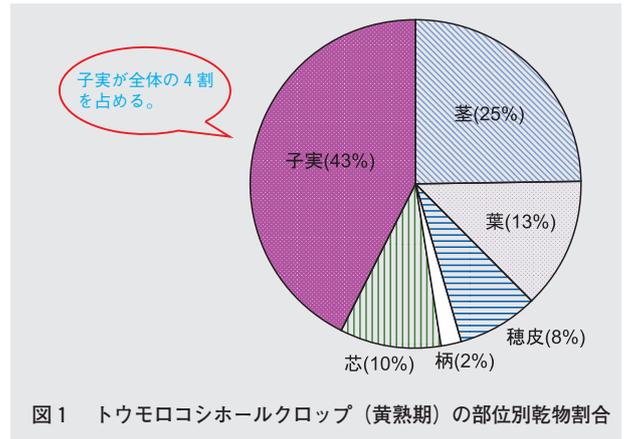


図1 トウモロコシホールクロープ（黄熟期）の部位別乾物割合

ントについて整理しました。

2 トウモロコシサイレージの収穫適期は？

乾物生産量への影響

図2には生育時期別に見たトウモロコシの部位別生産量を示しました。この図からトウモロコシでは、絹糸抽出期以降、茎葉の生産量はほぼ一定で、乳熟期以降急速に雌穂の生産量が増加することがわかります。すなわち、繊維部分の割合が減少し、非繊維部分である子実部分の割合が増加することによって、乾物率も急速に高まります。

ところで、イネ科牧草でもトウモロコシでもサイレージにすると、原料の水分含量が高ければ高いほど、

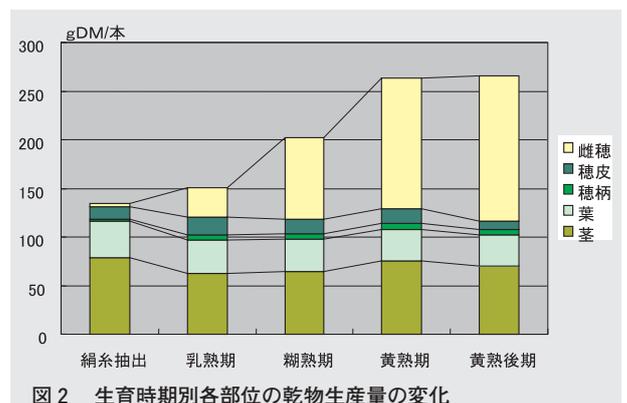


図2 生育時期別各部位の乾物生産量の変化

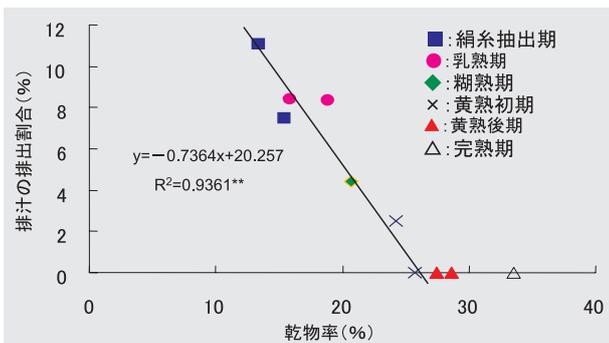


図3 トウモロコシの乾物率と排汁割合の関係

多くの排汁が出ます。図3には、トウモロコシ原料の水分とサイレージの排汁割合を示しました。未熟なトウモロコシでは、詰め込み量の1割以上が排汁として流出してしまうのです。また、この図からわかるように、水分含量の高い、言い換えれば生育時期が若い原料ほど、サイレージからの排汁量が多く、乾物率28%以上となる黄熟中期以降に排汁割合がほぼ0になるのです。その結果、乾物回収率は図4に示しましたように、黄熟後期を100とすると乳熟期から黄熟初期までの乾物回収率は約1割少なくなってしまう。

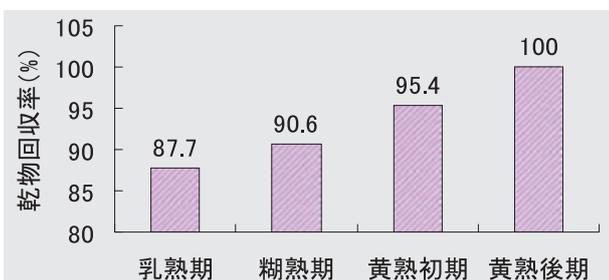


図4 黄熟後期を100とした時の収穫期別乾物回収率

発酵品質への影響

サイレージを調製する場合、原料中の糖含量が発酵品質を大きく左右することは広く知られておりますが、トウモロコシは絹糸抽出期以降であれば、単少糖類（グルコースやフルクトースなど乳酸発酵の基質となる）が10%以上含まれています（図5）。ですから、水分含量が75%以上ある乳熟期刈りのサイレージでも、pHが低く、タンパク質の分解の目安である全窒素中の揮発性塩基態窒素の占める割合（VBN/TN）が10%以下である良質なサイレージができます（表1）。図5に示しましたように、原料中に含まれる単少糖類の大部分はサイレージ化すると有機酸に変換し、いずれの収穫時期にも2-3%残存するにとどまっています。一方、雌穂に蓄積

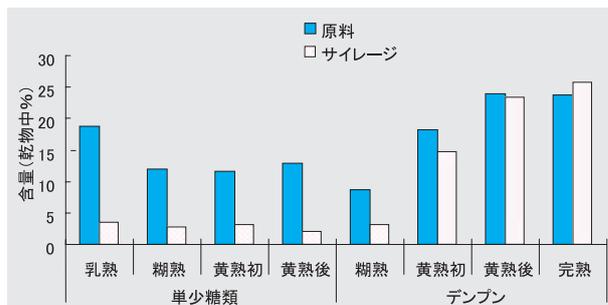


図5 原料とサイレージの単少糖類とでんぷん含量の比較

表1 刈取時期別のトウモロコシサイレージの発酵品質

	VBN/T (%)	pH	乳酸 (乾物中%)	酢酸 (乾物中%)
乳熟期	7.3	3.6	9.1	2.2
糊熟期	5.4	3.7	6.2	3.1
黄熟初期	4.4	3.7	6.0	2.6
黄熟後期	4.9	3.9	4.4	2.2

10%以下が品質の良さの目安
4以下が目安
乳酸含量は早刈り（水分含量が高い）ほど、高い。

したデンプンは排汁量が減る黄熟初期以降は、大部分がサイレージに残存することがわかりました。このように、トウモロコシは水分が70%以上ある時期に収穫してもサイレージの発酵品質は、排汁さえきちんと抜けば、“良質”なものが調製できるのですが、これらのサイレージの栄養価や家畜の採食性は果たして黄熟期刈りと同程度なのでしょうか？

養分損失割合に対する影響

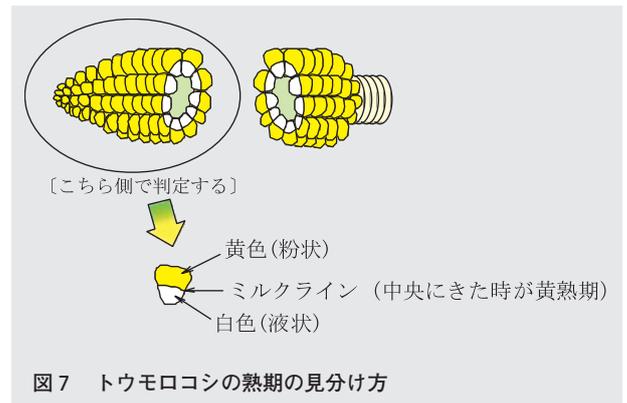
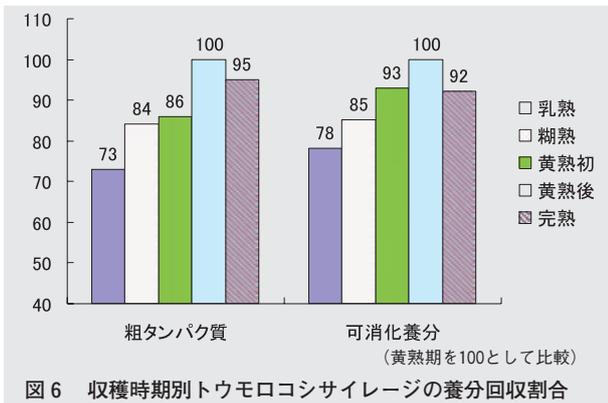
青刈りしたトウモロコシは糊熟期以降の栄養価は3%程度しか変わらないとされています（表2）。

しかしながら、先ほど述べましたように、水分含量が高い未熟なトウモロコシをサイレージにすると、排汁中に栄養価の高い非繊維成分（有機酸、粗タンパク質、デンプンや糖類等）が出てしまいます。そこで、排汁が出ることによってどのくらいの養分損失があるかを検討したところ、排汁流出後の

表2 刈取時期別のトウモロコシサイレージの成分と栄養価

	水分	粗タンパク質	NDF	TDN
乳熟期	80.2	9.6	60.1	63.1
糊熟期	75.7	8.6	51.9	63.8
黄熟期	73.6	8.0	47.7	65.9
完熟期	60.0	8.0	50.3	64.5

全国平均：（日本標準飼料成分表（2001版）より）



サイレージの消化率は、黄熟後期を100とすると、乳熟期で9ポイント、糊熟期で6ポイント低い一方、乾物回収率は黄熟期を100とすると、乳熟期で86、糊熟期で91でした。図6には粗タンパク質と可消化乾物量の回収率を示しました。粗タンパク質では黄熟後期を100とした場合、乳熟期で73、糊熟期で84、完熟期で95となりました。また、栄養価の可消化養分含量は黄熟後期は100とすれば、乳熟期で78、糊熟期で85、完熟期で92となることが明らかとなり、たとえ、乾物では1割程度の損失であっても、消化性の高い成分の損失が多いため、可消化養分の損失は2-3割にも達することがわかりました。

以上のことから、トウモロコシを収穫する時期は乾物収量の点でも、排汁による養分損失の上からも、黄熟中後期に刈り取ることが断然有利なのです。

ところで、収量が多いことから、早生品種よりも登熟が遅い中生あるいは晩生タイプを選ぶ場合もあるかと思いますが、登熟に達することがサイレージ生産量あるいは泌乳牛の採食性からも有利であることを実証した結果を表3に示しました。

	品種	
	早生	中生
ほ場面積あたりの原物収量 (ton/ha)	57.57	70.68
乾物率	28.0	25.1
排汁割合 ²⁾ , %	1.66	7.69
, ton/ha	0.96	5.44
サイレージの原物収量 (ton/ha)	56.61	65.24
サイレージの乾物収量 (ton DM/ha)	15.45	15.98
泌乳牛の摂取量 (kg/頭)	10.1	9.1
濃厚飼料給与量 (kg/頭)	10.4	11.0
4%FCM乳量	41.1	41.6
乳脂肪率	3.73	3.76

(北農研とホクレンの共同試験)

両品種とも、播種日、収穫日も同じで、早生品種の収穫時期は黄熟中期中で、中生品種は糊熟期でした。表3からわかるように、中生品種は早生品種よりも1.3倍原物収量が多かったものの、サイレージの乾物収量ほとんど変わらず、また、泌乳牛の採食量は1kg/頭・日多いことから、濃厚飼料給与量が減らせることが明らかとなりました。このように、良質なトウモロコシサイレージを生産するためには、生産する地域で子実が十分に登熟できる品種を選ぶこと、子実のミルクラインが半分程度(図7)になる黄熟中後期に収穫することが重要なのです。

3 収穫時の切断長は？

良質サイレージを調製するためには、サイロ内の空気を速やかに排除して、乳酸菌等の嫌気性菌による発酵を促すことが重要です。そのためには、「細切、密封、踏圧」が欠かせません。切断長が長くなることによって、サイレージの詰め込み密度が低くなり、品質が低下しやすくなります。最近、飼料生産の大規模化が進み、バンカーサイロやスタックサイロが広く使われていますが、図8に示したように詰め込み密度が700kg/m³以上ないと好気的変敗

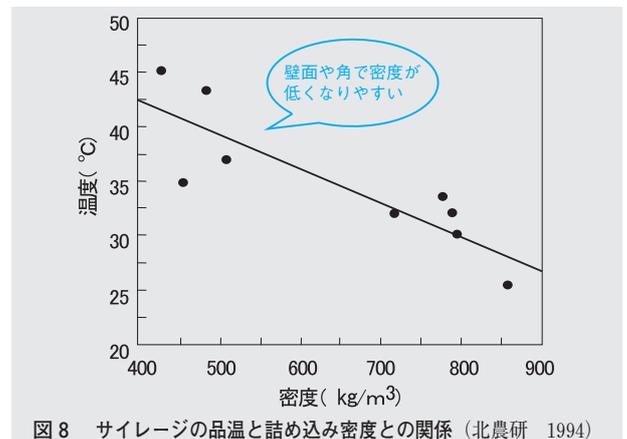


表4 トウモロコシサイレージを摂取した泌乳牛のそしゃく時間
(北農研(1997,1998,2004)のデータより)

	摂取量 (kg/日)	FCM乳量 (kg/日)	乳脂率 (%)	RVI (分/kgDM)
試験1(粗濃比55:45)				
CS92%+乾草	25.6	38.9	3.7	29
CS36%+GS	26.2	40.3	3.9	27
CS79%+GS	24.3	40.5	3.7	27
CS73%+GS	24.3	40.5	3.7	28
試験2(粗濃比60:40)				
CS60%+GS	23.7	34.1	4.4	36
GS100%	21.2	31.8	4.4	40

1) CS〇〇%=粗飼料中のトウモロコシサイレージの割合
2) GS=牧草サイレージ

RVI=約30分/kgDM
がそしゃく時間充足
の1つの目安

が起りやすいことが報告されています。切断長が長くなればなるほど、密度は低くなり、好気的変敗が起りやすくなります。では、トウモロコシサイレージの最適切断長は、何cm程度でしょうか？

最近、トウモロコシの繊維含量は少ないことから、有効繊維を確保するといった理由から、トウモロコシサイレージの切断長を従来推奨されている約1cmよりも長く設定するケースが見受けられます。有効繊維とは反芻を誘起し、第一胃内の恒常性を維持させるのに、有効な繊維のことです。この繊維の有効度を評価する指標の一つに粗飼料価指数(RVI)と呼ばれるものがあり、これは飼料乾物1kgあたりに要する採食反芻時間であり、30分/kg程度あれば、反芻胃の恒常性は維持できるとされています。表4には、給与割合の異なるトウモロコシサイレージを粗飼料源として給与した泌乳牛の乳脂率とRVIを示しました。トウモロコシを多給しても、約30分/kgDMのそしゃく時間が確保できることがわかります。

また、切断長を長くしても反芻時間は増加せず、

かえって家畜の採食量が低下したり(図9)、子実の部分だけを選び食いをしたりしますので、サイレージの発酵品質の点のみならず、乳牛の採食性の観点からも、プロセッサを利用する場合以外のトウモロコシサイレージの切断長は従来推奨されている1cm程度が最も妥当と言えます。

最近わが国に導入され始めてきたカーネル(クロップ)プロセッサ(コーンクラッシャ)を利用するメリットとしては、①子実に傷がつき、デンプンの利用性が向上する、②堅い芯や茎が破碎されるため、残飼が減り、飼料設計通りの摂取量が期待できることです。プロセッサを利用する場合の切断長は2cm程度がよいとされています。現在、道立畜試等では破碎処理サイレージの利用方法について検討が進められており、これらの結果が待たれるところです。

収穫にあたってはハーベスタ等の収穫機械の整備を入念に行い、鋭利な切り口を確保し、また、刈り遅れや台風等での倒伏やあるいは霜にあった場合などは、プロセッサを利用しない場合、切断長を1cmよりさらに短く(6-8mm)して、サイロ内の密度を均一にしてカビの発生を最小限にするよう努めます。

4 おわりに

今後、飼料自給率を高め、粗飼料基盤を強化するためには、飼料畑面積の狭い我が国ではトウモロコシの積極的利用がますます重要になると思われます。そのためには、以上述べてきたトウモロコシの調製技術の基本を今一度確認するとともに、トウモロコシサイレージの飼料特性を理解することが、飼料給与におけるトラブルやムダを省き、一層のコスト削減への第一歩と言えるでしょう。

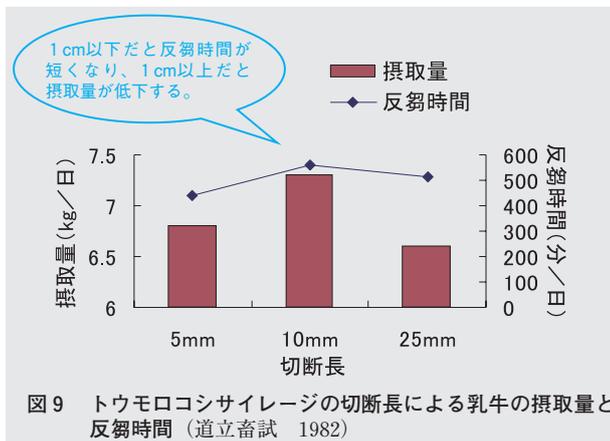


図9 トウモロコシサイレージの切断長による乳牛の摂取量と反芻時間(道立畜試 1982)

トウモロコシサイレージ作りの基本

- ◆ 黄熟中後期に刈り取る
- ◆ 1cm程度に切断する
- ◆ 踏圧を徹底し、密度を高める
- ◆ 速やかに密封する

