

破碎処理でとうもろこしサイレージの栄養価はどう変わる？

1 はじめに

飼料自給率の向上が求められるなか、圃場面積あたりの収量が高く、栄養価に優れるとうもろこしサイレージ (CS) を利用しようという機運が高まっています。牧草の乾物収量および可消化養分総量 (total digestible nutrients : TDN) 含量がそれぞれ、917kg/10a、60.2%DMであるのに対して、飼料用とうもろこしはそれぞれ1,450kg/10a、67.0%DMと高く、畑作酪農地域における飼料自給率向上に有効な粗飼料と考えられます。

とうもろこしは粗飼料でありながら、黄熟期以降には総体中の子実割合は40%、デンプン含量は30%近くなり、濃厚飼料的な性質もあります (図1)。登熟が進むと子実のデンプン含量は増えるのですが、子実の表皮が硬く、消化を受けにくい状態になり、せっかくデンプンの多いサイレージを牛が摂取しても、消化されずに糞へ排泄されてしまうことがあります (図2)。このため、登熟の進んだとうもろこしでは、子実を傷つけるために収穫時の設定切断長は6~9mm程度にするべきといわれています。

とうもろこしサイレージはデンプン含量が高いことに加え、切断長を短くすることで、物理的繊維効果 (咀嚼を刺激し、唾液の分泌を促すことによりルーメン性状を適正に保つ効果) が小さくなり、とうもろこしサイレージ多給時には、第四胃変位などの代

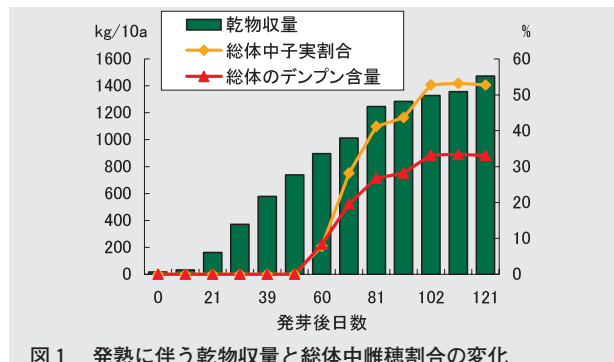


図1 登熟に伴う乾物収量と総体中子実割合の変化

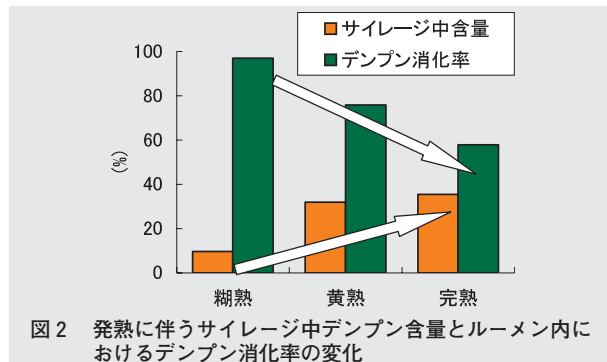


図2 登熟に伴うサイレージ中デンプン含量とルーメン内におけるデンプン消化率の変化

謝疾病の発生や乳脂率の低下が懸念されていました。

近年、子実の消化性向上のために破碎処理 (カーネルプロセッサやコーンクラッシャーと呼ばれる) の利用が増えています。破碎処理とは、とうもろこしの収穫時に、細切された原料をハーベスターに搭載した2本のローラの間ですり潰すことです (図3)。子実を傷つけることで、登熟が進んだとうもろこしのデンプン消化性を高められると同時に、子実に傷をつけるために設定切断長を短くする必要がなくなるので、切断長を現状よりも長くすることが可能です。破碎処理の利用によって、より栄養価の高いCSが多給できると期待されています。

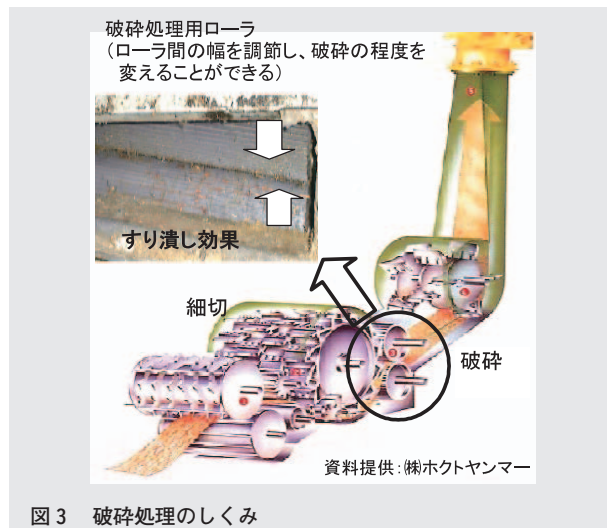


図3 破碎処理のしくみ

2 破碎処理がとうもろこしサイレージの飼料特性に及ぼす影響

◎子実の破碎程度

破碎処理条件の異なるとうもろこしサイレージ中の子実の破碎状態を比較しました(図4)。未破碎の時には約20%の子実が無キズのままでしたが、ローラ間隔5mmでは無キズの子実割合は10%となり、ローラ間隔を3mm以下にするとほぼ全ての子実に傷がつき、1/4程度に破碎された細かい子実が多くなりました。

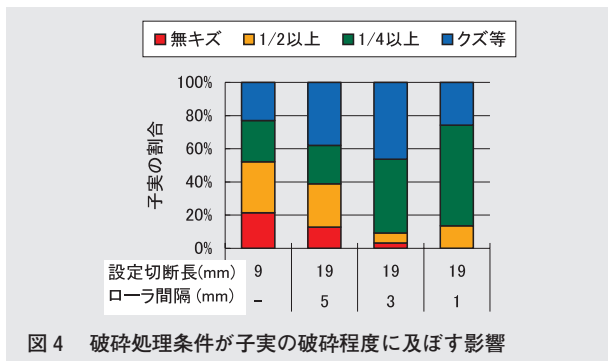


図4 破碎処理条件が子実の破碎程度に及ぼす影響

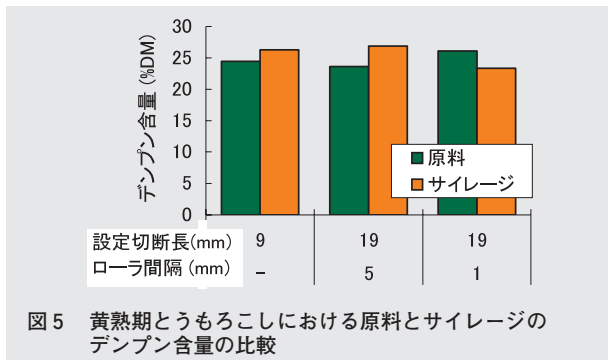


図5 黄熟期とうもろこしにおける原料とサイレージのデンプン含量の比較

◎サイレージのデンプン含量

黄熟期のとうもろこしを3種類の条件で収穫したときの原料とサイレージのデンプン含量を比較しました(図5)。サイレージのデンプン含量は原料と大きな差がありませんでした。黄熟期以降では排汁が減るため、破碎処理しても子実に蓄積したデンプンはサイレージ中に残存することが分かりました。

◎デンプンとNDF消化率

破碎処理をしないときには、ルーメン内および総消化管におけるデンプン消化率はそれぞれ75%、95%でした(図6)。ローラ間隔5mmで破碎処理するとルーメン内のデンプン消化率は約10ポイント高まり、総消化管におけるデンプン消化率もほぼ100%

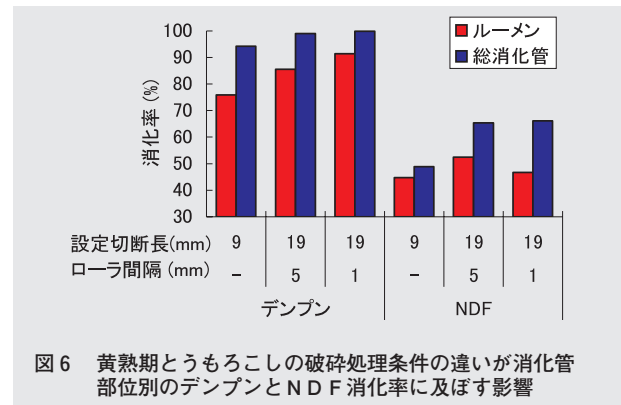


図6 黄熟期とうもろこしの破碎処理条件の違いが消化管部位別のデンプンとNDF消化率に及ぼす影響

となりました。破碎処理によって子実が傷つくとルーメンで消化させるデンプンの割合が増え、糞中への子実排泄もほとんどなくなりました。

NDFの消化率も未破碎に比べ、ローラ間隔5mmで破碎処理すると高まりましたが、ローラ間隔を1mmまで狭くしてもそれ以上消化率は向上しませんでした。繊維が細かくなると表面積が相対的に増え、ルーメン内微生物の付着は促進されるものの、飼料片が細かくなりすぎるとルーメンから通過する速度も高まり、結果的にNDF消化率のさらなる向上がおこらなかった可能性があります。

◎物理的繊維効果

粗飼料価指数(Roughage Value Index: RVI)は総咀嚼時間(採食+反芻)を乾物摂取量で除したもので、飼料の物理的繊維効果をあらわす指標です。乳脂率3.50%を得るためには最低35分/kgDMのRVIが必要といわれています(近中四畜セ、平成15年)。設定切断長を9から19mmに長くした、破碎処理とうもろこしサイレージを給与したときのRVIを比較しました(図7)。RVIは切断長9mm・未破碎に比べて、切断長13mmで破碎処理したときにはほとんど変化しませんが、切断長を19mmまで長くするとRVIは45分/kgDMまで増加し、物理的繊維効果が向上すると考えられました。

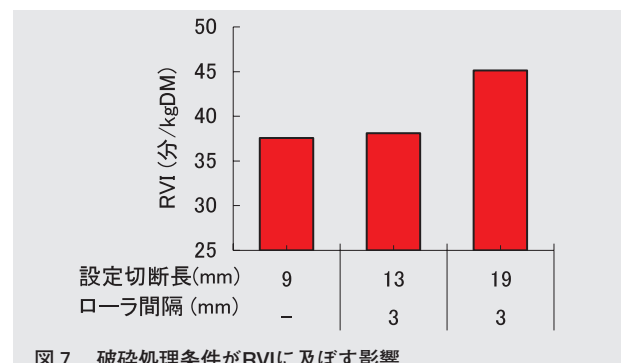


図7 破碎処理条件がRVIに及ぼす影響

◎乳生産への影響

黄熟期のとうもろこしは破碎処理によって、デンプンとNDFの消化率が高まり、切断長を19mmまで長くすることで物理的繊維効果が高まります。これらは乳生産にどのような影響を及ぼすのでしょうか？

そこで破碎処理とうもろこしサイレージを分娩日から一乳期にわたり飽食給与しました。なお、飼料のタンパク質含量を適正にするために大豆粕を混合しました。表1は給与した飼料の化学成分です。破碎処理によって養分消化率が高まるため、TDN含量が5ポイント高くなっています。

表1 給与飼料の化学成分

乳期		切断長9mm 破碎なし		切断長19mm ローラ間隔5mm	
		前期	後期	前期	後期
CP	(%DM)	15.6	14.0	16.0	14.4
デンプン	(%DM)	22.1	23.1	21.5	22.5
NDF	(%DM)	41.2	42.6	40.4	41.7
TDN	(%DM)	70.6	69.6	74.7	73.9

飼料混合比(乾物比)
泌乳前期(分娩日～分娩後140日目) CS:大豆粕=83:17
泌乳後期(分娩日後140日目～) =87:13

表2 黄熟期のとうもろこしサイレージ給与時の一乳期乳生産およびTDN自給率

設定切断長 ローラ間隔	9mm 破碎なし	19mm 5mm
乳量 (kg/305日)	8,355	8,526
乳脂率 (%)	3.90	3.78
乳タンパク率 (%)	3.11	3.02
TDN自給率 (%)	82.6	81.7

飼料摂取量は破碎処理の有無で差はありませんでした。一乳期のTDN自給率は82%で、乳量は破碎処理サイレージ多給群で8,500kgでした(表2)。乳量およびTDN自給率の北海道平均(平成15年)はそれぞれ、9,108kgおよび54.9%であり、破碎処理サイレージ給与によって高自給率で高い乳生産が得られました。また、分娩時から体重がどの程度増減したかを比較すると、破碎処理サイレージ給与群では分娩後の体重回復が早くなりました(図8)。破碎処理したとうもろこしサイレージは栄養価が高い

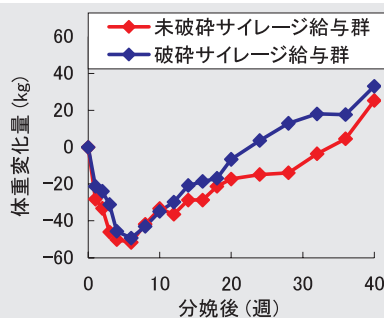


図8 分娩後の体重変化量

ため、養分充足が早く、分娩後の体重回復が早まったと考えられます。

未破碎サイレージ給与群1頭が分娩直後に乳熱を発症し、食欲廃絶、第四胃変位となりましたが、これ以外にとうもろこしサイレージ多給が原因と考えられる代謝病の発生はみられませんでした。しかし、乳脂率および乳タンパク質率は破碎処理の有無に関わらず低い値であり(表2)、泌乳初期の血中遊離脂肪酸濃度は標準値に比べて非常に高い値でした。これらは飼料からのエネルギー供給が不足し、体脂肪の動因が盛んであったことを示しています。破碎処理によってサイレージの栄養価はある程度向上したものの、併給飼料として大豆粕のみを用いたため、泌乳初期にエネルギー不足となりました。破碎処理サイレージ多給体系下における併給飼料の組合せについて今後検討する必要があると考えられます。

3 どんな熟期でも破碎処理は必要か？

黄熟期では、破碎処理によってとうもろこしサイレージの消化率を高めることができました。しかし、糊熟期のように子実中の水分含量が高く、もともと養分消化率も高い場合には、破碎処理の効果はあるのでしょうか？逆に、子実が硬い完熟期のとうもろこしでも、黄熟期と同じ破碎処理条件でよいのでしょうか？

◎糊熟期における破碎処理の効果

糊熟期のとうもろこしでは切断長9mm・未破碎のとき、原料よりサイレージ中のデンプン含量が低くなりました(図9)。また、ローラ間隔5mmで破碎処理したときは、原料、サイレージともに切断長19mm・未破碎よりデンプン含量が低くなりました。原料のサンプルはハーベスターで収穫後、サイロにつめる前に採取したもので、糊熟期のように子実の水分含量が高いときには子実が潰れると、サイレージ

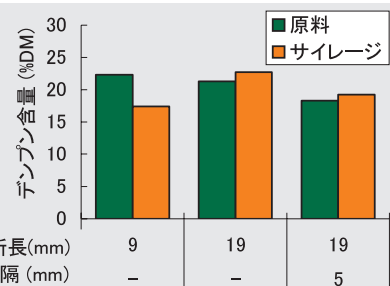


図9 糊熟期のとうもろこしにおける原料とサイレージのデンプン含量の比較

調製過程において排汁が増え、養分ロスになると思われます。

表3 糊熟期とうもろこしの破碎処理条件が養分消化率、TDN含量および乳生産に及ぼす影響

設定切断長 ローラ間隔		9 mm 破碎なし	19mm 破碎なし	19mm 5 mm
デンプン	ルーメン (%)	95.2	95.8	95.9
消化率	総消化管 (%)	99.8	99.9	100.0
NDF	ルーメン (%)	60.4	45.1	54.7
消化率	総消化管 (%)	71.4	63.8	69.3
TDN含量	(%DM)	71.9	69.1	68.0
乳量*	(kg/日)	34.0	36.0	36.7
乳脂率*	(%)	3.94	4.42	4.48
体重変化*	(kg/日)	-0.46	0.53	-0.24

*分娩日～分娩後6週目まで

糊熟期では、デンプンの消化率はルーメン内、総消化管ともに破碎処理をしなくても非常に高い値でした(表3)。NDFの消化率は切断長が短い場合や破碎処理をしたときに高い傾向にあったものの、サイレージのTDN含量は破碎処理条件による差がありませんでした。乳量には破碎処理の効果はありませんでしたが、切断長19mm・未破碎のとき分娩後の体重増加量が多い傾向にありました。先に示したように糊熟期には切断長を長く、破碎しないほうがサイレージ中のデンプン含量は高くなりました。デンプンは乳牛にとって重要なエネルギー源であるため、デンプン含量の高い切断長19mm・未破碎のサイレージを摂取した群でエネルギー充足が早まった可能性があります。

◎完熟期における破碎処理の効果

完熟期のとうもろこしサイレージでは破碎処理による化学成分の変化みられません。完熟期では排汁がほとんどなかったことから、破碎処理をしても糊熟期のように排汁増加に伴う養分ロスはみられないと考えられます。

完熟期のとうもろこしでは、破碎処理によるデンプンやNDF消化率の変化は黄熟期ほど大きくありませんでした(表4)。ローラ間隔5mmでは破碎処理の効果はほとんどなく、3mmで破碎処理すると養

表4 完熟期とうもろこしの破碎処理条件が養分消化率、TDN含量および乳生産に及ぼす影響

設定切断長 ローラ間隔		9 mm 破碎なし	19mm 破碎なし	19mm 5 mm
デンプン	ルーメン (%)	48.9	44.6	56.2
消化率	総消化管 (%)	90.9	91.5	93.9
NDF	ルーメン (%)	52.4	50.1	46.0
消化率	総消化管 (%)	61.9	62.0	57.4
TDN含量	(%DM)	70.2	70.1	70.0
乳量*	(kg/日)	28.8	29.8	29.9
乳脂率*	(%)	4.24	4.05	4.25
体重変化*	(kg/日)	0.11	0.14	0.76

*分娩後131±43日(5日間平均値)

分消化率の向上や体重の増加がみられました。

以上より、とうもろこしの熟期ごとに推奨する破碎差より条件を表5に示しました。糊熟期では破碎処理は必要なく、黄熟期ではローラ間隔5mm、完熟期ではローラ間隔を黄熟期より狭い3mmにすることで養分消化率を高め、乳生産や体重増加量に効果があることがわかりました。また、設定切断長を19mmと長くすることも望ましいと考えられます。

表5 とうもろこしの熟期と推奨する破碎処理条件

	設定切断長	
	mm	mm
糊熟期	19	-
黄熟期	19	5
完熟期	19	3

4 おわりに

ここで示した破碎処理条件(切断長とローラ間隔)はあくまで設定であり、収穫時の目安です。破碎処理の効果は、とうもろこしの乾物含量や設定した破碎処理条件以外に、ハーベスターの機種や走行速度などの影響も受けます。収穫されたサイレージ原料を見て、子実や芯が想定どおりに破碎されているかを確認することが重要です。

さらに、破碎処理したとうもろこしサイレージでは化学成分は未破碎の場合と同等でも、ルーメン内の可消化炭水化物、特にデンプンの発酵量が多いことが予想されます。デンプンは泌乳牛のエネルギー源として重要な栄養素ですが、同時にルーメン内の過剰発酵はpHの低下を引き起こし、食滞や代謝病発生へつながる可能性があります。破碎処理とうもろこしサイレージの発酵特性を考慮した飼料給与、併給飼料の選択が必要と考えられます。



写真：
とうもろこしの収穫風景
とサイレージを採食する
乳牛

