

の間に差がなく、4.1%程度といずれも良好であった。併給乾草の切断長 13 mm 区は無細切区に比べて、乳脂率が予想に反して高かった。牛乳の SNF 率では区間に差がなく、いずれも良好であった。体重の推移についてみると、乾乳期の日増体量は 0.8~1.1 kg であり、分娩後にはいずれの区も減少した。

疾病の発生状況をみると、懸念された第四胃変位の発症はなく、消化器障害としてトウモロコシサイレージの切断長 10 mm、併給乾草無細切において軽度の食滞・下痢が 1 例認められたのみであり、このほかは、感冒、打撲、腫張、皮膚炎で、いずれも飼料に直接起因しないと考えられる疾病であった。この試験において測定した乳牛の反芻行動は表 2 に示したとおりである。

以上の各種の試験及び既往のトウモロコシサイレージ調製試験の結果から、黄熟期に調製した場合には、トウモロコシサイレージの切断長を現在推奨されている 10 mm から 5 mm にしても特にメリットは認められず、粗飼料として単用時には乳牛の反芻行動を低下させ、飼料の組み合わせ—例えば表 7、図 1 のような場合には乳脂率を低下させるなどの欠点があり、一方、切断長を 10 mm から

25 mm にするとサイレージの密度が低下し品質が低下しがちであり、採食率や DCP 含量が低いなどの欠点があり、乳牛の反芻行動を高める効果は認められなかった。

#### 4 ま と め

以上の結果から、適期（黄熟期、原料の水分含量 70%程度）あるいは、それ以前の収穫ではサイレージ原料の切断長は 10 mm 程度とする。ただし、枯熟期（熟度が進み、茎葉が緑色を失い枯れてきている状態をさす）あるいは、強霜を被った原料ではサイレージが二次発酵を起しやすいことから、切断長は 5 mm 程度とし、いずれも子実の破碎程度を良好とし均一に切断することが望ましいと判断した。また、微細切したトウモロコシサイレージ給与時には反芻行動を高める粗飼料を併給し採食させる必要がある。

なお、本文で紹介した試験において、乾乳期にトウモロコシサイレージを主体として給与しているが、これは切断長の影響を明らかにするためであり、乾乳期におけるトウモロコシサイレージの多給を推奨するものではない。念のため付記する次第である。

## 麦類ホールクロップサイレージのアルカリ処理調製法

北海道農業試験場 蔦野 保

### 1 麦類ホールクロップサイレージの重要性

今年の北海道は春から低温が続く、各作物が大きな打撃を受けているが、麦類は比較的その影響が少なく、8月上旬には秋播小麦の収穫が始まり、中旬には例年どおりエンバクの収穫が始まりそうである。このように8月中旬までには収穫できることが、他の作物と異なる麦類の著しい特徴であり、この特性を生かして保護作物や輪作作物として活用を図るべきではなからうか。

麦類及びトウモロコシのホールクロップサイレージは、肉用牛の飼料として正味エネルギーの視点から評価することが重要であり、肉用牛に対するホールクロップサイレージの給与法と、顕著な増体効果が得られた実験結果について、かつてこの雑誌で紹介したことがある（牧草と園芸、第28巻、第11号）。従って、今回はホールクロップサイレージそのものについては触れず、ホールクロップサイレージ調製の際に苛性ソーダを添加すると（こ

のような方法も慣用的にアルカリ処理といわれている) 飼料価値が更に飛躍的に高まることについて述べ、実際の実験成績の一部をご紹介したい。しかし、飼料用麦類でさえ果たして今後農家が栽培するかどうか、確かな見込みがない状態である。まして、アルカリ処理麦類ホールクロップサイレージが農家技術として実際に活用される時が来るのかどうか、確かな可能性はない。よく言われることであるが、輸入飼料が安いうちはそれを利用する以外にベターな方法はない。従って、筆者も決して今すぐアルカリ処理ホールクロップサイレージを勧めているわけではない。この方がより利益が上がるかと農家自身が判断した時には、採用して頂きたい。誤解のないように一言付言させて頂き、この技術の説明に入りたいと思う。

## 2 アルカリ処理ホールクロップサイレージの目的

飼料用麦類の穀実は堅い皮で被覆されているので、ホールクロップサイレージとして給与した場合、未消化のまま糞中に排泄される穀実の割合が多くなるのが危惧される。トウモロコシの穀実は黄色くて目立つので、糞中に排泄される量が多いように見えるが、黄色い皮が目立つのであって、内部の胚乳の部分はかなり消化されているという報告もある(北農試、畜産部)。トウモロコシの未消化排泄穀実の割合は1割程度であるという報告がある(北農試、畑作部)。かりに1割程度としても、貴重な濃厚飼料であるから惜しいことである。

表1 エンバク穀実に対するアルカリ処理が糞中排泄穀実割合などに及ぼす影響

	無添加	苛性ソーダ添加水準%			アンモニア添加水準%		
		1.26	2.53	3.79	1.26	2.53	3.79
穀実サイレージのpHと飼料成分(%/乾物)							
pH	6.10	7.32	8.21	8.90	8.50	9.75	10.01
水分	20.8	24.8	29.5	29.6	21.5	23.3	24.8
粗蛋白質	12.2	11.4	11.8	12.1	13.7	14.8	15.2
N F E	70.3	67.5	65.5	67.4	65.4	65.0	65.2
粗繊維	12.6	14.2	14.6	13.2	12.3	14.6	14.3
インビトロ消化率, %							
C W C	19.1	20.1	39.3	49.8	22.6	38.6	34.4
乾物	58.6	58.0	66.7	72.4	60.4	65.4	66.0
糞中排泄穀実割合, %							
粒数	37.2	—	27.3	—	—	25.8	—
重量	32.6	—	21.2	—	—	15.8	—

エンバクやオオムギの穀実はトウモロコシよりも堅い皮で被覆されているので、更にその割合が多くなるのが予想される。従って、通常は穀実だけを収穫して乾燥し、圧扁するか粉碎して、配合飼料の材料として用いられる。このような機械的処理のほかに、アルカリ処理のような化学的処理によっても、未消化穀実の割合を減少させることが可能であろう。

麦類の穀実は、皮を含めると全体の5割ぐらい含まれており、皮を除くと内部の胚乳部分は3.5割ぐらいである。つまり、最高級の濃厚飼料が全体の3.5割ぐらい含まれている飼料であると考えてよい。アルカリ処理によって穀実の胚乳部分が完全に利用され、茎葉の消化率が乾草並みになれば、肉用牛の育成肥育用の飼料として、ほとんど単味で活用できるのではないかと期待される。このことが、アルカリ処理ホールクロップサイレージ調製の目的である。

## 3 アルカリ処理の効果

苛性ソーダの添加がエンバク穀実の消化率を高め、糞中に排泄される割合が減少するかどうかを明らかにする必要があるので、表1のような実験を行なった。これは、コンバインで収穫した穀実を小型サイロに埋蔵する際に、苛性ソーダやアンモニアを、エンバク穀実の乾物当り1.26、2.53、3.79%添加した結果である。乳牛の第一胃液を用いた人工消化試験で測定した消化率は、苛性ソーダやアンモニアの添加で著しく向上していることが示されている。とくに、CWC(細胞壁構成物質、セルロース、ヘミセルロース、リグニンからなる)の消化率が著しく向上している。苛性ソーダを3.79%添加すると、無添加の2.5倍以上になっている。このことは穀実の皮やその下層のCWCが、アルカリ処理によって消化されやすくなったということであり、皮がアルカリ処理によって破壊ま

(北農試、草5研、昭58)

たは消化されれば、内部の胚乳はでんぷんであるからほとんど100%消化されるはずであり、糞中に排泄される穀実の割合が減少するはずである。

苛性ソーダ及びアンモニアを2.53%添加処理した穀実と無添加の穀実を、乾草単味給与の乾酒牛に3kg給与し、その後糞中に排泄される穀実を毎日回収し、排泄穀実が見出されなくなるまで実施して、摂取量に対する割合を算出した結果が表1である。実際はこのように一度に穀実を摂取するのではなく、ホールクロップの中に含まれている穀実を徐々に摂取するわけであるから、糞中排泄穀実の割合は表1の値よりも少なくなると思われる。

また、前述したようにエンバク穀実の皮は穀実全体の約15%程度あるので、この部分は不消化で糞中に当然排泄されるものとすれば、その部分を引いた残りが、未消化で排泄される割合とすると、その割合はかなり低い値であるとみることもできる。いずれにしても、アルカリ処理によって穀実のCWCの消化率が向上し、糞中排泄穀実の割合が減少することは確かである。

アルカリ処理によって茎葉の消化率が向上することは確かであるが、エンバクわらを切断してサイロに埋蔵する際に苛性ソーダを添加する方法で、消化率が向上するかどうかについては報告がないので、実施した結果が表2である。苛性ソーダを乾物当り3%添加することによって、乾物消化率は12.1%、粗繊維は16.1%向上することが示されている。以上のように、穀実と茎葉の両方の消化率を高めることが明らかになったので、はじめに述べたように、穀実のうちでも真の濃厚飼料の部分すなわち胚乳の部分が3.5割も含まれているので、アルカリ処理ホールクロップサイレージ単味給与でもかなりの増体を期待しても良いのではないかと考えられる。

その点を明らかにするために実施した結果が、表3である。供試した肉用牛は兩年とも夏季間放牧した体重320kg前後のホルスタイン去勢牛で、12頭を6頭ずつの2群に分けて、昭和54年度は無添加サイレージと1.55%添加サイレージ、昭和55年度は無添加と3.01%添加サイレージを給与した。オオムギ穀実の圧扁を1kgと尿素を100g給与し、

表2 エンバクコンバインわらのアルカリ処理が消化率に及ぼす影響

	無 添 加	苛性ソーダ3%添加
サイレージのpHと飼料成分(%/乾物)		
pH	6.37	10.97
水	51.1	50.2
粗蛋白質	2.5	2.6
粗脂肪	2.0	2.3
N F E	46.5	41.2
粗繊維	41.4	39.6
粗灰分	7.6	14.3
消化率, %		
乾物	51.2	63.3**
有機物	52.2	62.1**
粗蛋白質	—	—
粗脂肪	29.6	34.2
N F E	48.6	55.6**
粗繊維	63.3	79.4**

\*\* 有意差のあることを示す (P<0.01)

(北農試, 草5研, 昭58)

サイレージを自由に摂取させた。

その結果、去勢肉用牛は兩年とも苛性ソーダ処理サイレージの方を多く摂取した。すなわち、昭和54年度は1.55%添加サイレージ8.8kg(乾物)に対し無処理は7.1kgであり、昭和55年度は3.01%添加サイレージ8.2kgに対し無添加は7.1kgであった。その結果、苛性ソーダ添加サイレージの方が増体量が多く、とくに3.01%添加では日増体量が1.00kgであった。また、1kg増体に要した乾物量は9.1kgで、この値は濃厚飼料主体による場合と、ほとんど類似している。以上の結果から、エンバク等麦類のホールクロップサイレージをアルカリ処理すれば、ほとんど単味給与に近い形で十分増体させることが可能であることが確信できた。

#### 4 アルカリ処理サイレージの原理

わら類のような繊維の堅い粗飼料をアルカリ処理すると、消化率が著しく向上することについてはよく知られている。なぜ向上するかについては、本稿では省略する。アルカリ処理には多くの方法があるが、アルカリ処理サイレージについては比較的報告が少ない。

添加したNaOH(苛性ソーダ)の一部は分解して繊維と化学的に結合するが、残りのNaOHが問題である。アルカリ処理の効果が発見された当初は、NaOHの有害な影響を除くために、水洗したわけである。しかし、筆者らが残存Na(未反応Naと

表3 サイレージの有機酸組成及び消化率と肉用牛に対する給与効果

項目	年度 処理	1979		1980	
		添加(1.55%)	無添加	添加(3.01%)	無添加
サイレージの水分, pH, 有機酸組成					
水分 %		61.6	63.9	62.4	57.8
pH		5.21	4.85	5.50	4.86
総酸 mg/原物100g		1,824	1,780	2,139	2,131
乳酸		49	19	135	181
酢酸		117	94	213	208
プロピオン酸		153	—	—	—
酪酸		1,149	1,200	1,352	1,319
吉草酸		277	280	184	218
カブロン酸		81	188	256	206
サイレージの飼料成分 %/乾物					
粗蛋白質		6.5	6.3	7.4	6.5
粗脂肪		2.8	2.9	3.4	3.6
N F E		54.4	53.9	52.3	54.6
粗繊維		28.1	29.1	27.4	28.0
粗灰分		8.1	7.9	9.5	6.7
サイレージの消化率 %					
乾物		54.3*	50.2	56.6**	49.2
粗蛋白質		45.9*	42.5	57.4**	46.2
粗脂肪		65.2*	64.9	71.8**	65.4
N F E		54.1	53.7	61.3**	54.9
粗繊維		55.1*	50.4	53.0**	42.8
飼料摂取量 乾物kg/頭/日					
サイレージ		8.8	7.1	8.2	7.1
オオムギ		0.9	0.9	0.9	0.9
尿素		0.1	0.1	0.1	0.1
増体量					
試験期間(日)		63	63	70	70
開始時体重(kg)		326	318	315	335
終了時体重(kg)		381	359	385	380
増体量(kg)		55	41	70	45
日増体量(kg/頭/日)		0.87*	0.65	1.00**	0.64
1kg増体に要した乾物量(kg)		11.2	12.3	9.1	12.0
1kg増体に要したTDN量(kg)		6.2	6.6	5.4	6.7

注) \*5%有意性 \*\*1%有意性

もいう)の存在形態を調査した結果, NaOH の形では全く存在せず, NaCO<sub>3</sub> の形であった。これは多分発酵で産生した炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)とNaOHが反応したものと推察される。従って, 強アルカリとしてのNaOHの有害な作用は, 消失していることになる。そして, NaOHを添加しても無添加のサイレージと同程度に有機酸が産生しており, そのことは表3に示されているとおりでである。このことがまた, アルカリ処理サイレージのpHを低くすることに役立っている。表3をみるとわかるように, NaOHを乾物当り3%添加しても, pHは5.50である。以上のように, NaOHの形態では残存していないし, 発酵により有機酸が産生してpHが低くなっているのので, アルカリ処理サイレージの場合は, 水洗等によりNaOHを除く必要がないと考えられる。

しかし, ナトリウム(Na)を大量に摂取するので, このことが家畜の生理と健康状態に影響するかどうか, 究明する必要がある。けれども, NaというのはNaCl(食塩)の形で動物も人間も日常かなり大量に摂取しているものである。牧草中にはカリ(K)が多いので, Kを多く摂取するとNaが排泄されるので, 食塩を補給する必要があることになる。また, 食欲を増加させる意味もあって, 配合飼料の中には食塩が含まれている。従って, 最大許容限界量を明らかにする目的で行われた実験では, 極めて大量の食塩を給与しても, 家畜の生理や健康状態には影響がないのである。極端な例では, めん羊に1日254gの食塩(Naとして100g)を給与しても, 飼料摂取量や健康状態に何ら障害がみられなかったという報告がある(Wilson, 1966)。

表4に示すように, NaOHを3%添加したエンバクホールクroppサイレージをめん羊に給与すると, 1日当りのNaの摂取量は12gである。従って, めん羊の健康状態には影響がないであろうと推察されるが, この点を明らかにするために, めん羊12頭を消化試験のケージの中で, 3種類のサイレージを4頭ずつに給与し, 水以外は他の飼料やミネラルをいっさい給与せず, 過酷な条件で38日間飼養した後, 頸静脈から血液を採取して, 健康状態や内臓機能の検査を行なったが, すべての値が正常であり, またNaOH無添加のサイレージを給与した群との間にいっさい差異が認められなかった。従って, 本稿ではこの表は省略する。

表4をみるとわかるように、大量に摂取されたNaは、主として尿中から排泄されることが示されている。NaとKはお互いに生体内における働きを代行するので、Naを大量に摂取すると、糞中のK排泄量が減少し、尿中排泄量が増加することが示されている。しかし、体内蓄積Kが排泄されるわけではないので、生理的には影響がないと思われる。

Caの尿中排泄量が減少するようにみえるが、P及びMgはほとんど変化しなかった。以上のように、アルカリ処理サイレージはアルカリ処理としての顕著な効果があり、NaOHが残存しないのでこれを除去する必要がなく、Naの摂取は家畜の健康状態に影響がないという原理は、以上のように説明できるのである。

### 5 アルカリ処理の方法

アルカリ処理実施のいかにかわらず、麦類のホールクroppサイレージを調製する際は、できるだけ穂の割合が多い品種であることが望ましいが、現在普及している品種はいずれも供試できる。乳熟期、糊熟期よりも完熟期の方が穀実の割合が多く、消化率や飼料価値が高くなるので、完熟期が収穫適期である。しかし、とくにエンバクの場合はわずかに1週間前後で、糊熟期から完熟期に進むので、気象条件の良い時をはずさないように、チャンスを生かすことがたいせつである。従って、完熟期の前後であれば、多少のずれがあってもやむを得ない。

切断長はフォレージハーベスタを用いて、微細断(設定切断長5~10mm)することが重要である。エンバクの茎はいわゆるストロー状になっているので、切断長が長いと空気の排除が困難であり、品質が劣化する危惧がある。また、微細断すると穀実の皮に傷がついて、消化されやすくなる。サイロはできれば塔型が望ましく、ハイエレベータで詰め込むと、苛性ソーダの溶液が添加しやすい。苛性ソーダの添加量は、乾物当り3%とする。刈取時の天候状態や生育ステージで水分含量が著しく変動するので、苛性ソーダの添加量は乾物当りとする。

苛性ソーダの溶液は、およそ20~30%とする。従って、苛性ソーダの必要量の約3倍量程度の水をポリタンクにとり、それに粒状の苛性ソーダを

表4 ミネラル出納

	無 添 加	1.5% 添 加	3.0% 添 加
摂取量 g/頭/日			
Na	0.45	4.58	11.93
K	4.39	6.14	6.65
P	0.51	0.87	0.85
Mg	0.45	0.52	0.57
Ca	0.73	0.81	0.85
ふん中排泄量 g/頭/日			
Na	1.19	1.88	1.60
K	3.67	0.74	0.78
P	1.21	1.34	1.23
Mg	0.42	0.31	0.25
Ca	1.44	1.53	1.39
尿中排泄量 g/頭/日			
Na	0.06	2.54	8.89
K	1.21	5.01	3.57
P	こんせき	0.01	0.01
Mg	0.09	0.07	0.10
Ca	0.22	0.02	0.02

(北農試, 草5研, 昭. 58)

徐々に溶かす。発熱するので、一度に投入しないことである。単位容量当りの苛性ソーダ量が明らかであるから、運搬量に応じて苛性ソーダ溶液をとり、平均になるように添加すればよい。

ハイエレベータの基部でジョーロを用い、人手で添加することができる。万が一の事故防止のため、ゴム手袋とメガネ(ゴーグル)を着用した方がよい。筆者の研究室では、研究の当初は以上のように人手で添加したが、現在はアルカリ添加装置を製作し、詰込量に応じて苛性ソーダ溶液を添加できるようにしている。大量に調製するようになったら、このような装置を用いることも可能である。

詰込み中に途中で機械を止めて、サイロの中に3~4人入りよくなり踏圧し、再び埋蔵するようにする。最上部の被覆は、筆者の研究室では水蓋みなたにしている。水蓋といっても既製品ではなく、大きなビニールをサイレージの表面に広げて、周囲に古タイヤを乗せ、ビニールをその古タイヤに巻き込んで水を添加すると、簡単に水蓋ができる。いずれにしても、上部のサイレージの表面やサイロ壁面の取り出し口など、空気が侵入しないように万全の対策をすることが肝要である。通常のサイレージと同様に、40日前後経過したら給与してもよい。