

トウモロコシサイレージの飼料価値に影響する栽培要因と養分収量の推定について

— 東北地域の実例をもとにして —

東北農業試験場草地部

名久井 忠

1 はじめに

サイレージの通年給与が酪農あるいは肉牛飼養に極めて有利であることがわかった今日、トウモロコシサイレージの調製が急増しています。

東北地域においても、酪農地帯では草地をトウモロコシ畑に転換する例が増え、水田転換畑にも作付が増加しています。これらの背景には優良品種が導入されたこと、機械化一貫作業体系が確立されたこと等があげられます。一方においては栽培面の問題も少なからず残されています。

東北地域では所有面積が少ないためか、生草重で多収をねらう考え方方が根強くあり、密植によってそれを達成しようとする例がかなりあります。こうした中で私たちは、トウモロコシの飼料価値

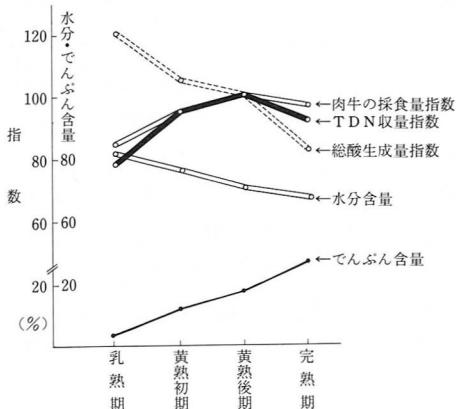


図1 熟期別ホールクロッパサイレージの諸特性

表1 倒伏したサイレージ原料の部位別構成割合

区分	草丈(cm)	稈長(cm)	着雌穂高(cm)	収量(kg/10a)	部位別構成割合						備考		
					生草	乾物	茎	葉	子実	芯	穂皮	穂柄	
倒伏区*	231	212	118	3,443	871	43.2	14.9	25.8	7.9	6.6	1.6	1.6	80%が挫折型の倒伏
正常区	284	233	120	4,506	1,140	30.9	20.4	32.6	7.5	7.0	1.6	1.6	

注) * : 雄穂折損、葉部のちぎれが認められた。

向上に栽培条件がどのような影響を及ぼすかについて若干の試験を行なっていますが、ここにその一部を紹介して諸賢のご批判を仰ぐ次第です。

2 サイレージの飼料価値に及ぼす収穫時期並びに倒伏の影響

ホールクロッパサイレージの収穫時期は黄熟後期であることは広く知られています。東北地域で調製されたサイレージをもとにして検討した結果を図1に示しました。サイレージの成分組成、飼料価値、発酵品質、養分収量そして肉牛の採食量から見て、黄熟後期が有利であることが確かめられています。それでは収穫時期を決める目安をどこにおくのかということですが、従来は子実にくぼみが出来るころ、ブラックレイヤーが1/3発生した時とか、あるいは下葉が数枚枯れ上がったころとか言われていますが、著者は子実の水分を目安にできないものかと以下の検討を試みました(図2)。相対熟度(以下RMと書く)110~130、子実

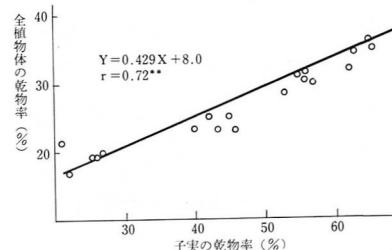


図2 子実の乾物率と全植物体の乾物率との相関

(東北農試1981)

重歩合が25~48%の品種を20例供試して両者の関係を見たところ、 $r=0.72$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、大まかに目安になることがわかりました。つまり、ホールクロップとして乾物率30%の原料を得るには子実の平均乾物率が51%以上でなければならないことを示しています。具体的な方法として、代表的な雌穂を5本ほど取り、子実を分離して乾燥させればよいので、現場でも容易にできると思います。

次に倒伏とサイレージの品質との関係を見ることにします。機械収穫作業で一番苦労することは倒伏した原料の収穫です。著者らが1981年の台風で倒伏したトウモロコシについて調査した結果を表1~3に示しました。8月20日の台風で全体の80%前後が倒伏したため、収量が減り、その上ハーベスターの収穫もが発生しました。更にサイレージの発酵品質が酪酸、VBN(主としてアンモニア態窒素)が増加する等品質の劣化が著しくなることが認められています。従って、倒伏した原料を詰込む時は有機酸(蟻酸やプロピオン酸)などの添加剤を利用する必要があります。この試験で追刈り区が逆刈り区より収穫ロスが少なく、一般に言われていることと異なる結果でしたが、これは倒伏の方向が一定でなかったため、トラクタの車輪で踏みつけられたことが原因と思われます。倒伏した原料を収穫する場合、車輪で踏まないための工夫が必要のようです。

3 飼料価値と播種時期との関係

トウモロコシが持つ特性を最大に發揮させるには、その地域に適した品種を選ぶことにつきます。大まかな基準は生育中の有効積算気温から求めたRMによって行われています。盛岡では約1,400°Cが見込まれますが、同じ岩手県でもわずか50km北に位置する標高3~400mの地点では900~1,000°Cと、北海道に類似した気象条件となります。このように東北では標高差による温度差が大きく、品種の選定はキメ細かに行う必要があります。

表3 金ヶ崎町における同一圃場で生産されたサイレージの発酵品質

区分	pH	m mol%			VFAのモル比			VFA T-A	VBN T-N	水分
		総酸	乳酸	VFA	C ₂	C ₃	C ₄			
倒伏区	4.7	9.0	4.6	4.4	36	30	18	16	48.7	49.1
正常区	3.7	34.0	29.2	4.8	96	2	1	1	14.2	5.3

表2 倒伏したトウモロコシのハーベスターによる収穫調査
(東北農試1981)

区分	ハーベスターで回収した量 (kg)	圃場損失 (kg)	乾物の損失率 (%)	10a当り 収量 (kg)		手刈り区を100とした指数
				乾重 (kg)	乾重 (kg)	
追刈り区	128	36	22.6	1,088	95	
逆刈り区	77	25	20.0	654	57	
全区	205	61	21.4	871	76	
手刈り区	134	0	0	1,140	100	

ります。

さて、播種時期の違いが飼料価値に及ぼす影響を盛岡で調べたのが表4です。品種はP 3424 (RM 123)で、栽植密度は7000本/10aです。播種は4月20日から20日間隔に行いました。この試験は収穫時期を黄熟期と設定したため、刈取り期が遅いという印象を与えるかも知れません。事実7月12日播きは数回被霜しました。RM 123の品種は早播きほどサイレージの発酵品質、飼料価値が優れ、6月上旬播きまではTDN含量が67%で、TDNに占めるでんぶんに由来する部分が45%程度維持できることがわかりました。しかし、播種期が6月下旬以降になるとTDN含量は62%で、でんぶんに由来する部分も40%以下と飼料価値が低下することが示されています。一方、RM 91の品種を7月12日に播くと、11月上旬には乾物率30%、TDNに占めるでんぶんに由来する部分が40%程度になることも示されています。

トウモロコシサイレージの発酵品質はpH 3.8以下、総酸生成量が30 m mol%以上あれば保蔵上望ましいとされています。本試験では登熟が進んだ後に被霜して発酵が抑制された品種を除き、保蔵上の悪影響は少なかったと考えられます。

TDN収量を見ると、早播きほど収量が高く、4月下旬播きは6月上旬播きより10%, 6月下旬播きより30%増収することが示されています。その上、耐倒伏性も早播き区が明らかに勝ることが観察されました。飼料価値及び養分収量を見る場合、家畜の生産力を高めるには、TDN中に占めるでんぶんに由来する部分(可消化でんぶん)こそが重要なことを認識する必要があります。著者らの一連の実験結果から、45%前後あることが良質サイレージの条件と思われます。このことに照らして

表4 播種時期を変えて栽培したトウモロコシサイレージの発酵品質、飼料成分組成、
並びに生育状況
(東北農試1982)

区分	4/21まき	5/10まき	6/1まき	6/21まき	7/12まき	7/12まき(F)
pHと有機酸						
pH	3.47	3.54	3.50	3.76	3.75	4.7
総酸(m·mol%)	43.1	40.5	43.1	45.6	48.7	22.6
VFA/T - A(%)	24.7	23.7	24.7	28.1	31.3	21.9
VBN/T - N(%)	5.6	7.6	5.6	6.7	7.6	3.9
飼料成分(乾物%)						
水 分	71.7	70.8	71.4	75.4	76.1	71.2
有機物	92.1	94.2	95.3	93.5	92.1	93.9
粗蛋白質	8.5	8.3	8.6	9.4	10.5	9.2
粗脂肪	2.9	2.9	2.8	2.6	1.9	2.4
でんぶん	31.2	30.0	29.9	26.1	6.5	25.8
ADDF	26.2	25.1	24.9	26.8	31.1	25.4
セルロース	22.9	22.0	21.4	23.2	27.7	22.9
リグニン	3.3	3.1	3.5	3.6	3.4	3.4
飼料価値(%)						
DCP	5.1	4.5	5.0	5.4	7.3	5.4
TDN	65.5	65.9	66.6	62.9	62.0	63.3
可消化でんぶん	31.1	29.6	29.8	25.9	16.5	25.4
可消化セルロース	12.4	10.3	11.1	12.4	17.1	11.6
サイレージの乾物回収率	95.8	94.6	92.1	93.4	91.7	94.9
養分収量						
TDN(kg/10a)	1,330(100)	1,272(98)	1,192(89)	898(68)	603(45)	663(50)
可消化でんぶん(kg/10a)	631(100)	571(90)	533(84)	370(59)	63(10)	266(42)
可消化セルロース(kg/10a)	252	199	199	177	166	122
DCP(kg/10a)	103	87	89	77	71	56
生育の状況						
収穫日	9月21日	10月5日	10月18日	11月2日	11月8日	11月8日
熟期	黄・後	黄・後	黄・後	黄・中	乳・初	黄・中
絹糸抽出期	7月24日	8月2日	8月12日	8月24日	9月10日	8月29日
草丈(cm)	329	326	316	288	258	238
穗長(cm)	20.6	20.3	20.0	19.0	17.0	16.7
乾雌穗重(g/本)	182	180	162	153	49	100
葉数**(枚)	14.4	14.3	13.4	12.1	8.6	9.1
積算温度(℃)	2,863	2,740	2,618	2,412	2,050	2,050
生育日数(日)	153	147	140	134	119	119

品種はP3424, 7/12まき(F)のみP3965

()は4/21まきを基準にした指標

飼料価値の査定は1群3頭の羊によって行なった。

見ると、盛岡でRM125クラスの品種は、6月上旬が播種期の境界と考えられます。今回の試験結果をもう一度整理しますと、①播種期が早いほどサイレージの養分収量、飼料価値(可消化でんぶんなど)が高まる。②サイレージの発酵品質は播種時期が遅れるにつれて、pHが上昇気味(これは被霜の影響)で、かつVBNの割合も増加して劣質化の傾向を示すものの著しい差は認められない。③耐倒伏性は早播きほど勝っている。(4/21播き、5/10播きは台風で倒伏の被害なし)④サイレージの飼料価値、養分収量から見ると、RM123日の品種

を6月上旬以降に播種することは得策でない。

今回は要因を単純化するため、同一品種を供試しましたが、今後は品種の組み合わせを検討する予定です。

4 飼料価値と栽植密度との関係

サイレージ用トウモロコシは、子実生産を重視しなければメリットが出てこないということは、多くの試験成績で明らかにされたにもかかわらず、密植して生草収量を高めようとする考えが根強く残っています。県内のある地帯では1株2本立て栽培が行われ、密植に期待を抱いている実態もあります。ほんとうにそうなのだろうか?密植が果してメリットをもたらしてくれるだろうかといいう疑問を試験したのが表5に示したものです。

サイレージの飼料成分と栽植密度との関係は、密植につれて水分が高ま

り、でんぶんが減少します。それが乾物中TDN含量にも影響し、5~7,000本区は67%に対して12,000本区は64%と低下します。その理由はTDNに占める可消化でんぶんが減少するからです。写真1に雌穂の充実度を示しましたが、両者に顕著な差が見られることからも推察いただけると思います。

発酵品質は密植につれて、VFA及びVBNの割合が増加の傾向を示します。これは密植につれてサイレージの酸臭が強まり、蛋白質の分解が進むことを示すものです。

表5 栽培密度を変えて栽培したトウモロコシサイレージの発酵品質、飼料価値
並びに生育の状況 (東北農試1982)

区分(栽植密度)	5,000本	7,000本	9,000本	12,000本
pH と 有 機 酸				
pH	3.68	3.64	3.63	3.67
総 酸 (m•mol%)	51.0	49.9	51.7	49.0
V F A/T - A(%)	20.2	21.6	23.0	25.1
V B N/T - N(%)	4.0	3.7	4.9	6.7
飼料成分(乾物%)				
水 分	68.7	70.3	71.4	73.0
有 機 物	93.8	93.8	93.5	92.8
粗 蛋 白 質	8.6	8.6	8.9	8.8
粗 脂 肪	2.8	3.0	3.0	2.6
で ん ぶ ん	30.8	29.8	28.5	25.0
A D F	25.8	25.1	25.2	28.6
セ ル ロ 一 ス	22.5	21.8	21.9	24.6
飼 料 値 値(%)				
D C P	4.7	4.8	5.5	5.3
T D N	67.0	66.9	66.2	64.3
D E (Kcal/g•DM)	2.98	2.99	2.93	2.84
可 消 化 で ん ぶ ん	30.6	29.7	28.4	24.9
可 消 化 セ ル ロ 一 ス	12.2	11.9	12.4	13.7
サイレージの乾物回収率	94.9	94.7	93.0	93.6
養 分 収 量				
T D N (kg/10a)	1,217 (95)*	1,285(100)	1,215 (94)	1,091 (85)
D E (サーム)	5,394 (93)	5,743(100)	5,375 (91)	4,819 (84)
可消化でんぶん(kg/10a)	563 (99)	570(100)	521 (91)	423 (74)
可消化セルロース(kg/10a)	225 (99)	228(100)	227(100)	232(102)
収穫時の生育量				
草 丈(cm)	310	319	294	283
穗 長(cm)	22.5	22.7	20.5	21.0
乾 雌 穗 重(g／本)	204	197	159	138
子 実 重 歩 合(%)	49	45	40	37
倒 伏 発 生 率(%)	0	0	8	28

* ()は7,000本に対する指標

養分収量はどうでしょうか? TDN 収量が最も多収なのは7,000本区で、次いで5,000及び9,000本区がほぼ同じ、12,000本区は約15%減収しています。

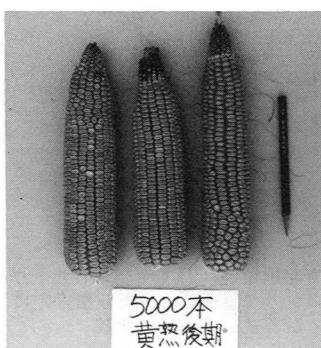


写真1a 5,000本区の雌穂



写真1b 12,000本区の雌穂

す。5,000本区が意外にも多収だったことは、一株に2本の雌穂がついたものがかなりあったためと考えられます。このことは従来言われている密植が養分を高めることにならないということの証明であり、考えさせられるデータです。更に重大なことは、9,000本区と12,000本区に倒伏が発生したことです。この年は8月下旬に台風が通過し、風速20m以上の風をもろに受け、耐倒伏性において密度間差が明瞭に現れました。中でも12,000本区はハーベスターで収穫できないロスが見られ、減収が大きくなりました。以上の事を整理しますと、①サイレージの飼料価値、特に可消化でんぶんの占める割合から見て、7,000本程度が多い。②発酵品質のうち、VFA(揮発酸)及びVBNの生成量は密植につれて増加する。③養分収量及び耐倒伏性から判断すると、過度の密植は不利であり、RM 123の品種は7,000本程度が適正な密度である。

今日、トウモロコシサイレージを調製する際に考えるべき基本的な制約条件がいくつかあります。その1つは栽培から収穫まで一貫した機械化体系で作業が行われること。第2には牛に給与する場合、ほとんどが通年給与を指向しているので、求められるサイレージは水分70%程度、乾物中TDN含量が68%前後（うち、可消化でんぶんが全体の45%前後を占める）が望ましいこと。第3には二次発酵抑制並びに未消化子実の排泄を少なくするため、切断長を10mm程度にすることなどです。以上のような要件を考慮に入れて品種を選定し、栽培管理を行なっていただきたいものです。

5 栄養収量推定法と適用上の注意

昨今のようにトウモロコシの品種が目まぐるしく変る中、原料の飼料価値を正しく評価しようとすればするほど、悩みは深くなります。そうだからといって放っておくわけにもいかず、多くの人々は「新得方式」を頼りにして今まで対応してきたものと思われます。「新得方式」（注1）は1972年に石栗氏らによって開発されたもので、乾穂重と乾茎葉重からサイレージのTDN含量及び収量を求めることが出来る、大変便利な推定式として用いられて来た経過があります。

ところが便利さの故に、本来北海道という限定された地帯で通用すべきものが、またたく間に全国各地で使われるようになり、適用性が問題にされる場面も出ていると聞いています。「新得方式」はその考えの根底に子実を重視する思想が流れています。今日のホールクロップサイレージを方向づけた点において、極めて優れた方式といえます。本来、数式を使用する場合は、限定されたいつかの条件の範囲内で使うことが前提としてなければならないと思います。従って、品種、生育条件が全く異なる場合まで拡大解釈される時は、当然ながら誤差も拡大されると考えられます。著者は東北地域で栽培される品種に「新得方式」を適用

表6 実測値と推定値との関係

実測値	新得方式	芽室方式
700kg	767kg(110)	688kg(98)
1,000	1,114(111)	1,008(101)
1,500	1,692(113)	1,541(103)

()は実測値に対する指数

したらどの程度の誤差を生ずるかについて若干の検討を試みました。供試した品種はF₁でRM 110～125の合計10例のサイレージを用いました。図3に実測値(X)と「新得方式」(Y)との関係を示しましたが、「新得方式」で求めた値は、たえず実測値を上回り、養分収量が高まるにつれて、その差が拡大する傾向が見られます（表6）。これは乾物回収率を見込んでいないことと、1970年ころに栽培されていた交4号のような子実歩合が高く、茎葉消化率も高い品種を中心求めた数式のために、今日の東北地域で栽培されている品種とかなり異なることから来ると考えられます。石栗氏はその後、再検討の結果、下方修正していることからもうなづけるところです。ちなみに東北地域で栽培されている品種の茎葉消化率は53%前後が多いと思われます。

次に著者らが1982年に検討した芽室方式（注2）と実測値の関係（図3）を見ると、かなり近似した値が導かれています。これはサイレージの乾物回収率を見込んでいることと、東北地域で栽培されている品種に近い茎葉消化率をもつ品種が母集団に入っているためと考えられます。

それでは新得方式を東北地域で使用できないのか？その辺を数字いじりしてみました。実測値(Y)のTDN収量と「新得方式」から求めたTDN収量(X)との関係が $r=0.992$ と高い相関があり、 $y=0.852x+51.85$ の回帰式が求められます。ここで得られた式に新得方式から求めた推定値を代入することにより、修正した値を求めることが不可能ではないと思います。以上、数字遊びの観なきに

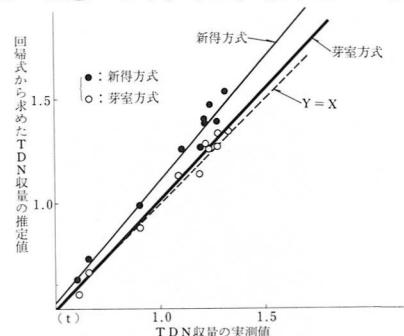


図3 東北地域(盛岡)で生産されたトウモロコシサイレージの栄養収量推定における計算式の適用性の比較

注) 新得方式: $Y = 1.156X - 41.67$ ($r = 0.992^{**}$)
芽室方式: $Y = 1.066X - 58.32$ ($r = 0.992$)

しもあらずですが、ここでの真意は数式を使用する場合は必ず限界があることをご理解いただきたいところにあります。特に強調したいことは東北地域のRM125前後の品種は、北海道東部の品種に比べて茎葉消化率が低いことを認識していただきたいと思います。のことから考えますと西南暖地でも異なるかも知れません。

6 おわりに

東北地域でトウモロコシを栽培する際には、飼料価値向上の面から子実重歩合を、いかに高めるかという点を重視する必要があります。それは茎葉消化率が従来考えられていたほど高くないからです。茎葉のTDN含量が50~55%という値は刈遅れた牧乾草並であるからです。ともすれば、織

維が多いことは結構なことであり、茎葉主体の栽培が有利であると考えがちですが、トウモロコシが備えている飼料特性を考えるなら、断じてそうではないと思います。

日本の畜産は今、その飼料基盤が大きく揺れ動いています。特に土と密着した飼料生産が低迷している中で、それぞれの飼料作物が持っている特性を十分発揮させるため、新たな視点からの技術開発・普及が今こそ望まれているように思います。

注1:新得式

TDN 収量 =

$$0.85 \times \text{乾雌穂重} + 0.582 \times \text{乾茎葉重}$$

注2:芽室方式

TDN 収量 =

$$0.80 \times \text{乾雌穂重} + 0.50 \times \text{乾茎葉重}$$

養豚における トウモロコシサイレージの利用技術

北海道立滝川畜産試験場

研究部飼養科 杉本亘之

1 はじめに

わが国における飼料の自給率は、30%程度と極めて低い。とりわけ養豚においては、飼料の大半を海外に依存し、わずかに都市近郊での残飯や、食品工場隣接地帯での副産物の利用がみられる程度で、養豚における自給飼料の利用は極めて少ない。このようななかで、近年飼料用トウモロコシは、乳牛ばかりでなく、養豚用の自給飼料として高い関心がもたれ、一部の繁殖養豚農家で利用の方向にある。しかしながら、養豚におけるトウモロコシサイレージの利用技術は、まだ十分に解明されておらず、その利用に当っては不明な点が多い。

一方、昭和40年後半以降における畜産経営の規模拡大は、養豚においても例外ではなく、その結果、畜産公害としての糞尿の処理対策が大きな社

会問題となり、糞尿の土地環元と、飼料作物の多収栽培技術を結合させた糞尿処理利用技術の開発も重要な問題となってきた。

以上のような観点から、養豚におけるトウモロコシサイレージの利用法に関する技術体系を確立するために、豚糞尿の利用による飼料用トウモロコシの多収栽培法、サイレージの調製と飼料価値、更に繁殖豚での利用法に関して一連の試験を実施したので、その概要について報告する。養豚経営におけるトウモロコシサイレージ活用上の参考資料となれば幸いである。

2 トウモロコシの栽培と品種

トウモロコシの品種は多品種に及ぶため、その地帯の積算温度に適した品種を選定することができる。当場で昭和53~57年の5カ年間にわたり、各品種ごとに収量の比較を行なった結果、表1の