

目には70 kg/10 aになり、TDN 収量は2から4年目まで最大で約600 kg/10 aが10年目には約300 kg/10 aとなりました。DCPとTDNの加重平均含量は年間3回刈りで、それぞれ15, 58%, 年間4回刈りで18, 62%でした。草地の経年化により、収量は低下し、茎が細く、ひ弱な外観を呈しましたが、栄養価や自由採食量は低下しませんでした。

栽培・管理面ではデリケートな牧草ですが、高泌乳牛の飼養には不可欠な良質自給飼料の一翼にならうアルファルファの飼料としてのすばらしさの一端を紹介しました。

飼料用トウモロコシ品種の 茎葉部消化性の差異について

長野県畜産試験場 井上直人

はじめに

近年、農家の間で、「飼料用トウモロコシの食い込みの良否が品種によって異なる」と言う話を聞くことがある。このような指摘が農家現場からあがる原因としては、幾つかのことが考えられる。経営的背景は、粗飼料の量の確保が第一目標であった段階からより良質な粗飼料の生産がウエイトを占めるようになってきた点である。特に酪農分野における高泌乳牛の飼養や肉牛の肥育では、濃厚飼料の給与量が多く、安全かつ効率的に生産するためには、高品質の粗飼料がより重要になってくると考えられ、農家現場における食い込み量の問題が品種と結びつけて論じられる最大の理由は、ここにあると思われる。しかしトウモロコシサイレージの食い込み量を左右する要因は、品種以外に刈取り時の熟期、天候、サイロの種類、発酵品質、それに組み合わせる他の飼料の構成、給与量、給与回数、牛の能力レベルなど数えあげればきりがなく、多くの要因が考えられる。このことから、品種間差をうんぬんするより他の要因の方が重要であるという見方もできる。とは言え、農家の飼養経験から出てくる問題について調査しないままに他の要因のせいであるとして片づけるわけにはいかないように思われる。

衆知のとおり我が国の飼料用トウモロコシの品種は、近年、アメリカのグレイン用品種が主体となっている。雌穂の大きなグレイン用に適した品種がホールクロップサイレージ用にも適した品種であるという見方が一般的である。しかしながら粗飼料としての飼料価値は、子実含量が多いか少ないかといった問題とは別のところにある。トウモロコシホールクロップサイレージの中身は、半分が濃厚飼料、半分が粗飼料という二重の性格をもっているため、品種がその目的に適したものであるか否かは、これら二面から検討しなければわからないはずである。従来は、粗飼料としての飼料価値の品種間差が問題にされることが少なく、この点で片手おちであった感もまぬがれない。

そこで、ここではトウモロコシの食い込み量を左右する因子の1つと考えられるホールクロップの消化性の違いに焦点をしばり、その内、ホールクロップの消化性の左右する茎葉部の品質について、最近検討した結果を基に述べたいと思う。つまり、大半がデンプンであるグレインの消化性の品種間差はわずかであると見れば、ホールクロップの消化性の違いはグレイン含量、茎葉部の品質の2要因で大勢が決まるとみなせる。しかし茎葉部の品質の品種間差は、従来あまり知られていない。そこで、この点に焦点をしばって考察を加え

ることとし、第1にトウモロコシ茎葉部の炭水化物の構成に品種間差はあるのか否か、第2にあったとすれば、品種の早晚性や倒伏・折損などと何らかの関係があるのかを検討したい。

試験の方法

食い込み量や消化性の程度を多くの品種について検討することは、極めて困難である。そこで、それを評価する間接的手法として室内でできる分析を行い(インビトロでの評価)、その分析値に一定の消化率をかける手法をとった。ここではプロナーゼやセルラーゼといった酵素を用いて消化させる酵素分析法を用いた。供試した材料は、1986年に長野県塩尻市の長野県中農農業試験場で栽培したトウモロコシ交雑種144系統である。内訳は、カーギル5、カネコ種苗20、サカタ種苗4、全農13、タキイ種苗17、日本総業19、パイオニア10、三井東庄11、雪印種苗27、北海道十勝農試3、北海道農試2、中信農試8、宮崎県都城支場3、協和2系統であり、主に北海道から本州にかけての市販流通交雑種である。また、これらの中にはスイート交雑種も5系統加えた。播種期は5月9日で、栽植密度は741本/a(90cm×15cm)、2反復の乱塊法で行なった。収穫は黄熟期である。分析サンプルは、各区ごとに4個体の茎葉(葉+茎+包皮)を細断し、そこから採取した。

トウモロコシ茎葉部の分析結果

酵素分析とそれに基づく消化性と関連する形質をまとめたのが表1である。細胞内容物(OCC)は可溶性糖類、デンプンなどを主体とする分画であり、90%近い消化率を示すいわゆる易消化性炭水化物の含量である。従って、これはサイレージ発酵品質に関与する成分と考えられる。細胞壁物

質(OCW)は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの繊維分を示す分画であり、中身が消化程度の高いものから低いものまで混在する、いわゆる総繊維に相当する部分である。セルラーゼ可溶細胞壁物質(Oa)はOCWのうちセルラーゼによって容易に消化される部分であり、繊維中の高消化性を示す分画である。一方、不溶の部分はObであり、難消化性の部分である。OCW消化率は、OCWを構成するOaとObに対し、通常の消化試験で得られた消化率をかけた量をOCWで割ったものであり、総繊維の消化率を推定したものである。

$$\text{OCW 消化率(\%)} = \frac{\text{Oa} \times 0.846 + \text{Ob} \times 0.331}{\text{OCW}} \times 100$$

なお、ここで適用した各係数は農水省畜試阿部亮氏が消化試験により得たものである。可消化有機物量(DOM)は、乾物中の消化される有機物含量%を示し、これもOCW消化率と同様に各分画ごとに消化試験による消化率をかけて求めた。

$$\text{DOM(\%)} = \frac{\text{OCC} \times 0.873 + \text{Oa} \times 0.846 + \text{Ob} \times 0.331}{\text{DM}} \times 100$$

推定TDNは、酵素分析の各分画(OCC, Oa, Ob)の栄養的な均一性を前提に消化試験におけるTDN/DMと各分画との間で推定式を作成し、代入して求めたものである。実測TDN/DMと各分画の間の関係は、

$$\text{TDN/DM\%} = 1.4496 \times \text{OCC} + 2.1495 \times \text{Oa} + 0.8697 \times \text{Ob} - 55.2238 \quad (r=0.91, n=24)$$

とし、同じく阿部氏のデータから求めた。

これらの数値を圃場でのバラツキや反復間のバラツキを考慮に入れて判断するために統計分析を行なったが(表1の分散分析の項を参照)、各形質とも明らかな系統間差があることがわかった。これは生材料、すなわちサイレージの原料段階における調査であるため、OCC

含量がかなり高いものも見受けられ、その結果、推定TDN(ETDN)がかなり高目の系統も見出された。OCC部分は通常、サイレージにすることに

表1 トウモロコシ交雑種の茎葉部の成分

項目	最大	最小	平均	標準偏差	分散分析(数字は偏差平方和)			
					全変動	ブロック	系統	残差
細胞内容物(OCC)	34.5	15.6	23.7	3.8	6,090.6	2.4	4,096.9*	1,991.3
細胞壁物質(OCW)	75.0	57.6	66.9	3.5	5,241.1	0.5	3,541.2*	1,699.4
セルラーゼ可溶細胞壁物質(Oa)	24.8	12.8	18.4	2.1	1,832.8	0.8	1,218.1*	613.9
セルラーゼ不溶細胞壁物質(Ob)	60.1	36.4	48.5	4.1	6,522.7	0.1	4,865.7*	1,656.9
OCW消化率	53.3	42.1	47.3	1.8	1,267.1	0.4	925.8*	340.9
可消化有機物(DOM)	62.2	47.1	53.6	2.9	3,406.4	4.7	2,458.1*	943.6
推定TDN(ETDN)	74.9	50.8	61.0	4.2	7,124.1	16.2	5,128.1*	1,979.8
自由度	-	-	-	-	287	1	143	143

注) *...P<0.01

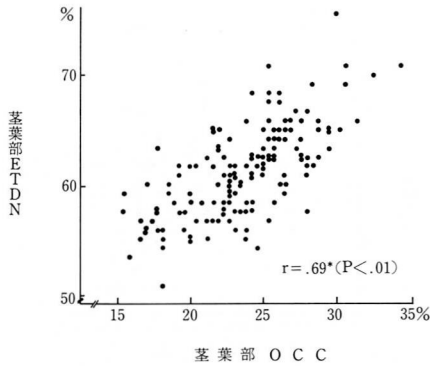


図1 茎葉部の細胞内容物と推定TDNの関係

よって低下するため、この数値がすぐにサイレージ調製後のTDNを示すわけではない点に注意すべきと考えられる。むしろ、サイレージ調製によっても大きな変化が起らない繊維部分の消化率に注目した方がよいかもしい。そこでOCW消化率をみると最高と最低で約10%の差があり、この差がDOMの差、ひいてはETDNの差になっていることがうかがわれた。茎葉部の乾物中の70%前後が繊維であることから、サイレージ調製後の段階でも少なくとも10%程度のTDN/DMの差が生じたものと考えられた。ここで推定したTDN/DMの系統間差に対して、消化率の高い繊維以外の部分の含量(OCC)と繊維の消化率(OCW消化率)とどちらが影響しているのかをみると、OCW消化率の方が大きな影響力をもっていることが示された(図1, 2)。このようにトウモロコシ茎葉部の品質には系統間で差があることがわかったが、はたしてこの差が大きなものであるかどうかは、ホールクロップのTDN/DMをどの程度左右するものであるか、実際に他の飼料といっしょに牛に給与した場合にどうなるかによって評価しなければならない問題ではある。しかしながら、ホールクロップのTDN/DMに影響を及ぼす程度を判断する一つの目安としては、雌穂重割合の変異の大きさとの比較が有効であると考えられる。この試験での乾物雌穂重割合は、144系統平均で50.7%、標準偏差4.2%であった。このバラツキからホールクロップでのTDN/DMのバラツキを推定するために、よく知られた新得方式(DM雌穂重割合 \times 0.85+DM茎葉重割合 \times 0.58=ホールクロップのTDN/DM)にあてはめて計算すると、平均71.7% \pm 1%

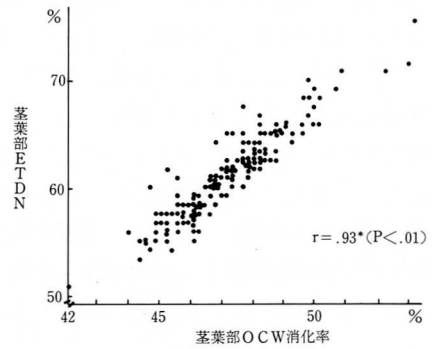


図2 茎葉部の総繊維消化率と推定TDNの関係

の変異に相当することが推察された。一方、茎葉部の推定TDN/DMは平均61.0%、標準偏差4.2%であり、DM雌穂割合を平均の50.7%、雌穂部のTDN/DMを新得方式と同様85%で計算すると、平均73.2% \pm 2%の変異に相当することが推察された。従ってこの試算によれば、ホールクロップのTDN/DMに影響力の大きい形質として雌穂重割合と茎葉部のTDN/DMを比較した場合、後者の方が大きい可能性がうかがわれた。この点については、日本や欧米の研究者の間で意見の違いがあって、「トウモロコシホールクロップのTDN/DMは、雌穂の大きさで決まる」というのが我が国の常識的な見方でもあり、サイレージ調製による茎葉部由来のOCCの減少も考えられるため、今後更に調査する必要があると考えられた。雌穂重割合の高い系統ほど茎葉部中の可溶性糖類含量が低く、その結果雌穂重割合が高いほど茎葉部のTDNが低くなり、ホールクロップのTDNは結果としてあまり変らなくなるという可能性もある。この点について検討すると、雌穂重割合と茎葉部のETDNとの間には負の相関関係が認められな

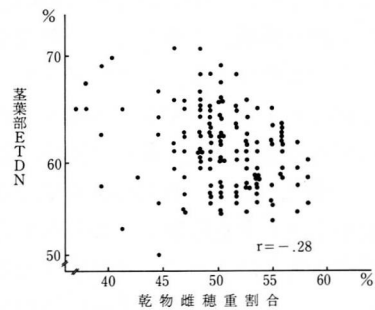


図3 乾物雌穂重割合と茎葉部の推定TDNの関係

かった(図3)。しかし、雌穂重割合と茎葉部のDOMとの間には -0.41 、OCCとの間には -0.47 と弱い負の相関関係が示された。このことから、茎葉部の消化性と雌穂重割合の間には多少の関係があり、両者の影響は相殺されてホールクロップのTDN/DMにはねかえってくることを示唆された。これは今後の育種の方向とも関連する重要な問題であり、またTDNの中身の問題として飼養上でも重要であるため、これも更に検討する必要があると考えられた。

現在の市販流通品種は、このように同一条件で栽培すると茎葉部の消化性に差があり、また、それは繊維の消化性の良否にかなり左右されることがわかった。それでは、次に、そのような品種を簡単に見分ける方法はないものだろうか。また高消化性を示す系統は耐倒伏性の低下といった悪い特性を伴うものだろうか。これらの点が品種選定や栽培する上で心配なところである。そこで、多少検討を加えてみた。トウモロコシの立毛をみたところでは、晩生種のトウモロコシの茎はとてみかたく、極早生種では細くやわらかい感じを受ける。晩生種ほど茎葉の繊維中のリグニンが多く、木質化し、繊維の消化性が劣ることが想像される。しかし検討した系統の中では、そのような傾向は認められなかった(図4)。なお図中の有効積算温度は、試験期間中に実測したものであり、カタログRMを10倍した数値とは若干ずれている。このほかに稈長、着雌高率などの形態的特性との関係を調べてみたが、いずれも明瞭な関係を見出すことができなかった。

次に茎葉部の消化率が低いという理由の一つにリグニン化が考えられる。リグニン化の程度は、常識的には稈の強度との関係が考えられる。従って圃場での倒伏や折損、虫害などとの関連があってもよさそうなものである。そこで図5に、繊維の消化率と倒伏+折損+虫害率との相関を示した。この図から茎葉の繊維の消化率との関係は認められなかった。倒伏、折損、虫害は各系統の立毛での評価を大きく左右する形質で、これらの合計が多いと黄熟期の群落はボロボロの状態となることを意味している。従って繊維の消化性の程度と無関係であることが示されたことは、栽培側として

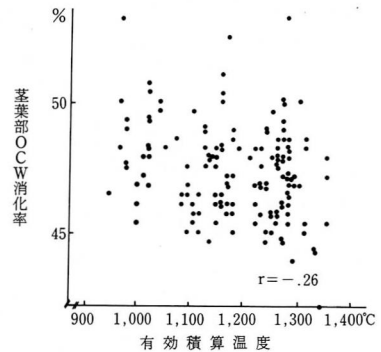


図4 早晩性と茎葉部の総繊維消化率の関係

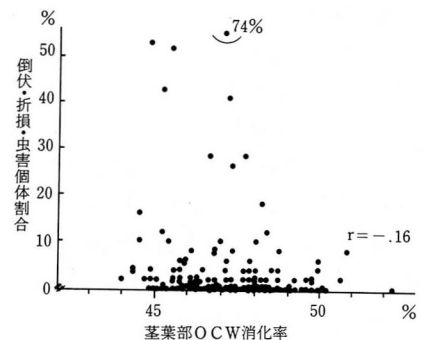


図5 茎葉部の総繊維消化率と倒伏・折損・虫害程度の関係

はありがたいことではあると思われる。しかし一方で、消化性の良否を簡単に見分けることのできる形態的な特徴や、生態特性が見出せなかったことから、品種選定において困惑させられることも明らかとなった。品種選定においては、人間にとって直感的に、視覚的にわかりやすい形質が重視される傾向がある。特に雌穂はちょうど目の高さくらいの位置となっていることもあって、重きをおきやすい。それに対し、消化性の良否などは、ある表現型に注目すれば、ことたりるといった性格のものではなさそうである。近年、育種家が茎葉部の品質を判定するためにBrix糖度計を用いることがあるが、これは茎葉部の炭水化物の内、OCCの可溶性糖類だけに注目する方法である。また値は水分中の%で示される欠点もある。茎葉部の消化性の一つの構成要素ではあるものの、繊維を含めた全体を把握するには不十分である。現状では、茎葉部の消化性を判定するのに最も簡便な手法で実用的なのは近赤外分析計で酵素分析値を求める

手法と考えられる。我々はこの点について検討し、既に使用できる状態となっている。手分析値と、分析計による推定値との関係はOCC, OCW, Ob, CAで各々 $r = .99, .98, .97, .96$ と各々高い相関を示し(INFRA 400, $n=121$), 十分な推定精度をもっていることは救いである。当面は、めんどうではあるが、このような手法にたよるより仕方ないと考えている。

さいごに

従来、トウモロコシホールクロップサイレージの品質の良否はTDN/DM, 発酵品質, 粗繊維含量(CF/DM), 乾物率, 種々の評点法などで判定されてきた。一方で、その原料段階(生草)における品質の評価は、雌穂重割合, 乾物率あたりで止

まり、甚だ不十分であった。今後はサイレージ調製後の品質を原料段階で判定できる技術開発が必要であり、更に食い込み量との因果関係を明らかにすることが望まれる。そのような検討の上に立てば、農家現場からあがってきたはじめに述べたような経験的な事象に対して今より更に明瞭な回答を迅速に出すことが可能になると考えられ、併せて飼料用トウモロコシ品種の育成・開発の面でもお役立ていただければ幸いである。もとより、本研究は完結したものではなく、今後も更に研究を進め、現場に役立つ知見を発表していきたいと思う。

野菜の施肥と肥培管理

北海道立中央農業試験場

農産化学科長

相馬 暁

土壌は生き物であり、変化するものである。農家の方の施肥・肥培管理法、あるいは何を作付するかによって、変って行くものである。少し極端な話をするならば、農家個々の顔つきが異なるように、農家ごとにその圃場の養分蓄積状況は異なり、畑に耕作者の「クセ」がつく。なくて七癖、畑の癖、栄養失調の畑もあれば、肥満体の糖尿病の圃場もある。だからこそ、土壌診断ぬきに施肥と肥培管理は話せない。とりわけ、野菜畑のように、ピンからキリまでの状態を含む個性的な畑に対しては。

今、土壌診断を前提に、野菜の施肥と肥培管理を考えると、3つの原則がある。第1は畑の年齢にあった施肥と肥培管理(土づくり)を行えということであり、第2は畑の胃袋の大小に合わせ肥料と資材の食わせ方を考えることである。第3は畑の栄養状態を前提に土づくりを行うことである。

人間も年齢にあった食事と健康法があり、10代、20代の若者には毎日2~3kgの肉を食べ、毎朝10~20kmジョギングを行うことは、体を作り、健康を増進する。しかし、60代、70代のご老人に同じことを求めたらどうなるであろうか。畑も同じで、若い畑に対する施肥(食事)と肥培管理・土づくり(健康法)は、老いた畑に対するものと異なって当然であろう。

では、畑の年齢を何で測るかという、それは蓄積P(リン酸)量である。天然にPの多い土壌はなく、畑の中に見い出される有効態P量は、とりもなおさず、農家の方が施用した物であり、P蓄積量が多いということは、それだけその畑で濃密な営農活動が営まれ、疲れ切っていることを意味する。だから、Pで畑の年齢を測ろうというのである。

蓄積P量で示されるP肥沃度が畑の年齢なら、