

現場で役立つ技術 Vol.1

トウモロコシの栽培 その1

はじめに

私は、広い意味で、ひとすじ農業技術普及分野の仕事に携わり、職務を通じて道内各地で多くの教ををいただいて参りました。このたび、トウモロコシ、牧草、サイレージなど自給飼料の生産に関し、シリーズで執筆させていただくことになりました。内容は現場経験をもとにした自著、「フィールドノート自給飼料」デーリイマン社2017（平成29年）を参考に執筆させていただきます。「牧草と園芸」誌は、飼料作物の情報がまだ乏しかった1953年（昭和28年）に創刊されました。当時、動力といえば馬が中心で手作業が多く、冷害凶作の年もあって農業は困難な時代でしたが、「牧草と園芸」誌は農業現場及び関係者の方々と共に歩み続けてきました。歴史ある本誌面に、このような大役を仰せつかった栄誉に対し謝意を表します。

1. 倒伏に備え

写真1は1996年7月30日の倒伏から25日後の生育状況です。倒伏時の状況は草丈はおおよそ2m、空にはわかに暗くなり雨を伴った突風とともに著者の目前で8割ほどが地面に倒れました。倒伏2日後、頂部が上向き、やがて下位節が根曲がり状態で起きました。雄穂抽出前の「ころび」の場合は、このような回復も期待できます。

写真2は雌穂下位節で一様にボキッと折れた状態です。これは瞬間的な強風により、稈に支えきれない負担がかかったことによると思われます。

表1は「なびき」、「折損」、「ころび」の一般的な原因と対策についてまとめたものです。

表2は写真3の圃場における倒伏程度別ロスの調査記録です。収穫ロスは「ころび」タイプで大きく、雌穂の脱落の程度によりデンプンのロスは12~最大73%の大きな振れ幅がありました。ドラム式ハーベスタの場合、「なびき」は難なく、収穫期の「折損」にもある程度対応できているようですが、折損部位

が低くなるほどロスは増加しています。

主産地ではここ数年、9月の台風による倒伏に悩まされています。そこで、表3に倒伏対策案をまとめました。品種選定の際に、倒伏に関する成績が明らかな北海道優良品種を有力候補とします。次いで遅まき、堆肥過用、排水不良、軟弱徒長、風の通り道など、過去の発生記録と表1の対策を併せて検討すべきです。一方、絶対的な耐倒伏性はムリなので、複数品種栽培による危険分散など被害を想定した経営的な対応策も重要と考えます。

図1は各節の生重量を横棒であらわしたもので、雌穂が付着している黄色横棒の節重量が最大です。着雌穂高、耐倒伏性は品種間差があり、同じ品種でも圃場、熟期、水分含量などによって異なるため、現場観察情報も重要です。



写真1 「ころび」倒伏から25日後の生育状況
上川1996.08.23



写真2 「折損」発生状況
十勝2015.10.05

表1 なびき、折損、ころびの原因と対策

タイプ	なびき	折損	ころび
発生要因	稈のしなり	稈の強さ ・稈の強さが自重と風雨に耐えられない ・過度な密植、施肥過剰、施肥不足、寡照などが影響	根の強さ ・稈の強さはあっても根が地上部の重さや風雨に耐えられない ・根張り不足、降雨による根の支持力低下
対策	①倒伏の強さが明らかな優良品種を選定 ②心土破碎などにより圃場の水はけを良くし根張りを改善 ③できるだけ早播き ④過度な密植、施肥過剰、施肥不足は避ける		

表2 倒伏程度別ロスの全容 (十勝事例2015)

圃場	程度	収穫ロス% kg・円/10a								
		生総重	生雌穂重	生茎葉重	乾物	TDN	澱粉	澱粉量	圧べん換算量	左の評価額
A	5	38	41	36	38	50	73	385	686	34,322
	4	24	25	24	24	30	49	260	464	23,179
	2	13	10	15	13	13	30	162	289	14,442
B	1	8	11	7	8	11	12	83	148	7,399

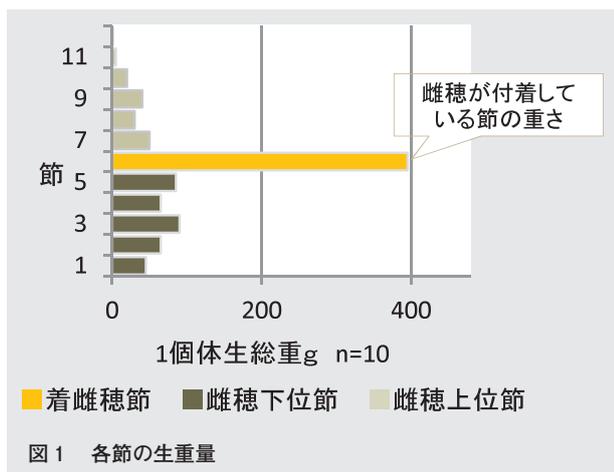
2圃場4地点 程度:1~5は小から極大 生総重・生雌穂重・生茎葉重・乾物・TDN・澱粉・生雌穂重は収穫ロス率% 圧べん換算量はkg/10a 左の評価額は円/10a



写真3 被害が大きかった圃場の収穫直後の状況
十勝2015.10.06

表3 9月の台風などによる倒伏対策

- ・トウモロコシは草丈と重心が高いほど倒れやすい(図1)
- ・9月上旬に黄熟期に達する品種を一定割合栽培する
- ・9月上旬の台風接近前に黄熟期収穫する
- ・9月13日前に黄熟期収穫すれば、チモシーの秋播種が可能となり次年度の飼料確保に手が打ちやすい
- ・9月に倒伏が発生しても、黄熟期に達していればロスの少ない収穫に専念できる(9月に乳熟・糊熟段階で倒伏するよりはまし)
- ・黄熟期に達していれば総体水分が70%以下となり、耐倒伏性も安定(イアコーン品種が10月の強風に耐えている理由の1つ)
- ・気象は如何ともしがたいが気象に対する備えはある程度可能



2. 根をみる

葉の付着角度が狭いアップライトリーフ品種が普及し、50年前4,000~5,000本程度だった推奨栽植本数が、今では8,000本程度が普通になり、これが成分収量の向上に貢献しています。一方、栽培技術の

工夫・努力も見逃せません。いかに優れた品種が育成されても、栽培技術が伴わなければ片手落ちです。そこで栽培技術とは何かを考えてみましょう。

その最初のヒントが図2です。図2はトウモロコシ圃場の土壌断面と貫入抵抗の記録です。収量は④圃場に向かって高くなりました。圃場①は作土が浅く貫入抵抗がストレートに高くなっています(土が硬くなると波形は右向く)。②は不耕起栽培の圃場で、盤状に硬い耕盤層が確認されます。③④は作土が深く心土との境が不明瞭です。これは、もともとの土壌の様子と違ってしています。つまり、③④の圃場は堆肥混和やサブソイラ掛けにより根張りの良い作土に改良されたのです。本事例の経営者は、学んだことを実践してきただけと話されていました。あらためて「作土」とは、読んで字のごとく、人が手を加え改良した土層であることを再認識しました。

表4は十勝7圃場で調査したもので、図2の③④は収量区分「高」に含まれています。「高」の特徴は易有効水容量が高いことです。作物の根が吸うことのできる水を「有効水」と言い、有効水を多く持つことができる土壌を「保水性が良い」といいます。

写真4は節間伸長が活発化した程の内部、写真5は10葉株の生長点です。写真6は同じ圃場における葉数のバラツキです。図3の赤点線で示す生長点は地表近くにとどまり、7月に入り急上昇します。この時期を節間伸長期といい、その急成長を支えているのが根と葉の働きです。草丈が高くても軟弱徒長株は葉数が少なく評価できません。

葉数は第一本葉(先が丸い葉)から数えます(写真7)。その際、栄養生長段階までに脱落する葉があることに注意が必要です。生育の進行度合い、播種期が遅い、地温が低いなどの問題は葉数に表れます。葉数は雌穂・絹糸が出る頃までの生育を現しています。

3. トウモロコシに何を期待しているか

「トウモロコシに何を期待しているか」、この問いが栽培と利用を改善する近道だと思います。例えば子実の熟期よりも発酵品質、成分的収量、イアコーンサイレージ、台風被害を避ける目的で早生品種栽培など、地域により農場により、期待する内容は異なります。この点が糖生産の最大を目的とする「てん菜」の栽培とは少し違います。また、目的が1つではないため栽培と利用法は多様です。あらためて目的を見直すことにより必要なものが見えてくるように思います。

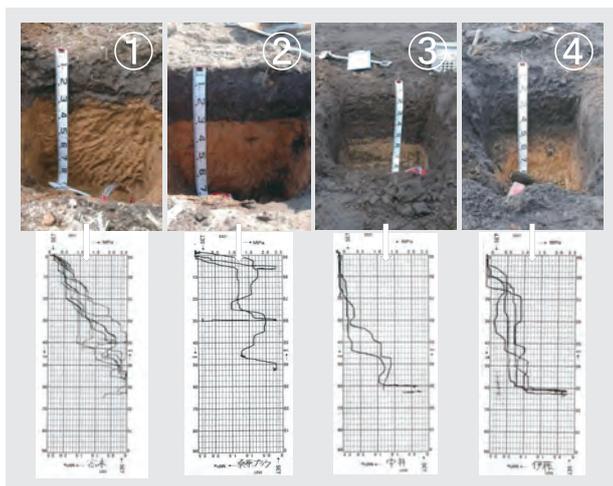


図2 トウモロコシ圃場の土壌断面と貫入抵抗の波形

表4 収量と土壌断面調査結果

収量区分	乾物 kg /10a	TDN kg /10a	デンプン kg /10a	易有効水 vol. %	アンモニア態窒素 mg/100g	調査数
高	2,045	1,445	625	8.6	0.8	4
並	1,669	1,190	477	5.5	0.5	3

易有効水：作物の易有効水容量基準値10以上vol. %、pF1.5～3.0領域の孔隙量収量区分：平成25年トウモロコシ栽培実態調査から乾物収量1,900kg /10a以上を高、以下を並とした



写真4 節間伸長



写真5 10葉株の生長点
2015. 06. 30



写真6 左から7、9、11葉2015. 06. 29



写真7 2.5葉（出現幼齢¹⁾）

¹⁾ 栄養生長期におけるトウモロコシの発育程度の表示法 山崎・馬場氏 東京大学農学部 日作紀1990

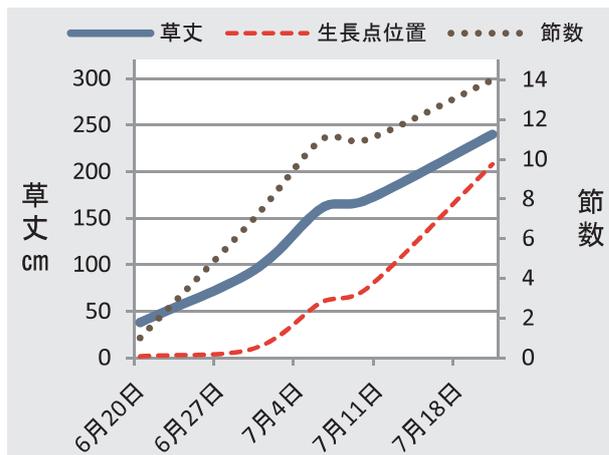


図3 生長点の位置と草丈および節数

注) 生長点は基部から生長点までの高さ、節数は稈内部観察による

表5 トウモロコシの長所と短所

多収性	・ 牧草に比べて約2倍のTDN収量 ・ 10a当たり約1tの子実生産が期待できる
自給拡大	・ 穀物自給飼料メニューが拡大できる
糞尿利用	・ 牧草に勝る糞尿利用効果 ・ 毎年耕起により作土肥培
ロスを見逃しやすい	・ 熟度ロス、消化ロス ・ 稼働率の低い機械投資 ・ 毎年、労力と経費投入
不安定要素	・ 病害、晩霜害、倒伏

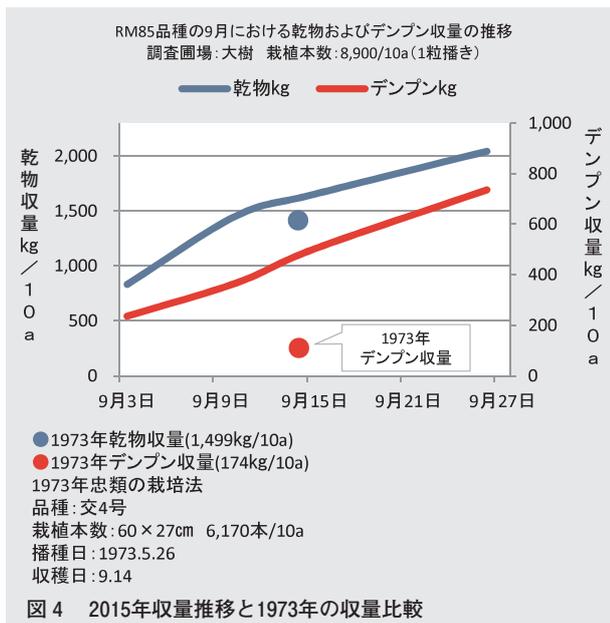
表5は著者が考えるトウモロコシ栽培の長所と短所です。この中に、トウモロコシ栽培の目的と、栽培しない理由も含まれています。かつて私は、不作年のトウモロコシの姿を見て、一時期しか使わない機械投資にムダを感じ、牧草だけの酪農に合理性を感じました。その判断は気象、土壌、地形など経営条件などにより、今もなお重要と考えています。ただ1つ、土壌環境を考えた場合、トウモロコシと牧草が互いに圃場を取り替えるところに価値があります。トウモロコシ後作草地は雑草が少なくチモシーは真価を発揮します。牧草後作トウモロコシは新たな土壌環境で元気に育ちます。だからと言って、草地だけの酪農が劣るわけではありません。いま申し上げたことは土壌環境を変えることのメリットです。トウモロコシを栽培しなくてもこれに代わる方法があります。これからトウモロコシ栽培・利用について書かせていただきますが、栽培環境を改善する必要性では共通しています。

表6は牧草収量の全道を100としたトウモロコシの収量比です。生収量133、乾物収量174、TDN収量201となっています。「トウモロコシは一作で牧草の約2倍」、の話はこの数字からもうなずけます。牧草に対しトウモロコシしかできない仕事はデンプ

表6 牧草、トウモロコシの収量指標 10a当たりkg

区分	地域区分	生収量	乾物収量	TDN収量
牧草	道央・道南	4,189	836	509
	道北	3,687	743	465
	網走	4,029	844	524
	十勝	4,013	775	493
	根釧	3,840	715	442
	全道	3,951(100)	783(100)	486(100)
トウモロコシ	全道	5,236(133)	1,361(174)	975(201)

出典：北海道農業生産技術体系第3版



ン生産です。逆に牧草が得意とするのはタンパク質生産です。双方の得意技を一農場で実現すると土地利用型酪農は強くなります。

そのトウモロコシのデンプン生産量は約半世紀の間に驚くほど向上しました。その一例として、図4は十勝沿海部における近年の収量推移（2015年大樹、RM85品種、青折線が乾物、赤折線がデンプン）を示し、その上に、42年前（1973年）の忠類の収量（●と●）を重ねたものです。42年前のデンプン収量（●）は現在よりかなり低く、9月14日の比較では2.5倍の較差となっています。約半世紀の間にトウモロコシは大きな変貌を遂げました。

振り返って「トウモロコシに何を期待したか」の答えは、「子実を求めていた」と言えるのではないのでしょうか。

4. 利用の近未来

トウモロコシ収穫部は稈、葉、雌穂に分けられま

す。この全てを細断調製したものがコーンサイレージ（写真8）、雌穂部分を細断サイレージ調製したものをイアコーンサイレージ、子実のみをシェルド（写真9, 11）と呼び、サイレージと乾燥調製品に分けられます。

現状は全量コーンサイレージ仕向けに近い状態ですが、子実収量が安定化すると、再び多様な利用が復活する可能性があります。と言いますのは、配合飼料が流通以前の北海道では、トウモロコシの一部を実取用として刈残し、刈取って小山にして乾燥、茎葉は細断して牛馬に給与、雌穂は金網枠場に貯蔵していた歴史があります。芯つきトウモロコシやえん麦は粉碎して搾乳牛に給与していました。これらの技術はデンマークや米国から学んだものですが、進取の気性に富む先人の取組みを覚えておく必要があります。

子実用トウモロコシ（写真10, 11）の道内作付面積は、ここ6年で24倍に急伸びしています（北海道新聞2016年11月6日記事）。かつて北海道では15,000haを越える栽培面積が記録されています。この時代の早生種の子実収量は10a当たり500kg前後で、収量の上限となる栽植本数は6,000本程度でしたが、近年の10a当たり栽植本数は9,000～9,500で、1,000kgの収量が見込まれるようになっています。トウモロコシは子実に対する期待が大きいため、生産者と利用者のメリットが合致すれば栽培の急拡大も予想されます。

写真12, 13はイアコーンサイレージの収穫調製風景です。イアコーンサイレージとはトウモロコシの雌穂部分を収穫、サイレージ調製したものです。これはデンプン生産が最大に達して収穫するという点でコーンサイレージの収穫期より遅く、サイレージ発酵により調製・貯蔵するという点で子実用トウモロコシとも異なります。乾物率は56～64%程度と高く、コーンサイレージに比べ貯蔵容積が小さくすみ、サイレージ化することにより農場で穀物を調製・貯蔵できます。

写真14, 15はイアコーンサイレージの利用事例です。調製後1年熟成させてから搾乳牛1日1頭当たり4～5kg給与。地域の畑作農場に委託栽培しています。イアコーンサイレージは収穫期がサイレージ用より遅いため収穫作業の集中緩和に役立つとされています。

写真16は、完熟期における雌穂の状況です。ブラックレイヤー（子実と穂軸との接合部に現れる黒い層）は植物の成熟を示す兆候として明確であり、

イアコーンサイレージ、子実用トウモロコシ栽培では重要な指標となります。そこで参考のため、雌穂断面、成分含量および10a当たり収量について示しました。

<参考文献または、引用文献>

「フィールドノート自給飼料」デーリイマン社2017
(平成29年)

栄養生長期におけるトウモロコシの発育程度の表示
法 山崎・馬場氏 東京大学農学部 日作紀1990
北海道農業生産技術体系第3版
出典の記載なき写真・図表は著者撮影・作成



写真8 コーンサイレージ原料



写真9 サイレージ発酵後の子実



撮影: 道総研中央農試 富沢氏

写真10 子実用トウモロコシの収穫作業



画像: 道総研中央農試

写真11 子実用トウモロコシ雌穂と子実



写真12 イアコーンサイレージの収穫調製作業



写真13 イアコーンサイレージ



写真14 点線より左側が調製2年後のイアコーンサイレージ、右側が調製1年後コーンサイレージ子実 両者は同じように見えるがイアコーンサイレージ子実は柔らかくコーンサイレージの実は硬い



写真15 イアコーンサイレージの子実は指で圧すると容易に潰れ、皮が剥離してデンプンが露出する



写真16 完熟期における雌穂の状況

雌穂乾物率57.4%、乾物収量1,451 kg /10a、雌穂デンプン含量60.6%、デンプン収量879 kg /10a、圧べんトウモロコシ換算収量1,568kg /10a
分析試料採取日2015. 10. 09