

トウモロコシにおける稈汁ブリックス値の系統間差異と収量関連形質との関係

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	濃沼, 圭一 井上, 康昭 加藤, 章夫
巻/号	40巻3号
掲載ページ	p. 278-282
発行年月	1994年10月

トウモロコシにおける稈汁ブリックス値の系統間差異と 収量関連形質との関係

濃沼圭一*・井上康昭・加藤章夫

要 旨

濃沼圭一・井上康昭・加藤章夫 (1994) : トウモロコシにおける稈汁ブリックス値の系統間差異と収量関連形質との関係. 日草誌 40, 278-282.

最近, トウモロコシの稈の消化性を簡易に推定するための指標として稈汁ブリックス値が有効に利用できることが明らかにされた。そこで, 本試験では稈汁ブリックス値について, その系統間差異, F_1 と親自殖系統との関係, および収量関連形質との関係を検討した。

自殖系統および F_1 のいずれでも, 稈汁ブリックス値には顕著な系統間差異が認められた。稈汁ブリックス値は, 自殖系統ではフリント種に, F_1 ではデント種×フリント種の組合せに高いものが多かった。

F_1 の稈汁ブリックス値と中間親の間には有意な正の相関が認められた。このことから, 稈汁ブリックス値は遺伝的形質で, 稈汁ブリックス値の高い自殖系統を用いることにより茎葉の消化性が高い F_1 の育成が可能であると推察された。

一方, F_1 の稈汁ブリックス値は, 早晚性とは有意な相関がなかったが, 茎葉乾物率および乾物茎葉重との間には正の相関が認められた。また, 稈汁ブリックス値は乾物雌穂重割合との間に負の相関を示したことから, これを指標として茎葉消化率を改良する際には雌穂収量の低下を招かないように留意する必要があると考えられた。

キーワード: 簡易検定, 稈汁, 系統間差異, 飼料品質, トウモロコシ, ブリックス値。

緒 言

従来, わが国のサイレージ用トウモロコシ育種における品種・系統の栄養価 (TDN 割合) の評価は, いわゆる新得方式による TDN 収量推定値 ($=0.850 \times$ 乾物雌穂重 $+0.582 \times$ 乾物茎葉重) に基づいて行われてきた⁹⁾。この方式は部位別の消化性が品種・系統間で一定であるという仮定に基づいているが, 最近, 茎葉部の消化性に品種間差異のあることが明らかにされ⁵⁾, 育種分野でもその重要性が認識されるようになった。

茎葉消化率の育種を効率的に行うための簡易な消化率推定法として, *in-vitro* 消化法¹⁾ や近赤外反射光分光法 (NIRS)⁶⁾ の利用が考案されているが, これらの方法でも試料調製と分析に要する労力と時間を考えると, 実際の育種への利用にはなお困難を伴う。

一方, トウモロコシおよびソルガムの茎葉部の消化性が, 稈乾物中の可溶性糖類の含量との間に正の高い相関を示すことが最近相次いで報告され^{7,10)}, トウモロコシ

では, 着雌穂節近傍の節間の単少糖含量が全茎葉消化率との間に $r=0.9$ 程度の相関を示すことが明らかにされた¹⁰⁾。また, 稈の搾汁液のブリックス値 (以下, 稈汁ブリックス値と略記する) と乾物中の単少糖類の含量との間にも高い相関のあることが報告されている^{2,3,8,11)}。これらのことは, 稈汁ブリックス値を測定することによって稈乾物中の単少糖含量を推定し, 間接的ではあるが極めて容易に茎葉消化率の推定を行うことができることを示している。

そこで本報では, トウモロコシの茎葉消化率の指標として稈汁ブリックス値に着目し, その系統間差異, 親自殖系統と F_1 との関係, および収量関連形質との関係について検討した。

材料および方法

試験は 1987 年と 1988 年の 2 年間にわたり栃木県西那須野町の草地試験場で行った。施肥量は, アール当り堆肥 400 kg, $N-P_2O_5-K_2O : 2.0-2.0-1.5$ kg で, その内の N 1.0 kg を 6 葉完全展開期前後と雄穂抽出期前後の 2 回に分けて追肥した以外は, すべて基肥として施用した。

自殖系統 (育成途中の S_4 および S_5 世代系統を含む) については, 1987 年には 12 系統, 1988 年には 27 系統を

草地試験場 (329-27 栃木県那須郡西那須野町千本松 768)

* 九州農業試験場畑地利用部 (885 宮崎県都城市横市町 6644)

供試した。1987年には栽植密度417本/アール(80×30cm), 1区13個体の無反復で4月23日に, 1988年には500本/アール(80×25cm), 1区16個体の2反復乱塊法で4月27日にそれぞれ播種した。稈汁ブリックス値の調査は, 1987年には絹糸抽出期後約50日目の9月15日(黄熟後期~完熟期)に一齐に, 1988年には絹糸抽出期後35日目(黄熟中期)に系統毎に, 試験区中央部の5個体について, 着雌穂節直上の節間中央部を長さ約1.5cmで切除した後, プライヤーで押しつぶして搾汁液を採取し, 手持ち式屈折計を用いて行った。

F₁については, 1987年には47組合せ, 1988年には21組合せを供試した。栽植密度556本/アール(80×22.5cm), 1区36個体の2反復乱塊法で, 1987年には5月

Table 1. Analysis of variance for percent Brix of stalk juice.

Source	Hybrids				Inbreds	
	1987		1988		1988	
	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.
Total	93		41		43	
Entry	46	4.945**	20	8.286**	21	11.364**
Block	1	0.061	1	0.326	1	0.464
Error	46	0.979	20	1.065	21	1.960

** : Significant at P<0.01.

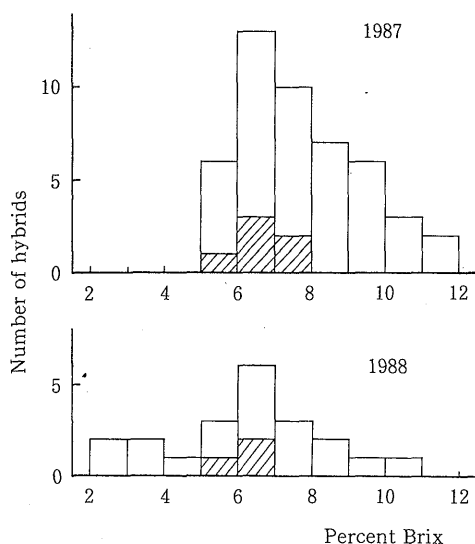


Fig. 1. Frequency distribution for percent Brix of stalk juice in hybrids.

□ : Dent×Flint, ▨ : Dent×Dent.

11日, 1988年には5月10日に播種した。稈汁ブリックス値の調査は, 各F₁の黄熟中期に試験区中央部の5個体について, 前述した自殖系統と同様の方法で行った。また, 系統適応性検定試験実施要領⁹⁾に準じて, 収量お

Table 2. Percent Brix of stalk juice, endosperm type and days to silk of inbreds.

Inbred	Endosperm type ¹⁾	Days to silking		Brix(%) ²⁾	
		1987	1988	1987	1988
Na26	F	96	103	14.4	12.3
Na27	F	103	106	14.1	11.9
Na8	D		99		11.8
Na2	F		101		10.9
Na14	D		102		10.8
Na7	D	97	99	13.0	9.6
Na19	D	100	100	13.0	9.3
H84	D	95	98	14.6	9.0
Na22	F	94	100	11.8	8.6
Na18	D	99	100	8.5	8.4
Na25	D		97		7.6
Na21	F		94		7.4
Na23	D	101	101	9.5	6.7
Pa91	D	101	104	8.8	6.7
Na4	F		101		6.7
Na20	D		102		6.4
Na28	F		99		6.3
Na15	D		99		6.0
Ki4	D		87		4.8
Oh43Ht	D		97		4.7
H99	D		91		4.6

¹⁾ D : Dent, F : Flint.

²⁾ Measured on September 19 (late dent to full ripening stage) in 1987 and on 35 days after silking (mid dent stage) in 1988.

よびその関連形質を調査し, 稈汁ブリックス値との関係を検討した。

結果および考察

1. 稈汁ブリックス値の変異

稈汁ブリックス値についての分散分析の結果を表1に示した。無反復で試験を行った1987年の自殖系統を除く全ての試験において系統間差異は1%水準で有意であった。

育成途中のS₄およびS₆世代系統を除く自殖系統の稈汁ブリックス値は表2に示す通りで, 1987年には8.5~14.6%, 1988年には4.6~12.3%の顕著な系統間変異が認められた。また, 稈汁ブリックス値の高い系統はデント種よりもフリント種に多い傾向が認められた。

一方, F₁の稈汁ブリックス値にも, 自殖系統と同様

に、1987年には5.1~11.5%、1988年には2.8~10.6%の著しい系統間差異が認められた(図1)。デント種×フリント種の組合せ(以下、D×Fと略記)には、デント種×デント種の組合せ(以下、D×Dと略記)に比べて稈汁ブ릭ス値が高いF₁が多く認められ、とくに1987年にこの傾向が著しかった。

1988年の稈汁ブ릭ス値は、1987年に比べて全般に低い水準に留まったが、これは供試系統の違いや自殖系統での調査時期の違いに加えて、1987年の生育期間中の極端な低温・寡照の影響によるものと推察された。

2. 稈汁ブ릭ス値に見られたF₁と中間親との関係

稈汁ブ릭ス値には、F₁と中間親との間に正の高い相関が認められた(図2)。このことは、稈汁ブ릭ス値が遺伝的特性であり、稈汁ブ릭ス値の高い自殖系統を用いることによって稈汁ブ릭ス値の高いF₁の育成が可能であることを示している。また、F₁と中間親との関係には、組合せの種類、すなわちD×FとD×Dによる違いは認められなかった。したがって、前述したD×Fでの高稈汁ブ릭ス値は、主として片親に用いられたフリント自殖系統の稈汁ブ릭ス値が高かったことに起因しているものと推察された。

3. 稈汁ブ릭ス値と収量関連形質との関係

F₁における稈汁ブ릭ス値と収量関連形質との間

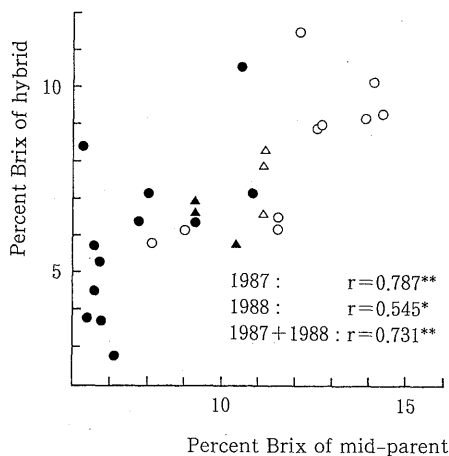


Fig. 2. Relationship between hybrids and mid-parent values in percent Brix of stalk juice.

○: Dent×Flint in 1987,

△: Dent×Dent in 1987,

●: Dent×Flint in 1988,

▲: Dent×Dent in 1988,

**, *: Significant at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively.

Table 3. Correlation coefficients of percent Brix of stalk juice with the traits related to yield in hybrids.

Trait ¹⁾	Correlation coefficient ²⁾	
	1987 (n=47)	1988 (n=21)
Days to silking	0.103	0.432
Stover DM%	0.265	0.692**
Ear DM%	0.169	0.493*
Plant DM yield	0.365*	0.507*
Stover DM yield	0.527**	0.665**
Ear DM yield	-0.026	-0.378
DM ear content	-0.487**	-0.129

1) DM: Dry matter.

2) **, *: significant at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively.

の相関係数を表3に示した。

絹糸抽出期との相関は有意でなく、稈汁ブ릭ス値の高低に早晚性の違いは影響しないことが示された。

一方、茎葉乾物率と稈汁ブ릭ス値との間には、1987年には $r=0.265^{ns}$ 、1988年には $r=0.692^{**}$ の正の相関が認められた。相関係数が年次間で大きく異なったのは、1988年の茎葉乾物率の変異幅と分散が15.0~25.7%、11.53で1987年の15.2~22.1%、2.46に比べて大きかったことが影響していると推察され、その原因として兩年の気象条件および供試系統の違いが考えられた。

この茎葉乾物率と稈汁ブ릭ス値との間の相関は、稈への単少糖類の蓄積により乾物率が高まる傾向があることを示唆している。また、稈の含水率の多少そのものが稈汁ブ릭ス値の高低に直接的に関係している可能性も残される。この点については本試験では明確にし得なかったが、これと関連して、ソルガムでは乾物率の大きく異なる材料ではブ릭ス値は必ずしも乾物中の単少糖含量の多少を反映しないことが指摘されている⁸⁾。したがって、今後、稈汁ブ릭ス値による茎葉消化率の推定を行う場合には、稈の含水率による補正の要否について検討する必要があるかもしれない。

乾物茎葉重および乾物総重と稈汁ブ릭ス値との間には正の相関が認められた。このことは、稈に蓄積される単少糖類は茎葉および地上部全体の乾物収量にある程度貢献しており、稈汁ブ릭ス値は消化率の間接的な指標であるとともに、多収性を構成する1要因となっていることを示唆している。

乾物雌穂重割合と稈汁ブ릭ス値の間には、1987年には $r=-0.487^{**}$ の有意な負の相関が認められた。これまでの報告で、雌穂への乾物蓄積が稈および茎葉部への単少糖類の蓄積に影響することが指摘されている^{4,5)}。

本試験での面形質間の相関はそれほど高くなかったが、稈汁ブリックス値を指標として稈の消化性を改良する際には、雌穂収量の低下を招かないように留意する必要があると考えられる。

謝 辞

本稿の取りまとめにあたって、御校閲をいただいた九州農業試験場飼料作物育種研究室長の池谷文夫博士に心から謝意を表します。

引用文献

- 1) 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養評価法への応用. 畜試研究資料 2, 1-75.
- 2) CAMPBELL, D.K. and D.J. HUME (1970) Evaluation of a rapid technique for measuring soluble solids in corn stalks. *Crop Sci.* 10, 625-626.
- 3) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1984) サイレージ用ソルガムの栽培と利用に関する研究. 稈長が収量と器官比率に及ぼす影響ならびに稈の単少糖類とブリックス糖度との関係. 日草誌 30 (別), 241-242.
- 4) HUME, D.J., D.K. CAMPBELL (1972) Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. *Can. J. Plant Sci.* 52, 363-368.
- 5) 井上直人・袖山栄次・西牧 清・中村茂文 (1989) 飼料用トウモロコシ交雑種における茎葉部の消化性の品種間差異. 日草誌 35, 50-60.
- 6) 井上直人・阿部 亮・袖山栄次・西牧清・中村茂文・滝沢康孝 (1990) 近赤外反射光分光法を利用したトウモロコシホールクロップサイレージの可消化有機物含量の原料段階における推定. 日草誌 36, 20-31.
- 7) 熊井清雄・福見良平・丹比邦保 (1984) サイレージ用ソルガムの栽培と利用に関する研究 V. ソルガム稈の乾物消化率に及ぼす ADF, 単少糖類, 全炭水化物ならびにリグニンと珪酸の影響. 日草誌 30 (別), 243-244.
- 8) 正岡淑邦・金子恒雄・荒 智 (1988) 手持ち式屈折計によるソルガム中の糖濃度測定とその信頼性. 関東草試研誌 12 (2), 1-4.
- 9) 農林水産省草地試験場 (1990) 牧草・飼料作物系統適応性試験実施要領. 改訂 2 版. 資料, 平成 2-4.
- 10) 斉藤祐二・秋山典昭・前田光裕 (1991) とうもろこし茎葉の消化性検定のためのサンプリングの効率化. 日草誌 37 (別), 161-162.
- 11) WIDSTROM, N. W., M. O. BAGBY, D. M. PALMER, L. T. BLACK and M. E. CARR (1984) Relative stalk sugar yields among maize populations, cultivars and hybrids. *Crop Sci.* 24, 913-915.

(1993年9月9日受理)

Genotypic Differences in Percent Brix of Stalk Juice and Its Relationship
with Yield Associated Traits in Forage Corn (*Zea mays* L.)

Keiichi KOINUMA*, Yasuaki INOUE and Akio KATO

National Grassland Research Institute, 768 Senbonmatsu, Nishinasuno,
Tochigi, 329-27 Japan

* Kyushu National Agricultural Experiment Station, 6644 Yokoichi,
Miyakonojo, Miyazaki, 885 Japan

Summary

Recently, it has been reported that percent Brix of stalk juice is positively and highly related to stover digestibility in forage corn. In this study, genotypic differences in percent Brix of stalk juice among inbreds and F₁ hybrids, its relationship between hybrids and their parental inbreds, and correlation of percent Brix of stalk juice with the traits related to yield in hybrids were investigated.

Percent Brix of stalk juice varied significantly among inbreds and also among hybrids. High percent Brix was found more frequently in flint inbreds and dent×flint hybrids than in dent inbreds and dent×dent hybrids. The positively significant correlation between hybrids and mid-parents indicates that percent Brix is genetically controlled and that inbreds with high percent Brix are promising potential of the development of hybrids with high stover digestibility.

Percent Brix of stalk juice was not correlated with maturity of hybrids but with dry matter content of stover and yields of stover and whole plant. Considering the negative correlation between percent Brix and dry matter ear content, careful selection for higher percent Brix is required to avoid loss of ear and/or grain yield.

Key words : Corn, Forage quality, Genotypic difference, Indirect estimation, Percent Brix, Stalk juice.