

トウモロコシの葉部形質の育種学的研究

III. 成熟期における形質間相互関連

三浦秀穂(帯広畜産大)・中嶋 博(北海道大農学部)

Genetic and breeding studies on leaf characters in maize

III. Interrelationship among various characters at maturity

Hideho MURA¹・Hiroshi NAKASHIMA²

(¹Obihiro Univ. of Agric. & Vet. Med., Obihiro 080; ²Fac. of Agric., Hokkaido Univ., Sapporo 060)

緒 言

一般に葉身に光合成産物が多量に残っていると、その葉の光合成能力が低下することが知られている。⁶⁾ イネ科のC₃植物とC₄植物の葉脈数と葉肉細胞の配列には顕著な差異がみられ、C₄植物の高い光合成能力が葉脈の分布と関連する可能性が指摘されている¹⁾。

著者らは、これまでトウモロコシの幼苗期と成熟期で葉身のサイズのみならず葉脈数や気孔密度の量的変異が遺伝的支配下にあること^{2),5)}、さらに¹⁴C¹⁸O₂を用いた実験で、幼苗の葉脈頻度と気孔密度が葉身からの光合成産物の転流効率に影響を及ぼすことを示唆した⁴⁾。光合成の主たる場である葉身を工場とみなしたとき、個々の設備を効率よく運用し生産性を高めるには、設備間の相互関連を十分に把握しておく必要がある。すなわち、葉部形質の遺伝変異を利用してトウモロコシの光合成能力を育種的に向上

させようとするとき、多数の形質間の関連性を同時に、かつ総合的に理解しておくことが重要であると考えられる。そこで本実験では、スイート種とデント・フリント種で育種母材となっている多数の自殖系統を供試し、成熟期の葉部形質を中心に形質間相互の関連性を主成分分析法で検討した。

材料と方法

Table 1. Sweet corn 37 inbred lines and dent-flint corn 29 inbred lines

Code	Line name	Code	Line name	Code	Line name
Sweet corn					
1	No.149 a	23	J9C 1-6 b	44	CH581-13 c
2	W 5579 b	24	No.85 a	45	CM 37 c
3	No.296 a	25	W 6786 b	46	CM 39 c
4	No.98 a	26	No.87 a	47	A74-4 c
5	Ma.21547 b	27	WC 7 b	48	N 138 c
6	No.314 a	28	W 6708 b	49	D 299 c
7	G61D b	29	V 7111 b	50	RB 259 b
8	4703 b	30	No.99 a	51	C 123 c
9	No.225 a	31	No.95 a	52	W 462 c
10	No.96 a	32	No.313 a	53	CM 174 b
11	No.298 a	33	No.97 a	54	CM 109 c
12	No.306 a	34	No.206 a	55	W41A b
13	V 676 b	35	No.462 a	56	W729D c
14	No.1 a	36	No.388 a	57	Mo17 ^{h1} c
15	No.212 a	37	No.400 a	58	A 661 c
16	W 6767 a	Dent, flint corn			
17	V 679 b	38	A 639 c	59	W 452 c
18	V 729 b	39	A 116 c	60	A 34 c
19	No.198 a	40	W 583 c	61	Oh43 ^{h1} c
20	No.201 a	41	CH663-8 c	62	W 79A b
21	W 3722 b	42	SD-10 c	63	D 415 c
22	No.320 a	43	A 357 c	64	T 6 b
				65	Co 108 c
				66	W64A ^{h1} c

Table 1 に示すスイート種の37自殖系統とデント

a : From Hokkai Seikan Co. Ltd.
 b : From Tokachi Agricultural Experiment Station.
 c : From Hokkaido National Agricultural Experiment Station.

・フリント種の29自殖系統を北海道大学農学部付属農場に2反復乱塊法で標準栽培した。絹糸抽出後に試験区当たり5個体を対象に着雌葉の一枚上の葉について葉長と葉幅を測定した後、リーフパンチを用いて葉片をサンプリングし、前報²⁾に示した方法にしたがって葉脈頻度、葉身の表側と裏側の気孔密度および葉脈当たり気孔数を測定した。これら葉部形質に加え、19の形態形質と収量形質を調査した。

主な統計解析は北海道大学大型計算機センター、ライブラリープログラムSPSSを用いて行った。

結果と考察

得られた66系統、24形質のデータを分散分析した結果、系統間差異はほとんどの形質で有意であった。目的に沿った形質をある程度選択するため、遺伝相関の検討および予備の主成分分析によって形質群の分類を試み、第2主成分までの累積寄与率の低い形質を削除した後、葉部形質を含む代表的な10形質を選び出した。これら形質に対する主成分分析の結果、第2主成分までで全変動の57%を、第3主成分までで72%を説明でき、各形質の累積寄与率も全てが50%以上であったことから、全変動を要約できる少数の主成分を抽出できた。第1主成分は生育量を表す因子で、第2主成分は葉部形質に関する因子であった。しかし、第3主成分については明確な生物学的意味付けができなかった。

Fig.1に第1、第2主成分を座標軸とした10形質の散布を示した。個体の大きさ(バイオマス)を示す地上部重、草丈、葉長、葉幅および子実収量に関連する雌穂長は互いに正の相関をもち、第4象限で群を形成した。原点を始点とするベクトルでとらえると、葉脈頻度は気孔密度と同一方向にあり、これら2形質はバイオマスに関する形質群と直交することから、両者は相対的に独立した形質群であることがわかった。Fig.2に示した66自殖系統の散布図をみると、第1主成分ではデント・フリント種の方が大きなスコアをもった系統が多く、また系統間の変異も大きかった。第2主成分ではスイート種でより大きな変異がみられた。

分散分析の結果やFig.2の系統散布で、スイート種とデント・フリント種の間には差異が認められたこと、および両種が育種母材として別々に用いられることを考慮して、各種内での形質間の関係を検討した。第3主成分までの説明量は両種とも約70%であったが、第2主成分までではスイート種で54%、デント・フリント種で60%と必ずしも高くなかった。しかし、葉部形質とバイオマスに関する形質に限ってみるとこれら二つの主成分に十分単純化できた。Fig.3に示した

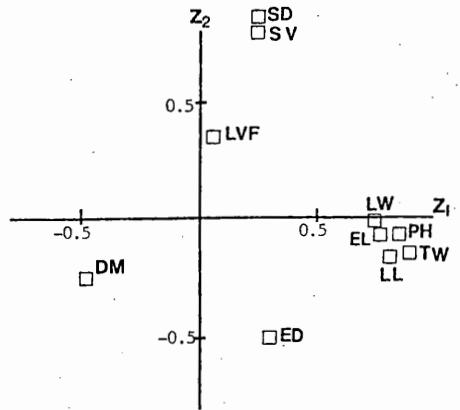


Fig. 1. Scatter diagram of 10 characters of 66 inbred lines in the first and second principal components. LVF;Leaf vein frequency, SD;Stomatal density, SV;No. of stomata/vein, LL;Leaf length, LW; Leaf width, EL;Ear length, ED;Ear diameter, PH;Plant height, TW;Plant weight, DM;Ratio of ear weight to plant weight.

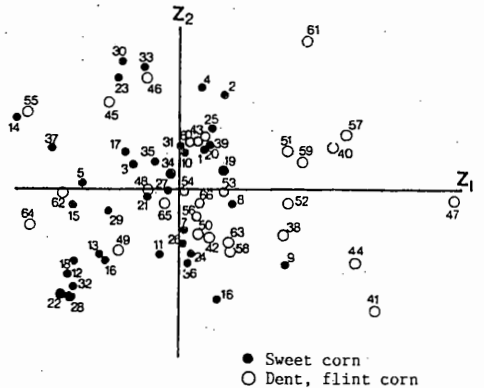


Fig. 2. Scatter diagram of 66 inbred lines in the first and second principal components. Line number as in Table 1. ● Sweet corn ○ Dent, flint corn

ように、スイート種では気孔密度と葉脈当たり気孔数がバイオマスや葉脈頻度とそれぞれ正の相関関係をもっていた。一方、デント・フリント種では葉脈頻度が気孔密度、葉脈当たり気孔数と負の相関をもっていた。また、この種ではバイオマスや子実収量に関連した形質のまとまりが解け、葉脈頻度や気孔密度と独立した関係にあった。

したがって、デント・フリント種はスイート種に比べ葉部形質と他のバイオマスや収量形質との相互関連が小さいと言える。

トウモロコシの葉脈は平行脈であり、気孔は葉脈間に比較的規則性をもって分布する。

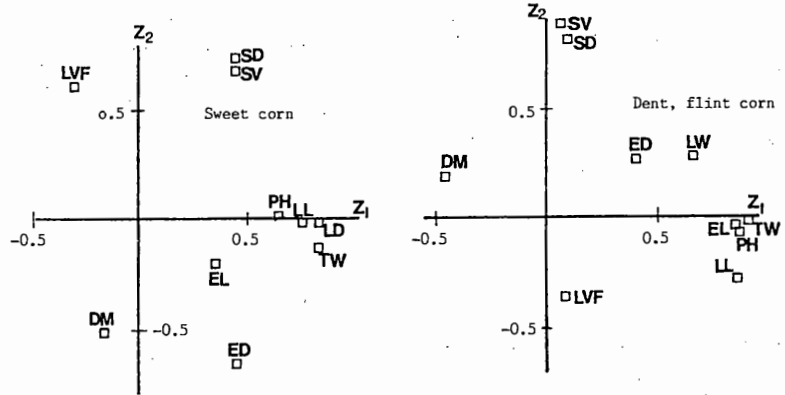


Fig. 3. Scatter diagram of 10 characters of sweet corn (left) and dent; flint corn (right). Symbols of 10 characters as in Fig. 1.

そこで、さらに気孔の分布を葉脈方向（縦方向）と葉幅方向（横方向）の2次元で考え、葉幅、葉脈頻度、気孔密度および葉脈当たり気孔数の4形質について相関関係を調べた。Table 2に示した偏相関係数から、スイート種では葉幅が狭いほど葉脈が密になるが、葉脈頻度の影響を無視すると葉幅の大小と気孔の分布とは独立であることがわかった。葉幅の影響を消去したとき、葉脈が密なほど気孔も密に分布するが、これは縦方向より横方向の気孔数の増加によっている。デント・フリント種では、葉幅は葉脈や気孔の分布に対しての関連が薄く、葉脈が密なほど縦方向の気孔の分布が疎になる傾向があった。前報²⁾でも葉脈頻度と気孔密度の間にスイート種で正の相関が観察され、一方デント・フリント種では観察されなかったことから、両形質の関係が種間で遺伝的に分化していることが示唆される。

Table 2. Partial correlations between leaf characters in sweet corn and dent-flint corn inbred lines

	Leaf width (1)	Leaf vein frequency (2)	Stomata density (3)	Stomata/vein (4)
	Sweet corn			
(1)		-0.587**	0.233	0.076
(2)	-0.240		0.568**	-0.327
(3)	-0.087	-0.269		0.858**
(4)	0.264	-0.442**	0.718**	
	Dent-flint corn			

** = P<0.01

トウモロコシはC₄植物でありヘテロシス効果を利用する典型的な作物である。これまでホモ接合型の自殖系統に比べ、ヘテロ接合型の単交雑で単位葉面積当たりの光合成速度と純同化率が顕著に高いことが報告されている³⁾。本実験では、自殖系統のみを用いて葉脈と気孔の量的変異について植物体のバイオマスや収量との相互関係を検討したが、スイート種では葉部形質とバイオマスの間に弱い正の関係が認められ、デント・フリント種では独立していた。したがって自殖系統に限って言えば、これら葉部形質の改良が直接的にバイオマスや収量の増大に結び付く可能性は低いことが予測される。しかし、トウモロコシ生産の主たる対象のヘテロ接合型でどのような形質間相互関連にあるかが最も興味深い点であり、交雑組み合わせを考慮した上で詳細に検討する必要がある。

引用文献

1. Crookston, R.K. and D.M. Moss 1974 Crop Sci. 14 : 123-125.
2. 三浦秀穂・中嶋 博・津田周彌 1983 北大農邦文紀 13 : 477-484.
3. Monma, E. and S. Tsunoda 1979 Japan. J. Breed. 29 : 159-165.
4. 中嶋 博・三浦秀穂・津田周彌 1983 育雜 33 (別冊 2) : 234-245.
5. 中嶋 博・曾 富生・津田周彌 1981 北大農場報告 22 : 12-19.
6. Neales, T. F. and L. D. Incol 1968 Bot. Rev. 34 : 107-125.

Summary

Interrelationships among leaf and biomass characters of inbred lines in maize were investigated using 37 sweet corn lines and 29 dent, flint corn lines. The principal component analysis showed that for leaf characters at maturity including leaf vein frequency and stomatal density, genetic differences were larger in the sweet corn inbred lines than the dent, flint corn (Fig. 2). In the sweet corn inbred lines, stomatal density correlated to plant biomass and leaf vein frequency but the latter two were negatively associated each other (Fig. 3). In the dent, flint corn inbred lines, the leaf characters were independent of plant biomass.