



Title	てん菜の根重と糖分の間の負の相関関係に関する育種学的研究 VII. : 品種間雑種の後代に認められた形質変動について
Author(s)	津田, 周弥; TSUDA, Chikajiro
Citation	北海道大学農学部附属農場報告, 18, 21-29
Issue Date	1972-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13317
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_p21-29.pdf



てん菜の根重と糖分の間の負の相関 関係に関する育種学的研究 VII.

品種間雑種の後代に認められた形質変動について

津田 周 弥

(北大農学部 工芸作物学講座)

緒 言

著者はテンサイの集団選抜系統の根重あるいは糖分の変化と、地上部の同化器管である葉の幾つかの形質の変化の関係を観察し、根重の増加と一葉身重の増加、糖分の上昇と1生育期間に発生する葉の数がそれぞれ正の相関関係の下で変化することから、これら葉部2形質に基づいた間接選抜によって根重と糖分の同時向上が実現する可能性のあることを推論した(投稿中)。本報では雑種集団とその親集団との形質の比較から、上記育種目標の達成のための基礎資料として、2, 3の興味ある事象が見出されたので報告する。

方法と材料

1966年、根重型品種 KWS-E と高糖性姉妹交配系統 S-26 のそれぞれ任意の1個体を交配し、1967年 F₁ 28 個体の母根を得た。1968年これら母根を一括隔離して、個体別に採種し、1970年にこれらのうち充分種子の得られたもののうち11系統を、親の集団とともに本学精密実験圃場において3回反復の乱塊法に従って5月8日播種した。1プロットは畦長10m、畦間50cmの畦1本から成り、株間25cm、1畦40株のうち、正常な競合状態にある個体15個体を畦の南端から4株目より順次選んで、7月9日萌芽時からの出葉数を数え、以後この個体について3週間置きに次々に出葉する葉の数を測定するとともに、8月4日、9月5日、別項に示す生育調査を行い、10月7日これら個体を収穫し、根重、糖分、その他の形質を調査した。肥料は11:20:13の配合肥料10アールあたり80kg、チリ硝石15kgを全量基肥として施用した。

実験結果

根重: 収穫調査後個体について選抜を行ったために、根は所謂鉛筆削りとした。従って根重は冠部を含む。Table 1には各系統の平均値と、プ

Table 1. Root weight (including crown) and sugar content

Population	Weight (g)	Sugar percent	
KWS-E	452	18.03	
S-26	372	20.44	
F 03	503	18.92	
F 05	540	18.88	
F 06	562	18.74	
F 07	519	18.83	
F 10	499	18.66	
F 21	552	18.86	
F 23	472	18.49	
F 24	507	18.99	
F 26	540	18.01	
F 27	436	18.94	
F 28	497	19.13	
Mean of parents	412 (100)	19.24 (100)	
Mean of F ₂ progenies	512 (124)	18.77 (98)	

Anova for		root weight	sugar content
Source of variation	d.f.	MS	MS
Block	2	25.6	7.336**
Line parents vers. F ₂	1	50508.0**	1.067*
bt. parents	1	9520.1	8.688**
bt. F ₂ s	10	4056.9	0.2389
Error	24	4168.0	0.1994

ロット平均値に基づいた分散分析を示した。親集団のプロット平均値の変動が極めて小さく（誤差分散は 653）、一方 F_2 集団の全体としての誤差分散は 16,386 となり、分散分析の前提条件としての分散の均一性は否定され、従って Table 1 に示した分散分析は正しいとは言えないが、結論については両親間に有意差がある以外は変わらないのでそのまま表示した。 F_2 の系統間には最低 436 g、最高 562 g、約 130 g の差があるが有意とは認められないのでこれを一括して平均値をとって考えると明らかに両親集団の平均値より高い値を示し、増加率は 25%、また KWS-E に比較しても 13% の増加を示し、一見ヘテロシス現象が認められるかのようである。Fig. 1 にはこれら集団の頻度分布を示したが、 F_2 集団には KWS-E の最大値 850 g より高い根重を示す個体は 495 個体中 36 個体、7% を数えていた。

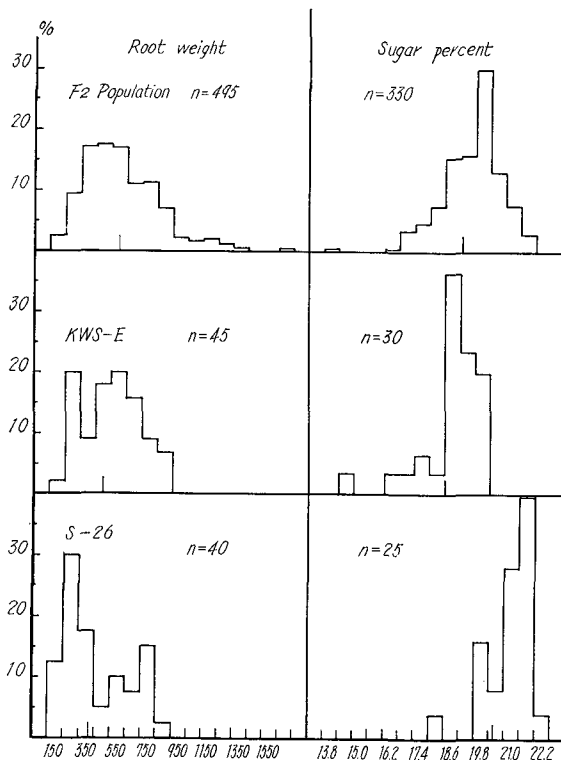


Fig. 1. Frequency distributions of root weight and sugar contents (excluding the data in block III because of significantly different sugar contents).

糖分: 糖分は根の長さの下部3分の1の部分で切断して整形の上、市販のジュースにより汁液をとり、その一滴について携帯用屈折計を用いて測定した。従ってその値は純蔗糖含量の近似値である。Table 1 をみると、 F_2 集団内の系統間においては最低 18.0%、最高 19.1% まで、1.1% にわたる変異があるが、有意な差ではなく、従って F_2 集団を一括して両親の平均値 19.24% に比較すると約 0.5% 低く、これは有意な差であるが、KWS-E に比較すると 0.7% 高い値を示した。またさきの根重について、KWS-E の最大値より高い個体の糖分平均値は 17.7% であり、KWS-E の根重最大値の糖分 17.4% より高い値を示した。従って根重の増加の割合に比較すると、糖分は寧ろ高いということができ、両形質の同時向上の手段として、雑種利用の有用性が示されたものといえる。上記両形質の個体相関は KWS-E, -0.224 , S-26, -0.265

Table 2. Weight of leaves including petiole and weight per lamina

Population	Weight of leaves (g)	Weight per lamina (g)	
KWS-E	588	9.2	
S-26	662	9.6	
F 03	705	9.8	
F 05	675	7.6	
F 06	666	9.7	
F 07	652	9.5	
F 10	695	9.6	
F 20	687	10.1	
F 23	714	9.2	
F 24	733	10.2	
F 26	765	9.6	
F 27	681	9.7	
F 28	765	9.4	
Mean of parents	625	9.4	
Mean of F_2 progenie	700	9.5	
Anova			
Source of variation	d.f.	MS	MS
Block	2	21740	—
Line	12	5941	6.28
Error	24	3771	9.72

Table 3. Number of developed leaves and its relationship with root weight and sugar content at each successive growing stage

Population	Number of leaves developed until Sept. 14	vers. root weight				vers. sugar content			
		I ¹⁾	II	III	IV	I	II	III	IV
KWS-E	41.0	.320*	.306*	.420**	.424**	.041	-.108	-.145	-.164
S-26	43.1	.560**	.425**	.398**	.429**	-.047	.057	-.053	-.090
F 03	45.5	.604**	.678**	.611**	.581**	-.292	-.362*	-.340*	-.342*
F 05	50.8	.189	.120	.106	.119	-.187	-.240	-.287	-.250
F 06	44.4	.536**	.630**	.566**	.518**	-.264	-.276	-.224	-.126
F 07	48.4	-.177	-.052	-.018	-.056	-.027	-.092	-.152	-.074
F 10	45.1	.527**	.548**	.470**	.436**	-.387*	-.326*	-.268	-.225
F 21	49.4	.453**	.438**	.393**	.325*	-.202	-.292	-.258	-.215
F 23	48.0	.527**	.522**	.469**	.448**	-.096	-.105	-.071	-.068
F 24	43.9	.530**	.505**	.494**	.477**	-.042	-.077	-.119	-.129
F 26	48.0	.467**	.321*	.261	.291	-.092	.078	.097	.021
F 27	55.1	.274	.283	.309*	.276	.084	.033	-.031	-.001
F 28	48.9	.300	.347*	.332*	.373*	-.134	-.110	-.093	-.191
Mean of parents	42.1								
Mean of F ₂ progenies	47.3								

1) I-July 9 II-July 30 III-Aug. 20 IV-Sep. 14

Anova

Source of variation	d.f.	MS	F
Block	2	57.2	18.4**
Line			
parents vers. F ₂ mean	1	128.39	41.2**
bt. Ps	1	4.68	1.5
bt. F ₂ s	10	171.96	5.5**
Error	24	3.11	

であるが F₂ 集団では $-.338^{**}$ となり、やや高い傾向が認められた。

葉重: 葉重は葉柄部を含む重量であり、Table 2 にみるように、統計的には有意ではないが、根重と同じように一般に高い数値を示している。

1 葉身重: 収穫時に第 III 区について、個体あたり 20 枚の葉をとって測定した。その結果は Table 2 に示すとおり系統間差が認められず、今迄の結果と異り根重の増加と関連づけることはできない結果を示した (F₂ 集団内で系統相関をとると $r = +.204$ 。しかし各系統別に個体相関をとると、最低が F 10 の $+.526^*$ から最高で S-26 の

$+.943^{**}$ を示し、この形質が根重の変動と密接な関連をもつことを示していた。

出葉数: 生育に伴って次々と発生する葉は最初の調査日である 7 月 9 日の時点で既に両親と F₂ 集団の間で有意な差が認められ (Table 4)、以後次第にその差が拡大し、収穫時には約 6 枚となった (Table 3)。最後の 3 週間では S-26 の出葉数が他に比較して増加していることが注目された (Fig. 2)。一方 F₂ 系統間でも有意な差が認められるが、収穫時において S-26 より出葉数の少ない系統は F 24 のみであり、生育前半においては全て両親より多かった。F₂ 集団全体として、60 枚以上 (9 月 14 日現在) の出葉をみた個体は 16 個体、全体の 3.2% であった (Fig. 3)。

このように出葉数についても一見ヘテロシス現象とみられる結果を生じた。また出葉数を時期的に分けて検討してみると (Table 4 及び Fig. 2 参照)、7 月 10 日から 30 日までの間の発生葉数が最も多いが、F₂ 集団と親の平均値の間の差がこの時期で 2.4 枚に達し、それ以前の時期とともに F₂ 集団の出葉の速度が極めて高い。これは Table

Table 4. Number of leaves developed during each successive growing stage

From	Mean of parents	Mean of F ₂ lines	Difference
Emergence to July 9	9.70	11.33	1.63
July 10 to July 30	14.20	16.62	2.42
July 31 to Aug. 20	9.75	10.38	0.63
Aug. 21 to Sept. 10	8.45	9.04	0.59
Total	42.10	47.37	5.27

Anova

Source of variation	d.f.	MS
Block	2	16.92
Stage	3	398.16**
Line	12	6.195**
P: F ₂	1	35.17**
bet. Ps	1	1.61
bet. F ₂ s	10	3.76**
Line × Stage	36	1.298**
(P: F ₂) × St.	3	3.91**
(bet. Ps.) × St.	3	0.08
(bet. F ₂ s) × St.	30	0.64
Stage × Block	6	28.59**
Line × Block	24	0.861
Error	72	0.496

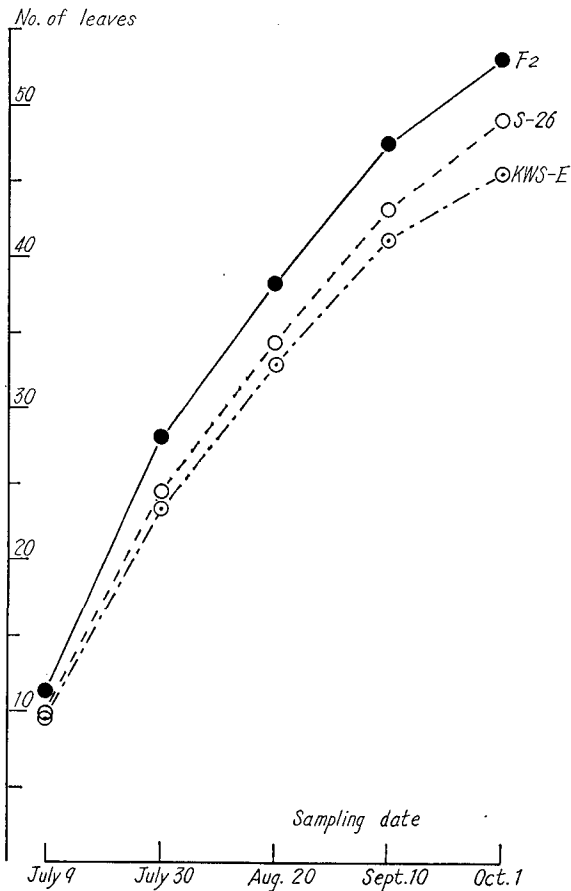


Fig. 2. Seasonal variation in the number of developed leaves.

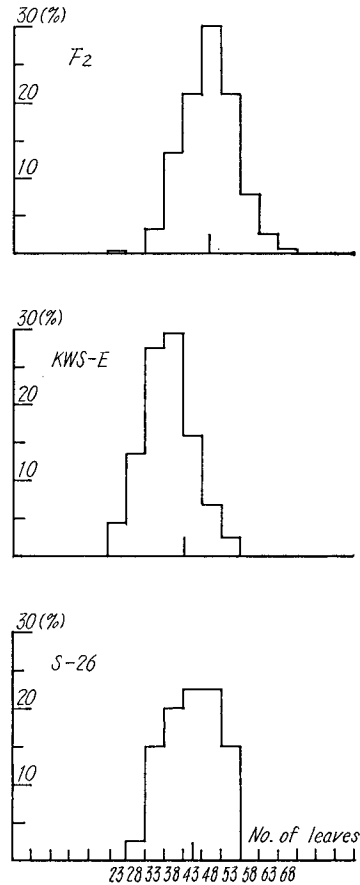


Fig. 3. Frequency distributions of number of leaves developed until Sept. 19.

4の分散分析表の親間, F_2 系統間の差と发育段階の交互作用はないが親と F_2 の差と发育段階との交互作用が極めて有意であることにより示されている。

その他の葉部形質: 時期を追って3回にわたって調査した種々の形質の平均値を系統別に Table 5 に示し, またこれら形質のうち草丈, 葉身長及葉幅の時期的推移を Fig. 4 に示した。これら形質のうち F_2 の値が両親の平均値より高いのは草丈と葉身長であり, 集団選抜試験では根重の増加とともに有意な増加をみせた葉身の幅については全く増加が認められず, また葉の大きさを示す

Table 5. Some foliar characters

Population	Plant height (cm)	Lamina length (cm)	Lamina width (cm)	Lamina size (cm ²)
KWS-E	45.6	21.3	13.0	307
S-26	50.1	22.9	13.0	331
F 03	51.6	22.5	13.6	312
F 05	50.5	22.5	13.1	303
F 06	52.5	23.5	13.5	322
F 07	52.7	23.8	12.2	294
F 10	52.3	22.6	12.2	280
F 20	50.7	24.2	12.4	303
F 23	50.9	23.0	12.8	299
F 24	53.1	24.8	13.4	335
F 26	54.2	22.7	13.5	315
F 27	53.0	23.2	12.5	296
F 28	51.7	24.7	11.8	296
Mean of Parents	49.8	22.1	12.96	319
Mean of F_2 progenies	52.1	23.4	12.72	305

Anova					
Source of variation	d.f.	MS	MS	MS	MS
Block	2	33.6	23.0	2.99	5812
Stage	2	840.6**	20.8	153.0*	84758**
Line	12				2087 n.s.
P : F_2	1	80.0**	25.4**	0.31	
bt. Ps	1	1.1	11.0**	0.01	
bt. F_2 s	10	11.9	6.7	3.60**	
Line × Stage	24	8.0	1.7*	0.54	686
L × B	24	6.2	3.9	1.29	
S × B	4	3.6	2.1**	1.36	
Error	48	4.3	0.85	0.39	1134

指数(葉身長×葉幅)についても同様であった。一方 F_2 集団内の系統の間には葉身長, 葉幅ともに有意な差が認められ, この間には -0.347 の負の関係が認められる。しかし個体間相関では有意な正の相関を示す(最低 .182, 最高 .519) また系統相関でも, 7月以前に発生した葉身長と7月中に発生した葉幅の間には有意な正の相関を示した(+.633)。

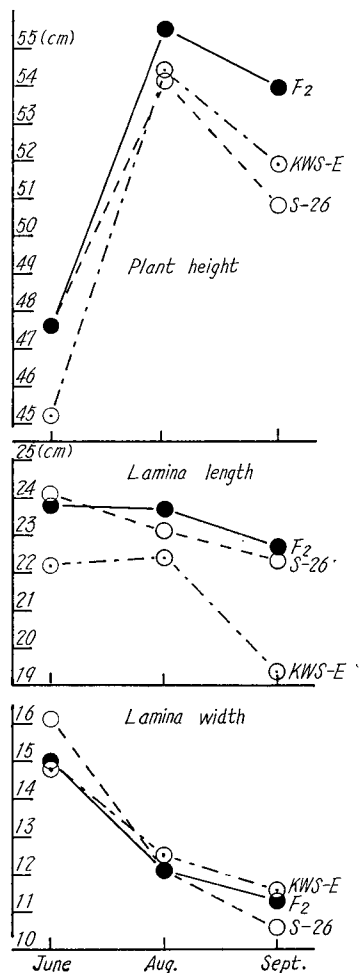


Fig. 4. Seasonal variation in some foliar characters.

論 議

本実験のようにともにヘテロ集団である品種もしくは系統(S-26からは集団選抜による選抜効果が認められる¹⁾)からそれぞれ1個体を選んで交配した後代の平均値が, 両親集団の平均値より

高い値を示したことをもってヘテロシス現象の残存とすることはできない。即ち、例えばここでみられた根重の増加は、単に両親集団内の遺伝的に根重の大きな個体がたまたま選ばれ、それらが交配されたことによる結果であるかもしれない。従ってここで認められた根重、出葉数、草丈、葉身長の増大などを支配した遺伝的要因については今後の研究に俟たなければならない。しかしこの

F₂ 集団の形質の変化が単に品種内選抜とその遺伝的変異の組合せの結果によるものだとしても、これによって根重が両親よりもそれぞれ 13% 及び 38% も高くなり、糖分も両親のほぼ中間親に近い値をとっていることは、このような方法によって比較的容易に両形質の同時向上が可能であることを示唆していると考えることができ、テンサイの育種にとって興味ある結果を示したものといえ

Table 6. Correlation coefficient for foliar character vers. root weight, or sugar contents within F₂ population. (No. of total plants=494, No. of lines=11)

Foliar character	: root weight		: sugar content	
	Indiv.	Line	Indiv.	Line
Number of leaves developed from				
emergence-July 9	.383**	-.059	-.152**	-.109
July 10-July 30	.334**	.059	-.152**	-.202
July 31-Aug. 20	.163**	.074	-.085*	.276
Aug. 21-Sept. 10	.125*	-.238	-.001	-.115
Number of leaves developed from emergence				
to July 30	.396**	.016	-.170**	-.181
to Aug. 20	.365**	.040	-.162**	-.081
to Sept. 10	.348**	-.008	-.149**	.005
Plant height				
I	.466**	.104	-.226**	-.625*
II	.370**	-.179	.031	.057
III	.290**	.326	-.078	-.452
Petiole length				
I	.277**	.198	-.151**	-.772**
II	.146*	-.078	.017	-.551
III	-.036	.118	-.024	-.754**
Lamina length				
I	.438**	-.180	-.193**	.333
II	.450**	-.060	-.111*	.604*
III	.486**	.308	-.119**	.349
Lamina width				
I	.500**	.140	-.211**	-.427
II	.362**	.254	-.106*	-.181
III	.435**	.477	-.051	-.378
Index of leaf size				
I	.536**	.560	-.096*	-.070
II	.475**	.229	-.132**	.317
III	.502**	.005	-.209**	-.108

- 1) I: value observed on the leaves developed before July
 II: ditto developed in July
 III: ditto developed in August.

よう。

従来の集団選抜試験では、根重と糖分の遺伝的変動に伴って、主要な同化器管である葉部の形質についても種々の変化が認められ、これらの変化に基づいて、根重と糖分の同時向上には生育初期の葉面積の拡大が速かであること、そしてこれが1葉あたり葉面積と発生葉数との間に負の相関が認められない条件で行われることが重要であることを予想した(1972投稿中)。この意味でこのF₂集団は生育初期から両親集団に比較して発生葉数が多く、しかも1葉身重には変化が認められていない点に興味がある。Table 6には根重と糖分に対するF₂集団内の個体相関と系統相関を示した。発生葉数と根重との個体相関をみると、7月まで、即ち生育前半の発生葉数は根重に対して相対的に高い正の相関を示し、以後次第にその相関の程度が減少することが知られる。Table 3には系統別にこの個体相関の時的推移を示した。

Fig. 5には9月14日までの総出葉数とその根重に対する相関係数を系統別にプロットしたが、明らかに葉数の少ない系統の根重と出葉数の相関が葉数の多い系統よりも高い傾向にあることを示している。これはある限度までは出葉数の多いことが根重へ有利に働き、その限度を超えると出葉数の増加の効果が失われることを示しているものと考えて差支えないと思われる。一方糖分に対するこの形質の関係は、個体相関では低い負の相関を示しており、これは従来の結果と変りはない。一方系統間に出葉数の有意な差があるに拘らず、糖分にそれと対応した変化が生じていないことが目立った特徴としてあげられるが、これはこの両形質の関係が直接的な生理機構によって関連しているものでないことを示していると考えられる。しかしF₂集団が根重の増加の割合に比べて、糖分の減少が認められなかったという結果に対し、従来の結果によって判断すると葉数の増加によって表現されている組織あるいは器管の分化能力の増大が関連をもっていると思われる。

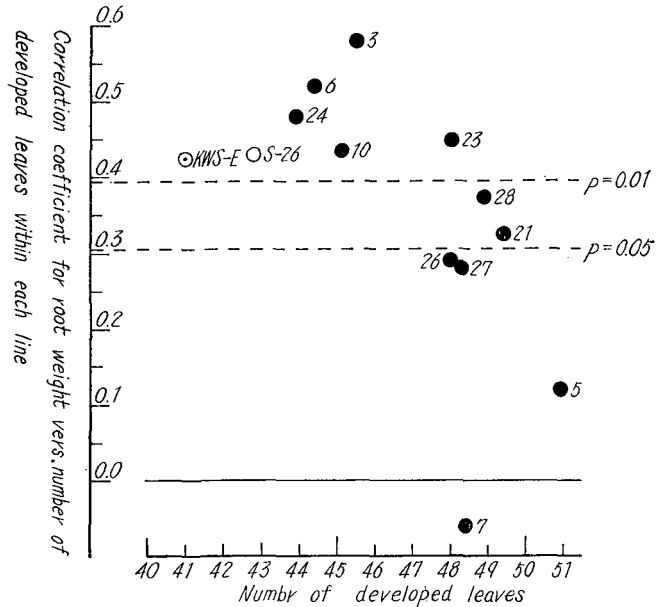


Fig. 5. Relationship between the number of developed leaves and the correlation coefficient for this character ver. root weight.

従来の選抜試験では1葉身あたりの葉面積を示す形質、即ち1葉身重や葉身幅が根重の増加と正の相関を示したが、この実験では葉身長のみが増加し、他の形質は両親の何れに対しても増加を示さなかった。またこれらの形質の多くもF₂集団内では系統間差を示したが、いずれも根重に対して有意な関係を示さず、わずかに7月期の葉の大きさを表わす指数が比較的高い正の相関を示したに過ぎない(Table 6)。一方糖分に対しては葉柄長が負の有意な相関を示した一方、葉身長が正の有意な値を示したのが注目された。これは集団選抜によった従来の試験で、例えば導入2号の後代でも認められた現象であり、今後検討に値すると思われる。

以上F₂集団における根重、糖分の相対的変動を葉部形質の変動との関連の下に論じ、KWS-Eに比べてF₂集団が根重と糖分の同時的向上を示し、これに対して葉数の速かな分化と、それに伴い勝ちな1葉身の大きさの減少が生じないことによる葉面積の生育初期における速かな拡大が、大きく貢献することを思考せしめる資料が得られた

と考えた。これを実際の選抜の場において実証するための実験を現在遂行中である。

摘 要

根重型てん菜品種 KWS-E と糖分型の姉妹交配系統 S-26 のそれぞれ任意の 1 個体の交配に由来した 11 系統の F_2 集団を、親品種とともに収量検定に供し、同時に 2, 3 の葉部形質を調査した結果次の結果を得た。

1. 根重は両親の平均値は勿論、根重の大きい親品種より高かった。
2. 糖分は両親の平均値よりやや低かったが KWS-E より高かった。
3. 生育期間中に発生する葉数、草丈、葉身長は両親より有意に大きかったが、従来根重の遺伝的変動と正の相関を示した 1 葉身の面積を示す形質には何らの変化が認められなかった。
4. 発生葉数の増加は生育前半において特に顕著であり、相関関係から推測しても、この葉数の増加を通じての生育前半における葉面積の増加が、

根重の増加に関連をもつことが考えられた。しかし各系統間に葉数の有意な変化が認められたが、これと系統間の根重とは何ら関係を示さず、また系統内のこれら形質間の相関が葉数の系統平均値の増加とともに減少していくところから、この葉数増加の根重に対する寄与には限界のあることが推定された。

5. 以上の事実は著者が従来集団選抜に基づいて立てた予測、即ち生育前半の葉面積の拡大が、葉数と 1 葉身重の間に負の相関が生じないで、効率良く達成されることによって、根重、糖分の同時改良が実現されるであろうという考え方を支持するものと考えられた。

引用文献

- 1) 津田周弥・細川定治 (1969): てん菜の根重と糖分の負の相関関係に関する育種学的研究。(集団選抜試験に基づいた両形質の関係についての考察) 北大農学部邦文紀要 7: 19-26.
- 2) 津田周弥・八戸三千男 (1972): てん菜の根重と糖分の負の相関関係に関する育種学研究 VIII. (集団選抜による葉部形質の相関反応) 日育雑 (投稿中).

Genetic studies on the negative correlation between root weight and sugar contents in sugar beets

VII. Variations in some characters in progenies of a variatal hybrid

Chikajiro TSUDA

(Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

Summary

A performance test was made on F_2 maternal lines derived from F_1 s between two plants which were randomly chosen from the variety KWS-E (E-type) and S-26 (sibmated sugar type line) respectively.

The mean value of root weight in F_2 lines was superior to the parental mean. The sugar content was lower than the parental mean. But, comparing with the variety KWS-E, both the root weight and sugar content showed the significant increase in F_2 lines (Table 1 and Fig. 1).

Some foliar characters of F_2 lines were compared with those in parental populations. The number of leaves developed from emergence to the harvest was significantly larger in F_2 lines than in parents, and the significant difference was observed among the F_2 lines (Table 3 and Fig. 2). The plant height and lamina length in F_2 lines showed the similar

increase as mentioned above (Table 5). Although the other foliar characters representing the area per lamina in the progenies of mass selections, such as weight per lamina, lamina width and index of lamina size (length \times width), had shown the positive correlation with the variation in root weight, these F_2 lines did not show any significant variation in these characters (Table 2 and 5).

The increase in leaf number in F_2 lines was conspicuous during the early half of the growing season (Table 4 and Fig. 3). Therefore, the rapid increase of leaf area at early growing stage will be responsible for the increase in root weight of F_2 lines. On the other hand, as the number of developed leaves in lines increased, they showed the lower within-line positive correlation coefficients for this character vers. root weight (Fig. 6 and Table 2). Therefore, the contribution of leaf number to the increase of root weight will be restricted within a certain limit.

These results seemed to support the author's prediction that the simultaneous improvement in root weight and sugar content will be accomplished when the increase of leaf area is promoted at early growing stage, provided that the components of the character, leaf number and size per leaf, are not controlled under the negative correlation.