

# てん菜の三倍体相反交雑組合せにおける形質の異同について

誌名	てん菜研究会報 = Proceedings of the Sugar Beet Research Association
ISSN	09121048
著者	相川, 宗巖 木下, 俊郎 高橋, 萬右衛門
巻/号	19号
掲載ページ	p. 149-157
発行年月	1978年2月

# てん菜の三倍体相反交雑組合せに おける形質の異同について

三川宗蔵・木下俊郎・高橋萬右衛門

(北海道大学農学部)

## 1. 緒 言

一代雑種の作成に当って、交雑方向の違いにより雑種の形質表現に差異を生ずる場合がある(Fleming et al. 1960 等)。てん菜の三倍体雑種では、二倍体(2x)と四倍体(4x)のいずれを母本としても種子を得ることができるので、交雑方向についても考慮する必要がある。

著者らは既に細胞質雄性不稔性について、2xと4xの相反交雑次代の分離集団(3x)を用いて、由来する細胞質の差異によるとみなされる遺伝様式の違いを見出した。

今回は、2xと4xの系統間交雑によって作成した、3xA(4x母本由来)並びに3xB(2x母本由来)を用いて、葉緑粒数と気孔孔辺細胞長径及び収量形質に関して、相反交雑3x間に見られる形質表現の相違を検討した。

## 2. 実験材料及び方法

2x及び4xの供試系統はすべて北海道農業試験場から戴いたもので、2xあるいは4xの自殖系統であるG65R-2x, 4x, G93-2x, 4xのいずれか1つを片親に用い、それらに着色形質を有する検定系統SP561001-0(SPと略称)の2xあるいは4xを交配した。1975年に2xあるいは4xの自殖系統1個体とSPの2xあるいは4x個体とを組合せて、2個体での隔離採種を行なった。一方の親に着色検定系統を用いたので、次代の3xAあるいは3xBでは茎葉の着色の有無あるいは着色程度により染色体数の観察によらずとも、3xを正しく判定することができた。1976年に4種類の交雑組合せについて、2xと4xを両端にして3xAと3xBを中に挟むような圃場設計とし、畦巾60cm、株間30cmで北海道大学農学部実験圃場に栽植した。気孔の観察には、中心部の幼葉より数えて、15~20葉目を採り、葉の裏面中央部の表皮を剝離して検鏡した。孔辺細胞内の葉緑粒数を調べるためには、IKI水溶液(蒸留水10cc中ヨウ化カリウム1g, ヨウ素0.3gを含む)を用いて染色し、観察を容易にした。なお収量形質については、収穫期に葉重、根頸重、ブリックス、根径及び根長の調査を行なった。

---

AIKAWA, M., KINOSHITA, T. and TAKAHASHI, M. (Fac. Agr., Hokkaido Univ., Sapporo): The reciprocal-cross difference in the number of chloroplasts and some agronomic characters of triploid sugar beets.

### 3. 実験結果

#### (1) 葉緑粒数

気孔孔辺細胞内の葉緑粒数について、各交雑組合せの 3 x A と 3 x B を比較検討した結果を Table 1 に示す。SP-4x x G93-2x の 3 x A と 3 x B 間には平均値に有意差が認められたが、他の 3 交雑組合せでは有意な差にはならなかった。

Table 1. Comparison of the chloroplast numbers in a pair of guard cells between the reciprocal triploid hybrids

Number of chloroplasts	G65R-4x x SP-2x		G93-4x x SP-2x		SP-4x x G65R-2x		SP-4x x G93-2x	
	3xA	3xB	3xA	3xB	3xA	3xB	3xA	3xB
18.0 - 18.9	4	1	2	2	2	1		2
19.0 - 19.9	9	6	4	4	3	1	2	1
20.0 - 20.9	6	6	1		5	1	1	5
21.0 - 21.9	4	11	4	4	5	3	3	5
22.0 - 22.9	1		3	2	3	2	5	
23.0 - 23.9	1	1			1		2	
24.0 - 24.9					2		1	
-----								
29.0 - 29.9						1		
Total	25	25	14	12	21	9	14	13
Mean	20.2	20.7	20.6	20.4	21.2	21.8	22.0	20.6
t	1.55		0.39		0.70		3.06**	

1) Average of 10 guard cells.

2) \*\* ; Significant at 1% level.

高等植物の葉緑粒形成過程は可成り複雑であるが、分裂組織中の原色素体 (proplastid) は暗条件下ではエチオプラスト (etioplast) となり、明条件下に置かれると葉緑粒へと分化する。もし 3 x A と 3 x B 間に差異があるものとすれば、4 x 母本からと 2 x 母本からでは伝達されるプロプラスチッドの質的あるいは量的な差異があるためかもしれない。

#### (2) 気孔孔辺細胞長径

葉緑粒数の観察と同時に、孔辺細胞の長径を測定した。各個体 10 気孔の平均値をとって個体別の頻度分布を Table 2 に示した。4 交雑組合せとともに、3 x A と 3 x B の平均値間に有意差を生じなかった。孔辺細胞の長径は、細胞の大きさを比較する 1 つの指標となり得る

と考えられるから、細胞の大きさ自体に関しては、相反交雑 3 x 間に差異がないとしてよいであろう。

Table 2. Comparison of the size of a guard cell  
between the reciprocal triploid hybrids

Size of guard cell (unit:2.6 $\mu$ )	G65R-4x x SP-2x		G93-4x x SP-2x		SP-4x x G65R-2x		SP-4x x G93-2x	
	3xA	3xB	3xA	3xB	3xA	3xB	3xA	3xB
13.0 - 13.4		1						1
13.5 - 13.9	2	7	2	2	2	1		1
14.0 - 14.4	8	6	4	7	5	1	7	5
14.5 - 14.9	7	7	2	2	8	1	3	2
15.0 - 15.4	5	2	3	1	2	1	2	3
15.5 - 15.9	3	1	2		3	3	1	
16.0 - 16.4		1	1		1	2		1
16.5 - 16.9							1	
Total	25	25	14	12	21	9	14	13
Mean	14.7	14.4	14.8	14.3	14.8	15.2	14.7	14.6
t	1.64		1.89		1.44		0.37	

1) Average of 10 stomata.

(3) 収量形質

5種の量的形質について、各交雑組合せ毎に両親、3xA及び3xBについて調査した結果をTable 3に示す。また系統平均値間の有意性を両親間(Table 4)と3xA及びB間(Table 5)に分けて示す。まず分散値をF-検定で調べ、有意性が見られぬ場合のみt-検定

Table 3. Characteristics of 2x, 3x A and B, 4x in four kinds of cross combinations between 2x and 4x

Cross combination	Ploidy	Characters <sup>1)</sup>				
		FW	RW	BR	RD	RL
G65R-4x x SP-2x	2x	0.49	0.72	15.10	7.11	12.12
	4x	0.49	1.09	18.11	10.52	15.26
	3xA	0.65	1.24	16.89	9.42	15.12
	3xB	0.50	1.12	17.43	8.88	16.31
G93-4x x SP-2x	2x	0.70	0.84	14.59	8.89	15.54
	4x	0.33	0.88	17.81	9.71	14.19
	3xA	0.75	1.29	16.60	9.65	17.14
	3xB	0.67	1.00	17.32	8.79	17.00
SP-4x x G65R-2x	2x	0.54	1.13	18.26	10.58	16.54
	4x	0.57	0.74	15.25	8.69	13.50
	3xA	0.65	0.77	16.39	9.45	12.04
	3xB	0.26	0.41	16.40	7.14	9.00
SP-4x x G93-2x	2x	0.63	0.95	18.51	9.46	15.78
	4x	0.57	0.74	15.25	8.69	13.50
	3xA	0.79	1.13	16.74	9.63	15.77
	3xB	0.42	0.55	18.41	7.82	8.87

1) FW: Foliage weight (kg)    RW: Root and crown weight (kg)

BR: Brix (%)    RD: Root diameter (cm)    RL: Root length (cm).

Table 4. Comparison of characters between 2x and 4x parents in four kinds of cross combinations

Cross combination		Characters <sup>1)</sup>				
		FW	RW	BR	RD	RL
G65R-4x x SP-2x	Difference (2x - 4x)	0.00	-0.37	-3.01	-3.41	-3.14
	F	1.33	3.32**	1.39	1.91	2.71*
	t	0.06	--	5.49**	5.15**	--
G93-4x x SP-2x	Difference (2x - 4x)	0.37	-0.04	-3.23	-0.82	1.35
	F	5.80**	1.05	1.79	1.11	1.47
	t	--	0.28	8.25**	1.13	1.04
SP-4x x G65R-2x	Difference (2x - 4x)	-0.03	0.39	3.01	1.89	3.04
	F	1.22	1.93	1.08	1.39	1.67
	t	0.36	2.60*	5.78**	2.96**	2.49*
SP-4x x G93-2x	Difference (2x - 4x)	0.06	0.22	3.27	0.77	2.28
	F	1.12	1.05	1.33	1.14	1.54
	t	0.80	1.78	7.04**	1.41	1.96

1) FW, RW, BR, RD and RL signify the same meanings as in Table 3.

2) \*, \*\*: Significant at the level of 5 and 1%, respectively.

Table 5. Comparison of characters between 3x A and  
3x B hybrids in four kinds of cross combinations

Cross combination		Characters <sup>1)</sup>				
		FW	RW	BR	RD	RL
G65R-4x x SP-2x	Difference (3xA - 3xB)	0.15	0.12	-0.54	0.54	-1.19
	F	1.67	1.09	1.96	1.32	1.33
	t	2.17*	0.65	1.21	0.76	0.98
G93-4x x SP-2x	Difference (3xA - 3xB)	0.08	0.29	-0.72	0.86	0.14
	F	1.15	1.35	1.12	1.07	1.22
	t	0.76	1.63	1.81	1.50	0.11
SP-4x x G65R-2x	Difference (3xA - 3xB)	0.40	0.36	-0.01	2.31	3.04
	F	1.83	1.09	1.04	1.02	1.18
	t	5.24**	3.09**	0.03	3.26**	3.26**
SP-4x x G93-2x	Difference (3xA - 3xB)	0.36	0.58	-1.67	1.82	6.90
	F	1.15	1.08	1.07	2.52*	1.97
	t	4.75**	5.41**	3.94**	--	8.27**

1) FW, RW, BR, RD and RL signify the same meanings as in Table 3.

2) \*, \*\*: Significant at the level of 5 and 1%, respectively.

により平均値の差の有意性を検討した。2xと4xの比較では、ブリックスを始め各種の形質で差異を生じたが、供試系統間によりその傾向は必ずしも一致していなかった。しかし、SP(2x)と自殖系(4x)の比較では一般に自殖系(4x)が優れた成績を示し、反対に自殖系(2x)とSP(4x)の比較では自殖系(2x)が、根頸重あるいはブリックスに優れる傾向を示した。SPの着色遺伝子はテーブルビートより由来しているためか、SPの遺伝的特性は2xレベルでも4xレベルでも、他のてん菜系統に比べて可成り劣るようであった。

3xAと3xB間の比較では、SP(4x)を片親に用いた場合のみ3xAが3xBに優れるという結果を示した。同一交雑組合せで両親(4xと2x)に見られる傾向と、3xAと3xBの間に見られる傾向とはほとんどの場合平行的な関係を見出せなかった。4xと2x間に生ずる形質の差違は倍数性レベル及び両親の核遺伝子構成の差に由来するものと考えられるが、両要因については、3xAと3xB間では差異を生じないはずであり、3xAと3xB間の差異はおそらくこれらとは別の細胞質に関する要因によると考えられる。

#### 4. 論議及び総括

葉緑素異常がしばしば細胞質遺伝を示すことは多数の植物で知られているが、最近の研究によれば、タバコの葉緑体構成蛋白質のうちフラクシオンI protein(大サブユニット)は葉緑体DNA支配であるのに対して、他の要素は核支配であることが判明している(内宮1977)。本実験では孔辺細胞内の葉緑粒数について、1交雑例ながら4xの細胞質由来(3xA)が2x細胞質由来(3xB)よりも葉緑粒数が多いという結果を得た。他の3交雑においては、むしろ否定的な結果を得たので、この差が偶発的なものか否かを検討する必要があるが、もし4xの母本から葉緑粒数を増加させるようなプロプラスチッド能力が伝達しているならば、3xAが3xBより葉緑粒数が多いことも起り得る。気孔孔辺細胞の大きさについては、かかる細胞質の効果は見られなかった。両形質ともに、倍数性レベルを簡易に判定するためには有用な形質である(Mochizuki and Sueoka 1955)。

相反交雑 $F_1$ 間において形質表現に差を生ぜしめる原因としては、(a)プラズモンの影響、(b)母体の影響、(c)持続変異、(d)偶発的差異が考えられる(Abdalla 1974)。その他にも胚乳核の遺伝構成差異が影響する場合(Dhaliwal 1977)もある。本実験でSP(4x)を含む交雑では収量形質について3xAが3xBより優るという結果を得た。SP(2x)を含む交雑では3xAと3xBはほとんど変らぬ特性を示したから、赤ビートであるSP系統に特有な細胞質の遺伝的効果とは言いがたいが、SP(4x)の細胞質が伝達される場合、3xの核遺伝子構成との間に何らかの相互作用を生ずる可能性が考えられる。一般に2xレベルでは核置換法によって核と細胞質の異種組合せを作ると、このような細胞質効果を正しく把握できるが、3xレベルではかかる方法は行ない難いので、特定の細胞質と核の組合せによる相互作用を、実際に種々の3x相反交雑組合せを作って検討しなければならないであろう。



3 x A と 3 x B の形質差が母体効果に基くものか否かについても検討したが、少なくとも発芽能力や初期生育では両親間に顕著な差を見出せなかった。

コムギでは *Ae. squarrosa* のごとき或る特定の野性種の細胞質をパンコムギに導入すると、細胞質と核遺伝要因との相互作用により、出穂期の促進効果を生ずる。そこで核・細胞質 (NC) 雑種の育種の利用も極めて有望と考えられる (Kihara 1973)。てん菜の 3 x においても個々の交雑組合せについて、2 x と 4 x の細胞質効果を一度検討しておく必要がある。

#### 引用文献

- 1) Dhaliwal, M. S. (1977): Basis of difference between reciprocal crosses involving *Triticum boeoticum* and *T. urartum*. *Theor. Appl. Genet.* 49; 283-286.
- 2) Fleming, A. A., G. M. Kozelnicky and E. B. Browne (1960): Cytoplasmic effects on agronomic characters in a double-cross maize hybrid. *Agron. J.* 52; 112-115.
- 3) Kihara, H. (1973): Characteristics of *Aegilops squarrosa* cytoplasm. *Seiken ziho* 24; 5-9.
- 4) 木下俊郎・高橋萬右衛門 (1975): てん菜の相反交雑三倍体における雄性不稔遺伝様式の相異について、てん菜研究報告, 第 17 巻; 135-139.
- 5) Mochizuki, A. and N. Sueoka (1955): Genetic studies on the number of plastid in stomata. I. Effects of autopolyploidy in sugar beets. *Cytologia* 20; 358-366.

## Summary

The cytoplasmic effects of diploid (2x) and tetraploid (4x) strains were investigated in the reciprocal triploid (3x) hybrids. Sugar beet strains in 2x or 4x levels were crossed with 2x or 4x plants of the tester strain, SP561001-0 (abbr. as SP) with the pigmented leaves and roots. 3x hybrids from the crossings, 4x × 2x and 2x × 4x are denoted as 3x A and 3x B, respectively.

As to the number of chloroplasts in the guard cells of a stoma, the average number of 3x A showed a significant increase in comparison with the 3x B plants in the cross, SP(4x) × G93(2x). It might possibly depend on the ability of proplastids which are transmitted from the cytoplasm of the tetraploid female parent. However, the size of stomata was not affected by the cytoplasmic or maternal effects.

Several characters related to productivity were examined in the reciprocal hybrids (3x A and B) and parental strains (2x and 4x). Generally, the tester strains, SP(2x and 4x) were inferior to the other strains both in root weight and sugar content. It is noted that a significant difference was recognized between the reciprocal hybrids, showing the superiority of 3x A plants in the two crosses involving SP(4x) as a female parent. It is probable that the cytoplasmic factor from the specific tetraploids inserts these favourable effects when interacting with the nuclear genic constitution in the 3x hybrids. Maternal effects on the germination and the early growth of seedlings were not recognized in the 3x hybrids. Thus, it is suggested that the direction of crossings between 2x and 4x must be considered in the breeding of triploid hybrids.