

異種細胞質（セイヨウノダイコン）を持つ 青首系宮重大根の育成

第2報 異種細胞質（セイヨウノダイコン）の効果

加藤 正 弘・福 山 寿 雄・金 田 泉

**Production of *Raphanus sativus* 'Aokubi-miyashige'
with *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm.**

2. Effect of allo-cytoplasm (*R. raphanistrum*).

Masahiro KATO, Toshio FUKUYAMA and Izumi KANADA

緒 言

異種属間での核置換で、雄性不稔、自家不和合性作用の抑制など、直接育種に利用できる遺伝的変異を生ずる場合があり、注目されている。筆者らはダイコン属 (*Raphanus*) の中のセイヨウノダイコン (*R. raphanistrum* L.) とダイコンの栽培種 (*R. sativus* L.) の種間での核置換を行い、異種細胞質（セイヨウノダイコン）を持つ青首系宮重大根の育成を行ってきた¹⁶⁾。今回は、異種細胞質の効果ならびに核置換系統の有用性を検討したので報告する。

材料および方法

供試材料は前報¹⁶⁾の通り、セイヨウノダイコン(西洋野大根, *Raphanus raphanistrum* L. ssp. *landra*) にアオクビミヤシゲダイコン(青首宮重大根, *Raphanus sativus* L. var. *acantiformis* Mak.) を連続戻し交配することによって得たB₄世代の個体を、兄弟受粉(Sib-cross)で系統維持したB₄S₂およびB₄S₃世代の核置換系統である。

1983年、B₄S₂世代の4系統とミヤシゲダイコン(宮重大長)との間で相互交配を行い、異種細胞質(セイヨウノダイコン)および正常細胞質(ミヤシゲダイコン)を持つ種子を得た。その後これら両系統の種子を用いて比較栽培し、異種細胞質の効果を調べた。また同時にこれら両細胞質系統の雑種

強勢の程度をも調査した。

両細胞質系統における根のビタミンC含量を秋作ダイコンについて調査した。測定法は加藤らの方法¹⁷⁾に従って行った。すなわち根の中央部3gに5%メタ磷酸6mlを加え、ホモジナイザーで磨砕し、更に6mlの蒸留水を加えてよく攪拌した。その後ろ紙でろ過し、ミリポアフィルター-0.45 μ HAでろ過し、24時間以内にウォーターズ社の高速液体クロマトグラフで定量分析した。分析法はペアードイオン法によって行った。カラムは μ Bondapak C18, 移動相は0.01Mol PICT 水溶液, 流速は2.0ml/min, 注入量10 μ l, 検出は254nmで行った。

結 果

1. 春作における核置換系統の特性

第1, 2表はB₄S₂およびB₄S₃世代の核置換系統を秋蒔大根および春蒔大根ともに比較栽培したものである。第1表で示すように核置換系統は初期生育が旺盛で間引き時期(5月18日)において春蒔系統より良好な生育を見せていた。しかしながら収穫期には核置換親(花粉親)の青首宮重と同程度となり、秋蒔大根の総太り系統や春蒔大根より劣っていた(第1図)。また、収穫期における抽苔率をみると、0~20%と系統により異なっていたが、秋蒔大根とほぼ同程度であった。尚、春蒔大根においては抽苔がまったく認められなかった。

翌年、B₄S₃世代の系統を用いて、前年より約1カ月早い3月28日に播種し、春作による結果を再び調査し第2表に示した。その結果、核置換系統はすべて抽苔し、根の生育も春蒔系統より著しく劣っていた。春蒔系統の中では「晩抽長形総太り」と「F₁長形555」において抽苔がまったく認められなかった。

Table 1 Characteristics of B₄S₂ strains cultivated in the spring of 1983

Strain	At thinning time(18 May)(N=10)		At harvesting time (15 June) (N=20)				
	Fresh weight (g)	No. of expanded leaves	Root weight (g)	Root length (cm)	Root width (cm)	Root shape index	Bolting ratio (%)
14-3(C)sib.	-	6.0±0.4	260.0±74.3	25.6±3.4	3.6±0.4	7.1±0.9	0.0
7-3(F)sib.	10.5±1.6*	5.5±0.6	222.1±88.0	23.2±5.2	3.6±0.4	6.4±1.2	20.4
5-1s(I)sib.	13.3±3.6	6.5±0.6	250.9±43.3	24.3±1.8	4.0±0.4	6.1±0.6	7.8
5-2(J)sib.	9.2±2.3	5.9±0.8	312.9±125.2	25.3±3.0	4.1±0.5	6.2±0.5	15.8
Aokubi-miyashige	6.6±1.7	5.6±0.7	254.5±74.1	25.2±2.5	3.9±0.4	6.4±0.7	5.9
Miyashige-sobutori	-	4.2±0.6	407.2±166.4	25.5±3.2	4.8±0.7	5.4±0.9	76.5
Taihyo-sobutori	8.3±2.3	5.6±0.6	510.1±197.8	26.3±3.7	5.1±0.8	5.2±0.5	11.1
Harumiya	5.6±0.8	5.2±0.6	581.1±151.6	33.7±3.2	4.9±0.6	7.0±0.7	0.0
Harumaki-minowase	5.4±1.3	4.4±0.5	420.5±110.7	30.4±3.3	4.3±0.5	7.2±1.2	0.0
Chokei-harutomi	7.0±2.5	4.6±0.5	468.0±111.7	29.4±2.1	4.8±0.6	6.5±1.0	0.0
Tokinashi	1.5±0.3	2.7±0.5	152.8±57.8	22.5±3.0	3.2±0.5	7.2±1.3	0.0

* Mean±standard deviation,
(Sowing date : 26 April)

Table 2 Characteristics of B₄S₃ strains cultivated in the spring of 1984.

Strain	15 June (N=10)		26 May
	Root length (cm)	Root width (cm)	Bolting ratio (%)
14-3(C) sib.	18.9±5.3*	3.4±0.9	100.0
7-3(F) sib.	19.0±2.7	3.9±0.7	100.0
5-1s(I) sib.	16.5±2.2	3.6±0.6	100.0
5-2(J) sib.	16.8±2.2	3.8±1.2	100.0
Banchu-nagagata-sobutori	38.5±8.2	7.2±1.2	0.0
Aomino No. 2	40.5±5.8	7.2±0.9	63.5
F1 chokei 555	28.9±5.2	7.9±0.5	0.0
Sangatsu-daikon 1	23.5±5.9	4.4±0.9	32.2
Sangatsu-daikon 2	23.0±7.3	3.8±1.2	6.3

(Sowing date : 28 March

* Mean ± standard deviation.

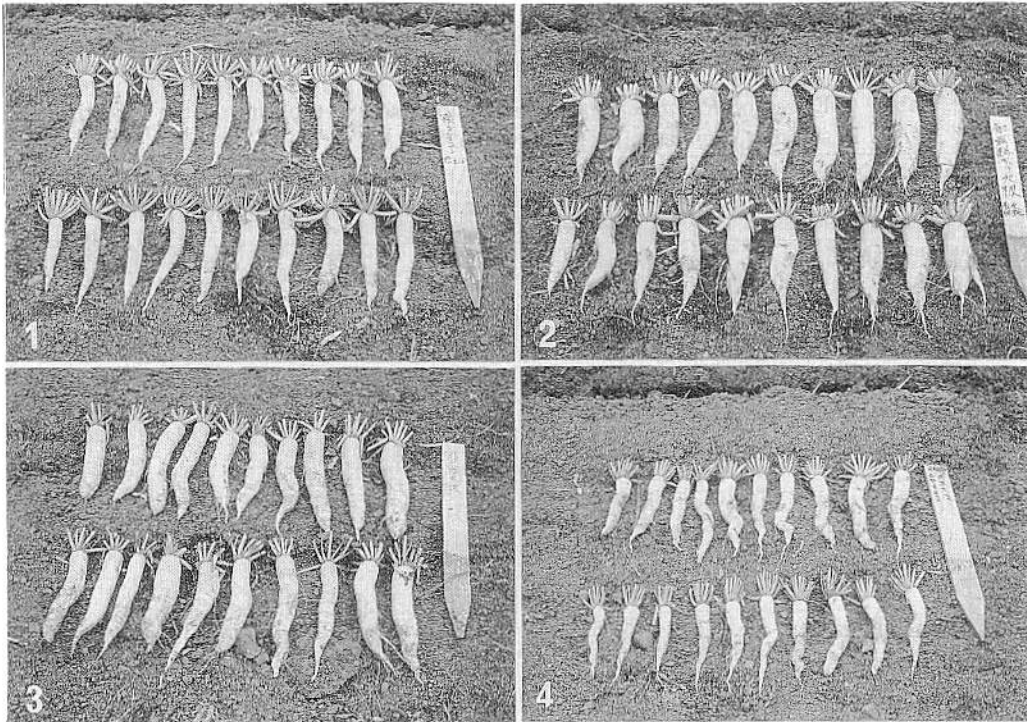


Fig. 1 Growth of B₄S₂ strains with *R. raphanistrum* cytoplasm in spring cropping (1983).

1 : 14-3 (C) strain *R. raphanistrum* cytoplasm ; 2 : autumn variety 'Taibyō-sobutori' ; 3 : spring variety 'Harumiya' ; 4 : summer variety 'Tokinashi'.

2. 異種細胞質の効果

第3表はB₄S₂世代の核置換系統とミヤシゲダイコン(宮重大長)とを相互交配した結果である。14-3(C)系統で差が見られたものの他の系統では1夾当たり2粒前後と差がなく、種子稔性に及ぼす異種細胞質の効果は認められなかった。この相互交配により得られた両細胞質系統の種子を同年の5月22日および9月14日に播種し、夏および秋作における異種細胞質の効果を調査した。

Table 3 Seed fertility in the crosses between 'Miyashige-onaga' and 'Aokubi-miyashige' having *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm.

Cross combination	No. of flowers pollinated(A)	No. of siliques obtained(B)	No. of seeds obtained(C)	Fertility	
				C/A	C/B
Miyashige-onaga × 14-3(C)	101	36	52	0.52	1.44
Rec.	121	79	166	1.37	2.10
Miyashige-onaga × 7-3(F)	114	97	269	2.36	2.77
Rec.	105	87	259	2.47	2.98
Miyashige-onaga × 5-1s(I)	98	78	189	1.93	2.42
Rec.	99	71	176	1.78	2.48
Miyashige-onaga × 5-2(J)	122	109	241	1.94	2.21
Rec.	124	99	296	2.39	2.99

Table 4 Effect of *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm on the growth of *R. sativus* in summer cropping (pot culture in 1983)

Strain	At thinning time (11 June) (N=10)		At harvesting time (11 July) (N=6)			
	Fresh weight (g)	No. of expanded leaves	Root weight (g)	Root length (cm)	Root width (cm)	Root shape index
Miyashige-onaga × 14-3(C)	11.5	7.5	126.3	23.1	3.0	7.9
Rec.	10.7	7.5	128.7	22.3	3.0	7.7
Miyashige-onaga × 7-3(F)	11.3	6.8	97.0	18.9	3.1	6.3
Rec.	10.7	6.5	96.7	20.5	3.0	7.0
Miyashige-onaga × 5-1s(I)	9.3	7.9	120.7	22.2	3.2	6.9
Rec.	13.9	9.0	103.3	20.4	3.1	6.7
Miyashige-onaga × 5-2(J)	9.6	7.8	84.3	18.4	3.0	6.3
Rec.	5.3	5.9	70.5	17.1	2.8	6.2
14-3 (C) sib.	13.2	9.2	81.8	18.2	2.9	6.4
7-3 (F) sib.	7.9	6.8	94.3	15.3	3.1	4.9
5-1s (I) sib.	10.7	8.6	66.7	13.7	2.9	4.7
5-2 (J) sib.	8.0	7.8	71.5	16.1	2.9	5.7
Miyashige-onaga	5.4	6.3	38.3	13.0	2.2	6.1
Tokinashi	9.1	6.6	86.3	19.3	3.0	6.5

*, ** show the significance at 5 and 1% level, respectively.
(sowing date: 22 may)

第4表および第2図はガラス室においてポット栽培した夏作の結果である。交配系統は宮重大長に比べてはるかに生育が良く、6月11日および7月11日共に高い値を示していた。また、14-3 (C) および5-1 s (I) の交配系統の生育は夏大根の「時無大根」より優っていた。両細胞質の間で比較した場合、生育初期で有意差が見られた系統もあったが一定の傾向はなく、異種細胞質の効果は明らかにならなかった。

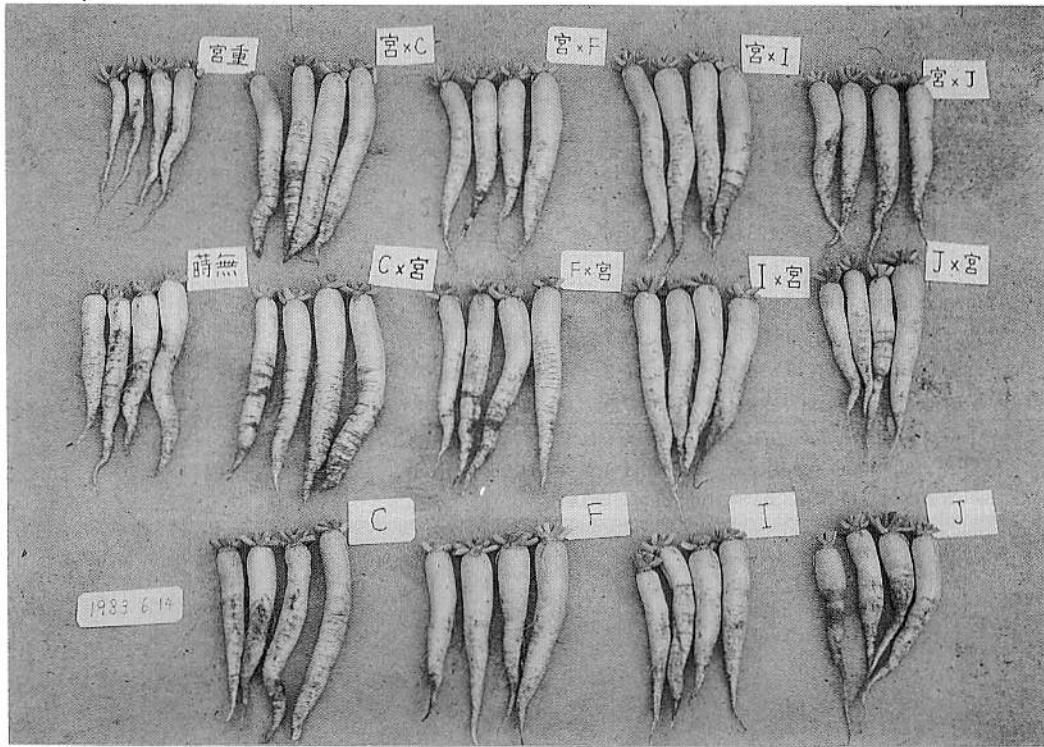


Fig. 2 Growth of 'Aokubi - miyashige' with *R. sativus* - and *R. raphanistrum* cytoplasm in summer cropping.

第5表は秋作における結果を示したものである。根重を見ると、7-3 (F) および5-1 s (I) の両系統においてセイヨウナダイコン細胞質系統の値が高く異種細胞質の影響が考えられたが、他の2系統では有意差がなく、むしろミヤシゲ細胞質の方が高い値であった。次に、相互交配系統とそれらの交配親とを比較すると、いずれの相互交配系統においても値は高く、49%の雑種強勢率を示す組合わせを見られた。第3図は収穫期における交配系統および交配親について示したものである。

3. ビタミンC含量

測定結果は第6表に示す通りであった。ビタミンC含量の最小、最大値において、各系統間で若干の違いを得たものの平均して30mg%前後の値を取り、細胞質間の差は認められなかった。

Table 5 Effect of *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm on the growth of *R. sativus* in autumn cropping (1983).

Strain	Root weight (g) (N=30)	Coefficient of variation (%)	Root length (cm) (N=30)	Coefficient of variation (%)	Heterosis %	
					Root weight	Root length
Miyashige-onaga × 14-3(C)	938.0 ± 392.9#	41.9	40.0 ± 8.8	22.0	+48.5	+19.4
Rec.	845.0 ± 383.8	45.4	38.0 ± 5.6	14.7	+33.7	+13.4
Miyashige-onaga × 7-3(F)	713.3 ± 198.0	27.8	40.1 ± 4.1	10.2	+18.9	+17.6
Rec.	861.2 ± 300.9	34.9	41.8 ± 8.0	19.1	+43.5	+22.6
Miyashige-onaga × 5-1s(I)	720.0 ± 237.6	33.0	37.2 ± 6.7	18.0	+5.7	+3.9
Rec.	916.8 ± 249.7*	27.2	42.7 ± 5.9	13.8	+28.1	+19.3
Miyashige-onaga × 5-2(J)	784.5 ± 246.0	35.5	35.5 ± 6.1	17.2	+21.2	+6.3
Rec.	699.3 ± 237.7	33.8	33.8 ± 4.6	13.6	+8.1	+4.2
(P ₁) 14-3 (C) sib.	649.3 ± 218.9	33.7	35.5 ± 4.8	13.6		
7-3 (F) sib.	585.7 ± 192.1	32.8	35.0 ± 3.7	10.5		
5-1s (I) sib.	817.5 ± 253.6	31.0	35.8 ± 5.0	13.9		
5-2 (J) sib.	680.0 ± 183.4	27.0	33.5 ± 4.8	14.3		
(P ₂) Miyashige-onaga	614.3 ± 204.0	33.2	35.3 ± 4.6	13.0		
Aokubi-nagabuto-miyashige	961.0 ± 279.8	29.1	40.3 ± 4.9	12.1		
Shirokubi-miyashige	777.0 ± 351.8	45.3	37.8 ± 6.3	16.6		
Taibyō-sobutori	838.7 ± 313.0	37.3	30.4 ± 4.2	13.6		

Mean ± standard deviation.

*, **, show the significance at 5 and 1% levels, respectively.

(sowing date : 14 Sept ; harvesting date : 19 Dec.)

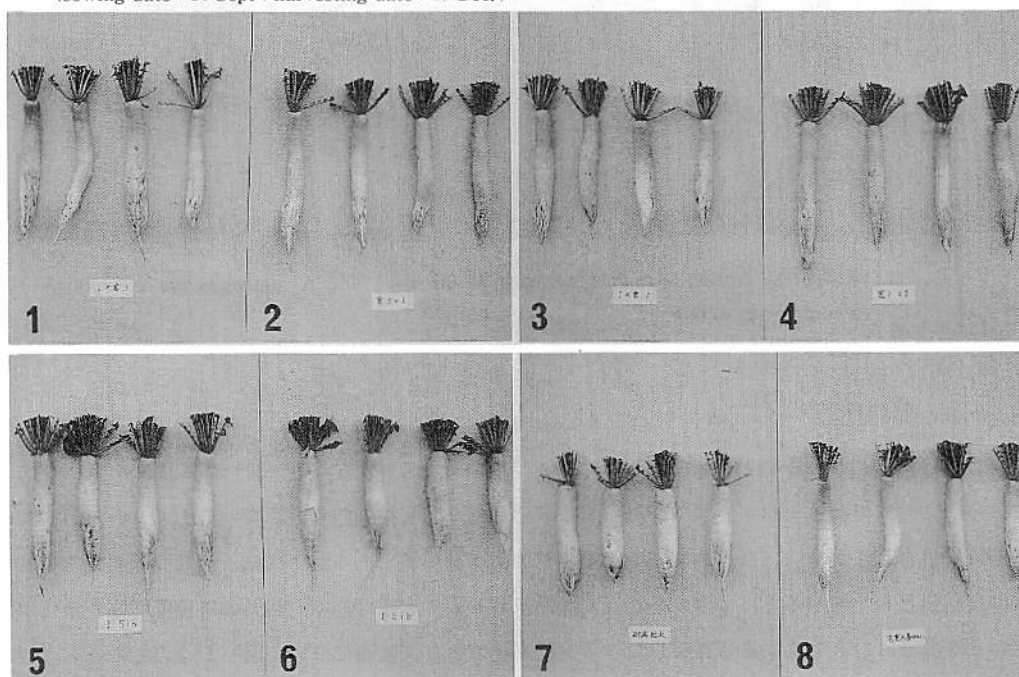


Fig. 3 Growth of 'Aokubi-miyashige' with *R. sativus* - and *R. raphanistrum* cytoplasm in autumn cropping (1983).

1 : 5-1s (I) × 'Miyashige-onaga' ; 2 : 'Miyashige-onaga' × 5-1s (I) ;

3 : 5-2 (J) × 'Miyashige-onaga' ; 4 : 'Miyashige-onaga' × 5-2 (J) ;

5 : 5-1s (I) strain ; 6 : 5-2 (J) strain ; 7 : 'Taibyō-sobutori' ; 8 : 'Miyashige-onaga'.

Table 6 Effect of *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm on the vitamine C content of root in autumn cropping (1983).

Strain	Vitamine C content (mg %) (N=10)				
	Minimum	—	Mean	—	Maximam
Miyashige-onaga × 14-3 (C)	20.9		26.9		34.9
Rec.	28.4		33.4		42.8
Miyashige-onaga × 7-3 (F)	26.6		31.6		31.8
Rec.	24.5		27.1		31.3
Miyashige-onaga × 5-1s (I)	16.2		24.5		30.2
Rec.	24.5		28.2		34.9
Miyashige-onaga × 5-2 (J)	24.5		32.1		39.4
Rec.	21.9		28.4		31.0
(P ₁) 14-3 (C) sib.	19.0		27.9		39.9
7-3 (F) sib.	18.3		25.6		35.7
5-1s (I) sib.	24.5		30.5		33.9
5-2 (J) sib.	28.4		32.3		35.5
(P ₂) Miyashige-onaga	19.8		24.8		32.8

考 察

1. 異種細胞質の効果

異種属間で核置換を行うことにより異質細胞質と核置換親(花粉親)の核内遺伝子との相互作用で種々の遺伝的変異が起こる場合がある。アブラナ科作物において見ると、属間あるいはゲノムを異にする種間での核置換で雄性不稔^{2,3,22)}、自家不和合性の消失¹⁹⁾、葉のクロロフィルの減少^{1,2,4,5,6,15,18)}等の現象が報告されている。

ゲノムが同じである種内での核置換でも花器の異常、開花期の変化等の報告がある^{13,14,26)}。また、細胞質が関与している雄性不稔の例もダイコン²⁰⁾、ナタネ(*Brassica napus* L.)^{23,24,25)}、ツケナ(*B. campestris*)²¹⁾等で見られ、種内での細胞質の分化がうかがわれる。

本試験は *R. raphanistrum* と *R. sativus* との種間での核置換であるが、両者の F₁ の M I での染色体対合が 9 II を示す¹⁶⁾ ことから同一ゲノム間での核置換であり、種内での核置換と同レベルと見なせる。相互交配を行った両細胞質系統を夏および秋に比較栽培したが、細胞質による明確な差異は認められなかった(第4、5表)。前述の通りナタネにおいて細胞質の影響が報告されているが、それらは花器の異常、開花の遅れ、収量など開花以後の形質で、幼植物の形質など開花以前の形質については細胞

質間でほとんど差が見られていない。

両細胞質を持つ秋作のダイコンについてビタミンCの含量を測定したが差異は認められなかった(第6表)。この点は *B. japonica* と *R. sativus* との核置換でも同様であった(未発表)。しかし、異質細胞質の影響で植物の内部成分に変化が見られたという結果が、*Brassica* 属の種間²¹⁾ および *Raphanus* と *Brassica* の属間¹⁾ での核置換で報告されている。

2. 作型に対する適応性

春作における B_4S_2 世代の核置換系統は初期生育において春蒔大根の生育を上回っていた(第1表)。また、相互交配した両系統のガラス室での夏作の結果も交配親および夏作用の「時無大根」の生育を上回っていた(第4表)。この様に核置換および栽培種との交配系統において良好な初期生育および耐暑性を見せているが、これは前述の通り異質細胞質の効果とは思われず、野生種であるセイヨウノダイコンの遺伝子の導入の結果と考えられる。

春作に対する適応性を検討する場合、低温に対する感応性が最大の問題となる。本試験の場合も、抽苔率が1983年と1984年では大きく異なっている(第1, 2表)。ダイコンに対する低温感応性については香川らの詳細な一連の報告^{7,8,9,10,11,12)} がある。また、青首大根の春季における早期栽培の実用化試験も検討されてきている。しかし、前述の通り異質細胞質の影響で開花期が変化した報告も有ることから、より詳細な実験計画を立て、春作に対する適応性を検討していきたい。

もし、青首大根を夏季に栽培することが出来るならば、夏大根の食味の点が問題になっていることより、非常に有意義となる。本試験では初夏にガラス室内で試験的にポット栽培したところ夏大根の「時無大根」より良好な生育を示した(第4表)。この結果はただ一度限りのガラス室での実験であるため検討を要するが、この系統を利用できる可能性は十分であると考えられる。今後、夏作に対する適応性を夏季、圃場条件で検討して行きたいと考えている。また、夏季栽培となると、耐暑性の他に耐干性も考える必要がある。尚、耐干性は細胞質との関係が十分に考えられ、異種細胞質の効果も調査する必要がある。

摘 要

1. セイヨウノダイコン (*R. raphanistrum*) にダイコン (*R. sativus*) を連続戻し交配し、異種細胞質(セイヨウノダイコン)を持つ青首系宮重大根を作出した。
2. B_4S_2 および B_4S_3 世代の核置換系統を春蒔にした結果、初期生育が良好であった。
3. 核置換系統と栽培種の宮重大根とを相互交配し、異種細胞質の効果を調べた。その結果、夏作および秋作ともに異種細胞質の効果は認められなかった。しかしながら夏作における耐暑性が両系統に認められた。
4. ビタミンCの含量は両細胞質間で差異が認められなかった。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、田原三男技官に栽培を担当して頂いた。ここに感謝の意を表する。

引用文献

- 1) BANNEROT, H. , BOULIDARD L. and CHUPEAU Y. (1977) Unexpected difficulties met with the radish. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 2 : 16.
- 2) HEYN, F. W. (1976) Transfer of restorer genes from *Raphanus* to cytoplasmic male sterile *Brassica napus*. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 1 : 15-16.
- 3) 日向康吉・今野 昇 (1979) *Brassica campestris* の核を持ち *Diplotaxis muralis* の細胞質を持つ雄性不稔系統の研究。I. 育成経過と本系統の二、三の特徴。育雑。29 : 305-311.
- 4) IWASA, S. (1963a) Studies on the alloplasmatic effect in the tribe *Brassicaceae*. I. On the *carinata*-cytoplasmic *Brassica pekinensis* induced by successive backcrosses. *J. Fac. Agr. , Kyushu Univ.* 12 : 201-212.
- 5) ——— (1963 b) —————
II. Several conspicuous characteristics appeared in the *carinata*-cytoplasmic *pekinensis* plant. *J. Fac. Agr. , Kyushu Univ.* 12 : 213-228.
- 6) ——— (1963 c) —————
III. On the effect on the manifestation of genome complements in some F₁ hybrids and in the strains having an extrachromosome. *J. Fac. Agr. , Kyushu Univ.* 12 : 229-240.
- 7) 香川 彰 (1955) 大根の低温感応に関する研究。
(第1報) 低温刺戟の移行並びに低温処理中の子葉摘除が抽苔、開花に及ぼす影響。農技研報 E 4 : 265-280.
- 8) ———・佐田 稔 (1957) —————
(第2報) 低温感応の (Stage) ならびに品種間差異について。岐阜大学農学部研究報告 8 : 57-66.
- 9) ———・中村三夫 (1958) —————
(第3報) 高温下における低温処理大根の開花行動について。岐阜大学農学部報告 9 : 32-40.
- 10) ——— (1960 a) —————
(第4報) 低温処理ダイコンの花成におよぼす日長の影響。岐阜大学農学部報告 12 : 8-18.
- 11) ——— (1960 b) —————
(第5報) Vernalization 効果におよぼす生長調整剤の影響。岐阜大学農学部報告 12 : 19-35.
- 12) ——— (1971) 十字花科ソ菜の開花感応性の遺伝に関する研究。岐阜大学農学部報告 31 : 41-62.
- 13) 菅野考己・米本孝一・山口隆・倉田久浩 (1963a) 菜種の正逆交雑における形質発現の差異に関する

る研究。

第 I 報 正逆差の発現する形質。東海近畿農業試験場研究報告 9 : 53-91.

- 14) —————(1963b) —————
- 第 II 報 組合せによる正逆差異。東海近畿農業試験場研究報告 9 : 92-123.
- 15) KATO, M. , and TOKUMASU S. (1980) Nucleus substitution of *Brassica japonica* Sieb. with *Raphanus sativus* L. and its resultant chlorophyll deficiency. *Euphytica* 29 : 97-106.
- 16) 加藤正弘・福山寿雄 (1982) 異種細胞質 (セイヨウノダイコン) を持つ青首系宮重大根の育成。
第 1 報 作出経過および第 4 ~ 6 世代での選抜。愛媛大学農学部農場報告 第 4 号 : 29-37.
- 17) 加藤正弘・福山寿雄・金田 泉 (1985) 愛媛県北条市に在来する地大根 (三月大根) について。
第 3 報 信州・東北および南九州地大根群との特性比較。愛媛大学農学部紀要 30 : 49-57.
- 18) 加藤正弘・徳増 智 (1986) ミズナ細胞質を持つ核置換ダイコンにおける葉緑素欠乏の発現。
愛媛大学農学部紀要 31 : 229-235.
- 19) MIZUSHIMA, U. , and KATSUO, K. (1958) Elimination of self-incompatibility in the common cabbage, *Brassica oleracea* L. , by means of substitution of nucleus. *Proc. X Internat. Cong. Gen. Vol. II* : 191.
- 20) OGURA, H. (1968) Studies on the new male-sterility in Japanese radish, with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seed. *Mem. Fac. Agri. Kagoshima Univ.* 6 : 39-78.
- 21) 大川安信 (1985) *Brassica campestris* における雄性不稔細胞質の発見と *B. napus* 雄性不稔細胞質との比較。農技研報 D 36 : 1-50.
- 22) PEARSON, O. H. (1972) Cytoplasmically inherited male sterility characters and flavor components from the species cross *Brassica nigra* (L.) Koch × *B. oleracea* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97 : 397-402.
- 23) 志賀敏夫・馬場 知 (1973) ナタネ細胞質雄性不稔性とその利用。育種, 23 : 187-197.
- 24) —————(1976) ナタネ細胞質雄性不稔性利用によるヘテローシス育種に関する研究。農技研報 D 27 : 1-101.
- 25) THOMPSON, K. F. (1972) Cytoplasmic male sterility in oil seed rape. *Heredity* 29 : 253-257.
- 26) 山口 隆・菅野考己・米本孝一・倉田久治 (1965) 菜種の正逆交雑における形質発現の差異に関する研究。
第 VII 報 核置換過程における形質発現の変化と細胞質特性の恒常性について。東海近畿農業試験場研究報告 14 : 89-141.

Summary

1. *Raphanus sativus* 'Aokubi-miyashige' with *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm was obtained by means of repeated backcrossing of *R. raphanistrum* to *R. sativus* as pollen donor.
2. When B₁S₂ and B₁S₃ strains with *R. raphanistrum* cytoplasm were cultivated in spring, the growth in early stage was more vigorous than that of parental and spring varieties (Table 1).
3. In order to investigate the effect of alloplasm, reciprocal crosses were carried out between 'Aokubi-miyashige' and substituted strains with *R. raphanistrum* cytoplasm (Table 3).
4. In summer and autumn cropping, there was no difference between *R. sativus* and *R. raphanistrum* cytoplasm (Tables 4, 5 and Fig. 3). However, heat tolerance was observed in both strains (Table 4 and Fig. 2).
5. Vitamine C content of the root in autumn cropping was investigated using HPLC system. However, there was no difference between both cytoplasmic strains (Table 6).