



Title	コムギの細胞質雄性不稔性と稔性回復における環境変異性
Author(s)	松原, 重厚; 大塚, 一郎; 木下, 俊郎
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(1), 84-92
Issue Date	1986-03-31
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12051
Type	bulletin (article)
File Information	15(1)_p84-92.pdf



[Instructions for use](#)

コムギの細胞質雄性不稔性と稔性回復 における環境変異性¹⁾

松原重厚・大塚一郎²⁾・木下俊郎

(北海道大学農学部作物育種学教室)

(昭和61年1月8日受理)

Environmental Variability on Male Sterility and Fertility Restoration in Alloplasmic Wheats¹⁾

Shigeatsu MATSUBARA, Ichiro OHTSUKA²⁾
and Toshiro KINOSHITA

(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo.)

緒 言

Triticum 属や *Aegilops* 属の近縁種から細胞質を普通系コムギへ導入して細胞質雄性不稔系統を作成し、さらにそれらの細胞質と核の相互作用によって稔性を回復させる稔性回復遺伝子を有する系統との組合せによって、一代雑種コムギの商業品種を育成することが試みられるようになった^{1,13)}。

このような育種の基礎となっているのは、1951年の木原²⁾による核置換法の開発であり、*Ae. caudata* の細胞質を普通系コムギの核と組合せることにより初めて雄性不稔系統が育成された。それ以来、この方法は近縁種由来の細胞質置換に広く応用され、多数の異質細胞質型雄性不稔系統とそれらに対応する稔性回復系統が作られた。

現在広く実用化されているのが、*T. timopheevi* 細胞質の雄性不稔性であるが、これを用いて作成した種々の交雑組合せの F₁ について、さきに北米大陸の8カ所で栽培して自殖稔性を調べた成績がある。8カ所の試験地間では稔性の環境変異を生ずることが多く、最高では92%の稔性差を生じている¹⁰⁾。

そこで本研究においては、雑種コムギや、木原の提唱する核・細胞質雑種へ利用するための基礎として、雄性不稔系統の稔性回復についての環境変異性を考察した。まず第一歩として気象や生育条件のかなり異なる場所と

して札幌における春播と横浜における秋播の2条件を選び、5種の細胞質について、稔性回復遺伝子のホモとヘテロの場合に分けて、花粉稔性と自殖着粒率を指標に用いて検討した。

本文に入るに先立ち、貴重な種子を分譲いただいた横浜市立大学木原生物学研究所ならびに京都大学農学部附属植物生殖研究施設に深く感謝の意を表する。

材料および方法

細胞質供与親ならびに核親を Table 1 に示した。*T. aestivum* strain P 168 は *T. aestivum* var. *erythro-spermum* (AABBDD ゲノム) × *Aegilops caudata* (CC) の後代より得られた系統で、1D染色体が *Ae. caudata* 由来の C-sat-2 (1C) により置換されていて、2n=42 の染色体数を有する⁵⁾。*T. aestivum* strain Salmon は2種類の8xライコムギ(AABBDDRR), Mains 56と Bldsoe 56間の交雑の子孫であり、2n=42である。この系統は1Bsの代わりにライムギの1Rs腕を有する¹⁵⁾。*(ovata)*-Yellow Fertile は *(ovata)*-Norin 26 × P168 の交雑後代より生じ、2n=42の染色体数を有していて、1C染色体が構造的に変化しているため、稔性が不安定である。なお1C染色体上には *Ae. caudata* と *Ae. ovata* の両細胞質に対する稔性回復遺伝子および黒穂遺伝子が座乗しているが、*(ovata)*-Yellow Fertile の変形1C(1C'

1) 北海道大学農学部作物育種学教室業績

2) 木原記念横浜生命科学振興財団研究員，横浜市

Table 1. Materials used in the experiments

Line	Genome constitution	Abbreviation used
Cytoplasm donor		
<i>Aegilops caudata</i> var. <i>polyathera</i> (KU No. 6-1*)	CC	<i>caudata</i>
<i>Ae. ovata</i> var. <i>hirsuta</i> (KU No. 9-4*)	C ^u C ^u M ^o M ^o	<i>ovata</i>
<i>Ae. umbellulata</i> var. <i>typica</i> (KU No. 8-1*)	C ^u C ^u	<i>umbellulata</i>
<i>Triticum timopheevi</i> var. <i>typicum</i> (KU No. 107-1*)	AAGG	<i>timopheevi</i>
<i>T. araraticum</i> var. <i>thumaniani</i> (KU No. 196-2*)	AAGG	<i>araraticum</i>
Nucleus donor		
<i>T. aestivum</i> var. <i>erythrosperrum</i>	AABBDD	Tve
<i>T. aestivum</i> cv. Chinese Spring	"	C. S.
" " Norin 26	"	Norin 26
<i>T. compactum</i> strain No. 44	"	<i>T. comp.</i> 44
<i>T. spelta</i> var. <i>duhamelianum</i>	"	<i>T. spelta duh.</i>
<i>T. spelta</i> strain Rumania	"	<i>T. spelta</i> Rum.
<i>T. aestivum</i> strain P168 (disomic-substitution line)	AABBDD+1C1C -1D1D	P168
<i>T. aestivum</i> strain Salmon (ditelosomic-substitution line)	AABBDD+1Rs1Rs -1Bs1Bs	Salmon
(<i>ovata</i>)-Yellow Fertile (disomic-substitution line)	AABBDD+1C'1C' -1D1D	(<i>ovata</i>)-Y. F.

* Genetic stock number in Plant Germ-plasm Institute, Faculty of Agriculture, Kyoto University.

Table 2. Backcross generations of alloplasmic lines used

Name of line	Backcross generation
(<i>caudata</i>)- <i>T. spelta duh.</i>	SB ₂₂
(do.)- <i>T. comp.</i> 44	SB ₂₂
(do.)-Tve	SB ₃₁
(do.)-P168	SB ₁₃
(<i>ovata</i>)-Norin 26	SB ₂₅
(do.)-C. S.	SB ₁₅
(do.)-P168	SB ₁₃
(do.)-Y. F.	
(<i>umbellulata</i>)-Salmon	SB ₁₃
(do.)-C. S.	SB ₂₀
(<i>timopheevi</i>)- <i>T. spelta</i> Rum.	SB ₁₅
(do.)- <i>T. spelta duh.</i>	SB ₁₅
(<i>araraticum</i>)- <i>T. spelta</i> Rum.	SB ₈
(do.)- <i>T. spelta duh.</i>	SB ₁₀

と記略) 上には *Ae. ovata* 細胞質に対する稔性回復遺伝子のみで、黒穂遺伝子を失っているため黄色穂である⁵⁾。

本研究に供試した異質細胞質系統を TSUNEWAKI¹⁴⁾の提案にしたがって、細胞質親の名を括弧内に記し、ハイフンに続いて核親の名を記す。たとえば *Ae. caudata* の細胞質を有する *T. aestivum* var. *erythrosperrum* (Tve) は (*caudata*)-Tve と短縮して表わすこととする。5種の異質細胞質系統についての戻し交雑世代を Table 2に示した。これらの材料を用いて、細胞質雄性不稔性の安定性を確かめるとともに、稔性回復遺伝子をホモに有する系統と、交雑による F₁ で、異質細胞質と稔性回復遺伝子のヘテロ型との組合せを有する場合にそれぞれ生ずる稔性回復程度を調査した。

これらの材料は横浜市立大学木原生物学研究所 (横浜市, 北緯 35.4 度) において秋播栽培を行うとともに、同一材料を北海道大学 (札幌市, 北緯 43 度) における春播条件下において栽培した。自殖着粒率については一系統当たり 5~7 個体、一個体当たり 2 穂以上について第 1 と第 2 穂の中間部分の小花を対象として調査した。花粉稔性は葯の裂開程度と花粉の発達を加味して、正常 (F), 高部分稔性 [PF (high)], 低部分稔性 [PF (low)], および完全不稔 (S) の 4 段階に分類した。

結 果

(1) *caudata* 細胞質系統

T. comp. 44 は *Ae. caudata* 細胞質に対する2種の稔性回復遺伝子を有することが知られている。すなわち、*Rfc2* が 6B 染色体上に、*Rfc3* が 1D 染色体上に座乗している¹⁵⁾。この外に P168 は *Rfc1* を 1C 染色体上に有している^{7,12)}。

実験 1 *T. comp.* 44 を稔性回復遺伝子の給源として、(*caudata*)-*T. spelta duh.* の雄性不稔個体へ交配した (Table 3)。*T. comp.* 44 と *T. spelta duh.* およびそれらの間の正逆交雑では、横浜でも札幌においても正常稔性を示した。*(caudata)*-*T. comp.* 44 は両地で正常稔性を示した。しかし、*caudata* 細胞質を有する F₁ では、両地ともに蒴の不裂開を生じて、完全不稔であった。したがって、*T. comp.* 44 の有する *Rfc2* および *Rfc3* はヘテロになると稔性回復を示さないことが判明した。

実験 2 P168 は稔性回復遺伝子の優性ホモ型、Tve は劣性ホモ型であり、それぞれを花粉親として供試した

(Table 3)。P168 と Tve ならびにそれらの間の正逆交雑 F₁ における稔性は両地ともに正常に近かった。横浜においては (*caudata*)-P168 が 40.1% の着粒率を示し、蒴は部分裂開となり、花粉稔性は部分稔性となった。*caudata* 細胞質を有する2種の F₁ は横浜において、(*caudata*)-P168 に比し、低い稔性を示した。しかし札幌においては (*caudata*)-P168 と F₁ は完全不稔に変わった。したがって、*Rfc1* の効果は環境条件により変異の著しいことが判明した。

なお稔性回復遺伝子を有さぬ (*caudata*)-*T. spelta* や (*caudata*)-Tve. の完全な雌性不稔性は安定していた。

(2) *ovata* 細胞質系統

Chinese Spring は5種の稔性回復遺伝子を有している。すなわち、*Rfo1* が 5Ds 上に、*Rfo2* が 1Bs 上に、*Rfo3* が 7A 上に、*Rfo4* が 5A 上に *Rfo5* が 5B 上に座乗している^{8,16)}。一方 P168 では *Rfo6* を 1C 上に有している⁴⁾。しかし (*ovata*)-Yellow Fertile の稔性回復遺伝子の座乗染色体は 1C' と考えられる。

実験 1 Chinese Spring は稔性回復遺伝子を有して

Table 3. Fertility restoration in alloplasmic Dinkel wheats with *caudata* cytoplasm at two locations

Parent or F ₁ (genotype)	Pollen fertility		Selfed seed set (%)	
	Yokohama	Sapporo	Yokohama	Sapporo
(1) <i>T. spelta duh.</i> (<i>rf rf</i>)	F	F	94.2	74.4
(2) <i>T. comp.</i> 44 (<i>Rfc2 Rfc2 Rfc3 Rfc3</i>)	F	F	97.2	86.0
(3) Tve (<i>rf rf</i>)	F	F	94.4	91.7
(4) P168 (<i>Rfc1 Rfc1</i>)	F	F	96.9	95.0
(5) (<i>caudata</i>)- <i>T. spelta duh.</i> (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(6) (<i>caudata</i>)- <i>T. comp.</i> 44 (<i>Rfc2 Rfc2 Rfc3 Rfc3</i>)	F	F	87.8	73.5
(7) (<i>caudata</i>)-Tve (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(8) (<i>caudata</i>)-P168 (<i>Rfc1 Rfc1</i>)	PF(high)	S	40.1	0.0
F ₁ with <i>aestivum</i> cytoplasm				
(1)×(2) (<i>Rfc2 rfc2 Rfc3 rfc3</i>)	F	F	93.0	86.8
(2)×(1) (do.)	F	F	95.2	85.5
(3)×(4) (<i>Rfc1 rfc1</i>)	F	F	85.9	92.2
(4)×(3) (do.)	F	F	93.8	90.4
F ₁ with <i>caudata</i> cytoplasm				
(5)×(2) (<i>Rfc2 rfc2 Rfc3 rfc3</i>)	S	S	0.0	0.0
(6)×(1) (do.)	S	S	0.0	0.0
(5)×(6) (do.)	S	S	0.0	0.0
(7)×(4) (<i>Rfc1 rfc1</i>)	PF(low)	S	20.9	0.0
(8)×(3) (do.)	PF(low)	S	22.8	0.0

Table 4. Fertility restoration in alloplasmic Dinkel wheats with *ovata* cytoplasm at two locations

Parent or F ₁ (genotype)	Pollen fertility		Selfed seed set (%)	
	Yokohama	Sapporo	Yokohama	Sapporo
(1) Norin 26 (<i>rf rf</i>)	F	F	99.0	93.5
(2) C. S. (<i>Rf_o1-5 Rf_o1-5</i>) ¹⁾	F	F	93.8	94.6
(3) P168 (<i>Rf_o6 Rf_o6</i>)	F	F	96.9	95.0
(4) (<i>ovata</i>)-Y. F. (do.)	F	F	89.8	70.7
(5) (<i>ovata</i>)-Norin 26 (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(6) (<i>ovata</i>)-C. S. (<i>Rf_o1-5 Rf_o1-5</i>)	F	PF(high)	78.9	57.0
(7) (<i>ovata</i>)-P168 (<i>Rf_o6 Rf_o6</i>)	F	—	83.7	—
F ₁ with <i>aestivum</i> cytoplasm				
(1)×(2) (<i>Rf_o1-5 rf_o1-5</i>) ²⁾	F	F	100.0	96.9
(2)×(1) (do.)	F	F	99.8	91.5
(1)×(3) (<i>Rf_o6 rf_o6</i>)	F	F	96.7	93.7
(1)×(4) (do.)	F	F	89.3	75.0
F ₁ with <i>ovata</i> cytoplasm				
(5)×(2) (<i>Rf_o1-5 rf_o1-5</i>)	S	PF(low)	0.0	20.7
(6)×(1) (do.)	S	PF(low)	0.0	36.7
(5)×(6) (do.)	S	PF(low)	0.0	36.9
(5)×(3) (<i>Rf_o6 rf_o6</i>)	PF(high)	PF(high)	77.0	43.0
(5)×(4) (do.)	PF(high)	PF(high)	54.8	40.8
(4)×(1) (do.)	PF(high)	PF(high)	35.5	30.7

- 1) Homozygote of five fertility restoring genes.
- 2) Heterozygote of five fertility restoring genes.

いるので、(*ovata*)-農林 26 号を雄性不稔親として交雑に供試した (Table 4)。横浜においては (*ovata*)-C.S. は正常稔性を示し、自殖着率は 78.9% であった。しかし (*ovata*)-C.S. における穂の上部は退化小花を有し、その部分を除外するならば稔性ももっと高くなる。札幌では葯が未発達で部分裂開性を示し、自殖着率も 57.0% に低下した。一方 *ovata* 細胞質を有する F₁ は札幌においては低部分稔性であった。しかし横浜では葯が完全に不裂開となり、完全不稔となった。したがって、Chinese Spring の有する稔性回復遺伝子による稔性回復は環境条件により著しく変動することが判明した。

実験 2 P168 を稔性回復遺伝子の給源とし、農林 26 号を劣性ホモ型として供試した (Table 4)。農林 26 号と P168 およびそれらの F₁ は横浜、札幌ともに正常稔性を示した。*ovata* 細胞質を有する F₁ は横浜では正常な葯の発達を示したのに反して、札幌では第 1 穂の中央部分の小花においてさえ葯の退化が観察された。F₁ 雑種の花粉稔性は両地ともに約 50% であった (Table 5)。また

Table 5. Restoration of pollen fertility by *Rf_o6* on 1C chromosome in alloplasmic Dinkel wheats with *Ae. ovata* cytoplasm

Line	Genotype	Pollen fertility (%)	
		Yokohama mean ± SD	Sapporo mean ± SD
(<i>ovata</i>)-Norin 26	<i>rf_o6 rf_o6</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
(<i>ovata</i>)-P168	<i>Rf_o6 Rf_o6</i>	96.9 ± 1.2	—*
(<i>ovata</i>)-Y. F.	<i>Rf_o6 Rf_o6</i>	94.3 ± 1.3	93.7 ± 1.2
(<i>ovata</i>)-Norin 26 × P168	<i>Rf_o6 rf_o6</i>	46.0 ± 1.2	46.3 ± 1.3
(<i>ovata</i>)-Norin 26 × (<i>ovata</i>)-Y. F.	<i>Rf_o6 rf_o6</i>	47.8 ± 1.2	48.9 ± 0.8
(<i>ovata</i>)-Y. F. × Norin 26	<i>Rf_o6 rf_o6</i>	47.3 ± 2.4	45.8 ± 1.6

* Growth was extremely delayed and excluded from observation.

自殖着粒率は横浜と札幌でそれぞれ77%と43%であった。(ovata)-P168は札幌において著しく生育が遅れたため稔性調査を行なわなかった。

実験3 (ovata)-Y.F. は稔性回復系統であるので、農林26号と交雑してF₁を作り、稔性回復遺伝子ヘテロ型として供試した(Table 4)。(ovata)-Y.F. は横浜、札幌ともにほぼ正常に近い花粉稔性を示した。農林26号×ovata)-Y.F. も両地でほぼ完全な稔性を示した。しかしovata 細胞質を有する3種のF₁の花粉稔性は両地ともに約50%であった(Table 5)。またovata 細胞質とRf₆をヘテロに有するF₁は横浜・札幌ともにやや低い自殖着粒率を示した。これらの結果から1Cまたは1C'

上に座乗するRf₆はおそらく配偶体的稔性回復を示すと考えられる。しかし(ovata)-P168や(ovata)-Y.F. には、胞子体的に作用する稔性回復遺伝子も含まれているかも知れない。なお環境条件によって自殖着粒率の変異もみられることがあった。一方(ovata)-Norin26の雄性不稔性については環境変異を生じなかった。

(3) *umbellulata* 細胞質系統

Chinese Spring は *umbellulata* 細胞質に対する2種の稔性回復遺伝子を有している。すなわちRf_{u1}は1B上に、Rf_{u2}は2B上にそれぞれ座乗している¹⁵⁾。この実験ではSalmonを雄性ホモ型として交雑に用いた(Table 6)。Chinese Spring と Salmon は横浜と札幌

Table 6. Fertility restoration in alloplasmic Dinkel wheats with *umbellulata*, *timopheevi* or *araraticum* cytoplasm at two locations

Parent or F ₁ (genotype)	Pollen fertility		Selfed seed set (%)	
	Yokohama	Sapporo	Yokohama	Sapporo
(1) Salmon (<i>rf rf</i>)	F	F	88.5	67.0
(2) C. S. (<i>Rfu1 Rfu1 Rfu2 Rfu2</i>)	F	F	93.8	94.6
(3) <i>T. spelta</i> Rum. (<i>rf rf</i>)	F	F	96.6	89.6
(4) <i>T. spelta duh.</i> (<i>Rf3 Rf3</i>)	F	F	94.2	74.4
(5) (<i>umbellulata</i>)-Salmon (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(6) (<i>umbellulata</i>)-C. S. (<i>Rfu1 Rfu1 Rfu2 Rfu2</i>)	PF (high)	PF (low)	40.8	0.7
(7) (<i>timopheevi</i>)- <i>T. spelta</i> Rum. (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(8) (<i>timopheevi</i>)- <i>T. spelta duh.</i> (<i>Rf3 Rf3</i>)	F	PF (high)	93.1	54.0
(9) (<i>araraticum</i>)- <i>T. spelta</i> Rum. (<i>rf rf</i>)	S	S	0.0	0.0
(10) (<i>araraticum</i>)- <i>T. spelta duh.</i> (<i>Rf3 Rf3</i>)	F	PF (high)	89.8	51.5
F ₁ with <i>aestivum</i> cytoplasm				
(1)×(2) (<i>Rfu1 rfu1 Rfu2 rfu2</i>)	F	F	90.4	67.8
(2)×(1) (do.)	F	F	87.8	59.7
(3)×(4) (<i>Rf3 rf3</i>)	F	F	95.7	94.1
(4)×(3) (do.)	F	F	95.6	93.5
F ₁ with <i>umbellulata</i> cytoplasm				
(5)×(2) (<i>Rfu1 rfu1 Rfu2 rfu2</i>)	PF (high)	PF (low)	60.6	0.6
(6)×(1) (do.)	—	PF (low)	—	1.2
(5)×(6) (do.)	PF (high)	PF (low)	39.2	1.6
F ₁ with <i>timopheevi</i> cytoplasm				
(7)×(4) (<i>Rf3 rf3</i>)	F	PF (low)	81.7	22.2
(8)×(3) (do.)	F	PF (low)	77.1	8.8
(7)×(8) (do.)	F	PF (low)	87.7	20.0
F ₁ with <i>araraticum</i> cytoplasm				
(9)×(4) (<i>Rf3 rf3</i>)	F	PF (low)	80.0	13.2
(10)×(3) (do.)	F	PF (low)	74.6	2.5
(9)×(10) (do.)	F	PF (low)	74.2	8.5

論 議

ではほぼ正常稔性を示したが、それらの間の正逆交雑 F_1 では、札幌で約 64% の自殖着粒率を示した。このような稔性低下は Salmon における 1Bs と 1Rs の染色体置換が関係していることを示唆している。また (*umbelulata*)-Salmon の雌性不稔性は安定していた。しかし、*umbelulata* 細胞質を有する稔性回復親ならびにヘテロの F_1 雑種は横浜において部分的な稔性回復を示し、39~61% の自殖着粒率であった。ところが札幌では花粉稔性が低く、自殖着粒率も 0.6~1.6% と低かった。*Rfu1* と *Rfu2* はホモおよびヘテロのいずれでも、同程度の稔性回復を示したが、環境変異性は大きかった。

(4) *timopheevi* 細胞質系統

T. spelta duh. は *timopheevi* 細胞質に対して *Rf3* なる稔性回復遺伝子を 1Bs 上に有している¹¹⁾。*T. spelta duh.* と *T. spelta* Rum. およびそれらの正逆交雑の F_1 では横浜・札幌ともに正常稔性を示した (Table 6)。*timopheevi* 細胞質を有する稔性回復親と F_1 は、ともに横浜では稔性回復がほぼ完全であった。札幌では、おくれ穂に部分的な葯の退化が認められた。これらの *timopheevi* 細胞質系統は核親に比し、自殖着粒率が低く、札幌では第 1 穂の中央部における着粒率でさえ 54% にすぎなかった。*timopheevi* 細胞質を有する F_1 は札幌で低い稔性を示した。また葯も顕著に退化し、自殖着粒率も極めて低く、かつ不安定であった。札幌においては *Rf3* のヘテロ型では不稔になった。なお (*timopheevi*)-*T. spelata* Rum にみられる雌性不稔性は安定していた。

(5) *araraticum* 細胞質系統

実験に供試した核親は (4) の実験に用いた核親である (Table 6)。*araraticum* 細胞質を有する稔性回復親 (*araraticum*)-*T. spelta duh.* およびヘテロの稔性回復遺伝子型を有する F_1 は横浜において正常花粉稔性を示した。しかし札幌では部分稔性に変った。*araraticum* 細胞質を有する F_1 の自殖着粒率は *timopheevi* 細胞質系統の場合と同様に札幌において極めて低かった。*(araraticum)*-*T. spelta* Rum の雌性不稔性は両地ともに完全であった。MAAN は *Timopheevi* 系の *T. dicoccoides* var. *nudiglumis*, *T. araraticum*, *T. timopheevi* および *T. zhukovskyi* の細胞質間には遺伝的分化の差異を認めていない。常脇¹³⁾も *T. timopheevi* と *T. araraticum* 細胞質を同じ群に分類している。このように両細胞質が遺伝的に同一のため、作用する稔性回復遺伝子も同一と考えられる。したがって *timopheevi* 細胞質に作用する *T. spelta duh.* の *Rf3* は *araraticum* 細胞質でも稔性回復に作用すると考えられる。

自家受精であるコムギにおいて一代雑種の商業品種を作成するためには、細胞質雌性不稔-稔性回復遺伝子のシステムを使う必要がある。アメリカ合衆国でこのような一代雑種コムギの計画が始められたのは 1962 年以降であるが¹¹⁾、この基礎となったのは木原²⁾による *Aegilops caudata*-*Triticum vulgare* の組合せによる雌性不稔性の生起を始めとする核置換の研究である。このような核と細胞質の相互作用に関する研究はその後ますます盛んとなった。常脇¹⁷⁾によると、細胞質による遺伝的影響の違い並びに葉緑体 DNA の分子的差異から、*Triticum* と *Aegilops* の両属にある 33 種 43 系統の細胞質は 16 の型に分類された。

本研究では、雌性不稔性を示す 5 種の細胞質系統を用いて、各々の細胞質に働く稔性回復遺伝子のホモとヘテロの状態において、花粉稔性と自殖着粒率に基づく稔性回復程度を環境条件の著しく異なる札幌と横浜において調査した。

元来花粉および種子稔性は種々の環境要因によって変異することが広く知られている。コムギの雌性不稔性と稔性回復について環境要因の影響を調べた事例を抄録した SAGER⁹⁾ の報告によると、N (核)-C (細胞質) の組合せによる稔性回復の一般的傾向として、高緯度すなわち北方地域になる程雌性不稔の強調される傾向がみられ、正常系統でも低温や生育期間の短縮により、穂の先端における不稔の多くなることが指摘されている⁹⁾。

本研究においても、札幌が北緯 43 度、横浜が 35.4 度であり、その上生育期間も前者では春播で短く、後者では秋播で長いといった差がある。稔性回復遺伝子がホモでもヘテロでも、札幌と横浜で自殖着粒率に有意差のみられる場合は、ほとんど横浜の方で稔性が高く、高緯度の札幌で稔性回復の弱まることが指摘されている。しかし *ovata* 細胞質の場合には Chinese Spring の有する胞子体的稔性回復遺伝子が、 F_1 の如きヘテロ型になると、横浜においては不稔であったのに反して札幌では弱い稔性回復を示す。一方同じ *ovata* 細胞質でも P168 や (*ovata*)-Yellow Fertile の有する配偶体的稔性回復遺伝子の場合には、 F_1 の花粉稔性は札幌・横浜ともに安定して約 50% であった。ただ自殖着粒率では札幌の方でやや低下する傾向がみられた。*timopheevi* 細胞質は、一代雑種コムギ作成にもっとも利用されている細胞質であるが、比較的強い稔性回復を示す *T. spelta duh.* の *Rf3* でさえ、ヘテロでは札幌において自殖着粒率の低下が著

しく、少なくとも札幌では *Rf3* だけでは一代雑種コムギの稔性回復に充分でなかった。

木原³⁾の提唱した N-C ヘテロシスを利用する核細胞質雑種の場合にも、稔性回復遺伝子のホモの状態で完全稔性を有することが前提条件となる。供試した細胞質と核の組合せでは、(*caudata*)-*T. compactum*, (*ovata*)-P168, (*timopheevi*)-*T. spelta duh.* および (*araraticum*)-*T. spelta duh.* 等では、正常に近い稔性を有するもの、札幌で栽培するとやや稔性低下のみられる場合が多かった。供試した5種の細胞質に関する限りでは、異質細胞質によって生ずる雄性不稔性についての環境変異は生じなかった。

細胞質提供種と核親の間が遠縁になる程、異質細胞質の影響により雄ずいの雌ずい化や個体の弱勢化といった不利な現象を生じやすい。そこで一代雑種コムギへの利用に当たって稔性回復力の安定性ととも、農業上不利な形質を伴わないことを充分考慮する必要がある。一般に花粉や種子の稔性については同一地でも、年次によって環境条件が異なるために変異を生ずる。また稔性回復については、遺伝的背景や変更遺伝子による影響のみられることがある。雄性不稔性や稔性回復性に関するこのような不安定性を検討した上で、一代雑種コムギや核・細胞質雑種の利用を計るべきであろう。

摘 要

細胞質雄性不稔性を利用して一代雑種コムギを作成したり、核・細胞質雑種において安定した稔性を得るためには、核と細胞質の相互作用による稔性回復機構について環境条件による変異性を明らかにする必要がある。そこで本研究では5種の細胞質とそれらに作用する稔性回復遺伝子を持つ各種遺伝子型を組合せ、ホモとヘテロの遺伝子型の場合に分けて稔性回復の程度を、札幌(春播条件; 4月播種8月収穫)と横浜(秋播条件; 11月播種7月収穫)において、花粉稔性と自殖着粒率の調査によって検討した。各細胞質別に、得られた結果を下記の如く要約する。

1. *Ae. caudata* 由来の細胞質においては、稔性回復を示す *T. compactum* の遺伝子型 (*Rf*₂, *Rf*₃) との組合せにおいて、ホモの場合には、札幌・横浜とともに完全な稔性回復を示し、ヘテロでは両地ともに完全不稔となった。P168 (*Rf*₁) の場合には、ホモの遺伝子型でも稔性回復は不完全となり、横浜で部分稔性、札幌では完全不稔となった。ヘテロの場合も同様な傾向を示し、横浜における稔性回復はホモの場合よりもさらに弱ま

った。

2. *Ae. ovata* 由来の細胞質の場合、P168 や (*ovata*)-Yellow Fertile の有する配偶体的稔性回復遺伝子 (*Rf*₆) のヘテロ型において、花粉稔性は札幌・横浜でも半不稔(約50%)に安定していた。ただし自殖着粒率は札幌でやや低下する傾向が認められた。一方 Chinese Spring との組合せでは、5種の胞子体的遺伝子 (*Rf*₁₋₅) が関係しているとみられるが、稔性回復では、ホモの場合に横浜の方が札幌におけるよりも高くヘテロの場合には逆に札幌の方が部分稔性で横浜では完全不稔となった。

3. *Ae. umbellulata* 由来の細胞質の場合には、Chinese Spring (*Rf*₁, *Rf*₂) によりホモでもヘテロでも横浜では部分不稔となり、札幌ではほとんど稔性を示さなかった。

4. *T. timopheevi* 細胞質は実用的な一代雑種の採種に用いられているが、稔性回復力の高いとされている *Rf*₃ を有する *T. spelta duh.* との組合せにおいてさへ、横浜ではホモでもヘテロでも稔性回復が高かったものの、札幌ではホモ型で54%で、ヘテロ型ではきわめて低稔性となった。*Rf*₃ のみを持つ F₁ 雑種では札幌における稔性回復の不充分なことが明らかになった。

5. *T. araraticum* 細胞質に対しては、*T. timopheevi* 細胞質に対すると同じ稔性回復遺伝子が作用していると考えられる。稔性回復の環境条件に対する反応も全く同一で、札幌ではホモでもヘテロでも稔性回復が不完全であり、特にヘテロの場合にはかなり低稔性であった。

6. 上記の5種の異質細胞質をパンコムギへ導入することにより生じる細胞質雄性不稔性についてはいずれも環境変異を示さなかった。

上記の如く、細胞質と稔性回復遺伝子型の組合せによっては稔性回復に関する環境変異の大きな場合があり、しかもその変異の方向性は必ずしも一様でなかった。しかし一般には札幌の方が横浜よりも低稔性を示す場合が多かった。供試した細胞質と核の組合せでは、いくつかのホモ型の核・細胞質雑種では稔性が完全に近いものがにあった反面、一代雑種コムギとして利用されるヘテロ型においては *timopheevi* と *araraticum* 細胞質に働く *Rf*₃ の横浜における場合を除くならば、稔性回復の不完全となる場合が多かった。今後環境条件を変えたり、稔性回復に関する遺伝子型を増加して、育種の利用の基礎として重要な稔性回復についての変異性を考究したい。

引用文献

1. JOHNSON, V. A. and J. W. SCHMIDT: Hybrid

- wheat. *Advances in Agronomy* 20: 199-233. 1968
2. KIHARA, H.: Substitution of nucleus and its effects on genome manifestations. *Cytologia* 16: 177-193. 1951
 3. KIHARA, H.: Nucleo-cytoplasmic hybrids and nucleo-cytoplasmic heterosis. *Seiken Ziho* 27-28: 1-13. 1979
 4. KIHARA, H. and K. TSUNEWAKI: An effective restorer to male sterile *ovata* cytoplasm. *Ann. Rept. Nat. Inst. Genet.* 15: 69-70. 1965
 5. KIHARA, H.: Studies on the activity of C-sat-2 chromosome of *Aegilops caudata* introgressed to D genomes of common wheat. *Seiken Ziho* 29: 9-17
 6. MAAN, S. S.: Cytoplasmic and cytogenetic relationships among tetraploid species. *Euphytica* 22: 287-300. 1973
 7. MURAMATSU, M.: Homology of chromosomes of *Aegilops caudata* with common wheat. *Wheat Inf. Serv.* 9-10: 32-33. 1959
 8. SASAKI, M., Y. YASUMURO and N. NAKATA: How to change genetic male sterility for cytoplasmic-genetic male sterility in wheat? *Japan. J. Breed.* 31: 244-245. 1981
 9. SAGER, G. C. M.: Nucleo-cytoplasmic relationships in wheat. *Advances in Agronomy* 28: 267-300. 1976
 10. SCHMIDT, J. W., V. A. JOHNSON, M. R. MORRIS and P. J. MATTERN: Cytoplasmic male sterility and fertility restoration. *Seiken Ziho* 22: 113-118. 1970
 11. TAHIR, C.M. and K. TSUNEWAKI: Monosomic analysis of *Triticum spelta* var. *duhamelianum*, a fertility-restorer for *T. timopheevi* cytoplasm. *Japan. J. Genet.* 44: 1-9. 1969
 12. TAHIR, C.M. and T. TSUNEWAKI: Monosomic analysis of fertility-restoring genes in *Triticum aestivum* strain P168. *Can. J. Genet. Cytol.* 13: 14-19. 1971
 13. 常脇恒一郎：一代雑種コムギの育成に関する研究。育種学最近の進歩, 10: 3-21. 1969
 14. TSUNEWAKI, K.: A proposal for the designation of nucleus-substitution lines and fertility-restoring genes in wheat. *Seiken ziho* 21: 27-30. 1969
 15. TSUNEWAKI, K.: Monosomic analysis of two restorer to *Ae. caudata* and *Ae. umbellulata* cytoplasm. *Japan. J. Genet.* 49: 425-433. 1974
 16. TSUNEWAKI, K.: Monosomic analysis on fertility restoring genes in a common wheat, Chinese Spring against *ovata* cytoplasm. *Japan. J. Breed.* 31: 70-71. 1980
 17. 常脇恒一郎：2. コムギ, 細胞質雌性不稔. 山口彦之監修, 134-149, シーエムシー, 東京
 18. TSUNEWAKI, K., Y. MUKAI, T. R. ENDO, S. TSUJI and M. MURATA: Genetic diversity of the cytoplasm in *Triticum* and *Aegilops*. V. Classification of 23 cytoplasm into eight plasma types. *Japan. J. Genet.* 51: 175-191. 1976

Summary

As a basis of the utilization of cytoplasmic male sterility for seed production of hybrid wheat, there is a need to elucidate the environmental variability of male sterility and fertility restoration. In addition, the complete fertility is required for the use of nucleo-cytoplasmic hybrids as a commercial cultivar.

In this paper, the authors used five kinds of alloplasmic male sterility and examined the variability of selfed seed set in the existence of fertility restoring gene or genes in the homo- and heterozygous conditions. The experimental results are summarized depending on the cytoplasm as follows.

1. In *Aegilops caudata* cytoplasm, it is known that *Triticum compactum* possesses the fertility restoring genes *Rf_c2* and *Rf_c3*. In the homozygous condition of the genes, fertility restoration was nearly complete as shown in the fertility of N-C hybrids (*caudata*)-*T. comp.* 44. However, fertility restoration was incomplete in F₁ plants cultivated in both Sapporo and Yokohama. In the fertility restoration due to *Rf_c1* in P168, partial male fertility was maintained both in homo- and heterozygous conditions only in Yokohama, while no fertility restoration occurred even in the homozygous condition in Sapporo.

2. In *Ae. ovata* cytoplasm, the gene, *Rf_o6* from P168 and (*ovata*)-Yellow Fertile indicates restoration due to gametophytic action. Therefore, the pollen fertility of F₁ plants from the crosses involving both lines was semi-sterility (about 50%) through the cultivation in both Sapporo and Yokohama. On the other hand, it is known that Chinese Spring contains at least five genes which are responsible for sporophytic fertility restoration. It was noted that the fertility restoration was different between

Sapporo and Yokohama and the fertility in the homozygous condition was higher in Yokohama than in Sapporo, while a reverse relation was recognized in the heterozygous condition.

3. In *Ae. umbellulata* cytoplasm, fertility restoration due to *Rfu1* and *Rfu2* was incomplete in Yokohama, while nearly complete sterility was shown in both homo- and heterozygous conditions in Sapporo.

4. It is widely accepted that the cytoplasm from *T. timopheevi* is promising for the utilization of hybrid wheats and the gene, *Rf3* from *T. spelta duh* works for strong fertility restoration. Complete fertilities were recognized both in homo- and heterozygous conditions in Yokohama, while only partial restoration was recognized both in homo- and heterozygous conditions in Sapporo. It is believed that another gene or genes for stronger fertility restoration is required for hybrid wheats

cultivated in the northern region in Japan.

5. It was indicated that the restorers for *timopheevi* cytoplasm works in common for fertility restoration in *T. araraticum* cytoplasm. Environmental variation of fertility was similar both in *timopheevi* and *araraticum* cytoplasm showing higher fertilities in Yokohama.

6. Alloplasmic male sterility caused by the five kinds of alien cytoplasm was stably expressed in both locations.

Through the experiments, it was sustained that the intensified degree of male sterility generally appears in an increased degree of latitude. However, the mode of environmental variation was complicated in the different kinds of N-C combinations. It is indispensable to find a strong restorer genotype which would be widely adaptable for different environmental conditions from the stand point of the use of alloplasmic male sterility.