



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	一粒系コムギ (<i>Triticum boeoticum</i>) 由来の細胞質を有する雄性不稔並びに稔性回復パンコムギ系統の育成
Author(s)	松原, 重厚; MATSUBARA, Shigeatsu; 木下, 俊郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(4), 386-391
Issue Date	1985-12-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12038
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(4)_p386-391.pdf



一粒系コムギ (*Triticum boeoticum*) 由来の 細胞質を有する雄性不稔並びに 稔性回復パンコムギ系統の育成

松原重厚・木下俊郎¹⁾

(昭和60年5月15日受理)

Breeding of Male-sterile and Male-fertile Lines of Common wheat Having the Cytoplasm Derived from *T. boeoticum*

Shigeatsu MATSUBARA and Toshiro KINOSHITA

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

緒 言

木原³⁾が *Aegilops caudata* の核をパンコムギの核で置換して、核と細胞質の相互作用に関する一連の研究を始めて以来、コムギ近縁種由来の細胞質について遺伝的多様性が明らかにされた。常脇ら⁸⁾は *Aegilops* や *Tri-*

ticum 両属における細胞質についての研究を集録し、その中には二粒系コムギから普通系コムギへの細胞質伝達を含む進化の系統図 (Fig. 1) が明らかにされている。すなわち、B ゲノムの供与親であるクサビコムギ (*Sitopsis* section) から S 型細胞質が二粒系コムギへ伝達され (ここでは仮りに (B) と記す)、それが普通系コムギへと伝達されていった。

また木原の核置換法を用いて、A ゲノムを有する一粒系コムギ (*T. boeoticum*) 由来の細胞質 (A) やタルホコムギ (*Aegilops squarrosa*) 由来の細胞質 (D) によって (B) 細胞質を置き換えると、細胞質と稔性回復遺伝子の和合関係から (D) AABBDD と (D) AABB+1D では稔性が完全となるが、(A) AABBDD および (A) AABB では雄性不稔を示すことが知られている^{1,4,5,7)}。

本研究では、A ゲノムを有する一粒系コムギ *T. boeoticum* から由来する細胞質の育種的利用を計るためにまず、従来作成されている例にならって細胞質雄性不稔系統を育成し、さらに A ゲノムから稔性回復核遺伝子の導入を計って稔性完全な稔性回復系統を育成することを計画した。細胞質ならびに核遺伝子源としては合成複2倍体の (*boeoticum*) AADD を使い、戻し交雑によって *T. aestivum* cv. Chinese Spring へ導入して、雄性不稔ならびに完全稔性を示す2種のパンコムギ系統を育成することができた。

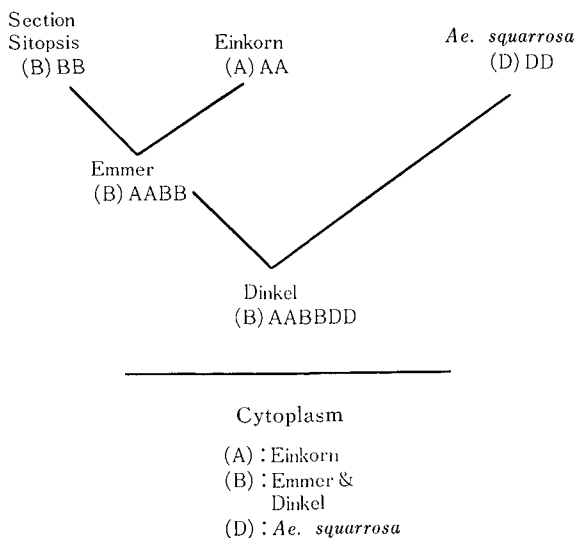


Fig. 1. Evolutionary process of cytoplasm in Tribe Triticeae.

1) 北海道大学農学部作物育種学教室業績

材料及び方法

供試した細胞質親は、合成複2倍体の (*boeoticum*) AADD である。これは SEARS により1954年に育成され、岐阜大学の古田喜彦氏により分譲を受けたものである。核親の *T. aestivum* cv. Chinese Spring (以後 C.S. と略記) は横浜市立大学木原生物学研究所の保存系統である。これらの材料を用いて北海道大学農学部作物育種学教室において交雑ならびに選抜実験を行なった。なお材料は温室および圃場で栽培され、染色体観察には、酢酸アルコール溶液を固定液として、酢酸カーミン溶液で染色し、おしつぶし法により標本を作成して検鏡した。

結 果

1. 合成複2倍体の特性

細胞質親に合成複2倍体 (*boeoticum*) AADD を選んだ理由としては、パンコムギへ稔性回復遺伝子を導入する場合、4倍体であればパンコムギ(6倍体)との倍数性の差が小さく、ゲノム構成からも戻し交雑も容易となるであろうとの配慮に基づいている。この複2倍体は、*T. boeoticum* 由来の細胞質ならびに A ゲノムに由来する稔性回復遺伝子(以後 *Rfbo* と略記)を有し花粉稔性ならびに自殖着粒率がともに正常であった。合成複2倍体を雌性親に用いて C.S. の花粉により受粉したところ、F₁ では 2n=34 および 36 の染色体数を有する F₁ 個体が得られた。したがって、雌性親の配偶子中には異数体が含まれていたと考えられる。このような異数性配偶子に

ついてはライコムギなどでよく知られているところである。

2. F₁ および戻し交雑初期世代 (SB₁, SB₂)

(*boeoticum*) AADD を雌性親に用い、C.S. を雄性親として交配した組合せの F₁ では9個体が得られた。発芽率は100%であり、染色体数は 2n=34 が1個体、2n=35 が3個体、2n=36 が2個体であった。染色体対合は、いずれもかなり不規則であって、花粉稔性は平均0%、自殖着粒率も0%であった。C.S. との交配による着粒率すなわち雌性稔性は4%であった。また穂長は複2倍体の AADD に似て、長穂・短芒となる特徴が認められた (Table 1)。

2n=34 の F₁ 個体へ C.S. を花粉親として戻し交雑したところ 45 粒が得られ、その中 24 粒が発芽して、他に発根せず枯死したのが 2 個体みられた。22 個体のうち 17 個体は 2n=37~57 で他に不明が 5 個体あった (Table 2)。対合状態はなお不規則であって、2n=41 の No. 55-4 を例にとると、17II+7I, 1III+17II+4I, 1V+14II+8I, 2III+14II+7I, 1III+14II+10I なる各対合型が観察された。花粉稔性は0%~44%の範囲であった。Table 2 には、ある程度の稔性を示した 8 個体についての結果を記載した。蒴は不裂開の個体が多かったが、部分的に裂開する個体も出現した。しかし自殖着粒率はすべて0%であった。

SB₁ で 2n=41 を示した No. 55-4 個体へ C.S. を花粉親として戻し交雑を行なった次代の SB₂ 個体では、14 粒中 9 粒が発芽した。染色体数は Table 3 に示す如く、

Table 1. Characteristics of F₁ plants of (*boeoticum*) AADD×C.S.

Plant number	Chromosome number (2n)	Pollen fert. (%)	Anther*	Open seed set (%)	Spike length (cm)
1	36	0	1	0	13.5
2	35	0	1	0	13.0
3	35	0	1	0	12.5
4	35	0	1	0	13.0
5	35	0	1	0	12.5
6	34	0	1	0	12.5
7	36	0	1	0	13.0
8	35	0	1	0	13.0
9	?	0	1	0	12.0
Mean	—	0	1	0	12.8
C. S.	42	98.0	3	98	8.1

* 1-indehiscent, 2-partial dehiscent, 3-complete dehiscent.

Table 2. Characteristics of SB₁ plants of (*boeoticum*) AADD×C. S.

Plant number	Chromosome number (2n)	Pollen fert. (%)	Anther	Open seed set (%)	Spike length (cm)
53-1	44	20	1	0	12.5
53-3	37	8	1	0	11.0
53-5	45	8	1	0	11.5
55-4	41	2	1	0	10.0
55-6	42	23	2	0	13.0
55-7	?	21	1	0	9.5
56-1	56	44	2	0	13.0
57-2	56	3	2	0	9.5
Others	38-57	0	1-2	0	6.5-14.5
Mean	—	6.5	1.4	0	10.8
C. S.	42	95	3	100	9.0

Table 3. Characteristics of SB₂ plants of (*boeoticum*) AADD×C. S.

Plant number	Chromosome number (2n)	Pollen fert. (%)	Anther	Open seed set (%)	Spike length (cm)
2-2-2	39	50	3	17	8.0
2-2-6	42	64	2	18	9.0
2-2-9	41	45	1	2	7.0
Others	39-42	0	1-3	0-6.5	5.5-11.0
Mean	—	13.4	1.5	3.8	7.9
C. S.	42	98	3	100	7.8

2n=39~42の範囲内にあった。花粉稔性では、0%が4個体で、残り3個体はそれぞれ50%、64%、45%であった。葯の裂開性もこの世代になると、No. 2-2-2個体の如く、正常裂開となり、初めて自殖着粒もみた。穂長は核親のC. S.と同程度までに短縮した。

3. 稔性回復系統の育成

SB₂で2n=39を示したNo. 2-2-2個体の自殖着粒によって得られた17粒中からは4粒が発芽した。染色体数を決定できたのは2n=41の1個体のみであった。花粉稔性は、温室条件によっては、84.3%を示し自殖着粒率も90%以上であった。

SB₂F₁中で2n=41を示したNo. 2-2-2-1個体から自殖着粒種子22粒を得て、全粒が発芽した(Table 4)。染色体数の変異幅は2n=40~43であった。内訳としては、2n=40が1個体、2n=41が6個体、2n=42が9個体、2n=43が2個体で、他に不明が4個体あった。染色体対合においては、2n=42の個体で20II+2Iを示す場合と、

21IIを示す場合があり、同一の葯中に両型が混在する場合もみられた。20II+2Iの対合型は一価染色体の構造的差異によると考えられる。花粉稔性では、正常ならびに、0%の個体がそれぞれ、17個体と5個体ずつ含まれ、3:1の比に適合した($\chi^2=0.061$, $P=0.80\sim 0.90$)。すなわち1対の稔性回復遺伝子による可能性が考えられる。しかし仮説検定のためには次代を育成せねばならない。No. 2-1-21個体では自殖着粒がまったくみられず、植物体も貧弱であった。染色体数や対合型と、花粉稔性・自殖着粒率の間には、明らかな関係はみられなかった。

SB₂F₂のNo. 2-1-7個体は2n=42で、21IIを形成し、花粉稔性99.2%、着粒率100%なる成績を示した。自殖次代はすべて2n=42となった。この世代に至り穂形・穂長・自殖着粒率はともに正常となり、*T. boeoticum*由来の細胞質とAゲノム由来の稔性回復遺伝子を有する稔性回復系統が育成されたことになる。

Table 4. Characteristics of SB₂F₂ plants of (*boeoticum*) AADD×C. S.

考 察

Plant number	Chromosome number (2n)	Chromosome pairing	Pollen fert. (%)	Open seed set (%)
2-1-1	42	20''+2'	97.7	91
-2	?	?	96.1	100
-3	41	20''+1'	98.2	91
-4	42	20''+2'	89.7	91
-5	?	?	99.2	95
-6	42	20''+2'	93.7	94
-7	42	21''	99.2	100
-8	41	20''+1'	61.5	100
-9	42	20''+2'	93.3	95
-10	41	20''+1'	97.0	99
-11	?	?	61.4	0
-12	42	20''+2'	97.9	85
-13	?	?	96.8	80
-14	42	20''+2'	97.6	96
-15	43	21''+1'	86.5	95
-16	41	20''+1'	80.2	98
-17	43	21''+t'	89.4	86
-18	41	20''+1'	0.0	93
-19	40	19''+2'	0.0	64
-20	41	20''+1'	0.0	97
-21	42	20''+2'	0.0	85
-22	42	20''+2'	0.0	94
C. S.	42	21''	95.0	95

4. 雄性不稔系統の育成

SB₂ の No. 2-2-2 個体へ C. S. を戻し交雑したところ 7 粒の SB₃ 種子を得た。それらのうち発芽したのは 2 個体のみであった。再び C. S. により戻し交雑を行なった結果、21 粒の SB₄ 種子が得られ、催芽した 6 粒はすべて発芽した。この世代では雄性不稔性の分離を生じていたので、2n=41 の不稔個体へ C. S. をさらに戻し交雑した。SB₅ 種子は 15 粒すべてが発芽し、染色体数を決定できた 10 個体のうちには 2n=41 と 42 が 6 個体および 4 個体ずつ含まれていた。この世代ではすべて雌性不稔性を示し、生育力もやや劣っていて、出穂期は約 11 日遅れた。SB₆ では 2n=41 と 42 が混在したが、雄性不稔は完全であり、蒴は退化していた。なお、戻し交雑による着粒率は正常で、雌性稔性はほぼ正常であり、雄性不稔系統が育成された。

一粒系コムギ種からの細胞質を有する二粒系コムギやパンコムギでは、通常、生育の劣化や雄性不稔性を示すことが知られている^{5,8)}。本研究では一粒系コムギ *T. boeoticum* 由来の細胞質ならびに A ゲノムからの稔性回復遺伝子を有する合成複 2 倍体 (*boeoticum*) AADD を細胞質供与親とし、一方 Chinese Spring を核親として連続戻し交雑を行なった。SB₅ では雄性不稔性を生じ、生育力も劣化した。しかし、SB₂ 中の自殖稔実種子の後代について自殖を重ねた結果 SB₂F₃ において、稔性が正常で、生育力も正常な稔性回復個体を生じた。一般に連続戻し交雑を重ねると、稔性回復核遺伝子と生育力に関係する核遺伝子 (*Vig* 遺伝子と仮称) の双方が劣性型となり、完全雌性不稔へ収れんして、生育力も低下すると考えられている。しかし *Vig* が何らかの原因で核内に残っている場合には生育力はさほど低下しない。本実験の SB₅ 中にみられた C. S. (核親) よりやや生育の劣る個体はこのような *Vig* 残存型と考えられる。SB₂F₂ における 2n=42 を示した個体の染色体対合ではほとんどが 2I を有していたことから、この A ゲノム中にはパンコムギの A ゲノムとは構造的差異を有する染色体が一本伝達されていたと考えられる。JOPPA and MAAN (1982) によれば、*T. durum* selection 56-1 (♀) に *T. boeoticum* Boiss (♂) を交配した F₂ においても 13II+2I なる対合型が示され、一對の不对合染色体の存在することが知られている。さらに自殖を重ねると 13III+XII+4BI なる対合型個体も得られ、この X 染色体はパンコムギの 4B 染色体と補償関係にありながら 4A, 4B, 4D のいずれとも対合しないような一粒系コムギ由来の染色体であると報告されている。また、松原⁶⁾によれば、*T. durum* と *T. boeoticum* の相反交雑 F₁ (AAB) の染色体対合では、モードが 6II+9I となり、一粒系コムギの染色体の一本が、二粒系コムギの A ゲノム染色体とは不对合となった。以上の二例の報告から推察して、SB₂F₂ 中の不对合染色体は一粒系コムギ由来している可能性が考えられる。

SB₂F₂ では花粉稔性も正常な個体を生じた。さらに SB₂F₃ では完全稔性に固定しており、穂形・穂長などもパンコムギの特徴を示すようになった。ここに *T. boeoticum* 由来の細胞質を有し、しかも稔性回復型のパンコムギ系統が初めて育成されたこととなる。なおこの複 2 倍体の A ゲノムに由来する稔性回復核遺伝子 (*Rfbo*) は、同じ A ゲノムに含まれていると考えられる構造的差異

を有する染色体との間で特に関係はみられなかった。したがって、稔性の安定しているパンコムギと考えられる。

摘 要

一粒系コムギの細胞質とAゲノム由来の稔性回復核遺伝子をパンコムギの栽培品種であるChinese Springへ導入することを計画した。細胞質置換の方法としては、合成複2倍体の(*boeoticum*)AADDを雌性親に、Chinese Springを核親に用いて、連続戻し交雑を行なった。F₁では、2n=34~36の個体が出現し、その染色体対合は非常に不規則であった。また雌性稔性は4%内外であり、完全雄性不稔であった。SB₁では、2n=37~57となり、染色体対合はなお極めて不安定であった。蒴はまれに裂開したが、雄性不稔性を示した。SB₂では2n=38~42で、花粉稔性は50%前後まで向上し、初めて自殖稔実が得られた。SB₂F₁では、2n=40~43であった。2n=42における染色体対合では21IIが1個体で残りはすべて20II+2Iを示した。このことから、2本の一価染色体は互いに構造的な差異を示すと考えられた。花粉稔性は正常と完全不稔の個体を3:1の比に分離した。SB₂F₃では、2n=42で、21II(closed bivalents)を示す個体から成り、花粉稔性・着粒率はともに正常となった。したがって*T. boeoticum*の細胞質を有する稔性回復系統が育成できた。一方、SB₂の部分稔性個体へ連続戻し交雑を行なったところ、SB₃に至って完全雄性不稔系統を得た。この系統の蒴は完全に退化していて不裂開であり、生育力もやや劣って、出穂期はC.S.と比べて約11日遅れとなった。

本研究において、細胞質雄性不稔系統(A系統)が育成され、Chinese Springはその維持系統(B系統)として使用できる。また、新たに稔性回復系統(R系統)も育成されたので、これらの3系統を用いるならば、将来、雑種コムギの作成にも利用できる。

引用文献

- HORI, T. and TSUNEWAKI, K.: Study on substitution lines of several emmer wheats having the cytoplasm of *Triticum boeoticum*, Seiken Ziho., **19**: 55-59. 1967
- JOPPA, L. R. and MAAN, S. S.: A durum wheat disomic-substitution line having a pair of chromosomes from *Triticum boeoticum*, Can. J. Genet. Cytol., **25**: 210-214. 1982
- KIHARA, H.: Substitution of nucleus and its effects on genome manifestations, *Cytologia*,

16: 177-193. 1951

- MAAN, S. S. and LUCKEN, K. A.: Additional cytoplasmic male sterility-fertility restoration systems in *Triticum*, W. I. S., **23**: 6-9. 1967
- MAAN, S. S. and LUCKEN, K. A.: Male sterile durum: Interaction of *Triticum boeoticum* and *T. monococcum* cytoplasm and *T. durum* nucleus, W. I. S., **26**: 5. 1968 b
- MATSUBARA, S.: The study on genetic effect of alloplasm in the genus *Triticum*, Master Thesis. Hokkaido Univ. 1980
- OHTSUKA, I.: Function of D genome chromosome on the compatible relation between wheat genomes and *Aegilops squarrosa* cytoplasm, Seiken Ziho., **29**: 18-39, 1980
- TSUNEWAKI, K. et al.: Genetic diversity of the cytoplasm in *Triticum* and *Aegilops*. V. Classification of 23 cytoplasm into eight plasma types, *Jap. J. Genet.*, **51**: 175-191. 1976

Summary

In the alloplasmic series of *T. aestivum* cv. Chinese Spring which was developed by TSUNEWAKI et al. (1976), only a male sterile line having a *T. boeoticum* cytoplasm was obtained, while the production of male fertile counterpart was unsuccessful.

This study was aimed to develop three lines including a fertility restorer line which are necessary for the use of male sterility.

In the initial cross of our study, amphidiploid of (*boeoticum*)AADD was used as female parent for crossing to Chinese Spring. In F₁ generation, eight plants had the somatic chromosome number of 2n=34 to 36 and their chromosome pairings in PMCs were considerably irregular. As a result, the plants showed about 4% female fertility and complete male sterility. Seventeen plants in SB₁ generation had the somatic chromosome number of 2n=37 to 57 with very unstable chromosome pairings in PMCs. Anthers of the plants were rarely dehiscent and the plants were complete male sterile. Nine plants had the somatic chromosome numbers of 2n=39 to 42 in SB₂ generation. Three of these plants had about 50% pollen fertility and a few seeds were obtained by selfing. In SB₂F₁ generation, one plant with the somatic chromosome number of 2n=41 had pollen fertility and seed setting of 84.3% and more than 90% respectively.

Variation of the chromosome number in SB_2F_2 generation was small ($2n=40$ to 43). As regards the plants with the somatic chromosome number of $2n=42$, one plant had the pairing configuration of 21 II while the others had $20\text{ II}+2\text{ I}$ in PMCs. Therefore, it was considered that a univalent chromosome probably derived from the initial amphidiploid was structurally different from its possible partner of Chinese Spring. In addition, a segregating ratio shown between male fertile and sterile plants fitted the 3:1 ratio probably due to a single fertility restoring gene. In SB_2F_3 generation, normal plants with a regular somatic chromosome number of $2n=42$ with chromosome pairing of 21 II (closed bivalents) in PMCs were successfully obtained. Their pollen fertility and selfed seed sett-

ing were normal under the cytoplasm derived from *T. boeoticum*. A complete male sterile line was also bred true in the progenies of successive backcrossings to Chinese Spring in SB_5 generation. The plants had completely degenerated pollens and indehiscent anthers, while plant vigor was depressed and the heading date was delayed by eleven days in comparison with Chinese Spring. This male sterile line (A line) is maintained by the crossing to Chinese Spring as B line. The development of the three lines such as male sterile (A line), maintainer (B line) and male fertile (R line) of *T. aestivum* cv. Chinese Spring possessing the cytoplasm derived from *T. boeoticum* are important for their utility in the seed production of hybrid wheat.