Tuyohiro Tozu : Effect of the embryo transplantation of wheat and rye with reference to their hybridization. (With English Summary, p.271) Japan. J. Breeding Vol. 16, No. 4. 1966.

Synopsis. The effect of embryo transplantation on the crossability of wheat (*Triticum aestivum*) and rye (*Secale cereale*) was tested. In connection with the crossability with rye of the 6 wheat varieties and the wheat-rye strain used, 4 wheat varieties were poor, 2 wheat and wheat-rye were strong. The effect of embryo transplantation was quite small or non-existent.

小麦とライ麦間の胚移植が交雑親和性に及ぼす影響*

戸 津 侃 公

(静岡大学農学部)

優良品種の育成にあたって、品種間の交雑育種は多大の効果をあげてきた。しかし品種、系統間の形質組合せは、一代雑種の雑種強勢等を利用するとしても、早晚その限界に達し、尽きることのない人類の希望、要求に応じ得ない結果となつてくる。特に重要作物であつて、育種の進んだ種類にこの傾向が強い。栽培品種と近縁の種属に属する植物の中には栽培品種では、在来品種等にはあつたものですでに消滅していると思われる形質或は特殊の優良形質を持つている場合がある。これ等の優良形質を栽培植物の中に導入することが出来れば画期的な新型作物が育成される可能性が考えられる。現在栽培されている小麦や菜種が自然界において合成された経路や、ジャバにおける甘蔗 (DEVENTER, 1927; 森谷, 1941) の育成経過を見ればこれ等の事情は明瞭である。

種間交雑等類縁関係の遠い種類の間に交雑育種を行なうに当つて多くの場合、第一に遭遇する問題は、雑種植物を得るに困難を伴うことである。この際何等かの方法によつて雑種が容易に得られるならば、育種に及ぼす効果は多大である。禾穀類の胚移植に関する研究は山崎 (1940) 等によつて進められ、移植の方法、胚に対する胚乳の影響が検討されている。種属間交雑における胚移植の利用については小麦・*Elymus* 間で試みられ、次いで HALL (1954, 1956) は小麦・ライ麦間の雑種育成に効果をあげている。すなわち小麦とライ麦との雑種を育成するに当つて、小麦種子の胚をライ麦種子の胚乳に移植するとこれより生育した小麦はライ麦胚乳の影響を受け、ライ麦との交雑親和性を増し、交雑困難な組合せの間に雑種々子が多数得られ、更にライ麦との交雑親和性の高い小麦においてもその程度を高めるとしている。本実験はこれ等の報告に基づいて、小麦とライ麦との交雑にお

ける胚移植の効果をわが国の材料について検討したものである。

この実験は、胚の移植は 1957 年秋京都大学において行ない、生育後静岡大学農学部に移植して、1958 年授粉を行なつたものである。この間懇篤な指導を戴いた京都大学赤藤克己教授および種々便宜を与えられた赤井重恭教授に深く感謝の意を表する。

I. 実験材料

実験材料は当研究室保存のもので、ライ麦との交雑親和性の程度の判明しているものから特に低いものと高いものを選んだ。すなわち小麦では低いものとして西村変、鴻巣 25 号、本系 124 号、フルツの 4 品種で、高いものとしては西村、農林 29 号の 2 品種およびライ小麦の (西村×ライ麦) F_8-26 で、ライ麦はペトクーズを用いた。このうち西村変はライ麦との交雑親和性の高い西村から突然変異によつて生じた親和性の極めて低い 1 個体を後代において固定したもので完全優性の不親和性遺伝子“C”を有している (戸津, 1958)。主にこの西村変と西村を用いて実験を行なう計画をたて、外に開花の進度が除雄授粉等の作業進度に適するものを材料とした。尚、ライ小麦 (西村×ライ麦) F_8-26 は西村×ライ麦の F_1 種子をコルヒチン処理して得た稔性ある複二倍体型

Table 1. Wheat variety and its crossability with rye

Wheat	Crossability
Nisimura-kawari Kōnosu No. 25 Honkei No. 124 Fultz	Poor
Nisimura Nōrin No. 29 (Nisimura×Rye) F_8-26	Strong

* 本要旨は日本育種学会第 14 回講演会 (1958) に発表
1965 年 11 月 29 日受領

の後代でライ麦染色体の若干を持つと思われる稔性の高い小麦型のものである。供試材料のライ麦との交雑親性の程度は Table 1 の如くである。

II. 実験方法

本実験において最も重要な事項は、如何にして完全にかつ他の部分を残さないように、胚と胚乳を分離するかということである。小麦、ライ麦等禾穀類の胚と胚乳は盤状体 (Scutellum), 表皮層 (Epithelium) をもって接しており、作業に当つて胚または胚乳を傷けず、また他部を残さずに完全に取り出すことは極めて困難である。それで山崎 (1940) の方法によつて剥離出来る程度に吸水させた後に操作を行なつた。これを少し詳細に述べると、小麦・ライ麦共に長時間浸水すれば胚と胚乳の分離は容易になるがこの間に胚がこの胚乳の影響を受けるものと思われるので、胚と胚乳を完全に分離出来る作業に便利なる最も短い時間として、夕刻 17 時にペトリ皿に濾紙を敷き、この上に種子をならべて吸水させ、翌日午前中に操作を行なつた。操作に当つては、胚または胚乳を取り出す際それぞれの部に傷をつけない様に、他の部分を残さない様に注意して所期の目的を達することが出来た。操作はまず種子を 500 倍昇汞水にて滅菌し、滅菌水にて洗滌した後、医科手術用両刃のメスにて行ない、分離後はそれぞれ目的とする胚と胚乳を胚乳の属する方の胚乳で作つた糊で接着し、一部はメルク会社製のカゼインで接着すなわち胚移植を行なつた。胚乳糊は胚乳を粉碎し、水を入れてよく練り、これを高温で滅菌する間に糊状となつたものである。尚、一部はライ麦胚乳をメスで切断し、その切断面に小麦胚を接着、即ち移植を行ない、これを“胚乳切断ライ麦 cut rye”とした。これは種子から胚乳を丁寧に除去した胚と胚乳をメスにて切断し、切断面に胚を移植したものが同等かそれに近い効果があるとするれば作業が簡単で操作に便利であるから、その効果の有無を試みたものである。

HALL (1954) は小麦胚をライ麦胚乳に移植してから 1 時間後に滅菌土壌を入れた鉢に植えているが、これは胚と胚乳がよく接着していて胚が胚乳の養分を受けて生育したものであるか、離れて土壌中の養分を吸収して生育したものであるか否かを見極めることが出来ない不便があり、また著者の経験では接着面の糊に菌が発生し易いものである。それで胚移植を終つたものはペトリ皿に寒天を流したものの上におき、無菌状態で発芽させた。この間雑菌によつて汚染されたものは廃棄した。胚に胚乳を移植しない分離したままの胚では、発芽後の生育が緩慢であるので馬鈴薯寒天培養基を用いた。胚を置床したペトリ皿は胚の発育を促進し、菌による汚染を少なくす

るために 25°C の恒温器内に保つたが、大体 2 日後には発芽し 1 週間後にはよく伸長するのが見られた。発芽したものは光線不足のため黄化徒長するので、その後暫らくの間窓際の明所におき緑化してから鉢に移した。この時の生育の一部を示せば Table 2 に示す如くである。Table 2 によれば葉根共によく伸び、葉は 2.0~9.0 cm, 根は 2.3~5.8 cm, 3.2~5.1 本に達している。

Table 2. Growth of embryo transplanted in Petri-dish

Embryo/Endosperm	Culm	Root	
	length	length	No.
Konosu No. 25/Rye	9.0	5.8	5.1
Honkei No. 124/Rye	6.1	3.7	4.2
Nōrin No. 29/Rye	2.0	5.2	4.2
" /Konosu No. 25	3.5	2.7	4.2
" /Honkei No. 124	5.8	6.2	3.2
(Nisimura × Rye) F ₈ -26/Rye	3.4	2.3	4.4

胚移植の様式は胚/胚乳で示した。たとえば西村/ライ麦は小麦品種西村の胚をライ麦胚乳に移植したもので、西村/— は分離した西村の胚を他の胚乳に移植せずにそのまま発芽生育させたものである。一部ライ麦の胚を小麦およびライ小麦の胚乳に移植したものを花粉親としたが、これは母本、すなわち授粉される側の胚に胚乳の影響があるとすれば花粉親の胚にも同様に胚乳の影響が期待されるからである。小麦、ライ麦とあるのはそれぞれ無処理の標準を示している。

授粉は圃場において行なつた。先ず 1~2 日後に開花を始めるとされる穂について、各種 10~12 花を除雄し他は除去した。授粉は小麦とライ麦間の交雑においては除雄後 1~2 日に行なうのが最も適当である (戸津, 1955) ので主として除雄後 1~2 日に、一部は天候の都合で 3 日に行なつた。圃場で成熟を待ち収納し稔実粒数を調査した。

III. 実験結果とその考察

稔性の調査結果は Table 3 に示す如くである。Table 3 には次の交雑組合せが見られる。

[I] 群 交雑母本を処理した場合

(1) 小麦/ライ麦 × ライ麦 すなわち小麦胚をライ麦胚乳に移植したものにライ麦を授粉したもの。

(2) 小麦/胚乳切断ライ麦 × ライ麦 すなわち小麦胚を切断したライ麦胚乳に移植したものにライ麦を授粉したもの。

(3) 小麦/小麦 × ライ麦 すなわち小麦胚を小麦胚乳

Table 3. Percentage of successful crosses between wheat and rye after embryo transplantation

(1958)

No.	♀	♂	Pollinated days after emasculation	Pollinated		Successful crosses	
	Embryo/Endosperm	Embryo/Endosperm		individuals	florets	No.	%
1	Nisimura-kawari	Rye	2	5	268	1	0.4
2	" /Rye	"	"	16	555	8	1.4
3	Konosu No. 25	"	2	3	31	1	3.2
4	"	Rye/(Nisim.×Rye) F ₈ -26	"	3	42	1	2.4
5	" /Rye	Rye	"	10	322	5	1.6
6	Honkei No. 124	Rye	2	5	231	6	2.6
7	" /Rye	"	1, 2	28	1043	80	7.7
8	" /Cut rye	"	2	6	188	14	7.5
9	" /Honkei No. 124	"	2, 3	3	116	6	5.2
10	" /Nōrin No. 29	"	2	2	75	2	2.7
11	Fultz	Rye	3	8	208	2	1.0
12	"	Rye/Fultz	"	7	163	1	0.6
13	" /—	Rye	"	9	184	0	0.0
14	"	Rye/Fultz	"	7	212	0	0.0
15	" /Rye	Rye	"	4	197	0	0.0
16	"	Rye/Fultz	"	2	320	0	0.0
17	Nisimura	Rye	3	4	222	162	73.0
18	" /—	"	2	7	377	305	80.9
19	Norin No. 29	Rye	2	11	385	230	59.7
20	"	Rye/(Nisim.×Rye) F ₈ -26	"	3	81	36	44.4
21	" /Rye	Rye	"	8	187	127	67.9
22	" /Konosu No. 25	"	"	2	94	63	67.0
23	" /Honkei No. 124	"	"	9	325	168	51.7
24	(Nisim.×Rye) F ₈ -26	Rye	2	5	120	77	64.2
25	" /Rye	"	"	5	124	68	54.8

に移植したものにライ麦を授粉したもの。

(4) 小麦/—×ライ麦 すなわち胚乳を除き他の胚乳を移植しない胚から生育した小麦にライ麦を授粉したもの。

〔Ⅱ〕群 主として父本を処理した場合

(5) 小麦×ライ麦/小麦 すなわち小麦に、ライ麦胚に小麦胚乳を移植したものを授粉したもの。

(6) 小麦/—×ライ麦/小麦 すなわち胚乳を除去した胚から生育した小麦に、ライ麦胚を小麦胚乳に移植したものを授粉したもの。

〔Ⅲ〕群 母本、父本共に処理しない場合

(7) 小麦×ライ麦 すなわち無処理の標準である。

これ等の各交雑組合せにおける結果を無処理の標準と比較検討すれば次に示す如くである。

〔Ⅰ〕群 交雑母本を処理した場合

(1) 小麦/ライ麦 について見るに、不親和性区においては、No. 2 西村変、No. 5 鴻巣 25 号、No. 7 本系 124 号、No. 15 フルツであるが胚移植を行なつたものが高い値を示したものは西村変、本系 124 号で、逆に鴻巣 25 号、フルツでは低くなつており、高くなつた西村変、

本系 124 号でも標準区との差は大きいとは云えない。

親和性区においては、No. 21 農林 29 号では高くなつてゐるが No. 25 ライ小麦では逆に低下しており農林 29 号においても標準との差は僅少で胚移植の効果とすることは困難である。

(2) 小麦胚を切断したライ麦胚乳に接いだ No. 8 本系 124 号では、分離した胚乳に小麦胚を接いだものと殆んど同じで若干標準より高くなつてゐるがその差は僅少である。

(3) 小麦/小麦で 示す小麦胚を不親和性および親和性小麦の胚乳に移植したものでは、不親和性の No. 9 本系 124 号の自胚乳に移植したものが親和性の No. 10 農林 29 号の胚乳に移植したものより逆に高くなつてゐる。

(4) 小麦/— すなわち小麦種子から胚乳を除き胚だけで発芽生育させたものでは、不親和性の No. 13 フルツでは低くなり、親和性の No. 18 西村では若干高いがそれぞれの差に意味を持たせることは困難である。

〔Ⅱ〕群 主として父本を処理した場合

(5) 父本であるライ麦胚を不親和性および親和性の小麦またはライ小麦の胚乳に移植したものであるが、

No. 12 フルツ, No. 16 フルツの場合何れも標準より低く, No. 15 ライ小麦, No. 20 ライ小麦も同様な傾向を示している。最後は

(6) 分離胚から生育した小麦で, これに無処理のライ麦または小麦胚乳に移植したライ麦を配した場合であるが不親和性の No. 14 フルツではその効果はなく, 親和性の No. 18 西村では多少高くなっているがその差は僅少である。

以上の様に各組合せについて, 母本父本共に胚移植の効果は全くないか極めて僅少で一しかもそれは効果とは認め難い程度のものである。

これ等の結果を考察するに当つて問題となるのは, 胚と胚乳を分離する時, 乾燥のまま処理するか吸水後処理するかである。HALL (1954) は風乾のまま処理しており, 本実験では吸水後処理しているので交雑親和性に関係するある物質が吸水中に胚乳から胚に移動するか否かということである。山崎, 鳥山 (1952) は交雑親和性に関する研究ではないが, 乾燥のままでは作業が困難であり, 適当に吸水すれば胚剥離の作業は容易であるが, すでに胚乳中より胚にホルモンが移行していると考えられると問題を指摘しているが, 山崎 (1940) は実際に当つては作業の困難のために, 小麦および大麦の胚の離脱に適当な水分量は風乾量で 29~32% で, これを時間にして 25°C で 14~18 時間, 20°C で 16~20 時間であるとしている。本実験では 17 時に吸水を始め, 翌日 9 時より 12 時まで作業を行なつたので最長 20 時間を要しており, 略々山崎 (1940) の方法と同じである。交雑親和性に関係する物質が吸水と共に始まる小麦およびライ麦の胚の生育開始の極初期に胚乳から移動を完了するものなら本実験は無意味で, この点十分検討する必要がある。他方, 本法では殆んど無傷の胚と胚乳が得られ胚と胚乳をよく接着すなわち移植を行なうことが出来ることと, 気乾のままでは傷をつけず, 胚乳の一部を残さず胚を分離し, また胚乳においても傷をつけず, 胚の一部を残さず取出すことは不可能であつたのでやむを得ず行なつたのであるが, 吸水しない場合自胚乳が多少残るとすれば吸水の場合に近い自胚乳の影響があると見做される。更に盤状体, 表皮層等に殆んど障碍がないことは, これ等が種子の発芽に当つて胚乳の可溶性粘性物質を吸収してこれを胚に運搬する機能を有するといわれていることから, 吸水せずに傷を受けたものに劣らない正確な結果が得られ本実験の意義があるものと思われる。胚と胚乳の接着剤としては山崎 (1940) によつて一部メルク会社製のカゼインを用いたが, 主として HALL (1954) のように移植の際の胚乳の側の胚乳で作つた糊を使用し

たので, 糊化に要する高温の影響が問題となるが接着剤の影響は少ないと思われる。

次に除雄後授粉までの日数であるが HALL (1954) は一週間後に授粉している。戸津 (1955) は小麦にライ麦を授粉する場合最も稔実が良いのは除雄後 1~2 日で, 稔実種子は充実し粒重も大であるがその後急激に下向するとしており, 本実験の授粉は適切に行なわれたものと思われる。

以上を総合すれば, 本実験の結果は胚の移植は母本においても, 父本においても無処理すなわち標準と差がないように思われる。従つて本実験の結果は HALL (1954, 1956) の場合と異なり, 本実験に使用した小麦, ライ小麦とライ麦との間で, 吸水後種子を処理したものの範囲では交雑親和性に影響なく, 育種に当つて利用される価値は認められないように思われる。

尚近來胚移植によつて胚乳の影響が現われ, 育種上に利用されている報告が多く見られる。一例をあげると, GAPONENKOV and POROJSKAYA (1957) は *Triticum durum*, -*T. carthlium* 間で, USPENSKIJ, GAPONENKOV and VASIL'EVA (1958), GAPONENKOV (1960) は小麦-*T. persicum* 間で, OBOLENSKY (1960) は小麦-小麦, 小麦-ライ麦, 小麦-トウキビ間で, KONONOVA (1960) は大麦を他品種や小麦に移植してそれぞれ効果をあげている。著者の結果では胚移植の後代に対する影響は見られなかつたが, これ等の報告の如き影響が作物の種類, 品種によつて存在するものとすれば移植の時期, 方法, 接着剤等について今後検討する必要があることを示すものと思われる。

摘 要

1. 小麦(♀)とライ麦(♂)間の交雑を行なうに当つて胚移植の効果を検討した。
2. 供試材料は, 小麦7品種。ライ小麦1系統で, このうちライ麦との交雑親和性に関して, 小麦4品種は低く, 2品種は高く, ライ小麦は高い系統である。ライ麦品種はペトクーザである。
3. 組合せは胚/胚乳で示すと次の7である。但し小麦/—は胚乳を分離した胚を他の胚乳に移植せずそのまま生育させたものである。
 - (1) 小麦/ライ麦×ライ麦
 - (2) 小麦/胚乳切断ライ麦×ライ麦
 - (3) 小麦/小麦×ライ麦
 - (4) 小麦/—×ライ麦
 - (5) 小麦×ライ麦/小麦
 - (6) 小麦/—×ライ麦/小麦
 - (7) 小麦×ライ麦(標準)

4. 以上 (1)–(6) 組合せを (7) 標準と比較するに胚移植の効果は認められない。

参考文献

- BUKINA, E. N. 1961. Grafting cereals by means of transfer. *Agrobiologija* 126~128. (Plant Breed. Abst. 32: 1769, 1962 による)
- DEVENTER, W. van 1927. De culture van het suikerriet of Java. 2 de druk. Amsterdam (柳本秀雄訳：爪哇の甘蔗栽培, 1931 による)
- GAPONENKOV, T. K. and POROJSKAYA, S. M. 1957. Influence of vegetative and sexual hybridization of hard spring wheat on the chemical composition of the grain. *Proc. Allen.-Un. Lenin Acad. Agric. Sci.* 9: 16~18 (Plant Breed. Abst. 28: 2787, 1958 による)
- GAPONENKOV, T. K. 1960. Characteristics of a vegetative hybrid of hard wheat. *Agrobiologija* 3: 292~395 (Plant Breed. Abst. 31: 4442, 1961 による)
- HALL, O. L. 1954. Hybridization of wheat and rye after embryo transplantation. *Hereditas* 40: 453~458.
- . 1956. Further experiments in embryo transplantation. *Hereditas* 42: 261~262.
- KONONOVA, O. A. 1960. The method of grafting

in barley breeding. *Breeding and Seed-growing* 3: 70~72. (Plant Breed. Abst. 31: 46740 1962 による)

MARKITANTOVA, A. V. 1957. Vegetative hybrids of cereals. *Breeding and Seed-growing* 4: 64~65. (Plant Breed. Abst. 28: 1580. 1958 による)

森谷 憲. 1941. 甘蔗細胞学の概観, 台湾総督府糖業試験所創立十周年記念論文集.

OBOLENSKY, G. 1960. Grafting of plant embryos and the use of ultrasonics. *Qual. Plant Mater. Veg.* 7: 273~288. (Plant Breed. Abst. 31: 3191 1962 による)

戸津侃公. 1955. 「小麦×ライ麦」における小麦雌稃の熟度と交雑成功歩合との関係, 育種 5: 51~54.

———. 1958. 小麦に於けるライ麦との交雑親和性に関する一突然変異. 育種 7: 228~230.

USPENSKIJ, N. A., GAPONENKOV, T. K., VASILE'VA, E. K. and POROJSKAJA, S. M. 1958. Vegetative hybridization as a method of developing new wheat varieties. *Breeding and Seedgrowing* 5: 12~14. (Plant Breed. Abst. 29: 4292. 1959 による)

山崎義人. 1940. 禾穀類の胚移植に関する研究 (第一報) 胚の移植法, 日作紀 11: 511~520.

———, 鳥山国土. 1952. 植物における胚の移植と培養, 科学 22: 30~36.

Summary

The effect of embryo transplantation on crossability between wheat (*Triticum aestivum*) and rye (*Secale cereale*) was tested. In this experiment, 6 wheat varieties and 1 wheat-rye strain were used. As regards their crossability with rye, 4 wheat varieties (Nisimura-kawari "mutant-Nisimura", Kōnosu No. 25, Honkei No. 124 and Fultz) were poor 2 wheat varieties (Nisimura and Nōrin No. 29 and the 1 wheat-rye "(Nisimura×rye) F₈-26" were strong. The rye variety used was Petokuser. Embryos and

endosperms were separated after water absorption for 17~20 hours.

The assortment of embryos and endosperms (embryo/endosperm) was as follows: (1) wheat/rye×rye, (2) wheat/rye with cut endosperm×rye, (3) wheat/wheat×rye, (4) wheat/—*×rye (5) wheat×rye/wheat and (6) wheat/—*×rye/wheat. (* shows the separated wheat embryo without transplation on the endosperm.) The effect of endosperm was quite small or non-existent.