同質4倍体イネに於ける稔性向上について*

真島 勇雄**・内山田 博士**

1. 緒 言

同質4倍体の稔性は一般に低い、他殖性作物である玉蜀黍¹⁵⁾¹⁶⁾、ライ麦⁸⁾、アブラナ類⁵⁾では良好な稔性をもつものも得られている。自殖性作物の同質倍数体の稔性を向上せしめた例は大麦¹⁴⁾、稲¹⁷⁾、亜麻⁴⁾などで知られているがまだ十分ではないようである。いずれの場合も雑種系の4倍体は稔性がよく、この意味で、他殖性作物では比較的容易に稔性の向上をみているが自殖性では雑種性をあたえるためには倍加した4倍体同志を交雑するか、雑種 F_1 を倍加しなければならない。

これまで報告された研究では雑種の効果によつて稔性が向上することが明らかとなつたが、どの程度の雑種性がどの程度稔性を上昇せしめるかという点に関する詳細な検討はなされていない。従つてこの様な関係を分析することによつて稔性向上の機構が次第に解明されるならば、稔性の高い4倍体育成の合理的方法も確立されるであろう。このことは特に種子利用作物に於ける4倍体利用に対して基本的に重要な事項である。このような意味で我々の行つた稲の同質倍数体の稔性改良の為の試験はひとつの資料を提供するものと思われるので、ここに報告する次第である。

栽培稲は古くから日本型、印度型とに大別されていたがその後多くの研究者によつて更に詳細に分類され、その系統発生の関係について論議されている。いずれの場合も世界の稲は、大体3つの群にわけられ、ある地方に分布の中心をもつていて遺伝的に近縁の類縁関係にあると考えられている⁶⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁵⁾¹⁹⁾。従つて此等の品種に於いてその遺伝的類縁関係の近いものの間の F_1 及び遠いものの F_1 について倍数体を作り、これを品種それ自体からつくられた倍数体と比較検討するならば、どの程度の雑種性が稔性にどの程度の影響をあたえるかを知ることが出来る。稲の2倍性品種間雑種は今まで報告された例ではすべて2価染色体を作り、同質と考えられているものである。

ここで我々は2つの仮説を採用した。その1つは寺尾水島両氏¹⁸⁾によるものであつて、稲品種は雑種不稔の立場から大体 I. II. III. の3群に別けられ $I \times II$, $II \times III$, はその F_1 がほぼ半不稔となり(半不稔群とよぶことに

する), $I \times III$ はその F_1 が高度の不稔となる(不稔群とよぶ)。従つて性的親和性は I. II. III の順に遠い関係にあり、それは遺伝的類縁関係の近疎によるものであらうというのであつた。他の1つは RANDOLPH 氏¹⁵⁾ 及び盛永、栗山両氏¹⁶⁾ の4倍体の稔性に関する研究によると雑種系又は雑種の効果によつて稔性が上るということであるから、雑種性の甚しい程稔性は上昇するという仮説であつた。

我々はこの様な考えのもとで次の如き実験を行つた。即ち寺尾、水島両氏の3群に属する数品種を供試材料とし、その品種及び品種間雑種 F_1 の倍数体を多数つくりそこに想定される種々の雑種性程度と稔性との関係を比較検討した。その場合もつとも遠縁雑種である $I \times III$ の組合せの雑種4倍体が最高の稔性であらうと予想した。

2. 実験 結 果

実験の結果は第一表に示してある。即ち単なる品種を倍加したものは第1群 15, 第3群 1, 計 16, 雑種の倍加による系統は群内雑種である $I \times I$. 8, $III \times III$. 1, 計 9, 群間雑種では $I \times II$ (又は相反交雑) 9, $II \times III$. (又は相反交雑) 19, 計 32, 合計 41, 総計 57 系統の4倍性系統について平均稔性(百分率), その2倍品種又は交雑 F_1 の稔性, 及び両者の比率 $4x/2x$ を表示した。調査は4倍系統では作出の次代に於いて各系統の代表的個体約 10~30 個体について行つた。

この結果を通覧すると品種 $4x$ は一般に低稔性であるが雑種 $4x$ は高くなり最高稔性のものは $I \times III$ の組合せに出現して 76% を示している。一般に半不稔群である $I \times II$ 又は $II \times III$ に由来する4倍系統の稔性が最も高く $I \times III$ (又は $III \times I$) がそれに次ぎ、その関係は分散分析を行つた結果 $I < I \times I < I \times III < I \times II < II \times III$ となり大別して品種 $4x < 群内雑種 4x < 群間雑種 4x$ となつたこれは又品種 $4x < 亜種内雑種 4x < 亜種間雑種 4x$ と言いかえることが出来る(CUA 氏の結論)。一方起源となつた2倍種又は F_1 の稔性と、稔性比率 $4x/2x$ と対照してみると、稔性比率についても上の関係が大きくみて成立するが、この場合は、 $I \times III$ 群が最高であることが異つてゐる。言いかえると、2倍雑種の稔性が低いもの程それを倍加した場合の上昇率に大きいということが出来るが、実際の最高稔性系統は半不稔群にみられるということである。

この結果は前述せる2つの仮説を実証せるものであつ

* 昭和 30 年 2 月 21 日受領

* 本報告の詳細は農業技術研究所報告 D 5 号に発表

** 農林省農業技術研究所

て、稲品種群に於ける雑種不稔をもつて遺伝的類縁関係の尺度とし高い不稔を示すもの程遠縁のものであり、従つてその雑種の Heterozygosity は高いとすると、此等を倍加した4倍系統では Heterozygosity の高いもの程稔性は向上するということが出来ると思われる。但し個々の場合を詳細に検討すると例外とみられる場合があるので、以上の結論は一般的な傾向を示すものであると共に、雑種不稔の成立機構は単純ではない様にみられる。

次に上述せる各種の4倍系統の中から二三の系統をとり出して減数分裂に於ける4価形成を観察した結果を第2表に示す。この表により明らかな如く、品種4xの4価数が最も多く、雑種4xではその数が減少していることがわかつた。

3. 結 論

2倍雑種で2価染色体を形成しながら雑種不稔を示し、而もその4倍雑種では、殆んど4価を形成せず2価染色体となつて稔性である例は *Primula verticilla* と *P. floribunda* の異質4倍体である *Primula Kewensis* に知られている。この場合の最も妥当な説明は表面に現われない染色体の構造上の雑種性による染色体性不稔だとされている。即ち2倍種の両親の染色体に小さい部分の逆位や転座があつて、これは2倍雑種で対合を妨げる程度でなくおもに2価染色体が作られる。この構造雑種を倍加した4倍雑種では本来対となるべき4つの染色体のいずれもがそれと等しい遺伝子排列の相同染色体1つと一部相同の染色体2とを有することになつて対合競争を生じ完全相同の染色体はより多くの2価形成をするということである (DOBZHANSKY³⁾)。

雑種不稔を示す稲品種群を用いた我々の実験の結果は上に記述した説明によつて理解しうるものであつて、群間雑種が2倍雑種で不稔を示しても、4倍雑種でそれが逆転して上昇せることは、同質4倍体でありながら4価形成が起らず、2価染色体をより多く形成し、従つて染色体行動が美しく行われるので、比較的稔性が向上するものと考えられる。この様な同質4倍体は部分異質4倍体であるとも言われている。

又さきに述べた如く群内雑種の稔性は、品種4xよりもよく、この場合は2倍雑種で雑種不稔は認められないものと認められるものとあり

第1表 起源を異にする4倍体稲の稔性

群別	4x 系統 番 号	品種及び交配組合せ	4x 平 均稔性 (%)	2x 又 はその F ₁ の平 均稔性 (%)	比 率 4x/ 2x
I	CT-20	関 取	22.2	87.0	0.25
	CT-21	雄 町	29.7	79.8	0.37
	CT-22	撰 一	36.5	90.4	0.40
	CT-23	陸羽 132号	32.2	86.2	0.37
	CT-24	太郎兵衛糯	38.7	87.2	0.44
	CT-25	神 力 糯	23.3	88.4	0.26
	CT-102	農林 8 号	31.6	96.1	0.32
	CT-104	農林 25 号	37.5	92.7	0.40
	CT-105	農林 29 号	11.9	94.6	0.12
	CT-199	埼 玉 糯	26.2	96.4	0.27
	CT-110	御 膳 糯	10.7	91.4	0.11
	CT-116	宝	8.2	90.9	0.09
	CT-28*	戦 捷	42.8	93.0	0.46
	CT-29*	凱 旋	22.1	79.6	0.27
	CT-112	Carolina	26.3	91.5	0.28
III	CT-115	Danahara	56.6	81.9	0.69
I×I	CT-1	雄町×関取	37.4	83.9	0.44
	CT-71	神力糯×関取	44.4	83.2	0.53
	CT-36*	亀の尾×凱旋	27.9	70.0	0.39
	CT-32*	凱旋×愛国	36.5	74.4	0.49
	CT-33*	戦捷×亀の尾	59.2	78.7	0.75
	CT-34*	戦捷×撰一	51.2	59.4	0.86
	CT-35*	戦捷×旭 77 号	50.0	32.5	1.53
	CT-144	陸羽 132号×Carolina	8.9	—	—
III×III	CT-145	Danahara×観音秣	35.5	39.9	0.88
I×II	CT-2	関取×Surjamkhi	35.3	64.0	0.55
	CT-73	黒糯×Karalath	76.0	42.2	1.80
	CT-41*	戦捷×Karahath (I)	64.8	66.2	0.97
	CT-46*	戦捷×Bason Takakal	56.8	69.4	0.81
	CT-48*	戦捷×Karalath (II)	64.6	70.1	0.92
II×I	CT-140	Surjamkhi×亀の尾	21.6	70.0	0.30
	CT-40*	Surjamkhi×凱旋	57.8	55.7	1.03
	CT-142*	Mushakudanti×戦捷	41.3	—	—
	CT-143*	Karalath×戦捷	50.7	37.0	1.37
III×II	CT-3	観音秣×Mushakudanti	35.1	63.1	0.55
II×III	CT-4	Karalath×Danahara (I)	44.1	49.9	0.88
	CT-82	Karalath×Danahara (II)	58.7	49.9	1.17
	CT-141	Bason Takakal×観音秣	24.7	—	—
I×III	CT-5	関取×光秣	47.5	0.0	—
	CT-6	関取×水白条	36.6	0.0	—
	CT-8	関取×Danahara	33.2	1.1	30.81
	CT-13	雄町×光秣	48.4	0.0	—
	CT-15	雄町×Te-tep	54.0	27.5	1.96
	CT-53	関取×観音秣	48.0	4.6	10.43
	CT-56	神力×Danahara	38.0	0.4	95.00
	CT-59	神力×Te-tep	21.2	7.0	3.06
	CT-60	旭 77号×観音秣	33.9	9.6	3.53
	CT-64	愛国×Danahara	40.4	0.0	—
	CT-51*	戦捷×啼哇 154 号	53.6	69.4	0.77
	CT-63*	戦捷×Danahara	49.7	36.4	1.36
	CT-65*	戦捷×Te-tep	46.7	37.1	0.99
III×I	CT-16	Te-tep×雄町	23.2	14.5	1.60
	CT-50	啼哇 154号×亀の尾	26.5	86.9	0.30
	CT-54	観音秣×神力	45.0	1.7	26.47
	CT-57	Danahara×神力	39.9	0.3	133.00
	CT-58	Danahara×関取	48.4	1.6	30.25
	CT-74	観音秣×神力糯	39.1	0.4	97.75

(註) * 陸稻を親品種とせるもの、この表によれば II 群に入る
か I と II の中間にある。(I) (II) 実験年度の異なるもの。
4x の稔性は倍加次代についての種実の稔性である。

第2表 減数分裂に於ける4価染色体数

4x 系統 番 号	群 別	原品種又は交配組合せ	個 体 の 稔性(%)	第1分裂に於ける4価染色体数												計	平 均	
				12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
CT-24	I	太郎兵衛糯	11			3	3	3	3	2	1	1	2		2		20	7.5
CT-22	"	撰 一	15			3	3	7	5	7	4	1	3	1			34	8.6
CT- 1	I×I	雄町×関取	50			1	3	5	4	8	5	5	2	5	1	1	40	7.3
CT-34	"	戦捷×撰一	56						1	1	1	1	1	5	2	1	14	3.9
CT-141	II×III	Bason Takakai×観音杣	30			2	1	7	8	5	3	5	5	1			37	7.6
CT- 3	"	観音杣×Mushakudanti	36					1		3	6	1		1	1		13	6.8
CT-73	I×II	黒糯×Karalath	50					1	1	5	6	6	9	4	5	3	40	5.3
CT-56	I×III	神力×Danahara	—											3	3	1	9	4.5

かつ又減数分裂で価の数は減少している。この場合の材料には陸稻を材料としたものがあつて、明らかな結論はつけられないが、同様に雑種性にするることによつて稔性は上る様にみられる。

従つて「遺伝子又は遺伝子群或は染色体部分のヘテロ化は4倍体の稔性を向上せしめると共に、それが甚しい程稔性の上昇率は大きい」と言うことが出来よう。そのような意味で、その種のもつなるべく遠い類縁関係の品種又は系統を蒐集し、夫等の間に相互交配又は系統交配などで雑種性の高い4倍系統を作成してこれに選抜を加えるならば、稔性を向上改善しうるものと思考せられる。

最近岡氏は倍加された稻の4倍体間の交雑によつて雑種4倍体 F_1 を作り、その F_1 に関して稔性の調査をされた。同氏の結論は我々の夫とやや似ているが雑種に於ける稔性の向上は遺伝子の互助作用が主であるとしている点に於いて我々と考えを異にしている様である。

引用文献

- CUA, L. D. 1951: Proc. Jap. Acad. 27: 43-48.
- . 1952: Rep. Kihara Inst. Biol. Res: 5: 42-53.
- DOBZHANSKY, T. 1951: Genetics and the origin of species. 3rd. Ed.
- KUCKUCK, H. U. and LEVAN, A. 1951: Züchter 21: 195-204.
- 門田寅太郎, 伊藤清, 1952: 育種学雑誌 1: 151-155.
- 松尾孝嶺 1952: 農技研報告 D3: 1-111.
- 盛永俊太郎, 栗山英雄 1946: 遺伝学雑誌 21: 81-83.
- MÜNTZING, A. 1951: Hereditas 37: 17-84.
- 岡 彦一, 1953: 育種学雑誌, 2: 217-224.
- , 1954: 育種学雑誌, 3: 1-6.
- , 1954: 育種学雑誌, 3: 33-43.
- , 遺伝学雑誌 29: 101: 108.
- OKURA, E. 1952: Biol. Jour. Okayama. Univ. 1: 90-102.
- 小野和夫, 1949: 遺伝学雑誌 24: 81-82.
- RANDOLPH, L. F. 1941: Amer. Nat. 75: 347-365
- , 1942: Genetics. 27: 163.
- 酒井寛一, 1952: 植物育種学, 東京.
- 寺尾博, 水島宇三郎, 1942: 育種研究 1: 1-24.
- , 育種研究 2: 2-8.

- 1) 陸稻はむしろ第II群に入るか又はその中間にあるもので特殊な遺伝組成をもつものと思われる。

Mechanism of recovering of fertility in autotetraploid rice.

Isao MASIMA and Hiroshi UCHIYAMADA

(National Inst. Agr. Science)

Résumé

According to recent knowledge, the reduced fertility of autotetraploids seems to be somewhat recovered by hybridization between themselves or using diploid hybrids as original plants to induce tetraploids. But it is not clear enough at what degree of heterozygosity in parental diploid species or hybrids.

In rice, *Oryza sativa* L., we have many varieties

cultivated throughout the world, especially in Eastern Asia which are classified into two subspecies, *Japonica* and *Indica*. On the standpoint of varietal hybrid sterility, these subspecies are classified into three categories, namely, the fertile group, semi-sterile group, and sterile group by TERA0 and MIZUSHIMA (1943). Three groups, namely I, II, and III are considered by them for its phylogenetic

relationships to be near or less familiar on this order due to their sexual affinities. If we induce tetraploids of $I \times I$, $I \times II$, $I \times III$ and $II \times III$, we can compare the effects of various degrees of heterozygosity on seed fertility of autotetraploids. And also we can expect that the recovery of reduced fertility of tetraploids is mostly promote in $I \times III$ group which is considered as the most unfamiliar group.

From our experimental results in which 57 induced tetraploid strains of variety or hybrid origin are included, it is found that the fertility is lowest in the variety tetraploids, midway in the intra-group tetraploids (intra-subspecies hybrid tetraploids) and highest in the inter-group tetraploids (inter-sub-

species hybrid tetraploids). Fertility ratio represented by the rate of fertility of tetraploid to that of original diploid is found to be highest in $I \times III$ hybrid tetraploid. Accordingly, it may be safely said that the fertility of tetraploids is increased in proportion to the degree of heterozygosity in original diploids.

By the cytological observation, the authors found that the number of average quadrivalents in hybrid tetraploids were smaller than that in variety tetraploids and there seemed to be mostly decreased in inter-group tetraploids. So it may be concluded that the promotion of fertility in hybrid tetraploids is attributed mainly in the reduction of quadrivalents due to differential affinity which is brought forth by the hybridization between original diploid varieties.

トウモロコシの成熟胚乳の炭水化物蓄積に与える Sh_2 因子の影響 (抄録)

JOHN R. LAUGNAN (1953): The effect of the Sh_2 factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. Genetics 38 (5) 485-499

トウモロコシの $Susu Shsh$ 個体の次代より得られた normal ($SuSh$), sugary (su, Sh), shrunken ($Sush_2$), sugary-shrunken (su, sh_2) の成熟胚乳中の還元糖, 蔗糖, 水溶性多糖類及び澱粉含量を定量して, トウモロコシの澱粉合成の過程における sh_2, su_1 因子の遺伝的阻害作用をしらべた。sh, su gene は異 linkage 関係にあり Sh, Su は sh, su に対し完全優性で, dominant gene の相加的作用は殆んど認められない。

実験結果は normal ($SuSh$) の胚乳は炭水化物を主として澱粉で蓄積しているが, Su が su に置換された $suSh$ では澱粉が $1/2$ に減少し, 全糖量は 2, 3 倍に増加するが, それは $SuSh$ では乾物重の 1% にすぎない水溶性多糖類が全体の $1/3$ を占めるようになることによつてゐる。これらは初期の研究と一致した。

shrunken ($Sush$) では澱粉含有率は normal 及び sugary に較べて減少しているが, 全糖量ではそれぞれの 10 倍及び 4 倍に増加している。これは主として蔗糖の増加による。しかし水溶性多糖類では少なく (乾物重中 1.6%) normal の胚乳と変らない。

Su 又は Sh を su, sh に置換したことにより起される澱粉の減少と sugar の増加の傾向は, 二重劣性である sugary-shrunken ($su sh$) では更に強められて, 澱粉では normal の胚乳の $1/10$ に減少し, 全糖量では乾物重中約 32% を占めるに到る。だが水溶性多糖類では normal 及び shrunken と同様に低い。これも主として蔗糖の著しい増加に因つてゐる。

全炭水化物含有率は, normal, sugary, shrunken, sugary-shrunken で乾物重中夫々約 68, 70, 45, 42 %であつた。normal に比し他の 3 種の胚乳に脂肪が多いことは, lipid の precursor である炭水化物の含

有率が normal に対し高いことによつてゐる。

Su, Sh gene は澱粉生合成における生化学的過程の一段階に関係し, 劣性型はその段階の部分的又は完全なる阻害をあらわすと考えられるが, トウモロコシの生体内合成の過程は殆んど知られてゐない。だが sugar が澱粉合成の最初の precursor であり水溶性多糖類は中間物質であると予測される。sugary の胚乳で澱粉の減少と水溶性多糖類の顕著な蓄積を見るのは Su gene が後者の如き低級 polymer より澱粉を合成する段階の一つを支配しているからであらう。

之に対し Sh gene は Su gene より前の段階に作用していると考えられることは, shrunken 及び sugary-shrunken type の胚乳が sugary に比し水溶性多糖類の低度の蓄積, 還元糖, 蔗糖, lipid の著しい蓄積から示される。トウモロコシでは受精後穂に主として蔗糖の形で sugar が大量に移動する (LOOMIS '45)。この蔗糖が澱粉合成の最初の precursor に用いられ Sh gene はこの蔗糖の分解の一段階を支配しているのであらう。然し或種の bacteria では二つの澱粉合成の過程が相互に変換しうることが知られているので (HEHVE & SOGG '44 等), 蔗糖から glucose polymer を直接合成するのに Sh gene が連累することもありうるであらう。

又 shrunken 及び sugary-shrunken の胚乳で lipid が特に高含有量なることは, Sh gene が lipid や澱粉の共通の precursor である物質を作る段階は阻害せず, 澱粉生合成のこの段階より幾らか後の段階で阻害することを示しているのであらう。

最後に著者は sweet corn の生産に sh_2 gene を利用することの可能性について若干の考察を試みてゐる。

(東大農・望月 昇)