



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|---|
| Title | 日印間稲品種の相反交雑にみられる雑種不稔性の性状について：稲の交雑に関する研究、第LXXVIII報 |
| Author(s) | 田丸, 典彦; TAMARU, Nnorihiko; 楊, 献康 他 |
| Citation | 北海道大学農学部農場研究報告, 22, 29-45 |
| Issue Date | 1981-03-20 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/13366 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 22_p29-45.pdf |



日印間稲品種の相反交雑にみられる 雑種不稔性の性状について¹⁾ — 稲の交雑に関する研究, 第 LXXVIII 報 —

田丸 典彦*・楊 猷康**・木下 俊郎・高橋 萬右衛門
(北海道大学農学部作物育種学教室)

緒 言

栽培稲の遠縁品種間交雑において生ずる雑種不稔性に関する研究は、加藤²⁾の報告以来数多くなされている。しかし、雑種不稔性に関して細胞質内の遺伝要因が関与するという報告は必ずしも多くない。北村^{3,4)}は、戻し交雑で導入したフィリピン稲由来の細胞質を有する系統が、日本稲の核内遺伝子との相互作用により、葯が不裂開となり、結実率の低下することを報告した。その中に、日本稲とは異質の細胞質を有する品種群が外国稲に存在することを予知している。さらに、新城^{15,16)}、田丸等¹⁹⁾は、遠縁品種間交雑の F₁ に日本稲を連続戻し交雑して核置換系統を作り、細胞質雄性不稔稲を育成した。これらの報告は、日本稲と遠縁の栽培稲品種では、雑種不稔性に関して、核内遺

伝子のみならず、細胞質型についても異同のあることを示した。

本報告では、日本稲と外国稲の品種間交雑について相反交雑組合せを作成し、F₁ および F₂ 以降の種子稔性を調査して、世代の推移による雑種不稔性の変化を細胞質型との関連の下に調べるとともに、その遺伝学的機作についても検討を加えた。

材料および方法

供試系統は、インド稲に属する 4 品種と日本稲 4 品種であり、それらの名称、由来、花粉稔性ならびに種子稔性は Table 1 に示した。インド稲ならびにそれらの雑種集団については、低温により稔実障害を受けることが多いので、材料はすべて温室あるいはビニールハウス内で栽培した。Table 1 に明らかなごとく、そのような栽培条件

Table 1 List of the strains used in the experiment

| Strain | Name | Origin | Pollen fertility | Spikelet fertility |
|--------|------------------|--------|------------------|--------------------|
| I - 34 | Mushakdanti | India | 96 | 85 |
| I - 44 | Bhtmuri-36 | India | 98 | 92 |
| I - 45 | Charnock | India | 95 | 85 |
| I - 88 | Assam III | India | 98 | 95 |
| A - 5 | Akamuro | Japan | 99 | 85 |
| A - 13 | Chabo | Japan | 98 | 94 |
| A - 43 | Hokkaimochi 1 go | Japan | 96 | 88 |
| A-133 | Norin 9 go | Japan | 95 | 81 |

*現在北海道教育大学釧路分校

**Demonstration Farm, Primary Production Dept, Singapore

1) 北海道大学農学部育種学教室および附属農場育種部業績, 北海道教育大学釧路分校農学研究室業績

下では、インド稻の親系統であっても、日本稻と同様に高稔性を示した。なお、出穂を早めるためにインド稻の親系統とF₁に8時間日長の短日処理を行なった。材料は4月末に播種し、約1ヶ月育苗後、親系統とF₁をそれぞれ2ℓポットに1本植とし、F₂以降の世代については、ビニールハウス内に仮設した水田に、20cm×20cmの栽植密度で密植した。ただし、I-88とA-5およびI-88とA-43のF₂、ならびにF₄まで世代を重ねる実験に供試したA-5×I-45とA-5×I-88の各交雑組合せについては、35cm×25cmのプラスチックバットに14本植とし、収穫は9月末に行なった。F₂集団内では、極くわずかながら出穂遅延個体が出現したので、それらは稔性調査対象から除外した。

種子稔性調査は、各個体より主稈を含む2~3穂を採り、150~250個の穎花について、総穎花数に対する稔実粒数の百分率で示した。F₁の花粉稔性調査は、各個体について開花前日に主稈より採った5穎花について、各穎花あたり400粒程度の花粉を調査し、5穎花の平均値をその個体の花粉稔性とした。なお、染色には、ヨード・ヨードカリ液を用いた。F₂については、稈先色の着色、糯稈性および玄米果皮色の各形質に関する分離と、種子稔性との関係を調査した。稈先の着色は生育期間中にすくなくとも2回調査し、糯稈性に関しては、花粉と玄米の両方についての調査に基

づいて遺伝子型を判定した。玄米の果皮色については、収穫して乾燥材料につき肉眼により調査した。

実験結果

A. 稔性変異

F₁世代

日本稻4系統とインド稻4系統との相反交雑組合せを作り、F₁の花粉稔性および種子稔性を調査してTable 2および3に示した。

F₁の花粉稔性および種子稔性は、交雑組合せの種類を異にすると種々の程度の不稔性が見られた。しかし、I-34を一方の親に用いた日本稻各系統と交雑した場合には一般に稔性が高く、I-88を用いた交雑では低くなる傾向が見られ、インド稻の親系統を異にした場合の方が、日本稻の親系統を異にする場合よりも広い巾の変異を生ずるようであった。

相反交雑組合せ間では、I-34と日本稻各系統とのF₁では、花粉、種子両稔性について、有意差は認められなかった。一方、I-45にA-5あるいはA-13を交配した組合せでは5%水準で有意差が認められたものの、A-43あるいはA-133と交配する場合には相反交雑F₁間に有意差が認められなかった。これに対して、I-44およびI-88をそれぞれ日本稻各系統と交配した場合には、作成したすべての相反交雑組合せのF₁間で、花粉稔性および種子稔性ともに明らかな差を生じた。

Table 2. Pollen fertility of F₁ plants in reciprocal crosses
In each column, upper part means the average fertilities in the F₁ plants of the crosses between *Indica* female plants and *Japonica* plants and low part means those of the reciprocal hybrid

| Strain | | I-34 | | I-44 | | I-45 | | I-88 | |
|--------|---|------|------|------|----------|------|-------|------|---------|
| | | Mean | t | Mean | t | Mean | t | Mean | t |
| A-5 | ♂ | 88.3 | | 22.6 | | 40.8 | | 17.0 | |
| | ♀ | 89.3 | 0.42 | 45.0 | 16.94*** | 53.0 | 2.72* | 29.3 | 5.99*** |
| A-13 | ♂ | 87.6 | | 13.3 | | 11.0 | | 16.9 | |
| | ♀ | 88.7 | 0.26 | 43.0 | 27.07*** | 14.3 | 2.24* | 28.4 | 7.26*** |
| A-43 | ♂ | 61.4 | | 17.8 | | 13.3 | | 14.3 | |
| | ♀ | 62.8 | 0.64 | 23.8 | 5.84*** | 14.6 | 0.55 | 22.4 | 3.78** |
| A-133 | ♂ | 74.4 | | 11.2 | | 18.3 | | 19.3 | |
| | ♀ | 74.6 | 0.05 | 34.4 | 18.76*** | 18.3 | 0.00 | 26.8 | 9.22*** |

*, **, ***, significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

Table 3. Spikelet fertility of F_1 plants in reciprocal crosses
In each column, upper part means the average fertilities in the F_1 plants of the crosses between *Indica* female plants and *Japonica* plants and low part means those of the reciprocal hybrid

| Strain | | I-34 | | I-44 | | I-45 | | I-88 | |
|--------|---|------|------|------|----------|------|-------|------|----------|
| | | Mean | t | Mean | t | Mean | t | Mean | t |
| A-5 | ♂ | 93.0 | 0.00 | 13.7 | 5.81*** | 69.1 | 2.37* | 3.9 | 7.31*** |
| | ♀ | 93.0 | | 26.0 | | 57.8 | | 32.1 | |
| A-13 | ♂ | 89.5 | 0.54 | 7.4 | 24.87*** | 1.6 | 2.30* | 2.9 | 11.07*** |
| | ♀ | 90.4 | | 48.0 | | 6.3 | | 18.0 | |
| A-43 | ♂ | 61.7 | 0.29 | 11.0 | 6.96*** | 2.0 | 0.44 | 8.3 | 4.47*** |
| | ♀ | 60.8 | | 26.6 | | 2.9 | | 23.3 | |
| A-133 | ♂ | 75.9 | 0.29 | 11.2 | 16.82*** | 18.9 | 1.80 | 22.7 | 6.56*** |
| | ♀ | 76.8 | | 42.1 | | 12.6 | | 35.5 | |

*, **, ***, significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

いずれの組合せにおいても、インド稲を雌性親とした場合に、花粉親とした場合より稔性が低下した。

F_2 世代

相反交雑 10 組合せについて F_2 集団を作り、種子稔性を調査して Table 4 と Fig. 1 に示した。

F_2 集団では、いずれの組合せについても高稔性個体から低稔性個体までの広い分布を生じ、稔性変異は連続的となる点で共通していたものの分布型は交雑組合せにより、それぞれ異なっていた。相反交雑 F_1 間に差の認められなかった I-34 × A-133 では、 F_2 において交雑方向を異にしても頻度分布型は、ほぼ等しかった。5% 水準で相反交雑 F_1 間に有意差の見られた I-45 × A-5 についても、 F_2 における分布型は正逆交雑共にほぼ等しく、平均稔性間にも有意差が認められなかった。これに反して、相反交雑 F_1 間で有意差の認められた I-44 × 日本稲各系統および I-88 × 日本稲各系統の交雑 F_2 では、交雑方向を変えると分布型は明らかに相違した (Fig. 1)。すなわち、いずれもインド稲を雌性親に用いた組合せが、雄性親に用いた場合より低稔性個体を多く分離し、そのため平均稔性が低下した。

F_3 世代

正逆交雑で F_2 代の稔性変異の異なった I-44 × A-133 (F_3 以降を M 系統と略称) と A-133 × I-44 (U 系統) について、 F_2 個体の種子稔性を 5% 間隔で 20 階級に区分し、各階級より任意

に 1 ないし数個体を選び、 F_3 系統を育てて種子稔性の変異を調査した (Table 5, 6 および Fig. 2)。

F_3 の各系統では、 F_2 代における高稔性個体から由来しても、 F_2 におけると同じく再び低稔性個体を分離し、逆に、 F_2 代の低稔性個体由来であっても高稔性個体をかなり分離する場合があった。かくして、低稔性あるいは高稔性に固定したような系統は全く得られなかった。 F_2 個体の稔性と F_3 系統の平均稔性との相関関係を示すと Fig. 2 の如くで、 F_2 の高稔性個体由来の F_3 は一般に高稔性となる傾向が見られるものの、M-18 や M-20 のごとく平均稔性のかなり低い系統も見い出された。低稔性個体由来の F_3 系統では一般に F_2 個体の稔性より F_3 平均稔性の高くなる傾向が見られたものの、U-5 のごとく F_2 個体の稔性より更に低いものが出現した。I-44 × A-133 の F_2 平均稔性は 49.4% であり、その逆交雑 F_2 の平均稔性は 49.6% であったが、 F_3 では、前者由来の M 系統が 57.6%、後者由来の U 系統が 67.1% となり、 F_3 ではやや稔性の向上することが認められた。細胞質について考慮すると F_3 代でも、 F_1 および F_2 代と同様にインド稲細胞質を有する方が、日本稲細胞質を有する場合より、平均稔性がやや低くなった。また、 F_3 系統の変異分布は、インド稲細胞質を有する場合の方が、やや広い巾の分布域を示した。なお、 F_2 の稔性と F_3 各系統の平均稔性

Table 4. Distribution of spikelet fertility in F₂ populations of the reciprocal crosses between *Indica* and *Japonica* strains

| Cross combination | Distribution of spikelet fertility (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | Mean % | t |
|-------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|--------|-------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | | | |
| I-34 × A-133 | 25 | 28 | 16 | 18 | 24 | 10 | 21 | 14 | 14 | 19 | 10 | 14 | 11 | 16 | 8 | 10 | 7 | 7 | 1 | 2 | 275 | 36.9 | t = 1.04 |
| A-133 × I-34 | 22 | 20 | 15 | 15 | 12 | 11 | 21 | 15 | 13 | 11 | 21 | 21 | 14 | 12 | 13 | 7 | 3 | 4 | 4 | 1 | 258 | 39.7 | |
| I-44 × A-5 | 83 | 17 | 13 | 6 | 6 | 5 | 1 | 2 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | | 1 | | 1 | | | | 147 | 10.8 | t = 4.68*** |
| A-5 × I-44 | 10 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | | | | | | 37 | 27.6 | |
| I-44 × A-43 | 21 | 7 | 1 | 5 | 5 | 6 | 9 | 2 | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 | 5 | 2 | 104 | 40.1 | t = 3.90*** |
| A-43 × I-44 | 12 | 7 | 8 | 7 | 5 | 1 | 5 | 7 | 5 | 4 | 9 | 5 | 6 | 12 | 11 | 15 | 15 | 11 | 11 | 9 | 165 | 55.4 | |
| I-44 × A-133 | 20 | 15 | 13 | 10 | 12 | 9 | 5 | 5 | 3 | 3 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | | | 124 | 25.5 | t = 2.97** |
| A-133 × I-44 | 32 | 22 | 19 | 14 | 11 | 19 | 13 | 11 | 14 | 14 | 7 | 7 | 14 | 4 | 12 | 6 | 7 | 3 | 3 | | 232 | 33.8 | |
| I-45 × A-5 | 71 | 44 | 25 | 11 | 17 | 14 | 13 | 13 | 8 | 21 | 11 | 10 | 6 | 7 | 6 | 7 | 2 | 2 | | | 288 | 26.0 | t = 0.09 |
| A-5 × I-45 | 83 | 41 | 21 | 22 | 19 | 16 | 18 | 16 | 15 | 11 | 12 | 15 | 12 | 4 | 6 | 5 | 2 | 2 | | | 320 | 26.2 | |
| I-45 × A-133 | 53 | 30 | 23 | 14 | 13 | 11 | 20 | 7 | 4 | 7 | 8 | 9 | 7 | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 | | 2 | 223 | 24.2 | t = 1.80 |
| A-133 × I-45 | 54 | 22 | 22 | 10 | 10 | 11 | 7 | 12 | 11 | 11 | 15 | 5 | 4 | 6 | 9 | 4 | 4 | 2 | 3 | | 222 | 28.8 | |
| I-88 × A-5 | 11 | 10 | 7 | 7 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | 4 | 6 | 2 | 8 | 2 | 10 | 8 | 2 | 4 | 2 | 99 | 43.8 | t = 9.37*** |
| A-5 × I-88 | | | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 4 | 5 | 7 | 6 | 10 | 11 | 20 | 21 | 29 | 29 | 33 | 37 | 19 | 257 | 71.7 | |
| I-88 × A-13 | 25 | 8 | 9 | 1 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | | 1 | 5 | 2 | 1 | | 1 | | | 80 | 23.7 | t = 4.11*** |
| A-13 × I-88 | 34 | 9 | 12 | 15 | 10 | 12 | 8 | 8 | 15 | 6 | 10 | 13 | 9 | 12 | 14 | 10 | 6 | 4 | 3 | | 210 | 38.2 | |
| I-88 × A-43 | 18 | 13 | 11 | 12 | 10 | 6 | 5 | 8 | 12 | 7 | 8 | 8 | 5 | 3 | 9 | 4 | 3 | 4 | 1 | | 147 | 35.0 | t = 9.90*** |
| A-43 × I-88 | | 6 | 6 | 8 | 6 | 3 | 5 | 4 | 8 | 6 | 9 | 7 | 7 | 6 | 12 | 14 | 20 | 15 | 16 | 18 | 172 | 64.9 | |
| I-88 × A-133 | 53 | 29 | 22 | 21 | 18 | 16 | 13 | 16 | 14 | 13 | 9 | 9 | 9 | 11 | 11 | 5 | 4 | 7 | 1 | | 281 | 30.3 | t = 7.85*** |
| A-133 × I-88 | 11 | 14 | 12 | 9 | 16 | 10 | 12 | 8 | 20 | 12 | 16 | 13 | 15 | 20 | 14 | 23 | 11 | 7 | 8 | 2 | 253 | 48.2 | |

*, **, ***, significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

との相関係数は、M系統では、0.465、U系統では0.482で両系統間に有意差が認められなかった。

F₄世代

I-45×A-5 (B系統)とA-5×I-88 (C系統)については、F₂代からF₄代まで、稈性変異の推移を調べるために継代実験を行なった。

I-45×A-5およびA-5×I-88の各F₂集団からTable 7中のF₂における低稈性個体

(B-16, B-17, C-3およびC-20)と高稈性個体 (B-1, B-5, C-6およびC-7)をそれぞれ選び、F₃系統を育成して稈性変異を調査した。さらに、F₃系統内で、新たに低稈性と高稈性個体を選んでF₄各系統を作り、かかる選抜の結果をF₄で評価した。ここで以下に選抜結果を記述する。

1. 低稈性 (F₂) → 低稈性 (F₃)

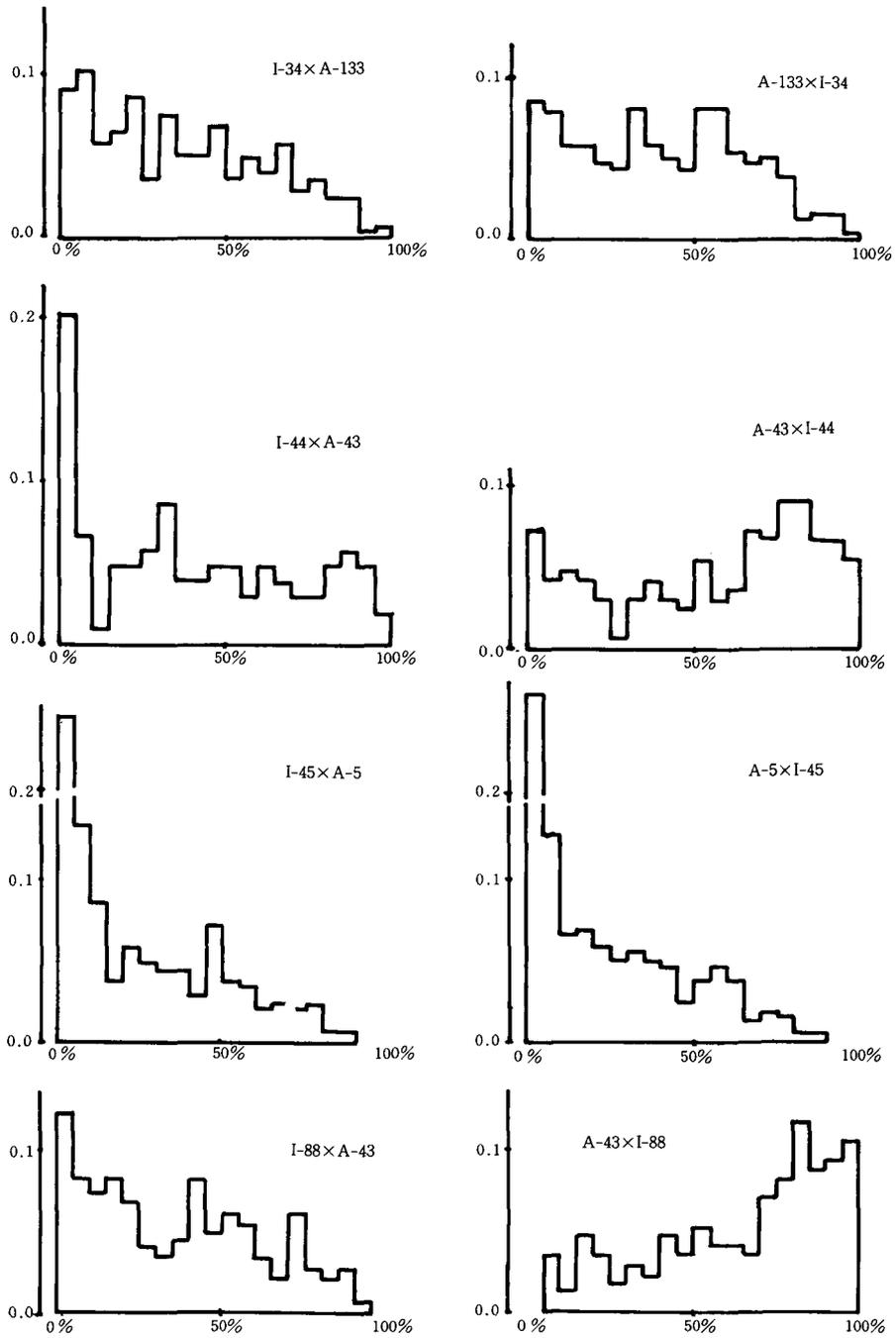


Fig.1 Frequency histograms of spikelet fertility in the F_2 populations of the reciprocal hybrids between *Japonica* and *Indica* strains.

Table 5. Distribution of spikelet fertility in F_3 lines derived from F_2 plants (I-44 x A-133) which was chosen from each class of the fertility as a representative

| Line | F_2 | Spikelet fertility % | | | | | | | | | | Total | Mean | S.D. | C.V. |
|-------|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|-------|
| | | 0- | 10- | 20- | 30- | 40- | 50- | 60- | 70- | 80- | 90- | | | | |
| M-1 ① | 4 | 1 | 1 | | | | | 2 | | | | 4 | 43 | 25.6 | 59.5 |
| ② | 3 | | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 7 | 75 | 14.1 | 18.8 |
| ③ | 3 | 1 | | | | | | 1 | | | | 2 | 32 | 44.5 | 139.1 |
| ④ | 2 | 1 | | | | | | | | | 1 | 2 | 49 | 63.6 | 128.6 |
| ⑤ | 4 | | | | | 1 | | 1 | 2 | 1 | | 5 | 67 | 16.0 | 23.9 |
| M-2 ① | 9 | | | 1 | | | | | 2 | 2 | | 5 | 68 | 25.8 | 37.9 |
| ② | 8 | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | 4 | 24 | 31.1 | 129.6 |
| ③ | 8 | 1 | 1 | | | | | | | | | 2 | 8 | 4.2 | 52.5 |
| ④ | 7 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | 5 | 36 | 21.0 | 58.3 |
| M-3 ① | 11 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 5 | | 23 | 53 | 25.5 | 48.1 |
| ② | 14 | | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 13 | 60 | 24.0 | 40.0 |
| M-4 | 19 | | 5 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 4 | | 20 | 56 | 28.7 | 51.3 |
| M-5 | 22 | 4 | 7 | 2 | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | | 30 | 35 | 24.7 | 70.6 |
| M-6 | 28 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 5 | | 26 | 48 | 28.1 | 58.5 |
| M-7 | 32 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 6 | 1 | 2 | 2 | 30 | 46 | 25.4 | 55.2 |
| M-8 | 32 | 4 | | | 2 | | 1 | 2 | 2 | 4 | | 15 | 51 | 31.4 | 61.6 |
| M-9 | 37 | | | | 1 | 2 | 1 | 7 | 3 | 9 | 7 | 30 | 76 | 17.1 | 22.5 |
| M-10 | 48 | | | | 1 | | 2 | | 3 | 5 | | 11 | 72 | 16.1 | 22.4 |
| M-11 | 53 | | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 6 | 7 | 2 | 28 | 64 | 23.1 | 36.1 |
| M-12 | 57 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | 32 | 41 | 29.5 | 72.0 |
| M-13 | 62 | | | 1 | | 3 | 3 | 2 | 3 | 9 | 11 | 31 | 77 | 19.5 | 25.3 |
| M-14 | 68 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 7 | 5 | 2 | 25 | 67 | 22.9 | 34.2 |
| M-15 | 74 | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 17 | 7 | 35 | 80 | 14.2 | 17.8 |
| M-16 | 78 | 5 | 2 | 2 | 3 | | 3 | 3 | 4 | 7 | 4 | 33 | 55 | 31.6 | 57.5 |
| M-17 | 82 | | 1 | 1 | | 4 | 4 | 8 | 4 | 8 | 4 | 34 | 68 | 18.5 | 27.2 |
| M-18 | 86 | 4 | 4 | 3 | 5 | 1 | 2 | 6 | 2 | | | 27 | 41 | 28.2 | 68.8 |
| M-19 | 89 | | | 1 | | | 2 | 1 | 4 | 12 | 17 | 37 | 85 | 15.1 | 17.8 |
| M-20 | 88 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 8 | 7 | 8 | | 39 | 57 | 25.5 | 44.7 |

かかる選抜を経た F_4 系統は、B-16-7, 1, B-17-1, 7, 12, C-3-4, 20, 22 および C-20-8 の合計 9 系統である。各系統における稔性変異を Table 8, 9 および Fig. 3 に示した。

F_2 の種子稔性では、B-16 と B-17 がそれぞれ 20% と 4% であり、C-3 と C-20 は 34% と 21% であった。 F_3 代では各系統とも高稔性個体を分離したが、かかる低稔性方向へ選抜を重ねた F_4 系統においても、C-3-4 を除き、系統中に高稔性個体を分離し、広い分布域の変異を生じた。C-3-4 は 55% 以下の個体のみを生じたが、それ

以外は低稔性に固定する系統は見られなかった。したがって、 F_4 代の各系統の平均稔性は、それらの親の F_3 系統の稔性を大きく上まわった。ただ、C-3-4 の平均稔性は、 F_3 個体の稔性とほぼ等しかった。

2. 低稔性 (F_2) → 高稔性 (F_3)

B-16-23, B-17-2, 3, 6, 8, 13, C-3-11, 18, 21, 26, C-20-4, 20, 22, 23, 24 の合計 15 系統が、かかる型の選抜を行なった F_4 系統である。この中で、70% 以上の高稔性個体のみを生じた系統は、B 系統では半数の 3 系統に

Table 6. Distribution of spikelet fertility in F₃ lines derived from F₂ plants (A-133 x I-44) which was chosen from each class of the fertility as a representative

| Line | F ₂ | Spikelet fertility % | | | | | | | | | | Total | Mean | S.D. | C.V. | | |
|--------|----------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|------|------|------|------|-------|
| | | 0-10- | 10-20- | 20-30- | 30-40- | 40-50- | 50-60- | 60-70- | 70-80- | 80-90- | 90- | | | | | | |
| U- 1 ① | 4 | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 3 | 56 | 11.9 | 21.3 | |
| ② | 4 | | 1 | | | | | | | | | 1 | 2 | 4 | 70 | 41.4 | 59.1 |
| ③ | 2 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 2 | 63 | 7.1 | 11.3 |
| ④ | 4 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | | | 9 | 66 | 29.4 | 44.5 |
| U- 2 ① | 6 | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 2 | | | | 6 | 64 | 20.0 | 31.3 |
| ② | 8 | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 3 | 75 | 20.4 | 27.2 |
| ③ | 8 | 1 | 4 | | 1 | 2 | | 1 | 2 | 4 | 2 | | | 17 | 55 | 32.3 | 58.7 |
| ④ | 8 | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | 4 | 34 | 21.1 | 62.1 |
| U- 3 ① | 12 | 1 | | | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 5 | 3 | | | 18 | 70 | 23.2 | 33.1 |
| ② | 13 | | | 1 | | | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | | | 13 | 77 | 20.3 | 26.4 |
| U- 4 ① | 19 | 1 | | | | 1 | | 1 | 4 | 9 | 8 | | | 24 | 81 | 19.1 | 23.6 |
| ② | 19 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | | 1 | 2 | 4 | 4 | | | 19 | 58 | 30.1 | 51.9 |
| U- 5 | 22 | 23 | 8 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | 37 | 9 | 11.4 | 126.7 |
| U- 6 | 27 | | | 1 | 4 | 2 | 7 | 4 | 3 | 5 | 3 | | | 30 | 60 | 22.8 | 38.0 |
| U- 7 | 33 | | | | | | 4 | 3 | 10 | 6 | 2 | | | 25 | 73 | 12.2 | 16.7 |
| U- 8 | 36 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 7 | | | | 28 | 49 | 31.2 | 63.7 |
| U- 9 | 43 | | 1 | | | | | 2 | 6 | 6 | 11 | | | 26 | 82 | 16.1 | 19.6 |
| U-10 | 47 | 1 | 2 | | 2 | 1 | | 2 | 5 | 8 | 7 | | | 28 | 71 | 26.6 | 37.5 |
| U-11 | 52 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 13 | 11 | | | 43 | 61 | 30.8 | 50.5 |
| U-12 | 56 | 1 | 1 | | | 3 | 3 | 1 | 2 | 10 | 6 | | | 27 | 72 | 25.0 | 34.7 |
| U-13 | 61 | | | 1 | | | 1 | | 8 | 6 | 8 | | | 24 | 82 | 15.0 | 18.3 |
| U-14 | 67 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 3 | 5 | 6 | 2 | 6 | | | 28 | 63 | 27.4 | 43.5 |
| U-15 | 72 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 3 | 5 | 6 | 8 | 13 | | | 40 | 74 | 22.3 | 30.1 |
| U-16 | 78 | | | | 1 | | 2 | 1 | 2 | 6 | 10 | | | 22 | 81 | 21.5 | 26.5 |
| U-17 | 83 | 2 | | | 2 | 1 | | 4 | 6 | 7 | 15 | | | 37 | 77 | 25.0 | 32.5 |
| U-18 | 87 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 1 | 7 | | | 26 | 62 | 69.8 | 48.1 |
| U-19 | 92 | | | | 1 | | 1 | | 2 | 5 | 12 | | | 21 | 87 | 16.4 | 18.9 |
| U-20 | 93 | 3 | 3 | 2 | | 1 | 11 | 9 | 14 | 15 | 15 | | | 73 | 70 | 24.1 | 34.4 |

Table 7. Distribution of spikelet fertility in F₃ lines derived from the representative plants chosen from high and low fertility classes in F₂

| Cross combination Line | F ₂ | Spikelet fertility (%) in F ₃ lines | | | | | | | | | | Total | Mean | S.D. | C.V. | | |
|------------------------|----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|------|------|------|------|------|
| | | 0-10- | 10-20- | 20-30- | 30-40- | 40-50- | 50-60- | 60-70- | 70-80- | 80-90- | 90- | | | | | | |
| 145×A-5 | B- 1 | 57 | | | | | 2 | 5 | 4 | 7 | 9 | 1 | | 28 | 72 | 13.9 | 19.4 |
| | B- 5 | 64 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | | | | 19 | 47 | 22.4 | 47.9 |
| | B-16 | 20 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 3 | | | | 28 | 35 | 27.3 | 77.3 |
| | B-17 | 4 | | 3 | 4 | | | 2 | 1 | 4 | 2 | | | 16 | 49 | 29.6 | 60.9 |
| A-5×I-88 | C- 3 | 34 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 2 | 3 | 6 | 7 | 4 | | 27 | 68 | 25.2 | 37.3 |
| | C- 6 | 67 | 1 | | 1 | | 2 | 1 | 5 | 9 | 7 | 2 | | 28 | 70 | 23.2 | 33.5 |
| | C- 7 | 88 | | | | | | | | 1 | 14 | 13 | | 28 | 88 | 14.4 | 16.4 |
| | C-20 | 21 | | 1 | | | 1 | 4 | 1 | 2 | 16 | 2 | | 27 | 74 | 25.2 | 33.9 |

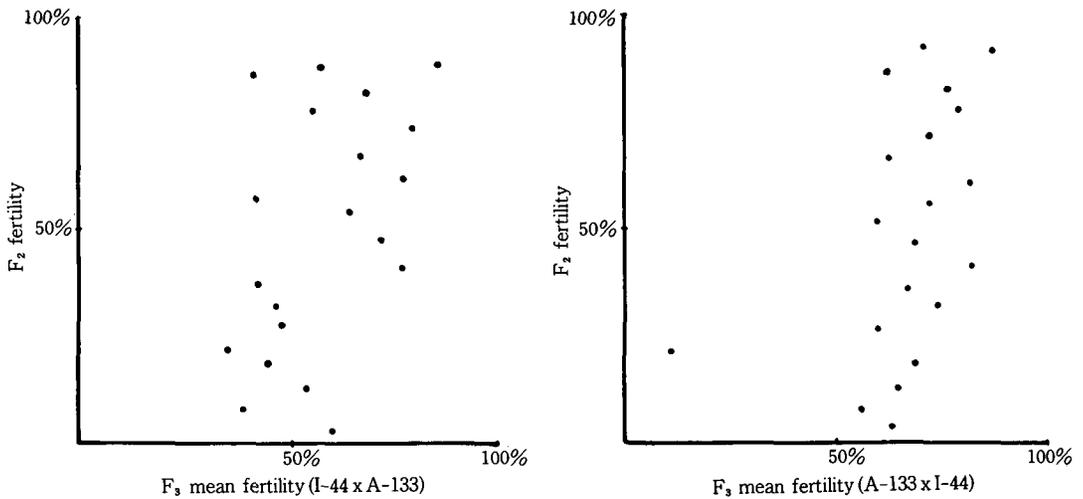


Fig. 2 Relation between fertilities of F₂ and mean fertility of F₃ lines.

Table 8. Distribution of spikelet fertility in F₄ lines in the selection experiments from F₂ to F₄

| Line | F ₃ | Spikelet fertility (%) in F ₄ lines | | | | | | | | | | Total | Mean | S.D. | C.V. |
|---------|----------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|------|
| | | 0- | 10- | 20- | 30- | 40- | 50- | 60- | 70- | 80- | 90- | | | | |
| B-16- 1 | 11 | | 1 | | 1 | | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 12 | 66 | 22.7 | 34.4 |
| B-16- 7 | 4 | | | | | | | | 1 | | 3 | 4 | 73 | 9.7 | 13.4 |
| B-17- 1 | 24 | | 1 | 1 | | 1 | 5 | 2 | 4 | | | 14 | 56 | 19.0 | 34.1 |
| B-17- 7 | 17 | | | | | | 1 | 2 | 6 | 5 | | 14 | 75 | 8.3 | 11.1 |
| B-17-12 | 14 | | | | 1 | | | 2 | 4 | 4 | 3 | 14 | 75 | 16.7 | 22.1 |
| B-16-23 | 78 | | | | | | 1 | 2 | 3 | 7 | 1 | 14 | 78 | 21.1 | 26.9 |
| B-17- 2 | 71 | | | | | | | | 1 | 7 | 6 | 14 | 88 | 6.4 | 7.3 |
| B-17- 3 | 80 | | | | | | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 14 | 85 | 12.3 | 14.5 |
| B-17- 6 | 73 | | | | | | | | 2 | 9 | 3 | 14 | 83 | 7.3 | 8.8 |
| B-17- 8 | 78 | | | | | | 1 | 1 | | 6 | 6 | 14 | 85 | 13.2 | 15.5 |
| B-17-13 | 80 | | | | | | | | 2 | 8 | 4 | 14 | 86 | 5.6 | 6.5 |
| B- 1-21 | 88 | | | | | | | | 1 | 4 | 9 | 14 | 89 | 5.1 | 5.7 |
| B- 1-24 | 85 | | | | | | | | 1 | 2 | 4 | 7 | 14 | 10.0 | 11.5 |
| B- 5- 8 | 70 | | | | | | | | 5 | 7 | 3 | 15 | 82 | 13.6 | 16.6 |
| B- 5-10 | 68 | | | | | 1 | | 6 | 1 | 4 | 2 | 14 | 73 | 13.5 | 18.5 |
| B- 5-17 | 79 | | | | | | | | 2 | 6 | 6 | 14 | 88 | 6.4 | 7.3 |
| B- 5- 3 | 16 | | | | | | | 3 | 4 | 6 | 1 | 14 | 77 | 9.0 | 11.7 |
| B- 5- 4 | 17 | 1 | | | 2 | 1 | 1 | 3 | | | | 9 | 51 | 26.0 | 50.9 |

Table 9. Distribution of spikelet fertility in F₄ lines in the selection experiments from F₂ to F₄

| Line | F ₃ | Spikelet fertility (%) in F ₄ lines | | | | | | | | | | Total | Mean | S.D. | C.V. | | | |
|---------|----------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0- | 10- | 20- | 30- | 40- | 50- | 60- | 70- | 80- | 90- | | | | | | | |
| C-3-4 | 21 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | 14 | 24 | 17.0 | 71.1 | | | |
| C-3-20 | 9 | | | | | | | | 2 | 2 | 3 | 1 | 8 | 79 | 8.9 | 11.3 | | |
| C-3-22 | 17 | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 3 | 2 | 8 | 79 | 16.6 | 21.1 | | |
| C-20-8 | 13 | | 1 | | 1 | 2 | 3 | | | | | 4 | | 3 | 14 | 64 | 23.5 | 36.7 |
| C-3-11 | 89 | | | | | | | | | 1 | 3 | 10 | 14 | 90 | 7.1 | 7.9 | | |
| C-3-18 | 91 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 | 1 | 14 | 72 | 17.2 | 23.9 | | |
| C-3-21 | 92 | | | | | 1 | | | 1 | 2 | 5 | 5 | 14 | 81 | 14.8 | 18.2 | | |
| C-3-26 | 95 | | | | | 1 | | | | 1 | 8 | 4 | 14 | 84 | 13.2 | 15.6 | | |
| C-20-4 | 89 | | | | | | | | | 2 | 2 | 10 | 14 | 90 | 8.8 | 9.8 | | |
| C-20-20 | 84 | | | | | | | | | | 4 | 10 | 14 | 82 | 4.1 | 5.0 | | |
| C-20-22 | 88 | | | | | | | | | | 6 | 8 | 14 | 91 | 4.7 | 5.2 | | |
| C-20-23 | 92 | | | | | | 1 | 1 | 3 | 2 | 7 | | 14 | 83 | 13.3 | 16.0 | | |
| C-20-24 | 95 | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 97 | 2.3 | 2.4 | | |
| C-6-3 | 86 | | 1 | | 1 | 3 | 2 | | 1 | 5 | 1 | | 14 | 63 | 24.5 | 38.6 | | |
| C-6-18 | 87 | | 1 | | | 1 | | | | | 4 | 8 | 14 | 82 | 24.3 | 29.5 | | |
| C-6-19 | 91 | | | | | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 14 | 67 | 10.9 | 16.3 | | |
| C-6-11 | 89 | | | | | | | | 1 | 4 | 4 | 5 | 14 | 84 | 9.6 | 11.4 | | |
| C-7-10 | 93 | | | | | | | | | 4 | 17 | | 21 | 93 | 3.8 | 4.1 | | |
| C-7-28 | 92 | | | | | | | | | 1 | 13 | | 14 | 93 | 2.5 | 2.7 | | |
| C-6-5 | 9 | 3 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 2 | 4 | | 13 | 57 | 37.4 | 65.1 | | |

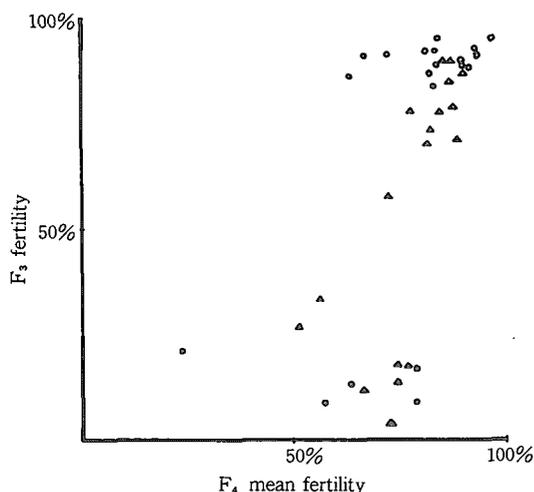


Fig. 3 Relation between fertilities of F₃ plants and mean fertility of F₄ lines.
 I-45 x A-5 A-5 x I-88
 ▲ low fertility. ● high fertility.
 △ high fertility. ○ low fertility.

及び、C系統でも、C-20-23を除く他のC-20由来の系統とC-3-11の5系統と半数以上を占めた。残りの7系統のうち、40%未満の低稔性個体を分離したのは、C-3-18のみであり、他の6系統では、40%以上の稔性を示す個体を少数分離した。したがって、各系統の平均稔性は、C-3-18を除き、F₃個体の平均稔性と大きな差は見られなかった。

3. 高稔性 (F₂) → 高稔性 (F₃)

高稔性方向への選抜を2度くり返したのは、B-1-21, 24, B-5-8, 10, 17, C-6-3, 18, 19, 11, C-7-10, 28の合計11系統である。F₂のC-7個体は、稔性が88%であり、次代のF₃系統では70%以上の高稔性個体のみを生じた。F₄においても80%以上の高稔性個体のみを生じ、高稔性に固定したと考えて差支えない。B-1, B-5, C-6の各F₂個体の稔性は、57%, 64%および67%とC-7より低く、F₃系統中にも低稔性個体から高稔性個体まで、広い巾の

変異が見られた。F₄系統では、B-1 および B-5 由来では2系統を除き、すべて70%以上の比較的高稔性の個体のみを生じ、高稔性固定の方向へ近づいた。しかし、C-6 由来のF₄系統では高稔性に固定せず低稔性個体を生ずる分離を繰り返した。したがって、C-6-3 と C-6-19 では、F₄系統の平均稔性がF₃個体の稔性より20%以上も低下した。

4. 高稔性 (F₂) → 低稔性 (F₃)

B-5-3, 4, C-6-5 の合計3系統がこの型に相当する。これらの系統では、F₃系統内に生じたF₂親の稔性を大きく下まわった低稔性個体を選んで、F₄系統を作成したものである。B-5-3 では60%未満の個体を生じなかったが、B-5-4 では逆に70%以上の高稔性個体を生じなかった。C-6-5 では、低稔性個体から高稔性個体にわたるきわめて広い巾の変異が見られた。F₄各系統の平均稔性は、親のF₃個体の稔性より高くなった。

F₃個体とF₄系統の平均稔性との関係を調べるとFig. 3のごとく、F₃の高稔性個体から由来した高稔性グループでは、前世代と同様に高稔性に偏り、F₃の低稔性個体からの低稔性グループでは、世代の進行により、平均稔性は親の稔性を上まわり、世代を重ねる度に向上してゆく傾向が認められた。すなわち、高稔性グループでは、高稔

Table 10. Marker genes used in the experiment

| Strain | Marker genes (linkage group) | | | | |
|--------|------------------------------|---------------|----------------|---------------|--|
| | <i>C^g(I)</i> | <i>A(III)</i> | <i>Rd(III)</i> | <i>Rc(IV)</i> | |
| I-44 | <i>C^g(I)</i> | <i>A(III)</i> | <i>Rd(III)</i> | <i>Rc(IV)</i> | |
| I-45 | | <i>A(III)</i> | <i>Rd(III)</i> | | |
| I-88 | <i>C^gr(I)</i> | <i>A(III)</i> | <i>Rd(III)</i> | <i>Rc(IV)</i> | |
| A-5 | <i>C^gr(I)</i> | <i>A(III)</i> | <i>Rd(III)</i> | <i>Rc(IV)</i> | |
| A-13 | <i>C^g(I)</i> | | | | |
| A-43 | <i>wx(I)</i> | | | | |
| A-133 | | | | | |

性だけに固定する系統が多くなり、系統内に生ずる低稔性個体は少数のため、平均稔性は前の世代の稔性と大差ないものとなった。一方、低稔性グループでは、すべての系統に親の稔性を上まわる高稔性個体が出現し、このため平均稔性は前の世代より高くなった。ただ、C-3-4は例外であり、平均稔性は前世代とほぼ等しく、低稔性へ固定する方向へ導かれる系統となった。

B. 形質分離と稔性の関係

F₂集団における玄米果皮色、糯稈性、稈先色の分離と種子稔性の関係の調査に用いた交雑に含まれる標識遺伝子とその所属連鎖群をTable 10に示した。

1. 玄米果皮色

I-88とI-44は赤米(*RcRd*)であり、日本稲A-13, A-43およびA-133は白米(*rcrd*)であった。これらの交雑組合せF₁の表現型および

Table 11. Segregation of pericarp color in F₂ populations

| Cross combination | Red | Brown | White | Total | Goodness of fit | | |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|--|-------|-----------------|----------|----------------|
| | <i>RcRd</i> Obs.(Cal.) | <i>Rcrd</i> Obs.(Cal.) | <i>rcRd</i> <i>rcrd</i> Obs.(Cal.) | | Ratio | χ^2 | P ^r |
| I-44 x A-43 | 58(54.56) | 15(18.19) | 24(24.25) | 97 | 9:3:4 | 0.778 | 0.7-0.5 |
| A-43 x I-44 | 93(91.69) | 28(30.56) | 42(40.75) | 163 | 9:3:4 | 0.272 | 0.9-0.8 |
| I-44 x A-133 | 62(56.81) | 14(18.94) | 25(25.25) | 101 | 9:3:4 | 1.763 | 0.5-0.3 |
| A-133 x I-44 | 124(120.38) | 36(40.13) | 54(53.50) | 214 | 9:3:4 | 0.538 | 0.8-0.7 |
| I-45 x A-5 | 176(180.00) | — | 64(60.00) | 240 | 3:1 | 0.356 | 0.7-0.5 |
| A-5 x I-45 | 220(210.75) | — | 61(70.25) | 281 | 3:1 | 1.624 | 0.3-0.2 |
| I-88 x A-13 | 49(39.38) | 10(13.13) | 11(17.50) | 70 | 9:3:4 | 5.511 | 0.1-0.05 |
| A-13 x I-88 | 107(104.63) | 31(34.88) | 48(46.50) | 186 | 9:3:4 | 0.533 | 0.8-0.7 |
| I-88 x A-43 | 85(74.81) | 15(24.94) | 33(33.25) | 133 | 9:3:4 | 5.349 | 0.1-0.05 |
| A-43 x I-88 | 117(95.63) | 24(31.88) | 29(42.50) | 170 | 9:3:4 | 11.012 | 0.01-0.001 |
| I-88 x A-133 | 161(148.50) | 40(49.50) | 63(66.00) | 264 | 9:3:4 | 3.012 | 0.1-0.05 |
| A-133 x I-88 | 147(136.69) | 43(45.56) | 53(60.75) | 243 | 9:3:4 | 1.911 | 0.5-0.3 |

Table 12. Association between spikelet fertility and pericarp color

| Cross combination | Genotype | Spikelet fertility (%) in F ₂ | | | | | | Mean fertility (%) | Homogeneity | |
|-------------------|-------------|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------------------|---|---|
| | | 0-19 | 20-39 | 40-59 | 60-79 | 80-100 | Total | | χ^2 | P |
| I- 44 x A- 43 | <i>RcRd</i> | 15 | 13 | 8 | 8 | 14 | 58 | 45.6 | $\chi^2 = 4.569$ d.f. = 8 0.9-0.8 | |
| | <i>Rcrd</i> | 6 | 3 | 3 | 2 | 1 | 15 | 34.0 | | |
| | <i>rcRd</i> | 6 | 6 | 4 | 5 | 3 | 24 | 42.4 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| A- 43 x I- 44 | <i>RcRd</i> | 25 | 6 | 12 | 28 | 22 | 93 | 52.9 | $\chi^2 = 14.160$ d.f. = 8 0.1-0.05 | |
| | <i>Rcrd</i> | 22 | 6 | 4 | 5 | 11 | 28 | 63.0 | | |
| | <i>rcRd</i> | 5 | 6 | 7 | 11 | 13 | 42 | 59.6 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| I- 44 x A-133 | <i>RcRd</i> | 28 | 18 | 8 | 5 | 3 | 62 | 28.2 | $\chi^2 = 1.387$ d.f. = 8 0.9 | |
| | <i>Rcrd</i> | 6 | 4 | 3 | 1 | 0 | 14 | 27.8 | | |
| | <i>rcRd</i> | 11 | 6 | 4 | 2 | 2 | 25 | 31.5 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| A-133 x I- 44 | <i>RcRd</i> | 42 | 30 | 26 | 20 | 6 | 124 | 35.5 | $\chi^2 = 4.333$ d.f. = 8 0.9-0.8 | |
| | <i>Rcrd</i> | 10 | 13 | 7 | 4 | 2 | 36 | 33.8 | | |
| | <i>rcRd</i> | 16 | 12 | 10 | 11 | 5 | 54 | 39.7 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| I- 45 x A- 5 | <i>RcRd</i> | 78 | 37 | 38 | 20 | 3 | 176 | 29.5 | $\chi^2 = 2.728$ d.f. = 4 0.7-0.5 | |
| | <i>rcRd</i> | 25 | 20 | 12 | 6 | 1 | 64 | 29.1 | | |
| A- 5 x I- 45 | <i>RcRd</i> | 102 | 53 | 42 | 21 | 2 | 220 | 27.4 | $\chi^2 = 2.153$ d.f. = 4 0.8-0.7 | |
| | <i>rcRd</i> | 26 | 16 | 11 | 6 | 2 | 61 | 29.4 | | |
| I- 88 x A- 13 | <i>RcRd</i> | 25 | 9 | 9 | 5 | 1 | 49 | 26.5 | $\chi^2 = 13.742$ d.f. = 8 0.1-0.05 | |
| | <i>Rcrd</i> | 2 | 5 | 0 | 3 | 0 | 10 | 34.3 | | |
| | <i>rcRd</i> | 6 | 3 | 0 | 1 | 1 | 11 | 23.5 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| A- 13 x I- 88 | <i>RcRd</i> | 27 | 26 | 21 | 26 | 7 | 107 | 41.6 | $\chi^2 = 6.961$ d.f. = 8 0.7-0.5 | |
| | <i>Rcrd</i> | 8 | 7 | 10 | 5 | 1 | 31 | 38.5 | | |
| | <i>rcRd</i> | 13 | 5 | 13 | 13 | 4 | 48 | 45.4 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| I- 88 x A- 43 | <i>RcRd</i> | 24 | 17 | 26 | 11 | 7 | 85 | 40.1 | $\chi^2 = 12.888$ d.f. = 8 0.2-0.1 | |
| | <i>Rcrd</i> | 3 | 6 | 1 | 4 | 1 | 15 | 40.4 | | |
| | <i>rcRd</i> | 13 | 6 | 8 | 4 | 0 | 33 | 33.6 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| A- 43 x I- 88 | <i>RcRd</i> | 12 | 16 | 14 | 27 | 48 | 117 | 63.9 | $\chi^2 = 13.383$ d.f. = 8 0.1-0.05 | |
| | <i>Rcrd</i> | 2 | 1 | 8 | 3 | 10 | 24 | 64.8 | | |
| | <i>rcRd</i> | 2 | 1 | 8 | 9 | 9 | 29 | 67.5 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| I- 88 x A-133 | <i>RcRd</i> | 71 | 38 | 25 | 21 | 6 | 161 | 29.9 | $\chi^2 = 6.046$ d.f. = 8 0.7-0.5 | |
| | <i>Rcrd</i> | 14 | 8 | 6 | 7 | 4 | 40 | 37.5 | | |
| | <i>rcRd</i> | 23 | 16 | 14 | 8 | 2 | 63 | 32.7 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |
| A-133 x I- 88 | <i>RcRd</i> | 26 | 21 | 38 | 46 | 16 | 147 | 49.6 | $\chi^2 = 14.610$ d.f. = 8 0.1-0.05 | |
| | <i>Rcrd</i> | 1 | 11 | 13 | 10 | 8 | 43 | 62.0 | | |
| | <i>rcRd</i> | 9 | 14 | 10 | 16 | 4 | 53 | 45.4 | | |
| | <i>rcrd</i> | | | | | | | | | |

遺伝子型は期待されるごとく赤米 ($RcRcRdRd$) となり、 F_2 では赤米 ($RcRd$) : 褐斑米 ($Rcrd$) : 白米 ($rcRd, rcrd$) をそれぞれ 9 : 3 : 4 の比に分離する。一方、I-45は白米 ($rcRd$) であり A-5は赤米 ($RcRd$) であるから、この両者を交雑した F_1 赤米 ($RcRcRdRd$) となり、 F_2 では、赤米 ($RcRd$) : 白米 ($rcRd$) を 3 : 1 の比に生ずることが期待される。

実験結果は Table 11 と 12 に示した。

I-88×A-43では正逆交雑ともに適合度がやや低かった。特に、I-88を花粉親に用いた組合せで異常分離となった。しかし、それ以外はすべて理論比によく適合し、交雑方向を変えてもあまり分離の不規則性は見られなかった。玄米果皮色と稔性との関係では、赤米の平均稔性がやや高い交雑組合せが2、褐斑米は4、白米は4あったが、逆に赤米の平均稔性がやや低い組合せも3、褐斑米は4、白米は3見られた。3形質間で稔性の有意差を生じた交雑組合せは認められず、また、交雑方向の相違によって変わらなかった。したがって、玄米果皮色と稔性間に相関関係は見られなかったと考えられる。

2. 糯稈性

I-88は粳 (Wx) で A-43は糯 (wx) で、 F_1

はヘテロ型 ($Wxwx$) となり、キセニア現象によって F_1 個体に結実した種子にも分離を生じた。 F_2 では粳とヘテロ個体を花粉観察によって分けることができたので、粳 ($WxWx$) : ヘテロ ($Wxwx$) : 糯 ($wxwx$) = 1 : 2 : 1 の分離比を期待できる。実験結果を Table 13, 14 に示した。

A-43×I-88では適合度がやや低かったものの、1 : 2 : 1 型の分離となり、糯稈性と稔性の間にも相関関係は認められなかった。

3. 稈先色

稈先色については、インド稲を交雑した場合にも基本的には日本稲間の交雑と同様な遺伝子体系により支配されている。本実験に供試したインド稲系統の稈先着色に関する遺伝子型は、ここでは十分な遺伝子分析を重ねることができなかったため、外見上の着色から日本稲において相当するとみられる C および A の複対立遺伝子をあてている。そのため、 F_2 分離も色調を問わず有色と無色に分けて調査し、種子稔性との関係を調べた。

I-44は濃紫色 ($C^B A$) を呈し、A-43とA-133はそれぞれ薬色 (ここでは無色と称す) となり遺伝子型は ($C^+ A^+$) であった。両者を交配した組合せの F_1 は濃紫色 ($C^B A$) を示し、 F_2 では有色 ($C^B A$) 無色 ($C^B A^+, C^+ A, C^+ A^+$) を 9 : 7 に

Table 13. Segregation of glutinous endosperm in F_2 populations

| Cross combination | non-glutinous | heterozygous | glutinous | Total | Goodness of fit | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------------|----------|----------|
| | $WxWx$ Obs.(Cal.) | $Wxwx$ Obs.(Cal.) | $wxwx$ Obs.(Cal.) | | Ratio | χ^2 | P |
| I-88 x A-43 | 42(36.25) | 72(72.50) | 31(36.25) | 145 | 1:2:1 | 1.676 | 0.5-0.3 |
| A-43 x I-88 | 51(42.50) | 86(85.00) | 33(42.50) | 170 | 1:2:1 | 3.835 | 0.1-0.05 |

Table 14. Association between spikelet fertility and glutinous endosperm

| Cross combination | Genotype | Spikelet fertility (%) in F_2 | | | | | | Mean fertility (%) | Homogeneity | |
|-------------------|----------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------------------|-------------------------------|---------|
| | | 0-19 | 20-39 | 40-59 | 60-79 | 80-100 | Total | | χ^2 | P |
| I-88 x A-43 | $WxWx$ | 15 | 10 | 12 | 3 | 2 | 42 | 33.5 | $\chi^2 = 10.190$ d.f. = 8 | |
| | $Wxwx$ | 25 | 15 | 15 | 15 | 2 | 72 | 36.2 | | |
| | $wxwx$ | 11 | 4 | 9 | 3 | 4 | 31 | 37.8 | | |
| A-43 x I-88 | $WxWx$ | 3 | 5 | 12 | 13 | 18 | 51 | 64.9 | $\chi^2 = 9.329$ d.f. = 8 | |
| | $Wxwx$ | 12 | 10 | 12 | 21 | 31 | 86 | 61.7 | | |
| | $wxwx$ | 1 | 3 | 6 | 5 | 18 | 33 | 72.1 | | 0.5-0.3 |

Table 15. Segregation of apiculus color in F₂ populations

| Cross combination | Colored Obs.(Cal.) | Non-colored Obs.(Cal.) | Total | Goodness of fit | | |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|-------|-----------------|----------|-----------|
| | | | | Ratio | χ^2 | P |
| I- 44 x A- 43 | 63(58.50) | 41(45.50) | 104 | 9:7 | 0.791 | 0.5-0.3 |
| A- 43 x I- 44 | 105(92.81) | 60(72.19) | 165 | 9:7 | 3.658 | 0.1-0.05 |
| I- 44 x A-133 | 70(68.06) | 51(52.94) | 121 | 9:7 | 0.126 | 0.8-0.7 |
| A-133 x I- 44 | 137(172.50) | 93(100.63) | 230 | 9:7 | 1.027 | 0.5-0.3 |
| I- 88 x A- 5 | 65(74.25) | 34*(24.75) | 99 | 3:1 | 4.609 | 0.05-0.02 |
| A- 5 x I- 88 | 183(192.75) | 74*(64.25) | 275 | 3:1 | 1.973 | 0.2-0.1 |
| I- 88 x A- 13 | 61(60.00) | 19(20.00) | 80 | 3:1 | 0.067 | 0.8-0.7 |
| A- 13 x I- 88 | 149(156.00) | 59(52.00) | 208 | 3:1 | 1.256 | 0.3-0.2 |
| I- 88 x A- 43 | 92(82.69) | 55(64.31) | 147 | 9:7 | 2.397 | 0.2-0.1 |
| A- 43 x I- 88 | 86(96.75) | 86(75.25) | 172 | 9:7 | 2.730 | 0.1-0.05 |
| I- 88 x A-133 | 147(157.50) | 135(122.50) | 280 | 9:7 | 2.268 | 0.2-0.1 |
| A-133 x I- 88 | 136(142.31) | 117(110.69) | 253 | 9:7 | 0.640 | 0.8-0.7 |

*.Pink

Table 16. Association between spikelet fertility and apiculus color

| Cross combination | Apiculus color | Spikelet fertility (%) in F ₂ | | | | | | Mean fertility | Homogeneity | |
|-------------------|----------------|--|-------|-------|-------|--------|-------|----------------|----------------|---|
| | | 0-19 | 20-39 | 40-59 | 60-79 | 80-100 | Total | | χ^2 | P |
| I- 44 x A- 43 | Colored | 18 | 14 | 8 | 11 | 12 | 63 | 43.0 | $\chi^2=2.547$ | |
| | Non-colored | 16 | 8 | 7 | 4 | 6 | 41 | 35.7 | 0.7-0.5 | |
| A- 43 x I- 44 | Colored | 21 | 7 | 13 | 34 | 30 | 105 | 58.1 | $\chi^2=8.904$ | |
| | Non-colored | 13 | 11 | 10 | 10 | 16 | 60 | 51.5 | 0.1-0.05 | |
| I- 44 x A-133 | Colored | 34 | 18 | 9 | 7 | 2 | 70 | 26.7 | $\chi^2=3.874$ | |
| | Non-colored | 27 | 12 | 8 | 1 | 3 | 51 | 24.8 | 0.5-0.3 | |
| A-133 x I- 44 | Colored | 43 | 35 | 27 | 24 | 6 | 135 | 35.8 | $\chi^2=4.044$ | |
| | Non-colored | 43 | 18 | 15 | 12 | 7 | 95 | 31.3 | 0.5-0.3 | |
| I- 88 x A- 5 | Red | 25 | 9 | 8 | 14 | 9 | 65 | 41.6 | $\chi^2=2.099$ | |
| | Pink | 10 | 3 | 6 | 8 | 7 | 34 | 48.2 | 0.8-0.7 | |
| A- 5 x I- 88 | Red | 4 | 17 | 23 | 58 | 81 | 183 | 71.2 | $\chi^2=6.136$ | |
| | Pink | 5 | 4 | 5 | 23 | 37 | 74 | 72.7 | 0.2-0.1 | |
| I- 88 x A- 13 | Colored | 35 | 10 | 8 | 6 | 2 | 61 | 23.7 | $\chi^2=5.353$ | |
| | Non-colored | 8 | 7 | 1 | 3 | 0 | 19 | 25.8 | 0.3-0.2 | |
| A- 13 x I- 88 | Colored | 45 | 29 | 32 | 31 | 12 | 149 | 39.8 | $\chi^2=1.256$ | |
| | Non-colored | 23 | 9 | 12 | 14 | 1 | 59 | 35.5 | 0.5-0.3 | |
| I- 88 x A- 43 | Colored | 33 | 14 | 28 | 11 | 6 | 92 | 36.3 | $\chi^2=7.547$ | |
| | Non-colored | 20 | 15 | 8 | 10 | 2 | 55 | 33.6 | 0.2-0.1 | |
| A-43 x I- 88 | Colored | 7 | 11 | 17 | 23 | 28 | 86 | 61.7 | $\chi^2=5.378$ | |
| | Non-colored | 9 | 7 | 13 | 16 | 41 | 86 | 67.8 | 0.3-0.2 | |
| I- 88 x A-133 | Colored | 60 | 34 | 25 | 21 | 5 | 145 | 30.9 | $\chi^2=2.060$ | |
| | Non-colored | 64 | 29 | 20 | 15 | 7 | 135 | 29.1 | 0.8-0.7 | |
| A-133 x I- 88 | Colored | 28 | 20 | 32 | 43 | 13 | 136 | 47.6 | $\chi^2=4.569$ | |
| | Non-colored | 18 | 26 | 29 | 29 | 15 | 117 | 48.8 | 0.5-0.3 | |

分離すると期待される。

I-88は赤色($C^{BP}A$)でA-5は桃色($C^{Br}A$)であるので、両者の交雑 F_1 は赤色($C^{BP}A$)となり F_2 では赤色($C^{BP}A$):桃色($C^{Br}A$)=3:1の分離が期待される。

A-13は成熟時に tawny 様着色(C^bA^+)に変わり、I-88との交雑組合せの F_1 では濃紫(C^bA)となり、 F_2 では有色($C^bA, C^{BP}A$):無色($C^bA^+, C^{BP}A^+$)=3:1に分離する。

I-88へA-133あるいはA-43を交配すると、 F_1 では赤色($C^{BP}A$)となり、 F_2 では有色($C^{BP}A$):無色($C^{BP}A^+, C^+A, C^+A^+$)を9:7に分離する。

以上の期待値と観察値の適合度を調べた結果をTable 15, 16に示した。

I-88×A-5のように適合度の低い組合せも例外的に見られたものの、交雑方向の相違にかかわらず、期待通りの分離を生じた。稈先色と種子稔性との関係においては、均一性の χ^2 検定の結果から明らかなごとく、いずれの組合せにおいても、有色個体と無色個体の間に稔性の差は認められなかった。

以上のごとく、玄米果皮色、糯稈性、稈先色の3形質に係わる、 Rc, Rd, wx, C および A の各遺伝子と稔性に係わる遺伝子の間には、明らかな連鎖関係は見られないようであった。

考 察

本実験の結果からも、 F_1 の不稔性程度が日印品種の交雑組合せの種類により異なることや、 F_2 の稔性変異が連続的となることが明らかとなった。これらは、従来の多くの研究結果^{1,5,6,7,8,11})と一致する。しかし、I-44およびI-88を一方の親とし、日本稲品種との間で相反交雑を行なったところ、 F_1 および F_2 を通じて稔性変異に相反交雑間で明らかな差が認められた。故に、これらの組合せでは、核内の遺伝的要因に加えて、細胞質内の遺伝的要因にも相違が見られることが推定された。

新城^{15,16)}は、かかる相反交雑 F_1 から連続戻し交雑により「Chisurah Boro II」の細胞質型を有し、

「台中65号」の核内遺伝的要因を備えた細胞質雄性不稔稲を育成した。また、これらと同じ雄性不稔細胞質をBoro品種群が有すると報告している^{17,18)}。田丸等¹⁹⁾もすでに核置換法により2種の細胞質雄性不稔稲を育成したが、I-44とI-88はそれらの細胞質提供親であり、ともにBoro品種群に属する。これら2品種を雌性親に用いて日本稲と交雑した F_1 では、核内遺伝的要因である稔性回復遺伝子の分離が生ずるわけで、逆交雑である日本稲細胞質を有する F_1 よりも不稔花粉を多く生ずる結果となった。 F_2 における稔性頻度分布型でも F_1 と同様な細胞質と稔性回復遺伝子の相互作用を生ずるので、再び相反交雑間に明らかな相違をもたらしたと推定される。

I-34およびI-45と日本稲各品種との相反交雑間では、 F_1 および F_2 の両世代を通じて相反交雑間に稔性の有意差は認められなかった。これらの組合せでは、不稔性は、主として核内遺伝子のみによると考えられる。

雑種不稔性に関与する核遺伝子として岡^{9,12,13)}は、 F_1 における不稔性については配偶子発育因子を、 F_2 以降に生ずる不稔性には重複稔実性遺伝子も関与するとしている。いずれも重複遺伝子の補足作用であり、それらの遺伝子の中には C および wx (第I連鎖群)、 lg (第II連鎖群)および bc (第XI連鎖群)と連鎖する場合が見られる^{10,13,14)}。

本実験の結果では、 F_2 の稔性分布がいずれの組合せにおいても連続的であり、標識形質と稔性との関係は、均一性の χ^2 検定によって調べざるを得なかったが、 C, wx (第I連鎖群)、 A, Rd (第III連鎖群)および Rc (第IV連鎖群)の各遺伝子と不稔性を支配する遺伝子との間には、明らかな連鎖関係は認められなかった。

F_2 より F_4 代までの稔性の変異を見ると、初期世代である F_4 においてすでに高稔性に固定するような系統がかなり得られた。しかし、 F_2 のごとき広い巾の変異を繰り返す系統もあった。また、 F_2 の低稔性グループからは、 F_3, F_4 を通じてほとんどの系統で前の世代における個体の稔性を次代系統の平均稔性が上まわる結果となった。すなわち、不稔性遺伝子は自殖を重ねると急速に取り除

かれる傾向が見られた。一方、U-5やC-3-4の各系統に見られるごとく、低稔性グループから高稔性の方向へ系統平均値が移るものが多いなかで、低稔性個体の方を多く分離する系統も出現し、 F_1 で不稔性をひきおこす遺伝子仮定とは別の機構がこれらの過程に含まれる可能性があり、今後の検討を必要としよう。

F_1 での不稔性程度は、インド稲品種を異にした方が、日本稲品種を異にするより大きな変異を生じたことから、おそらく、不稔性に係わる遺伝子はインド稲内に多数分化していると考えてよい。さらに、前述のごとく、インド稲品種内には、細胞質型の分化もあるわけで、遠縁品種間の雑種不稔性には極めて複雑な機構が存在していると考えられる。

摘 要

外国稲4品種と日本稲4品種を用いて、総当り交配を行ない、相反交雑組合せ間で差異を生ずる細胞質型の異同に注目しつつ、栽培稲の遠縁品種間交雑に見られる雑種不稔性の遺伝的機構を検討した。

1 F_1 の花粉稔性および種子稔性は、交雑組合せにより種々の程度の不稔性が見られた。「Bhutmuri-36」および「Assam III」のインド稲を片親に用い、日本稲品種と相反交雑を行なって、相反交雑 F_1 間の花粉および種子稔性に有意差を認め、いずれの組合せにおいてもインド稲を雌性親にした方で、花粉、種子稔性がともに低下した。

2 すべての交雑組合せの F_2 では、低稔性から高稔性に至る広い分布域の変異が見られた。しかし、相反交雑間で差の見られた交雑組合せでは、 F_2 においても正逆交雑由来で、平均稔性や稔性ヒストグラムの形に差が認められた。

3 F_2 では、玄米果皮色、糯稈性、稈先色についての分離が見られた。かかる標識形質と種子稔性との関係を調査したが、明らかな遺伝的相関関係は認められなかった。

4 正逆交雑間で F_1 および F_2 に明らかな稔性変異の見られた交雑組合せ、I-44×A-133に

ついて、 F_2 の各稔性階級から個体を選び、 F_3 系統を育成して F_2 と F_3 における不稔性の関係を調べた。正逆交雑ともに F_3 の稔性平均値は高稔性に偏り、変異巾も小さくなる傾向が見られた。ただし、I-44の細胞質を有する場合には、 F_3 系統平均値間のばらつきがやや大きかった。

5 I-45×A-5およびA-5×I-88を用いて F_2 から F_4 に至る稔性の選抜実験を行なった。 F_2 の高稔性グループでは、高稔性に固定するものが多く、 F_2 の低稔性グループからも平均稔性が前世代より向上するものが多かった。しかし、特殊な系統では、50%以下の高不稔個体のみを生じ、平均稔性が前世代を下まわる系統も見られた。

6 以上の結果から、栽培稲の雑種不稔性には、核内遺伝要因に加えて、細胞質要因の関与する場合があり、不稔性は、自殖を繰り返すと急速に消失する傾向は見られるものの、なかには、低稔性が維持される場合もあって、その遺伝機構は複雑であった。したがって、現在提唱されている学説だけでは、それらを説明するのに不十分と考える。

引 用 文 献

1. JENNINGS, P. R. : Evaluation of partial sterility in *Indica* × *Japonica* rice hybrids, *IRRI Tech. Bull.*, 5 : 1-6, 1966.
2. KATO, S. : On the affinity of the cultivated varieties of rice plant, *Oryza sativa* L., *J. Agr. Kyushu Univ.*, 2 : 241-276, 1930.
3. 北村英一：稲の遠縁品種間交雑における細胞質的不稔性に関する研究，I．フィリピン稲と日本稲との交雑による育成系統と日本稲との正逆交雑 F_1 の稔性，育種，12 : 81-84, 1962.
4. 北村英一：稲の遠縁品種間交雑における細胞質的不稔性に関する研究，II．細胞質的不稔性に関する日本稲核内遺伝子の分析，育種，12 : 166-168, 1962.
5. MIZUSIMA, U. : Studies on sexual affinity among rice variety. II. Analysis of affinity of other Asiatic and Hawaiian varieties, *Tohoku Jour. Agr. Res.*, 1: 151-160, 1950.
6. MORINAGA, T. and KURIYAMA, H. : Japonica type in the subcontinent of India and Java, *Japan, J. Breed.*, 5 : 149-153, 1955.
7. MORINAGA, T. and KURIYAMA, H. : Intermediate type of rice in the subcontinent of India and Java,

- Japan. J. Breed.*, 7 : 253-259, 1958.
8. 永松土己・高原健次郎：集団育種法によって稲の日本型×印度型雑種により新型を育成した一事例，育雑，4 : 230-232, 1953.
 9. 岡 彦一：栽培稲における品種間雑種不稔性の機構，栽培稲の系統発生的分化（第6報），育雑，2 : 217-224, 1953.
 10. 岡 彦一：稲の品種間雑種不稔性の分離に対する影響，栽培稲の系統発生的分化（第9報），育雑，3 : 31-39, 1953.
 11. 岡 彦一：雑種不稔性に依る稲品種の分類，第2報，栽培稲の系統発生的分化，育雑，3 : 1-6, 1954.
 12. OKA, H. : Phylogenetic differentiation of cultivated rice. XV. Complementary lethal genes in rice., *Japan. J. Genet.*, 32 : 83-87, 1957.
 13. OKA, H. and DOIDA, Y. : Phylogenetic differentiation of cultivated rice, XX. Analysis of the genetic basis of hybrid breakdown in rice, *Japan. J. Genet.*, 37 : 24-35, 1962.
 14. OKA, H. : Analysis of genes controlling F₁ sterility in rice by the use of isogenic lines, *Genetics*. 77 : 521-534, 1974.
 15. SHINJO, C. : Cytoplasmic-genetic male sterility in cultivated rice, *Oryza sativa* L. II. The inheritance of male sterility, *Japan. J. Genet.*, 44 : 149-156, 1969.
 16. 新城長有：栽培イネにおける細胞質的雄性不稔性の研究，Ⅰ．雄性不稔と花粉稔性回復系統の育成経過および自然環境に対するそれらの安定性，琉球大農学術報告，17 : 261-272, 1970.
 17. SHINJO, C. : Distributions of male sterility-inducing cytoplasm and fertility-restoring genes in rice. II. Varieties introduced from sixteen countries, *Japan. J. Breed.*, 22 : 329-333, 1972.
 18. SHINJO, C. : Genetical studies of cytoplasmic male sterility and fertility restoration in rice, *Oryza sativa* L., *Sci. Bull. Coll. Agr. Univ. Ryukyus*, 22 : 1-57, 1975.
 19. 田丸典彦・木下俊郎・高橋萬右衛門：核置換によって育成した細胞質雄性不稔稲における花粉退化の細胞学的観察，稲の交雑に関する研究，第LXXIII報，北大農邦文紀要，12 : 124-128, 1980.

Nature of Hybrid Sterility in Reciprocal Crosses between
Japonica and *Indica* Rice Varieties
— Genetical Studies on Rice Plant, LXXVIII —

Norihiko TAMARU*, Seng Kong YONG**, Toshiro KINOSHITA and Man-emon TAKAHASHI

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

Summary

The genetic mechanism of hybrid sterility was investigated by using F_1 and F_2 populations of the diallel crossings between 4 *Japonica* strains and 4 *Indica* varieties. In addition, the breeding behaviour of sterility was examined in several crossings up to F_4 generation. The results obtained are summarized as follows ;

1. In the reciprocal crossings between Bhutmuri-36 (I-44) and *Japonica* testers and between Assam III (I-88) and *Japonica* testers, there was a pronounced difference in both pollen and spikelet fertilities between the reciprocal hybrids, showing a clear reduction of fertility when the *Indica* varieties were used as the female parent.

2. In F_2 populations of the above crosses, continuous variations over wide range were obtained regardless of the direction of cross and the cross combinations. However, a pronounced difference existed in the shape of fertility histograms and mean fertilities between reciprocal hybrids from the crosses involving I-44 and I-88. In general, the types of *Indica* varieties strongly affected the genetical variations both in F_1 and F_2 generations as compared to those of *Japonica* strains.

3. There were no outstanding relation between genic markers such as *C* (Chromogen), *wx* (glutinous endosperm), *A* (Activator), *Rd* (Red pericarp) and *Rc* (Brown pericarp) and the spikelet fertility in F_2 populations of the above crosses.

4. The relation of the spikelet fertility between F_2 plants and F_3 lines was examined in the reciprocal crosses between I-44 and A-133. As shown in Fig. 2, the range of variation in F_3 lines shifted to a higher fertility than those in F_2 s both in reciprocal hybrids. The correlation figure between F_2 and F_3 fertilities are slightly different between those of reciprocal hybrids, showing that the F_4 lines possessing *Indica* cytoplasm fall in a wider range of variation in their mean fertilities.

5. Selection experiments were performed in the crosses, I-45×A-5 and A-5×I-88 up to F_4 generation. As shown in Fig. 3, the high fertility group selected in F_2 populations reached progressively to the fixation of high fertility in F_4 although some lines repeated their segregation over a wide range, while the low fertility group shifted to a higher fertility except for a line producing the highly sterile plants alone, showing a fertility below 50%.

Thus, the genetic behaviour of hybrid sterility is complicated depending on the participation of nuclear genic and cytoplasmic causes and their interaction.

*Agricultural Laboratory, Kushiro College, Hokkaido University of Education, Kushiro, Japan.

**Demonstration Farm, Primary Production Department, Singapore.