



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	栽培稲の遠縁品種間交雑 F1 に生じた不稔性個体の花粉退化型についての2、3の観察 : 稲の交雑に関する研究 第L X X X II 報
Author(s)	田丸, 典彦; TAMARU, Norihiko; 木下, 俊郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 13(2), 178-186
Issue Date	1982-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11973
Type	departmental bulletin paper
File Information	13(2)_p178-186.pdf



栽培稲の遠縁品種間交雑 F_1 に生じた不稔性個体の 花粉退化型についての 2, 3 の観察

— 稲の交雑に関する研究 第 LXXII 報* —

田丸典彦**・木下俊郎

(北海道大学農学部作物育種学教室)

(昭和 56 年 11 月 2 日受理)

Some Observations on Pollen Abortion Types Occurred in the F_1 Plants of the Crosses between Distantly Related Varieties in Rice — Genetical studies on rice plant, LXXXII —

Norihiko TAMARU** and Toshiro KINOSHITA
(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

緒 言

日本型とインド型のような遠縁の栽培稲品種間 F_1 では、種々の程度の雑種不稔性を生ずることが広く知られている。このような不稔性花粉の発生機構について多くの報告がなされているが、花粉自体の発育面から不稔機構について検討を加えた報告は少ない。

寺尾・水島¹⁷⁾ は、胚のうと花粉の退化形態を観察し、花粉粒の発育過程において漸次、不発育の退化花粉を生ずることを報告している。岡¹¹⁾ は、花粉発生段階のいわゆる第 2 収縮期⁷⁾ 以後に、第 1 および第 2 花粉核分裂に伴って退化が起り、 F_1 の花粉成熟期に至って、退化花粉の中に 2 核を有し小形で澱粉蓄積の少ないものと、1 核を有し全く内容物を欠くものが見られることを報告した。田丸等¹⁵⁾ は、遠縁品種間交雑から核置換法によって育成した細胞質雄性不稔稲において、退化花粉は 3 核まで生長を続け、花粉の発育後期に至ってはじめて退化花粉を生ずる場合のあることを報告した。

筆者等は、遠縁品種間交雑の F_1 を材料として、不稔性機構の解明を試みているが、不稔花粉として判定されるもののなかに、大きさや染色性について様々な変異の

見られること、すなわち、退化花粉粒内での物質蓄積の程度について変異がみられることを見出した。さらに、それらの蓄積程度が異なる退化花粉の出現頻度は交雑組合せを異にすることによっても相違する傾向を認めた。そこで、本報告では、開花前日の F_1 個体に見られる多様な退化花粉について細胞学的な特性を検討するとともに、それら各異型退化花粉の示す頻度分布について交雑組合せ間で比較検討を行なった。

材料および方法

遠縁品種間交雑 F_1 に生ずる部分不稔性は、外国稲品種を異にする場合の方が、日本稲品種を異にする場合よりも、広い変異幅を生ずる⁵⁾ ことが知られている。そこで、本実験では、インド型に属する 5 品種と日本型 1 品種を用いて、日本型×インド型の F_1 を作成して開花前日の花粉形態について調査した。ただし、供試したインド型品種のうち、I-44 は、先に筆者等が報告¹⁵⁾ した細胞質雄性不稔稲を育成する場合に細胞質提供親として用いられたので、この組合せについては相反交雑を作成して調査した。また、A-133×I-45 では空虚花粉の出現頻度が極めて高かったため、さらに詳細に調査するため、

* 北海道大学農学部作物育種学教室及び北海道教育大学釧路分校農学研究室業績

** 北海道教育大学釧路分校, Agricultural Laboratory, Kushiro College, Hokkaido University of Education, Kushiro, Japan

Table 1. List of the strains used in the experiment

Strain	Name	Origin	Pollen fertility (%)	Spikelet fertility (%)
I-34	Mushakdanti	India	93.0	95.0
I-44	Bhutmuri-36	India	94.9	96.3
I-45	Charnock	India	94.4	91.6
I-100	Chinmen-Tuomen-hongmi	China	96.6	96.4
E-48	60-nichi-kiso	China	94.6	92.0
A-133	Norin-9-go	Japan	93.0	95.0
A-5	Akamuro	Japan	93.0	91.2
A-13	Chabo	Japan	93.5	93.5
A-31	Fukoku	Japan	94.2	96.1
A-43	Hokkaimochi-1-go	Japan	93.3	94.3

日本型 4 系統に I-45 を交配し、F₁ 個体の空虚花粉率を調査した。それらの系統名、品種名、由来、花粉稔性および種子稔性は Table 1 に示した。

各個体は 2ℓ ポットに 1~2 本植とし、北海道教育大学釧路分校における自然光グロース・キャビネット内で、生育の全期間にわたって、昼 27.5°C、夜 20.5°C の温度条件に保って栽培した。Table 1 から明らかのごとく、この条件下では、すべての親系統の生育は良好であり、花粉稔性および種子稔性はともに 90% 以上を示した。なお、花粉稔性の判定にはヨード・ヨードカリ液を用い、3~5 穎花について、1 穎花当り 300~500 粒を調査して、各穎花の平均をその個体の平均花粉稔性として用いた。花粉の形態観察は、採取材料を冷蔵庫内で、FAA により 24 時間固定した後、70% アルコール中で保存し、随時使用に供した。染色には酢酸カーミン液を用い、まず花粉直径を計測した後、花粉核の観察のために常法により押し潰しを行なった。花粉直径の計測については、親系統では、2 穎花について 1 穎花 200 粒、合計 400 粒を調査した。F₁ 個体では、3 穎花からの 600 粒を計測した。空虚花粉率は、同様に酢酸カーミン液で染色し、親系統ならびに F₁ とともに 3 穎花を用い、1 穎花 500 粒以上を調査して、総調査花粉粒に対する空虚花粉の百分率で表示した。ただし、A-133×I-45 については、年次と個体を変えて、13 穎花について調べた。

実験結果

1. 親系統の花粉形態

親系統の花粉稔性はいずれも 90% 以上の高稔性を示したが、それらにみられる正常花粉では、花粉粒内に澱

粉等の内容物が充満し球形を呈し、ヨード・ヨードカリ液によって黒く濃染される。しかし、ごく少数ではあるが、ヨード・ヨードカリ液によって濃染されない小型の不稔花粉を含む (Plate 1. A, B)。

親系統の花粉径の頻度分布を Fig. 1 に示した。花粉径は、固定方法や、採取時期により微妙に変化するが、日本型 A-133 (農林 9 号) の花粉径の平均は 45.1 μ であり、インド型 (I-系統) の 5 系統の平均は 41.8 μ で、日本型 A-133 の方が、インド型各系統より、花粉径がやや大きいことが認められた。しかし、いずれの親系統においても、正常花粉粒の変異は正規分布型を示し、さらにそれに接続して小型の退化花粉が広い分布域にわたる連続変異を示しており、分布型は系統を異にしてもほぼ同様となった。親系統では、ほとんどの花粉は正常な 3 核を有し、2 個の生殖核は酢酸カーミンにより濃染するが、栄養核は形状がやや不鮮明となった (Plate 2. A, B)。

少数の退化花粉の中には、全く内容物の見られない空虚花粉から、内容物がかなり蓄積されていて 3 核を形成しているが、その栄養核内の仁は酢酸カーミンにより濃染して球形を保持して残存しているものまで見られた。これら未発育の不稔花粉では、花粉粒内に蓄積された内容物の程度に応じ、その発育段階は連続的であり、もし花粉発育に伴う花粉核の形態変化に基づいて区分するならば、3 核退化型花粉、2 核退化型花粉、1 核退化型花粉および空虚花粉の 4 種に分類される。親系統では、これら各種の退化花粉が正常花粉中に散見される。Fig. 1 から明らかのごとく、親系統の退化花粉の発育段階は連続的であり、ほとんど特別なモードが見られない。上記

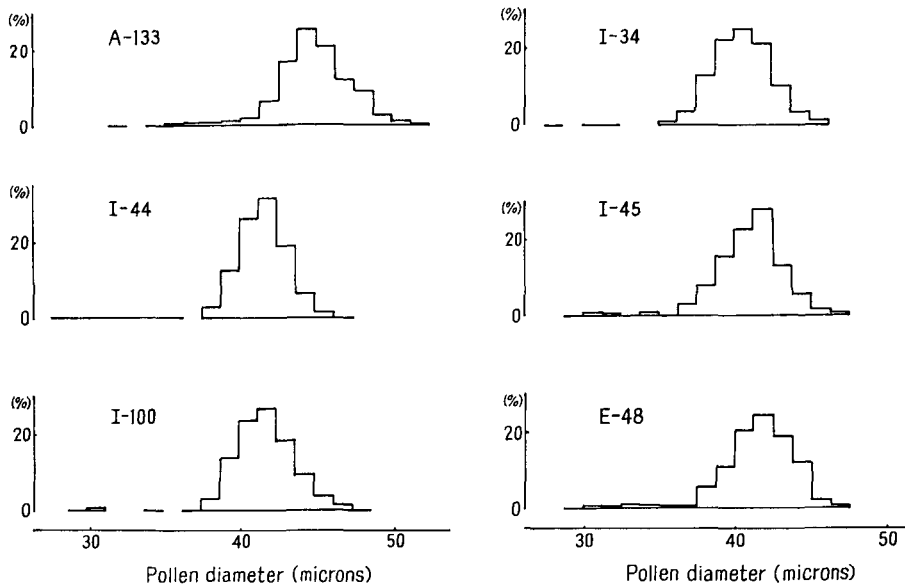


Fig. 1. Frequency distribution of pollen diameter (at the stage of one day before anthesis) in the parental strains.

の観察結果から、退化花粉は花粉発育の各段階において発生していることがうかがわれる。

2. F₁ の花粉形態

日本型 A-133 とインド型各系統を組合せた交雑 F₁ 個体の花粉稔性および種子稔性を Table 2 に示した。F₁ の稔性は、インド型品種を異にすることにより、広い幅の変異が見られ、従来の知見とも一致する⁵⁾ 結果となった。また、A-133 と I-44 との交雑では、相反交雑間で差が認められ、I-44 を母親とした方が、A-133 を母親に用いた場合より稔性がより低下した。なお、A-133 に I-34, I-44 および I-45 を交配した F₁ については、今回の実験と異なる年次において札幌の温室で栽培し、稔性調査を報告した成績¹⁶⁾ があるが、今回は、実験の都合上、供試個体数が少ないにもかかわらず、それらと比べるならば花粉稔性がやや高まる傾向が見られた。とりわけ、A-133×I-45 では、その傾向が著しかった。

F₁ では、正常花粉の外に、ヨード・ヨードカリ液によって濃染しない、内容物の乏しい、小形で変形あるいは収縮した不稔花粉が多数見られた (Plate 1. C 以下)。これらの不稔花粉は多様で、内容物の蓄積程度も連続的である。しかし、A-133×E-48 では内容物のきわめて少ない不稔花粉が多く見られた (Plate 1. H) のに対して、A-133 と I-44 の相反交雑 F₁ では、A-133×E-48 の場合より内容物の蓄積された花粉が多かった (Plate 1. D, F)。さらに、A-133×I-45 では、内容物の全くない収縮

Table 2. Pollen and spikelet fertility of F₁ plant between *Japonica* and *Indica* varieties

Cross combination	Pollen fertility (%)	Spikelet fertility (%)
A-133×I-34	85.4	98.6
A-133×I-44	33.2	42.4
I-44 × A-133	18.3	17.6
A-133×I-45	45.7	75.0
A-133×E-48	11.7	13.0

A-5 × I-45	58.4	90.1
A-13 × I-45	26.7	—
A-31 × I-45	33.4	—
A-43 × I-45	22.3	—

した不稔花粉が多数見られた (Plate 1. E)。すなわち、交雑組合せ間で、不稔花粉における物質蓄積の程度に相違が認められた。F₁ の花粉径の頻度分布を Fig. 2 に図示したが、図から明らかのごとく、F₁ では多数の小型花粉 (退化花粉) が連続的な広い幅の変異を示し、交雑組合せによってそれぞれ異なる分布型を示した。高稔性を有していた A-133×I-34 では、正常花粉の占める変異域で 1 つのモードを有し、あたかも親と相似した分布型を示した。A-133×I-44 と A-133×I-100 では、大型の正常

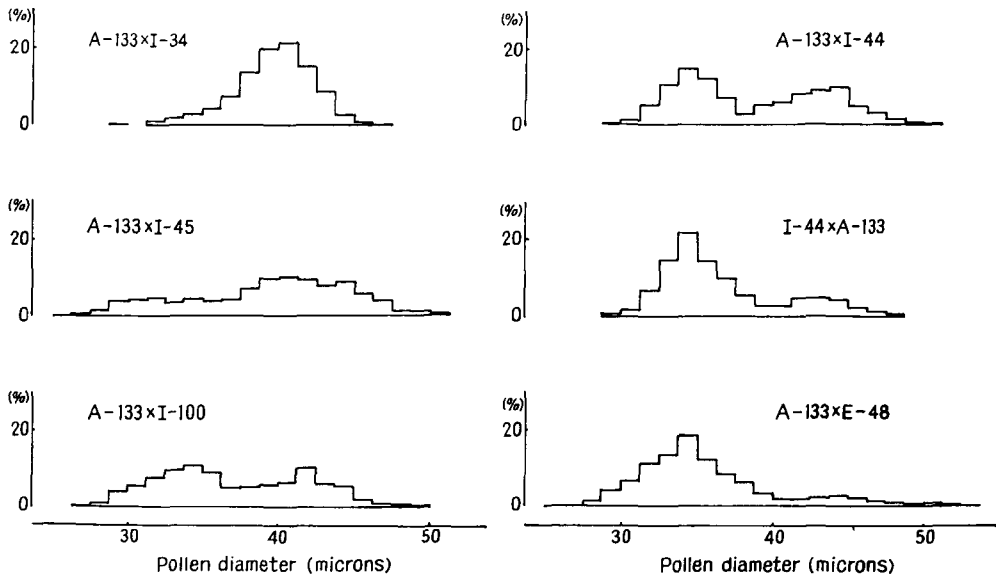


Fig. 2. Frequency distribution of pollen diameter (at the stage of one day before anthesis) in the F₁ hybrids between *Japonica* and *Indica* varieties.

花粉と小型の退化花粉の2つの分布域に区別されるような2頂分布の傾向を生じたが、A-133×I-45ではモードが1つで、正常花粉から退化花粉に至る連続的な分布型を示した。A-133×E-48とI-44×A-133では、正常花粉域にわずかにモードが見られたものの、退化花粉域に偏した分布型となった。

これらの退化花粉の発育程度は、内容物の蓄積程度に応じ連続的であったが、親系統と同様に、退化花粉を花粉核の形態に基づいて、3核退化型花粉、2核退化型花粉、1核退化型花粉、空虚花粉の4種に分けた。岡¹¹⁾は、不稔花粉には2核と1核および空虚花粉のあることを報告しているが、この外に、内容物が比較的多い退化花粉の中には、栄養核内の仁が酢酸カーミンにより濃染し、球形のまま残存しているような3核を含む退化花粉の多いことがあった(Plate 2. C, D)。2核退化型花粉では、栄養核(大)と生殖核(小)の識別が可能なまで発育したもの(Plate 2. F)が多く、2核初期の形態をしているもの(Plate 2. E)は、比較的少なかった。1核退化型花粉(Plate 2. G)は、各交雑組合せともごくまれであった。空虚花粉(Plate 2. H)の中には、花粉径の計測の不能な位まで収縮したものも多かった。

開花前日のF₁個体には、正常花粉とこれらの各種の退化花粉が種々の割合で見られる。しかし、交雑組合せ間で、これら退化花粉型の出現頻度に相違の見られることがあったので、各交雑組合せごとに記すこととする。

A-133×I-34: 80%以上の高稔性を示し、正常花粉粒が多かったが(Plate 1. C)、花粉径の変異分布から明らかなごとく、退化花粉の多くは正常花粉に連続した変異分布を有し、退化花粉の中には比較的内容物に富むものが多く、2核退化型も見られたが、退化花粉の多くは3核退化型であった。

A-133×I-44: 小型の不稔花粉でも内容物の蓄積が見られ(Plate 1. D)、退化花粉の多くは3核を形成していた(Plate 2. C, D)。

I-44×A-133: 前記のごとく、I-44の有する細胞質は**boro**型で、A-133の核内遺伝子との相互作用により雄性不稔性を示す。従って、この逆交雑であるA-133×I-44と比べて稔性が低下した。花粉径の頻度分布を見ると、A-133×I-44より小型の花が多く、相対的に正常花粉の減少する分布型となった。不稔花粉における内容物の蓄積程度はA-133×I-44における不稔花粉とほぼ同様であった(Plate 1. F)、退化花粉の形態も3核退化が多かった。

A-133×I-45: 花粉径の頻度分布を見ると正常花粉から退化花粉に至るまで多様性に富んだ花粉が出現した。内容物が種々の程度に蓄積する不稔花粉が見られ(Plate 1. E)、ヨード・ヨードカリ液を用いた花粉稔性調査では、稔と不稔の判定の困難なものも多数含まれていた。3核退化型花粉も多かったが、他の組合せより、空虚花粉(Plate 2. H)が極めて多く出現する特徴が見ら

れた。

A-133×I-100: A-133×I-44と同様に正常花粉と退化花粉の両域にそれぞれモードを有する2頂分布を形作る傾向が見られた。内容物の少ない不稔花粉と内容物がかなり蓄積された不稔花粉の両者が混在し(Plate 1. G), 退化花粉の形態は, 3核退化型の外に, 2核退化型(Plate 2. E, F)も見られた。

A-133×E-48: 高不稔性を示し, 不稔花粉では内容物の蓄積が乏しく(Plate 1. H), 退化花粉の形態は, 2核退化型がもっとも多かった。

3. 空虚花粉の出現頻度

空虚花粉は親系統においてもごく少数見られたが, F₁ 個体では, A-133×I-45にとりわけ多くの空虚花粉が観察された。空虚花粉のうちで計測可能なものをみると, 他の退化花粉より一般に小型のものが多く, 花粉の発育段階の早い時期に, 何らかの原因で発育停止を生じたものと考えられる。コムギの花粉についての報告³⁾によれば, 不稔花粉の退化時期は不良環境下では, 早まること

が観察されている。従って, A-133×I-45に見られる空虚花粉の多発が, 何らかの環境要因によって生じた可能性も考えられる。空虚花粉は, 他の退化花粉より識別が容易であるので, 空虚花粉の発生が多く見られた。F₁ 個体の交雑親に用いたインド型系統(I-45)に日本型4系統を交配し, 10組合せのF₁とその親系統について空虚花粉の出現割合を調査した結果がTable 3である。

親系統における空虚花粉の出現頻度は, もっとも高いものでもA-133の3.73%であり, I-44が0.33%で, もっとも低かった。一般に日本型の方がインド型より多くの空虚花粉を生ずる傾向が見られたが, インド型内では, I-45が一番高い値を示し, 日本型5系統の平均(2.78)にほぼ等しい値であった。

A-133×インド型のF₁では, A-133×I-45が著しく高い値を示し, 次いで, A-133×I-100が日本型のA-133よりわずかに高い値を示した。A-133×I-44とI-44×A-133の相反交雑間では, boro型細胞質を有するI-44×A-133の方がやや高い値を示したものの, 両交雑とも

Table 3. Frequency of empty pollen grains in parents and F₁ plants

Strain and cross combination	Number of spikelets	Number of pollen grains observed	Empty pollen grains	Pollen sterility (%)
I-34	3	1,533	9	0.59
I-44	3	1,528	5	0.33
I-45	3	1,591	44	2.77
I-100	3	1,540	13	0.84
E-48	3	1,573	13	0.83

A-5	3	1,613	43	2.67
A-13	3	1,582	44	2.78
A-31	3	1,534	22	1.43
A-43	3	1,590	52	3.27
A-133	3	1,553	58	3.73

A-133×I-34	3	1,537	6	0.39
A-133×I-44	3	1,608	23	1.43
I-44 × A-133	3	1,710	41	2.40
A-133×I-100	3	1,538	64	4.16
A-133×E-48	3	1,589	30	1.89
A-133×I-45	13	6,804	1,227	18.03

A-5 × I-45	3	1,606	65	4.05
A-13 × I-45	3	1,576	204	12.94
A-31 × I-45	3	1,609	422	26.23
A-43 × I-45	3	1,551	370	23.86

に A-133 における出現率を下まわっていた。なお、A-133×I-45 については、年次と個体を変えて 13 穎花について調査したが、各穎花について平均した値は 18.37% であり、総調査花粉粒に対する空虚花粉の割合にほぼ等しかった。穎花ごとでは、最小の 6.80% から最高の 23.90% まで変異が見られた。

日本型系統×I-45 の 4 種の交雑組合せの F₁ では、いずれも親系統より高い値を示したものの、A-5×I-45 は、もっとも低く、A-133 とほぼ同様な値を示した。4 組合せの平均では 16.77% であり、日本型系統×I-45 では、比較的空虚花粉が多く出現するようであるが、組合せや穎花によって大きな変異が見られた。

以上の実験結果から、遠縁品種間交雑 F₁ では、交雑組合せを異にすることにより、花粉発育の種々の段階で発育停止した退化花粉が多様な割合で含まれており、それらの異型退化花粉の出現頻度は、交雑組合せを異にすることによって、それぞれ相違が認められた。

論 議

イネの遠縁品種間交雑 F₁ に見られる不稔性の機構に関しては、今まで多数の報告がある。最初に栽培稲品種をインド型と日本型に分類した加藤⁹⁾によれば、F₁ では減数分裂を終える 4 分子期まで異常が認められないことを報告している。さらに、加藤は、花粉の発育を初期、中期、成熟期に分け、不完全花粉の発生は初期に少なく、中期において開花期にほぼ等しい割合で出現することを報告している。加藤の初期、中期、成熟期の 3 期の区別は、必ずしも明確ではないが、F₁ の減数分裂が正常に行なわれ、その後、退化花粉が漸次出現するという観察結果は、寺尾・水島¹⁷⁾ や、その他の研究者によっても支持された。一方、MELLO-SAMPAYO¹⁰⁾ や HENDERSON 等⁴⁾ は、F₁ の第 1 分裂後期において染色体橋が見られるのは、逆位を示唆するものであり、栽培種の遠縁品種間で染色体の構造的差異が存在するとの見解を示した。CHANG²⁾ は、総説のなかで、2 つの (品種) 群間における染色体の潜在的 (cryptic) な構造的差異に基づく雑種不稔性の存在は、多くの研究者により受け入れられつつあると述べている。このような品種間の構造的差異について、岡^{12,13)} は否定的であり、もし存在するとしても僅少であり、品種の分化は主として遺伝子の変化に基づいているとの考えに立ち、F₁ に出現する種々の程度の不稔性を、配偶子発育因子 (gametic-development gene) と呼ぶ重複遺伝子組の作用により説明した。

さて、本実験で観察された交雑組合せは、あまり多くな

いが、A-133 と I-44 との相反交雑ではともに 3 核退化型花粉が、A-133×E-48 では 2 核退化型花粉が、また A-133×I-45 では空虚花粉の出現がそれぞれ多い傾向が見られた。このことは、花粉退化の時期が交雑組合せにより異なっていることを示唆している。トウモロコシの雄性不稔性では、核遺伝子の種類に対応して、それぞれ固有の退化花粉を生ずることが報告¹⁾ されている。イネでも減数分裂後 12 日で成熟花粉となり、その間 2 度にわたって花粉核の分裂をくり返す¹⁸⁾ ので、もし、不稔性が染色体の構造的差異に基づくものであれば、それに特有の退化花粉型を示すであろうし、その他の遺伝的な原因によるものであれば、それに固有の退化花粉形態を生ずると考えられる。このような見地から、さらに多くの交雑組合せを作成して、花粉を発育段階ごとに採取し、花粉退化の発生機構を検討する必要がある。もし、岡の仮説に従うとすれば、高不稔性を示す F₁ では、多数の配偶子発育因子組が関与している。また、新城¹⁴⁾ の作出した細胞質雄性不稔性では、*boro* 型細胞質に、配偶体的作用を有する R_{f1} なる稔性回復遺伝子が作用している。さらに、前川等⁸⁾ によれば、*boro* 型細胞質には複数の花粉稔性回復遺伝子も関与している場合があり、それらはすべて配偶体的に作用する。それらは、岡による配偶子発育遺伝子のごとく、補足遺伝子として 2 対ずつ組をなして作用する。かかる見解に基づくならば、稔実あるいは不稔花粉を生ずるのは、花粉核の有する遺伝子型によって起因しているといつてよい。

筆者等は、イネにおいて花粉核の分裂を比較的明瞭に観察することに成功した。第 1 花粉核分裂では、トウモロコシや *Agave attenuate*⁹⁾ でみられるごとく、栄養核と生殖核の染色質配分は明らかに異なって見える。さらに、第 2 花粉核分裂で、2 個の雄核を生ずる頃より退化花粉が多発し、特にこの時期において、不稔花粉では炭水化物その他の物質の蓄積が著しく抑制される。

今後、これらの花粉発育に関して、組織化学的、あるいは生化学的方法を用いて、解析をすすめる予定である。

摘 要

稲の遠縁品種間交雑 F₁ は、種々の程度の不稔性を示す場合が多い。このような F₁ 個体に見られる退化花粉の発生機構について、花粉の発育面から検討するため、まず、開花前日の花粉を採取し、花粉核の形態に基づく区分を試みた。さらに、それら異型退化花粉の出現頻度について交雑組合せ間で比較検討を行なった。

供試材料としては、まずインド型に属する 5 品種と日

本型1品種を用い、日本型×インド型のF₁を作成し、とくに *boro* 型細胞質を有するインド型品種である I-44 を用いた交雑では、相反交雑 F₁ も作成し、合計6種の交雑組合せの F₁ 個体について花粉形態を調査した。さらに、空虚花粉の発生が比較的多くみられた F₁ 個体の交雑親に用いたインド型品種 (I-45) に日本型4品種を交配し、10種の F₁ 個体について空虚花粉率を調査した。実験材料は、昼 27.5°C、夜 20.5°C に保ったグロース・キャビネット内で栽培した。実験結果は以下のとおりであった。

1. 不稔性の高かった F₁ 個体では、小型で内容物の蓄積に乏しい退化花粉が多数見られた。それらの花粉核の形態としては、栄養核内の仁が酢酸カーミンによって濃染する3核退化型および2核退化型と、ごくまれであるが1核退化型および空虚花粉の4種類を含んでいた。

2. 交雑組合せを異にすると、3核退化型が多いもの、2核退化型が多いもの、空虚花粉の多く出現するものなどがあり、交雑組合せ間でこれら退化花粉型の出現頻度の相違することが認められた。

3. 花粉直径を測定した結果、F₁ 個体では多数の小型花粉 (退化花粉) が広い幅の変異域に連続的な分布を示し、親系統とは明らかに異なる分布型を示した。さらに、交雑組合せ間でもそれぞれ相違する分布型となったが、稔性花粉と不稔性花粉の2頂分布型を示す場合と、稔性花粉から不稔性花粉まで一連の連続的な分布型を示す場合が見られた。

4. 以上の実験結果から、遠縁品種間交雑の F₁ では、花粉発育の種々の段階で発育停止した退化花粉が多様な割合で含まれており、それらの異型退化花粉の出現頻度は、交雑組合せを異にすることによって、それぞれ相違することが認められた。今後、さらに多くの交雑組合せを作成して、花粉を発育段階別に採取し、花粉退化の発生機構を検討する必要がある。

謝 辞

実験遂行にあたり、本研究を企画され、終始懇切な御指導と有益な御助言を賜った北海道大学名誉教授高橋萬右衛門博士に謹んで感謝の意を表す。又、北海道大学農学部助手前川雅彦博士には貴重な交配種子の分譲を受けた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

引用文献

1. ALBERTSEN, M. C. and PHILLIPS, R. L.: Developmental cytology of 13 genetic male sterile

loci in maize, *Can. J. Cytol.*, **23**: 195-208. 1981
 2. CHANG, T. T.: Present knowledge of rice genetics and cytogenetics, *IRRI Tech. Bull.*, **1**: 24-29, 1964
 3. 深沢広祐: 細胞質による雄性不稔の発現機作. 育種学最近の進歩, **10**: 42-44. 1969
 4. HENDERSON, M. T., YEH, B. P. and EXNER, B.: Further evidence of structural differentiation in the chromosomes as a cause of sterility in intervarietal hybrids of rice, *Oryza sativa* L., *Cytologia*, **24**: 415-422. 1959
 5. JENNINGS, P. R.: Evaluation of partial sterility in *Indica*×*Japonica* rice hybrids, *IRRI Tech. Bull.*, **5**: 1-63. 1966
 6. KATO, S.: On the affinity of the cultivated varieties of rice plant, *Oryza sativa* L., *J. Agr. Kyush Univ.*, **2**: 241-276, 1930
 7. 木原 均・平吉 功: 稲花粉粒の発達. 農業及園芸, **17**: 685-690. 1942
 8. 前川雅彦・木下俊郎・高橋萬右衛門: 'boro' 型雌性不稔細胞質に係わる新しい花粉稔性回復遺伝子. 稲の交雑に関する研究, 第 LXXII 報, 北大農邦文紀要, **12**: 89-100. 1980
 9. MARTIN, P. G.: Differentiation of the nuclei of pollen grains, *Heredity*, **14**: 125-132. 1960
 10. MELLO-SAMPAYO, T.: An inversion occurring in F₁ hybrid between two strains of *Oryza sativa* L., *Genetica Iberica*, **4**: 43-45, 1952
 11. 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), 育種, **2**: 217-224. 1953
 12. 岡 彦一: 栽培稲における雑種不稔性の機構. 育種学最近の進歩, **4**: 34-43. 1962
 13. OKA, H.: Analysis of genes controlling F₁ sterility in rice by the use of isogenic lines, *Genetics* **77**: 521-543. 1974
 14. 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
 15. 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雌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**: 124-132. 1980
 16. 田丸典彦・揚 献 康・木下俊郎・高橋萬右衛門: 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, 北大農農場研究報告, **22**: 29-45. 1981
 17. 寺尾 博・水島宇三郎: 東亜各地域及び米洲におけ

- る栽培稻の類縁関係について. 科学, 12: 437-441. 1942
18. 山田記正: 水稻花粉の發育生理学的研究. 1 花粉の構造変化とこの物質代謝について, 日作紀, 41: 320-334. 1972

Summary

It is a well known fact that the F₁ hybrids between distantly related varieties, such as *Indica* and *Japonica* rice, show various percentages of pollen sterilities. The author studied on the cytoplasmic male sterile plant induced by nuclear substitution from the crosses between *Indica* and *Japonica* and found that a new type of pollen abortion occurs in the stage after the trinucleate stage.

In this paper, the author examined the pollen abortion of the F₁ hybrids between *Indica* and *Japonica* varieties. F₁ hybrids from several crossings that were grown in a growth chamber conditioned with natural light and kept at 27.5°C during the day and 20.5°C at night. The results obtained are summarized as follows;

1. Abortive pollen observed at the stage of one day before anthesis were classified into the four types.

- 1) Pollen abortion at the trinucleate stage.
 - 2) Pollen abortion at the binucleate stage.
 - 3) Pollen abortion at the uninucleate stage.
 - 4) Pollen abortion consisting of empty pollen.
2. The frequencies of the four types in pollen abortion of F₁ plants were distinctly different among the cross combinations. There was a domination of the trinucleate type in the crosses such as A-133×I-44 and the binucleate type was frequent in cross of A-133×E-48, while empty pollens were abundantly seen in cross of A-133×I-45.
3. Frequency distributions on the diameter of pollen grains were compared among the parental varieties and F₁ hybrids. Although the normal distribution in a rather narrow range was common in parental varieties such as A-133, and two kinds of F₁ hybrids (A-133×I-44 and A-133×I-100) indicated the bimodal distribution separating the fertile and sterile parts, while the other crosses showed a continuous variation over a wide range from sterile to fertile.
4. According to the observations, it is considered necessary to re-examine the causes of sterility in F₁ hybrids between *Indica* and *Japonica* varieties with an emphasis on the pollen developmental process.

Explanation of plates

Plate 1. Pollen grains of F_1 hybrids between *Japonica* and *Indica* varieties in the stage of one day before anthesis. Stained by the iodine potassium iodide solution (I-KI).

- | | |
|-------------------|------------------|
| A: A-133 (parent) | B: I-45 (parent) |
| C: A-133×I-34 | D: A-133×I-44 |
| E: A-133×I-45 | F: I-44×A-133 |
| G: A-133×I-100 | H: A-133×E-48 |

Plate 2. Pollen grain types found in the F_1 hybrids between *Japonica* and *Indica* varieties at the stage of one day before anthesis. Stained by carmine and squashed throughly.

- A, B: Normal pollen grains; Note the two wedge-shaped sperm nuclei and the vegetative nucleus losing the nucleolus.
- C, D: Abortive pollen grains (trinucleate abortion); Note that the irregular shaped and faintly stained sperm nuclei, while nucleolus of vegetative nucleus is remaining intensely stained.
- E, F: Abortive pollen grains (binucleate abortion); Note that pollen grains deceased at the binucleate stage.
- G: Abortive pollen grains (uninucleate abortion); Note the small uninucleate pollen grains. Pollens of this abortion type are observed rarely in comparison with the other pollen types.
- H: Empty pollen grains; Very small pollens completely aborted.

