

花葯長と耐冷性との関係及びその育種における利用

王 懷 義 その他

摘 要

雲南品種と日本品種を材料に水稻品種の耐冷性と花器形質との関係について研究を行った。花葯長と柱頭長は品種によってかなり差があるが花葯長と柱頭長両方とも雲南品種のほうが日本品種より長いことが明らかになった。花葯長と不稔係数との関係が最も密接であった。すなわち、花葯長が長いほど耐冷性が強い傾向があった。花葯長と葯当り充実花粉数との間には高い正の相関があった。葯当り充実花粉数と稔実歩合の間にも高い相関があった。花葯の大きさ（充実花粉数）を耐冷性品種の形質上の指標にすることができると思われる。異なる冷害検定条件における花葯長と不稔係数の分散分析結果及び花葯長と不稔係数の環境条件による変異は次の通りである。花葯長と不稔係数の品種間差を見ると花葯長のF値(18.11)は不稔係数のF値(5.78)より大きい。花葯長の環境条件による変異は不稔係数の環境条件による変異より小さい(それぞれの環境条件間の相関係数は平均0.850及び0.688)。したがって花葯長を障害型冷害による耐冷性の指標にすれば程度の異なる冷害について正確に判別することができる。

分離世代の花器形質と耐冷性との関係をしらべた結果(供試した組合せは中母42/昆明小白穀;ニシホマレ/雲稈135であった。前世代花器形質の測定結果と次の世代の障害型冷害による耐冷性の程度によって両者の関係を推定した)、F₄代花葯長とF₃代の平均不稔係数との関係がF₃代花葯長とF₄代の平均不稔係数との関係より密接であった。花葯長を耐冷性指標にして耐冷性品種を育成する場合にはF₄代系統から選抜するほうがF₃代の選抜より効果的であると思われる。

1. 水稻品種の花器形質と耐冷性との関係

水稻品種の障害型冷害による耐冷性は不受精率(受精率)の大きさを評価されているが不受精率は品種の出穂期によって変動しやすいので出穂期が異なる品種の間で直接比較するのは困難である。

障害型冷害による耐冷性品種を育成する時普通戻し交雑母本を用いているが戻し交雑用母本は初期世代で耐冷性検定を行わなければならない。しかし出穂期が異なる系統あるいは集団、個体について初期世代で検定を行うのは困難である。花器形質と耐冷性との関係に関する研究によって、出穂期による影響が少ない簡単に効率的な障害型冷害による耐冷性の形質の指標を確立することが本研究の目的である。

材料及び方法

雲南水稻品種と日本水稻品種を材料に水稻の花器形質と耐冷性との関係を研究した。実験は昆明圃場における自然冷温条件と温室処理（減数分裂期の低温処理）によって行った。実験方法は次の通りである。

実験 1, 昆明圃場自然冷温条件における水稻花器形質と耐冷性との関係

1983年に昆明圃場自然耐冷性検定材料を用いた（晩植区）。供試した品種は68品種（日本の31品種は5月21日に播種し6月8日に移植した。雲南の37品種は5月5日に播種し5月27日に移植した）であった。出穂始期に品種ごとに穂を3個取り、頂端から1～2節の一次枝梗基部にある2穎花を対象に調査を行った。調査は万能投射器を使って穎花ごとに花葯長（6個）と柱頭長は50倍に拡大して測定しそれぞれ平均値を取った後実際の大きさ（mm）に換算して示した。不受精率はサンプルの調査値を用い、耐冷性は不稔係数（ $\text{Sin}^{-1} \sqrt{\text{不受精率}}$ ）で示した。不受精率が95%以上の品種を除いてのこりの41品種について相関係数を算出した。

実験 2, 温室内冷温処理（減数分裂期）を利用した場合の花器形質と耐冷性との関係

1984年4月20日に58品種（雲南品種29品種と日本品種29品種）を5000分の1 aポットの中に円形に20粒播種し、温室で養成した。品種毎に冷温処理区1ポットと対照区1ポットを用いた。減数分裂期（葉耳間長が-5～0 cm）に15℃、湿度80%、照度1.3万ルクスに調整した人工気象室で6日間低温処理を行った。処理後室温にもどした。出穂期に冷温処理区と対照区から穂を3個サンプリングしてFAAで固定し、頂部から第2～3節の1次枝梗基部の2穎花について調査を行った。調査は実験1と同じ方法で行った。花葯長が異なる12品種について処理区別に品種の花葯内充実花粉粒数を調査した。固定した穎花を処理区では1品種3個（花葯6個）、対照区では6個（花葯12個）として調査を行った。花葯は解剖する前に花葯長を測り、穎花毎に正常な花葯2個を選んで解剖した。解剖後ヨードカリで染色し、顕微鏡或は万能投射器を利用して花粉粒を数えた。全部染色された花粉を充実花粉として花葯長と充実花粉粒数との関係を調査した。同時に花葯長、充実花粉粒数と稔実歩合との関係を算出した。

実験 3, 花葯長を障害型冷害による耐冷性の形態指標として利用する可能性について

実験1, 2の研究結果において水稻品種の花葯長と耐冷性との密接な相関関係が認められた。したがって花葯長を障害型冷害による耐冷性の形態指標として利用上での有効程度について検討を行った。1986年に実験1, 2に供試した23品種（雲南品種16, 日本品種7）を自然条件差が大きい宜良（標高1533）、双哨（標高2140）両地区で栽培し、花葯長と不受精率の変動範囲について調査を行った。三年にわたって四回行った花葯長と不受精率の調査結果について分散分析を行うと同時に花葯長、不受精率と環境条件との相関係数を算出した。

結果及び討論

実験1, 昆明圃場自然冷温条件における花葯長と柱頭長の調査結果を表1に示した。雲南品種の花葯長は1.39～2.24mm, 日本品種の花葯長は1.06～2.10mm; 雲南品種の柱頭長は0.66～1.09mm, 日本品種の柱頭長は0.45～1.19mmであった。これらのデータからわかるように花葯長と柱頭長は

品種によってかなり差があったが花葯長と柱頭長との間の相関係数は小さく ($r = 0.143$) 両者の間には何ら傾向が認められなかった。したがって花葯長と柱頭は独立した形質として取り扱うことができる。葯長は雲南品種のほうが日本品種に比べて長い傾向がある (雲南品種は平均1.77mm, 日本品種は平均1.44mm) が柱頭長には大きな差が認められなかった。〈表1, 花器形質の調査結果, 1983年〉

花器形質と不稔係数との関係を図1に示した。花葯長と不稔係数との間には高い負の相関があった ($r = -0.773$, 0.1%水準で有意)。これは花葯が長いほど不稔係数が小さく, 耐冷性が強いことを示している。葯長×柱頭長と不稔係数との間にも高い相関があった ($r = -0.573$, 0.1%水準で有意) が花葯単独の場合の相関にはおよばなかった。柱頭長と不稔係数との間には相関が認められなかった。 ($r = -0.135$)。〈図1, 花器形質と不稔係数との相関〉

本実験では出穂期と不稔係数との関係が認められなかった。したがって不稔係数の大ききで品種の耐冷性を示すことができる。

花葯長と不稔係数との間には高い負の相関があることから花葯長を耐冷性の形態指標として利用できると思われる。本実験は自然冷温を利用して検定を行ったため不稔率は各生育時期の累積的な結果であり, 品種の耐冷性を特定の生育時期別に分けて分析できなかった。この問題を解決するには特定の時期における冷温処理が必要である。

実験2, 1984年温室でポット栽培し, 減数分裂期に冷温処理を行った。冷温処理区と対照区の花葯長及び柱頭長の調査結果を表2に示した。花葯長と柱頭長は処理区と対照区の間に著しい差があった。花葯長と柱頭長の両方とも冷温処理によって短くなった。減数分裂期に15℃の低温で6日かん処理した場合花葯と柱頭の成長が抑制された。低温処理後雲南品種と日本品種を比較した結果, 花葯と柱頭の両方とも雲南品種の方が長いことがわかった。実験2の場合も実験1の結果と同じく, 花葯長と柱頭長との間に相関が認められなかった。〈表2, 花器形質の調査結果, 1984年〉

品種の花器形質と不稔係数との関係を図2に示した。低温処理区の花葯長, 花葯長×柱頭長及び柱頭長と不稔係数との相関係数はそれぞれ-0.867, -0.656, -0.291であった。三つの形質のなかでは花葯長と不稔係数との相関が最も高いことから花葯長を障害型冷害による耐冷性の形態指標にすることが一番適切だと思われる。

対照区における花葯長と稔歩合との間には高い相関が認められた (図3, $r = 0.817$, 0.1%水準で有意)。そこで対照区の花葯長で品種の耐冷性を示すことができる。低温処理によって花器形質と耐冷性との関係を調べる場合は処理区から穂を一つ取って花葯長を調査すればよいので簡単に省力的な方法である。

供試した12品種について減数分裂期に低温処理した後葯当り充実花粉粒数を調査し, 対照区と比較した。その結果, 品種の花葯が長いほど充実花粉粒数が多い傾向があった。減数分裂期の葯当り充実花粉粒数は対照区より10~60%少なかったがその程度は葯が短い方が長い方より大きかった。花葯長, 葯当り充実花粉数と稔歩合との関係は表3に示した通りである。

表3からわかるように低温処理区と対照区の両方とも花葯長、葯当り充実花粉粒数と稔実歩合との間に高い正の相関が認められた。つまり花葯が長く、葯当り充実花粉粒数が多いほど稔実歩合が高く耐冷性が強いことが証明された。

以上から花葯の大きさ（充実花粉粒数）を耐冷性品種育成の形態指標にすることができると思われる。

実験3、23品種の耕種概要は表4の通りである。異なる冷害条件における花葯長と不稔係数の分散分析結果及び花葯長、不稔係数の測定地点間の相関係数を表5・6に示した。表5の分散分析結果から見ると品種間の花葯長と不稔係数におけるF値は18.11と5.78で花葯長の品種間差が不稔係数の品種間差より大きい傾向があった。次に表6から見ると花葯長の環境条件による変異は小さいが、不稔係数の環境条件による変異は比較的大きいことがわかる。以上の結果から花葯長を障害型冷害による耐冷性の形態指標にすれば種々の程度の冷害条件で品種の耐冷性を検討することができると思われる。

2. 分離世代における花葯長による選抜効果及び花葯長と農業形質との関係

水稻品種の花器形質と耐冷性に関する研究結果から花葯長を障害型冷害による耐冷性指標にする可能性が示された。

本実験では分離世代における花葯長による障害型冷害による耐冷性の選抜可能性及び花葯長と農業形質との関係について研究を行った。

材料及び方法

分離世代に関する研究は鈴木（1982）の方法に従った。前世代の葯長と柱頭長を調査し翌年圃場自然条件で障害型冷害による耐冷性を検定して両者の関係を推定した。84～86年に供試した組合せ及び実験概要を図4に示した。花器形質調査用のサンプルは84年では一株当り1穂、85、86年では一株当り3穂を取り、FAA液で固定した。万能投射器を利用して花葯長と柱頭長を調査した。調査方法は実験1と同じ方法で行った。成熟期に不稔率を調査し、耐冷性は不稔率の角度変換値である不稔係数で示した。

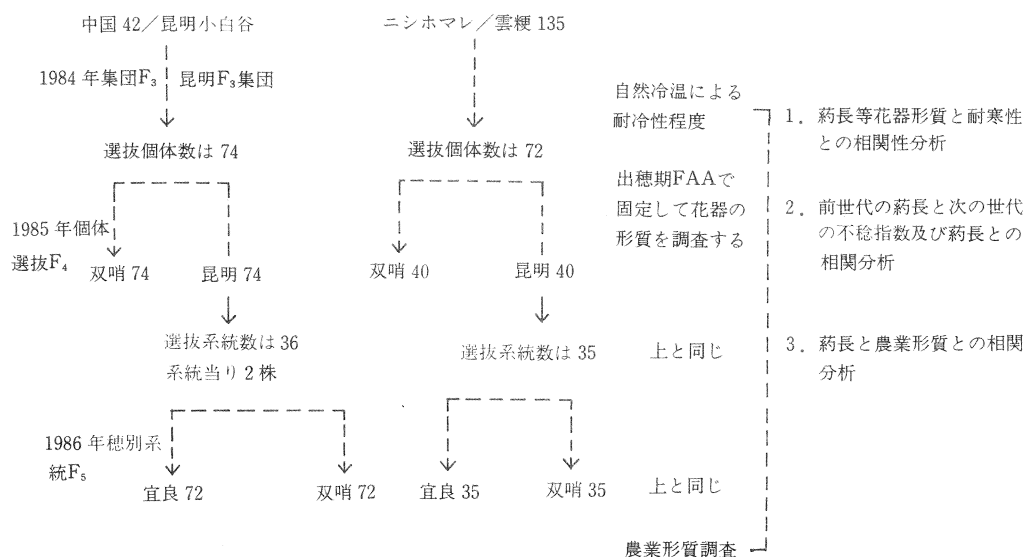


図4 1984～1986年供試材料及び実験手順

結果及び討論

分離世代の花器形質と不稔係数との関係

1984年の実験結果から見ると供試した2組合せとも花葯長、花葯長×柱頭長と不稔係数との間に高い相関が認められた(0.1%水準で有意)。この結果は品種における花器形質と耐冷性との関係と同じ傾向であった。実験1, 2及び本実験の結果を表7に示した。

三回の実験結果から見ると品種と雑種後代とも、柱頭長と不稔係数との間に相関が認められなかった。花葯長と不稔係数との相関係数は花葯長×柱頭長と不稔係数との相関係数より大きかった。花葯長×柱頭長と不稔係数との相関は花葯長に依存するものと思われる。したがって花器形質と耐冷性との関係を研究する時葯長だけ調査しても十分である。

1985年, 1986年2か年の実験結果から2交雑組合せにおけるF₄, F₅代の花葯長と不稔係数との相関関係を表8に示した。

表8からわかるように花葯長と耐冷性との間には高い相関がある。しかも世代が進むにしたがって相関が高くなる傾向がある。以上の結果から分離世代においても花葯長を障害型冷害による耐冷性の指標にして選抜することができると思われる。

前世代の花器形質と次世代の平均不稔係数との関係

1985年に中母42/昆明小白穀, ニシホマレ/雲稈135の2組合せについてF₃代の個体花葯長とF₄代の平均不稔係数及びF₃代の個体柱頭長とF₄代の平均不稔係数との関係について研究を行った(表9)。

F₃代の個体花葯長とF₄代の平均不稔係数との間には高い負の相関があったが、両組合せとも

F₃代の柱頭長とF₄代の不稔係数との間には昆明、双哨の両実験区とも相関が認められなかった。F₃代の花葯長×柱頭長とF₄代の平均不稔係数の関係を見ると、昆明実験区では有意な相関があったが双哨実験区では相関が認められなかった。両交雑組合ともF₃代の個体の葯長×柱頭長とF₄代の平均不稔係数との相関関係はF₃代の葯長単独の場合よりも低く、昆明実験区では相関があったがその値は小さかった。したがって花葯長だけを分離世代における障害型冷害による耐冷性の選抜指標にするのが良いと思われる。

前世代の花葯長と次世代の不稔係数及び花葯長との関係を表10に示した。〈表10, 前世代葯長と次の世代の不稔係数及び葯長との相関係数〉

F₄代の花葯長とF₅代の平均不稔係数及び花葯長との相関はF₃代の花葯長とF₄代の平均不稔係数及び花葯長との相関より高い傾向があった。この結果から見ると、耐冷性育種に際し、葯長を障害型冷害による耐冷性の選抜指標とする時F₄代から花葯長の良い形質を総合的に評価して系統選抜する方がF₃代の選抜より効率的であろう。1986年に12組合せのF₁代の花葯長について調査した結果、花葯長は優性遺伝子によって支配されることが明らかになった。F₃代以前は葯長の優性効果が大きいがF₄からはその優性効果が低下し、遺伝率が高くなるためにF₄代による選抜効果が良いのではないかと思われる。

花葯長と農業形質との関係

中母42/昆明小白穀組合せのF₅代花葯長と農業形質との相関は表11に示した通りである。花葯長と稈長との相関が最も高い。これらの相関関係から見ると花葯長を障害型冷害による耐冷性の指標にする場合長稈穂重系統の耐冷性が短稈穂数型系統の耐冷性より強い傾向がみられる。

中母42/昆明小白穀組合せのなかで中母42は有芒品種であり、昆明小白穀は稈先に色がついている。この組合せのF₅代系統について花葯長、不稔係数と籾色、稈先色及び芒の有無との関係を調査して表12に示した。花葯長と不稔係数のどちらから見ても芒、色素の存在と耐冷性との間には高い正の相関があった。つまり有芒で、色素がある品種は無芒で無色の品種より花葯長が長く、耐冷性も強い傾向があった。以上要するに、今後短稈、多穂、無色素、無芒の品種を育成する場合には花葯長に十分注意しながら選抜を行う必要がある。すなわち、品種の望ましくない形質を改良しながら耐冷性を向上させることが大切である。

結 論

以上は水稻の花器形質と耐冷性に関する研究結果であるがまとめると次のようになる。

- 1, 花葯長と柱頭長は品種によって著しい差があるが、両者の間には相関が認められなかった。
- 2, 橋本(1961), 佐竹, 朴(1983)らの研究によると、水稻の穂孕期耐冷性と花葯長との間に正の相関がある。本研究では花葯長と不稔係数との相関は強かったが柱頭長と不稔係数との間には相関が認められなかった。花葯長×柱頭長と不稔係数との相関は花葯長に依存するものであった。したがって水稻品種及び交雑後代の耐冷性を評価する時花葯長を形態指標にすることができる。
- 3, 鈴木(1980)は花葯長と葯当り花粉粒数との間に正の相関があることを報告した。西山(1983)

は水稻の穂ばらみ期耐冷性が穂における穎花の位置により差があり、葯長および葯あたり花粉粒数との関係が密接であることを報告した。本実験の結果によると品種の花葯長、葯当り花粉数と稔実歩合との間には高い正の相関があった。つまり、花葯が長く葯当り花粉数が多いほど稔実歩合が高く、耐冷性が強い傾向が示された。したがって花葯の大きさ（花粉粒数の充実度も含む）を耐冷性育種の形態指標にすることができると思われた。

これまでは不稔率によって品種の耐冷性を評価してきたが、花器形質と耐冷性に関する研究によって花葯長を品種の耐冷性における形態指標とする可能性が示された。本実験によって花葯長の環境条件による変動範囲は不稔率の場合より小さいことが明らかになった。したがって異なる程度の冷害が発生しても花葯長を耐冷性の形態指標として品種の耐冷性を判断することができる。水稻の幼穂発育期のなかで減数分裂期、特に花粉母細胞期に低温に最も敏感である。本実験でも減数分裂期の低温処理によって花葯が短くなり充実花粉数も減少した。花葯長はある程度花粉を含む花葯の発育状況を反映している。日本、わが国の東北地方及び雲南省の一部地域の水稲生産では花粉生育期の低温による冷害がしばしば発生している。これらの地域及び同じ気象条件の地帯では、花葯長を耐冷性品種の形態指標として利用することができる。雑種分離世代においても花葯長を障害型冷害による耐冷性の指標にすることができるが高世代による利用効果が初期世代における利用効果より高い傾向が示された。芒及び草型と耐冷性に関する報告は多いが（鳥山、逢原1961）花葯長と農業形質に関する報告はまだない。本実験では中母42/昆明小白穀のF₂代で花葯長と稈長との相関が認められた。長稈、穂重型は短稈穂数型より耐冷性が強い傾向が示された。芒、色素がある品種の花葯は無芒、無色品種の花葯より長く、したがって耐冷性も強い傾向があった。今後、品種を育成する際、稈長、穂型、芒、穀の色素などの形質を改良する場合には花葯長による選抜にも十分な注意をはらい耐冷性を増す必要があると思われる。

討 論

橋本鋼二（農研センター）：私の経験では長稈穂重型品種から葯長の長いものが見つかったが、穂数型品種から葯長の長いものは見出されなかった。この報告でも葯長と稈長、穂長との相関が高いが、葯長と草型とを独立して考えることができるか（穂数型、短稈のもので葯長の長いものを選べるか）。

回答：本試験では葯長と一部の農業形質（稈長、1穂粒数、穂長、穂数）だけについて相関関係を解析してみたが、葯長と草型の関係は葉位や角度などを測定するのが大変手間のかかる仕事だし、人手もないので、解析しなかったが、今後検討する必要がある。

志村英二（農研センター）：稈長と葯長の相関が高いので、葯長では耐冷性の選抜ができないのではないか。

回答：本試験では葯長と稈長との相関が稍高い。これは供試組合せとも関連している。片親の昆明小白穀は耐冷性強、稈長が昆明で130cmと長い。このような組合を用いたので、後代は稈長が長いのが殆どであるが、わずかながら、葯長が長くて短稈、耐冷性強の系統も見付かった。このこ

とから見ると、短稈、耐冷性強系統の選抜は相当難しいけれども、葯長に対して厳しく選抜したら、不可能ではないと思う。