

## 雲南省におけるいもち病菌の病原性 及び品種抵抗性の検定

王 永 華 その他

### はじめに

1983年～1986年の間に日本判別品種を用いて雲南省の籼稲区、籼粳交叉区、粳稲区及び昆明検定圃場から採集したいもち病菌278菌株について検定を行った結果、それらは52病菌レースに分類され、レースの構成が多様であった。3稲区のいもち病菌レース構成にはそれぞれの特徴があった。いもち病菌の病原性と品種の抵抗性との関係を見ると抵抗性遺伝子  $Pi-k^s$ ,  $Pi-a$ ,  $Pi-i$ ,  $Pi-k$ ,  $Pi-ta$ ,  $Pi-t$  等は3稲区から採集したレースに対してほとんど役に立たない。 $Pi-z$ ,  $Pi-ta^s$ ,  $Pi-z^1$ ,  $Pi-b$  等の遺伝子は粳稲区及び籼粳交叉区のレースに対しては抵抗性を示したが籼稲区には  $Pi-z^1$ ,  $Pi-b$  を侵すレースが多い。昆明検定圃場において雲南品種と日本品種計589について検定した結果雲南陸稲は強い抵抗性を示した。昆明検定圃場のいもち病菌株の病原性と品種の感染率の間に高い相関があった(葉いもち  $\gamma=0.941$ ; 穂いもち  $\gamma=0.844$ )。雲南稲区は自然条件が多様で遺伝資源に恵まれているが、いもち病菌系も複雑である。したがって雲南に適應するいもち病検定体系を確立していもち病菌レースの病原性及び品種の抵抗性を解明するのが今後の重要な課題である。

中日両国から提供された稲品種資源を材料に水稻の耐冷耐病多収品種の育成に関する共同研究を行っている。

この研究はいもち病サブグループによって行われたもので、昆明検定圃場において品種のいもち病に対する抵抗性を検定し同時に日本判別品種を用いて昆明検定圃場及び雲南省各地から採集したいもち病菌の病原性検定していもち病菌の病原性と品種の抵抗性との関係について研究を行った。本文は1983～1986年4年間の研究結果である。

### I 材料及び方法

#### 1. いもち病菌病原性の検定

昆明検定圃場及び雲南籼稲区、籼粳交叉区、粳稲区から採集したいもち病感染葉或は穂(多数は感染葉である)を一定温度条件に置いて胞子を生産させた後ガラス針で単胞を取り出してエンバクデンプン培地を使って胞子を繁殖させた。日本の判別品種9品種(新2号, 愛知旭, 石狩白毛, 関東51, 梅雨明, 福錦, 杜糯,  $PiNo_4$ , 砦一号)及びBL1を用い、常法に従っていもち病菌レースの病原性を検定して各稲区のいもち病菌レースの抵抗性遺伝子に対する病原性を分析した。

## 2. 検定圃場自然発病による品種抵抗性の検定

昆明に検定圃場を設けて葉及び穂いもち病抵抗性の検定をそれぞれ行った。

### 1. 葉いもち病の検定

6～7月に保護育苗圃場に1品種50～100粒を一例(30～35cm)播種した。品種と品種の間の距離は10cmである。供試品種のまわりに麗江新団黒穀及びモンゴル稻の混合感染種子播種して誘発源にした。実験2～3反復した。葉いもち病発生程度は0(発病無)～10(ほとんど全部枯死)の11級に分類した。1983年～1986年の間に延べ599品種について検定を行ったがそのなかで雲南品種が274、日本品種が278、のこりの37品種はほかの国の品種であった

## II. 実験結果

### 1. いもち病菌レースの検定

雲南は自然地理条件が多様である。稲作地方は緯度、標高、作付体系及び品種等にもとづいて六つの稲作区に分類することができる。<sup>(1)</sup>本実験に用いたいもち病菌は粳稻区、粳籼交叉区及び粳稻区から採集したものである。以上の3区のサンプルからそれぞれ24、66、62単胞菌株を分類した。これに昆明検定圃場のサンプルから分離した126菌株を加えると全部で278菌株である。日本のいもち病菌レース判別品種とBL品種を用いてこれからの菌レースを検定した。検定結果278菌株は52菌レースに分類された。

表1.に各稲作区及び昆明検定圃場からの菌株数、菌レース数、菌レース当り菌株数を示した菌レース当り菌株数は粳稻区で1.4菌株粳稻区では4.8菌株で、粳籼交叉区のレース当り菌株数は3.0である。つまり、粳稻区の菌レース構成が粳稻区より複雑である。検定圃場には多種類の品種が集中したため菌レース構成が粳稻作よりは複雑であるが供試品種の多数が単純であった。

### 2. 各稲作区いもち病菌株の病原性

抵抗性遺伝子が同定された品種でいもち病菌レースを検定した。菌レース番号から菌株のこれら抵抗性因子に対する病原性(発病率で示す)を判別することができる。10抵抗性遺伝子に対する各稲区いもち病菌株の病原性を図2に示した。この結果から各稲区で利用できる抵抗性遺伝子を選抜することができる。

粳稻区のいもち病菌株に対して発病しなかった遺伝子は  $Pi-ta^2$  で、 $Pi-z$  は8.3%侵された。粳籼交叉区では  $Pi-z^1$  の発病率は零で発病率が10%以下の遺伝子は  $Pi-z$ 、 $Pi-ta^2$  (3.0%) と  $Pi-b$  (1.5%) であった。粳稻区では発病率が零の遺伝子は  $Pi-z$  で発病率が10%以下の遺伝子は  $Pi-ta^2$  (1.6%)、 $Pi-z^1$  (1.6%)、 $Pi-b$  (1.6%) 等であった。その他  $Pi-k^m$  遺伝子は3稲区のいずれにおいてもその感染率が16～17%でこの遺伝子は抵抗性水準は高くないが適応性が広いことが示された。このほか遺伝子  $Pi-k^s$ 、 $Pi-a$ 、 $Pi-i$ 、 $Pi-k$ 、 $Pi-ta$  などの区においても感染率が高いことから抵抗性品種を育成するにあたって利用価値がないと思われる。又、182菌株を用いてk59品種の抵抗性を検定したがk59が持つ抵抗性遺伝子  $Pi-t$ 、も利用価値がほとんどない

と判断された（表2：各稲区から採集したいもち病菌のk59に対する感染率）。

### 3. いもち病菌レースの病原性と品種抵抗性の関係について

昆明検定圃場において抵抗性検定を行った日本の抵抗性品種118品種（これらの品種の抵抗性は単遺伝子によって支配される）について遺伝子別に葉いもち病及び穂いもち病感病程度と昆明検定圃場株の各抵抗性遺伝子に対する感染率の関係を調査して表3に示した。表3からわかるように発病圃場の菌株がある抵抗性遺伝子に対して感染率が高いと、このこの遺伝子を持っている品種の平均感病程度も高く、感染率が低い場合は品種の感病程度も低い。病菌感染率と品種感病程度の相関を見ると葉いもちは $\gamma=0.941$ 、穂いもちは $\gamma=0.844$ でいずれも有意であるが葉いもち相関の方が穂いもちより高い。

発病圃場のいもち病菌株の  $Pi-k^s$ ,  $Pi-a$ ,  $Pi-i$  など遺伝子に対する感染率が高いため、これら遺伝子を持っている品種の葉いもち、穂いもち発病率高い。 $Pi-z$ ,  $Pi-z'$ ,  $Pi-ta^2$ ,  $Pi-b$ , を侵す菌株は少ない。したがってこれら遺伝子を持っている品種は葉いもち発生は軽いが穂いもち発生は葉いもち病の発生よりやや多い。穂いもちの発生条件は複雑であるため単一要素によって分析するのは困難である。供試品種のなかには葉いもちと穂いもちいずれに対しても抵抗性を示す品種もあった。これらの品種は中国31 ( $Pi-k$ ), 大瀬戸 ( $ta^2$ ,  $k^s$ ), 山光 ( $ta^2$ ) などである。

### 4. 昆明検定圃場における雲南品種の抵抗性

雲南稲在来品種の葉いもちと穂いもちの抵抗性は稲の品種（陸稲、籼稲、粳稲）と品種によってかなり差がある。品種群別の感病程度を表4に示した。粳稲品種は葉いもちと穂いもちの感病程度がほぼ同じであり、籼稲品種は葉いもち発生は軽いが穂いもちの発生が多い。粳型陸稲品種は葉いもちと穂いもち両方とも発生頻度が低い。

### 5. 雲南陸稲と日本陸稲のいもち病抵抗性比較

雲南陸稲と日本稲療法とも葉いもち病に抵抗性を示しているが穂いもち発生程度は雲南陸稲の方が日本陸稲より低い傾向が示された。

供試した日本陸稲のなかで2品種は  $Pi-a$  遺伝子を持っている真性抵抗性品種であるがほかの品種は真性抵抗性遺伝子を持たない圃場抵抗性品種である。レース番号001, 003, 007菌レースを一部日本陸稲品種に接種したが全部“S”反応を示したに対し001, 002, 003, 007, 013, 033, 037, 047, 073, 117\*, 177, 403などレースを一部雲南陸稲品種に接種した場合全部“R”反応を示し（一部はR, S混合反応であった）。

日本陸稲と雲南陸稲両方とも検定圃場で葉いもち抵抗性を示したがその抵抗性はそれぞれ異なる抵抗性遺伝子によって支配されると思われる。これまでの分析によって雲南陸稲“毫乃煥”は2種の主動遺伝子対と3つの補足微動遺伝子を持っていると思われるが、この品種の日本レースに対する反応は今まで知られている抵抗性遺伝子の反応とはちがうため新しい抵抗性遺伝子と推

定される。

### III. 討論

1. 日本の判別品種 9 を用いて雲南所要稲作区から採集したいもち病菌株 278 について検定を行った結果、43 いもち菌レースに分類された (判別品種 BL1 を加えた時は 52 レースであった) が、これは日本全国のレース (22~23 レース)<sup>(2)</sup> を上回って雲南におけるいもち菌レースの多様性を裏づけるものになった。雲南稲作区は緯度、標高差が大きく気象条件も複雑であるため品種種類もきわめて多様である。粳稲区、籼粳交叉区及び籼稲区のいもち病菌レース大構成に差がある。したがって  $Pi-z^t$ ,  $Pi-b$  抵抗性遺伝子を侵す程度には著しい差がある。粳稲区、籼粳交叉区の菌レースの  $Pi-z^t$ ,  $Pi-b$  を侵す頻度は非常に低いのでこれらの稲区ではこの二種の遺伝子を抵抗性として利用できると思われる。しかし、籼稲区菌レースの  $Pi-z^t$ ,  $Pi-b$  に対する感染率はそれぞれ 12.5% と 41.7% であった。段永嘉らの研究によると雲南籼稲から分離したいもち菌レースを BL1 に接種した時高度感病反応を示したと言う。したがって BL1 が持っている  $Pi-b$  遺伝子は籼稲区ではほとんど役に立たない。 $Pi-z$ ,  $Pi-b$  抵抗性遺伝子は籼稲に由来するものである。この数年来、粳稲の抵抗性育種を行う際に籼稲に由来する抵抗性遺伝子源の利用によって良い成績をあげている。 $Pi-z^t$ ,  $Pi-b$  は籼稲に由来する抵抗性遺伝子で雲南粳稲区では有効であるが籼稲区ではほとんど役に立たない。雲南の稲作区は複雑であるため抵抗性遺伝子を導入するにあたってそれぞれ稲区の条件に応じて選抜する必要がある。

2. いもち病菌レースの分布と水稻品種の真性抵抗性との間には密接な関係がある。雲南の稲作は環境条件が複雑で品種型に恵まれ遺伝子背景が多様であるが、これはいもち菌レース多様性の重要な原因である。本研究では中国と日本の判別品種を用いて雲南いもち病菌レースの検定を行った。日本判別品種はすべて粳稲であるが中国の判別品種には籼稲と粳稲の両方が含まれている。2 セット判別品種のレースに対する反応は必ずしも一致しないので検定結果から一致した菌レースを検出することができなかった。抵抗性遺伝子型との比較分析する目的から本文では日本判別品種を使った結果だけを報告した。日本の単遺伝子判別品種は日本菌系との反応から確立したものであるので雲南菌系に対する反応が単遺伝子支配による抵抗性か否かという問題はこれからの研究課題の一つである。雲南品種の抵抗性遺伝子を確立する時、同じレースの日本菌系と中国菌系の両方を接種したが異なる反応を示す品種も見出された。その例として、昆明小白穀、半節芒、雲粳 129 などの品種は雲農大 77-34・(007) レースに対して R 反応を示すが、長 59-150 (007) に対する反応は S である。前述の品種らは雲南菌系に対して有効な今まで知られていない抵抗性遺伝子を持っている可能性がある。日本菌系で雲南の籼稲及び粳型陸稲を検定する時全部 R 反応を示すため検定効果を失ってしまう。雲南品種の抵抗性と雲南いもち病菌レースの構成を明らかにするためには雲南に適應するいもち病菌判別品種及び品種抵抗性検定用の判別レースを確立するのはこれからの課題である。雲南稲作区の分類から考えると籼稲及び粳稲の 2 セットの判別体系が必要と思われる。現在日本の判別体系を参考にまず粳稲の判別体系を確立し、そ

れからまた籼稻の判別体系を確立して全体の判別体系を完備するのが早道である。さらに雲南のいもち防除研究に利用すると雲南の抵抗性遺伝子源を有効の利用できるであろう。

3. 昆明検定圃場の一部品種は葉いもちと穂いもちの発生が一定していない。穂いもちの発生は抵抗性遺伝子によって支配されるほかに出穂期及び穂の生育段階の気象条件の影響を受ける。昆明検定圃場付近は出穂期である7月・8月の平均気温がそれぞれ17.5℃と18.8℃で国内他の稲区同期気温より低い。又、この温度は日本北海道札幌市の7・8月気温よりも低い（札幌の同期気温はそれぞれ21.6℃と22.2℃である）。耐冷性が弱い品種は生育後期の低温環境条件に適應できず、出穂期の抵抗力を失ってしまうので穂いもちの発生率が葉いもちより高くなる。特に葉いもち抵抗性が“抗”或“中抗”品種の場合その差がさらに大きくなる。雲南の籼稻、日本の陸稲品種及び葉いもちに真性抵抗性を示す日本品種がその例である。

逆に雲南の強度耐冷性品種麗江新団黒穀、季子黄、半節芒など品種は穂いもち発生程度が葉いもちよりはるかに軽い。一部晩生品種は出穂期がおそいため穂いもち発生をさけることができるがこれらの品種が必ずしも穂いもち抵抗性を持っているとはいえない。

出穂期における抵抗性を正確に評価するためにはそれぞれ品種の栽培にふさわしい地域に穂いもち検定圃場を設けると品種抵抗性に及ぼす環境条件の影響を受けずに品種の抵抗性程度を検定することができる。

## 討 論

清沢茂久(生資研)：判別品種は単一遺伝子をもつことが望ましいが日本の判別品種はインディカ菌系に対して別の遺伝子を持つことが知られている。例えば新2号、クサブエ、とりで1号、BL1は他の遺伝子をもつようである。従ってインディカの栽培されている地方で日本の判別品種を用いると問題があるので、改良した判別品種を使う必要がある。

山田昌雄(農環研)：1)図1でレース調査のための菌株を分離した地域を4つの区に分けているが、昆明検定圃(■印)は他の3区、Japonica区、Indica区、両者混合区のどれに近い地域と考えればよいか。

2)スライドに示された品種をとりよせた地域の7月平均気温とその品種の(昆明における?)穂いもち発病程度との関係のグラフで、昆明はこのグラフの7月の平均気温のどこに位置するか。

3)総合結論で意見を求めたい点

雲南における今までのレース研究で、雲南のいもち病菌の病原性が非常に変化し易いとする意見と、それは試験条件を十分に制御できなかったために、環境条件の差により変動したとする両方の見方があったように思う。現時点でのこの点についての見解をうかがいたい。

回答：雲南省では地形が複雑で、標高の差が激しく、機構の垂直的な分布が明らかで標高が高ければ高いほど気温が低くなる。この気温の差は稲の品種分布に大きく影響する。概して東北部

の標高1800m以上の寒冷地帯ではジャポニカ品種しか栽培できないので、“粳稲区”（ジャポニカ地帯）という。標高1500～1800mの間の温暖地帯では昔はインディカ品種が主として栽培されたが、60年以来だんだんとジャポニカに変わってくる。ところが一部ながらインディカ品種もまだ栽培されているので、“籼粳混栽地区”という。あるいは“籼粳交錯区”ともいう。標高の1500m以下の地域では気温が高くてインディカ品種に適するので、品種の殆どがインディカなので、“籼稲区”という。以上のように栽培される品種によって雲南の稲作地帯が大まかに“籼稲区”，“籼粳交錯区”，“粳稲区”と分けられる。それぞれの稲作地帯では品種が違うので、いもち菌のレース構成も違ってくる。