

ツマグロヨコバイ抵抗性を導入した水稻新系統の育成

西川 康之・小山 豊・渡部 富男

キーワード：水稻、ツマグロヨコバイ、病害虫抵抗性、いもち病、環境保全型

I 緒 言

安全性の高い食糧生産及び稲作による周辺環境への負荷の軽減を図るため、環境に優しい稲作技術の開発が望まれている。また、近年はヘリコプターによる広域防除の実施面積の減少（千葉県農業共済組合連合会、2003）で、本田での無防除栽培が増加する傾向にある。無防除の水田では気象変動の激化に伴う病害虫の異常発生が懸念され、薬剤防除に頼らない、環境に優しい稲作技術の確立は急務となっている。

その技術開発の一つとして、農業散布回数の削減に対応できる病害虫抵抗性品種の育成があげられ、千葉県農業総合研究センター育種研究所ではツマグロヨコバイ（Green Rice Leafhopper、以下GRLHと示す）及びいもち病抵抗性を導入した良質・良食味品種の育成を進めてきた。

GRLHではトビイロウンカのような激しい吸汁害は一般に見られていないが、本田でのその生息密度は水稻害虫の中で最も高い（千葉県病害虫防除所、2002）。したがって、異常気象下でGRLHが異常発生した場合は吸汁害の発生が予想されるとともに、生息密度が高い状況が継続するとGRLHが媒介する黄萎病や萎縮病の発生が増加すると予想される。

いもち病は、稲作期間が高温多照な年は常発地を除いて発生はみられないが、低温寡照年には県内全域で発生し、発生程度の年次変動が大きい病害である。千葉県の主要品種「コシヒカリ」、「ふさおとめ」及び「ひとめぼれ」は、いずれもいもち病抵抗性が弱いことが天候不良年の被害を大きくする一因であり、いもち病の被害を防ぐには薬剤防除に頼らざるを得ないのが現状である。

GRLH抵抗性育種は1970年頃から行われ、農林水産省の農業研究センター（現農業・生物系特定産業技術研究機構作物研究所）、九州農業試験場（現同九州沖縄農業研

究センター）及び東北農業試験場（現同東北農業研究センター）の国立の研究機関及び愛知県農業総合試験場において、日本型品種に「Pe-bi-hum」、「Lepe dumai」、「Rantaj-emas 2」等のインド型品種の抵抗性の導入が試みられた。その結果、1980年代に「中母農2号」（金田ら、1985）、「中母農5号」（井辺ら、1978）及び「中母農6号」（岸野ら、1987）の中間母本及び抵抗性系統「愛知80号」（農林水産省農業研究センター、1989）が育成されたが、いずれも実用形質は不十分な系統であった。近年、埼玉県農林総合研究センターでは「中母農2号」由来のGRLH抵抗性を導入した実用品種「彩のかがやき」及び「彩のきらびやか」（荒川ら、2003）を、愛知県農業総合試験場は「愛知80号」由来の「大地の風」（井澤ら、2001）をそれぞれ育成した。しかし、これらのGRLH抵抗性品種はいもち病抵抗性を併せ持っているが、いずれも極晩生品種で、千葉県の早期栽培では栽培が困難である。

千葉県農業総合研究センターでは、1993年からGRLH及びいもち病に抵抗性で早生～中生の実用品種の育成に取り組み、中生で両病害虫に抵抗性が強い中間母本「中母農6号」と良質・良食味品種との交雑によって、「左系ツマ23D」、「左系ツマ28」、「左系ツマ33」及び「左系ツマ39」を有望系統として育成した。これらの系統の実用形質には未だ改良の余地はあるが、交配親の選定方法等、病害虫抵抗性品種の育成方法について有益な知見が得られたので、育成経過や特性とともに報告する。

本研究は、環境保全型農林業技術開発研究事業（I～II期）の水稻プロジェクトチームで実施された。水稻プロジェクトチーム長の前農業試験場水田作研究室深山政治室長（前農業総合研究センター技監）及び各チーム員の皆様には研究遂行にあたり有益なご助言をいただいた。また、地域適応性検定試験では同センター育種研究所水稻育種研究室成東育成地和田潔志上席研究員にご協力いただいた。さらに、前農林水産省農業研究センター作物開発部稲育種法研究室池田良一室長（現JIRCAS生物資源部長）には育成方法について有益なご助言をいただいた。ここ

に深く感謝の意を表する。

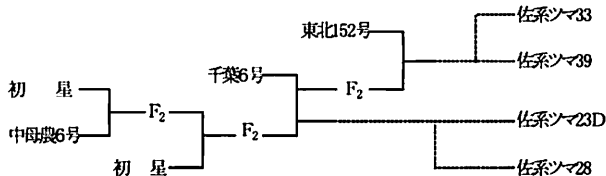
II 材料及び方法

1. 育種目標及び育成方法

各育成系統の交配組合せを第1図に、交配親の特性概要を第1表に示した。GRLH抵抗性及びいもち病抵抗性で良質・良食味の早生～中生品種を育成するため、GRLH抵抗性で中生の中間母本「中母農6号」に栽培特性及び品質・食味が優れる早生～中生のうるち品種を3回(三系交配)または4回(多系交配)交配した。育成期間の短縮を図るため、各交配によって得られたF₁またはB₁F₁個体について冬期にGRLH抵抗性検定を行い、抵抗性個体を世代促進した。F₂またはB₁F₂個体は夏期にGRLH抵抗性検定を行い、生育、収量、玄米千粒重及び玄米品質が優れる一部の抵抗性個体を親とした交配を実施した。三系交配または多系交配後のF₁～F₃個体についてもGRLH抵抗性検定を行い、F₁及びF₃個体について冬期世代促進した。F₁世代は単独系統選抜、F₃世代以降は生産力検定試験に供試し、並行してGRLH及びいもち病抵抗性検定ほか各種特性検定を実施した。

2. 初期世代 (F₁～F₃) の栽培方法及び世代促進方法

初期世代は1/5000ワグネルポットにポット当たり



第1図 ツマグロヨコバイ抵抗性系統の交配組合せ

注) 千葉6号は、のちの「ふさおとめ」。
東北152号は、のちの「まなむすめ」。

第1表 交配親の特性概要

品種・系統名	特性概要	育成系統への導入が期待される特性	劣る特性
中母農6号	GRLH抵抗性の中間母本。熟期が千葉県の早期栽培では中生であり、いもち病抵抗性が強い。生育量がやや少なく、玄米千粒重が小さく、収量性はやや少ない(岸野ら、1987)。GRLH抵抗性は2～3対の補足遺伝子に支配され、GRLHの生態型の変化による抵抗性の崩壊がみられず、抵抗性は安定している(池田ら、1989、1990)。	1.GRLH抵抗性 2.いもち病抵抗性 3.熟期(中生)	1.収量性 2.やや小粒 3.玄米品質
初星	千葉県の中生の奨励品種で、耐倒伏性が強く、穂発芽し難く、収量性が優れる。やや大粒で玄米品質及び食味は「コンヒカリ」よりやや劣る。	1.収量性 2.粒大 3.穂発芽性	1.玄米品質
千葉6号 (ふさおとめ)	千葉県の早生の奨励品種で、耐冷性が強く、穂発芽し難く、やや大粒だが玄米品質が良好で良食味である。いもち病抵抗性及び耐倒伏性がやや劣る(渡部ら、1998)。	1.耐冷性 2.玄米品質 3.食味 4.穂発芽性	1.いもち病抵抗性 2.耐倒伏性
東北152号 (まなむすめ)	中生でいもち病抵抗性、耐冷性及び耐倒伏性が強く、穂発芽し難く、やや大粒の良食味品種である(松永ら、2002)。	1.いもち病抵抗性 2.食味 3.穂発芽性	

1～3個体を1本植えた。冬期の世代促進については世代促進温室内で行った。ポット移植した個体について7時間日長で管理し、栄養生長期間は夜間に1時間電照して暗期を中断するとともに、気温を20℃以上にして管理した。夜間の電照を取りやめた後の生殖生長期間は昼温25～35℃、夜温25℃で管理した。

3. 単独系統選抜、生産力検定試験及び地域適応性検定試験方法

(1) 単独系統選抜 (F₁世代)

4月下旬に各系統24個体を水田ほ場に1本植えし、生育量、登熟状況、出穂期等によっては場選抜を行い、さらに、室内において病害虫抵抗性及び玄米品質による選抜を行った。

(2) 生産力検定試験

4月下旬に1株当たり苗4本を水田ほ場に手植えた。1区面積は4.1㎡で2反復とした。病害虫抵抗性、熟期、登熟状況、草型、収量、玄米品質及び食味等により選抜した。

(3) 地域適応性検定試験

県内適応性をみることを目的として、「佐系ツマ33」及び「佐系ツマ39」を水稻育種研究室(佐原市)、同成東育成地(成東町)及び生産技術部水田作研究室(千葉市)の3場所で生産力検定試験に供試した。1区面積は5.1㎡で2反復とした。選抜基準は(2)の生産力検定試験に準じた。

4. 特性検定方法

(1) 病害虫抵抗性検定

イネ育種マニュアル(農林水産省農業研究センター、

1995) に準じて、以下のとおり抵抗性検定を行った。

i. ツマグロヨコバイ抵抗性

検定には長さ18cm、内径15mmの試験管と綿栓を用いた。幼苗検定は、葉令が3～4葉の苗を1個体入れた試験管に2～3齢の幼虫5頭を放飼した。また、成体検定は、出穂期の止葉葉身1枚を入れた試験管に2～3齢の幼虫10頭を放飼した。幼苗検定では3日後、成体検定では4日後の生存虫数を感受性品種「初星」及び抵抗性品種「中母農6号」と比較し、抵抗性個体を選抜した。

ii. いもち病ほ場抵抗性検定

(i) 葉いもち検定

水稻育苗箱に1箱当たり8系統、1系統当たり100粒を5月下旬には種し、防風、遮光ネット及びスプリンクラーを設置した畑ほ場に配置する畑晩播法で検定した(林ら、1996)。苗の葉令が4葉期にいもち罹病葉を散布するとともに人工降雨によって発病を促進した。

(ii) 穂いもち検定

防風・遮光用のネット及びスプリンクラーを設置した多肥条件(10a当たり窒素施肥量、基肥9kg、追肥3kg×2回)の水田ほ場に晩植(7月上旬植え)した。各系統当たり7個体を1本植えし、分けつ盛期にいもち罹病苗をほ場内に置き、人工降雨で発病を促進する散水検定法で検定した。

(2) 耐冷性検定

1/5000ワグネルポットに1ポット当たり1本植えで各系統3個体を栽培し、葉耳間長が+の茎が観察された時点から、日長が4時間、気温は昼22～23℃、夜16～17℃で2週間冷温処理し、不稔率を調査した。

(3) 穂発芽検定

成熟期に穂を採取し、直ちに4℃一定で冷蔵した。供試系統が揃った段階で水に24時間浸漬後、気温27℃、湿度95%以上の恒温器に置床し、3、5、7日後の発芽率を調査した。

(4) 食味官能試験

精白米量に対して加水量1.37倍で炊飯し、基準品種を「初星」とした官能試験を実施した。供試系統及び良食味の指標となる「コシヒカリ」を「初星」と同時に炊飯し、パネル数7～11名で、総合評価、外観、香り、味、軟らかさ及び粘りについて、+5～-5の段階評価を行った。なお、総合評価の値が「コシヒカリ」並の系統を2.0、「初星」並の系統を3.0にランク付けし、比較評価した。

III 試験結果

1. 育成経過

試験年次別の育成世代と冬期の世代促進の状況及び抵抗性検定の実施時期、抵抗性系統の選抜数及び選抜系統を第2表に示した。選抜した抵抗性系統の育成経過は以下のとおりである。

(1) 「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」

1993年夏に1回目の交配「初星/中母農6号」を行い、 F_1 個体を冬期世代促進した。

1994年夏に、抵抗性が分離する F_2 個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を養成した。出穂期が早く、穂数が多く、生育が良好な F_2 個体を母本として「初星」を戻し交配する2回目の交配「初星/中母農6号//初星」を行った。交配によって結実した種子から育苗した B_1F_1 個体について冬に幼苗検定を行い、抵抗性個体を冬期世代促進し、登熟、穂重収量及び玄米品質が優れた個体から採種した。

1995年夏に、 B_1F_2 個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を養成した。さらに、各個体の止葉を用いた成体検定を行う一方、生育が良好な B_1F_2 個体を父本として三系交配となる3回目の交配「千葉6号/3//初星/中母農6号//初星」を行った。父本とした B_1F_2 個体の中で成体検定の結果が抵抗性で、生育、穂重収量、玄米千粒重及び玄米品質が良好な個体を交配して得た種子から F_1 個体を冬に育苗した。その後、幼苗検定を行い、抵抗性個体を冬期世代促進して採種した。

1996年夏に三系交配の F_2 個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を養成した。さらに、成体検定を行い、抵抗性で生育、登熟、穂重収量、玄米千粒重及び玄米品質が優れた F_2 個体について採種した。冬に F_3 個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を冬期世代促進して採種した。

1997年は F_3 世代について単独系統選抜を行った。 F_3 個体由来の14単独系統をほ場で栽培し、立毛での登熟、収量性等により2系統を選抜した。

1998年は F_3 世代の2系統を生産力検定試験に供試し、収量性といもち病抵抗性に優れた1系統を選抜し、「佐系ツマ23」の系統名を付与した。残り1系統はGRLH抵抗性に分離が認められたため、感受性の系統を除いて翌年に再試験を行った。

1999年は「佐系ツマ23」を継続検討し、有望と認められたが、系統群内の5系統の間に生育の分離がみられたので5系統を採種し、「佐系ツマ23A～E」とした。一方、前年の生産力検定試験の再試験を行った系統「98424」は食味やいもち病抵抗性に優れたが、系統群系統間の生育に分離がみられたので3系統を選抜し、「佐系28～30」

とした。2000年は生産力検定試験に供試した8系統から「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」を選抜し、2001年まで試験を継続した。

(2)「佐系ツマ33」及び「佐系ツマ39」

1995年までは、「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」

と同様の育成経過とした。

1996年夏に、三系交配「千葉6号/3/初星/中母農6号//初星」のF₂個体の幼苗検定を行い、抵抗性の各個体について出穂期に成体検定を行うのと並行して、生育が比較的良好的なF₂個体を父本として多系交配となる4回目の交

第2表 ツマグロヨコバイ抵抗性系統の育成経過及び選抜系統

育種目標		ツマグロヨコバイ・いもち病複合抵抗性品種の育成			
交配組合せ		千葉6号 /3/初星/中母農6号//初星		東北152号/4/千葉6号 /3/初星/中母農6号//初星	
1993	夏	交配 「初星/中母農6号」			
	冬	F1 冬期世代促進(6)			
1994	夏	F2 幼苗検定(210供試→抵抗性57) 生育,収量が優れる11個体に戻し交配 「初星/中母農6号//初星」			
	冬	B1F1 幼苗検定(105供試→抵抗性45) 抵抗性個体を冬期世代促進(18個体から採種)			
1995	夏	B1F2 幼苗検定(80供試→抵抗性57) 成体検定(57供試→抵抗性(R)39) 抵抗性で生育,収量,玄米千粒重,玄米品質が優れる3個体に三系交配 「千葉6号/3/初星/中母農6号//初星」			
	冬	F1 幼苗検定(30供試→抵抗性12) 抵抗性個体を冬期世代促進(12個体から採種)			
1996	夏	F2 幼苗検定(26供試→抵抗性13) 成体検定(13供試→抵抗性(M~R)10) 抵抗性10個体を養成 生育,収量,玄米千粒重,玄米品質が優れる5個体から採種		抵抗性で生育,収量,玄米千粒重,玄米品質が優れる3個体に多系交配 「東北152号/4/千葉6号/3/初星/中母農6号」	
	冬	F3 幼苗検定(32供試→抵抗性14) 抵抗性14個体を冬期世代促進後に採種		F1 幼苗検定(30供試→抵抗性17) 抵抗性17個体を冬期世代促進後に採種	
1997	夏	単独系統選抜 F4 供試数 14 選抜数 2 選抜系統→98生検試験番号 1907→98424 1909→98425		F2 幼苗検定(176供試→抵抗性85) 抵抗性85個体を養成 生育,収量,玄米千粒重,玄米品質が優れる29個体から採種	
	冬			F3 幼苗検定(203供試→抵抗性136) 抵抗性136個体を冬期世代促進 F3 成体検定(136供試→抵抗性132) 抵抗性132個体から採種	
1998	夏	生産力検定 F5 供試数 2 選抜数 1 選抜系統 ・98425→佐系ツマ23		単独系統選抜 F4 供試数 132 選抜数 10 全体に倒伏が著しかったので、1999年に再試験を行った	
	夏	生産力検定 F6 供試数 1 選抜数 1 選抜系統 ・佐系ツマ23(分離)から5系統派生 →佐系ツマ23A~E		生産力検定 F5 98424再試験 供試数 1 選抜数 1 選抜系統 ・98424(分離)から3系統派生 →佐系ツマ28~30	
1999	夏	生産力検定 F7 供試数 5 選抜数 1 選抜系統 佐系ツマ23D		生産力検定 F6 供試数 7 選抜数 3 選抜系統 佐系ツマ33, 36, 37	
	夏	生産力検定 F8 佐系ツマ23D 食味はやや良好だが 品質及び穂発芽性が劣り、試験中止		生産力検定 F7 佐系ツマ28 食味は良好だが 品質及び穂発芽性が劣り、試験中止	
2000	夏	生産力検定 F6 供試数 10 選抜数 4 選抜系統 ・99415(分離)から2系統派生 →佐系ツマ31~32 ・99417 →佐系ツマ33 ・99418 →佐系ツマ34 ・99415(分離)から3系統派生 →佐系ツマ35~37		単独系統選抜 F4 再試験 供試数 117 選抜数 6	
	夏	生産力検定 F6 供試数 3 選抜数 1 選抜系統 佐系ツマ28		生産力検定 F5 供試数 6 選抜数 2 選抜系統 ・00403 →佐系ツマ38 ・00406 →佐系ツマ39	
2001	夏	生産力検定 F7 佐系ツマ28 食味は良好だが 品質及び穂発芽性が劣り、試験中止		地域適応性検定 佐系ツマ33 F7 品質及び穂発芽性が劣り、試験中止 生産力検定 F7 供試数2 選抜数0	
	夏	生産力検定 F6 供試数 1 選抜数 1 選抜系統 佐系ツマ23A~E		地域適応性検定 佐系ツマ39 F6 食味はやや不良で 品質及び穂発芽性が劣り、試験中止 生産力検定 F6 供試数1 選抜数0	

注1)表中の()内の数字は個体数を示す。また、成体検定の抵抗性(R)は抵抗性反応の個体を、抵抗性(M~R)は抵抗性及び中間型の反応を示した個体を選抜したことを示す。

2)単独系統、生産力検定及び地域適応性検定供試系統については、幼苗検定または成体検定により抵抗性を検定した。

配「東北152号/4/千葉6号/3/初星/中母農6号//初星」を行った。父本としたF₂個体の中で成体検定の結果が抵抗性で、生育、登熟、穂重収量、玄米千粒重及び玄米品質が良好な個体を交配して得た種子からF₁個体を冬に育苗した。その後幼苗検定を行い、抵抗性個体を冬期世代促進して採種した。

1997年夏に、多系交配のF₂個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を養成し、穂重収量、玄米千粒重及び玄米品質が優れたF₂個体から採種した。冬にF₃個体の幼苗検定を行い、抵抗性個体を冬期世代促進した。さらに、成体検定を行い、抵抗性のF₃個体から採種した。

1998年はF₄世代について単独系統選抜を行った。F₄個体由来の132単独系統をほ場で栽培し、全体に倒伏したが立毛での登熟、収量性等により10系統を選抜した。

1999年はF₅世代の10系統を生産力検定試験に供試し、収量性といもち病抵抗性に優れた7系統を選抜し、1系統に「佐系ツマ33」の系統名を付与した。一方、前年に供試したF₄世代について再度、単独系統選抜を行った。

F₃個体由来の117単独系統をほ場で栽培し、登熟、収量性等により6系統を選抜した。

2000年は生産力検定試験を継続した。F₅世代について7系統を供試し、「佐系ツマ33」以下3系統を選抜した。また、F₄世代について6系統を供試し、2系統を選抜し、1系統に「佐系ツマ39」の系統名を付与した。

2001年は「佐系ツマ33」及び「佐系ツマ39」を地域適応性検定試験に供試した。

2. 育成系統の特性

育成したGRLH及びいもち病抵抗性（病害虫抵抗性）の4系統（以下、育成4系統）の生育、収量及び諸特性を第3及び4表に、GRLH抵抗性検定結果を第5表に、いもち病抵抗性検定結果を第6表に、耐冷性検定及び穂発芽検定結果を第7表に、食味官能試験結果を第8表に示した。

育成4系統のGRLH抵抗性は交配親の「中母農6号」と同程度の抵抗性を示した。「佐系ツマ23D」、「佐系ツ

第3表 「佐系ツマ39」及び「佐系ツマ33」の地域適応性検定試験及び特性検定試験（2001）

試験場所	系統名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/ ㎡)	倒伏 程度	精玄 米重 (kg/a)	同左 比 (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米 外観 品質	食味	穂発 芽性	耐冷 性	病害虫抵抗性		
															いもち病 葉	ツマグロ 穂	ツマグロ ヨコバイ
水稻育種 (佐原)	佐系ツマ39 ¹⁾	7.16	8.23	80	18.6	467	2.0	63.8	110	24.0	4.0	3.5	中	強	やや強	やや強	R
	ふさおとめ	7.17	8.23	78	18.5	483	2.5	64.6	112	23.7	4.0	2.0	難	極強	やや弱	中	S
	初星	7.19	8.26	80	17.6	505	1.5	57.6	100	23.2	4.0	3.0	中	中	中	中	S
	佐系ツマ33 ¹⁾	7.19	8.28	76	19.0	428	1.0	56.9	98	23.8	4.0	3.0	中	極強	強	強	R
水田作 (千葉)	佐系ツマ39	7.10	8.12	71	18.7	407	0.0	56.7	94	24.3	4.0	3.5	中	—	—	—	—
	ふさおとめ	7.11	8.13	77	18.5	493	0.0	62.5	104	22.8	2.0	2.0	難	—	—	—	—
	初星	7.13	8.16	80	18.4	496	0.0	60.1	100	22.9	5.0	3.0	難	—	—	—	—
	佐系ツマ33	7.14	8.19	79	19.4	415	0.0	61.1	102	23.9	4.0	3.0	やや難	—	—	—	—
成東育成地 (成東)	佐系ツマ39	7.15	8.20	78	20.0	464	1.3	65.4	99	23.8	4.0	4.0	やや易	—	—	—	—
	ふさおとめ	7.17	8.22	85	19.4	501	1.8	63.7	96	22.3	2.0	2.5	難	—	—	—	—
	初星	7.19	8.23	83	19.4	518	1.0	66.3	100	22.5	4.0	3.0	難	—	—	—	—
	佐系ツマ33	7.19	8.23	80	19.5	446	1.5	64.9	98	23.4	4.0	3.0	やや難	—	—	—	—

注1) 交配組合せは、東北152号/4/千葉6号/3/初星/中母農6号//初星。 2) 窒素施肥量(kg/10a)：基肥6、穂肥3。
 3) 播種期：佐原4月1日、千葉3月30日、成東4月20日、移植期：佐原4月25日、千葉4月20日、成東5月10日
 4) 倒伏及び病害の発生程度は、0(無)～5(甚)の6段階評価。 5) 玄米外観品質及び食味は、1(上・上)～9(下・下)の9段階評価。
 6) 穂発芽性は、成熟期に穂を採取し、水田作は即日、水稻育種及び成東育成地は冷蔵後、24時間水に浸漬し、水稻育種は27℃、水田作及び成東育成地は常温で放置し、各系統の発芽率で評価した。
 7) 耐冷性は、各系統3個体をポット栽培し、葉耳間長が+の茎が観察された系統から、日長4時間で気温は昼22～23℃、夜16～17℃で2週間冷温処理し、成熟後、不稔率を調査した。
 8) いもち検定の評価は水稻育種研究室の特性検定結果による。 9) ツマグロヨコバイ抵抗性は、R:抵抗性、S:感受性で示した。

第4表 「佐系ツマ28」及び「佐系ツマ23D」の生産力検定試験及び特性検定試験（水稻育種研究室，2001）

系統名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/ ㎡)	倒伏 程度	精玄 米重 (kg/a)	同左 比 (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米 外観 品質	食味	穂発 芽性	耐冷 性	病害虫抵抗性		
														いもち病 葉	ツマグロ 穂	ツマグロ ヨコバイ
ふさおとめ	7.17	8.24	77	18.6	450	2.5	65.0	104	23.6	3.0	2.0	難	極強	やや弱	中	S
初星	7.18	8.25	78	17.0	515	2.0	59.5	100	23.7	4.0	3.0	中	中	中	中	S
佐系ツマ23D ¹⁾	7.18	8.28	79	18.2	426	3.0	61.2	103	24.9	5.0	2.5	易	やや強	強	やや強	R
佐系ツマ28 ¹⁾	7.18	8.28	80	17.4	470	2.5	59.4	100	24.9	4.0	2.0	やや易	やや強	強	やや強	R

注1) 交配組合せ：千葉6号/3/初星/中母農6号//初星。 2) 播種期：4月4日、移植期：4月24日、窒素施肥量(kg/10a)：基肥6、穂肥3。
 3) 倒伏及び病害の発生程度は、0(無)～5(甚)の6段階評価。 4) 玄米外観品質及び食味は、1(上・上)～9(下・下)の9段階評価。
 5) 穂発芽性は、成熟期に穂を採取し、4℃で冷蔵後、24時間水に浸漬し、27℃、湿度95%以上の恒温器内に置床し、3日、5日、7日後の発芽率を達観調査。
 6) 耐冷性は、各系統3個体をポット栽培し、葉耳間長が+の茎が観察された系統から、日長4時間で気温は昼22～23℃、夜16～17℃で2週間冷温処理し、成熟後、不稔率を調査した。
 7) いもち検定は圃場播種法及び散水検定法による。 8) ツマグロヨコバイ抵抗性は、R:抵抗性、S:感受性で示した。

第5表 育成系統のツマグロヨコバイに対する抵抗性 (2001)

系統名	供試個体数	ツマグロヨコバイの生存率(%)別供試個体数										判定		
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		100	
初星	7												7	S
中母農6号	7	4	2	1										R
佐系ツマ23D	7	3	3	1										R
佐系ツマ28	7	3	3	1										R
佐系ツマ33	7	5	1	1										R
佐系ツマ39	7	5	2											R

注1)1個体(株)当たり止葉約10cm1枚に2~3齢幼虫を10頭放し、3日後に調査した
2)判定のSは感受性、Rは抵抗性を表す。

第6表 いもち病圃場抵抗性検定試験 (2001)

品種名	推定遺伝子型	葉いもち検定		穂いもち検定	
		発病程度	評価	発病程度	評価
佐系ツマ23D	?	5.5	強	3.5	やや強
佐系ツマ28	?	5.5	強	3.3	やや強
佐系ツマ33	?	5.0	強	2.8	強
佐系ツマ39	?	6.5	やや強	3.5	やや強
初星	Pii	8.0	中	5.3	中
ひとめぼれ	Pii	9.5	弱	6.2	やや弱
コシヒカリ	+	7.0	中	6.5	やや弱
ヤマビコ	Pia	7.5	(強)	-	-
金南風	Pia	7.5	(中)	-	-
愛知旭	Pia	8.5	(弱)	-	-
トヨシキ	Pia	-	-	2.9	(強)
キヨシキ	Pia	-	-	3.9	(中)
ササニシキ	Pia	-	-	5.9	(弱)
トドロキワセ	Pii	5.5	(強)	2.7	(強)
藤坂5号	Pii	8.0	(中)	6.5	(やや弱)
イナバワセ	Pii	9.0	(弱)	6.2	(弱)

注1)発病程度は、葉いもち検定が0(無病斑)~10(全茎葉枯死)、穂いもち検定が0(無罹病)~10(全穂罹病)。
2)評価の()内は基準品種の評価基準。

第7表 耐冷性検定及び穂発芽検定 (2001, 水稲育種研究室)

品種名	耐冷性検定		穂発芽検定	
	不稔率 (%)	評価	発芽率 (%)	評価
佐系ツマ23D	28	やや強	94	易
佐系ツマ28	28	やや強	87	やや易
佐系ツマ33	14	極強	69	中
佐系ツマ39	23	強	68	中
はなの舞い	12	(極強)	70	中
ふさおとめ	10	(極強)	16	極難
ハヤヒカリ	88	(弱)	47	やや難
初星	32	(やや強)	55	(極難)
コシヒカリ	21	(強)	38	(難)
ヒメノモチ	21	強	97	(易)

注1)耐冷性検定は冷温処理による不稔率を示した。冷温処理は各系統3個体をポット栽培し、葉耳間長が+の茎が観察された系統から、日長4時間で気温は昼22~23℃、夜16~17℃で2週間冷温処理し、成熟後に調査した。
2)穂発芽検定は成熟期に5穂を採取し、冷蔵庫で保管後、供試系統が揃った段階で、温度27℃、湿度95%以上の定温器に置床した。置床後の発芽初割割合を達観調査した。
3)評価を()書きとした品種は各検定の基準品種である。

第8表 食味官能試験 (水稲育種研究室, 2001)

試験年月日	パネル数	基準品種	品種名	総合評価	外観	香り	味	軟らかさ	粘り	判定
2001.11.8	7名	初星	佐系ツマ23D	0.43 *	0.14	0.00	0.29	0.29	-0.29	2.5
			佐系ツマ28	0.71 **	0.57 **	0.00	0.57 **	0.43 *	0.86 **	2.0
			コシヒカリ	0.71 **	0.14	0.00	0.71 **	0.14	0.00 **	2.0
2001.10.24	11名	初星	佐系ツマ33	0.18	-0.09	0.00	0.09	0.27	0.27	3.0
			コシヒカリ	0.36 **	0.09	0.00	0.18	0.00	0.27	2.0
2001.10.18	10名	初星	佐系ツマ39	-0.03	-0.40	0.00	-0.20	-0.20	-0.20	3.5
			コシヒカリ	0.80 **	0.30	0.00	0.90 **	0.30	0.70 **	2.0

注1)軟らかさは+5(かなり軟らかい)~-5(かなり硬い)、粘りは+5(かなり強い)~-5(かなり弱い)、その他の食味形質及び総合評価は、+5(かなり良)~-5(かなり不良)で評価。
2)**は1%水準で、*は5%水準で基準品種との有意差があることを示す。

マ28」及び「佐系ツマ33」の熟期は「初星」並~やや遅い中生、「佐系ツマ39」の熟期は「初星」より2~3日早い早~中生であった。また、育成4系統の収量性は「初星」並であった。育成4系統はいずれももち病抵抗性が強く、穂発芽性は「中」~「易」で、玄米千粒重が大きく、玄米品質は心白及び乳白の発生により「ふさおとめ」に劣るなどの共通する特性がみられた。しかし、食味は「初星」に比較して「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」がやや優り、「佐系ツマ33」は並、「佐系ツマ39」はやや劣った。

IV 考 察

育成4系統の穂発芽性は「中」~「易」とばらついたが、既存の奨励品種並の「難」と評価されるものはなかった。櫛淵(1992)によれば、穂発芽性の遺伝様式は複雑で多くの遺伝子が関与しているとされる。育成4系統の穂発芽しやすい特性は、「中母農6号」から引き継がれていると思われるが、本研究では穂発芽性が「難」の品種を「中母農6号」に交配しても穂発芽性「難」の育成系統は得られなかった。したがって、遺伝的には穂発芽性が「易」の遺伝子が「難」の遺伝子に対して優性に働いていると考えられたが、この考察の妥当性及び櫛淵の説と符合するかどうかは、今後の遺伝分析の結果を待ちたい。

また、GRLH抵抗性と穂発芽性の連鎖関係については、育種を効率的に進める上で解明する必要があるが、連鎖分析を行っていないので不明である。ただし、育成4系統の中には穂発芽性が「中」の系統もあることから、たとえ連鎖しているとしてもその程度は極めて強いものではなく、育成系統に穂発芽性「難」の品種を繰り返し交配することで、GRLH抵抗性で穂発芽性「難」の品種を育成することは可能であると考えられる。

さらに、GRLH抵抗性の幼苗検定に用いた幼苗の生育には個体差が認められたが、生育が早い個体を優先的に検定に用いると、休眠が浅い、穂発芽しやすい個体のみ

を無意識のうちに選抜する可能性が高い。したがって、検定個体の育苗はやや時間をかけ、生育が異常に劣る個体を除いたうえで、無作為に検定個体を選ぶことが重要と考えられた。

GRLH抵抗性系統の育成過程の初期分離世代では、GRLH抵抗性の生物検定において抵抗性と感受性の中間の反応を示す個体がみられた。抵抗性遺伝子がヘテロの場合など、遺伝子型が原因となって弱い抵抗性を示すと推察されるが、幼苗検定では中間型の個体は廃棄せざるをえないのが現状である。さらに、FUKUTAら(1998)は、「中母農6号」が2個のGRLH抵抗性の補足遺伝子 *Grh2*、*Grh4(t)*を持つことを明らかにし、さらに、福田ら(1997)は *Grh2*及び *Grh4(t)*のそれぞれの遺伝子を単独で持つ同質遺伝子系統を育成し、*Grh2*を単独に持つ固定個体の幼苗検定時の抵抗性は不安定で抵抗性～感受性の様々な反応を示すが、*Grh4(t)*を単独に持つ固定個体はすべて感受性の反応を示すとしている。以上は、*Grh2*及び *Grh4(t)*に複雑な相互関係があることを示唆するとともに、生物検定では *Grh2*を単独で持つ個体を、*Grh2*及び *Grh4(t)*を併せ持つ個体と同様に抵抗性個体として選抜してしまう可能性があることを示している。したがって、GRLH抵抗性品種の育成過程の初期分離世代では、表現系に頼った生物検定による個体選抜の他に、遺伝子型を直接確認できるDNAマーカーによる選抜が正確で効率的と考えられ、今後は選抜にマーカーを積極的に利用する必要がある。

育成4系統の玄米品質は「初星」並からやや良好であったが、「ふさおとめ」に比べて劣った。育成4系統の玄米千粒重は「ふさおとめ」に比べて1～7%大きい23.5～25.0gの大粒であることが原因の1つと考えられる。育成4系統の玄米品質の改善には品質が良好な品種を母本とした交配がさらに必要であるが、系統の選抜に際しては玄米千粒重の上限を定め、比較的大粒で玄米品質に優れる「ふさおとめ」(渡部ら、1998)の玄米千粒重(22.5～23.0g)を基準とした系統選抜が必要である。

育成4系統のうち、「初星」より良食味だった「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」の交配組み合わせは「千葉6号/3/初星/中母農6号//初星」であった。三系交配の最後に父本に用いた「千葉6号(ふさおとめ)」はいもち病抵抗性が葉いもち「やや弱」、穂いもち「中」であり、いもち病にやや弱い品種である(渡部ら、1998)。1995年の交配実施時点では、「ふさおとめ」の交配親としての利用は玄米品質や食味の改善に効果的であるが、いもち病抵抗性の強化には逆行すると考えられた。しかし、「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」は、いもち病抵抗性が葉いもち「強」、穂いもち「やや強～強」で「ふさ

おとめ」より明らかに強く、かつ「ふさおとめ」の良食味を兼ね備えていた。

一方、いもち病抵抗性の強化を目標として、前記の組み合わせに、いもち病抵抗性の良食味系統「東北152号」(松永ら、2002)を交配した組み合わせから育成した「佐系ツマ33」及び「佐系ツマ39」は、食味が「初星」並または「初星」に劣り、食味の改善はみられなかった。

なお、育成4系統の収量性については既存の奨励品種と差がなく、生産力は問題ないと思われた。

以上から、病害虫抵抗性の改良を目的とした交配親の選定に際しては、いもち病抵抗性にとらわれず、玄米品質、食味及び穂発芽性に優れる本県育成系統を中心に幅広い交配組合せを検討する必要があると考えられる。

本報告の育成4系統は、既存の奨励品種に比較して玄米品質及び穂発芽性が劣り、実用品種には至らなかった。しかし、育成4系統は、収量性、玄米千粒重及び食味については実用レベルに達しており、今後は、これらの系統を交配親とした育種を継続し、病害虫抵抗性の実用品種の育成を目指したい。

V 要 約

1. ツマグロヨコバイ及びいもち病抵抗性の早生～中生系統「佐系ツマ23D」、「佐系ツマ28」、「佐系ツマ33」及び「佐系ツマ39」を育成した。
2. 育成系統の収量性は「初星」並だったが、穂発芽性は「中～易」で、いずれの系統とも玄米千粒重が大きく、心白及び乳白米が多発して玄米品質が低下するなどの共通する特性がみられた。
3. 食味が「初星」に優り、いもち病抵抗性が強い「佐系ツマ23D」及び「佐系ツマ28」の交配組み合わせは「千葉6号/3/初星/中母農6号//初星」であった。
4. 育成したツマグロヨコバイ抵抗性系統の穂発芽性、玄米外観品質及び食味を改善するためには、幼苗検定材料の養成方法、玄米千粒重の選抜基準及び交配親の選定方法に留意する必要があると考えられた。

VI 引用文献

- 荒川誠・武井由美子・戸倉一泰・矢ヶ崎健治・小指美奈子・箕田豊尚・石井博和・岡田雄二・関口孝司・大岡直人・渡邊耕造・大塚一雄・新井登(2003). 病害虫複合抵抗性水稻新品種「彩のかがやき」, 「彩のきらびやか」の育成. 埼玉農総研研報, 3: 23-41
- 千葉県農業共済組合連合会(2003). 水稻病害虫防除事業実績報告書, 18

- 千葉県病害虫防除所 (2002). 平成14年度病害虫発生予察年報. 12-30.
- 福田善通・大矢慎吾・田村克徳・平江雅宏・芦川育夫・八木忠之 (1997). 分子マーカーを用いた遺伝、育種学的研究 8、RFLPマーカーを選抜指標としたツマグロヨコバイ耐虫性準同質遺伝子系統の育成. 育種. 47 (別2) : 166
- FUKUTA, Y., K. TAMURA, M. HIRAE and S. OYA (1998). Genetic Analysis of Resistance to Green Rice Leafhopper (*Nephotettix cincticeps* UHLER) in Rice Parental Line, Norin-PL6, using RFLP Markers. *Breed. Sci.* 48: 243-249.
- 林玲子・渡部富男・和田潔志・西川康之 (1996). 畑晩播による葉いもち圃場抵抗性検定法の発病促進及び作業改善. 育種. 46 (別2) : 302
- 池田良一・武田光能・東正昭 (1989). 水稲中間母本農6号におけるツマグロヨコバイ抵抗性の遺伝分析. 北日本病虫研報. 40 : 84-86.
- 池田良一 (1990). 新稲育種講座24、ウンカ・ヨコバイ抵抗性育種. 農業技術. 45 (12) : 54-59.
- 井澤敏彦・朱宮昭男・工藤悟・加藤恭宏・坂紀邦・藤井潔・遠山孝通・杉浦直樹・中嶋泰則・伊藤俊雄・辻孝子・小島元 (2001). 病害虫複合抵抗性の水稲新品種「大地の風」. 愛知農総試研報. 33 : 25-32.
- 井辺時雄 (1978). イネ萎縮病抵抗性品種の育成. 育種. 28 (別2) : 62-63.
- 金田忠吉 (1985). ツマグロヨコバイ・萎縮病に抵抗性の水稲中間母本農2号の育成. 農研センター研報. 5 : 81-91.
- 岸野賢一・安藤幸雄・鈴木忠夫・河部暹・武田光能・池田良一・斉藤滋 (1987). ツマグロヨコバイ抵抗性水稲中間母本農6号の育成. 東北農試研報. 77. 1-11.
- 櫛淵欽也監修 (1992). 日本の稲育種. 360-365. 農業技術協会. 東京.
- 松永和久・佐々木武彦・永野邦明・岡本栄治・阿部眞三・植松克彦・狩野篤・滝沢浩幸・早坂浩志・薄木茂樹・黒田倫子・千葉文弥 (2002). 水稲新品種「まなむすめ」について. 宮城古川農試研報. 3 : 53-68.
- 農林水産省農業研究センター (1989). 水稲の育成品種・系統の来歴と品種名一覧 (増補編及び追加) : 1-277. 茨城.
- 農林水産省農業研究センター (1995). 農業研究センター研究資料. 30. イネ育種マニュアル. 3-45. 茨城.
- 渡部富男・和田潔志・西川康之・長島正・林玲子・伊東靖之・小原麻里・藤家梓 (1998). 早生, 耐冷, 良質・良食味水稲新品種「ふさおとめ」の育成. 千葉農試研報. 39 : 15-26.

Breeding of New Rice Fixed Lines with Green Rice Leafhopper Resistance in the Early Season Culture in Chiba Prefecture.

Yasuyuki NISHIKAWA, Yutaka KOYAMA and Tomio WATANABE

Key words : paddy rice, green rice leafhopper, insect resistance, blast resistance, sustainable agriculture

Summary

“Sakei tsuma 23D” , “Sakei tsuma 28” , “Sakei tsuma 33” and “Sakei tsuma 39” are green rice leafhopper(abbr. GRLH) and blast resistance, nonglutinous paddy rice fixed lines newly raised in the Chiba Prefectural Agriculture Research Center. “Sakei tsuma 23D” and “Sakei tsuma 28” were selected from the progeny of the cross of “Chiba 6,Fusaotome/3/Hatsuboshi/Norin-PL 6//Hatsuboshi” . “Sakei tsuma 33” and “Sakei tsuma 39” were selected from the progeny of the cross of “Tohoku 152,Manamusume/4/Chiba 6,Fusaotome/3/Hatsuboshi/Norin-PL 6//Hatsuboshi” . 4 fixed resistance lines are similarly characterized by big grain size, inferior to “Fusaotome” in grain quality. In addition, those tolerance to sprouting are medium or moderately weak. Eating quality of “Sakei tsuma 23D” and “Sakei tsuma 28” were superior to “Hatsuboshi” .

In order to develop a new cultivar with superior grain quality, rarely sprouting, GRLH resistance and high field resistance to blast, it is necessary to care about the way of raising seedling in nursery test for GRLH resistance, the selection criterion for grain size , and how to select parents.