

広島県内で優占的なイネ白葉枯病菌レースに対する抵抗性遺伝資源の探索

中津沙弥香・蔵尾公紀・佐藤好太郎*・土屋隆生・奥 尚**

キーワード：イネ白葉枯病，病害抵抗性，遺伝資源

イネ白葉枯病は、*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* によって引き起こされるイネの重要細菌病である。本菌は、前年の被害わらやイネ切株根部およびサヤヌカゲサなどイネ科雑草の地下茎で越冬し、翌春これら中間宿主を通して地上部で急速に増殖する(堀野, 1979; 脇本, 1996)。降雨によってイネが冠水や浸水を受けると、本菌は傷口や葉縁の水孔から進入して導管内で増殖する。その結果、イネ体内の水分移行が妨げられるために、葉が萎凋して最終的には葉枯症状を起こすといわれている。

わが国では近年、全国的に圃場整備が進行したことや田植えの機械化が普及したことにより、水田の冠水が少なくなったことや苗取時の根切れが少なくなったことなどから、本菌の侵入機会が減り、被害面積は減少傾向にある。しかしながら本病は、一旦発病すると的確な薬剤がないことから、その防除が困難なため、依然として発病の回避が重要であり、抵抗性品種の利用は、最も効果的な対処方法の一つである。

本菌には、イネ品種に対する病原性の異なる7種のレース(I~VII)が存在し、広島県については、Ezuka and Horino (1978), Morinaka ら (1987), Noda ら (1996) および Oku ら (2000) によって、レースIおよびレースIIが優占的に分布していることが確認されている。

そこで本試験では、財団法人広島県農業ジーンバンク(現在は財団法人広島県農林振興センター)に収集されたイネ品種・系統の中から、広島県内に優占的に分布する本菌レースIおよびレースIIに対して抵抗性である、品種育成に有効な遺伝資源の探索を行った。このことによって、本菌に対する抵抗性品種の育成に役立てる。

材料および方法

本試験は、1999年の6月上旬から2000年の1月下旬にかけて、広島県立農業技術センター(東広島市八本松町)内の加温ハウスにおいて、数回に分けて行った。

1. 供試品種・系統

レースIの接種試験は、国内育成品種・系統302, 国内在来品種・系統100, 外国品種・系統102の合計504品種・系統, レースIIの接種試験は、国内育成品種・系統265, 国内在来品種・系統101, 外国品種・系統104の合計470品種・系統を供試した。ただし、ジーンバンクに収集された品種・系統は、同一品種・系統においても、種子の分譲機関、採種年度により別の整理番号が付いているものがあるため、ここでは整理番号ごとに別の品種・系統として扱った。

供試品種・系統の種子は、種子消毒薬剤ベンレートT水和剤の200倍希釈液に25℃で48時間浸漬した。その後、プラスチック製容器であるシードリングケース(縦5cm×横15cm×高さ10cm)に市販の育苗用培土(くみあい宇部粒状培土, 宇部興産株式会社)を充填し、1品種・系統につき5粒2列(計10粒)を播種した。播種後、最低温度を22℃, 換気を30℃できるように設定した加温ハウス(約50m²)内において、7~8葉期まで育成した。

2. 接種菌株

接種菌株は、京都府立大学由来のものであり、石川県農業総合研究センター・生物環境部・病理昆虫科から分譲を受けた、レースIのH83109菌株およびレースIIのH8566菌株を用いた。

3. 接種方法

接種源は、5mlの523液体培地(Kado and Heskett, 1970)を入れた試験管(径18mm×高さ165mm)を2本用

* 元広島県立大学 生物資源学部

** 広島県立大学 生物資源学部

平成16年1月7日受理

いて、28℃で16時間培養した。培養後は、径26mm×高さ100mmの遠心管を用いて、5000rpmで10分間遠心し、集菌した。集菌した菌体は、10mlの滅菌蒸留水を加えて再懸濁し、これを接種菌液とした。

接種は、7～8葉期まで育成したイネの完全展開葉から数えて上位3葉の葉先から5～10cmの部分を、菌液に浸した鋏で切断する剪葉接種法で行った（Kauffmanら, 1973；守中ら, 1978）。

接種後は、接種部位が他の菌を接種した品種・系統と触れないようにして、最低温度を22℃、換気を30℃できるように設定した加温ハウス内において管理した。

4. 発病判定方法

発病判定は、菌接種部位から葉基部までの病斑の伸長程度を、発病指数0～7の8段階で示す図1の基準を用いて行った（Ezuka and Horino, 1978）。発病指数は、1株につき3葉、計10株を調査した平均値とし、この値をもって各品種・系統の発病判定を行った。

本菌に対するイネの反応は、生育ステージや生理状態により不安定になることが一般に知られている。そこで本試験の発病判定においては、レースⅠおよびレースⅡを接種した発病判定結果がすでに明らかな‘金南風’、‘黄玉’、‘Te-tep’、‘早生愛国3号’、‘Java No. 14’の5品種を用いて、その反応結果を見ることにより、本試験の接

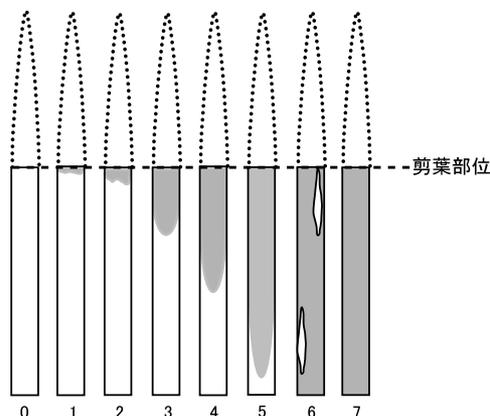


図1 剪葉接種法における発病指数
（*Ezuka and Horino, 1978. を改変）

- 0：無病徴
- 1：剪葉部位がわずかに変色
- 2：15mm以下の病斑
- 3：剪葉部位から下部1/4以下の病斑
- 4：剪葉部位から下部1/4～1/2以下の病斑
- 5：剪葉部位から下部1/2～1以下の病斑
- 6：剪葉部位から下部全体に病斑が出ているがわずかに緑色部が残る
- 7：剪葉部位から下部全体が枯死

*Ezuka and Horino (1978)の方法は針接種法であり、病徴部位が剪葉接種法と異なるので、改変と記した

種が成功していることを確認した。

なお、本試験では十分な種子量が確保できなかった品種・系統があるため、反復は行わなかった。

結 果

本試験で供試した品種・系統のイネ白葉枯病菌レースⅠおよびレースⅡに対する発病判定結果を、発病指数段階別に図2に示した。

本試験では、病斑伸長が約15mm以下に抑制されている発病指数2.0以下のものを抵抗性と判定した。その結果、多くの供試品種・系統が罹病性であった。レースⅠに対して抵抗性を示したものは、27品種・系統（5.5%）で、このうち国内育成品種・系統が8、在来品種・系統が8、外国品種・系統が11であった。レースⅡに対して抵抗性を示したものは、13品種・系統（3.2%）で、このうち国内育成品種・系統が5、在来品種・系統が0、外国品種・系統が8であった。

なお、同一品種・系統名を有しながら整理番号が異なるのものにおいて、番号の違いによって発病指数に差があるものを表1に示した。レースⅠを接種した場合のみ、発病指数に番号間の差を認めたのは、‘赤米’、‘亀の尾’、‘ハタサングク’、‘農林1号’であった。レースⅡを接種した場合のみ、発病指数に番号間の差を認めたのは、‘ササニシキ’であった。レースⅠおよびレースⅡを接種した場合、双方の発病指数に番号間の差を認めたのは、‘セシア’、‘メラゴメ’、‘冷水’であった。これらは結果を示すのみで、発病判定を行わなかった。

抵抗性の品種・系統については、レースⅠのみに抵抗性を示したもの、レースⅡのみに抵抗性を示したもの、両レースに抵抗性を示したものに分類して、表2に示した。レースⅠのみにに対して抵抗性を示したものについては、国内育成品種・系統の半数が糯性で、国内在来品種・系統の4割弱が陸稲であった。

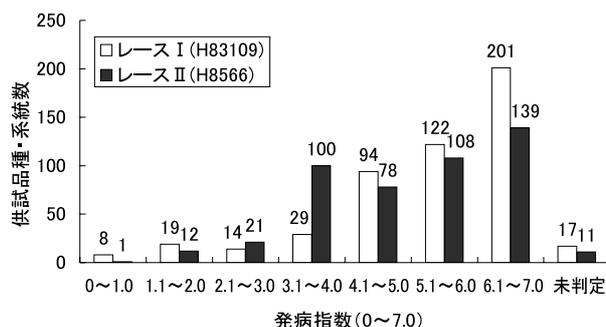


図2 供試品種・系統のイネ白葉枯病菌に対する発病判定結果

また、‘戦捷’については、整理番号の異なる3系統を供試したが、いずれも安定してレースⅠに対して抵抗性（発病指数1.1, 1.3, 1.9）を示した。レースⅡのみに抵

抗性を示したものは、国内育成品種・系統がほとんどであり、国内在来品種・系統には抵抗性を示したものはなかった。レースⅠおよびレースⅡの双方に対して抵抗性

表1 ジーンバンク整理番号が異なる同一品種・系統名の発病指数結果

品種名	整理番号	発病指数		来歴
		レースⅠ H83109	レースⅡ H8566	
赤米	19900009	6.8 ^{a)}	6.0	在来
	19931598	7.0 ^{a)}	6.8	在来
	19931899	3.8 ^{a)}	7.0	在来
	19931606	3.5 ^{a)}	6.6	在来
亀の尾	19931840	—	4.4	在来
	19931844	6.5 ^{a)}	5.3	在来
	19931768	1.0 ^{a)}	5.2	在来
ハタサングク	19931704	1.5 ^{a)}	4.0	育成
	19931806	3.7 ^{a)}	3.6	育成
農林1号	19900244	5.5 ^{a)}	—	育成
	19931705	0.8 ^{a)}	5.8	育成
ササニシキ	19900272	5.6	3.5 ^{b)}	育成
	19931732	6.6	6.3 ^{b)}	育成
セシア	19900287	0.7 ^{a)}	3.0 ^{b)}	外国
	19931782	6.7 ^{a)}	6.6 ^{b)}	外国
メラゴメ	19931592	2.6 ^{a)}	3.5 ^{b)}	在来
	19931593	3.5 ^{a)}	5.3 ^{b)}	在来
	19931725	1.6 ^{a)}	6.1 ^{b)}	在来
冷水	19931612	7.0 ^{a)}	6.7 ^{b)}	在来
	19931613	3.6 ^{a)}	3.9 ^{b)}	在来
	19931613	3.6 ^{a)}	3.9 ^{b)}	在来

- a) レースⅠの接種に対して判定を行わなかった(未判定)発病指数を示す
- b) レースⅡの接種に対して判定を行わなかった(未判定)発病指数を示す

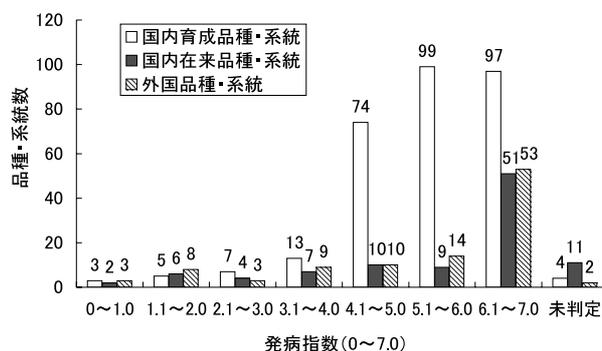


図3 レースⅠ(H83109)を接種した供試品種・系統の来歴別発病判定結果

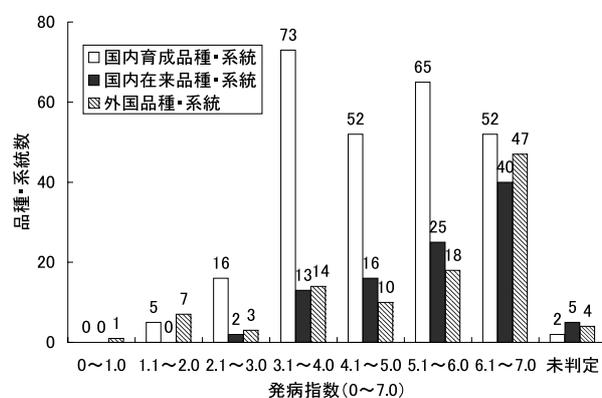


図4 レースⅡ(H8566)を接種した供試品種・系統の来歴別発病判定結果

表2 イネ白葉枯病菌抵抗性品種・系統(発病指数2.0以下)

	国内育成品種・系統	国内在来品種・系統	外国品種・系統
レースⅠ(H83109)のみに抵抗性	南海92号(19900229) 南海95号(19900230) 多収系368(19900328) F136(19931615) 陸稲農林糯26号(19931802) ハタフサモチ(19931807) ワラベハタモチ(19931810) 陸稲農林糯1号(19931811)	戦捷(19900285) 黒米(19931610) 戦捷(19931733) 寒不知(19931735) 戦捷(19931770) 田優(陸稲)(19931772) 葉冠(陸稲)(19931774) ヤカン(陸稲)(19931775)	白羊(19931856) TEBONNET(19931756) PECOS(19931762) MUSKAKUDANT I(19942097)
レースⅡ(H8566)のみに抵抗性	ひろひかり(19900128) 北陸132号(19900132) 北陸134号(19900133) 稲系糯566(19900155) 稲系糯593(19900156)		TAPE 2(19931597)
レースⅠ(H83109)・レースⅡ(H8566)双方に抵抗性			維新(19900158) 水原208号(19900297) TADUKAN(19900300) Chinsurah Boro II(19931605) Chinsurah Boro II(19931837) TAPE 1(19931838) 漢江糯(19931857)

()内の数字は広島県農業ジーンバンク整理番号

を示したものは7品種・系統であり、いずれも外国品種・系統であった。また、‘Chinsurah Boro II’については整理番号の異なる2系統を供試したが、いずれも安定してレースIおよびレースIIの双方に対して抵抗性（レースIに対して発病指数1.5, 1.7, レースIIに対して発病指数1.5, 1.8）を示した。

さらに、供試・品種系統を来歴別に、国内育成品種・系統、国内在来品種・系統、外国品種・系統の3つに分類して、レースIを接種した結果を図3に、レースIIを接種した結果を図4に示した。

レースIの接種に対して、国内育成品種・系統は、発病指数4.1以上を示すものが89.4%と大半を占め、国内在来品種・系統の70.0%、外国品種・系統の75.5%に比べて罹病性の割合が高かった。

レースIIに対して、特に国内育成品種・系統は、発病指数2.1~4.0までの中程度の発病程度を示すものが33.6%と多かった。

考 察

広島県内ではイネ白葉枯病菌レースIおよびレースIIが優占して存在していることから、抵抗性品種育成のためには少なくとも両レースに対して抵抗性を有した育種素材が望ましい。本試験の供試品種・系統は、整理番号順に選んでいたため、来歴別の供試数に偏りがあり、国内育成品種・系統および国内在来品種・系統が合わせて約8割を占め、外国品種・系統は約2割であった。それにも関わらず、両レースに抵抗性であった品種・系統は、全て外国品種・系統であった。このことから、外国品種・系統は、国内品種・系統（国内育成品種・系統または国内在来品種・系統）に比べて、本菌レースの多様性に対処できる抵抗性を有している可能性が示唆される。ただし、本試験で両レースに抵抗性であった品種系統は印度型品種または日印交雑品種であり、国内品種育成での利用の場合には、交雑親和性の問題や、他の育種的重要形質への好ましくない影響が懸念されるため、直接の利用は難しいと考える。このような理由から、抵抗性遺伝資源としては、国内品種・系統が望ましいが、本試験ではレースIまたはレースIIのどちらかにのみ抵抗性を示す品種・系統しか見出すことができなかった。しかし、これらについても中間母本として利用できる可能性は十分あると考える。

本試験でレースIまたはレースIIに対して抵抗性を示した国内品種・系統については、外国品種・系統に比べて育種的利便性が高いと考えられる。そこで、抵抗性遺

伝子の推定をすることによって、育種素材としての特性を詳しく考察した。レースIに対して抵抗性を示した‘戦捷’は、抵抗性遺伝子 *Xa1* を有する‘黄玉’群に属することが報告されている(Horino, 1978)。今回レースIに抵抗性を示した‘農林糯1号’および‘ハタフサモチ’は、‘戦捷’の交雑後代であることから、これらも *Xa1* を有している可能性が高いと考えられる。さらに、レースIに対して抵抗性を示した‘南海95号’（品種名：‘ミヤコ95’）は、*Xa1* および圃場抵抗性を有している‘あそみのり’の交雑後代であることから、*Xa1* 以外に圃場抵抗性をも有している可能性が考えられる（小川・八木, 1992）。

広島県農業ジーンバンクは、新品種育成や作物の生理生態的な解析研究等のために、様々な遺伝資源を収集してきた。イネにおいても、良食味・良品質米、酒造好適米、飼料イネ等の育種素材として約7600品種・系統が収集・保存されている。本試験では、その中から整理番号順に約500品種・系統についてのみ供試した。しかし、未だ発病判定を行っていない多くの品種・系統については、国内品種・系統を中心に、さらなる探索によって有望な抵抗性遺伝資源が発掘できる可能性は十分にあると考える。また、抵抗性品種育成においては、真性抵抗性の罹病化転落（ブレイクダウン）の恐れを考慮する必要がある。従って、今後の遺伝資源の探索には、真性抵抗性遺伝子を有している品種・系統だけでなく、圃場抵抗性を示す品種・系統の探索と遺伝子の集積も考慮に入れる必要があると考える。

謝 辞

本試験を行うにあたり、石川県農業総合研究センター・生物環境部・病理昆虫科の安達直人研究員からイネ白葉枯病菌の分譲を受けた。

広島県農業ジーンバンクからは、多数のイネ品種・系統の分譲を受けた。

ここに記して心より感謝の意を表する。

摘 要

1. 広島県内に優占的に存在するイネ白葉枯病菌レースIおよびレースIIに対して、抵抗性の品種育成に有効な遺伝資源を探索するため、広島県農業ジーンバンクに収集されたイネ品種・系統を供試した。レースIに対しては、国内育成品種・系統303, 国内在来品種・系統100, 外国品種・系統102の合計504品種・

系統を用いて接種試験を行った。レースⅡに対しては、国内育成品種・系統266, 国内在来品種・系統101, 外国品種・系統104の合計471品種・系統を用いて接種試験を行った。

2. Ezuka and Horino (1978) の発病指数 (0 ~ 7 の 8 段階) を改変したものをを用いて発病判定を行い, 発病指数2.0以下の品種・系統を抵抗性とした。
3. レースⅠに対して抵抗性を示したものは, 27品種・系統 (5.5%) であった。これらの内訳は, 国内育成品種・系統が8, 在来品種・系統が8, 外国品種・系統が11であった。
4. レースⅡに対して抵抗性を示したものは, 13品種・系統 (3.2%) であった。これらの内訳は, 国内育成品種・系統が5, 在来品種・系統が0, 外国品種・系統が8であった。
5. レースⅠおよびレースⅡの双方に対して抵抗性を示したものは, 7品種・系統であった。これらは, いずれも外国品種・系統であった。
6. 本試験で供試した品種・系統の中で, 中間母本として利用できる品種・系統は, 両レースに抵抗性を示した外国品種・系統およびレースⅠまたはレースⅡのどちらか一方に抵抗性を示した国内品種・系統である。
7. 抵抗性品種育成のためには, さらなる有望な国内品種・系統の抵抗性遺伝資源の探索が必要であると考える。その際には, 圃場抵抗性についても考慮に入れるべきであると考えている。

引用文献

- 荒木均. 1992. 日本の稲育種. 農業技術協会: pp69-79.
- Ezuka, A., Horino, O. 1974. Classification of rice varieties and *Xanthomonas oryzae* strains on the basis of their differential interactions. Bull. Tokai-Kinki Natl. Agric. Exp. Stn. 27: 1-19.
- 堀野修. 1979. イネ白葉枯病菌の菌糸とイネ品種の抵抗性. 遺伝. 33: 13-19.
- 堀野修. 2002. イネの白葉枯病抵抗性機構に関する研究. 日植病報. 68: 128-130.
- Kado, C. I., Heskett, M. G. 1970. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. Phytopathology. 60: 969-976.
- 加来久敏・木村俊彦・堀真雄. 1980. 剪葉接種法によるイネ品種の白葉枯病に対する量的抵抗性の検定. 中国農試研報E17: 7-32.
- Kauffman, H. E., Reddy, A. P. K., Hsieh, S. P. Y. and Merca, S. D. 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. Plant Dis. Repr. 57: 537-541.
- 守中正・加来久敏・堀真雄・木村俊彦. 1978. イネ白葉枯病の剪葉接種法の適用条件に関する研究. 中国農試研報E13: 1-16.
- 守中正・木村俊彦・堀真雄. 1978. 近畿・中国・四国地域内に分布するイネ白葉枯病菌の菌糸. 中国農試報. E14: 1-6.
- 野田孝人, 堀野修, 大内昭. 1987. 国内におけるイネ白葉枯病菌レースの分布. 北陸病虫研報. 35: 7-13.
- 野田孝人・大内昭. 1989. イネ幼苗期における白葉枯病抵抗性に関する研究. 北陸農試研報. 30: 25-104.
- Noda, T., Horino, O. and Ohuchi, A. 1990. Variability of pathogenicity in races of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in Japan. JARQ. 23: 182-189.
- 野田孝人・堀野修. 1991. 1973~1989年の日本産イネ白葉枯病菌レースの全国分布. 北陸病虫研報. 39: 35-39.
- Noda, T., Yamamoto, T., Kaku, H. and Horino, O. 1996. Geographical distribution of pathogenic races of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Japan in 1991 to 1993. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62: 549-553.
- 小川紹文・藤井哲史. 1979. 水稻の白葉枯病抵抗性育種に関する研究 (第1報) わが国在来イネ品種における抵抗性遺伝子の探索. 中国農試研報A26: 67-80.
- 小川紹文・藤井哲史. 1980. 水稻の白葉枯病抵抗性育種に関する研究 (第2報) 剪葉接種法によるわが国在来稲品種の量的抵抗性の検定. 中国農試研報A27: 19-36.
- 小川紹文・八木忠之. 1990. 日本の稲育種. 農業技術協会: pp. 279-289.
- Ogawa, T. 1993. Methods and strategy for monitoring rice distribution and identification of resistance genes to bacterial leaf blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) in rice. JARQ. 27: 71-80.
- Oku, T., Sato, K., kurao, M., Matsuura, S., Sakai, Y., Tsuchiya, T. 2000. Notes on occurrence of pathogenic races of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* found in Hiroshima prefecture in 1999. J. Gen. Plant Pathol. 66: 332-334.
- 脇本哲. 1996. 新植物病理学. 朝倉書店: pp. 212-214.
- 鷺尾養. 1987. 韓国の稲作. 農業および園芸. 第62巻臨時増刊号. 世界のコメと稲作. 養賢堂: pp. 55-61.

Screening of resistant rice cultivars or varieties against dominant races of bacterial leaf blight in Hiroshima Prefecture

Sayaka NAKATSU, Masaki KURAO, Kotaro SATO, Takao TSUCHIYA and Takashi OKU

Summary

There have been several reports on the survey of physiologic races of bacterial leaf blight of rice (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*), and it was found that races I and II occurred dominantly in Hiroshima Prefecture.

We screened rice cultivars or varieties preserved in Hiroshima Prefecture Plant Genebank to evaluate effective genetic resources against bacterial leaf blight race (s) I and/or II.

The rice plant was inoculated by clipping method and maintained in an air-conditioned greenhouse, and then, we evaluated a grade of resistance (0~2.0: resistant, 4.1~7.0: susceptible).

As the results, we found that 27 cultivars or varieties from 504 were resistant to race I. Among them, 8 were bred in Japan, 8 were Japanese natives and 11 were from foreign.

We also found that 13 cultivars or varieties from 470 were resistant to race II. Among them, 5 were bred in Japan, 8 were from foreign and no natives.

And then, we found that 7 resistant cultivars to both races I and II were foreign origin.

The cultivars or varieties evaluated to be resistant against bacterial leaf blight in the experiments might be effective genetic resources for breeding resistant cultivars to the pathogen.

In the future programs, we also should introduce a quantitative or durable resistance gene (s) to rice cultivars in order to avoid the breaking down of the qualitative resistance.

Key words : bacterial leaf blight, rice, resistance, genetic resources