

한국 벼 도열병균 레이스의 변천과 판별품종과의 관계

한 성 숙*

농촌진흥청 농업과학기술원 작물보호부 병리과

Transition of Rice Blast Fungus (*Pyricularia grisea*) Races in Relation to Differential Varieties in Korea

Seong Sook Han*

Plant Pathology Division, Agricultural Science and Technology Institute,
Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

도열병은 벼의 전 생육기에 걸쳐 계속적으로 발생하는 병해로써 그 피해 수준도 상당히 심각하다. 도열병의 방제방법 중에 가장 경제적인 방법은 저항성품종 이용이라 알려져 있지만, 새로운 육성품종이 병원균의 병원성 변이속도를 따라가기는 어렵다. 즉, 저항성으로 육성된 품종의 이병화는 재배면적이 늘어났을 때, 지역에 따라 또는 시기적으로 초기에 문제가 되었던 많은 보고가 있다(12, 13, 19, 24, 25, 30, 37, 38, 40). 품종의 저항성은 레이스 분화에 따라 달라지며 생리적으로 다른 계통의 균들이 분포하는 정도와 그 변이 정도에 따라서도 달라진다(21, 22, 26, 37, 40, 41, 42). 도열병균 레이스 연구는 레이스의 분류 및 변이, 지역적 분포정도를 잘 파악하여 품종의 저항성을 내구적으로 안정 지속화 시키는데 그 목적을 두고 있다.

도열병균의 레이스 분화에 대한 보고는 최초로 1922년 일본의 Sasaki(33)에 의해 병원성이 서로 다른 2계통이 존재한다는 것이었다. 그 후, Tochinai(1932)(34), 小西(1932), 野瀬(1933), 逸見(1934, 1941), 靑木(1935), 井上(1938) 등이 한국을 비롯한 일본, 대만으로부터 수집한 균주를 배지상에서의 특성에 의해 생리형 분류를 시도하였고, 특히 逸見(1936) 등은 생리적 성질과 병원성에 의한 계통 유별과 관련이 있다고 하였다(30, 41, 42). 井上(1939) 등은 병원력으로 레이스를 구별하였으며, 鈴木(1967)는 분생포자의 발아 및 부착기 형성등의 특성에 의해 레이스를 분류하였다(41). 그러나, 10여년동안 저항성으로 알려졌던 Futaba와 외국도를 교배한 고도저항성 품종인 관동 51, 53, 55호가 이병화되자(12, 13, 38), 後藤 등(1961, 1964)은 1954년부터 일본국내 6개 연구기관과 합동으

로 12개의 일본판별품종을 이용하여 도열병균의 레이스를 18개로 분류하였으며(7, 8, 9), T, C, N이라는 열대형, 중국형, 일본형의 세가지 group으로 나누었다. 그러나 山崎(1966), 淸澤(1974) 등은 표준균주를 사용하여 품종의 저항성 유전분석을 실시한 후 12개 구판별품종의 불합리성을 지적하였다(19, 43). 그 후, 1976년 山田 등이 주요 진성저항성 유전자를 가지고 있는 9개의 판별품종을 선발하여 8진법 명명법에 의한 신편별체계를 확립하여 지금까지 사용하고 있다(39).

미국의 경우 1954년에 Latterell에 의해 처음 pathogenic race를 보고하였는데 그 후 미국 본토 뿐 아니라 Latin America, Asia의 몇 나라로부터 수집한 균주들을 첨가시켜 Zenith 등의 12개 판별품종을 이용하여 15개의 레이스로 분류하였다(21, 22). 대만은 50년대 중반에 레이스에 관한 연구가 시작되었고 16개의 판별품종을 사용하여 19개 레이스를 보고하였다. 또한 필리핀(IRRI, 1967), 인디아(1965), 콜롬비아(1968), 나이지리아(1970), 말레이시아(1970) 등 많은 나라에서 레이스 판별이 시도되었다(30). 필리핀의 Bandong 등은(1965) 12개 판별품종을 이용하여 26개 레이스를 분류하였는데(3) 80년대 와서는 300여개에 가까운 레이스를 분류하였다. 최근에는 판별품종을 사용하지 않고, 분자생물학적인 방법(RFLP-MGR)에 의해 균의 계통(Lineages) 분류를 하여 균의 생리 및 역학연구와 품종의 저항성 유전분석 등에도 이용하고 있다(44).

우리나라의 경우 1962년 안 등(1)이 10개의 판별품종을 사용하여 5개의 레이스를 판별한 것이 처음이나 1963년부터 이 등(23)이 일본 구판별품종 12개를 도입하여 레이스 연구가 본격화되기 시작하였다. 1970년대에 와서 통일계 품종으로부터 변이균이 출현하자

*Corresponding author.

판별체계가 복잡 다양해져 구일본판별품종 체계가 부적합하게 되었으며, 70년대 후반에 새로운 판별품종을 선별하여 지금까지 사용하고 있다(24, 27).

레이스 분포 및 변이는 서로 다른 저항성을 갖는 품종의 재배면적과 밀접한 관계가 있다. 따라서 우리나라 레이스 연구는 재배되었던 품종의 특성에 따라 1960년 이후 부터 1970년도까지 일본형 및 일본 도입 품종 재배시기, 1970년 이후 부터 1980년도까지 Indica X Japonica hybrid인 통일계품종 확대 보급 시기, 1980년 이후 부터 1990년도까지 통일계 품종의 저항성을 보강한 자매계통 재배와 Japonica 품종으로의 전환기, 1990년 이후의 고도양질벼 재배시기와 같이 년대 별로 나눌 수 있다.

그동안 여러 연구자에 의해 한국도열병균의 지역 별, 년대별 분포 및 분석에 관한 논문이 많이 발표되었는데 시기에 따라 레이스 판별체계 및 판별품종이 바뀐 것을 알 수 있다(1, 11, 23, 25, 26, 27, 31, 32). 특히 90년대에 와서는 주재배품종이 고도양질벼로 저항성원도 많이 달라져 레이스 판별체계의 문제점이 대두되고 있다. 이에 현 판별체계의 문제점을 진단하고 개선방안을 찾기 위해 한국도열병균 레이스 변천과 판별품종에 관한 고찰을 해보고자 한다.

한국 도열병균 레이스의 변천

1960년 이후 1970년까지. 안과 정(1)은 수원 등 5개지역에서 분리한 6개의 도열병 균주를 사용하여 배지상에서의 특성 및 판별품종에서의 반응에 의해 생리형을 나누었다. 배지상에서 특성(균총두께 및 색깔, 균사생장 및 포자형성율)은 배지종류에 따라 다르지만, PGA(Potato Glucose Agar)에서의 배양적 특성은 판별품종에서의 생리형과 상관관계가 높다고 하였다. 판별품종으로는 1962년 일본에서 채택되어 사용하던 것을 수정하여 Zenith, Pi No. 1, 石狩白毛, 戰捷, 關東 51號, 綾錦, 農林17號, 農林22號, 農林1號, 土根早生の 10개 품종을 판별품종으로 사용하였다. 그 결과, 수원에서 분리한 균이 레이스 1과 4형으로 분류되었고 진주, 상주지방의 균은 모두 세가지 type으로 나뉘어져 5개의 레이스로 분류되었지만, 이는 실용화되지 못하였다. 또한 1966년 이 등(23)은 12개의 일본판별품종(Tetep, Tadukan, Usen, Chokoto, Yakeiko, Kanto 51, Ishikarishiroke, Homarenishki, Ginga, Norin 22, Aichasahi, Norin 20)과 2개의 참고품종(Pi No. 1, Pi No. 2)을 사용하여 1962-1963년에 수집한 78개의 한국산 도열병균 균주를 10개의 레이스(a, b, c, d, e, f, g,

h1, h2, h3)로 구분하였다. 이 중 a, d, f는 일본의 T-2, N-3, T-3 race와 같은 반응을 보였고, b와 h1, c와 h2, e와 h3는 각각 N-1, N-2, N-4와 같은 것이었으며, g-race는 일본에는 아직 보고된 적이 없는 레이스였다. 또한 미국과 대만 판별품종 및 한국재배품종을 넣어 품종반응을 본 결과, 미국 레이스와는 다른 양상을 보인 반면 일본레이스 구성과는 유사한 것으로 판명되었다. 김 등(1968)도 동일한 일본 구판별품종을 이용하여 9개의 레이스를 분류하였는데, 우리나라 도열병균은 T군, N군, C군으로 구성되어 있으며 일본의 레이스 양상과 일치하는 것이 많아 일본판별품종을 사용하는 것이 적당하다고 확인하였다. 이는 우리나라 재배품종이 대부분 일본형 및 도입품종이었기 때문에 해석되어 왔으며 이를 계기로 일본구판별품종을 이용하여 한국 도열병균의 분류가 본격화되었다. 또한 김 등은 저항성 정도에 따라 236개 품종을 분류하기 위해 9개 레이스에 대한 저항성 정도에 따라 14군의 생태품종으로 분류하였다. 그러나, 모든 레이스에 대하여 저항성이 있는 품종은 하나도 없었으므로 Indica로부터 저항성 유전자를 도입할 것을 제안하였다(17). 실제로 1965년부터 1970년도까지 Indica로부터 저항성을 도입한 통일이 육성되기도 하였다(5, 6). 한편, 1960년대 우량품종인 풍옥의 저항성을 증진하기 위해, Pi-k 유전자를 갖는 일본품종인 관동55호를 교배하여 저항성 품종 "관옥"이 육성되었다(1966). 관옥은 주로 경기와 일부 충청지방에 보급되었는데, 보급된지 4년만(1970)에 도열병이 대발생하여 이병화되었다(25).

1970년 이후 1980년까지. 관옥을 침해했던 레이스는 대부분 C-레이스였으며, 그 중 C-8이 56%이었다. 이러한 현상은 일본의 Pi-k 유전자를 가진 품종(Kusabue, 峰光)을 이병화시켰을 때와 같은 경우로 관옥에서 분리된 균주 중 94%가 Pi-k 유전자를 갖는 품종에 병원성을 보였다. 즉 C-8 레이스는 관옥이 보급되기 이전에는 분리되지 않았던 레이스이다(24, 25). 그러므로 선발과정에서 주요레이스에 대한 진성저항성 검정이나 포장검정시 침해균주가 거의 없었기 때문에, 관옥은 저항성품종으로 선발육성되었을 것으로 생각된다. 그러나 대기중에 극소수로 존재해 있었거나 변이력이 왕성한 균주가 관옥이 갖는 품종의 저항성 유전자와 만나 비병원성 유전자에 변이를 일으켜 침해능력이 있는 균주로 변하여 집단으로 증식, 분포 하므로서 품종전체를 가해했던 것으로 생각된다.

이러한 현상은 통일계통에서도 같은 결과를 나타냈다. 1965년부터 시작되었던 품종육성사업은 당시 작

물시험장, 국제미작연구소, 서울대학교 합동으로 70년도에 이르러 Indica X Japonica hybrid인 통일(IR 8/Yukara/T(N)1)품종을 육성하여 1971년부터 전국적인 보급을 시작하였다(5, 6, 25). 이어서 통일의 미질이 나 탈립, 도복등의 단점을 개선한 통일자매 계통들이 육성되어 1974년에는 유신과 조생통일 등 새로운 품종들이 보급되고 1977년에 와서는 통일계통들이 54% (66만 ha)의 재배면적에 달하여 전국적으로 확대 재배되었다. 그러나, 정과 김(5)은 식량증산을 위한 병방제 대책을 상세히 보고하여 통일벼 등의 다수확 품종의 이병화를 우려하였으며, 淸澤(20) 등은 통일계통의 확대 보급에 따른 이병화 가능성과 그 대책을 제시하기도 했다. 실제로, 통일계통의 도열병 발생은 1976년 가을부터 통일찰, 유신이 전북 진안을 비롯한 여러 지역에서 국소적인 목도열병 발생을 보였고, 1977년에 전국 대부분의 지방으로 이병화가 확산되어 보급 6년 만에 소위 "break down"의 유명한 사례를 남기기도 하였다(24, 27, 40). 그러나 수량면에서 볼 때 1972년도 367 kg/10a의 수확량에 비해 1977년에는 537 kg/10a의 놀라운 증산을 이룩하여 미곡자급에 기여하는 중요한 기점이 되었다(24).

山田, 李(40)에 의하면 통일계통품종에 발생한 균의 기원은 기존 레이스의 변이라는 전제를 두고 외국균의 도입을 부정하였다. 첫째, 필리핀으로부터 동계 종자 증식에 의한 종자감염 가능성은 종자의 아라산 분제처리와 휴면타파를 위한 0.1 N 초산처리뿐 아니라 신2호(Pi-k3)에 대한 병원성이 서로 다르므로 필리핀균의 침입설은 부정되었다. 둘째로, 일본의 저항성 품종, 레이호우를 이병화시킨 다수의 균을 유신에 접종한 결과 병원성이 전혀 없었다. 따라서 종래균이 통일계 품종으로부터 병원성을 획득한 변이균이라 할 수 있는데 많은 종류의 변이균이 출현할 가능성도 지적하였다.

淸澤(20)는 진성저항성 검정에 의하여 저항성 유전자를 점검하였는데, 유신은 2개(Pi-a, Pi-b), 통일은 적어도 3개의 진성저항성 유전자(Pi-a, Pi-b, ?)를 가지고 있으므로 돌연변이체가 출현할 비율이 낮고, 유신이 통일보다 1년 먼저 이병화된 이유라고 보고 하였다. 또한 통일은 초기에 외국(필리핀)에서 육성되었기 때문에 오히려 다른 품종보다는 이병화 속도가 늦어 저항성 기간이 오래 지속되었다고 하였다.

이 등(24, 27)에 의하면, 유신에 처음 병이 발생한 진안군 등지에서는 T-2 레이스가 분리되었는데 함평, 진양등지의 통일계통에서는 C-7, C-8, N-2, N-3 레이스가 분리되어 통일균과 유신균의 서로 다른 유전자형을 추정하였다. 그리고 통일계 침해균이 기존균의

변이에 의한 것임을 증명하기위해 통일계에 병원성이 없는 3개의 균주를 접종하여 다시 재분리하는 14세대 동안의 실험 결과, T-1레이스의 경우 12세대부터 M(중도이병성)반응을 보여 포자를 재분리할수 있는 병반을 형성하였다고 보고하면서, 통일계 침해균은 일본 도열병균과는 다른 유전자형으로 추정되어 변이균이라 칭하고 T-2', C-7', C-8', N-2', N-3'로 구별하여 표시하였다.

또한 이 등(24, 27)은 60년대 후반부터 70년대 중반까지 채집된 균주의 레이스를 일본 구판별품종 체계에 따라 판별하였는데, T, C, N에 속하는 31개 레이스로 구분하였다. T-race는 13.8%, C-race는 25.6%, N-race는 60.5%로 전국분포 비율을 산출하였으며, 레이스별로는 N-2(40%), N-1(9%), C-8(8%), T-1(6%), C-1(4%), C-7(4%)로 분포하고 있음을 보고하였다. 그러나 통일계통들의 보급이 시작된 이래 한국 도열병균은 일본구판별품종 체계로 판별할 경우 3개 group 모두 분화를 보였으므로 통일과 유신을 참고품종으로 하여 T-2', C-7', C-8', N-2', N-3'로 새로운 명명을 하였다. 또한 참고품종을 통일, Pi No. 1, Pi No. 2로 하였을 경우에는 T-d, C-j,k,l,m,n,o, N-g,h 등으로 변이균을 보고하였다.

이어서 유 등(32)의 보고에 의하면, 1978~1980년 사이에 채집되었던 1,974개 균주를 공시하여 참고품종 통일, 유신과 12개 일본구판별품종을 사용, 6개의 통일계 침해레이스(65.8%)와 T-레이스군 3개(0.7%), C-레이스군 4개(6.7%), N-레이스군 2개(26.8%) 등 모두 15개 레이스를 판별하였다. 그 중 N-2'가 우점레이스였으며 N-2, C-7'가 많이 분포하고 있었다. 특히 T-1' 레이스는 고도저항성인 태백벼 뿐 아니라 대부분의 통일계 품종에 병원성이 있는 레이스였다. 처음에는 변이균을 T-2', C-7'나 T-d, C-j 등으로 보고하였지만, 참고품종 통일과 유신을 사용하면서 레이스 명칭의 새로운 체계를 갖추게 되었다. 따라서, T-1, T-2, C-7, C-8, N-2, N-3 레이스와 동일한 반응을 보이면서 참고품종에 병원성을 갖는 균주에 대하여 어케번호 ++를 붙여 T-1'' 등으로 나타내어 이시대는 변이균 명명에 혼란이 있던 시기였다. 또한, 이 등(27)은 새로운 레이스가 출현할 경우에는 판별품종체계를 바꾸어 레이스를 판별하기보다는 참고품이 명명법은 Table 1에서 보는 바와 같이 판별품종 반응에 의해 KI-101, KI-201, KI-301, KI-401 등 8개균으로 크게 나눌 수 있었는데, 일본의 구판별 품종체제로 구분된 C-1, C-5, C-4, C-2레이스가 KJ-101에, N-2, T-2가 KJ-301에 속하는 등 큰 차이를 보였다(Table 2). 냉해와 더불어 도열

Table 1. Korean differential system for indentification of races of *Pyricularia grisea*

Differential varieties	Races							
	KI-101	KI-201	KI-301	KI-401	KJ-101	KJ-201	KJ-301	KJ-401
Tetep	S	R	R	R	R	R	R	R
Taebaegbyeo	-	S	R	R	R	R	R	R
Tongil	-	-	S	R	R	R	R	R
Yushin	-	-	-	S	R	R	R	R
Kanto 51	-	-	-	-	S	R	R	R
Nongbaeg	-	-	-	-	-	S	R	R
Jinheung	-	-	-	-	-	-	S	R
Nagdongbyeo	-	-	-	-	-	-	-	S

Table 2. Comparison of races of *Pyricularia grisea* designated by Korean differential system with those designated by old Japanese differential system

New races ^a	Old races ^b
KI-101	T-1 ^{††}
KI-307	C-7 ^{††} , C-8 ^{††}
KI-315	N-2 ^{††} , N-3 ^{††}
KI-413	T-2 ^{††}
KI-1113	T-1
KJ-101	C-1, C-5, C-4, C-2
KJ-105	C-7, C-8
KJ-201	N-1
KJ-301	N-2, T-2, N-3
KJ-401	N-?

^a Designated by Korean differential system.

^b Designated by old Japanese differential system.

병이 대발생하게 되었던(29) 1980년은 두가지 판별체계를 함께 사용하여 레이스를 판별하였는데, 대부분 N-2(KJ-301)와 N-2^{††}(KI-315) 레이스가 분포하고 있었으며 KI-race(55.4%) 분리비율이 KJ-race보다 높았다(32).

1980년 이후 1990년까지, 유 등(32)은 1981~1985년 사이에 분리한 2,911균주를 한국판별품종체계에 대한 반응을 기준으로 통일계 품종 및 일반계 품종에 모두 병원성을 갖는 KI-레이스군 11종과 일반계 품종에만 병원성을 갖는 KJ-레이스군 7종 등 모두 18개 레이스로 분류하였다. 1980년 이전 3년동안의 평균에 의하면 65.8%의 통일계침해 레이스가 분포하고 있었는데 1981~1985년에는 18.4%로 줄어들었고, 일반계 침해레이스는 81.6%로 증가된 경향이었다. 또한 1980년 이전에는 N-2^{††}(KI-315) 레이스가 우점레이스였으나 1981~1985년 기간 동안에는 KJ-301(N-2, N-3, T-2) 레이스가 매년 우점으로 나타났으며 KJ-105(C-7, C-8), KJ-201(N-1), KJ-401 레이스도 높은 비율로 분

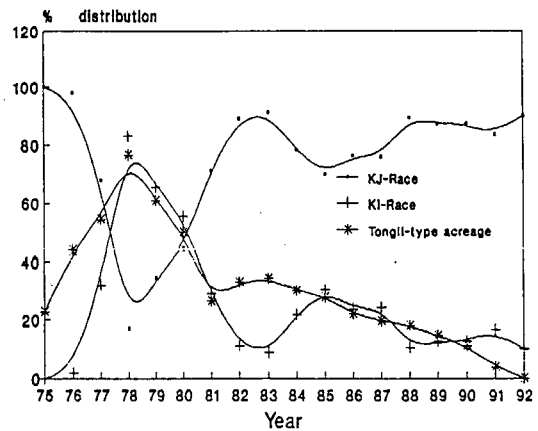


Fig. 1. Relationship between the cultivation area of Tongil type varieties and the prevalence of physiological races of *Pyricularia grisea* in Korea during the period 1975~1992.

리되었다. 이러한 양상은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 도열병이 대발생한 이후 통일계 재배면적 감소와 KI-315, KI-307에 대하여 저항성으로 육성된 품종들의 확대와 일치됨을 보였다.

녹색혁명의 결과로 미곡을 어느 정도 자급하기에 이르자 통일계 품종의 미질을 개선하되 다수확이며 쌀알의 형태가 일본형과 닮은 진주벼를 육성하게 되었다. 그러나, 진주벼를 침해하여 그 보급에 차질을 준 레이스는 KJ-301, KI-413 등 4개 레이스였으나, 그 중 KI-413의 분리는 일반계 품종으로부터는 KJ-레이스만이 분리된다는 통상적인 관념을 깨트린 결과였다. 이러한 현상은 진주벼 등 새로 육성된 일반계 품종이 다수확 및 좋은 형질을 도입하기 위해 통일계 혈통을 교배모본으로 사용한 것을 고려하면 KI-race가 통일계 및 일반계를 침해하도록 구성되어 있으므로 당연한 결과라 하겠다. 1983년 가야벼, 풍산벼 및 영풍벼가

이병화되자 이들 칩해 균주를 판별하기 위해 KI-315 레이스를 이용, 가야벼와 영풍벼를 참고품종으로 변이균의 레이스를 판별하였다. 두 참고품종 모두에 병원성이 있을 경우 KI-315a, 영풍벼에만 병원성이 있는 경우는 KI-315b로 명칭을 부여하였으며 충북과 전남 지역에는 KI-315b의 분포가 높았다. 이어서 1985년에 천마벼와 서남벼가 전국적으로 보급되었으나 보급 1년만에 천마벼는 중부지방을 중심으로 서남벼는 전국에서 이병화되었다. 서남벼의 경우에는 KJ-101 등 12개 레이스가 천마벼의 경우에는 8개 레이스가 칩해 레이스로 동정되어 레이스 다양화 현상을 보였다. 1980년대에는 새로 육성된 품종이 1~2년 사이에 이병화 현상이 일어났는데, 그 이유는 이 당시의 육종목표가 병에 대한 저항성보다는 통일계통의 미질개선에 두었기 때문으로 생각한다.

Yamada 등(39)에 의하면 도열병균 레이스 조사는 전국적으로 이병물을 1 km² 지점당, 각 도별로 균일한 숫자로 채집되어야 한다고 하였다. 도열병 연구가 세분화되고 해결해야 할 분야가 늘어남에 따라 당시 농업기술연구소 병리과의 한정된 인원으로 전국 레이스 분포 조사를 정확히 할 수 없으므로 각도 농촌진흥원으로 도열병균 레이스 조사를 이관하기 위해 병리담당자에게 레이스 판별 교육을 실시하였다. 그러나 1980년대 후반기에 저항성이 보강된 품종들이 많이 보급되어 병발생의 저조와 쌀 생산량이 많아져 도열병에 대한 중요도가 떨어짐으로서 각도 농촌진흥원의 도열병균 레이스 조사가 제대로 이루어지지 않았다. 1987~1991년 사이는 사실상 전국 레이스 조사의 공백기라고 할 수 있다. 다만 경상남도농촌진흥원에서는 레이스 연구가 세밀하게 진행되어 온도별, 지대별로 도열병균 분포의 다양한 분석이 이루어져 소면적내에서의 도열병 발생과 분포연구에 관한 보고서가 있다

(14). 한 등(11)이 1986~1990년 사이에 일부 발못자리 및 농가 포장의 이병물로부터 분리한 562균주에 대하여 레이스를 조사한 결과, KJ-레이스는 KJ-301 등 7종으로 80.9%가 분리되었으며 KI-레이스는 KI-1113 등 19.1%의 분리율을 보였다. KJ-301레이스는 역시 여러 지역에서 36%로 많은 분포를 보이고 있었고, 80년대 중반의 변이균인 KI-315a, b 레이스는 경기, 강원지방을 제외하고 전국적으로 고루 분포되고 있었다. 특히 전남지방의 경우에는 KJ-301보다 KI-315a, b 레이스가 많이 나타났는데, 이는 전남지방의 통일계 재배면적 비율이 다른 도에 비하여 많았던 때문이라 생각된다. 80년대 전반기에 전국적으로 3~4%의 비율로 분포되어 있던 KI-307레이스는 후반기에는 더 이상 출현하지 않았으며, KI-313 레이스는 전국적으로 고루 분포하고 있었고 진주벼의 재배면적이 줄어들자 KI-413레이스는 거의 소멸되었다.

1990년 이후 1994년까지. 1980년 후반기부터 우리나라 벼 재배품종 면적은 대부분 일반계 품종으로 바뀌어 갔는데, 1992년도에는 동진벼 단일품종이 33.7%나 재배되었으며, 1994년도에는 발벼 등을 제외하고는 98%이상이 일반계 재배면적으로 조사되었다 (Table 3). 동진벼의 경우 비교적 포장저항성이 있는 것으로 알려져 있지만 동일 재배지역에 30%이상의 동일유전자가 분포할 경우에는 역학적으로 도열병 발생의 위험이 뒤따른다. 더구나 고도양질벼의 교배모본으로 사용되었던 고시히가리와 사사니시끼 등(4)은 대부분의 우리나라 도열병균 레이스에 이병성으로 나타났으며, Kim 등(16)은 고도양질벼는 대부분 이병성이라 보고하였다. 특히 일품벼와 진미벼와 같이 재해에 대한 안정성이 약한 품종은 기상요인이 적당한 발병조건으로 지속될 때 대발생을 초래하기 쉽다. 실제로, 1993년도에는 7~9월의 평균기온이 예년에 비하여

Table 3. Ratio of cultivation area of major rice varieties during 1983~1994 in Korea

1983	1985	1989	1992	1994
Chucheong(16.7%)	Chucheong(17.1%)	Dongjin(20.8%)	Dongjin(33.7%)	Dongjin(22.9%)
Nagdong(15.3%)	Samgang(13.8%)	Chucheong(19.3%)	Chucheong(19.4%)	Chucheong(13.4%)
Dongjin(6.9%)	Dongjin(13.5%)	Seomjin(12.7%)	Hwaseong(5.9%)	Ilpum(8.5%)
Pungsan(6.9%)	Nagdong(12.2%)	Samgang(8.9%)	Seomjin(4.8%)	Hwaseong(7.7%)
Taebaeg(4.8%)	Seomjin(6.6%)	Nagdong(4.4%)	Odae(3.9%)	Mangeum(6.3%)
Samgang(3.8%)	Sangpung(4.1%)	Odae(3.1%)	Nagdong(3.3%)	Odae(5.2%)
Jinju(3.8%)	Seonam(3.3%)	Bongwang(2.4%)	Bongwang(3.1%)	Gyehwabyeo(4.4%)
Youngpung(3.8%)	Sobaeg(2.4%)	Daechong(2.3%)	Daechong(1.5%)	Youngnam(3.8%)
Seomjin(3.7%)	Bongwang(2.3%)	Daechang(2.1%)	Palgong(1.3%)	Hwayoung(2.7%)
Seogwang(3.2%)	Weonpung(2.2%)	Hwaseong(1.7%)	Chugwang(1.3%)	Bongwang(2.6%)
Others(31.1%)	Others(22.5%)	Others(22.3%)	Others(21.8%)	Others(22.5%)

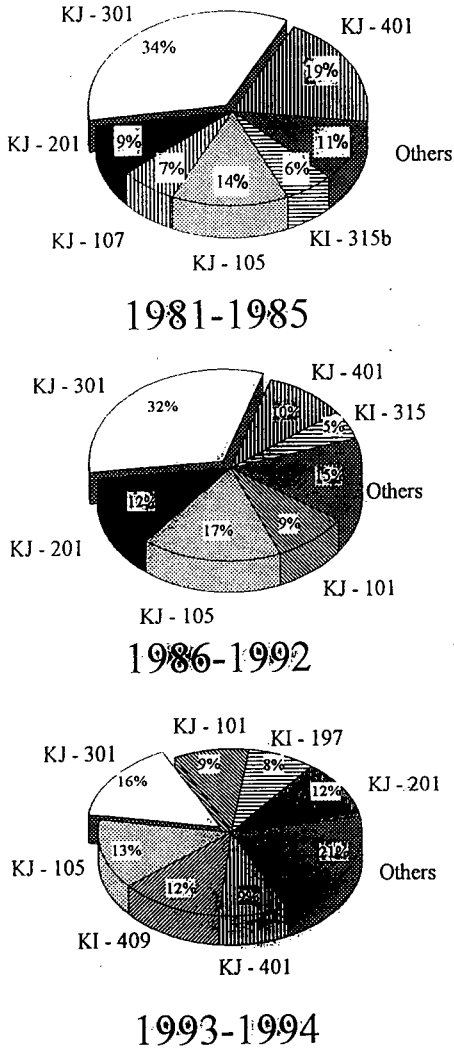


Fig. 2. Distribution of seven major races of *Pyricularia grisea* during 14 years illustrated in Korea.

1~4.5°C 정도 낮고 잦은 강우를 동반한 이상저온이 계속되어 도열병이 대발생하게 되었으며(15, 29), 산간 일부지방에서는 100%의 목도열병 감염포장도 볼 수 있었다.

1991~1994년 사이 전국에서 수집한 잎도열병 및 목도열병 이병물로부터 분리한 1,496균주의 레이스 판별을 시도한 결과, 1980년도 이후 매년 우점으로 존재하여 30%이상으로 분리되었던 KJ-301레이스는 1990년대에 와서 평균 19%, 특히 1994년도에는 15%로 낮은 분포를 보인 반면 KI-409 레이스가 10%로 급격히 증가되었다(Fig. 2). 1990년대에 들어서 분리된 새로운

Table 4. Identification of new races of *Pyricularia grisea* during 1981~1994 in Korea

KJ-races		KI-races
KJ-101(1981) ^a	KI-181(1993)	KI-315(1981)
KJ-103(1993)	KI-197(1992)	KI-315a(1983)
KJ-104(1993)	KI-209(1994)	KI-315b(1983)
KJ-105(1981)	KI-215(1990)	KI-329(1987)
KJ-107(1983)	KI-241(1993)	KI-401(1985)
KJ-201(1981)	KI-305(1986)	KI-405(1982)
KJ-203(1983)	KI-307(1981)	KI-409(1986)
KJ-301(1981)	KI-309(1986)	KI-413(1981)
KJ-401(1981)	KI-313(1982)	KI-1113(1982)
		KI-1117(1983)
9 races		19 races

^a Numbers in parenthesis indicate the year when the race was newly identified in Korea.

레이스는 KI-197, KI-209, KJ-103, KJ-104, KI-241 그리고 KI-181이었으며 1980년도 이후 모두 28개의 레이스가 동정되었다(Table 4). 1992년에 처음 분리된 KI-197은 8개 판별품종 중 태백, 통일을 제외하고 6개 품종을 침해하여 침해범위가 넓은 레이스로서 전국 각지에서 대부분의 고도양질벼에서 분리되었으며, 1년 만에 8.3%의 급격한 분포증가를 보였다. 약 10년전에 분리되다가 출현하지 않았던 KI-401은 1993~1994년에 전국적으로 분포하고 있었으며, 한국균주에 대하여 저항성 유전자가 없는 품종이라 알려진 낙동벼에 병원성이 없는 KJ-104 레이스가 분리되었다. 또한, 추청벼, 동진벼 등 오랫동안 안정적으로 적용되어온 품종들에서도 KI-197, KI-181, KI-209, KI-241 등의 새로운 레이스가 분리되기도 하였으나 KI-315a, b 레이스는 더 이상 분리되지 않았다. 이와 같은 다수의 새로운 레이스 출현 및 레이스 다양화 현상은 일반 농가포장에 일반계 양질미가 재배된 후 2~3년 후인 1992, 1993년부터 시작되었는데, 예상되는 원인으로서는 첫째, 여러가지 형태의 변이기에 의해 균의 비병원성 유전자들이 품종의 새로운 유전자형을 만나 변이-적응기간을 거치면서 발생하는 경우를 생각할 수 있으며, 둘째, 여러개의 KI-race가 출현된 것으로 보아 현재 사용되고 있는 판별품종의 통일계 품종군에서 균의 생리형이 너무 세분화된 것이 아닌가 생각되어 판별품종 체계의 문제점이 대두되고 있는 형편이다.

한국 판별품종의 문제점

지금의 판별품종을 사용하기 이전에 우리나라에서

사용되던 일본구판별품종 체계는 통일계 품종 재배 면적이 늘어나면서 부터 일본형으로만 구성된 판별품종 내에서 레이스 구분이 너무 세분화되는 현상이 문제점으로 지적되었고(24, 27), 이를 극복하기 위해 1980년 초반에 확립된 한국판별품종 체계로 그동안 매우 유용하게 사용되어 왔으며, 도열병 연구에 많은 공헌을 해왔다. 그러나, 최근에 우리나라 판별품종에 의해 KI-race의 병원성이 세분화되는 경향과 판별된 레이스의 재배품종에 대한 반응이 균주별로 다르게 나타나는 등의 문제점이 대두되고 있어 몇가지 원인을 진단해 보고자 한다.

첫째, 판별품종 구비조건 중 가장 우선적인 것은 한국에서 재배되고 있거나 장래에 재배될 가능성이 높은 품종이라 했는데 1990년 이전의 우리나라 재배품종은 일반계와 통일계가 같이 재배되고 있었으나 1990년도 이후에 대부분이 일반계품종만을 재배하고 있다. 따라서 낙동벼를 제외하고는 인도형이거나 통일계 품종 및 재배품종의 7개 품종으로 구성되어 있는 현 판별체계는 우선 재배품종과 일치하지 않는 문제점을 안고 있다.

둘째로 우리나라 균주에 대한 판별품종의 저항성 유전자 분석이 제대로 이루어지지 않아 각 품종이 갖고 있는 저항성에 대한 이해가 불확실하다. 현 판별품종 중 일본균주에 대하여 통일은 3개, 유신은 2개의 저항성 유전자를 갖고 있는 것으로 추정되었고(20), 관동51호, 농백, 진흥 등도 일본균주에 대하여 Pi-k, Pi-i, Pi-a 등의 유전자가 동정 되었다(24). 그리고, Tetep은 저항성원으로 낙동은 저항성 유전자가 없는 품종으로 인정되어 8개의 판별품종 체계를 갖추었지만(27), 우리나라 균주에 대하여는 유전자 분석이 아주 미흡한 실정이다.

셋째로 현재까지 사용되고 있는 판별품종은 1972~1979년도 채집균주를 공시하여 선발한 것으로(24) 그 이후 현재까지 우리나라 재배품종의 변천을 생각하면 판별품종을 선발 할 당시와 현재의 벼 도열병균 간에는 집단구조가 유전적으로 많은 차이가 있을 것으로 추정된다. 최근, 이를 증명하기 위하여 한 등(10)이 핵산인자(probe)를 이용하여 1980년대 중·후반에 수집된 균주와 1990년 균주들의 계통구조를 RFLP 및 PCR 방법으로 비교 분석한 결과, 그동안 유전적으로 많은 변이가 일어난 것으로 조사되었다. 이러한 변이의 원인은 돌연변이, 반유성생식 등 여러 가지 기구가 관여한다고 알려져 있으며, 특히 재배되는 벼 품종과의 상호작용에 의한 병원균의 변이와 선발, 증식과정을 통한 진화(Co-evolution)는 여러나라에서 재배품종

과 레이스 변동의 일치현상으로 증명되고 있다(41, 42). 이러한 관점에서 볼때 1980년대 이후 현재까지 재배되어 온 벼품종의 변천과 여기에서 상호작용으로 유지, 변화, 선발, 증식되어 온 도열병균의 변이를 그동안의 재배품종과 유전적으로 많은 차이를 갖고 있는 현 판별품종으로 정확하게 구별해 내는 것은 어려울 것으로 추정된다. 물론, 완전한 판별품종 체계를 재구성한다는 것은 매우 어렵고 불가능한 일이지만 이 시점에서 우리는 새로운 판별체계로의 정비가 필요하다고 생각한다.

도열병균 레이스 연구의 전망과 대책

병원균의 병원성은 작물의 저항성과의 상호작용에 의하여 결정되어지는 형질이며, 품종의 저항성은 끊임없이 변하는 병원균과의 상호작용에 의해서 발현되어지는 형질이다(2, 31). 이 두가지 형질 중 병원균 측이 개체증식 속도에 있어서의 우세로 항상 변이가 먼저 일어나며 작물이 기존에 가지고 있는 저항성을 무력화 시킨다. 실용적인 면에서, 이러한 병원성 변이를 동정하는 방법으로는 겨우 몇개의 저항성 유전자로 구성된 판별품종을 이용하는 것이다. 그러나, 판별품종의 사용은 품종이 가지고 있는 저항성의 한계에 의해 병원성의 중요한 변이를 감지하지 못하거나, 또는 약간의 변이가 지나치게 과장되는 수가 있다. 이렇게 판별된 균을 사용한 저항성 품종 육성은 상대적으로 빠르게 품종의 수명을 단축시킬 수 있으며 균의 재변이를 촉진시키는 결과를 초래한다. 따라서 도열병균 레이스 연구는 판별품종을 통한 연구와 더불어 균의 유전적 변이를 보다 정확하게 분석할 수 있는 연구가 뒷받침되어야 한다고 생각된다.

최근 사용되는 분자생물학적 기술(RFLP-MGR)을 이용하여 도열병균 분석을 시도한 바 80년대 균주의 경우 통일계와 일반계품종으로 부터 분리한 균주는 뚜렷하게 구분이 확실했으며 현 판별체계에 의한 레이스와 85%이상의 유사도가 인정되었다(10). 그러나 1990년대 이후에 채집된 균주의 경우에는 병원형에 따라 genome구조의 유사도가 구분되지 않고, 대부분의 균주가 한개의 커다란 그룹에 속하며 소수의 균주로 이루어진 몇개의 다른 집단만이 존재하고 있었다(미발표). 그리고 같은 그룹 내에서는 소폭의 다양한 type의 유전형태를 보이고 있었다. 판별품종의 반응에 의한 1993~1994년도 레이스 판별 결과를 보아도 다양한 KI-race가 분포하고 있으며 새로운 레이스도 해마다 증가하고 있는 추세이다(발표중). 더구나 새로 출

현한 레이스를 사용하여 주요 재배품종 및 유망계통에 대한 저항성 검정 결과, 대부분이 같은 경향으로 이병성 반응을 보이므로 최근에 나타나는 KI-레이스의 다양한 분화와 새로운 레이스의 출현은 4개의 통일계 판별품종에서 도열병균의 변이가 지나치게 세분되어 평가되는 것이 아닌가 생각된다.

이러한 문제점과 배경을 인식한 후 도열병균 레이스 연구가 나아갈 가장 시급한 과제는 첫째로, 균 변이에 대한 정확하고 폭넓은 분석이라 생각된다. 이를 위해서는 우선 시간적, 공간적, 지리적으로 다양하게 병원균이 수집되고 이들을 안정하게 보관할 수 있는 방법이 개발되어야 한다고 생각한다. 이는 재배품종과의 상호작용에 의한 병원균 변이과정을 추적하는데 필수적이며, 실용적인 면에 있어서도 금후 병원균의 변이 방향을 예측하여 저항성 이용 효율을 높일 수 있는 기술개발을 위해서도 반드시 필요한 과제라 생각한다. 불행히도 현재 우리나라의 벼도열병균 보유 현황은 1980년대 후반의 100여개 균주를 제외하고는 1990년도 이전의 균주를 보존하고 있지 못한 실정이다.

둘째로, 도열병균 genome구조의 유전 분석이 필요하리라 생각된다. 판별품종만으로는 균주의 미세한 변이를 평가 비교할 수 없으며, 레이스 상호간의 진화적 과정을 생각하는 것도 거의 불가능하다. 근래에 사용되는 분자생물학적 기법(IEF, RFLP, RAPD)은 genome의 유전적 변이를 검출하는데 실험적으로 거의 제한이 없으며, 아주 미세한 변이까지도 평가할 수 있어 균의 진화적 근연관계를 분석하는데 많이 이용되고 있다(35).

셋째로, 품종저항성 유전자 분석에 관한 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 판별품종의 여러 가지 구비조건 중의 하나는 주동유전자에 의한 저항성 반응 조절이다. 저항성 범위가 지나치게 좁은 주동유전자나 미동유전자의 관여는 병원균의 병원성 범위를 불필요하게 세분화시킬 위험성과 환경의 영향에 의해 저항성과 이병성 반응의 구별이 불명확 할 수 있다. 판별품종의 저항성 유전자는 일본을 제외한 대부분의 나라에서 제대로 분석되지 않고 있는 실정이지만, 다행히도 국제미작연구소를 통하여 판별품종 체계를 정립하고자 저항성원이 다른 isogenic line을 제작하고 있으며, 일본 과학자를 중심으로 국제 판별품종체계를 재정비하기 위해 저항성 분석이 수행되고 있는 중이다. 우리나라의 경우에도 여러 레이스에 대하여 선발된 isogenic line 등 유전자원이 유전, 육종연구에 사용되고 있다. 금후에는 폭넓은 분석이 시행된 우리나라 균주들을 이용한 품종의 저항성 분석을 통하여 보다

안정성이 높은 새로운 판별품종 체계를 확립하는 연구가 필요하다고 생각한다.

참고문헌

1. 안재준, 정후섭. 1962. 한국에 분포된 도열병균의 생리적 품종에 관한 연구. 서울대논문집(D) 11 : 77-83.
2. Ahn, S. W. 1994. International collaboration on breeding for resistance to rice blast. *Rice Blast Disease*. CAB & IRRI. pp. 34-37.
3. Bandong, J. M. and Ou, S. H. 1966. The physiologic races of *Piricularia oryzae* Cav. in the Philippines. *Agriculturist*. 49 : 665-667.
4. 최해춘, 조수연, 박래경, 김연규, 박남규, 신영섭, 문현팔, 손영희. 1991. 벼 고도양질 내생 다수성 신품종 진미벼. 농시논문집 33(3) : 9-16.
5. 정봉조, 김정화. 1975. 식량증산을 위한 병해방제 효과와 문제점. 한식보호지. 14(2) : 89-96.
6. Chung, H. S. 1972. Reactions of some IR lines of rice to *Pyricularia oryzae* in Korea and IRRI. *Kor. J. Pl. Prot.*, 11(1) : 15-18.
7. 後藤和夫. 1961. 稻熱病菌の菌型に關する共同研究 第1集. 病害蟲發生豫察特報 5 : 1-83.
8. 後藤和夫. 1964. 稻熱病菌の菌型に關する共同研究 第2集. 病害蟲發生豫察特報 18 : 1-132.
9. Goto, K., Kozaka, T., Yanagita, K., Takahashi, Y., Suzuki, H. Yamada, M., Matsumoto, S., Shindo, K., Atkins, J. G., Robert, A. L. and Adair, C. R. 1967. U.S.-Japan cooperative research on the international pathogenic races of the rice blast fungus, *Piricularia oryzae* Cav., and their international differentials. *Ann. phytopath. Soc. Japan*. 33(Extra Issue) : 1-87.
10. Han, S. S., Ra, D. S. and Nelson, R. 1993. Comparison of RFLP-based phylogenetic trees and pathotypes of *Pyricularia oryzae* in Korea. *RDA J. Agri. Sci. (C.P.)* 35(1) : 315-323.
11. 한성숙, 류재당, 라동수. 1994. 한국의 벼도열병균 레이스의 지역 및 년차적(1986~1992) 분포변동. 한식병지 10(1) : 25-28.
12. 岩田和夫. 1968. 新潟縣におけるいもち病高度抵抗性品種の罹病化. 植物防疫 22(7) : 275-279.
13. 岩田和夫, 安部幸男. 1966. 新潟縣におけるいもち病抵抗性品種(支那系品種)の罹病化について. 北陸病蟲會報 14 : 8-16.
14. 강수웅, 조동진, 신원교, 이유식. 1990. 경상남도지방에서 1984~1989년에 분포한 도열병균 레이스. 농시논문집(작보) 32(2) : 1-7.
15. 加藤 肇. 1995. 世界におけるいもち病の發生と研究の現況. 今月の農薬 1 : 34-37.
16. Kim, C. K., Ryu, J. D., Ra, D. S. and Lee, E. J. 1991. Blast reactions of high quality rice cultivars in

- Korea. *Korean J. Plant Pathol.*, 7(2) : 61-64.
17. 金寅權. 1968. 韓國에 있어서의 稻熱病菌의 生態品種과 水稻品種의 稻熱病抵抗性에 關한 研究. 植物保護. 別策 3號. pp. 1-16.
 18. 清澤茂久. 1972. いもち病菌レ-スの判別品種の選抜あるいは作出. 育雜. 22 : 119-123.
 19. 清澤茂久. 1974. イネいもち病抵抗性の遺傳. 育種學的研究. 農技研資料. D(1) : 1-58.
 20. 清澤茂久. 1976. 韓國水稻品種 "統一" の罹病化の可能性と對策(1). 農業技術. 31 : 466-468.
 21. Letterell, F. M., Tullis, E. C., Otten, R. T. and Gubernick, A. 1954. *Physiologic races of Piricularia oryzae*. *Phytopath.*, 44 : 495.
 22. Letterell, F. M., Tullis, E. C. and Collier, J. W. 1960. *Physiologic races of Piricularia oryzae* Cav. *Plant Disease.*, 44 : 679-683.
 23. 李始鍾, 松本省平. 1966. 1962-1963年韓國産いもち病菌raceについて. 日本病報 32 : 40-45.
 24. 李銀鍾. 1978. 韓國におけるイネいもち病菌の病原性分化に關する研究. 東京大 博士學位 論文. pp. 20-154.
 25. 이은중. 1972. 저항성 품종인 관옥의 도열병 격발 원인. 한식보호지 11(1) : 41-43.
 26. 이은중, 주원준, 정봉조. 1975. 한국에 있어 벼도열병균 레이스의 분화 및 년차적 변동. 한식보호지. 14(4) : 199-204.
 27. 이은중, 유재당, 예완해, 한성숙, 이영희. 1987. 한국도열병균 레이스 판별품종 체계에 대한 제안. 농지논문집(식환, 균이, 농가) 29(1) : 206-213.
 28. 農村振興廳. 1981. 水稻冷害實態分析과 綜合技術 對策. 農振廳冷害研究報告. pp. 120-125.
 29. 農村振興廳. 1994. '93異常氣象과 作物被害實態 綜合報告書. pp. 17-159.
 30. Ou, S. H. 1985. *Rice Diseases* (2nd ed.). CMI. pp. 109-201.
 31. 라동수, 한성숙, 김장규. 1994. 벼 주요품종 및 계통의 지역별, 년도별 도열병 발병차이(1). 한식병지 10(1) : 47-53.
 32. 유재당, 예완해, 한성숙, 이영희, 이은중. 1987. 한국 의 벼도열병균 레이스의 지역 및 년차적(1978~1985) 변동. 한식병지 3(3) : 174-179.
 33. Sasaki, R. 1922. Existence of strains of rice blast fungus I. *Journal of Plant Protection*. Tokyo. 9 : 631-644.
 34. Tochinai, Y. and Shimamura, M. 1932. Studies on the physiologic specialization in *Piricularia oryzae* Cav. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 2 : 414-441.
 35. Wang, G. L., Mackill, D. J., Bonman, J. M., McCouch, S. R., Champoux, M. C. and Nelson, R. J. 1994. RFLP mapping of genes conferring complete and partial resistance to blast in durably resistant rice cultivar. *Genetics* 136 : 1421-1434.
 36. 八重博志, 柳田騏策. 1972. いもち病菌のレ-ス分布支配要因解析. 北日本病蟲報 23 : 39-44.
 37. 八重博志, 藤田佳克, 園田亮一. 1989. 昭和63年に多發した稻こうじ病. 植物防疫 43(6) : 311-314.
 38. 山田昌雄. 1965. 外國稻系高度いもち病抵抗性品種の發病. 日植病報 19(6):231-234.
 39. Yamada, M., Kiyosawa, S., Yamaguchi, T., Hirano, T., Kobayashi, T., Kushibuchi, K. and Watanabe, S. 1976. Proposal of a new method for differentiating races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 42 : 216-219.
 40. 山田昌雄, 李銀鍾. 1978. 韓國における統一系イネ品種のいもち病罹病化. 植物防疫 32(6) : 14-19.
 41. 山中 達, 山口富夫. 1987. 稻いもち病. 養賢堂 pp. 100-120.
 42. 山崎義人, 高坂卓彌. 1980. イネのいもち病と抵抗性育種. 養賢堂 pp. 123-139.
 43. 山崎義人, 清澤茂久. 1966. イネのいもち病抵抗性の遺傳に關する研究. 第1報. いもち病菌の數種の系統に對する日本稻品種の抵抗性遺傳. 農技研報告(D) 14 : 39-69.
 44. Zeigler, R. S., Cuoc, L. X., Scott, R. P., Bernardo, M. A., Chen, D. H., Valent, B. and Nelson, R. J. 1995. The relationship between lineage and virulence in *Pyricularia grisea* in the Philippines. *Phytopath.*, 85(4) : 443-451.