

주요작물의 罹病化

그 원인과 방제대책

“國內外 사례를 중심으로”

충북대학교 농과대학

교수 鄭 鳳 九

지난 '78년과 '79년에 벼 도열병과 흰빛잎마름병(白葉枯病)에 의한 저항성인 신품종의 이병화로 주곡의 자급달성에 큰 차질을 초래하였으며 이로써 신품종의 육성 보급에 새로운 문제점을 던져주었던 일을 우리는 잘 기억하고 있다. 이러한 병의 대발생을 사전에 막거나 그 피해를 최소화한 줄이기 위하여는 병이 어떻게 발생하며 어떤 경로를 밟아 진전되는지의 원인을 명확히 파악하는 동시에 병원균의 기생성 분화현상을 사

전에 정확히 조사하여 이에 대처하는 방법을 확립하여야 함은 대단히 중요한 과제라 아니할 수 없다.

이에 외국과 국내에서의 이병화 사례를 중심으로 간단히 설명드리고자 하며 이것이 다소라도 작물보호 관계 제위에 참고된다면 천만 다행으로 생각하는 바입니다.

1. 병 대발생의 원리

식물병이 대발생하는 원인을 구명

□ 주요 작물의 이병화 원인과 방제 대책 □

하는 것을 역학(Epidemiology)이라고 하며 한포기의 식물이라도 병이 발생하려면 어느때 어느 곳이든 3가지 요인이 함께 존재하여야만 한다. 즉, 감수성인 기주와 병원성이 강한 기생체가 있어야하며 이 두가지요인이 전전될 수 있는 호적한 환경요인으로 강우, 습도, 온도, 바람, 영양 조건 및 빛등이 조화를 이루고 발전되어야 한다. 다시 말하면 3가지 요인중 병원균이 급속히 증식할 수 있

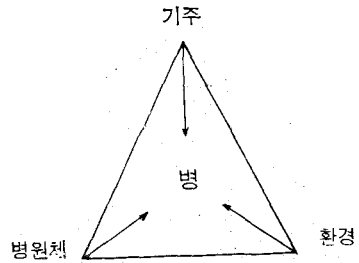


그림 1) 식물병 발생의 삼각형

는 시간적 과정이 있어야 하며 공간

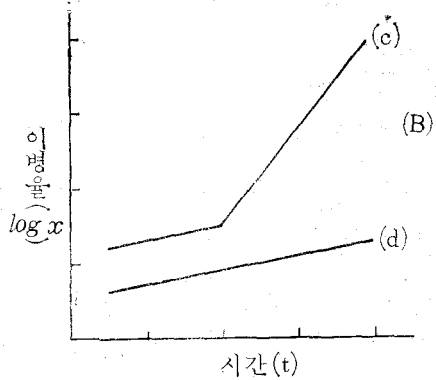
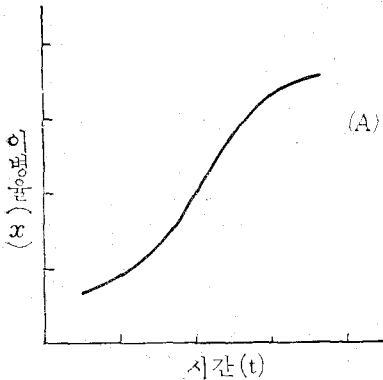


그림 2) 병대발생의 일반적인 곡선

- (A) 병 대발생에 있어서 이병율의 산술적표현
- (B) 병 대발생에 있어서 이병율의 대수적표현
- (C) 병 대발생에 있어서 증가율이 변하는 경우
- (D) 병 대발생에 있어서 증가율이 고정된 경우

적으로는 병균이 급속히 전파될 수 있도록 밀식되어 있으며 이들 식물은 단일식물이며 집단화가 되어 있어야 한다. 한편 기주측면에서 보면 되도록 저항성품종을 재배하여야 하나 그럴수록 새로운 품종을 침해할 수 있는 선발력 즉, 병원균의 기생

성분 화寄生性分化)로 새로운 균의 형태가 필연적으로 출현하게 되는 위험이 따른다. 그러므로 안전성 있는 포장저항성품종을 추구하여야 할 것이다.

이병의 대발생 3요인을 정량적으로 수식화 한 사람은 1963년 Van

der Plank이며 이를 요약하면 그림 2에서와 같다.

2. 병원체의 생리적 분화기작과 유형

병원균의 생리적 분화현상은 일찌기 1894년 독일의 에릭슨(Erickson)이 맥류녹병균(銹病菌; Puccinia Graminis)의 기주범위가 다른 6개 분화형으로(Forme Specialis) 나눈데서 비롯한다. 더욱이 기주의 품종에 대한 기생성이 다른 것을 일명 생리형, 레이스 및 Biotype 등으로 세분하였다.

생리형의 발생기작은 크게 4가지로 구분되며 돌연변이(突然變異), 교잡(交雜), 이형다핵형성(異型多核形成) 및 준유성교환(準有性交換)등이 있으며 이를 설명하면 다음과 같다.

가) 돌연변이(Mutation) : 자연적이나 인공배지상에서 돌연변이 유기체(Mutagen) 즉 방사선이나 약품등에 의하여 일어나며 그 빈도는 균의 종류, 생리형, 및 환경조건에 따라 다르다. 예를 들면 벼 도열병균의 신변이균도 이 기작에 의한 것으로 추측하고 있다.

나) 교잡(Hybridization) : 완전세대가 알려져 있는 맥류 줄기녹병균은 매자나무인 중간기주에서 중간 내지

속간잡종이 생기고 있음을 일찌기 1930년 Newton은 실험적으로 증명하였다.

다) 이형다핵형성(Heterocaryosis) : 균사 또는 포자의 한 세포내에 유전적으로 다른 핵을 갖는 현상이다. 여기에는 반드시 균사유착(癒着)이 수반된다. IRRI의 오(Ou)박사도 도열병균은 포자 자체가 유전적으로 다른 핵을 가지고 있으므로 이에 의한 번이가 많다고 보고한바 있으며 Nelson도 밀 줄기녹병균의 레이스 38과 56에서 새로운 Heterocaryon을 얻었다고 보고하였다.

라) 준유성교환(Parasexuality) : 유성세대가 없는 불완전균의 영양균사에서 마치 유성생식과 같은 유전적인 재조합이 일어나는 현상을 말한다. 이는 영국의 Pontecorvo에 의하여 1953년 처음 연구보고 되었다. 그러나 식물 병원균류의 병원성변이에 대하여는 아직도 구명해야할 과제가 많다.

마) 기타 변이기작 : 세균의 변이기작으로서 유전형질인 핵산에 유래되는 접합(Conjugation), 형질교환(Transformation) 및 형질도입(Transduction) 등이 있다. 그리고 작물병해는 야생식물로부터 생겨 오랫동안 진화 적응되어 옮겨 왔다고 보고 있으며 이를 Stepwise adaptation 현상으로 분석하고 있다.

3. 작물 병해 저항성

식물병의 종 또는 품종에 따라서는 병원체가 침입되어도 병징을 볼 수 없거나 경미할 때가 있다. 이같이 병원체의 작용을 억제하는 기주의 능력을 저항성이라 한다. 저항성 그 기작으로 보아 편의상 감염전과 감염 후 저항성으로 구분한다. 그러나 병원체의 생리적 분화가 있을 경우 저항성은 기주만이 아니고 기주품종과 병원체 레이스와의 상호작용(Interaction) 결과로 결정된다. 한편 저항성은 유전법칙에 따라 우성 또는 열성인자로서 유전한다. 그러나 병저항성 유전이란 단순한 것이 아니고 저항성 품종과 레이스에 따라 열성 또는 우성 때로는 단인자 또는 다인자로 지배되며 이들 저항성을 크게 나누어 보면 다음과 같다.

가) 수직저항성(Vertical Resistance) 일명 특이적 저항성이라고 하며 병원체의 특정한 레이스에만 저항성이며 다른 레이스에는 적용치 않는다. 그리고 환경요인에 대하여 안전한 것이 특징이다. 대체로 단인자 또는 소수인자에 의하여 지배되는 경우가 많아 단인자 저항성(Monogenic) 또는 주동인자(Major gene)이라고도 한다.

나) 수평 저항성(Horizontal Resist-

ance) : 모든 레이스에 대하여 어느 정도 저항성이지만 수직저항성처럼 효과가 크지 않다. 일명 일반저항성(Generalized Resistance) 또는 비특이적 저항성(Nonspecific)이라고 하며 대체로 다수유전자에 지배되는 경우가 많으므로 다인자(Polygenic) 저항성이라고도 하며 비동인자 저항성 또는 포장저항성(Field Resistance)이라고도 한다.

다) 기주와 병원균 상호작용의 유전 : 어느 품종에 한개의 저항성 유전자가 있다면 그것에 대응하는 병원균 측에도 한개의 보족인자로서 병원성을 결정하는 유전자를 갖는다. 이같은 기주 기생체 간의 상호작용을 유전자대 유전자설(Gene for gene theory)이라고 한다. 예를 들면 아마누병과 벼 도열병균에도 이설을 적용, 해석하고 있다.

4. 작물병해의 이병화 원인

가) 병원균의 분화에 의한 이병화 : 어느 지역이든 그 당시 재배되고 있는 품종의 변천에 따라 새로운 생리형은 끊임없이 전술한 기작에 의하여 출현하게 된다. 그 실패를 벼도열병, 흰빛일마름병 및 기타 전작물병해에서 소개하면 다음표 1, 2에서와 같다. 더욱이 우점 생리형의 출현빈도는 그 당시 보급, 재배되고 있는 품종과

□ 주요 작물의 이병화 원인과 방제 대책 □

<표 1> 수도 주요 병원균의 분화에 의한 이병화 실례와 대체품종

병 별	국 명	이병화된 품 종	대 체 품 종	국 명	이병화된 품 종	대 체 품 종
도 열 병	일 본	'62년 Pi-5 (T-레이스)	레 이 호	한 국	'10~'40년 재래 종(N-레이스)	농립계 품종
		'63년 쿠사부에 (C-레이스)	"		'50년 농립계통	호마레니시기 품종
		'64년첸슈락, 유 가라(C-레이스)	이시가리, 와 자바, 후꾸니 시가니혼바레		'60년 중국계 품 종(C-레이스)	인디카×자포 니카계 신품 종
		'63년 레이호 (T-레이스)			'70년 증반 신품 종(변이군)	밀양 30호와 수원계통
흰 빛 잎 마 름 병	필 리 핀 일 본	'70년 IR8, 24	IR20, 36, 42	한 국	'65년 김마제 (I 군군)	농립 6호
		'58년 아가가계 (II 군군)	니시가가계, 나 고마사규품종		'76년 밀양 23호 (Kressek)	밀양 30호
통 구 리 스 병	필 리 핀 동 남 아	'65년 대부분 인 디카 품종	IR8, Bengawan	-	-	-
깨 씨 무 늪 병	인 도 (벵갈)	'42년 대부분 인 디카 품종	Dakar Nag- ra 273-32, Patnai 549-33	-	-	-

<표 2> 주요 전작물병의 대발생으로 인한 이병화의 실례와 대체품종

작 물	병 명	국 별	이 병 화 된 품 종	대 체 품 종
밀	줄기 녹병	미 국	'35년 세레스품종(레이스 56)	카프리품종
"	"	"	'53년 드름품종(레이스 15B및 58)	카프리품종
"	"	"	'55년 카프리품종(레이스 38)	저항성품종
"	"	호 주	'38년 유태카품종	저항성품종
"	붉은 녹병	캐나다	'38년 리노온품종	"
옥수	깨씨무늬병	미 국	'70년 Tms 잡종	Normal품종
감자	역병	영 국	'45년 재래종	저항성품종
"	"	미 국	'61년 펜트랜드델품종	저항성품종
강남콩	모자이크병	미 국	'50년 리휴지품종	저항성품종
콩	모자이크병	한 국	'76년 광교품종	수원계품종
보리	흰가루병	미 국	'50년 Mlg 유전자품종	저항성품종
귀리	감부기병	미 국	'19년 카노다품종	저항성품종
"	점무늬병	"	'42년 빅토리아품종	"

□ 주요 작물의 이병화 원인과 방제 대책 □

<표 3> 작물병해에 의한 이병화와 그 재배품종의 보급 지속기간

작 물	품 종	병 명	국 명	보급연도	이 병 화 도 연	보급지속기간(년)
밀	Renown	붉은녹병	캐나다	'37	'43	6
"	Lee	"	캐나다	'50	—	—
"	Eureka	줄기녹병	호 주	'38	'42	4
귀 리	Kanota	잠부기병	미 국	'19	'28	
"	Victoria	반점병	"	'42	'46	4
토 마 토	—	반점병	캐나다	'61	'63	2
말 기	—	뱀눈병	"	'60	'63	3
밀	Ceres	줄기녹병	미 국	'26	'35	9
"	"	비린잠부기병	"	'53	'54	1
"	Elgin	줄기녹병	"	'53	'59	6
"	Omar	"	"	'57	'60	3
보 리	M1g 유전자 품종	흰가루병	"	'52	'54	2
"	M1a 6 " "	"	"	'55	—	6
감 자	Pentland Dell	역 병	"	'61	'67	6
수 도	Pi-5	도 열 병	일 본	'60	'62	2
"	통 일	"	한 국	'72	'78	6

밀접한 관계를 가지고 있다(그림 3 참조).

벼통구로 바이러스병에 의해 '65년 필리핀 및 동남아 전역에 인도형 벼가 이병화 된 사실과 깨씨무늬병에 의하여 인도 벵갈지방에 대발생한 것도 특기할만 하다. 수도 뿐만 아니라 전작물에도 표 2에서와 같이 밀 장래품종이 줄기녹병균의 새로운 레이스에 의한 이병화 실례는 미국 병리사에 있어 너무도 유명한 일이다.

이같이 병해의 새로운 생리형 출현에 의한 이병화로 인한 재배품종의 저항성 지속기간을 요약하여 보면

표 3에서와 같이 경우에 따라 달라 최단기인 1년간에서 최고 9년까지 지속됨을 알 수 있다.

나) 도입된 신 병원체에 의한 이병화 : 역사적으로 보면 오랫동안 재배되었던 지역에서는 크게 문제시 않되나 이작물이 새로운 지역으로 도입됨에 따라 병이 묻어 들어와 발병에 호적 조건이 조성되면 대발생되어 크게 피해를 주고 문제시 되었는때 그실례는 다음 표 4와 같다. 그러므로 식물 검역의 중요성을 재삼 실감케 한다.

다) 신 우점레이스의 초이병화 현상 (超罹病化現象, Vertifolia Effect)도래

<표 4>

우리나라에 침입, 정착한 몇가지 식물병

병 명	병 원 균	침 입 경 로	침입년도
사과나무 화상병	<i>Erwinia amylovora</i>	미국→일본→한국	1914년경
" 검은별무늬병	<i>Venturia inaequalis</i>	미국→한국	1972년
복숭아나무탄저병	<i>Gloeosporium laeticolar</i>	일본→한국	1914년경
포도나무 노균병	<i>Plasmopara viticola</i>	미국→일본→한국	1915년경
감귤 궤양병	<i>Xanthomonas citri</i>	일본→한국	1935년경
감자 더렁이병	<i>Streptomyces scabies</i>	일본→한국	1913년
감자 역병	<i>Phytophthora infestans</i>	남미→미국→일본 →한국	1919년
감자둘레썩음병	<i>Corynebacterium sepedonicum</i>	미국→일본→한국	1964년
감자 탄저병	<i>Colletotrichum atramentarium</i>	일본→한국	1970년
고구마검은무늬병	<i>Ceratomyella fimbriata</i>	미국→일본→한국	1942년
토마토·궤양병	<i>Corynebacterium wichiganense</i>	미국→일본→한국	1975년
목화탄저병	<i>Glomerella gossypii</i>	미국→한국	1914년
벼흰빛잎마름병	<i>Xanthomonas oryzae</i>	일본→한국	1930년
벼 검은 줄무늬병	Black leaf streak virus	일본→한국	1973년

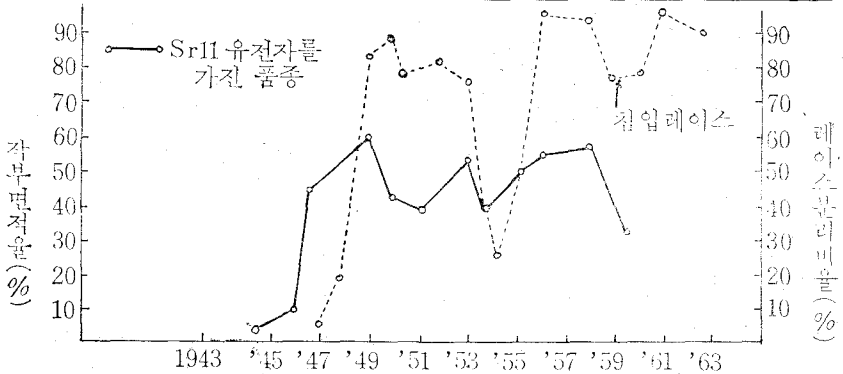


그림 3) 호주에서의 밀줄기녹병에 저항성 품종 작부비율과 그에 따른 병원성 레이스 분리비율과의 관계('63; Watson, Luig)

앞에서 언급한 바와같이 어느 한 품종을 집단적으로 균일하게 재배함으로써 그 품종을 침해하는 새로운 균형이 전국적으로 확산 분포하게 되며 결과적으로 초 이병화 현상이

조성된다. 실패를 우리나라 뿐만 아니라 외국에서도 찾아 볼 수 있다. (그림 3,4참조) 구체적으로 말하면 지난해 밀양 23호 품종군을 침해하는 흰빛잎마름병균의 1 균형이 전국

□ 주요 작물의 이병화 원인과 방제 대책 □

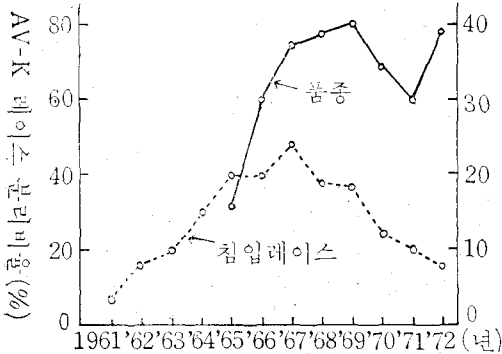


그림 4) 일본 신사현에 있어서 벼 Pi-K 품종의 재배면적율과 벼도열병균 Av-K⁺ 레이스의 분비율(일본, Kiyosawa)

<표 5> 벼흰빛잎마름병균의 균형반응에 따른 품종군의 재배비율 ('79: 농기연)

구 분	품 종 군				
	밀양 23호	유 신	통 일	신 2호	
균 형	I	S※	R	R	R
	II	S	S	R	R
	III	S	S	S	R
	IV	S	S	S	S
	V	S	R	R	S
재배면적 (ha)	994, 140	107, 044	116, 116		0
비 율(%)	81.7	8.8	9.5		0

※S: 이병성, R: 저항성

적으로 분포하고 있으며 그 재배면적 비율은 82%나 되었다(표 5참조).

5. 방제 대책

가) 단기 대책

식량작물의 주요병해를 위주로 설

명한다면 첫째: 어느 병해의 제 1차전염원을 철저히 소거하여야 할 것이다. 왜냐하면 이 전염원은 계속 자연상태인 포장에서 월동하기 때문이다.

둘째: 종자는 파종전 효과적이고 안전한 새로운 침투성 약제로 종자소독을 실시할 것이다. 주요 병해는 대부분 종자전염하기 때문이다.

셋째: 효과적인 약제로 정기적으로 방제적기에 충분한 양을 살포할 것이다. 예를들면, 두가지 병해를 동시에 방제할 수 있는 약제 또는 병해충을 동시에 방제할 수 있을 경우 혼합제의 사용도 바람직하다 하겠다.

<표 6> 벼 도열병 및 흰빛잎마름병에 대한 입제 5호의 동시방제 효과(농기연, '79)

구 분	이 병 율(%)		
	잎도열병	목도열병	흰빛잎마름병
약제살포구	0.7	21.3	23.9
무처리	6.7	41.8	66.7

네째: 경중적인 발병 억제조치로서 합리적인 시비 특히 질소질비료의 과용을 삼가고 규산질 비료 등 토양개량제도 사용할 것이다.

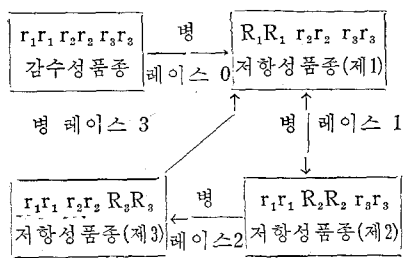
다섯째: 동일지역내에서는 단일품종만을 재배하지 말고 몇가지 품종을 교호로 재배하여 발병레이스의

경함으로써 발병을 억제시킬 것이며 그리고 지역을 감안한 저항성 품종을 작부체제별로 재배하여 종합방제 체계로 나아가야 할 것이다.

나) 장기 대책

첫째 : 저항성이 다른 품종으로 교대재배한다. 근연교잡과 병행하여 원연교잡도 수행하여 저항성 품종을 육종재배하여야 한다. 참고로 교대재배에 의한 모식도는 그림 5에서와같이 한 레이스에 저항성인 품종이 이병화 되면 곧 저항성이 다른 제 2

그림 5) 1개 병원균에 대한 기주의 방향선발을 이용함으로써 유전적 취약성을 최소한으로 감소시킬 수 있는 세가지 유전인자를 가진 품종의 윤작 체계도 ('77 : Crill)



품종으로 대체하고 또 이 품종이 새로운 레이스에 이병되면 다시 다른 품종으로 대체하여 재배하여야 한다

둘째 : 저항성 품종을 육종하기 위하여는 새로운 Germ plasm을 수집 분석함은 물론 종자보존 및 그 품종의 유전적 특성을 분류 컴퓨터화하여야 할 것이다.

셋째 : 더욱 효과적인 품종저항성 검정방법의 개발과 그 효과적인 방법에 의한 검정을 강화하여야 한다. 이를 위하여는 국제 연구기관과의 협력체제를 강화하여야 할 것은 두말할 나위도 없다.

네째 : 새로운 병원균 레이스 출현의 사전탐색 및 발생생태연구를 강화하고 새로운 예찰방법을 개발하여야 할 것이다. 끝으로 저항성 품종 육성의 관련체제를 정비하여야 한다 이에 관련하여 산학협동 및 공동연구체제의 강화로서 소기의 목적을 달성하여 궁극적으로 식량증산을 지속화하여 나아가야 할 것이다.

