

강원지역 포장에서 분리한 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 metalaxyl에 대한 감수성 변화

장현철 · 정은경 · 이윤수¹ · 김병섭*

강릉대학교 식물응용과학과, ¹강원대학교 식물응용과학부

요약 : 감자역병에 대한 각종 살균제의 방제효과 변화를 조사한 결과 metalaxyl의 방제가는 dimethomorph 및 ethaboxam과 비슷한 방제효과를 나타내었다. 실내에서 metalaxyl에 대한 반응을 조사한 결과 2001년 분리된 균주중 저항성균은 4.9%, 중도 저항성균은 87.8%, 감수성균이 7.3%로 나타났다. 2002년 분리된 균주들은 저항성균이 14.5%, 중도 저항성균이 80.1%, 감수성균이 5.4%로 각각 나타났으며, 저항성균은 대부분이 황계 지역에서 분리된 균이었다. 감자역병균의 교배형을 조사한 결과 2001년에 분리된 모든 균은 A1형으로 나타났으며, 2002년 분리된 균주중 86.4%는 A1형으로 나타났고, 평창군 황계 지역에서 분리한 균에서만 A2형이 출현하였다. Metalaxyl의 방제효과가 증가된 주요한 원인은 90년대 초에 비하여 저항성균의 밀도가 줄어든 반면, 중도 저항성균과 감수성균의 밀도가 증가되었으며, metalaxyl에 저항성을 지닌 A2균의 밀도가 줄어든 것에 기인하는 것으로 판단되었다.(2003년 1월 2일 접수, 2003년 3월 14일 수리)

Key words : *Phytophthora infestans*, change of metalaxyl sensitivity, metalaxyl resistance, mating type.

서 론

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary에 의해 발생되는 감자역병은 가지과 작물에만 발생하는 매우 중요한 병해이다. 감자역병은 감자의 줄기와 잎을 고사시키고 심하면 괴경 부패를 일으키며 몇 일 사이에 포장 전체를 괴멸할 수 있다. 감자 역병의 초기 전염원은 감염된 괴경이다. 심하게 감염된 괴경은 저장 중에 쉽게 부패되지만 적게 감염된 괴경은 다음해 종자로 사용되어 1차 전염원이 될 수 있다(Ryu 등, 2001).

감자 역병균은 자웅이주균(heterothallic)으로서 유성 생식을 위하여 서로 다른 두가지 교배형(A1, A2)을 필요로 하며, 두 교배형의 균사 접합에 의해서 유성 생식 기관인 난포자(oospore)가 생성된다. 감자 역병균은 주로 무성생식에 의하여 형성된 분생포자로 감자의 잎, 줄기 또는 괴경을 침해한다. 병원균은 주로 감자 괴경에서 균사체 또는 난포자 형태로 월동을 하지만 특히 폭발적인 전염은 공기전염을 하는 분생포자

에 의해 일어나며, 전 세계적으로 감자가 재배되는 곳은 어디든지 감자 역병의 대발생 가능성이 잠재하고 있다(김 등, 2000).

감자 제일 생산 대국인 중국과 감자 재배면적이 넓은 북아메리카의 중동부와 북서유럽에서 역병이 가장 큰 문제가 되고 있는데 국내에서도 씨감자 생산지인 강원도 고랭지 지역 및 남부 지역에서 역병이 많이 발생하며 수확량도 줄어들고 있다(함 등, 1978; 張, 2001). 감자 역병은 병원균의 다양성, 즉 저항성 유전자에 의한 특정 race의 출현으로 방제가 어려워지고 있다. 지금까지 재배되고 있는 대부분의 감자 품종들은 역병에 대한 수평 저항성이 없기 때문에 재배 농가들은 정기적인 살균제를 살포하는 화학적 방제에 의존하여 역병을 방제하고 있다. 이러한 동일 살균제의 잦은 연용은 병원균의 저항성을 유발시킬 우려가 높다(김, 2001).

Phenylamide계의 살균제로 RNA 합성 억제 작용기 작을 가지고 있으며 난균강(Oomycetes)에 선택적 효과가 있는 metalaxyl은 1977년 Ciba Geigy사에서 개발되었다. 이 약제는 약효가 탁월하고, 경엽처리에 의한 침투이행 효과를 가지고 있어 치료효과를 나타내는

*연락처

장점을 가지고 있어 전 세계적으로 널리 사용되었다 (Bruck 등, 1980).

그러나 1980년대 초, metalaxyl이 시판된지 약 2년 후 이스라엘의 오이 재배온실에서 노균병균이 metalaxyl에 대한 약제 저항성을 나타내어 막대한 경제적 손실을 일으켰다. 또한 1980년 중반에는 네덜란드와 아일랜드의 감자 포장에서 metalaxyl에 저항성을 보인 감자 역병균의 출현으로 방제 효과가 감소되었다(Daggett 등, 1993; Davidse 등, 1981; Delp, 1988; Dowley와 O'Sullivan, 1981).

국내에서는 최 등(1992)이 1990년과 1991년에 강원도 및 경남 지역에서 분리한 역병균들이 metalaxyl에 대해 저항성을 보였다고 처음 보고하였고, 고 등(1994)과 이 등(1994)이 국내에서 분리한 감자 역병균의 대부분이 metalaxyl에 저항성임을 보고하였다. 따라서 이 약제는 감자 역병균의 방제 효과가 없는 것으로 알려졌다.

그러나 최근에 김 등(2000)과 김(2001)은 감자역병균이 metalaxyl에 대해서 1990대 초와는 다른 반응을 나타냄을 보고하였지만 metalaxyl의 감자역병 방제 효과가 어떻게 변화하였는지는 알 수 없는 상황이다. 본 연구는 우리 나라 중서 생산의 중심지인 강원도에서 metalaxyl의 포장에서 방제효과 변화와 그 변화요인을 조사하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 균주

2001년과 2002년에 강원도 강릉시 및 왕산면, 평창군 진부 및 횡계, 횡성군, 정성군 임계 등의 감자역병 발생포장에서 병든 잎을 채집하였다. 병든 잎을 Petri dish(직경; 87mm)에 잎 뒷면이 위로 향하게 놓은 후 그 위에 0.5cm의 감자 절편을 치상하여 18~20℃의 저온 항온기에서 3~5일간 배양하였다. 감자 절편에서 자란 균사 선단을 잘라 다시 역병 분리용 선택 배지에 치상하여 병원균을 순수 분리하였으며, 본 실험에 사용하였다. 역병 분리용 선택 배지의 조성은 항생제(ampicillin 500 ppm, vancomycin 200 ppm, rifampicin 50 ppm)와 항진균제(pimaricin 4 mL, PCNB 35 ppm)를 포함한 V8-juice agar 배지(200 mL V8-juice, 4.5 g CaCO₃, 20 g agar, 800 mL D.W.)를 사용하였다.

포장에서 metalaxyl의 방제효과 변화

포장에서 metalaxyl의 방제효과 변화를 조사하기 위하여 2001년에는 평안지인 강릉시 송정동 감자포장과 해발 720 m의 고랭지인 강릉시 왕산면 대기리 감자포장에서 수행하였으며 각각 4월 6일과 4월 20일에 파종하였다. 시험은 난피법으로 8개 처리구로 3반복으로 수행하였다. 2002년에는 해발 720 m의 고랭지인 강릉시 왕산면 대기리 감자포장에서 수행하였으며 5월 15일에 파종하였다. 시험은 난피법으로 4개 처리구로 3반복으로 수행하였다. 포장에서 약효시험에 사용한 감자 품종은 수미이다. 시험에 사용된 약제로는 리도밀 수화제(metalaxyl 25% wp), 폼 수화제(dimethomorph 25% wp) 및 그 합제, 에타복삼수화제(ethaboxam 15%, 25% wp), 타로닐 수화제(chlorothalonil, 75%), 시아조파미드 액상수화제(cyazofamid, 10%), 웨나미돈·싸이목사닐 수화제(fenamidon 5%, cymoxanil 12%), 웨나미돈·포세틸알 입상수화제(fenamidon 4.2%, fosetyl-Al 63.3%)를 사용하였다. 약제는 발병직전부터 10일간격으로 3번 살포하였으며 살포 후 15일째에 시험구 당 30주에서 발병도를 조사하였다.

Metalaxyl에 대한 반응성

Metalaxyl 저항성 정도를 조사하기 위해 분리된 균주를 metalaxyl 10 µg/mL가 첨가된 평판배지에 접종하여 20℃ 항온기에서 5일간 배양하였다. 대조구에 대한 상대적인 균사의 생육정도에 따라 대조구 생장의 40% 이상 성장하면 저항성(R, resistance), 40% 미만으로 성장하면 중도저항성(MR, moderately resistance), 전혀 성장하지 못한 균주는 감수성(S, sensitive)으로 분류하였다.

교배형(mating types) 결정

포장에서 metalaxyl의 방제효과 변화요인을 조사하고자 교배형 변화를 조사하였다. 각 지역에서 채집, 분리한 역병균의 교배형 결정은 A1형(KA-2)과 A2형(BC-3) 표준균주를 이용하여 조사하였다.

V8+Rye agar 배지에서 10일간 자란 교배형 표준균주의 균총 선단부에서 직경 5 mm의 균사조각원을 떼어내어 새로운 V8+Rye agar 배지에 각각 치상하였다. 병든 감자에서 분리한 균주의 균총 선단부에서 5 mm 균사조각원을 떼어내어 각각 A1형과 A2형 표준 균주

와 대치 배양하여 양 균사가 겹친 부분을 현미경으로 검경하여 난포자의 형성 유무를 조사하고 교배형을 결정하였다. KA-2균주(A1형)와 대치 배양한 균에서 난포자가 관찰되면 A2형으로, BC-3균주(A2형)와 대치 배양한 균에서 난포자가 관찰되면 A1형으로 결정하였다.

결 과

병원균 분리

평안지인 강릉 및 그 주변 지역과 고령지인 강릉시 왕산면에서 2001년 82균주를 분리하였다. 2002년에는 평안지인 강릉시 및 그 주변 지역, 고령지인 평창군 황계면, 준 고령지인 평창군 진부면, 황성군, 삼척시 및 정선군 임계면 등 지역에서 139균주를 분리하여 본 실험에 사용하였다(표 1).

Table 1. Origin of *Phytophthora infestans* isolates collected from potato at Gangwon areas in Korea in 2001 and 2002

Year (Location)	Number of isolate
2001	
Gangneungshi	12
Gangneungshi Wangsan	70
2002	
Gangneungshi	14
Gangneungshi Wangsan	34
Hoengsunggun	8
Jungsunggun Imgae	12
Pyongchanggun Daehua	35
Pyongchanggun Hoenggae	40
Pyongchanggun Jinbu	7
Samchoekshi	9
Total	221

포장에서 metalaxyl의 방제효과 변화

씨감자 생산지인 고령지를 중심으로 하는 강원지역 감자포장에서 metalaxyl의 방제효과 변화를 조사하기 위하여 2001년에는 평안지인 강릉시 송정동 감자포장과 고령지인 강릉시 왕산면 대기리 감자포장에서 약제실험을 수행하였다. 2002년에는 고령지인 강릉시 왕산면 대기리 감자포장에서만 실험을 수행하였다.

2001년 강릉시 송정동 감자포장에서 metalaxyl에 의한 감자 역병의 방제가는 98.7%로 dimethomorph 합제에 의한 방제가 98.1%와 ethaboxam에 의한 방제가 88.3%보다 조금 높은 약효를 나타냈지만 통계적인 유의성은 없었다. 2001년 고령지인 강릉시 왕산면 대기리의 시험 포장에서 metalaxyl에 의한 감자 역병 방제가는 99.7%로 dimethomorph에 의한 방제가 84.1%와 ethaboxam에 의한 방제가 79.9%보다 우수하였다. 하지만 송정동 포장에서의 실험결과와 동일하게 처리한 약제간에 유의성은 인정할 수 없었다(표 2).

2002년 고령지인 강릉시 왕산면 대기리 감자포장에서 metalaxyl에 의한 감자역병의 방제가는 100%로 제형이 서로 다른 ethaboxam에 의한 방제가 98.8%와 98.6% 및 dimethomorph에 의한 방제가 99.7%와 비슷한 방제효과를 나타냈다. 포장에서 metalaxyl 방제효과 추이를 분석하고자 1995년부터 2002년까지 metalaxyl의 방제가를 비교한 결과 1995년 순천과 1996년 강원도 평창 감자포장에서 metalaxyl의 방제가는 각각 65%와 75%로 비교적 낮았으나 2001년과 2002년에는 metalaxyl의 방제가가 98% 이상으로 높게 나타났다(표 2).

Table 2. Effect of various fungicides on the control of potato late blight in fields at Gangneung area

Fungicides applied	Control efficacy (%)		
	2001		2002
	Songjeong	Wangsan	Wangsan
Ethaboxam(20% WP)	- ^{a)}	-	98.8 b ^{b)}
Ethaboxam(15% WP)	88.3 b	79.9 b	98.6 b
Fenamidone+Cymoxanil	96.1 b	-	-
Fenamidone+Fosetyl-Al	96.1 b	-	-
Fenamidone+Mancozeb	97.4 b	92.5 b	-
Chlorothalonil	-	97.0 b	-
Cymoxanil	-	95.2 b	-
Cyazofamid	97.4 b	-	-
Dimethomorph	-	84.1 b	99.7 b
Dimethomorph+Propineb	98.1 b	-	-
Dimethomorph+Cu	98.1 b	-	-
Metalaxyl	98.7 b	99.7 b	100 b

^{a)}Not tested.

^{b)}Means followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test).

Table 3. Effect of metalaxyl on the mycelial growth of *Phytophthora infestans* isolates obtained from Gangwon areas in 2001-2002

Year (Location)	Isolate tested	Sensitivity to metalaxyl ^{a)}		
		S	MR	R
2001				
Gangneungshi	12	0(0.0) ^{b)}	10(83.3)	2(16.7)
Gangneungshi Wangsan	70	6(8.6)	62(88.6)	2(2.8)
Subtotal	82	6(7.3)	72(87.8)	4(4.9)
2002				
Gangneungshi	14	2(14.3)	12(85.7)	0(0.0)
Gangneungshi Wangsan	34	0(0.0)	34(100)	0(0.0)
Hoengsunggun	8	0(0.0)	8(100)	0(0.0)
Jungsunggun Imgae	12	1(8.3)	11(91.7)	0(0.0)
Pyongchanggun Daehua	35	1(6.7)	34(93.3)	0(0.0)
Pyongchanggun Hoenggae	40	0(0.0)	14(35)	26(65)
Pyongchanggun Jinbu	7	0(0.0)	5(71.4)	2(28.6)
Samchoekshi	9	2(22.2)	7(77.8)	0(0.0)
Subtotal	139	6(4.3)	105(75.5)	28(20.1)
Total	221	12(5.4)	177(80.1)	32(14.5)

^{a)}Based on the percentage of hyphal growth relative to the control, individual isolates were classified as three classes of responses (S; sensitive, MR; moderately resistant, R; resistant).

^{b)}Percentage of resistant isolates in parentheses.

Metalaxyl 약제반응

2001년 강원도 지역의 고랭지인 왕산과 평산지인 강릉 및 그 주변지역에서 분리한 82균주와 2002년 강원도 지역의 고랭지, 준고랭지와 평산지에서 분리한 139균에 대하여 metalaxyl에 대한 약제반응을 조사한 결과는 표 3에서 보는 바와 같다. 2001년 강원도 지역에서 분리한 균들에서는 저항성균이 4.9%, 중도 저항성균이 87.8%, 감수성균이 7.3%로 나타났다. 2002년 강원도 지역에서 조사한 균들에서는 저항성균이 20.1%, 중도 저항성균이 75.5%, 감수성균이 4.3%로 나타났다(표 3).

교배형 조사 및 분포

2001년 분리한 82균주와 2002년 분리한 139균주의 교배형을 조사한 결과, 2001년 분리 조사된 균주는 모두 A1교배형으로 나타났다. 그러나 2002년에는 분리한 균주 중 40균주 중 20균주가 A2형으로 나타났으며, 그 외 지역들에서 분리한 균은 모두 A1형이었다. 2002년 분리한 전체 139균주 중 A1형이 85.6%, A2형이 14.4%로 나타났다(표 4).

고찰

Kim 등(1999)의 연구에 의하면 1995년 순천과 1996년 평창 포장에서 metalaxyl의 방제효과는 각각 65%와 75%를 나타냈으나, 2001년 평산지인 강릉시 송정동 포장과 고랭지인 강릉시 왕산면 대기리 포장에서 metalaxyl의 방제가는 각각 98.7%와 99.7%로 나타났고 2002년 고랭지인 강릉시 왕산면 대기리 포장에서 100%의 방제효과를 보여 metalaxyl의 방제가가 높아지는 경향을 볼 수 있다. 강원도 지역에서 metalaxyl 저항성균은 점차적으로 줄어들고, 중도 저항성균은 점차적으로 증가하였으며, 감수성균은 큰 변화가 없는 것으로 나타나 metalaxyl의 감자포장에서 약효 증가는 저항성균 밀도의 감소에 기인한 것으로 사료된다.

Metalaxyl이 감자 역병에 효과적인 약제로 보급되기 시작한 1980년대 초부터 전 세계적으로 metalaxyl 저항성균들이 보고되기 시작하였다(Davidse 등, 1981; Dowley와 O'Sullivan, 1981). 국내에서도 1990년대 초, 고 등(1994)과 이 등(1994)이 국내 감자 역병균이 대

Table 4. Determination of mating types of *Phytophthora infestans* isolates obtained from Gangwon areas in 2001 and 2002

Year (Location)	Isolate	Mating type	
		A1	A2
2001			
Gangneungshi	12	12(100) ^{a)}	0(0.0)
Gangneungshi Wangsan	70	70(100)	0(0.0)
Subtotal	82	82(100)	0(0.0)
2002			
Gangneungshi	14	14(100)	0(0.0)
Gangneungshi Wangsan	34	34(100)	0(0.0)
Hoengsunggun	8	8(100)	0(0.0)
Jungsunggun Imgae	12	12(100)	0(0.0)
Pyongchanggun Daehua	35	35(100)	0(0.0)
Pyongchanggun Hoenggae	40	20(50)	20(50)
Pyongchanggun Jinbu	7	7(100)	0(0.0)
Samchoekshi	9	9(100)	0(0.0)
Subtotal	139	119(85.6)	20(14.4)
Total	221	201(91.0)	20(9.0)

^{a)}Percentage of mating type isolates.

부분 metalaxyl에 저항성이라고 보고하였다. 그러나 본 연구 결과에서 전체적으로 저항성균의 밀도는 낮아지는 경향을 나타내어 1990년대 초와는 다른 경향을 나타내었다. 한국에서 metalaxyl에 대한 저항성 분포 및 감수성 변화추세에 대하여 앞으로 더 조사 연구할 필요가 있다.

2002년 황계 지역의 고랭지 시험장포장에서 분리한 균주에서 65%의 저항성균이 출현하였고, 중도 저항성균은 35%로 나타난 것으로 보아 저항성균의 분포밀도가 다른 지역에서보다 높은 것을 알 수 있다.

Metalaxyl의 감자역병 방제효과 변화의 또 다른 요인은 감자 역병균의 교배형이 영향을 미칠 것으로 생각된다(Chang과 Ko, 1990). 1980년대 후반까지 A2교배형은 A1교배형과 함께 멕시코에만 분포하는 것으로 생각되어져 왔으나, 한국을 포함한 세계 각 지역에서 A2 교배형이 보고되었다(Fry 등, 1992; Kato 등, 1998; Mosa 등, 1989; Spielman 등, 1991; 고 등, 1994; 이 등, 1994). 이러한 보고는 감자 역병균 집단이 이동을 통해 전 세계적으로 A2교배형이 A1교배형을 대체하고 있다는 것이다. 그러나 본 연구 결과에서는 2001년 분리한 균주 모두 A1형으로 나타났고 2002년 분리한 균에서 A1과 A2교배형이 출현하였으나 강원 지역에서 주요하게 분포된 교배형은 A1형이었다.

2002년 분리한 균주 중 A1형은 85.6%였고 A2형은 14.4%로 나타났는데, A2균은 단지 대관령 고랭지인 황계 지역에서만 분리되었다. 이 지역 포장에서 A2균이 분리된 원인은 이 지역이 고랭지로서 여러 연구기관에서 장기간 감자육종을 위하여 다양한 품종을 재배한 것과 주변의 농가에서 metalaxyl의 사용과 그 지역의 특수기후 조건과 관련이 있다고 생각한다.

따라서 metalaxyl의 감자 역병에 대한 방제효과가 증가된 원인은 1990년대 초에 비하여 저항성균의 밀도가 줄어들고 중도 저항성균과 감수성균의 밀도가 증가한 것이라고 판단되며 metalaxyl에 고도의 저항성을 지닌 A2균의 빈도가 줄어든 것에 의한 것이라고 생각한다.

감사의 글

이 논문은 한국과학재단의 특정기초연구비(R01-2000-00199-0)에 의하여 수행한 것으로 재단측에 감사료를 포함합니다.

인용문헌

Bruck, R. I., W. E. Fry and A. E. Apple (1980) Effect

- of metalaxyl, an acylalanine fungicide, on developmental stages of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 70:597~601.
- Chang, T. T., and Ko, W. H. (1990) Effect of metalaxyl on mating type of *Phytophthora infestans* and *P. paracitica*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 56:194~198.
- Daggett S. S., E. Gotz and C. D. Therrien (1993) Phenotypic changes in population of *Phytophthora infestans* in potato and tomato leaves. *Phytopathology* 83:319~323.
- Davidse, L. C., D. Looijen, L. J. Turkensteen and D. Van Der Wal (1981) Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *Neth. J. Plant Pathol.* 87:65~68.
- Delp, C. J. (1988) Fungicide resistnace in North America. APS Press.
- Dowley, L. J and E. O'Sullivan (1981) Metalaxyl resistant strains of *Phytophthora infestans*(Mont.) de Bary in Ireland. *Potato Research* 24:417~421.
- Fry, W. E., S. B. Goodwin, J. M. Matuszak, L. J. Spielman, M. G. Milgroom and A. Drenth (1992) Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. *Ann. Rev. Phytopathol.* 30:107~129.
- Kato, M., N. Sato, K. Takahashi and T. Shimanuki (1998) Yearly change of frequency and geographical distribution of A2 mating type isolates of *Phytophthora infestans* in Japan from 1987 to 1993. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 64:168~174.
- Kim, D. S., H. C. Park, S. J. Chun, S. H. Yu, K. J. Choi, J. H. Oh, K. H. Shin, Y. J. Koh, B. S. Kim, Y. I. Hahm and B. K. Chung (1999) Field performance of a new fungicide ethaboxam against cucumber downy mildew, potato late blight and pepper *Phytophthora* blight in Korea. *The Plant Pathology Journal* 15:48~52.
- Mosa, A. A., M. Kato, N. Sato, K. Kobayashi and A. Ogoshi (1989) Occurrence of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* on potato in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 55:615~620.
- Ryu K. Y., W. F. Lou and Y. Wang (2001) Status of potato late blight (*Phytophthora infestans*) in Yunnan province of the Southwest China. *Proceedings of the International Workshop on Potato Late Blight* pp.11~139.
- Spielman, L. J., A. Drenth, I. C. Davidse, L. J. Sujkowski, W. Gu, P. W. Tooley and W. E. Fry (1991) A Second world-wide migration and population displacement of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 40:422~430.
- 고영진, 정희정, W. E. Fry (1994) 우리나라 감자 역병균 A2 교배형 및 Metalaxyl 저항성균의 빈도 및 분포의 변화. *한국식물병리학회지* 10:92~98.
- 김병섭, 최진희, 전환홍, 류경열, 함영일, 이윤수 (2000) 강원지역에서 분리한 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 교배형 및 metalaxyl 저항성. *한농약과학지* 4:59~63.
- 김병섭 (2001) 강원지역에서 감자 역병균의 교배형 변화와 metalaxyl에 대한 감수성 변화. *Proceedings of the International Workshop on Potato Late Blight* pp. 11~139.
- 이왕휴, 소만서, 최인영 (1994) 감자 역병균(*Phytophthora infestans* De Bary)의 약제저항성 및 교배형. *한식병지* 10:192~196.
- 張志銘, 中國馬鈴薯晚疫病的研究進展與綜合防治 (2001) *馬鈴薯雜誌* 10:131~135.
- 최경자, 김병섭, 정영륜, 조광연 (1992) 감자 재배포장에서 metalaxyl 저항성인 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 발생. *한식병지* 8:34~40.
- 함영일, 한병희, J. D. Francowiak (1978) 한국의 고령지대에 있어서의 감자 역병 발생 예찰에 관하여. *한식보호지* 17:81~88.

Changes of metalaxyl sensitivity of *Phytophthora infestans* isolated from potato fields of Gangwon area

Xuan-Zhe Zhang, Eun-Kyung Chung, Youn-Su Lee¹ and Byung-Sup Kim* (*Department of Applied Plant Science, Kangnung National University, Jibyun-dong 123, Gangneung-shi, Korea 210-702 and ¹Department of Applied Plant Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea*)

Abstract : Changes of control effect of metalaxyl to potato late blight caused by *Phytophthora infestans* were examined in potato fields in 2001 and 2002. Control efficacy of metalaxyl was similar to those of dimethomorph and ethaboxam. About 4.9% of the fungal isolates examined in 2001 were resistant, 87.8% were intermediate, and 7.3% were sensitive to metalaxyl. Among the isolates collected in 2002, 20.1% were resistant, 75.5% were intermediate, and 4.3% were sensitive to the chemical. However, most of resistant isolates were isolated from Pyongchanggun Hoenggae area. Eighty eight isolates collected in 2001 were all A1 mating type, while both A1 and A2 mating types were found in 2002. About 85.6% of the isolates collected in 2002 were A1 mating type, but all the rest (A2 mating type) was isolated from Hoenggae area. Increased control efficacy of metalaxyl to potato late blight might be caused by the increase of moderately resistant and sensitive isolates with decreasing the resistant isolate, and the decreased population of A2 mating type which is resistant to metalaxyl.

*Corresponding author (Fax : +82-33-640-2353, E-mail : bskim@kangnung.ac.kr)