

## 감자 흑각병원균 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* 의 화학적 방제

유용만 · Zhu Yong-zhe<sup>1</sup> · 배후남<sup>1</sup> · 김성문<sup>1</sup> · 임춘근<sup>1</sup> · 허장현<sup>1\*</sup>

(주) 경농 중앙연구소, <sup>1</sup>강원대학교 농업생명과학대학 생물환경학부

**요약** : 감자 생산에 치명적인 흑각병을 유발하는 흑각병원균(*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*)을 방제할 수 있는 화학적 방제제를 선별하기 위하여 7종의 항생제와 oxolinic acid, 그리고 4종의 구리제를 대상으로 병원균에 대한 억제효과와 저항성을 *in vitro*에서 조사하였다. Streptomycin, streptomycin sulfate, oxolinic acid 는 0.02 mM 처리 24시간 후, 그리고 구리제인 copper hydroxide, copper oxide, copper sulfate는 3 mM 처리 24시간 후 완전히 억제되었다. 약제들에 대한 병원균의 저항성을 조사하고자 최소 억제농도의 1.3배를 처리하고 72시간 후에 생존율을 조사한 결과, 항생제 및 oxolinic acid 처리구에서는 저항성균이 관찰되었으나, 구리제 처리구에서는 관찰되지 않았다. 저농도 처리로 병원균을 방제할 수 있는 2종의 항생제 및 oxolinic acid와 저항성균 유발 가능성이 낮은 구리제 3종을 혼합처리했을 경우, streptomycin+copper oxide(0.016+1.2 mM, 9.3+171.6 ppm), streptomycin+copper hydroxide(0.016+1.5 mM, 9.3+146.3 ppm), streptomycin sulfate+copper oxide(0.005+1.2 mM, 7.0+171.6 ppm), streptomycin sulfate+copper hydroxide(0.005+1.5 mM, 7.0+146.3 ppm) 처리 24시간 후 병원균의 생장은 완전 억제되었고, 72시간 후 저항성균이 전혀 관찰되지 않았다. 그러나 oxolinic acid+구리제 혼합처리의 경우와 2종의 항생제 및 oxolinic acid+copper sulfate 혼합처리의 경우 공히 균생장 억제효과가 나타나지 않았다. 본 실험의 결과는 효과적인 감자흑각병의 방제를 위하여 약제의 단일 사용보다는 혼합 사용하는 경우 더 높은 방제효과와 낮은 저항성균 유발효과가 있다는 것을 보여주고 있다.(2002년 8월 2일 접수, 2003년 3월 14일 수리)

Key words : *Solanum tuberosum*, blackleg disease, *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, bactericide.

### 서론

감자 흑각병은 병원균인 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*에 의하여 25℃ 이하의 비교적 저온 조건에서 감자의 지상부 및 피경에서 발생하는데, 그 병징은 주로 병원균의 pectate lyase 생산에 의한 식물조직의 연화와 부패이다(Perombelon *et. al.*, 1987; 김 등, 1993; 이와 김, 1996). 지역에 따라 다소 차이는 있지만 남부 시설재배지대와 고랭지 여름재배지에서 최고 15%가 병원균에 의해 피해를 입고 있다고 보고되어 있고(함, 2000), 미국의 경우 미국에서의 원핵생물에 의한 식물병 피해조사에 의하면 1976년 흑각병원균에 의하여 1,400만 달러의 피해를 가져왔다고 보고되어 있다(Kennedy, 1980).

현재 국내에서 검역대상 병원균으로 관리되고 있는 병원균은 1997년 제주지역에서 최초 발견된 이래, 최근에는 강원, 전북, 경북지역의 시설재배지와 고랭지 재배지로 확산되고 있으나(박 등, 1999; 이, 1999) 체계적인 방제법이 개발되어 있지 못하여 농민들은 미등록 농약인 농용신(streptomycin)과 일품(oxolinic acid)을 불법적으로 사용하고 있는 형편이다(Personal Comm. 안문섭). *Erwinia* 속 세균들은 streptomycin, ganamycin, agrimycin과 같은 농용항생제를 사용하여 방제할 수 있다고 몇몇 연구자들이 보고하였으나(김 등, 1993; 이와 김, 1996), 감자흑각병을 유발하는 병원균인 *E. carotovora* subsp. *atroseptica*에 대해서는 효과가 낮다는 연구결과도 보고된바 있다(Lund, 1979; 김 등, 1993).

현재 가장 광범위하게 사용되어지는 방제법은 유

\*연락처자

기·무기합성농약 및 항생물질 등에 의한 화학적 방제법이다(Delp, 1988; Fujimura, 1993; Josepovis 등 1992; Leroux and Gredt, 1989; Pollastro and Faretra, 1992).

따라서 감자흑각병을 유발하는 병원균을 방제할 수 있는 화학적 방제제를 선별하기 위하여 국내에서 시판 중에 있는 7종의 항생제와 oxolinic acid, 그리고 4종의 구리제를 대상으로 병원균에 대한 억제효과와 저항성을 *in vitro*에서 조사하였고, 살균력이 뛰어난 것으로 판명된 약제들을 혼합처리한 후 높은 억제효과와 저항성균 출현이 낮은 약제를 병원균의 방제제로 선별하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 균주 및 배양조건

강원도 홍천군 화촌면 군업리 감자경작지에서 흑각병 증상을 보이는 감자줄기를 채집하여, 감자의 이병 부위를 가로 세로 0.5 mm로 절단한 절편을 0.25% sodium hypochloride solution에 1분간 표면살균하고 멸균수로 세척한 후, 멸균수가 채워져 있는 1 ml micro tube에 넣고 마쇄한 다음, 이를 멸균수를 이용하여  $10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$ 배로 희석하였다. 희석액을 mannitol glutamate yeast extract(MGY) agar 배지(mannitol 10 g, glutamic acid 0.25 g, NaCl 0.2 g,  $KH_2PO_4$  0.5 g, yeast extract 0.25 g, agar 15 g, 증류수 1 L)에 도말하여, 28 °C에서 24시간동안 배양한 후 형성된 콜로니를 선별하였다. 수집한 세균을 동일한 배지에 3회 연속 계대 배양하여 순수배양하였다. 따라서 병원성을 조사하여 그 중 병원력이 강한 HC-1 균주를 선별하여 실험에 사용하였다. 병원균은 동결건조한 후 4°C에서 보존하며 실험에 사용하였다.

대조 균주로는 감자 흑각병원균의 type strain인 ATCC33260<sup>T</sup>를 American Type Culture Collection (Manassaa, U.S.A.)으로부터 분양받아 4°C 저온저장고에 보존하며 실험에 사용하였다.

### 시험 약제

세균병 방제에 많이 이용되고 있는 7종 항생물질과 oxolinic acid, 그리고 4종 구리제를 시험약제로 사용하였으며, 사용된 약제의 일반명, 화학명 및 순도는 표 1과 같다.

### 약제 및 혼합제의 억제효과

MGY agar 배지 1 L가 들어 있는 2 L 용량의 삼각 플라스크를 121°C, 1.2 기압 조건의 autoclave에서 20 분간 멸균한 후, 무균상에서 55~60°C로 식힌 다음, 정해진 농도로 단제 혹은 혼합제를 첨가하고, 멸균된 Petri dish에 20 ml씩 분주하였다.

병원균을 MGY agar 배지에서 24시간 배양한 후, 590 nm에서 흡광도가 0.6이 되도록 멸균수 10 ml에 희석하였다. 희석된 병원균을 약제가 처리된 배지에 5  $\mu$ l 접종한 후, Petri dish를 28°C 배양기에서 24시간 배양한 다음, 병원균의 성장여부를 조사하였다.

약제처리는 4종의 구리제는 1, 3, 5, 7 mM의 농도로, 7종의 항생제와 oxolinic acid는 0.1, 0.5, 0.9, 1.3 mM의 농도로 처리하였으며, 각 약제의 병원균에 대한 억제효과는 minimum inhibitory concentration(MIC)를 조사하여 비교하였다.

혼합제의 억제효과는 항생제 및 oxolinic acid의 병원균에 대한 MIC의 80% 수준에서 다양한 농도의 구리제를 혼합하여 병원균의 성장여부를 조사하여 억제효과를 비교하였다.

### 약제 및 혼합제의 저항성조사

병원균에 대한 각 약제의 MIC를 기준으로 1배, 1.3배로 희석된 각각의 살균제와 혼합제를 MGY agar 배지에 첨가하여 약제에 대한 저항성 실험을 진행하였다.

앞에서 언급한 바와 같이 병원균을 590 nm에서 흡광도가 0.6이 되도록 멸균수 10 ml에 희석하였다. 이 희석액을 각각의 약제가 첨가된 MGY agar 배지에 100  $\mu$ l씩 plating하여 배양하였다. 병원균을 접종하고 28°C 조건에서 72시간 배양하였으며, 병원균에 대한 저항성조사는 생성된 콜로니 수로 결정하였다.

## 결과 및 고찰

### 약제에 의한 병원균의 성장 억제 효과

항생제 7종과 oxolinic acid가 병원균의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 병원균의 생장은 0.9 mM의 농도로 kasugamycin, blasticidin-S, streptomycin, streptomycin sulfate, oxolinic acid 처리시 완전 억제되었지만, 1.3 mM의 polyoxin-B, polyoxin-D, validamycin-A 처리시는 전혀 억제되지 않았다(자료미제시). 구리제 중

Table 1. Bactericides used in the study

Bactericides	Chemical name	Purity (%)
<b>Antibiotic</b>		
Kasugamycin	3- <i>O</i> -[2-amino-4-[(carboxyiminomethyl)amino]-2,3,4,6-tetra-deoxy- $\alpha$ -D-arabino-hexopyranosyl]-D- <i>chiro</i> -inositol	92.0
Streptomycin	<i>O</i> -2-deoxy-2-(methylamino)- $\alpha$ -L-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- <i>O</i> -5-deoxy-3-C-formyl- $\alpha$ -L-lyxofuranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- <i>N,N</i> -bis(aminoiminomethyl)-D-streptomine	77.1
Streptomycin sulfate	<i>O</i> -2-deoxy-2-(methylamino)- $\alpha$ -L-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- <i>O</i> -5-deoxy-3-C-formyl- $\alpha$ -L-lyxofuranosyl-( $\rightarrow$ 4)- <i>N,N'</i> -bis(aminoiminomethyl)-sulfate (2:3) (salt);	98.0
Polyoxin-D	5-[[2-amino-5- <i>o</i> -(aminocarbonyl)-2-deoxy-L-xylonoyl]amino]-1-(5-carboxy-3,4-dihydro-2,4-dioxo-1-(2 <i>H</i> )-pyrimidinyl)-1,5-dideoxy-D-allofuranuronic acid	94.0
Polyoxin-B	5-[[2-amino-5- <i>o</i> -(aminocarbonyl)-2-deoxy-L-xylonoyl]amino]-1,5-dideoxy-1-[3,4-dihydro-5-(hydroxymethyl)-2,4-dioxo-1(2 <i>H</i> )-pyrimidinyl]- $\beta$ -D-allofuranuronic acid	88.0
Blasticidin-S	( <i>s</i> )-4-[[3-amino-5-[(aminoiminomethyl)methylamino]-1-oxopentyl]amino]-1-[4-amino-2-oxo-1(2 <i>H</i> )-pyrimidinyl]-1,2,3,4-tetra-deoxy- $\beta$ -D-erythro-hex-2-enopyranuronic acid	91.0
Validamycin-A	[1 <i>s</i> -(1 <i>a</i> ,4 <i>a</i> ,5 <i>b</i> ,6 <i>a</i> )]-1,5,6-trideoxy-4- $\beta$ -D-glucopyranosyl-5-(hydroxymethyl)-1-[[4,5,6-trihydroxy-3-(hydroxymethyl)-2-cyclohexen-1-yl]-D- <i>chiro</i> -inositol	92.0
<b>Quinoline</b>		
Oxolinic acid	5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo-1,3-dioxolo-[4,5- <i>g</i> ]quinoline-7-carboxylic acid	98.0
<b>Copper</b>		
Copper hydroxide	copper hydroxide	90.0
Copper oxide	copper oxide	85.0
Copper sulfate	sulfuric acid copper(2+) salt (1:1)	99.0
Cupric sulfate, basic	cupric sulfate, basic	95.0

copper hydroxide, copper oxide, copper sulfate는 3 mM 수준에서 병원균의 생장을 완전 억제하였다. 그러나 이러한 생장억제효과는 동일한 농도의 cupric sulfate 처리시에는 나타나지 않았다(자료미제시).

강원도 홍천에서 분리한 흑각병원균인 HC-1 균주와 국제표준균주인 ATCC33260<sup>T</sup>을 대상으로 병원균에 대하여 생장억제효과가 뛰어난 약제 8종의 MIC를 구한 결과, 약제에 대한 2종 균주의 반응은 유사하였으며, 억제효과는 oxolinic acid > streptomycin sulfate > streptomycin > kasugamycin > blasticidin-S > copper sulfate > copper oxide > copper hydroxide의 순으로 높게 나타났다(표 2). 이와 같은 결과는 항생제가 침투이행성에 의하여 병원균의 단백질 합성을 저해하여 적은 양으로 억제할 수 있으나, 구리제는 작물의 표면에서 유기산이거나 대기중의 탄산가스에 의하여 구리이온으로 용출된 다음 병원균의 단백질의 SH호소를 불활성화 하므로 많은 양으로 필요한 것으로 추론

된다(정 등 2000).

Table 2. Minimum inhibitory concentrations of bactericides on *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* strain HC-1

Bactericides	MIC <sup>a)</sup> (mM)
Oxolinic acid	0.0002
Kasugamycin	0.15
Blasticidin-S	0.3
Streptomycin	0.02
Streptomycin sulfate	0.006
Copper hydroxide	3.0
Copper oxide	2.0
Copper sulfate	1.0

<sup>a)</sup>The minimum inhibitory concentration (MIC) of *E. carotovora* subsp. *atroseptica* strain ATCC33260<sup>T</sup> is similar to that of strain HC-1.

Table 3. Inhibitory effect of several bactericides on *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* strain HC-1 and ATCC33260<sup>T</sup>

Bactericides	Concentration (mM)	Survival colony number	
		HC-1	ATCC33260 <sup>T</sup>
Oxolinic acid	1.0 × MIC (0.0002)	353.7	3.7
	1.3 × MIC (0.00026)	53.7	1.0
Streptomycin	1.0 × MIC (0.02)	12.0	4.0
	1.3 × MIC (0.026)	1.0	1.0
Streptomycin sulfate	1.0 × MIC (0.006)	128.3	93.7
	1.3 × MIC (0.0078)	2.7	0
Copper hydroxide	1.0 × MIC (3.0)	4.0	4.0
	1.3 × MIC (3.9)	0	0
Copper oxide	1.0 × MIC (2.0)	1.7	1.0
	1.3 × MIC (2.6)	0	0
Copper sulfate	1.0 × MIC (1.0)	1.3	0.7
	1.3 × MIC (1.3)	0	0
Control	-	1.3×10 <sup>6</sup>	1.8×10 <sup>6</sup>

#### 약제 저항성

항생제 및 oxolinic acid 중 억제효과가 높은 streptomycin, streptomycin sulfate, oxolinic acid와 구리제 중 억제효과가 높은 3종 copper hydroxide, copper oxide, copper sulfate에 대한 병원균의 저항성을 조사하였다.

무처리구에서 홍천균주의 수와 국제표준균주의 수는 각각 1.3×10<sup>6</sup> cfu/plate와 1.8×10<sup>6</sup> cfu/plate로 나타났으나(표 3), MIC 수준의 약제 처리구에서 두 균주는 모두 99.9% 이상 억제되었는데, 특히 구리제와 항생제 및 oxolinic acid보다는 더 높은 억제효과를 나타내었다.

HC-1 균주는 실험에 사용된 약제 중 oxolinic acid에 대하여 가장 높은 저항성을 나타내었다. 즉, MIC의 1.3배 수준에서도 oxolinic acid 처리 시 HC-1 균주의 생존 수는 53.7인데 반해, 국제표준균주의 생존 수는 1이었다. 이러한 결과는 홍천에서 분리된 HC-1 균주가 다른 약제들 보다는 oxolinic acid에 대하여 저항성을 나타내고 있음을 보여준다. HC-1 균주가 국제표준균주에 비해 oxolinic acid에 대한 저항성이 높은 이유는 홍천지역의 배추경작자들이 고 약량의 농용신(oxolinic acid)을 연속적으로 배추무름병의 방제용으로 사용하여(농약공업협회, 2002), 흑각병원균 균주가 약제에 노출되어 저항성을 나타내는 가능성을 배제할 수 없다.

#### 혼합제 억제효과

‘약제 저항성’ 실험의 결과 흑각병원균에 대한 억제효과가 높지만 저항성 발현율이 높았던 2종의 항생제 및 oxolinic acid와 억제효과가 높지만 저항성 발현율이 낮았던 구리제 3종을 혼합하여 병원균에 대한 억제효과 실험을 수행하였다.

병원균의 생장은 MIC의 80% 수준으로 streptomycin (0.016 mM, 9.3 ppm) 혹은 streptomycin sulfate (0.005 mM, 7.0 ppm)과 MIC의 50% 수준의 copper hydroxide (1.5 mM, 146.3 ppm) 혼합처리 시, 그리고 MIC의 80% 수준의 streptomycin 혹은 streptomycin sulfate과 MIC의 60% 수준의 copper oxide (1.2 mM, 171.6 ppm) 혼합처리 시 완전 억제되었다(표 4). 그러나 oxolinic acid와 구리제와의 혼합한 경우, 항생제 및 oxolinic acid와 copper sulfate를 혼합처리 24시간 후 병원균이 생장하여 억제효과가 없었다. 본 실험의 결과는 효과적인 병원균 방제를 위하여 항생제 및 oxolinic acid나 구리제를 단일 사용하는 경우보다는 혼합사용 시 더 높은 억제효과와 낮은 저항성균 유발효과가 있다는 것을 보여주고 있다.

#### 혼합제 저항성

혼합제 억제효과 실험에서 선발된 4종 혼합제(streptomycin+copper oxide(0.016+1.2 mM, 9.3+171.6

Table 4. Effects of different concentrations of bactericides on the growth of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* strain HC-1 and ATCC33260<sup>T</sup>

Bactericides	Concentration (mM)	S. <sup>a)</sup>	S. S. <sup>b)</sup>	O. A. <sup>c)</sup>
		80% MIC (mM)		
		0.016	0.05	0.00016
Copper hydroxide	1.2 (40% MIC)	+	+	++
	1.5 (50% MIC)	-	-	++
	1.8 (60% MIC)	-	-	++
Copper oxide	0.8 (40% MIC)	+	+	++
	1.0 (50% MIC)	+	+	++
	1.2 (60% MIC)	-	-	++
Copper sulfate	0.4 (40% MIC)	++	++	++
	0.5 (50% MIC)	++	++	++
	0.6 (60% MIC)	++	++	++

<sup>a)</sup>streptomycin, <sup>b)</sup>streptomycin sulfate, <sup>c)</sup>oxolinic acid.

-: inhibition; +: growth of colony after 72h; ++: growth of colony after 24h. The minimum inhibitory concentration of strain HC-1 is similar to that of strain ATCC33260<sup>T</sup>.

ppm), streptomycin+copper hydroxide(0.016+1.5 mM, 9.3+146.3 ppm), streptomycin sulfate+copper oxide (0.005+1.2 mM, 7.0+171.6 ppm ), streptomycin sulfate+copper hydroxide(0.005+1.5 mM, 7.0+146.3 ppm)의 병원균에 대한 저항성을 조사하였다. 혼합제 억제효과 실험농도의 1배와 1.3배로 MGY agar 배지에 첨가한 다음 병원균을 접종 시, 홍천 균주와 국제표준균주 공히 처리 72시간 후 저항성균이 관찰되지 않았다(자료미제시).

현재 강원도 고령지대 배추경작지에서 농업경작자들이 사용하고 있는 농용신(streptomycin)과 일품(oxolinic acid)과 같은 항생제의 사용은 병원균에 대한 억제효과는 높은 반면 저항성유발 가능성도 높아 저항성 균주의 출현이 우려되고 있다. 저항성 균주의 출현을 방지하는 방안으로 구리제를 사용할 수 있으나, 많은 양이 투여되어야만 하기에 환경을 오염시키는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하는 방안의 일환으로 본 연구에서는 항생제(streptomycin과 streptomycin sulfate)와 구리제(copper oxide, copper hydroxide)를 혼합처리한 결과, 이들 혼합제들은 병원균의 생장을 효과적으로 억제함과 동시에 저항성유발 가능성도 낮았다.

이러한 혼합제들은 기존에 사용되고 있는 살균제의 낮은 억제효과와 높은 저항성유발 가능성의 문제점을 보완할 수 있어, 장기간에 걸쳐 우수한 억제효과를

볼 수 있을 뿐만 아니라, 단제 사용시보다 적은 양을 처리할 수 있어 환경오염을 경감시킬 수도 있을 것이라 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술관리센터 첨단기술개발사업 연구비 지원(1999-2002년)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 인용문헌

Delp, C. J. (1988) Fungicide resistance in *North American*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., pp.133.

Fujimura, M. (1993) A new fungicide diethofencarb to cope with benzimidazole resistance. *Japan Plant Protection* 47:26~29.

Josepovis, G., M. Gasztonyi and G. Mikite (1992) Negative cross-resistance to *N*-phenylanilines in benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Venturia* and *Venturia inaequalis*. *Pestic. Sci.* 35:237~242.

Kennedy, B. W. (1980) *Plant Dis.* 64:674~676.

Leroux, P. and M. Gredt (1989) Negative cross-resistant of benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*,

- Fusarium nivale* and *Pseudocercospora herpotrichoides* to various pesticides. *Neth. Journal Plant Pathol.* 95 Supplement 1:121~127.
- Lund, B. M. (1979) Bacterial soft rot of potatoes. In *Soc. Appl. Bacteriol. tech. Ser. 12. Plant Pathogens*, eds., D. W. Lovelock, and R. Davies, pp.14~49. London: Academic.
- Perombelon, M. C. M. and A. Kelman (1987) Blackleg and other potato diseases caused by soft rot *Erwinias*: proposal for revision of terminology. *Plant Dis.* 71:283~285.
- Pollastro, S. and F. Faretra (1992) Genetic characterization of *Botryotinia (Botrytis cinerea)* field isolates coupling high resistance to benzimidazoles to insensitivity toward the N-phenylcarbamate diethofencarb. *Phytopath. Medit.* 31:148~153.
- 김영철, 송동엽, 조백호, 정갑채, 김기청 (1993) 식물 세균성 연부병원균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 Tn5 유발 약병원성 돌연변이주의 선발. *한식병지* 9:63~69.
- 농약공업협회 (2002) 농약사용지침서.
- 박덕환, 김준섭, 이흥구, 함영일, 임춘근(1999) *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*에 의한 감자 흑각병. *식물병과 농업* 5(1):64~66.
- 이승돈 (1999) 한국의 주요 식물세균병 발생 및 특성. 서울대학교 박사학위논문.
- 이영근, 김령희 (1996) *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 메론의 세균성무름병 발생. *한식병지* 12(1):116~120.
- 정영호, 김장익, 김정환, 이영득, 임치환, 허장현(2000) *최신농약학* pp.196~213
- 함영일 (2000) 최근에 문제되는 병해충 방제 대책. *제주감자산업활성화방안*. pp.29~54.

---

#### Chemical control of potato Blackleg disease caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in Korea

Yong-Man Yu, Yong-zhe Zhu<sup>1</sup>, Hu-Nam Bae<sup>1</sup>, Songmum Kim<sup>1</sup>, Chun-keum Lim<sup>1</sup>, Jang-hyun Hur<sup>\*1</sup>(*Central Institute, Kyungnong Co, Kyungju 780-110, Korea, <sup>1</sup>Division of biological environment, Kangwon National university, Chuncheon 200-701, Korea*)

Abstract : Potato blackleg disease caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca) has been a serious problem in Korea. Bactericidal activities of twelve bactericides including antibiotics, copper compounds and oxolinic acid were examined *in vitro*. Streptomycin, streptomycin sulfate, and oxolinic acid effectively controlled the pathogen at 0.02 mM. However, the pathogen developed resistance to the applied bactericides after 72 hours of incubation. Activity of copper compounds such as copper hydroxide, copper oxide and copper sulfate was lower than that of antibiotics. However, the pathogen did not develop resistant to them. Combinations of streptomycin (0.016 mM, 9.3 ppm)+copper oxide (1.2 mM, 171.6 ppm)/copper hydroxide (1.5 mM, 146.3 ppm); streptomycin sulfate (0.005 mM, 7.0 ppm)+copper oxide (1.2 mM, 171.6ppm)/copper hydroxide (1.5 mM, 146.3 ppm) were found to be effective for the control of *E. carotovora* subsp. *atroseptica*.

---

\* Corresponding author (Fax : +82-33-241-6640, E-mail : jhhur@kangwon.ac.kr)