

## 감자흑각병(Potato Blackleg Disease) 방제를 위한 살균제 선발

Zhu Yong-Zhe · 박덕환 · 박동식<sup>1</sup> · 유용만<sup>2</sup> · 김성문 · 임춘근 · 허장현\*

강원대학교 농업생명과학대학 생물환경학부, <sup>1</sup>강원대학교 농업과학연구소, <sup>2</sup>(주) 경농 중앙연구소

**요약** : *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*에 의하여 발생하는 감자 흑각병은 국내의 감자생산에 큰 피해를 주고 있다. 감자흑각병에 대하여 효과적인 방제약제를 선발하기 위한 선행 실내시험에서 억제효과가 높은 것으로 보고된 4종의 혼합제 [streptomycin(9.3 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm), streptomycin sulfate(7.0 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm)]와 2종의 항생제 streptomycin(11.6 ppm)과 streptomycin sulfate(8.75 ppm)에 대한 포장에서의 감자흑각병 방제효과를 조사하였다. 감자 이병 증서에 대한 방제효과 시험결과 streptomycin(81.4 ppm)과 streptomycin sulfate(61.3 ppm)가 각각 상이한 토양조건에서 높은 방제효과가 나타나, 이들 약제를 이병 증서에 대한 종자소독제로 사용할 수 있는 것으로 확인되었다. 감자 식물체에 대한 방제효과 시험에서는 streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide(514.8 ppm)혼합제와 streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide(438.9 ppm) 혼합제가 다른 기상조건에서 높은 방제효과를 나타내었는데, 이들 약제를 경엽 처리제로 사용한다면 감자흑각병 방제에 효과적일 것으로 사료된다.(2003년 5월 11일, 2003년 6월 20일)

**Key words** : *Solanum tuberosum*, potato blackleg disease, *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, bactericides, pesticide mixtures.

### 서 론

감자(Potato, *Solanum tuberosum* L.)는 국내의 경우 연간 25,000~32,000ha에서 50~75만톤이 생산되고 있으며, 수입된 가공감자를 포함하여 연간 소비량이 100만톤에 이르는 중요한 식량자원이다(국립농산물품질관리원, 2003). 그러나 감자에서 발생하는 병해는 45종에 이르고 있어 재배에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다(함, 2000). 이 중 감자흑각병은 병원균인 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*에 의하여 감자의 지상부 및 피경부에서 발생하며, 심한 부패를 일으키는데(박, 1999), 그 병징은 주로 병원균의 pectate lyase 생산에 의한 식물조직의 연화와 부패로 알려져 있다(Perombelon and Kelman, 1987; 김 등, 1993; 이와 김, 1996).

본 연구에 선행하여 수행된 흑각병원균에 대한 실내 억제효과 시험에서 streptomycin(9.3 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm), strepto-

mycin sulfate(7.0 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm) 4종의 혼합제가 효과적이라고 보고하였다(유 등, 2003).

본 연구의 목적은 선행 실내시험에서 선발된 4종의 혼합제, 그리고 2종의 항생제 streptomycin(11.6 ppm)과 streptomycin sulfate(8.75 ppm)을 이용하여 이병 증서와 이병 식물체에 대한 포장에서의 감자흑각병 방제효과를 알아보고자 수행되었다. 또한 토성에 따른 이병증서에 대한 방제효과와 상이한 기후조건에서 병해 방제효과도 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 시험 균주 및 배양조건

감자 경작지(강원도 홍천군 화촌면 군업리)에서 흑각병 증상을 보이는 감자줄기를 채집하여, 감자의 이병부위를 잘라내어 표면살균한 후 마쇄하였다. 마쇄물을 멸균수로  $10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$ 배 희석한 후 mannitol glutamate yeast extract(MGY) agar 배지에 도말하여 28°C에서 24시간동안 배양하였다. 이 중 단일 콜로니

\*연락처

를 선발하여 순수 배양하였으며, 병원력이 강한 HC-1 균주를 선발하여 동결건조한 후 4°C에서 보존하며 시험에 사용하였다.

**시험약제**

실내시험에서 얻은 결과를 토대로(유 등, 2003), 흑각병원균에 대한 억제효과가 높은 4종의 혼합제 [streptomycin(9.3 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm), streptomycin sulfate(7.0 ppm)+copper oxide(171.6 ppm)/copper hydroxide(146.3 ppm)]와 2종의 항생제[streptomycin(11.6 ppm), streptomycin sulfate(8.75 ppm)]를 시험에 사용하였다(유 등, 2003).

**이병증서에 대한 방제효과**

10<sup>8</sup>cfu/ml로 조제한 흑각병원균(HC-1) 현탁액에 건전 감자종서(품종:수미)를 30분간 침지처리하여 이병종서로 사용하였다. 포장에서의 이병증서에 대한 방제시험 시, 약제의 포장 환경에 의한 손실을 감안하여 실내시험을 통하여 억제효과가 인정된 선발약제 농도의 3배, 7배의 농도로 조제하여 이병종서를 30분 침지처리한 후 파종하였다. 30일 후 출묘율을 조사하여 아래의 식에 따라 방제효과를 조사하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였고, 재배방법은 농가관행법에 준하여 2001년 평창군 횡계리에서 이병증서에 대한 방제효과시험을 수행하였다.

$$\text{방제효과 (\%)} = \frac{\text{처리출묘율} - \text{무처리 출묘율}}{\text{처리 출묘율}} \times 100$$

**이병식물체에 대한 방제효과**

건전종서 파종 한달 후, 감자지상부(지제부 및 줄기)에 상처를 내어 선발균주인 흑각병원균(HC-1)을 10<sup>8</sup>cfu/ml로 현탁액을 조제하여 상처접종을 하였으며, 발병의 유도를 위해 습실처리를 하여 흑각증상을 나타내는 식물체를 이병식물체로 사용하였다. 실내시험

을 통하여 억제효과가 인정된 선발약제농도의 3배, 7배로 조제하여 이병식물체에 7일 간격으로 3회 엽면 살포하였다. 최종 약제 처리일로부터 10일후 감자 식물체의 이병주율을 조사하여 아래의 식에 따라 방제효과를 구하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였고, 재배방법은 농가관행법에 준하여 2001년 평창군 횡계리에서 이병증서에 대한 방제효과시험을 수행하였다.

$$\text{방제효과 (\%)} = \frac{\text{무처리이병주율} - \text{처리이병주율}}{\text{무처리 이병주율}} \times 100$$

**토성에 따른 약제 방제효과**

이병증서에 대해 방제효과가 높은 2종의 항생제 [streptomycin(81.4 ppm), streptomycin sulfate(61.3 ppm)]를 이용하여 이병증서를 침지처리한 후, 두가지 토양에 파종하여 토성에 따른 방제효과를 조사하였다.

시험방법은 앞서 기술한 이병증서에 대한 방제효과 시험과 동일한 방법을 사용하였다. 토성에 따른 약제 방제효과시험은 2002년 온실조건에서 처리구 당 3반복으로 진행하였으며, 시험에 사용된 토양은 강원도 춘천시 우두동 강원도 농업 기술원 시험포장(토양 1) 과 강원도 춘천시 유포리 강원대학교 부속농장의 토양(토양 2)을 사용하였다. 시험에 사용한 토양의 이화학적 특성은 표 1과 같다.

**기상환경 차이에 대한 약제의 방제효과**

이병식물체에 대하여 높은 방제효과를 나타내는 2종의 혼합제[streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide(514.8 ppm), streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide(438.9 ppm)]를 이용하여, 이병식물체에 경엽처리한 후 서로 다른 기상조건에 따른 방제효과를 조사하였다. 이병식물체에 대한 방제효과 시험과 동일한 방법을 사용하였다. 2001년 방제효과

Table 1. Physiochemical properties of tested soils

Soil	pH(1:5)	O.M(%)	C.E.C. <sup>a)</sup> (cmol/kg)	Sand	Silt	Clay	Texture
				(%)			
1	7.06	3.23	8.00	67.4	8.63	22.7	SLC <sup>b)</sup>
2	6.83	1.49	3.75	86.9	3.56	8.42	LS <sup>c)</sup>

<sup>a)</sup>C.E.C. : Cation exchange capacity, <sup>b)</sup>SCL : Sand clay loam, <sup>c)</sup>LS : Loamy sand.

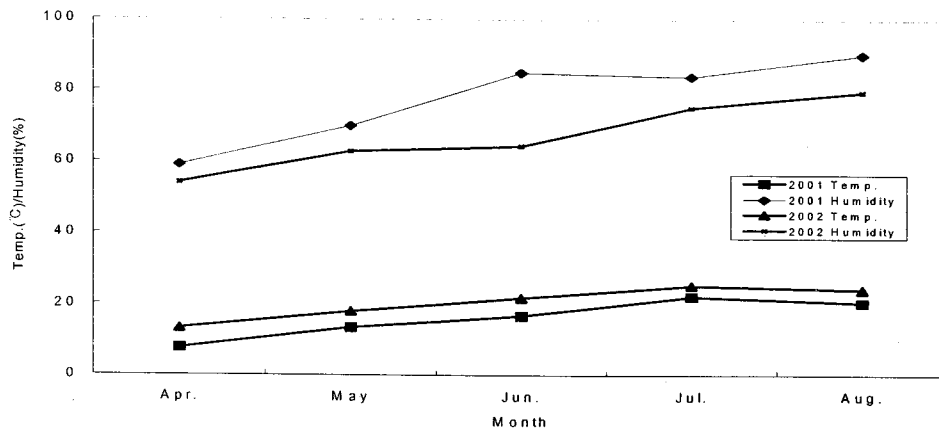


Fig. 1. Comparison of temperature and humidity in Pyeongchang(2001) and Chuncheon(2002).

시험은 강원도 평창군 도암면 황계리, 2002년도는 강원도 춘천시 유포리 강원대학교 부속농장에서 각각 수행하였다.

시험을 수행한 평창군 도암면 황계리에서의 2001년 기후조건은 4월에 평균 7.7°C에서 점차 높아져 7월에 22.1°C, 8월에 20.4°C의 평균온도를 기록하였으며, 습도는 4월에 59%에서 점차 높아져 8월에 90.1%의 평균 습도를 나타내었다. 2002년 시험을 진행한 강원도 춘천시 유포리에서의 기후조건은 4월에 13.2°C에서 7월에는 25.2°C, 8월에는 24.1°C로 2001년에 비하여 월 평균온도가 3.1~5.5°C 높았으며, 습도는 4월에 13.2%에서 7월에는 79.7%의 평균습도를 나타내어 2001년에 비하여 월 평균 습도가 5~20.6%가 낮게 나타났다(그림 1).

**결과 및 고찰**

**이병증서에 대한 방제효과**

실내시험을 통하여 선발된 약제 중 streptomycin과 streptomycin sulfate 2종의 약제를 사용하여 포장에서의 방제시험을 수행한 결과, 실내시험에서 선발된 약제농도의 7배 농도로 침지처리 시 이병증서에 대하여 66.8%와 75.0%의 증서소독효과를 나타내었다. 반면에 구리제를 함유한 4종의 혼합제에서는 방제효과를 나타내지 않았는데(표 2), 이러한 결과는 혼합제에 함유된 구리제에 의한 감자 증서의 약해로 방제효과가 저하된 것으로 판단되었다. 따라서 포장에서의 이병된 감자증서는 구리제가 첨가되지 않은 streptomycin(81.4 ppm)과 streptomycin sulfate(61.3 ppm)를 이용하여 증서 소독처리를 하는 것이 효과적일 것으로 조사되었다.

**이병식물체에 대한 방제효과**

Streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide(514.8 ppm)와

Table 2. Effects of bactericides on the control of infected seed potatoes by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*

Bactericides	Conc. <sup>b)</sup> (ppm)	Control efficacy <sup>a)</sup> (%)	
		3×Conc. <sup>b)</sup>	7×Conc. <sup>b)</sup>
Streptomycin	11.6	0 c	66.8 ab
+ copper oxide	9.3+171.6	0 c	0 c
+ copper hydroxide	9.3+146.3	0 c	0 c
Streptomycin sulfate	8.75	50.0 b	75.0 a
+ copper oxide	7.0+171.6	0 c	0 c
+ copper hydroxide	7.0+146.3	0 c	0 c

<sup>a)</sup>Values designated by the same letter(column in bactericides) are not significantly different by LSD 0.05 test(Duncan's multiple range test).

<sup>b)</sup>Concentration of bactericides, which inhibited *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in *in vitro* test.

Table 3. Effects of bactericides on the control of infected potato plants by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*

Bactericides	Conc. <sup>b)</sup> (ppm)	Control efficacy <sup>a)</sup> (%)	
		3×Conc. <sup>b)</sup>	7×Conc. <sup>b)</sup>
Streptomycin		28.2 d	3.6 e
+ copper oxide	9.3+171.6	56.9 b	49.2 c
+ copper hydroxide	9.3+146.3	35.2 d	45.5 c
Streptomycin sulfate		49.8 c	49.8 c
+ copper oxide	7.0+171.6	36.6 d	55.4 b
+ copper hydroxide	7.0+146.3	64.3 a	25.8 d

<sup>a)</sup>Values designated by the same letter(column in bactericides) are not significantly different by LSD 0.05 test(Duncan's multiple range test).

<sup>b)</sup>Concentration of bactericides which inhibited *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in *in vitro* test.

streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide(438.9 ppm) 2종의 혼합제 처리구에서 각각 58.9%, 64.3%로 다른 약제 처리구에 비하여 낮은 농도에서 유의성 있게 높은 방제효과를 나타내었다(표 3). 흑각병원균에 감염된 감자식물체에 이상의 2종의 혼합제를 경엽 처리하면 흑각병을 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 토성에 따른 약제 방제효과

Streptomycin(81.4 ppm)과 streptomycin sulfate(61.3 ppm) 2종의 약제는 토양 1에서 각각 60.0%와 73.3%, 토양 2에서는 60.0%와 66.7%의 방제효과를 보였으며, 이 2종의 약제를 각각 종서 소독처리하여 감자흑각병을 방제할 경우 토성에 의한 방제효과는 영향을 받지 않을 것으로 사료된다(표 4).

#### 기상환경 차이에 대한 약제의 방제효과

Streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide(514.8 ppm)와 streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide(438.9 ppm) 2종의 혼합제 처리구에서 2001년도의 경우에는 각각 56.9%, 64.3%, 2002년의 경우에는 각각 84.8%,

70.4%의 방제효과를 보였으며(표 5), 약제의 방제효과가 특히 온도가 높고 습도가 낮은 기후조건에서 약간 높은 방제효과를 나타냈다. 감자 식물체가 흑각병에 이병된 경우, streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide(514.8 ppm)과 streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide (438.9 ppm) 2종의 혼합제를 이용하여 경엽처리 시 상이한 기후조건에서 모두 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 사료된다.

본 시험의 결과를 통하여 감자종서 생산 시 흑각병 원균이 감염되었을 경우 streptomycin(81.4 ppm)과 streptomycin sulfate(61.3 ppm)를 종서소독제로 처리하면 상이한 토성의 토양조건에서도 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 조사되었으며, 또한 streptomycin(27.9 ppm)+copper oxide (514.8 ppm)과 streptomycin sulfate(21.0 ppm)+copper hydroxide(438.9 ppm) 2종의 혼합제를 이용하여 경엽처리제로 사용할 경우 다른 기상조건하에서 흑각병에 감염된 감자를 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 확인되었다.

본 연구를 통하여 선발된 약제는 향후 농약관련 기업에서 감자흑각병 방제제 개발에 기초자료로 활용될 수 있으며, 최적의 혼합비율과 효율적인 제형화 과정

Table 4. Effects of bactericides on the control of infected seed potatoes by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* under the different soil condition

Bactericides	Conc. <sup>b)</sup> (ppm)	Control efficacy <sup>a)</sup> (%)	
		Soil 1	Soil 2
Streptomycin	81.4	60.0 b	60.0 b
Streptomycin sulfate	61.3	73.3 a	66.7 ab

<sup>a)</sup>Values designated by the same letter(column in bactericides) are not significantly different by LSD 0.05 test(Duncan's multiple range test).

<sup>b)</sup>Concentration of bactericides which was selected from infected seed potatoes in the field test.

Table 5. Effects of bactericides on the control of infected plants by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* under the different climate condition

Bactericides	Conc. <sup>b)</sup> (mM)	Control efficacy <sup>a)</sup> (%)	
		2001	2002
Streptomycin + copper oxide	27.9+514.8	56.9 b	84.8 a
Streptomycin sulfate + copper hydroxide	21.0+438.9	64.3 a	70.4 b

<sup>a)</sup>Values designated by the same letter (column in bactericides) are not significantly different by LSD 0.05 test(Duncan's multiple range test).

<sup>b)</sup>Concentration of bactericides, which was selected from infected plants in the field test.

을 거치면서 방제효과가 더욱 높아질 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이들 혼합제의 지속적인 약효유지와 적절한 약량사용을 위하여 포장에서의 내성균주의 출현 가능성 등을 지속적으로 검토하여야 할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

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

### 인용문헌

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.

김영철, 송동업, 조백호, 정갑채, 김기청(1993) 식물 세균성 연부병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 Tn5 유발 약병원성 돌연변이주의 선발. 한식병지 9:63~69.

국립농산물품질관리원 (2003) 농업통계정보/작물생산량. 박덕환, 김준섭, 이홍구, 함영일, 임춘근 (1999) *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*에 의한 감자 흑각병. 식물병과 농업 5(1):64~66.

이영근, 김령희(1996) *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 메론의 세균성무름병 발생. 한식병지 12(1):116~120.

함영일(2000) 최근에 문제되는 병해충 방제 대책. 제주감자산업활성화방안. pp.29~54.

유용만, Yong-Zhe Zhu, 배후남, 김성문, 임춘근, 허장현(2003) 감자 흑각병원균 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*의 화학적 방제. 한국농약과학회지 7(1): 12~17.

---

**Selection of bactericides for control of potato Blackleg disease in Korea**

Yong-Zhe Zhu, Duck-Hwan Park, Dong-Sik Park<sup>1</sup>, Yong-Man Yu<sup>2</sup>, Songmun Kim, Chun-Keum Lim, Jang-Hyun Hur\* (Division of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea, <sup>1</sup>Research Institute of Agricultural Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea, <sup>2</sup>Center Institute, Kyungnong Co, Kyungju 780-110, Korea.)

**Abstracts :** Potato blackleg disease caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* has been a serious problem in Korea. It was previously reported that four mixtures [streptomycin (9.3 ppm)+copper oxide (171.6 ppm)/copper hydroxide (146.3 ppm), streptomycin sulfate (7.0 ppm)+copper oxide (171.6ppm)/copper hydroxide (146.3 ppm)] were effective for the control of *E. carotovora* subsp. *atroseptica* in *in vitro* test. Using those four mixtures and two antibiotics [streptomycin (81.4 ppm) and streptomycin sulfate (61.3 ppm)], the effectiveness of control for *E. carotovora* subsp. *atroseptica* was conducted in the field. Two antibiotics showed over 60% of control efficacy under different soil conditions, while mixtures of two antibiotics with copper compounds did not show any control effects on the infected seed potato. Two mixtures [streptomycin (27.9 ppm)+copper hydroxide (438.9 ppm), streptomycin sulfate (21.0 ppm)+copper oxide (514.8 ppm)] were effective in the control of potato blackleg disease on the infected potato plants under different climate conditions.

---

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