

콩 볼마름병 방제를 위한 살균제 선발

홍성준* · 김용기 · 지형진 · 이봉춘¹ · 윤영남¹ · 박성태¹

농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과, ¹국립식량과학원 기능성작물부

Selection of Bactericides for Controlling Soybean Bacterial Pustule

Sung-Jun Hong*, Yong-Ki Kim, Hyeong-Jin Jee, Bong-Choon Lee¹,
Young-Nam Yoon¹ and Sung-Tae Park¹

Organic Agriculture Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Department of Functional Crop Science, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

(Received on November 15, 2010; Accepted on November 19, 2010)

Bacterial pustule of soybean (*Glycines max*) caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* is one of the most prevalent bacterial diseases of soybean. This bacterium shows strong pathogenicity to the plants and distributes throughout Korea. However, no good control measures including bactericides and resistant cultivars are available to control the disease in Korea. Therefore, this study was conducted to develop chemical control method against soybean bacterial pustule. The present study was undertaken to find out the growth inhibitory effect bactericides (8 antibiotics, 2 copper compounds, quinoline, 18 agro-chemicals) on bacterial pustule pathogen. Antibiotics test showed that tetracycline and streptomycin sulfate significantly suppressed the growth of bacterial pustule pathogen. Also, application of oxolinic acid was found to be effective for pathogen inhibition. However, vancomycin, polymyxin B sulfate and copper compounds did not show the positive suppressive effect on growth of the pathogen. Among the eighteen agro-chemicals, streptomycin sulfate + oxytetracyclin (18.8 + 1.5%) WP, oxytetracycline (17%) WP and oxolinic acid (20%) WP were found to be effective for the inhibition of the pathogen *in vitro*. The selected 5 agro-chemicals were also applied on soybean in field and their control effects against the soybean bacterial pustule were tested. The foliar application of streptomycin sulfate + oxytetracyclin WP and oxytetracycline WP on the naturally infected soybean (Taekwangkong) showed high control value (above 70%). Therefore, it is concluded that the bactericides used in this study showed strong inhibitory effect to soybean bacterial pustule and they can be recommend to farmers to control the disease.

Keywords : Bactericides, Oxytetracyclin, Soybean Bacterial Pustule, Streptomycin sulfate, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*

콩은 세계적으로 중요한 식량작물이며 지력유지 및 증진을 위한 작부체계 측면에서도 매우 중요한 작물이다. 또한 최근 곡물가 폭등, GMO 콩의 수입 등으로 인한 국산 콩의 우수성 및 안전성에 대한 인식향상과 콩이 well-being 식품으로 각광받게 됨에 따라 콩 수요가 증가추세에 있다. 국내 콩 재배면적은 80년대 초까지는 20만ha

이상 재배되었지만 그 이후 계속 감소하다가 2009년에는 역대 최소인 7만 3백ha가 재배되었다. 하지만, 2009년도 콩 생산량은 재배면적 감소에도 불구하고 단위면적당 수량이 역대 최고인 198 kg/10a 수준으로 높아지면서 13.9만 톤 정도가 생산되었으나 아직도 식용콩 자급률은 32.5%, 사료용을 포함한 자급률은 8.4% 정도로 국내 자급도가 매우 낮은 실정이다(농림수산식품부, 2010). 또한 우리나라는 콩의 원산지로 다양한 콩이 재배되고 있으며 이에 따라 병해충의 종류 및 발생도 다양하다.

현재까지 콩을 침해하는 병원균으로 국내에 발생이 보

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0555, Fax) +82-31-290-0507

Email) hongsj7@korea.kr

고된 것은 약 30종으로, 바이러스 4종, 세균 4종, 곰팡이 22종이 확인되고 있다. 이들 중 약 10여종이 주요 병으로 구분되고 있으며, 바이러스병은 괴저모자이크병(SMV), 세균병에는 불마름병과 들불병, 곰팡이병에는 자주무늬병, 미이라병, 탄저병, 역병, 갈색무늬병, 점무늬병, 뿌리썩음병 등이 주요 병으로 알려져 있다. 이 중 콩 불마름병은 식물병원세균인 *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*에 의해 발생하는 병으로, 우리나라에 발생하는 세균성 병해 중 가장 피해가 크다.

불마름병은 보통 7월에서 9월까지 콩 재배포장 어디서나 관찰되는데, 전국적으로 병 발생이 확산되고 있는 실정이다. 또한 우리나라에서 널리 재배되고 있는 황금콩과 장엽콩 뿐만 아니라, 최근 장러품종으로 지정된 진품콩, 검정콩 1호, 무한콩, 태광콩, 보광콩 등 공시된 거의 모든 품종에서 불마름병에 감염되는 것으로 조사되었다. 최근 영남지역의 콩 불마름병 발생을 조사한 결과('05년-'06년), 78개 포장 중 89.7%인 70개 포장에서 불마름병 발생이 확인되었다. 불마름병에 의한 피해는 외국의 경우 7~15%의 수량이 감소되는 것으로 보고되었고(Laviolette 등, 1970; Hartwig와 Johnson, 1953), 국내에서도 불마름병이 심하게 발병된 처리구의 경우 수량이 19.8%('06년), 16.8%('07년) 감소되는 것으로 조사되었다(농촌진흥청, 2008).

우리나라 콩 재배지에서 발생하는 병의 방제에 관한 연구는 미이라병(노 등, 1997), 검은뿌리썩음병(박 등, 2007), 점무늬병, 줄기잎마름병 등을 대상으로 단편적으로 수행되었고 종합적인 방제체계 연구는 전무한 실정이다. 최근(2009년) 콩 병 방제용으로 등록된 살균제는 6종(품목명 기준)으로 살충제 17종 및 제초제 19종에 비해 극히 적은 실정이다. 살균제 6종 중에서도 종자소독제가 3종으로 일반 농민들이 실질적으로 콩 재배 중에 살포할 수 있는 살균제는 티오파네이트메틸·트리플루미졸 수화제(콩 점무늬병 등록 약제), 플루톨라닐 유제, 헥사코나졸 유제(콩 잎줄기마름병 등록 약제) 3종뿐이다. 이들도 근래에 등록된 농약으로 최근 콩의 안정적인 재배가 중요시 되면서 병 방제에 대한 연구가 조금씩 진행된 결과이다. 하지만 콩에서 문제시 되는 세균성 병해인 불마름병의 약제방제를 포함한 종합적인 방제에 관한 연구는 미흡한 상태이다. 외국의 경우 tetracycline 계통, streptocycline + fytolan, chloromycetin 등의 약제들이 불마름병에 효과가 있다고 보고(Prathuangwong와 Choakhane, 1984; Singh와 Jain, 1988)되어 있으나 우리나라에는 등록이 되어 있지 않거나 사용을 하지 않는 농약들이 대부분이다.

불마름병 방제를 위한 장기적인 전망으로는 저항성 품종선발, 경종적·생물학적 방제법 등 종합적으로 방제하

는 것이 바람직하지만, 단기적으로는 화학약제를 처리하여 병 발생을 억제함으로써 피해를 줄이는 것도 최선의 방법이라 하겠다. 따라서 본 연구는 18종의 농용항생제 및 구리제를 대상으로 불마름병 병원균의 생장을 억제하는 약제를 실내 선발하고 이를 온실 및 포장에 처리하여 얻은 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실내에서의 생장 억제 효과 조사(in vitro). 콩 불마름병균의 생장억제효과가 높은 약제를 선발하기 위해 먼저 tetracycline 등 항생제 7종, copper hydroxide 등 구리제 2종, oxolinic acid 1종을 대상으로 정 등(2003)이 사용한 Paper disk method로 1차 선발을 실시하였다. 실험에 사용된 *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* 균주 2개(OCSF, 8ra)는 국립농업과학원에서 분양받은 후 -70°C 동결보존하여 실험에 사용하였다. 또한 실험의 정확도를 확인하기 위해 8ra 균주는 rifampicin (positive control)에 저항성 균주를 사용하였으며, 실험에 사용하기 전 두 균주 모두 병원성 테스트를 실시하여 병원성을 확인한 후 실험에 이용하였다. 생장억제효과를 알아보기 위해 항생제 7종과 oxolinic acid 1종은 1,000, 100 ppm으로, 구리제는 10,000, 1,000 ppm으로 농도를 조절하였으며, 배지조제는 121°C 에서 15분간 멸균한 후, 약 45°C 로 식힌 PSA배지(Bacto peptone 10 g, sucrose 10 g, L-glutamic acid 2 g, agar 18 g, dH₂O 증류수 1 l) 500 ml에 각각의 병원균 균주의 세균현탁액(10^8 cfu/ml)을 넣고 잘 섞어 petri dish에 분주하였다. 각 약제를 8 mm paper disk에 $50\ \mu\text{l}$ 씩 점적하여 clean bench에서 건조시켜 병원균이 포함된 PSA배지 가운데에 뒤집어 치상한 후 2-3일간 28°C 배양기에서 배양하여 저지환(inhibition zone)의 직경을 측정함으로써 불마름병균에 대한 생장 억제 효과를 조사하였다. 또한 최소억제농도(minimum inhibitory concentration, MIC)를 조사하기 위해 항생제와 oxolinic acid는 100, 50, 25, 12.5, 10, 5, 2.5, 그리고 1.25 ppm으로, 구리제는 1,000, 500, 250, 그리고 125 ppm으로 각각 조절한 후 MIC를 결정하였다.

생장억제효과가 우수하고 최소억제농도가 낮은 항생제나 구리제를 위의 실험을 통하여 1차로 선발하고, 1차 선발된 항생제 및 구리제가 포함된 기존 농용항생제와 약제 중 streptomycin + copper hydroxide(10 + 50%) WP 등 18종을 골라서 2차로 생장억제효과 선발 실험을 위의 실험방법으로 실시하였다. 병원균 생장억제 효과 시험은 모두 3반복, 3회 수행되었다.

시험약제의 저항성 조사. 불마름병 병원균의 약제 저

항성을 알아보기 위하여 유 등(2003)이 사용한 방법으로 실험을 수행하였다. 먼저 위의 1차 실험에서 생장억제 효과가 우수한 시험약제 5종을 선발하여 MIC 농도기준으로 PSA배지에 첨가한 후 병원균을 2×10^7 cfu/ml 농도로 조절하여 100 μ l씩을 도말하여 2-3일간 28°C 배양기에서 배양하였다. 불마름병 병원균에 대한 약제 저항성 조사는 생성된 균총수를 계수하여 결정하였다.

온실에서 약제 효과 검증. 위의 1, 2차 실험에서 선발한 11종의 약제를 대상으로 온실에서 방제효과를 검증하고자 불마름병에 감수성인 태광콩을 시험품종으로 하여 실험을 수행하였다. 태광콩을 1주 1립으로 pot과종을 하였으며 총 3회 반복하여 실시하였다. 시험 1은 3월 31일에 처리구당 6포트씩 콩을 파종, 4월 17일에 병원균(10^5 - 10^6 CFU/ml)을 접종하고, 4월 20일에 약제를 처리한 다음, 4월 24일과 5월 9일에 처리효과를 조사하였다. 시험 2는 6월 12일에 처리구당 6포트씩 콩을 파종하고, 6월 29일에 병원균을 10^5 - 10^6 CFU/ml 농도로 접종한 다음, 7월 3일에 약제를 처리한 다음 7월 9일과 7월 18일에 처리효과를 조사하였다. 시험 3은 6월 21일에 처리구당 6포트씩 콩을 파종하고, 7월 7일에 병원균을 10^5 - 10^6 cfu/ml 농도로 접종하고, 7월 11일에 약제를 처리하고, 7월 14일과 7월 24일에 약효를 조사하였다. 병원균 접종은 PSA(peptone-sucrose agar) 배지에 포장에서 분리·동정한 *X. axonopodis* pv. *glycines*를 접종하여 3일간 28°C 배양기에서 성장한 후 사용하였으며, 접종농도는 OD₆₀₀ 값으로 0.5(약 5×10^8 cfu/ml)를 맞춘 후 살균된 10 mM MgCl₂를 10^5 - 10^6 cfu/ml 농도로 희석하여 조절하였다. 그 후 식물체 접종은 분무기로 모든 잎에 충분히 묻도록 분무처리하였으며, 접종 후 습실에 24시간 처리하여 병 발생을 유도하였다. 약제처리는 접종 3-4일 후 각각의 약제농도를 조절하여 모든 잎에 충분히 적시도록 처리하였으며, 약제처리에 의한 효과조사는 이병엽률 및 평균병반수를 약제처리 후 2회 조사하여 방제효과를 검증하였다.

포장에서 약제 효과 검증. 온실에서 효과가 우수한 약제 streptomycin sulfate + oxytetracycline(18.8 + 1.5%) WP 등 5종을 대상으로 포장에서의 방제효과 시험을 실시하였다. 시험용 포장은 영남농업연구소(밀양소재) 포장 두 곳(A포장, B포장)을 선정하였으며, A 포장은 1주 2립(10 a 당 5 kg), 재식거리 40 × 25 cm, 흑색 비닐 멀칭노지재배로 6월 12일 불마름병 감수성 품종인 태광콩(농가보급품종)을 파종하였으며 약제처리는 병 발생초 경엽처리 3회(8월 14일, 8월 20일, 8월 27일) 실시하였다. B 포장은 1주 2립, 재식거리 60 × 15 cm, 일반노지재배로 파종 6월 15일 하였으며 약제처리는 A 포장과 동일하게 실시하였다. 시

험포장의 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 각 처리구의 면적은 최소 20 m²으로 구획하였다. 시비량은 성분량(N-P₂O₅-K₂O)으로 콩 표준 시비량인 4-7-6 kg/10a을 전량 기비로 사용하였으며 나머지는 표준재배법에 따라 재배하였다. 방제효과의 조사는 최종약제 처리 후 10일 경에 다음과 같은 조사 기준으로 평균 병반면적률을 조사하여 방제가를 구하였다. 또한 약해조사를 위해 약제 적정농도의 기준량 및 배량을 처리하여 콩 외관상에 나타나는 약해를 조사하였다.

포기당 병반면적률(%)

$$= \frac{\text{조사 엽의 병반면적률 합계}}{\text{총 조사 엽수(포기당 상위 20엽 이상을 조사)}}$$

$$\text{평균 병반면적률(}\% \text{)} = \frac{\text{포기당 병반면적률 합계}}{\text{총 조사 포기(처리구당 20포기 조사)}}$$

방제가(%)

$$= \frac{\text{무처리 평균 병반면적률} - \text{처리 평균 병반면적률}}{\text{무처리 평균 병반면적률}} \times 100$$

결과 및 고찰

콩 불마름병균 생장억제 효과(in vitro). 콩 불마름병균의 효과적인 생장억제 약제를 선발하기 위하여 살세균제 10종을 대상으로 생장억제 효과를 조사하였다. 조사결과 항생제 중에서는 tetracycline, penicillin G, 구리제에서는 copper sulfate, 그리고 oxolinic acid가 생장억제 효과가 우수하였다(Table 1, Fig. 1). 또한 MIC(최소억제농도) 실험 결과도 tetracycline 1.25 ppm 이하, oxolinic acid가 2.5~5 ppm, streptomycin sulfate 12.5~25 ppm으로 실험에 사용된 약제 중 최소억제농도가 가장 낮게 조사되었다. 두 실험의 결과 tetracycline, oxolinic acid, streptomycin sulfate, copper sulfate 등이 시험에 사용한 두 개의 불마름병균 균주 생장 억제 반응도 비슷하며 억제 효과도 우수하여 불마름병균의 생장억제에 효과가 있는 약제로 1차 선발되었다. 이런 결과는 Prathuangwong와 Choakhane(1984)이 불마름병균의 생장억제에 aureomycin (chlortetracycline)이 가장 효과가 우수하고 그 다음으로 chloromycetin, streptomycin sulfate, terramycin (oxytetracycline)이 병원균 생장 저해에 효과가 좋다고 보고한 것과 유사한 결과로 보통의 tetracycline 계통의 항생제는 세균 리보솜의 A site를 차단시켜 aminoacyl-t-RNA와 결합하지 못하도록 하여 단백질 합성을 저해시

Table 1. Growth inhibition of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* by the bactericides on peptone sucrose agar medium

Bactericide	Concentration (ppm)	Inhibition zone ^y (mm) of the growth of <i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	
		OCSF	8ra
Streptomycin sulfate	1,000	23.8 cd*	21.7 d
	100	17.3	12.7
Tetracycline	1,000	40 b	56.2 a
	100	33.3	44
Penicillin G	1,000	48.3 a	26.3 c
	100	46.5	- ^z
Vancomycin	1,000	25.3 c	18.3 e
	100	18.5	-
kanamycin	1,000	25 cd	22.8 d
	100	18.7	13.7
Polymyxin B sulfate	1,000	-	14.5 f
	100	-	12.2
Rifampicin	1,000	48.8 a	-
	100	40.6	-
Oxolinic acid	1,000	22.3 d	37.7 b
	100	15.3	15.7
Copper hydroxide	10,000	16.6 e	17.2 e
	1,000	-	-
Copper sulfate	10,000	14.9 e	13.6 f
	1,000	-	-

^yZone of inhibition formed on PSA medium plate. The inhibition zone size was measured the diameter of the clear zone including paper disc.

^zNo clear inhibition zone formed.

*Values designated by the same letter (column in bactericides) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

키는 것으로 알려져 있다(Chopra와 Roberts, 2001).

Penicillin G, vancomycin, polymyxin B sulfate는 시험에 사용한 두 균주에 따라 생장 억제에 차이가 보였는데 같은 종내의 균주들 간에도 항생제에 대한 감수성 및 저항성 반응이 다르다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 rifampicin의 경우 두 개의 균주가 생육억제 반응에 있어서 확연한 차이를 보이는데 이것은 실험의 positive control 역할을 하기 위해 rifampicin에 저항성인 8ra 균주를 사용한 결과이며, 본 논문에서 수행된 불마름병 병원균의 생육억제 약제 선발 실험이 실험적 오차없이 잘 수행되었다는 결과로 받아들일 수 있다(Table 1, 2).

병원균의 생장억제 효과를 보면 항생제 보다 구리제가

Table 2. Minimum inhibitory concentrations of the bactericides on the growth of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolates

Bactericide	MIC ^z (ppm) on the growth of <i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	
	OCSF	8ra
Streptomycin sulfate	12.5~25	25~50
Tetracycline	< 1.25	< 1.25
Penicillin G	12.5~25	100~1,000
Vancomycin	12.5~25	100~1,000
kanamycin	12.5~25	25~50
Polymyxin B sulfate	100~1,000	25~50
Rifampicin	< 1.25	> 1,000
Oxolinic acid	12.5~25	2.5~5
Copper hydroxide	2,500~5,000	2,500~5,000
Copper sulfate	2,500~5,000	1,250~2,500

^zMinimum inhibitory concentration was investigated at various concentrations (10,000~1.25 ppm).

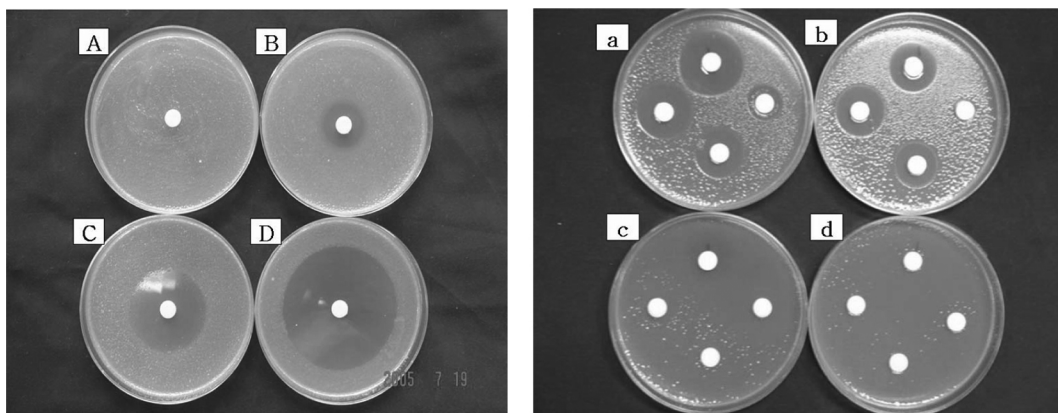


Fig. 1. Growth inhibitory effect of bactericides against *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (8ra): **Left:** inhibitory effect of various antibiotics type (All 1,000 ppm), **A:** rifampicin, **B:** vancomycin, **C:** oxolinic acid, **D:** tetracycline, **Right:** inhibitory effect of various antibiotics type and concentrations (100, 50, 25, 12.5 ppm). **a:** tetracycline, **b:** oxolinic acid, **c:** streptomycin sulfate, **d:** vancomycin.

더 많은 양의 농도를 필요로 하는 것을 알 수가 있다. 이것은 보통 항생제가 침투이행성으로 적은 양으로도 생육을 저해할 수 있는데 비해, 구리제는 유기산이나 탄산가스에 의하여 구리이온(Cu^{2+})으로 용출된 다음, 이 구리이온이 병원균 표면의 단백질 SH호소를 불활성화 하므로, 살균작용을 높이기 위해서는 더 많은 양의 구리제가 필요한 것으로 알려져 있다(정 등, 2000)

온실 및 포장에서 활용할 수 있는 약제 선별을 위하여 기존 농용항생제 및 약제 성분 중에서 위의 1차 선별한 항생제나 구리제가 포함된 약제를 18종 선택하여 생육억제 효과 실험을 수행하였다. 실험 결과 기존 약제 중 oxytetracycline(17%) WP, oxolinic acid(20%) WP, streptomycin sulfate + oxytetracycline(18.8 + 1.5%) WP, streptomycin + copper hydroxide(10 + 50%) WP 등 11종의 약제가 병원균의 생장억제에 우수하여 불마름병 방제가 가능한 약제로 2차 선별하였다(Table 3). 이와 같은 결과는 병원성 세균의 몇 가지 의학 및 농용항생제에 대한 감수성 비교를 위해 paper disc 방법을 이용한 기존의

결과와 같은 경향을 나타내었다(정 등, 2003; 이와 김, 1996). 또한 18종의 약제 중 copper hydroxide(77%) WP, diathianon + copper oxychloride(13 + 42%) WP, kasugamycin + copper oxychloride(5.75 + 45%) WP, copper Sulfate basic(58%) WP 등 4종이 OCSF 균주에서는 생육억제효과가 있었지만 8ra 균주에서는 생육억제효과가 없는 것으로 확인되었다. 이처럼 두 균주에 대한 생육억제 반응이 다른 것은 4종이 공통적으로 구리가 주성분인 약제인데, 균주들 간에 구리에 대한 감수성 반응이 달라서 나타난 것으로 생각된다(Table 3).

저항성 조사. 식물병원균 중 특히 세균의 경우 약제에 대한 저항성을 획득하여 약제의 처리효과를 감소시키는 경우가 많기 때문에 tetracycline, streptomycin sulfate, rifampicin, oxolinic acid, copper sulfate 등 5종의 약제에 대하여 약제저항성 조사를 실시하였다. 그 결과 다른 약제 처리구의 생존 균총수가 약 0~50개인데 비하여 streptomycin sulfate 처리구에서는 약 400개의 생존 균총수를 나타내어 불마름병균이 streptomycin sulfate에 대한

Table 3. Inhibitory effect of agriculture chemical compounds on the growth of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* in paper disc method

Agriculture chemical (active ingredient, %)	Concentration (ppm)	Inhibition zone ^y (mm) of the growth of <i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	
		OCSF	8ra
Copper hydroxide(77) WP ^x	1,000	11.3 fg*	- ^z
Diathianon + Copper oxychloride(13 + 42) WP	2,000	12 fg	-
Kasugamycin + Copper oxychloride(5.75 + 45) WP	1,000	10 gh	-
Copper Sulfate basic(58) WP	2,000	13.3 ef	-
Streptomycin + Copper hydroxide(10 + 50) WP	1,000	17.7 d	16.5 d
Validamycin A + Streptomycin(15 + 5) WP	500	12.7 fg	12.7 e
Streptomycin sulfate + Oxytetracyclin(18.8 + 1.5) WP	1,000	26.8 c	21.8 c
Polyoxin B + Oxine copper(5 + 45) WP	1,000	15.7 de	12 e
Oxytetracyclin(17) WP	1,000	43.7 a	33 a
Streptomycin(20) WP	1,000	14 ef	15.5 d
Oxolinic acid(20) WP	1,000	39.7 b	29.5 b
Tecloftalam(10) WP	1,000	-	-
Carpropamid(15) WP	1,000	-	-
Validamycin A(10) SL	1,000	-	-
Kasugamycin(2.3) SL	2,000	-	-
Tribasic copper sulfate(15) EC	1,000	-	-
Kasugamycin + Fthalide(1.38 + 20) WP	2,000	-	-
Polyoxin B(10) WP	1,000	-	-

^xWP: Wettable powder, SL: Soluble concentrate, EC: Emulsion concentrate.

^yZone of inhibition formed on PSA medium plate. The inhibition zone size was measured the diameter of the clear zone including paper disc.

^zNo clear inhibition zone formed.

*Values designated by the same letter (column in agriculture chemical compounds) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 4. Resistance of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolates against five bactericides

Bactericide	Concentration (ppm)	Survival colony number of <i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	
		OCSF	8ra
Streptomycin sulfate	1.0 × MIC (12.5)	4.4×10 ²	4.2×10 ²
Tetracycline	1.0 × MIC (1.25)	1.4×10	1.6×10
Rifampicin	1.0 × MIC (1.25)	3.8×10	2.0×10 ⁶
Oxolinic acid	1.0 × MIC (12.5)	5.9×10	4.7
Copper sulfate	1.0 × MIC (2,500)	0	0.3
Control		1.8×10 ⁷	2.2×10 ⁷

약제 저항성이 다소 높은 것을 알 수 있었다(Table 4). 이런 결과는 streptomycin 계통의 동일약제를 계속 사용할 경우 항생제 내성 병원균의 출현이 높아질 것을 예상할 수 있다. *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*(감자 흑각 병원균)의 약제 저항성 실험의 경우에서도 oxolinic acid와 streptomycin sulfate가 시험 균주에 대하여 높은 저항성을 나타내어 포장에서의 약제 저항성이 나타날 가능성이 높다고 한 보고와 유사한 결과를 확인할 수 있었다(유 등, 2003). 저항성 조사 시험에서 균주에 따른 차이는 크게 나타나지 않았으나 rifampicin의 경우에는 시험에 사용한 8ra 균주자체가 저항성 균주이기 때문에 다른 균주와의 차이가 크게 나타났다. 또한 copper sulfate(구리제)의 경우에는 약제에 대한 저항성 출현이 거의 없는 것으로 조사되었다.

온실에서의 약제 효과 검정. 1차와 2차 실내 선발 실험을 통하여 선발되어진 11종의 약제들에 대해서 온실에서의 효과검증을 수행하였다. 온실에서 3회 수행된 시험 결과 oxytetracycline(17%) WP는 병반수 기준 방제효과 74.1%로 타 약제에 비해 가장 우수한 방제효과를 나타냈으며 그 다음으로 streptomycin sulfate + oxytetracycline (18.8 + 1.5%) WP이 방제효과 65%, oxolinic acid(20%) WP이 60.9%, streptomycin + copper hydroxide(10 + 50%) WP이 54.6%로 조사되었다(Table 5).

포장에서 약제 효과 검정. 온실에서 효과가 인정된 5종의 약제에 대하여 일반 포장에서 방제효과가 유지되는지를 확인하기 위하여 재배조건이 다른 2개 포장에서 방제효과 시험을 실시하였다. 시험결과 A포장(재식거리 40 × 25 cm, 흑색비닐 멀칭재배)과 B포장(재식거리 60 ×

Table 5. Control effect of agriculture chemical compounds on soybean bacterial pustule in greenhouse

Agriculture chemical (active ingredient, %)	Conc. (ppm)	Control effect ^z (%)			
		Trial I	Trial II	Trial III	Average
Oxytetracyclin(17) WP	1,000	54.0	78.5	89.8	74.1a [*]
Streptomycin sulfate + Oxytetracyclin(18.8 + 1.5) WP	1,000	48.2	86.8	59.9	65.0ab
Oxolinic acid(20) WP	1,000	39.6	59.9	83.2	60.9ab
Streptomycin + Copper hydroxide(10 + 50) WP	1,000	64.5	32.2	67.2	54.6ab
Kasugamycin + Copper oxychloride(5.75 + 45) WP	1,000	55.5	32.2	54.6	47.4abc
Copper hydroxide(77) WP	1,000	6.2	54.7	34.9	31.9bc
Copper Sulfate basic(58) WP	2,000	22.3	33.3	40.0	31.9bc
Polyoxin B + Oxine copper(5 + 45) WP	1,000	23.6	21.4	8.9	18.0c
Validamycin A + Streptomycin(15 + 5) WP	500	39.6	0	10.6	16.7c
Streptomycin(20) WP	1,000	2.5	10.8	36.4	16.6c
Untreated check		0	0	0	0d

*DMRT(P ≤ 0.05)

^zControl effect (%) = $\frac{\text{Number of lesions in control plot} - \text{Number of lesions in each treatment}}{\text{Number of lesions in control plot}} \times 100$

Trial I : seeding 3/31, pathogen inoculation 4/17, chemical treatment 4/20, disease survey 4/24, 5/9,
 Trial II : seeding 6/12, pathogen inoculation 6/29, chemical treatment 7/3, disease survey 7/9, 7/18,
 Trial III : seeding 6/21, pathogen inoculation 7/7, chemical treatment 7/11, disease survey 7/14, 7/24.

Table 6. Control value of agriculture chemical compounds on soybean bacterial pustule in field A and B

Agriculture chemical (Active ingredient, %)	Con. (ppm)	A field		B field	
		Diseased leaf area ^z (%)	Control value (%)	Diseased leaf area ^z (%)	Control value (%)
Oxytetracyclin(17) WP	1,000	7.4	70.3 ab [*]	5.5	70.2 a [*]
Streptomycin sulfate + Oxytetracyclin(18.8 + 1.5) WP	1,000	5.5	77.7 a	3.9	78.9 a
Oxolinic acid(20) WP	1,000	9.9	60.2 b	8.8	52.5 b
Streptomycin + Copper hydroxide(10 + 50) WP	1,000	16.5	33.5 d	5.9	68.2 a
Kasugamycin + Copper oxychloride(5.75 + 45) WP	1,000	13.4	46.1 c	11.9	36.0 c
Untreated check		24.9	0 e	18.5	0 d

*DMRT ($P \leq 0.05$)^zSurveyed on the 10th days after latest treatment.

15 cm, 노지재배) 무처리구의 병반면적율은 각각 24.9%, 18.5%이었다. 먼저 A포장에서 streptomycin sulfate + oxytetracycline(18.8 + 1.5%) WP 처리구의 병반면적율이 5.5%로 77.7%의 방제가를, oxytetracycline(17%) WP 처리구의 병반면적율이 7.4%로 70.3%의 방제가를 보였다. B 포장의 경우도 streptomycin sulfate + oxytetracycline(18.8 + 1.5%) WP 처리에서 방제가 78.9%, oxytetracycline(17%) WP 처리에서 70.2%로 조사되어 두 개의 포장에서 동일한 결과를 얻었다. 하지만 streptomycin + copper hydroxide (10% + 50%) WP의 경우는 두 개의 포장에서 약간의 차이를 보였는데 A포장에서는 33.5%의 낮은 방제가를 나타냈지만 B포장에서는 68.2%의 다소 높은 방제가를 나타내었다(Table 6).

Prathuangwong와 Choakhane(1984)은 테트라사이클린계 항생물질의 하나인 aureomycin 500 ppm을 콩 종자를 파종하고 발아 30일 후부터 10일 간격으로 3회 처리하면 수량이 21.6% 증수되고 불마름병 발생이 적어 가장 효과적인 항생제라고 보고하였는데, 본 연구결과에서도 테트라사이클린 계통의 약제가 포함된 농약 2종이 가장 높은 불마름병 방제효과를 나타내어 유사한 결과를 확인 할 수 있었다. 반면에 Singh와 Jain(1988)은 본 연구결과와 조금 다른 결과를 보고하였는데 11종의 약제를 불마름병 방제를 위해 포장에 처리한 결과 streptomycin + fytolan (200 + 2500 ppm) 처리시 87.23%, chloramphenicol(500 ppm) 처리시 70.8%의 방제가를 나타내어 tetracycline(방제가 53.79%), oxytetracycline(방제가 57.21%)보다 더 높은 방제효과를 나타내었다고 한다. Chloramphenicol의 일반명은 chloramphenicol로 단백질 합성을 억제하여 세균의 성장을 억제하는 기작을 가지고 있으며 이것은 테트라사이클린계통의 억제기작과 유사하다고 할 수 있다.

또한 각 약제들의 콩에 대한 안전성을 확보하기 위해

추천농도의 2배로 처리하여 약해발생을 확인한 결과, streptomycin + copper hydroxide(10 + 50%) WP와 kasugamycin + copper oxychloride(5.75 + 45%) WP 두 약제에서 약해로 보이는 증상이 발생하였다. 두 약제 모두 동제가 포함된 것으로 보아 동제에 의한 약해로 판단되며, 콩 재배시 구리제(동제)가 포함된 농약의 사용에 주의를 해야 될 것으로 생각되어진다(자료 미제시).

결론적으로 콩 불마름병은 세균성 병해로 항생제 및 구리제를 통한 방제에는 분명한 한계가 존재하나, 테트라사이클린 계통인 두 약제 streptomycin sulfate + oxytetracycline (18.8 + 1.5%) WP와 oxytetracyclin(17%) WP가 70% 이상의 방제효과를 나타내고 약해도 없어 콩 불마름병의 화학적 방제에 실용성이 있을 것으로 생각되어진다. 하지만 불마름병은 7월 이후 장마나 태풍 등 비바람으로 인하여 전 포장으로 급속도로 퍼지기 때문에 초기 병징 확인 후 신속한 약제 처리가 중요한 방제요인이 되기도 한다. 이에 따라 적정 방제시기 및 횟수에 관한 연구도 더 진행되어져야 할 것으로 판단된다.

적 요

Xanthomonas axonopodis pv. *glycines*에 의해 발병되는 콩 불마름병은 콩에 가장 많이 발생하는 중요한 세균성 병해 중 하나이다. 게다가 병원균은 강한 병원성을 가지고 한국 전역에 분포하고 있지만, 한국에서는 불마름병 방제를 위한 약제나 저항성 품종이 개발되어 있지 못한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 불마름병을 화학적 방법으로 방제할 수 있는 방법을 개발하기 위해 수행되었다. 콩 불마름병 병원균의 효과적인 생육억제 약제를 선별하기 위해 여러 가지 살세균제들(8개의 항생제, 2개의 구리화합물, 1개의 quinoline, 18개의 농약)을 이용하

여 효과를 확인하였다. 실내 생장억제 효과조사 결과, tetracycline, streptomycin sulfate 처리에서 병원균의 생육이 크게 억제되었으며, 또한 oxolinic acid도 병원균의 생육억제 효과가 우수하였다. 하지만 vancomycin, polymyxin B sulfate and copper compounds 등은 불마름병 병원균의 생육억제효과가 확인되지 않았다. 18종의 농용약제 중에는 streptomycin sulfate + oxytetracycline(18.8 + 1.5%) WP, oxytetracycline(17%) WP, oxolinic acid(20%) 등이 실내에서 병원균의 생육억제 효과가 높은 것으로 조사되었다. 선발된 5종의 농용약제에 대하여 포장에서 방제효과 시험을 실시한 결과, streptomycin sulfate + oxytetracycline (18.8 + 1.5%) WP와 oxytetracycline(17%) WP가 자연 감염된 태광콩 포장에서 70% 이상의 높은 방제효과를 나타내었다. 그러므로 콩불마름병균에 대한 강한 억제효과를 가지는 이 약제들은 콩 불마름병의 화학적 방제에 실용성이 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Chopra, I. and Roberts, M. 2001. Tetracycline antibiotics : mode of action, applications, molecular biology, and epidemiology of bacterial resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 65: 232-260.
- Hartwig, E. E. and Johnson, H. W. 1953. Effect of the bacterial pustule disease on yield and chemical composition of soybeans. *Agron. J.* 45: 22-23.
- 정은경, 장현철, 용영록, 김병섭. 2003. 고랭지 배추 무름병 방제를 위한 우수약제 선발. *한국농약과학회지* 7: 32-37.
- 정영호, 김장익, 김정환, 이영득, 임치환, 허장현. 2000. 최신농약학 196-213.
- Laviolette, F. A., Athow, K. L., Probst, A. H. and Wilcox, J. P. 1970. Effect of bacterial pustule on yield of soybeans. *Crop Sci.* 10: 150-151.
- 이영근, 김경희. 1996. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 메론의 세균성 무름병 발생. *한국식물병리학회지* 12: 116-120.
- 노재환, 김울호, 김홍식, 김명기, 이길복, 김석동. 1997. 풋콩의 생육시기별 베노밀 처리가 미이라 감염율 및 수량에 미치는 영향. *한국작물학회지* 42: 299-305.
- 농촌진흥청. 2008. 주요 병해충 · 잡초 요방제 수준 설정 연구 사업 보고서. 37-48 pp.
- 농림수산식품부, 2010. 농림수산식품 주요통계. 291-301 pp.
- 박성우, 강범관, 김홍식, 우선희, 김홍태. 2007. 콩 검은뿌리썩음병 방제를 위한 살균제 선발. *농약과학회지* 11: 18-26.
- Prathuangwong, S. and Choakhane, A. 1984. Effect of some chemicals on bacterial pustule of soybean. *Thai J. Agric. Sci.* 17: 421-528.
- Singh, R. B. and Jain, J. P. 1988. Chemical control of Bacterial Pustule in Soybean. *J. Turk. Phytopathol.* 17: 31-36.
- 유용만, Zhu Yong-Zhe, 배후남, 김성문, 임춘근, 허장현. 2003. 감자 흑각병원균 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* 의 화학적 방제. *한국농약과학회지* 7: 12-17.