

Nectria haematococca*에 의한 착색단고추 줄기 및 과실썩음병의 억제방제**지형진* · 심창기 · 류경열 · 남기웅¹농업과학기술원 친환경농업과, ¹한경대학교 원예학과**Effective Fungicides on Control of Stem and Root Rot of Paprika Caused by *Nectria haematococcaHyeong-Jin Jee*, Chang-Ki Shim, Kyoung-Yul Ryu and Ki-Woong Nam¹Organic Farming Technology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology,
Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea¹Department of Horticultural Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

(Received on November 6, 2005)

A previous study reported that the stem and root rot of paprika (*Capsicum annum* L. var. *grossum*) caused by *Nectria haematococca* became a threat to safe cultivation of the plant in the country. However, no strategies for control the disease have been suggested. In this study, fungicides registered for pepper were screened to evaluate their control effects on the disease. Among fungicides tested, prochloraz manganase complex completely suppressed mycelial growth of the pathogen at 10 ppm a.i. tebuconazole, benomyl, and carbendazim · kasugamycin also effectively inhibited mycelial growth of the fungus. However, kresoxim-methyl and trifloxystrobin did not suppress mycelial growth but significantly suppressed conidial germination of the fungus. Azoxystrobin, benomyl, prochloraz, tebuconazol, and carbendazim · kasugamycin were also effective to retard conidial germination. *In vivo* tests, tebuconazole strongly inhibited the plant growth even at 16,000x (15.6 ppm a.i.), while others did not induce chemical injury at 4,000x or 8,000x when drenched into a rock-wool cube. In a greenhouse test, prochloraz manganase complex at 125 ppm a.i. (4,000x) showed highest control value by 89.9%. Other fungicides thiophanate-methylthiram, azoxystrobin, trifloxystrobin, and benomyl presented 60-80% control value in the hydroponic cultivation system. However, application time and interval remained to be investigated for identify maximum residue limit.

Keywords : Control, Fungicide, *Nectria haematococca*, Paprika, Stem and fruit rot

착색단고추(*Capsicum annum* L. var. *grossum*)는 각종 비타민 함량이 높고 영양이 풍부한 고급 과채류로 우리나라에서는 재배역사가 짧고 소비가 아직 정착되지 않았으나 재배면적과 대일 수출량은 '97년 6.7 ha 283톤에서 '03년 163 ha 16,000여 톤으로 급격히 증가되고 있는 중요한 수출작목이다(배, 2005). 착색단고추에 발생하는 병해의 종류는 일반 고추와 비슷하지만 착색단고추는 재배환경에 훨씬 민감하고 병해에 대한 감수성도 일반 고추보다 높은 것으로 알려져 있다(배, 2005; 지, 2005). 착색단고추의 방제대상병해는 바이러스병, 풋마름병, 역병, 흰가루

병 등으로 알려져 있으나, 2000년경부터 뿌리가 썩어 포기가 시들다가 말라죽고 줄기와 과실이 썩는 병해가 전국적으로 발생되어 생산과 수출에 큰 장애요인이 되고 있다(Jee 등, 2005).

본 병해는 전국 10개 시군의 17개 재배농가 중 16개 포장에서 발생되었으며 일부포장의 발병주율은 10% 이상으로 나타나 피해가 가장 큰 신 문제 병해이다. 병원균은 *Fusarium solani*의 완전세대인 *Nectria haematococca*로 동정되었다(Jee 등, 2005). *F. solani*는 토양 중에 매우 널리 분포하며 생존력과 부생력이 매우 강한 반면 병원성은 비교적 약한 것으로 알려져 있으며 완전세대는 잘 형성하지 않는다(Booth와 Waterson, 1971). 하지만, 착색단고추를 침해하는 계통(strain)은 병원성이 매우 강하며 환경이 적합하면 다량의 자낭각을 형성하여 수 없이 많

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0557, Fax) +82-31-290-0507

E-mail) hjjee@rda.go.kr

은 자낭포자를 공기 중으로 날려 보내고 이 자낭포자들이 공기 중으로 떠돌다가 과실과 가지의 상처부위로 침입하게 된다. 따라서, 본 병해는 일반병해와 달리 토양전염성이면서 동시에 공기전염성이기도 하다(Cerkauskas, 2001; Jarvis 등 1994; Lamb 등, 2001).

국내에서 착색단고추는 대부분 락울(rockwool)이나 펄라이트(perlite)를 이용한 양액재배를 하고 있다. 병원균은 종자나 토양에서 오염될 가능성이 높으며 1차적으로 뿌리 등 지하부를 침해한 후 베드 내에서 밀도가 계속적으로 증가되고 양액을 통해 전파되는 것으로 보인다. 본 병해는 육묘중인 묘상에서도 발생하는 것이 확인되었으며 연중 발생되고 있으나 수확시기인 고온기에 발생이 더욱 심하다. 감염된 포기는 초기에 생육이 불량해지고 시들다가 결국 말라죽는데 이런 증상은 역병이나 시들음병 증상과 구분하기 어렵고 과실썩음 및 줄기마름증상은 잣빛곰팡이병 증상과 매우 유사하다(Jee 등, 2005).

본 연구는 *Nectria haematococca*에 의한 착색단고추의 피해와 농가의 농약 오·남용 사례를 줄이기 위해 농약 안전사용지침(농약공업협회, 2005)과 수출용 원예작물 농약안전사용지침(농진청, 2005)을 참고하여 고추와 파프리카에 등록된 병해방제 전문약제들 중 7종을 선발하여 이들의 실내 및 포장에서의 방제효과를 검토하여 소개하고자 수행하였다.

재료 및 방법

살균제. 고추에 등록된 살균제 중 7종을 본 시험에 사용하였다. 시험에 사용된 테부코나졸(tebuconazole)은 고추 및 착색단고추의 탄저병, 갈색무늬병 및 흰가루병, 카벤다·가스신(carbendazim·kasugamycin)은 고추 및 착색단고추의 탄저병, 크레속심메칠(kresoxim-methyl)은 고추 및 착색단고추의 탄저병, 트리플록시스트로빈(trifloxystrobin)은 고추 탄저병 및 흰가루병, 프로라츠망간(prochloraz manganase complex)은 고추 및 착색단고추의 탄저병, 아족시스트로빈(azoxystrobin)은 고추 및 착색단고추의 역병, 탄저병 및 흰가루병, 베노밀(benomyl)은 고추탄저병 방제 전문농약으로 각각 등록되어 있다(농약공업협회, 2005; 농촌진흥청, 2005).

균사생장 및 포자발아 시험. 착색단고추에서 분리한 *Nectria haematococca* 총 56균주 중 PF-85, PF-89, PF-161 및 PF-181을 대표균주로 선발하여 시험에 사용하였다. 각 균주의 수집지역과 분리부위는 PF-85; 전북 익산, 뿌리, PF-89; 전남 강진, 과실, PF-161; 충남 예산, 줄기, PF-181; 전북 김제, 가지였다. 옥수수한천배지(CMA, BBL)를 약

60°C로 식힌 다음 각 살균제의 유효성분이 0, 10, 100 ppm 이 되게 첨가하고 magnetic bar로 골고루 혼합한 다음 petri dish 당 20 ml/씩 분주하였다. 감자한천배양기에서 자란 각 균주의 균총 가장자리를 직경 5 mm의 cork bore로 찍어 살균제가 첨가된 CMA의 한 가운데 접종하고 24°C 암상태 배양기에서 7일간 배양하면서 균사 생장을 조사하였다. 처리별로 3반복하여 균사생장 평균 및 표준편차를 구하였다.

각 살균제의 병원균 분생포자 발아억제 효과는 PF-161과 PF-181을 사용하였다. 두 균주를 감자한천배지(PDA, Difco)에 14일간 배양한 다음 살균수 20 ml/을 첨가하여 멸균된 붓으로 긁어 살균된 8겹의 거즈로 걸러 포자를 수확하였다. 수확한 소형 및 대형포자를 약 10^5 spore/m/로 희석한 다음 위와 같은 방법으로 조성된 CMA에 현탁액 포자 100 μ l/씩 접종하고 유리막대로 배지 표면에 고르게 폈다. 암상태의 24°C 항온기에서 10시간 배양한 후 포자의 발아관 길이를 측정하였다. 처리별로 20개 포자의 발아관의 길이를 조사하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

약해검정. 국내에서 재배되는 대부분의 착색단고추는 rock-wool 배지에서 양액으로 재배되고 있으며 *Nectria haematococca*에 의한 줄기 및 가지썩음병은 대부분 뿌리 등 지하부에서 시작된다. 따라서, 살균제는 지상부 살포보다 배지에 관주하거나 양액에 첨가하는 것이 농약의 유실을 줄이고 병 방제효과를 높일 수 있을 것으로 판단되어 이들 농약의 rockwool 배지 관주에 의한 약해 발생을 조사하였다. 시험에 사용한 착색단고추 6품종은 Special, Bowkey, Chelsea, Sprit, Present, Derby 등이었으며 묘령은 약 90일 정도였다. 살균제별로 희석배수는 500배에서 16,000배로 하여 이들 농약이 약해를 유발시키지 않는 최소 농도를 조사하였다. 약해발생 정도는 0~5 사이 6등급으로 하여 처리 7일 후에 최종적으로 판단하였다.

온실포장시험. 농업과학기술원 식물병리과 양액재배 온실에서 약 90일 묘령의 Sprit 품종을 정식하여 재배하면서 각 살균제의 병해 방제효과를 조사하였다. 정식 30일 후에 주별로 병원균을 인공 접종하였다. 접종원은 착색단고추 과실에 병원균을 접종하여 감염시키고 14일 후에 병든 과실을 믹서로 마쇄한 후 거즈로 걸러 전염원으로 사용하였다. 접종원의 농도는 약 10^5 cfu/ml 정도였으며 주당 10 ml/씩 근권에 관주하였다. 시험은 3반복으로 처리별로 15주씩 처리하였다. 살균제는 약해를 유발시키지 않는 최소농도 보다 2배 희석된 4,000~8,000배로 하였고 병원균 접종 3일 후부터 7일 간격으로 주당 200 ml/씩 3회 관주처리 하였다. 발병율은 접종 30일 및 60일 후에 실시하였으며 시들거나 말라 죽는 등 외부로 병 증상

을 나타내는 포기를 이병주로 판단하였다. 터부코나졸은 16,000배 희석에서도 착색단고추의 신초 및 절간생장을 강력하게 억제시켜 본 시험에서 제외 시켰다.

결 과

균사생장 및 포자발아. 시험에 사용한 7종의 농약 중 프로라츠망간은 10 ppm a.i.에서 4 균주의 균사생장을 완전히 억제하여 가장 효과적이었으며 다음은 터부코나졸

과 가벤다·가스신 및 베노밀이 병원균의 생장을 강력히 억제하였다. 하지만 크레소심메틸과 트리프록시스트로빈 및 아족시스트로빈은 병원균의 균사생장 억제효과는 미약한 것으로 나타났다. 시험에 사용된 균주별로 약제에 대한 반응은 큰 차이가 없었다(Table 1). 병원균의 포자발아 억제는 균사생장 억제효과와는 다르게 나타났다. 균사생장억제 효과가 미약한 크레소심메틸과 트리프록시스트로빈이 가장 강력하게 병원균의 포자발아를 억제하였으

Table 1. Effects of fungicides on mycelial growth of *Nectria haematococca* at 10 ppm a.i.

Fungicide tested	Mycelial growth at 24°C (mm/24 hr)			
	PF-85	PF-89	PF-161	PF-181
Tebuconazole	0	0.3±0.5	0.3±0.5	0
Carbendazim · kasugamycin	0	0.3±0.5	0.3±0.5	0.6±0.5
Kresoxim methyl	6.3±0.5	4.2±1.2	3.3±0.8	3.5±1.0
Trifloxystrobin	5.2±0.8	3.8±1.3	3.3±0.5	3.7±0.5
Prochloraz manganase	0	0	0	0
Azoxystrobin	4.7±0.8	4.0±0.6	3.3±0.5	3.8±0.9
Benomyl	0	0.3±0.5	0.3±0.5	0.3±0.5
Control	5.5±0.5	5.2±0.4	5.5±0.8	5.2±0.7

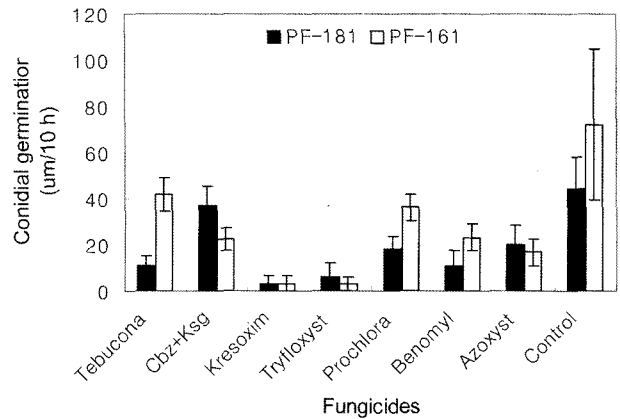


Fig. 1. Effects of fungicides on suppression of conidial germination of *Nectria haematococca* at 10 ppm a.i.

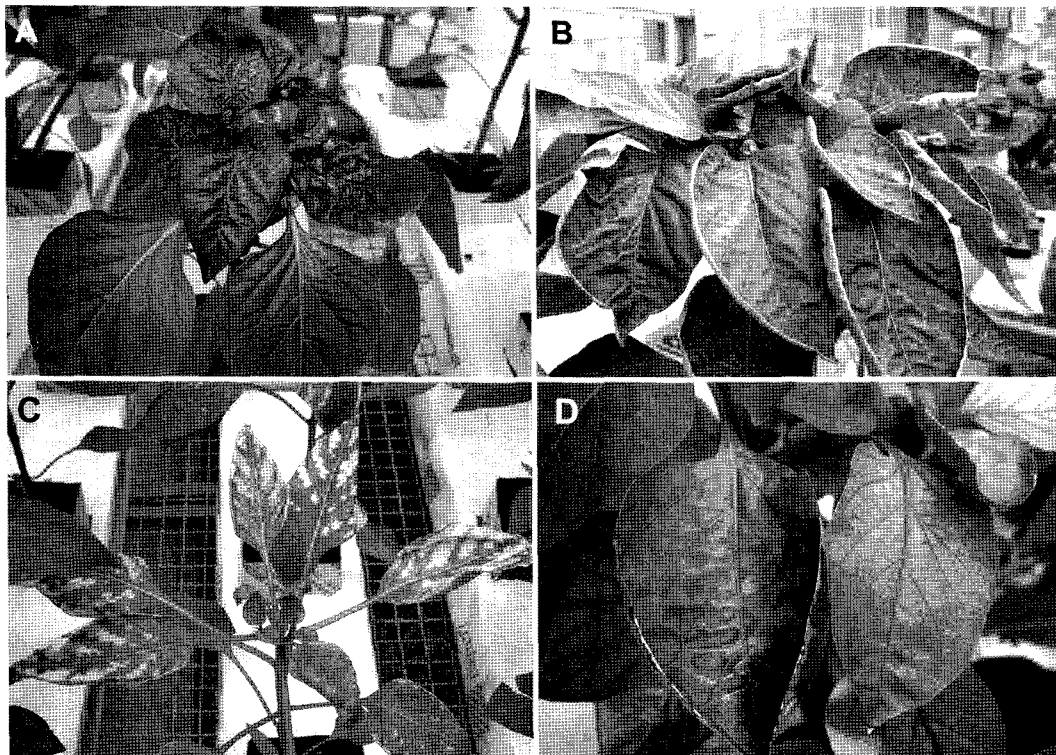


Fig. 2. Chemical injury induced by tebuconazole 16,000× (A), carbendazim · kasugamycin 2,000× (B), benomyl 1,000× (C), and prochloraz manganase complex 1,000× (D) at 7 d after drenching into a rockwool block.

며 다음은 베노밀, 아족시스트로빈, 프로라츠망간 등의 순으로 나타났다(Fig. 1). 균주에 따라 약제에 대한 포자발아 반응은 다소 상이하였으나 전체적으로 비슷한 경향을 보였다.

약해검정. 농약사용지침서(농약공업협회, 2005)에 나타난 사용농도로 rockwool 배지에 주당 200 ml씩 관주하였을 때 터부코나졸 2,000배액, 베노밀 1,500배액, 가벤다·가스신 1,000배액, 프로라츠망간 1,000배액 등은 약해를 유발하였고, 크레소심메틸 2,000배액, 트리프록시스트로빈 4,000배액, 아족시스트로빈 1,500배액은 약해를 발생시키지 않았다. 터부코나졸을 관주한 작물은 신초 및 절간생장이 강력히 억제되었고 가벤다·가스신은 잎말림과 얼룩 그리고 베노밀은 엽소, 위축, 낙엽 등의 약해를 유발하였다(Fig. 2). 착색단고추에 약해를 유발시키지 않는 최소 희석배율은 크레소심메틸과 프로라츠망간 및 아족시스트로빈 등은 2000배였으며 카벤다가스신, 트리프록시스트로빈, 베노밀 등은 4,000배로 나타났다. 하지만, 터부코나졸은 16,000배 희석농도에서도 신초 및 절간 생장을 강력히 억제하여 병해 방제용도로 배지에 관주하거

나 양액에 첨가하여 사용할 수 없는 것으로 판단되었다(Table 2).

온실포장시험. 무처리구의 병원균 접종 30일 후와 60일 후의 발병주율은 각각 60%와 66.7%였다. 프로라츠망간 처리구는 60일 후에도 총 15주 중 1주만 감염되어 최종 발병율이 6.7%로 가장 낮았으며 방제가는 89.9%로 가장 높게 나타났다. 다음은 아족시스트로빈과 트리프록시스트로빈으로 70%의 방제가를 나타내었으며 가벤다·가스신과 베노밀 처리구의 발병주율은 26.7%로 60%의 방제가를 보였다(Table 3).

고 찰

착색단고추 줄기 및 과실썩음병은 2000년경부터 전국의 모든 재배포장에 발생하는 피해가 가장 큰 병해 중 하나로 뿌리와 지제부 줄기 등 지하부를 1차로 침입한 후 2차로 지상부의 가지와 과실을 침해하여 토양전염성병해와 공기전염성병해의 특성을 가지고 있다(Jarvis 등, 1994; Jee 등, 2005; Lamb 등, 2001). 병원균의 불완전세대인

Table 2. Dilution end point of fungicides does not inducing chemical injury by drenching 200 ml per plant per rock-wool block

Fungicide tested	Dilution end point	Concentration (ppm, a.i.)	Degree of phytotoxicity ^a		
			1st	2nd	3rd
Tebuconazole	16,000	15.6	2.3	3.7	4.0
Carbendazim · kasugamycin	4,000	107.5	0	0	0
Kresoxim methyl	2,000	235.0	0	0	0
Trifloxystrobin	4,000	125.0	0	0	0
Prochloraz manganase	4,000	125.0	0	0	0
Azoxystrobin	2,000	50.0	0	0	0
Benomyl	2,000	250.0	0	0	0
Control	-	-	0	0	0

^a0, no injury; 1, mild injury; 2, partial injury; 3, ca. 50% leaf injury; 4, severe injury but alive; 5, dead.

Table 3. Effects of fungicides on control of stem and fruit rot of paprika caused by *Nectria haematococa* in a greenhouse test

Fungicide tested ^a	Dilution	Conc. (ppm, a.i.)	Disease incidence (%)		Control value (%)
			30 DAT ^b	60 DAT	
Carbendazim · kasugamycin	8,000	54.3	6.7	26.7	60.0
Thiophanate-methyl	4,000	200	13.3	13.3	80.1
Trifloxystrobin	4,000	125	6.7	20.0	70.0
Prochloraz manganase	4,000	125	6.7	6.7	89.9
Azoxystrobin	4,000	25	13.3	20.0	70.0
Benomyl	4,000	125	13.3	26.7	60.0
Control	-	-	60.0	66.7	-

^aFungicides 200 ml were applied to a rock-wool block 3 times with 7-d intervals.

^bDAT, Days after treatment.

*Fusarium solani*은 대표적인 토양전염성병원균으로 작물의 뿌리나 땅가부위 줄기를 침해하나 능동적인 전파 수단 없다. 하지만, 완전세대인 *Nectria haematococca*는 심하게 감염된 땅가부위 줄기에 다량의 선흥색 자낭각을 형성하는데 야간에 습도가 95% 이상이 되면 성숙한 자낭각에서 다량의 자낭포자를 공기 속으로 강하게 유출시켜 지상부를 침해하게 된다(Hanlin, 1990; Jarvis 등, 1994; Lamb 등, 2001).

본 병해는 캐나다 브리티시 콜롬비아주와 온타리오주에서 1991년에 처음으로 발생이 보고된 이후 미국, 영국, 이태리, 뉴질랜드, 일본 등 거의 모든 파프리카 재배지역에서 발생이 보고되어 왔다(Cerkauskas, 2001; Jee 등, 2005; Lamb 등, 2001). 하지만, 본 병해의 방제전문으로 등록된 농약은 없으며 다양한 재배적 방법으로 피해를 경감시키는 방안이 제시되고 있다(Cerkauskas, 2001; Lamb 등, 2001). 병원균의 무성세대인 *Fusarium solani*는 부생성이 높으나 염류장애를 받거나 수분스트레스를 받은 작물을 용이하게 침입하므로 rockwool 배지의 표면이 지나치게 건조해져서 염분이 지체부위로 축적되지 않게 관리하고 양액의 점적 호스를 뿌리나 지체부 줄기에 직접 맞닿지 않게 꽂아 염류장애를 받지 않도록 관리하는 것이 중요하다고 하였다. 또한, 병든 식물체와 잔재물은 조기에 제거하는 등 포장청결로 전염원을 줄이고 병원균은 종자나 토양으로부터 오염될 수도 있기 때문에 건전한 종자의 선택과 건전육묘가 매우 중요하다고 보고하였다(Cerkauskas, 2001; Lamb 등, 2001). 국내의 착색단고추 종자는 전량이 네덜란드에서 수입되고 있는데 이들 중 많은 품종은 소독이 되지 않아 각 종 곰팡이와 세균에 오염된 것이 본 연구자들에 의해 확인되었다(데이터 제시 없음). 따라서 파종 전 종자를 철저히 소독하는 것과 건전한 묘를 길러내는 것이 국내 착색단고추 재배에서는 선결요건으로 판단된다.

양액재배에서 농약을 양액과 혼합하여 투여하거나 배지에 관주 처리하는 방법은 잘 알려져 있지 않다. 국내에서는 착색단고추에 발생하는 진딧물 방제목적으로 이미 다클로프리드(상표명, 코니도) 31.25 ml/1000주와 온실가루이 방제목적으로 125 ml/1000주의 농도로 점적 관수하는 방법과 파모(상표명, 프리엔) 29 ml/20 l을 관주처리하는 안전사용기준이 허용되고 있다(농약공업협회, 2005). 착색단고추의 줄기 및 과실썩음병의 방제효과가 가장 우수한 프로라츠망간은 곰팡이의 steroid demethylation을 억제하는 농약으로 식물 친화성과 침투이행성이 높아 예방 및 치료효과가 우수한 광범위 살균제로 20종 이상의 주요 식물병원성 곰팡이를 매우 효과적으로 억제하는 우수

한 농약으로 보고하고 있다(농약공업협회, 2005; Tomlin, 1997). 하지만, 아직까지 프로라츠망간을 배지에 관주처리하는 방법에 대한 안전사용기준이 설정되지 않아 본 연구결과를 농가에서 활용하기 위해서는 국내 및 수출대상국인 일본의 잔류허용기준(MRL; 한국 3 ppm, 일본 0.05 ppm)을 준수할 수 있는 관주 시기와 연구되어 할 것이다(농촌진흥청, 2005).

요 약

*Nectria haematococca*에 의한 착색단고추 줄기 및 과실썩음병은 착색단고추의 안정 생산에 가장 큰 장애요인이 되고 있으나 아직까지 마땅한 방제방법이 없는 실정이다. 본 연구는 착색단고추에 등록된 살균제 중 본 병해 방제에 가장 우수한 농약을 선발하고자 수행되었다. 시험에 사용한 7종의 살균제 중 프로라츠망간은 10 ppm a.i.에서 병원균의 균사생장을 완벽하게 억제하였으며 다음은 터부코나졸, 가벤다가스신, 베노밀 순이었다. 병원균의 포자 발아 억제효과는 크레소심메틸과 트리프록시스트로빈이 가장 높았고 다음은 프로크로라츠, 베노밀, 아족시스트로빈 등이 높았다. 이들을 락올배지에 관주하였을 약해를 발생하지 않는 최소희석농도는 살균제별로 2,000~4,000배액으로 나타났는데, 터부코나졸은 16,000배액에서도 작물생장을 강력하게 억제시켜 관주처리할 수 없는 것으로 조사되었다. 온실포장시험 결과 프로라츠망간이 병 방제효과가 가장 우수하였으며 방제가는 89.9%였다. 다음은 지오판이 80.1%로 높았고 아족시스트로빈과 트리프록시스트로빈은 70%, 베노밀과 가벤다·가스신은 60%로 나타났다. 본 연구결과를 농가에서 직접 활용하기 위해서는 국내 및 수출대상국인 일본의 잔류허용기준을 준수할 수 있도록 관주시기와 횟수 등의 연구가 후속되어야 할 것이다

참고문헌

- 배종향. 2005. 파프리카 생산성 및 품질향상. 원예기술 I. 경상대학교 최고농업경영자과정 교재. pp. 388-405.
- Booth, C. and Waterston, J. M. 1971. *Fusarium solani*. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*. No. 29. CAB International. Commonwealth Mycological Institute. Kew. Surrey. England.
- Cerkauskas, R. 2001. *Fusarium* stem and fruit rot of greenhouse pepper. Factsheet ISSN 1198-712X, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Canada.
- Hanlin, R. T. 1990. *Illustrated Genera of Ascomycetes*. APS Press. MN. USA.
- Jarvis, W. R., Khosla, S. K. and Barrie, S. D. 1994. *Fusarium*

- stem and fruit rot of sweet pepper in Ontario greenhouses. *Canadian Plant Disease Survey*. 74: 131-134.
- 지형진. 2005. 파프리카 주요 병해의 발생생태 및 방제. 원예기술 I. 경상대학교 최고농업경영자과정 교재. pp. 406-423.
- Jee, H. J., Ryu, K. Y., Shim, C. K. and Nam, K. W. 2005. Occurrence of Stem and Fruit Rot of Paprika Caused by *Nectria haematococca*. *Plant Pathol. J.* 21: 317-321.
- Lamb, E. M., Roskopf, E. N. and Sonoda, R. M. 2001. *Fusarium* stem rot of greenhouse peppers. Florida Cooperative Extension Service, Univ. of Florida. HS-809.
- 농약공업협회. 2005. 농약사용지침서. 농약공업협회. 911 pp.
- 농촌진흥청. 2005. 수출용 원예작물 농약안전사용지침. pp. 28-36.
- Tomlin, C. D. S. 1997. A World Compendium: *The Pesticide Manual*. 11th ed, British Crop Protection Council. Surrey GU9 7PH, UK.