

미생물제제 이용 토마토 잎곰팡이병 방제시기 및 살포회수 결정

강범용* · 고숙주 · 김도익 · 최덕수 · 김선곤¹

전남농업기술원 친환경연구소, ¹전남농업기술원 곤충잡업연구소

Determination of Proper Application Timing and Frequency for Management of Tomato Leaf Mold Disease by Commercially Available Microbial Preparations

Beom Ryong Kang*, Sug-Ju Ko, Do-Ik Kim, Duck-Soo Choi and Seon-Gon Kim¹

Environment-Friendly Agricultural Research Institute, JARES, Naju 520-715, Korea

¹Insect & Sericultural Research Institute, JARES, Jangsung 515-804, Korea

(Received on July 25, 2011; Revised on August 10, 2011; Accepted on August 10, 2011)

In order to develop a environmentally friendly control protocol for managing tomato leaf mold disease in the field, we employed bacteria- and fungi-based commercially available microbial preparations. The field experiment was conducted from April to July in 2010. Average incidence rates tomato leaf mold caused by *Fulvia fulva* were 13.1% at the two plastic houses located in Jangsung, Jeonnam area. Initially 11 microbial preparations were tested for antifungal activity against *F. fulva* in vitro. Among them, 7 selected preparations showed to be inhibited the mycelial growth of the fungal pathogen over 50%. Four microbes suppressed disease incidence as much 50% under greenhouse condition. Eventually in the field two microbial products including *Bacillus subtilis* GB-0365 and *B. subtilis* KB-401 respectively were showed control value up to 71.8% for four times sprays from 20 days to 70 days after transplanting. Furthermore, the control value of three times spray program demonstrated 79.3%. Efficacy of the three and four spray programs was more effective than that of non-spray control treatment. Our results indicated that adjustment of application method of commercially available microbial preparation could be used to control a target plant disease as an effective and efficient crop protection system for organic farming.

Keywords : Environment friendly agricultural materials, *Fulvia fulva*, Management strategy

서 론

토마토(*Solanum lycopersicum*)는 가지과 작물로 생산량의 증대와 품질 향상을 위하여 시설내 국내 재배면적은 2010년에는 5,270 ha으로 꾸준히 증가하고 있으며(국가통계포털, 2010), 시설재배면적 증가로 연작재배에 따른 생리장해 및 각종 병해의 발생도 증가하고 있다. 특히, 토마토의 잎곰팡이병, 시들음병, 풋마름병 등이 심하게 발생하고 있다(명 등, 2006).

토마토 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*)은 비산된 분생포자가 잎의 기공을 통해 침입하며 습도가 높으면 자주 발생하

는 시설내 토마토 문제 병해 중의 하나이며, 병징은 초기에 잎 뒷면에 연한 황갈색을 나타내다가 갈색으로 변하고 심하면 보라색으로 변한다(이 등, 2006). 병원균은 잎의 기공을 통하여 침입하는데 발아관을 형성한 후 부착기를 형성하지 않고 침입균사 형태로 침입한다(Ellis, 1971). 병원균 침입 후 약 14일 정도의 잠복기를 거친 후 아래 잎부터 발병하기 시작하여 심하면 과실에도 피해를 주어 생산량에 영향을 미친다(장, 2009; Jones 등, 1991).

토마토 잎곰팡이병균은 race가 다양하고 race 분화가 빠르기 때문에 저항성 품종의 경우 저항성을 쉽게 잃어 그 효과가 크지 못하다(Lindhout, 1989). 따라서 시설내 토마토 병해 방제를 위해 살균제를 이용한 화학적 방제가 대부분이었지만(이 등, 2006; Jones 등, 1991), 저항성균의 출현 및 환경생태계 오염 등의 문제와 소비자들의 농산물 안전성에 대한 관심이 증가하고 과도한 농약사용의 문

*Corresponding author

Phone) +82-61-330-2515, Fax) +82-61-336-4076

Email) brkang@korea.kr

제점 때문에 화학적 방제를 대체할 수단으로 친환경적인 방제 방법들이 시도되고 있다(김, 2005). 시설내 주요 병해에 의한 피해 최소화과 합성농약의 대체물질 살포로 방제효과를 높이고 방제체계를 확립하기 위하여 토마토 잎곰팡이병에 대한 병 발생 예찰을 통한 약제살포를 최소화하면서 최대방제효과를 얻을 수 있는 적기 약제 살포 체계를 확립하는 것이 필요하다. 또한 약제 저항성균의 발생을 억제시킬 수 있는 방안으로 새로운 방제약제 개발이 바람직하며, 농촌진흥청에서 현재 시행중인 친환경 유기농자재 목록공시제도에 의해 친환경농산물의 소비자 보호와 친환경재배 실천농가에게 자재선택의 편의를 제공하기 위하여 친환경농업육성법에 의해 시행되고 있다(농촌진흥청, 2009). 하지만 친환경재배농가에서 토마토 잎곰팡이병을 방제하기 위해 사용할 수 있는 병해관리용 유기농자재는 없는 실정이다.

토마토 잎곰팡이병을 포함한 식물병을 방제하기 위한 병해 방제용 친환경 농자재 개발은 길항력이 우수한 미생물의 선발과 함께 효율적인 제형화 기술이 우선되어야 할 것이다. 본 연구에서는 시설내 토마토 잎곰팡이병에 의한 피해를 최소화할 수 있는 친환경적인 방제체계를 확립하기 위하여, 토마토 잎곰팡이병에 대한 우수한 길항능력이 있는 미생물들의 제형화된 제품들을 대상으로 선발하였다. 선발된 유기농자재들은 식물병에 대해 우수한 효과를 가지고 있는 제품들로서 그 효과가 검증된 제품들이지만, 토마토 잎곰팡이병에 대한 미생물제제가 없어 각각 수집된 미생물제제들을 대상으로 예방약제를 선발하고, 예방약제의 살포시기와 최소 살포회수를 통한 방제프로그램을 마련하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

병원균 및 배양. 친환경농자재의 토마토 잎곰팡이병에 대한 방제 효과를 검증하기 위하여 병원균은 전라남도농업기술원 친환경연구소 작물보호연구실에서 분리한 토마토 잎곰팡이병균 *Fulvia fulva*를 사용하였다. 실험에 사용한 균주는 PDA(Potato Dextrose Agar, Difco)에 접종하여 26°C에서 7일간 배양 후 접종원으로 사용하였다.

토마토 잎곰팡이병 시기별 발병율 조사. 친환경농자재의 토마토 잎곰팡이병에 대한 방제 효과를 검증하기 위하여 전남 장성 남면 소재 토마토 무농약 재배 농가에서 발생한 토마토 잎곰팡이병의 발병율을 2010년 4월부터 7월까지 매월 30일에 조사하고 이들의 병징을 수시로 관찰하였다. 토마토 정식 후 재배시기별 잎곰팡이병의 발병율은 플라스틱 하우스 2동을 6구역(구역당 200×60 cm)

으로 임의 선정하여 총 토마토 주수(2동×100주×6구역)에 대한 이병주의 발병엽수를 조사하였다. 발병율(%)은 다음과 같이 병반면적율로 조사하였다(이 등, 2006).

$$\text{발병율(\%)} = \frac{\sum(\text{발병엽수} \times \text{지수})}{4 \times \text{조사엽수}} \times 100$$

지수	0-무발생
1-병반면적율	0.1-10%
3-병반면적율	10.1-30%
5-병반면적율	30.1-50%
7-병반면적율	50.1% 이상

공시자재. 실험에 사용한 친환경농자재는 농촌진흥청 친환경유기농자재로 목록공시된 자재들 중 작물병해관리용 자재로 등록된 자재들을 중심으로 미생물제제 18종을 공시하였으며, 본 실험에서 사용된 살포량과 희석배수는 제품의 권장기준에 준하여 사용하였다(<http://www.rda.go.kr/>).

평판배지에서 균사 생장억제 효과검정. 평판배지에서 친환경농자재의 농도에 따른 균사 생장억제효과를 검정하기 위해 직경 88 mm 일회용 Petri dish에 PDA 20 ml을 분주하였다. 잎곰팡이병균을 1.0×10⁴ 포자/ml 농도로 희석한 현탁액 5 ml과 PDA 배지 5 ml과 혼합하여 분주된 PDA 배지위에 덮어 접종하였다(Moon, 1990). 수집된 친환경 농자재 제품의 권장사용농도로 효과검정을 하였다. 각각의 미생물제제는 사용농도를 멸균수로 희석하여 10 μl씩 paper disk 위에 접종하고 26°C에서 7일간 배양하면서 생육균사억제능력을 측정하였다. 생장억제율은 친환경농자재를 접종하지 않은 것에 대한 백분율로 산출하였다.

온실에서 미생물제제의 토마토 잎곰팡이병 방제효과 검정. 온실에서 토마토 스마일 품종을 파종하여 3-4엽의 토마토를 대상으로 10 cm×10 cm(직경×깊이)의 포트에 정식하여 23±5°C의 온실에서 1화방이 형성되기 직전의 식물체를 이용하였다. 각각의 친환경자재는 멸균수를 가지고 사용권장농도로 희석하여 7일 간격으로 2회 처리한 후 잎곰팡이병균 포자 현탁액을 접종한 후 온실에서 발병을 유인하여 유묘검정시험을 수행하였다. 병원성 검정 시 접종원으로서 분생포자의 효과적인 포자현탁액을 제조하기 위하여 30% V8 juice(상품명: 농심 V8주스)와 0.1 M KH₂PO₄에 병원균 분생포자를 혼합하여 병원성을 검정하였다. *F. fulva* 병원균 포자현탁액은 PDA에서 배양한 배지표면의 포자를 회수하여 멸균거즈와 filter paper No.1으로 균사를 제거하였다. 수집된 포자현탁액은 hemacytometer를 이용하여 10⁵ 포자(30 ml 멸균수)를 회수하였다. 현탁액을 토마토 유묘의 잎표면에 흘려 내리기 직전까지 분

무 살포하고 발병을 유도하기 위하여 상대습도 85% 이상, 온도 $21\pm 3^{\circ}\text{C}$ 생육실에서 유지하였다. 접종 1주 후에 잎곰팡이병의 병반면적율을 조사하여 발병율로 계산하였다.

미생물제제를 이용한 토마토 잎곰팡이병 방제효과 포장검정. 실내 및 온실 포트 검정을 통하여 선발된 미생물제제를 이용하여 잎곰팡이병의 방제효과를 포장검정 하였다. 2010년 전남 장성 남면 소재 농가의 플라스틱 하우스에 공시된 토마토 품종(스마일)을 파종하여 6주 된 유묘를 $90\text{ cm}\times 35\text{ cm}$ 간격으로 3월 25일(정식) 플라스틱 하우스내에서 토경재배를 하였고 140-150일 후에 첫 수확하였다. 선발된 친환경농자재를 10일 간격 3회 처리하고 14일 후에 토마토 잎곰팡이병의 발생율을 조사하였고, 병발생시기에 따른 처리시기별로 살포한 후 토마토 잎곰팡이병의 자연발생 조건에서 방제효과를 검정하였다. 처리방법은 각 제제의 사용권장 농도로 처리시기별, 처리횟수별로 나누어서 시험을 실시하였다. 최초 약제살포는 정식 후 20일부터 살포하였고, 최종살포 10일 후에 병반면적율을 농촌진흥청 연구조사 분석기준에 의해 발병율로 계산하여 방제가로 환산하였다(농업과학기술원, 2003). 각 처리구는 20주씩(주당 200엽 이상) 3반복 완전임의배치법으로 실시하였다.

통계처리. 친환경농자재를 이용하여 처리별 토마토 잎곰팡이병 방제효과는 SAS(SAS Institute, Cary, NC)를 이용하여 ANOVA 분석하였다. 처리 평균간 비교를 위하여 Duncan 다중검정(DMRT, 5%)을 실시하였다. 토마토 잎곰팡이병 발생율은 3번의 독립적인 반복에 의해 얻어진 평균값을 나타내었다.

결과 및 고찰

토마토 잎곰팡이병 발병율 조사. 2010년 전남 장성 남면의 토마토 무농약재배 농가에서 발생한 토마토 잎곰팡이병의 발병율을 조사한 결과, 4월부터 7월의 평균 이병

엽율은 각각 4.7%, 14.9%, 20.5%로 조사되었으며(Table 1), 초기의 병징은 잎 표면에 흰점무늬의 소형 점무늬가 나타나다가 병세가 진전되면 잎 뒷면에 용단모양의 담황색 균총이 발생되면서 병반이 점차 확대되었다. 이 병은 아랫잎부터 순차적으로 발생하며 병세가 심해지면 잎 전체가 황화되어 말라 죽었다. 잎 뒷면에 발생한 잎곰팡이병균을 분리하여 광학현미경으로 관찰한 결과 분생포자병은 여러개의 격막이 있었으며, 분생포자는 단소포인 경우가 많았고 대부분 구형 혹은 타원형이었다. 암녹색이나 진갈색의 분생포자는 약 $6-30\times 2-5\ \mu\text{m}$ 로 이상의 병징과 분생포자의 형태를 관찰한 결과 잎곰팡이병균의 특성을 나타냄을 확인하였다(Jones 등, 1991). 또한 시설내에서 발생한 잎곰팡이병의 발생생태를 조사함으로써 방제시기와 약제 살포회수를 결정하는데 주요한 자료라고 생각된다.

균사생장 억제효과 검정. 2010년 3월까지 농촌진흥청 친환경유기농자재 중 토마토 잎곰팡이병 방제를 위한 병해관리용 농자재로 등록된 자재는 없다. 토마토 잎곰팡이병에 대해 방제효과가 우수한 농자재를 선발하기 위하여 농촌진흥청 친환경유기농자재 목록을 중심으로 시판되고 있는 유기 및 친환경농자재 18종을 수집하여 토마토 잎곰팡이병원균(*F. fulva*)에 대한 균사생장억제능력을 조사하였다(Table 2). PDA 배지위에 잎곰팡이병원균 균주를 접종하고 여기에 18종의 친환경농자재를 사용권장농도에 의해 희석한 후 접종하여 26°C 에서 7일간 배양 후 병원균 생장억제효과를 조사하였다. 생장억제력 50% 이상을 기준으로 하였을 때 토마토 잎곰팡이병원균(*F. fulva*)에 대해서 *Bacillus subtilis* 등의 미생물제제 7종이 50% 이상의 균사생장억제 능력을 나타냈다(미선발된 11종의 미생물제제는 30% 이하의 결과를 나타냈기에 자료를 미제출함). 본 연구 결과로 나타난 미생물제제들의 토마토 잎곰

Table 2. The effects of commercially microbial ingredients for preparations to mycelial growth inhibition of pathogenic fungus (*Fulvia fulva*) on PDA plate

Microbial ingredients for preparations	Dilution rate (times)	Inhibition rate (%) ^a
<i>Bacillus subtilis</i> DY6364	500	51.5±0.38
<i>B. subtilis</i> GB-0365	300	64.1±0.22
<i>B. subtilis</i> KB-401	400	52.6±2.09
<i>Bacillus vallismortis</i>	1000	63.9±1.82
<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	200	58.5±3.36
<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC108	2,000	56.4±1.45
<i>Trichoderma harzianum</i> YC459	1,000	51.4±1.65

Table 1. Occurrence of leaf mold caused by *Fulvia fulva* on the tomato plants at plastic house during April and July in 2010 at Jangseung, Jeonnam

Plastic House ^a	Disease incidence (%) ^b			
	April	May	June	July
I	5.4	15.3	20.6	13.8
II	4.0	14.4	20.3	12.4
Average	4.7	14.9	20.5	13.1

^aPlanting date : March 25, 2010.

^bDisease incidence (%) was made by estimating the leaf area of tomato plants infected by *Fulvia fulva*.

^aInhibition rate (%) = $\{(R-r)/R \times 100\}$, R is the maximum radius of the fungal colony away from the bacteria colony and, r is the radius of the fungal colony opposite the bacteria colony.

Table 3. Efficiency of the control of microbial ingredients for preparations in the suppression of leaf mold caused by *Fulvia fulva* in green house

Treatment	Disease control 7 days after inoculation	
	Disease severity ^a	Control value (%) ^b
<i>Bacillus subtilis</i> DY6364	18.8±4.33 ab	47.4
<i>B. subtilis</i> GB-0365	14.0±2.69 a	61.0
<i>B. subtilis</i> KB-401	16.4±2.31 ab	54.3
<i>Bacillus vallismortis</i>	17.9±2.55 ab	50.1
<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	16.0±2.51 ab	55.4
<i>Bacillus lydicus</i> WYEC108	20.1±2.18 b	43.9
<i>Trichoderma harzianum</i> YC459	20.7±1.82 b	42.3
Control	35.82±1.7 c	-

^aDisease severity index was made by estimating the percent of infected leaf area on each plant by *Fulvia fulva* and rated 7 days after application for 2 times at 7 days interval with the microbial agent.

^bThe disease control value of each treatment was evaluated by rating the disease severity seven days after *Fulvia fulva* inoculation. The disease control value of each treatment was evaluated by rating the disease severity under average 35.8% of disease incidence in green house. Each disease control value represents three replicates. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$) based on Duncan's multiple range test.

팡이병균에 대한 균사생육억제능력 시험의 결과는 균주별 인공배양 배지에서 측정된 생장억제 효과이기 때문에 각 미생물제제의 생육환경과 영양원에 따른 배양배지 차이에 따라 항균활성물질의 생성 차이가 있기 때문에 다소 효과가 달리 나타날 수 있을 것으로 생각되므로 병원균의 생장억제력이 50% 이상인 미생물제제들을 선발하였다.

토마토 잎곰팡이병에 대한 온실 유효 검정. 농촌진흥청 친환경 유기농자재 목록에 등재된 미생물제제 *B. subtilis* GB-0365 등의 실내검정에서 우수한 효과를 보인 7종을 이용하여 토마토 잎곰팡이병에 대한 유효검정을 조사하였다(Table 3). 친환경 잎곰팡이병의 방제용으로 선발된 농자재를 7일 간격 2회 처리하여 잎곰팡이병에 대한 방제효과를 조사한 결과 *B. subtilis* GB-0365(07-유기-4-014), *B. vallismortis*(10-유기-4-130), *B. subtilis* KB-401(08-유기-4-022), *Paenibacillus polymyxa* AC-1(07-유기-4-012) 4종이 20% 이하의 발병도로 50% 이상의 방제효과를 나타냈다. 처리 후 3일까지는 모든 처리구에 잎곰팡이병이 거의 발병이 되지 않았으나, 4일째부터 무처리구 대비 모든 처리구에서 이병소엽들이 발생하였다. 미생물제제의 처리방법이 경엽처리가 아닌 다른 방법으로 식물병을 방제하는 일부 미생물제제들은 분무 살포한 토마토 잎곰팡이병에 대해 방제효과가 낮았다.

Table 4. Effect of microbial ingredients for preparations on control of leaf mold in the field

Treatment	Disease control 14 days after application	
	Disease severity ^a	Control value (%) ^b
<i>Bacillus subtilis</i> GB-0365	05.0±2.90 a	70.0
<i>B. subtilis</i> KB-401	05.7±4.55 a	65.6
<i>Bacillus vallismortis</i>	07.9±6.19 a	52.5
<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	08.1±3.65 a	51.1
Control	16.6±2.49 b	-

^aDisease severity index was made by estimating the percent of infected leaf area on each plant by *Fulvia fulva* and rated 14 days after application for 3 times at 10 days interval with the microbial agent.

^bThe disease control value of each treatment was evaluated by rating the disease severity in the tomato production condition under average 16.6% of natural disease incidence. The control value was calculated by the following equation:(disease severity of untreated plants-disease severity of treated plants)/disease of untreated plants×100. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$) based on Duncan's multiple range test.

토마토 잎곰팡이병에 대한 포장방제 효과검정. 2010년 4월 말부터 잎곰팡이병이 발생하기 시작한 전남 장성 남면의 재배포장에서 선발약제 4종을 대상으로 토마토 잎곰팡이병 발병초기에 각 미생물제제를 10일 간격으로 3회 살포 후 발병율을 조사하였다(Table 4). 최종약제 처리 14일 후에 병 발병율을 조사한 결과 *B. subtilis* GB-0365와 *B. subtilis* KB-401의 제제가 70.0, 65.6%의 우수한 방제효과를 나타냈으며, 나머지 제품에서도 50% 이상의 방제효과를 나타냈다. 최종 약제처리 후 7일까지는 모든 처리구에서 잎곰팡이병이 거의 발병이 되지 않았으나, 14일째에는 무처리구 대비 모든 처리구에서 발생되었다. 21일 조사에서는 발병율이 크게 증가하는 경향을 보였으며, *B. subtilis* GB-0365와 *B. subtilis* KB-401의 제품에서도 발병을 억제하는 효과가 50%로 낮은 경향을 보였다(자료 미제출). 식물병 방제용 미생물제제의 포장방제를 위해 살포할 경우 지속시간과 효과면에서 낮은 방제효과를 나타낼 수 있다. 하지만 사용시 방제효과가 우수하더라도 장기간 연용시에 나타나는 약제 저항성균의 내성이 발생할 수 있기 때문에 작용기작과 균주의 성질이 다른 제제들을 교호적으로 사용하면 효과면에서 장기간 유지하거나 저항성균의 발생을 억제하거나 지연시킬 수 있다(고 등, 2003; Delp, 1988).

본 연구에서 사용된 미생물제제의 토마토 잎곰팡이병에 대해 지속적이면서 빠른 효과를 얻기 위하여 미생물제제를 개발할 때 우수한 미생물 균주의 선발과 함께 제

형의 기술이 중요하다. 길항미생물을 선발하고 제형화된 제품의 방제효율을 높이기 위해서 대상병해에 대해 식물의 근권이나 엽면에 살포하여 길항균의 부착 및 보호를 위한 carrier를 이용하여 정착능력을 높이는 것이 관건으로 생각된다. 또한 자연영양기질에 길항미생물을 증식 및 흡착시킨 길항미생물 배체의 제형화가 식물병 방제를 위해 많이 시도되고 있다(Cook과 Baker, 1983). 미생물제제화시 식물 앞에서 정착능력을 높이고 강우와 햇빛으로부터 보호하기 위하여 corn flour, corn starch, sugar, corn oil 등을 사용(Tamez-Guerra 등, 2000) 할 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한 Table 3과 Table 4에서 얻어진 결과는 기존에 보고된 결과와 일치하는 것으로 *Bacillus spp.*는 최근 생물학적 방제 미생물로 관심을 받고 있으며 대부분의 미생물제제로 활발히 개발되고 있다(공 등, 2010; Schisler 등, 2004). 현재 미생물제제로 가장 널리 알려져 있는 Serenade™와 Kodiak™의 경우도 *Bacillus subtilis*를 이용한 경엽살포제나 종자처리제로 식물병 방제에 활용되고 있다(Schisler 등, 2004). *Bacillus*류는 특별히 항균활성이 우수한 cyclic lipopeptide류가 다수 생산되어 직접적인 방제효과도 우수하지만 불리한 환경에서도 견딜 수 있는 내생포자를 생산하기 때문에 제형기술적인 측면에서도 발전할 수 있었다(Emmert와 Handelsman, 1999). 또한 일반 농약류에 비해 친환경농자재의 방제효율이 높지는 않지만(공 등, 2010) 제형화 기술의 향상과 효율적인 사용방법으로 예방적인 살포와 지속적인 관리로 방제효과를 높여야 할 것으로 생각된다.

처리시기별 토마토 잎곰팡이병 방제효과. 선발된 미생물제제를 이용하여 토마토 잎곰팡이병에 대한 체계적인 방제방법을 개발하고자 정식후부터 살포회수별로 잎곰팡이병 발생율을 조사하였다. *B. subtilis* GB-0365와 *B. subtilis* KB-401을 사용권장농도로 처리시기별로 살포후

잎곰팡이병에 대한 발생율을 조사한 결과 Table 5와 같다. 처리시기가 3월 25일 정식 20일부터 시기별로 예방차원에서부터 2-4회 처리 후 병발생율을 조사한 결과 무처리구 대비 70.9% 이상의 방제효율을 나타냈다. 정식 20일부터 70일까지 4회 처리한 경우 잎곰팡이병에 대해 무처리 대비 71.8%의 방제효율을 나타냈으며, 정식 40일부터 3회 처리한 경우에는 79.3% 방제하였고, 정식 20일에 처리하고 50일 후부터 2회 처리하였을 경우에는 70.9% 방제효율을 나타냈다. 하지만 생육초기부터 예방적인 차원에서 체계적인 약제처리를 하지 못한 경우에는 방제효율이 낮았다. 토마토 잎곰팡이병의 발병율도 병발생전부터 예방한 경우 4.8%에서 6.8%를 나타냈지만, 병발생초부터 방제한 경우에는 12.3% 이상의 발병율을 나타냈다. 발병초기에는 잎곰팡이병의 발병도의 편차가 크지 않았지만 병발생이 심해지면서 급격히 발생하여 그 편차가 커졌다. 발병율이 3% 이하의 초발생에는 병발병이 완만하게 증가하여 약제방제가 소홀해질 수가 있으나 지속적인 방제를 하지 않을 경우에는 10일 후부터 14.5% 발생하고 20일 후에는 63%로 급격히 증가하여 방제를 할 수 없었던 보고가 있기 때문에 초기 방제가 중요하였다(이 등, 2006). 하지만 약제 살포시기를 놓쳐 잎곰팡이병 방제효과가 떨어져 이를 극복하기 위해 고농도의 약제를 자주 살포하는 경우 약해가 발생하는 경우가 있기에 주의하여야 한다(오 등, 1996). 잎곰팡이병을 예방하지 못하고 병 발생율이 높은 경우에는 수량면에서도 큰 차이를 보였으며(자료 미제출), 이 등(2006)은 잎곰팡이병의 발병율이 12.4%이면 수량도 3%나 감소한다고 보고하였다.

가벤다·가스신 수화제 등 등록된 화학농약을 이용한 토마토 잎곰팡이병의 방제효율은 높으나 최근 화학농약이 지니고 있는 저항성 유발과 환경에 대한 관심으로 친환경적 대체기술로 길항미생물을 이용한 독성이 낮고

Table 5. Control efficiency of microbial ingredients for preparations at different application schedules after tomato planting

Application time after planting				Disease severity ^a	Control value (%) ^b
20 days	40 days	50 days	70 days		
○	○	○	○	6.6±0.19 a	71.8
X	○	○	○	4.8±0.36 a	79.3
○	X	○	○	6.8±1.21 a	70.9
X	X	○	○	12.3±3.17 b	47.3
X	X	X	○	21.1±2.88 c	9.3
X	X	X	X	23.3±1.55 c	-

○: Sprayed on leaf, X: Not sprayed.

^a Disease severity index was made by estimating the percent of infected leaf area on each plant by *Fulvia fulva*.

^b The disease control value of each treatment was evaluated by rating the disease severity in the tomato production condition under average 23.3% of natural disease incidence. The control value was calculated by the following equation: (disease severity of untreated plants-disease severity of treated plants)/disease of untreated plants×100. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different (P<0.05) based on Duncan's multiple range test.

잔류성이 없으며 인체에 무해한 미생물제제의 개발 및 실용화가 활발해졌다(공 등, 2010; 오 등, 1996; Guba, 1938; Jones 등, 1991). 공 등(2010)도 길항세균 *Bacillus amyloliquegaciens* A-2를 이용하여 토마토 잎곰팡이병을 화학농약 방제수준의 73%로 방제하였다. 개발하여 상용화된 미생물제제와 방제프로그램 등을 이용한다면 화학농약의 방제수준에 도달할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 친환경재배에서 토마토 잎곰팡이병 방제를 위하여 사용한 친환경 병방제제와 시험포장의 병발생 환경에 따라 차이가 있을 수 있지만, 저항성 품종 재배와 밤과 낮의 온도차이 감소와 과습을 방지하면서, 방제프로그램에 의한 살포시기와 예방약제의 다양화로 체계적이고 효과적인 관리방법과 발병전에 살포함으로써 병 방제 효율면에서 도움이 될 것으로 생각한다.

요 약

친환경 미생물제제를 이용하여 개발된 방제프로그램에 의해 토마토 잎곰팡이병에 대한 효과를 검증하였다. 2010년 4월부터 7월까지 시설내에서 토마토 잎곰팡이병은 약 13.1% 발생하였다. PDA 배지에서 잎곰팡이병원균의 균사 생장을 50% 이상 억제한 친환경유기농자재 7종을 선발하였다. 선발된 4종 병해관리용 유기농자재는 온실에서 50% 이상의 방제효율을 나타냈으며, 최종적으로 *Bacillus subtilis* GB-0365와 *B. subtilis* KB-401 2종은 토마토 정식 20일부터 70일까지 4회 살포시 71.8% 이상의 방제효과를 나타냈으며, 3회 처리시에는 79.3%의 우수한 방제효과를 나타냈다. 따라서 토마토 친환경 유기재배농가를 위해 선발된 친환경농자재와 시기에 따른 살포방법에 의한 방제프로그램은 효율적인 모델로 이용 가능할 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This work was supported by a grant (#20110401030595) from the Agricultural R&D 15 Agendas, Rural Development Administration, Republic of Korea.

참고문헌

고영진, 이재균, 허재선, 박동만, 정재성, 유용만. 2003. 참다래 저장병 예방약제 최적 살포 체계 확립. 식물병연구 9: 205-208.
공현기, 전옥주, 최기혁, 이광렬, 백정우, 김현주, 센틸쿠마 무루가이안, 문병주, 이선우. 2010. 길항세균 *Bacillus*

amyloliquegaciens A-2를 이용한 토마토 잎곰팡이병 방제용 미생물 제제. 식물병연구 16: 27-34.
국가통계포털. 2010. 농림어업 시설작물 재배면적(<http://kosis.kr>). 통계청.
김두호. 2005. 친환경농업의 현재와 미래. 한국농약과학회 학술 발표대회 논문집 10-13.
농촌진흥청. 2009. 친환경유기농자재 목록공시기준 및 품질규격. 농촌진흥청 고시 제2009-27호.
농업과학기술원. 2003. 연구조사 분석기준. 농촌진흥청. 271-280.
명인식, 홍성기, 이영기, 최효원, 심홍식, 박진우, 박경석, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 김용기, 신동범, 나동수, 예완해, 한성숙, 조원대. 2006. 2005년 주요 농작물 병해 발생개황. 식물병연구 12: 153-157.
오연이, 박은우, 조일규, 강창성, 김성기, 양장석. 1996. 토마토 잎에 집적된 Triflumizole 잔류량의 온도에 따른 경시적 동태와 잎곰팡이병균에 대한 약효. 한국식물병리학회지 12: 307-314.
이용환, 김선곤, 김도익, 최경주, 김영철. 2006. 토마토 잎곰팡이병 요방제 수준 설정. 전라남도농업기술원 시험연구보고서 655-661.
장태현. 2009. 토마토 잎곰팡이병에 대한 키토산 제제의 방제 효과. 식물병연구 15: 248-253.
Cook, R. J. and Baker, K. F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. APS. St. Paul, Minnesota. pp. 539.
Delp, C. J. 1988. Fungicide Resistance in North America. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, U.S.A. pp. 133.
Ellis, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. CAB. pp. 306-319.
Emmert, E. A. B. and Handelsman, J. 1999. Biocontrol of plant disease: a Gram(-) positive perspective. *FEMS Microbiol. Lett.* 171: 1-9.
Jones, J. B., Stall, R. E. and Zitter, T. A. 1991. Compendium of tomato disease. APS press. Minnesota. pp. 18.
Lindhout, P. 1989. Further identification of races of *Cladosporium fulvum* (*Fulvia fulva*) on tomato originating from the Netherlands, France and Poland. *Neth. J. Plant Pathol.* 95: 143-148.
Moon, B. J., Roh, S. H. and Cho, C. T. 1990. Biological control of Fusarium wilt of strawberry by antagonistic bacterium, *Pseudomonas gladioli*, in green house. *Kor. J. Plant Pathol.* 6: 461-466.
Schisler, D. A., Slininger, P. J., Behle, R. W. and Jackson, M. A. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant disease. *Phytopathology* 94: 1267-1271.
Tamez-Guerra, P., McGuire, M. R., Behle, R. W., Shasha, B. S. and Galn Wong, L. J. 2000. Assessment of microencapsulated formulations for improved residual activity of *Bacillus thuringiensis*. *J. Econ. Entomol.* 93: 219-225.