

## 농약의 양액 탱크내 혼합처리에 의한 토마토 역병 방제 효과 및 잔류 특성

임양빈\* · 경기성 · 김찬섭 · 박병준 · 이종섭<sup>1</sup>

농업과학기술원 농약안전성과, <sup>1</sup>원예연구소 원예환경과

**요약** : 토마토 양액재배시 심각한 피해를 주는 역병균에 대한 간편하고 효과적인 방제방법을 확립하기 위하여 역병 방제 효과가 높은 metalaxyl · copper oxychloride 수화제(15% metalaxyl+35% copper oxychloride) 및 dimethomorph · dithianon 수화제(8% dimethomorph+30% dithianon) 2 종에 대하여 유묘검정을 통하여 약제 처리농도를 12,500배, 25,000배, 50,000배로 설정하였다. 토마토를 암면에 정식하고 40일 후에 역병균을 접종하였으며, 접종 5일 후 시험약제를 설정된 농도수준으로 양액탱크에서 혼합한 양액을 토마토 뿌리에 공급하였다. 약제처리 후 metalaxyl · copper oxychloride 수화제는 처리당일, 1, 3, 7, 15일 간격으로 양액중 metalaxyl의 농도를 조사한 결과 25,000배와 50,000배 처리구의 농도는 15일 후에도 처리당일과 비슷한 농도수준을 유지하였다. Dimethomorph · dithianon 수화제의 처리구중 dimethomorph는 모든 처리구에서 metalaxyl과 유사한 경향을 보였지만, dithianon은 처리후 농도가 급격히 감소하는 경향을 보였다. Metalaxyl · copper oxychloride 수화제를 처리한 토마토중 metalaxyl의 잔류량은 1회 처리구를 제외한 모든 처리구에서 0.02~0.04 mg/kg 수준으로 검출되었다. Dimethomorph · dithianon 수화제 처리구의 토마토중 dimethomorph는 12,500배 처리구 0.012~0.021 mg/kg, 25,000배 처리구는 0.001~0.006 mg/kg, 50,000배 처리구 0.001~0.003 mg/kg이 각각 검출되었으나 dithianon은 12,500배 3회 처리구에서 0.005, 50,000배 2회 처리구에서 0.003 mg/kg이 검출되었다. 역병 방제효과시험에서 모든 처리구에서 높은 방제가를 나타냈으나, 12,500배 처리구에서는 모두 약해가 관찰되었다. 따라서, 양액재배 토마토의 역병 방제를 위해서는 25,000배와 50,000배로 조제된 metalaxyl · copper oxychloride 50% 수화제는 15일 간격 1~3회, dimethomorph · dithianon 38% 수화제는 10일 간격 1~3회 혼합처리하는 것이 역병 방제효과와 생산물의 안전성 측면에서도 만족스러운 것으로 확인되었다.(2003년 11월 8일 접수, 2003년 12월 23일 수리)

**Key words** : tomato, *Phytophthora capsici*, metalaxyl, dimethomorph, dithianon, hydroponic culture, pesticide residue.

### 서론

우리 나라의 토마토 재배면적은 3,531 ha로 이중 시설재배면적이 3,353 ha로 전체의 약 95%를 차지하고 있다(농림부, 2003). 토마토 토경재배에서 발생하는 토양 전염성 병해를 방지하기 위한 효과적인 방법으로 양액재배 방법이 채택되어 사용되고 있으나, 최근에는 양액재배지에서도 역병이 발생되어 커다란 피해를 나타내고 있는 실정이다(전 등, 2000). 국내 양액재배 시설에서 역병을 일으키는 병원균으로는

*Phytophthora drechsleri*, *P. infestans*, *P. nicotianae*, *P. capsici* 등 4종이 알려져 있으며, 토마토에서는 *P. capsici*가 주로 피해를 주는 것으로 보고되었다(지 등, 1998; 지 등, 2000). 특히, 양액재배에서 역병균에 의해 피해가 크게 나타나는 이유는 병원균이 반수생균으로 작물의 뿌리가 항상 양액에 담겨져 있고 양액이 계속 공급되기 때문에 병원균의 전염이 용이하고 증식하는데 적당하기 때문이다. 일반적인 토양재배에서는 역병을 방제하기 위하여 metalaxyl 및 metalaxyl · 동제를 역병균이 존재하는 뿌리 부위에 직접 관주처리하는 것이 효과적이라고 알려져 있다(Papavizas와 Bowers, 1981; 성과 황, 1988). 그러나, 양액재배에서는

\*연락처자

농약이 다량 관주처리 될 경우 침투 이행성이 큰 약제는 뿌리를 통해 작물체내로 계속 흡수되어 열매나 잎 등에 축적되어 약해를 일으킬 가능성이 매우 높으며, 수확 후 가식부위에 잔류농약이 과다하게 존재할 가능성이 매우 높다(이와 김, 1997; 이, 1997). 따라서, 임 등(2002)은 양액재배에서 효과적이며 안전한 방제 방법을 검토한 결과 토마토가 자라는 암면에 metalaxyl · copper oxychloride 50% 수화제와 dimethomorph · dithianon 38% 수화제를 각각 5,000배로 조제하여 암면에 15일 간격으로 3회 관주처리하는 것이 방제효과와 생산물의 안전성 측면에서 만족스러운 것으로 확인한 바 있다.

이 시험은 양액재배 토마토의 주요 역병균으로 알려진 *P. capsici*를 효과적으로 방제할 수 있도록 역병균에 효과가 높은 것으로 알려진 약제를 토마토 양액에 혼합하여 일정농도로 조제한 후 양액을 토마토 뿌리에 직접 공급하여 역병에 대한 방제효과, 약해 및 과실중 농약잔류량을 조사하여 안전한 방제법을 종합적으로 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험약제 및 표준품

토마토의 관행재배시 역병(*Phytophthora capsici*)에 효과적인 방제약제로 알려진 metalaxyl · copper oxychloride 수화제(15% metalaxyl+35% copper oxychloride) 및 dimethomorph · dithianon 수화제(8% dimethomorph + 30% dithianon) 2종을 사용하였으며, 잔류분석 시험에 사용한 표준품의 순도는 94% 이상이었다.

### 시험농도

시험약제 2종을 대상으로 저지원법을 이용하여 약제의 시험농도를 정하였다. 시험약제를 각각 10,000, 15,000, 20,000 및 25,000배로 첨가한 감자한천배지(PDA)에 배양한 역병균의 균총(직경 1 cm)을 접종하여 28°C에서 5일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하였다.

### 토마토 재배

이 시험에 사용한 토마토는 농가에서 널리 재배되고 있는 다니엘라 품종을 사용하였다. 토마토 종자를 25°C에서 12시간 최아시킨 후 발아된 종자를 50공

플러그 포트에 파종하였다. 파종후 25°C로 조절된 온실에서 28일간 육묘후 묘의 크기가 12~13 cm 되는 건강한 묘를 1.5 cm 구멍이 있는 사각형 암면큐브(9 × 9 cm)에 이식하였다. 양액재배용 베드를 사용하여 펄라이트를 적당량 채운 후 육묘용 암면큐브를 그 위에 올려 재배하였다. 그 밖의 토마토 양액 재배방법은 원예연구소 및 농가의 표준 경종법에 준하여 재배하였다.

### 방제효과 검정

역병방제 효과검정은 순환식 양액재배 시설이 갖추어진 동일한 유리온실에서 metalaxyl · copper oxychloride 수화제는 6~7월, dimethomorph · dithianon 수화제는 9~10월에 걸쳐서 두 차례 시험을 실시하였다. 시험구의 크기는 4.5 m<sup>2</sup>였으며, 시험구당 토마토 재식주수는 16주였다. 처리구는 약제살포농도에 따라 각각의 약제 처리구를 두고, 난괴법 3반복으로 시험하였다. 병원균의 접종은 토마토 정식 40일 후 역병균 배양액(유주자낭 약 25 개/mL)을 주당 4 mL씩 접종하고, 접종 5일 후에 각 약제를 처리구의 농도가 되도록 양액 200 L에 투여한 후 양액을 토마토의 생장단계에 따라 매일 10분씩 6~10회까지 공급하였다. Metalaxyl · copper oxychloride 수화제 처리구의 양액은 15일 간격으로 3회 양액을 보충하였으며, dimethomorph · dithianon 수화제 처리구의 양액은 10일 간격으로 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 동일하게 처리하였다. 또한 역병 발병율은 각 약제의 처리구별로 이병주를 조사하여 구하였으며, 약해증상도 조사하였다.

### 잔류분석용 시료채취

시험약제가 농도별로 처리된 시험구에서 토마토 및 양액을 주기적으로 채취하여 잔류농약분석용 시료로 사용하였다. Metalaxyl · copper oxychloride 수화제의 처리구에서 토마토 시료는 약제처리후 15일 간격으로 3회 채취하여 잔류농약분석용 시료로 사용하였다. 양액의 시료는 약제처리 당일, 1, 3, 7, 15일 간격으로 채취하였으며, 양액의 감소량도 조사하였다. Dimethomorph · dithianon 수화제의 처리구에서 토마토 시료는 약제처리후 10일 간격으로 3회, 양액 시료는 약제처리 당일, 1, 3, 5, 10일 간격으로 채취하였으며, 양액의 감소량도 조사하였다.

### 잔류농약 분석방법

Metalaxyl의 잔류량은 토마토 시료 50 g을 100 mL acetone으로 추출 후 50 mL dichloromethane으로 2회 분배추출한 다음 Florisil column chromatography 정제 후 HP-5(5% phenyl methyl siloxane, 길이 30 m × 내경 0.25 mm × 필름두께 0.25 μm)가 장착된 GLC/NPD를 이용하여 정량 분석하였으며, 양액중 잔류량은 양액시료 500 mL를 50 mL의 dichloromethane으로 2회 분배 후 정량 분석하였다.

Dithianon의 잔류량 분석은 토마토 시료 50 g에 4N HCl 용액을 첨가하여 산성으로 전환시킨 후 150 mL acetone으로 추출 후 50 mL chloroform으로 2회 분배추출한 다음 silica gel을 이용하여 정제하였다. Dithianon의 분석은 LiChrocart RP-18(길이 25 cm × 내경 4 mm, 입자크기 0.5 μm) 컬럼이 장착된 HPLC(HP-1050)를 사용하였으며, 이동상으로 acetonitrile : water(80 : 20, v/v) 혼합용매액을 사용하여 파장 254 nm에서 정량 분석하였으며, 양액 중 dithianon의 잔류량도 토마토와 동일한 방법으로 정량하였다(박 등, 1993).

토마토 중 dimethomorph의 분석은 acetone 100 mL로 마쇄추출한 후 50 mL dichloromethane으로 2회 분배추출하여 Florisil로 정제한 후 dithianon과 동일한 분석기기와 컬럼을 사용하였으며, 이동상으로 acetonitrile : water(50 : 50 v/v) 혼합용매액을 사용하여 파장 240 nm에서 정량분석하였고, 양액중 잔류량은 토마토와 동일한 과정으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 역병 방제용 농약의 처리농도

역병균에 대한 방제효과가 높은 약제로 알려진 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 dimethomorph · dithianon 수화제는 10,000, 15,000, 20,000, 25,000배의 처리농도에서 모두 우수한 생육억제효과를 나타냈다. 그러나, 양액재배지에서 약제를 장기간 토마토에 관주처리할 경우 약해가 발생할 가능성이 있으므로 시험농도수준보다 낮은 12,500, 25,000, 50,000배액으로 각 약제의 처리농도를 정하였다.

### 회수율 및 검출한계

이 시험에 사용된 3종의 약제에 대한 토마토 및 양액에서 잔류분석법상의 회수율은 82~113%로서 3종

의 농약 모두 회수율이 비교적 높고 안정적이었으며, 농약과 시료의 종류에 따른 변이도 적었다. 각 약제의 검출한계는 토마토에서는 metalaxyl 0.02, dithianon 0.003, dimethomorph 0.001 mg/kg이었으며, 양액에서는 metalaxyl 0.002, dithianon 0.003, dimethomorph 0.001 mg/kg이었다.

### 양액중 시험약제의 농도 변화

선발된 약제를 혼합처리한 양액을 토마토에 관주처리한 후 주기적으로 양액 중 농약 잔류량과 양액의 감소량을 조사하였다. Metalaxyl · copper oxychloride 수화제를 처리한 양액중 metalaxyl의 농도를 처리당일, 1, 3, 7, 15일 간격으로 조사하고, 양액의 감소량도 측정된 결과는 그림 1과 같다. 약제의 농도는 25,000배 처리에서 5.784~8.995 mg/kg, 50,000배 처리구에서 2.372~3.537 mg/kg이었으며, 양액중 metalaxyl 농도는 모든 처리구에서 동일한 경향을 나타내었는데, 약제 처리 1일 후 약간 증가하다가 3일 후부터는 일정 농도를 유지하였다. 양액탱크내 양액량은 약제처리 후 1일에는 8 L, 3일에는 20 L, 7일에는 62~78 L, 15일에는 105~117 L가 각각 감소하였다.

Metalaxyl의 수용해도는 8.4 g/L이고, 실온 조건하에서 중성 및 산성에서 안전한 화합물로 알려져 있으므로(The pesticide manual, 2000) 재배기간 중 양액탱크내에서 분해는 적을 것으로 예측되었으나, 양액량이 감소함에 따라 metalaxyl의 농도가 감소하는 경향을 나타낸 것은 작물체로 흡수이행되었기 때문인 것으로 판단되었다.

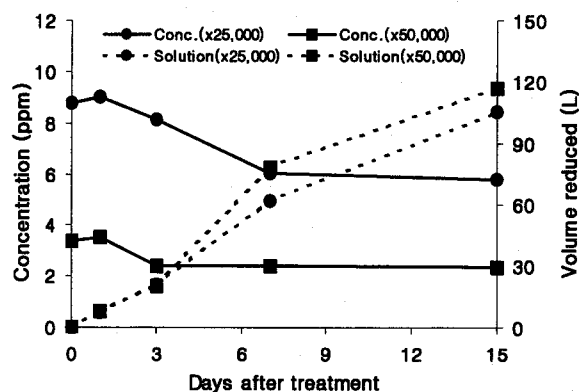


Fig. 1. Changes in the concentration of metalaxyl and the amount of the solution in the hydroponic solution tank treated with metalaxyl · copper oxychloride 50% WP.

Dimethomorph · dithianon 수화제를 처리한 양액중 dimethomorph와 dithianon의 경시적 농도변화와 양액의 감소량은 그림 2와 3과 같다. Dimethomorph의 농도는 25,000배 처리구에서 2.972~3.751 mg/kg, 50,000배 처리구에서 1.769~1.903 mg/kg이었으며, 양액중 dimethomorph의 농도는 25,000 및 50,000배 모든 처리구에서 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 한편, 양액탱크내 양액량은 약제처리 후 1일에는 7 L, 3일에는 17~23 L, 7일에는 32 L, 15일에는 39~58 L가 각각 감소하였다.

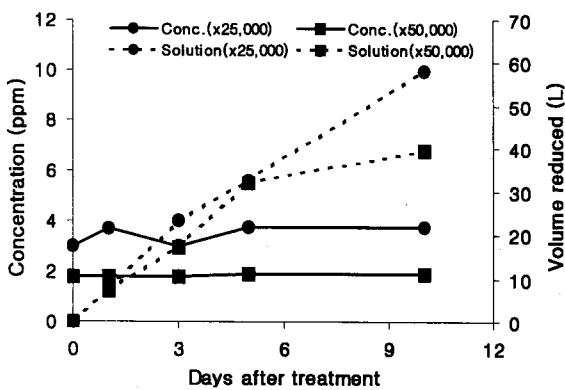


Fig. 2. Changes in the concentration of dimethomorph and the amount of the solution in the hydroponic solution tank treated with dimethomorph · dithianon 38% WP.

Dimethomorph · dithianon 수화제를 처리한 양액중

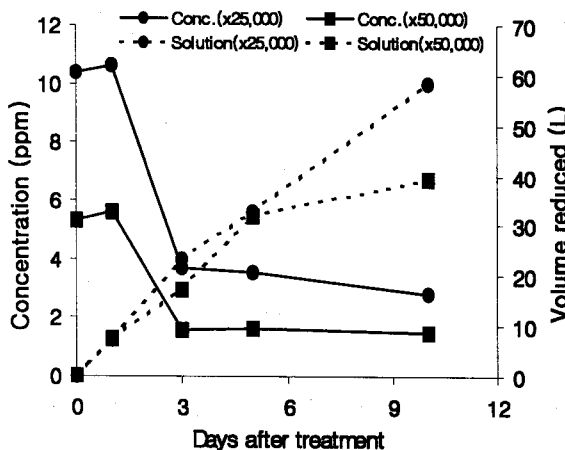


Fig. 3. Changes in the concentration of dithianon and the amount of the solution in the hydroponic solution tank treated with dimethomorph · dithianon 38% WP.

dithianon의 농도는 25,000배 처리구에서 2.824~10.634 mg/kg, 50,000배 처리구에서는 1.484~5.585 mg/kg으로 써 양액중 dithianon의 농도는 25,000 및 50,000배 모든 처리구에서 약제처리 후 3일차부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

이는 시험약제의 수용해도는 dimethomorph (<50 mg/L)가 dithianon (0.5 mg/L)보다 높으며, 온도와 pH에 대한 안전성에서 dimethomorph는 가수분해와 열에 대하여 안전성이 높은 반면 dithianon은 실온 조건하 중성에서 반감기가 12.2 시간으로 매우 짧은 화합물로 알려져 있다(The pesticide manual, 2000). 따라서, dimethomorph가 재배기간중 양액탱크 내에서의 농도 변화가 크지 않은 것은 양액 내에서 분해가 되지 않고 양액과 함께 식물체로의 이동가능성을 보여주며, dithianon의 경우 재배기간 중 약제의 농도가 크게 감소하는 경향을 보인 것은 식물체로 흡수이행보다 약제 자체의 분해에 의해 감소된 것으로 추정되었다.

### 토마토 중 농약 잔류량

약제가 혼합된 양액을 처리한 후 수확한 토마토에서 농약잔류량을 조사한 결과는 표 1과 2와 같다. Metalaxyl · copper oxychloride 수화제의 1회 처리구를 제외한 모든 처리구의 토마토 중 metalaxyl이 0.02~0.04 mg/kg이 검출되었다. Dimethomorph · dithianon 수화제를 처리한 경우 토마토 중 dimethomorph는 50,000배 3회 처리구를 제외한 모든 처리구에서 0.001~0.021 mg/kg, dithianon은 12,500배 3회 처리구에서 0.005, 50,000배 2회 처리구에서 0.003 mg/kg이 각각 검출되었으나, 토마토에서 검출된 수준은 국내 잔류 허용기준인 metalaxyl 0.5, dimethomorph 1.0, dithianon 2.0 mg/kg보다 훨씬 낮아 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단되었다(식품의약품안전청, 2001).

시험약제의 안전사용기준은 metalaxyl · copper oxychloride 수화제는 1,000배액을 담배에 주당 250 mL씩 토양 관주처리하며, dimethomorph · dithianon 수화제는 500배액을 토마토에 경엽살포하도록 설정되어 있다(농약공업협회, 2003). 이 시험의 경우 추천농도보다 낮은 농도인 12,500, 25,000, 50,000배액으로 희석된 농약을 뿌리에 30 또는 45일간 3회 관주처리해도 토마토에서 잔류농약이 검출되지 않거나 아주 낮은 수준으로 검출된 것은 초기 처리약량이 추천농도에 비하여 매우 낮기 때문이다. 그러나, 이 시험에서 현재

Table 1. Maximum residues of metalaxyl in tomato harvested every 15 days after treatment of metalaxyl · copper oxychloride 50% WP

Dilution rate	Pesticide residue at tank-mixing (mg/kg)		
	Once	Twice	Thrice
12,500	<0.02	0.02	0.02
25,000	<0.02	0.04	0.03
50,000	<0.02	<0.02	0.02

Table 2. Maximum residues of dimethomorph and dithianon in tomato harvested every 10 days after treatment of dimethomorph · dithianon 38% WP

Pesticide	Dilution rate	Pesticide residue at tank-mixing (mg/kg)		
		Once	Twice	Thrice
Dimethomorph	12,500	0.014	0.012	0.021
	25,000	0.006	0.001	0.001
	50,000	0.003	0.001	<0.001
Dithianon	12,500	<0.003	<0.003	0.005
	25,000	<0.003	<0.003	<0.003
	50,000	<0.003	0.003	<0.003

의 안전사용기준보다 낮은 농도로 처리된 약제들이 토마토에서 검출된 것은 이들 약제들이 침투성 약제로 토마토의 뿌리를 통해 양액과 함께 흡수된 약제가 과실까지 이행된 것으로 추정되었다.

약제의 침투이행성에 관여하는 인자로 알려진 옥타놀-물 분배계수(log  $K_{ow}$ )는 metalaxyl 1.75, dimethomorph 2.63, dithianon 3.2이었다. Sicbaldi 등(1997)은 농약의 침투이행성에 관한 연구에서 약제가 뿌리를 통해 흡수후 일정한 농도에 도달하는 시간은 옥타놀-물 분배계수가 클수록 길어졌으며, 식물체 내에서 약제의 이행성은 분배계수가 3 정도에서 가장 높았다고 하였다. 이 시험에 사용된 약제의 분배계수를 비교하면 뿌리를 통해 흡수되어 일정 농도에 도달하는 시간은 비슷하지만, 흡수된 약제의 식물체내 이행성은 dithianon>dimethomorph>metalaxyl 순으로 높을 것으로 추정되었다. 그러나, 토마토 과실중 잔류량을 조사한

결과 초기 처리농도가 높은 dithianon(10.353 mg/kg)보다 metalaxyl(8.752 mg/kg)과 dimethomorph(3.005 mg/kg)가 높게 검출된 것은 양액중의 농도와 높은 연관성을 지닌 것으로 판단되었다. 즉, metalaxyl은 분배계수(1.75)가 가장 낮지만 양액중 초기 처리농도가 dimethomorph보다 높고, 장기간 높은 농도로 뿌리에 공급되어 뿌리를 통해 흡수된 양도 높은 것으로 추정되었다. 또한, 가장 낮은 농도로 처리된 dimethomorph가 토마토에서 검출된 것은 약제의 높은 침투이행성에서 주로 기인된 것으로 판단되었다(Sicbaldi 등, 1997; The pesticide manual, 2000; 임 등, 2002).

#### 역병 방제효과 및 약해 조사

토마토 정식 40일 후 역병균을 접종하고 병원균 접종 5일 후부터 15일 간격으로 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 dimethomorph · dithianon 수화제를

Table 3. Incidence of *Phytophthora* root rot in tomato inoculated with *Phytophthora capsici* at the given tank-mixing times and dilutions of metalaxyl · copper oxychloride 50% WP

Dilution rate	Incidence (%) of root rot		
	Once	Twice	Thrice
12,500	0.0	0.0	0.0
25,000	0.0	0.0	0.0
50,000	0.0	0.0	0.0
Control	75.0	-	-

Table 4. Incidence of *Phytophthora* root rot in tomato inoculated with *Phytophthora capsici* at the given tank-mixing times and dilutions of dimethomorph · dithianon 38% WP

Dilution	Incidence (%) at tank-mixing times		
	Once	Twice	Thrice
12,500	0.0	0.0	0.0
25,000	0.0	0.0	0.0
50,000	0.0	0.0	0.0
Control	68.7	-	-

12,500, 25,000, 50,000배의 희석농도로 관주처리 후 방제효과를 조사한 결과는 표 3과 4와 같다. 두 약제의 경우 역병은 처리농도 및 회수에 관계없이 모든 처리구에서 전혀 발병되지 않았다. 이는 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 dimethomorph · dithianon 수화제가 양액탱크에 혼합처리 된 후 조사기간 동안 매일 일정농도의 양액이 뿌리에 공급되므로, 뿌리에서 감염을 일으키는 역병 발병을 억제하는 효과가 높았을 것으로 여겨진다.

한편, 시험약제에 대한 토마토의 약해 유무를 조사한 결과 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 dimethomorph · dithianon 수화제 각각의 12,500배 처리구 모두에서 토마토의 하엽이 황색으로 변색되는 약해 증상을 나타내어 양액탱크내 혼합처리 방법에 의한 토마토 역병 방제시 부적합한 농도로 평가되었다(그림 4). 이상의 결과를 종합하면 metalaxyl · copper oxychloride 수화제를 양액에 25,000배와 50,000배로 혼합 처리하여 토마토에 15일 간격으로 1~3회까지 관주처리하는 것이 양액재배 토마토의 역병 방제에 매우 효

과적이고 안전한 약제처리방법이었다. 또한 Dimethomorph · dithianon 수화제와 metalaxyl · copper oxychloride 수화제와 동일한 희석배수로 토마토에 10일 간격으로 1~3회까지 관주처리하는 것이 토마토의 역병 방제에 효과적이고 안전한 약제처리방법이었다. 이 시험의 결과는 토마토 베드에 희석약제를 직접 살포하는 방법과 더불어 양액재배지 토마토의 역병 발병 억제 및 방제방법으로 매우 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나, 현재의 농약안전사용기준은 농약 희석액을 토마토에 경엽살포하는 관행 방제방법에 대한 기준이고, 양액재배지의 식물병의 방제에 대한 기준은 설정되어 있지 않기 때문에 관행 재배 이외의 재배방법으로 재배되는 작물에 대하여도 새로운 농약안전사용기준이 마련되어야 할 것이다.

인용문헌

Papavizas, G. C. and J. H. Bowers (1981) Comparative fungitoxicity of captafol and metalaxyl to *Phyto-*



A (x 12,500)



B (x 50,000)

Fig. 4. Phytotoxic responses of tomato to two different dilutions of metalaxyl · copper oxychloride 50% WP. A : ×12,500 dilution; B : ×50,000 dilution

- phthora capsici*. *Phytopathology* 71(2):123~128.
- Sicbaldi, F., G. A. Sacchi, M. Trevisan and A. A. M. Delre (1997) Root uptake and xylem translocation of pesticide from different chemical classes. *Pestic. Sci.* 50:111~119.
- The pesticide manual (2000) British Crop Protection Council.
- 농림부 (2003) 농림통계연보.
- 농약공업협회 (2003) 농약사용지침서.
- 박창규, 임양빈, 임건재 (1993) 약용작물에 대한 잔류 농약 분석법 확립. 농약연구소 시험연구보고서 pp. 443~452.
- 성낙규, 황병국 (1988) Metalaxyl과 metalaxyl동 혼합제의 고추역병 방제효과 비교. *한국식물병리학회지* 4(3):185~196.
- 식품의약품안전청 (2001) 식품공전.
- 이영근 (1997) 고추근권토양 약제처리에 의한 역병방제효과. *안동대농업과학기술연구소논문집* 3:81~89.
- 이중섭, 김기홍 (1997) 과채류 양액재배지 병해발생 상태 및 방제연구. *원예연구소 시험연구보고서* pp. 819~823.
- 임양빈, 이중섭, 경기성, 김찬섭, 오경석, 진용덕, 이병무 (2002) 약제 관주처리에 의한 양액재배 토마토의 역병 방제 및 농약잔류 특성. *농약과학회지* 4(4):287~292.
- 전홍용, 이중섭, 박종환, 한경숙 (2000) 과채류 양액재배지 역병발생상태 및 방제연구. *원예연구소 시험연구보고서*, pp.318~324.
- 지형진, 김완규, 조원대 (1998) 토마토 뿌리역병의 발생조사와 병원균의 동정. *농촌진흥청 작물보호논문집* 40(1):29~37.
- 지형진, 조원대, 김충희 (2000) 한국의 식물역병. *농업과학기술원*.

#### Control of *Phytophthora capsici* and Residual Characteristics by the Pesticides Tank-Mixed in Tomato Hydroponic Culture System

Yang-Bin Ihm\*, Kee-Sung Kyung, Chan-Sub Kim, Byung-Jun Park, and Jung-Sup Lee<sup>1</sup>(Pesticide Safety Division, National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707 and <sup>1</sup>National Horticultural Research Institute, Suwon 440-310, Korea)

**Abstract :** To control effectively and safely *Phytophthora* root rot caused by *Phytophthora capsici* on tomato in hydroponic culture, tank-mixing method was considered with two pesticides, metalaxyl · copper oxychloride 50% WP and dimethomorph · dithianon 38% WP. Forty days after transplanting of tomato seedlings, 4 mL of sporangia of *P. capsici* (about 25 sporangi/mL) per plot was inoculated around tomato plant roots, and at 5 days after inoculation, the pesticides tank-mixed at three dilution levels, 12,500, 25,000 and 50,000, were drenched 1, 2 or 3 times per plot on the culture cube every 15 days for metalaxyl · copper oxychloride 50% WP and every 10 days for dimethomorph · dithianon 38% WP. During the drenching period, the residue levels of metalaxyl and dimethomorph in hydroponic culture solution were similar to the initial levels but the level of dithianon was drastically decreased from one day after tank-mixing. In tomato drenched with metalaxyl · copper oxychloride 50% WP, metalaxyl was detected 0.02~0.04 mg/kg in all diluted plots. Dimethomorph was detected 0.012~0.021, 0.001~0.006 and 0.001~0.003 mg/kg in 12,500, 25,000 and 50,000 times diluted plots, respectively, while dithianon was detected 0.005, 0.003 mg/kg in 12,500 and 50,000 times diluted plots, respectively. The detection levels of three pesticides were far below compared with the levels of Korean MRLs. Incidences of *Phytophthora* root rot were not found in all the plots, but phytotoxic responses were recognized in the 12,500 times diluted plots of both pesticides. Based on the above results, the drenching of the culture solution tank-mixed with these pesticides could be recommended as a very safe and effective method to control *Phytophthora* root rot in tomato in hydroponic culture.

\*Corresponding author (Fax : +82-31-290-0534, E-mail : ybihm@rda.go.kr)