

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
주요 병해충 요방제 수준 설정 연구		작물보호	'08~'09	농업기술원 환경농업연구과	김진영
시설상추 시들음병 경제적피해 허용 수준 설정		작물보호	'08~'09	농업기술원 환경농업연구과	김진영
색인용어	상추, 시들음병, 경제적피해허용수준, 요방제수준				

ABSTRACT

The purpose of this study was to clear the soil inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* and yield loss on lettuce in plastic house during 2008 and 2009. The yield loss of lettuce caused by Fusarium wilt in spring was 3.4% at 10^2 cfu/ml, 18.9% at 10^3 cfu/ml, 21.2% at 10^4 cfu/ml, 41.4% at 10^5 cfu/ml and 54.0% at 10^6 cfu/ml, respectively. The yield loss of lettuce caused by the disease in autumn was 14.5% at 10^2 cfu/ml, 29.6% at 10^3 cfu/ml, 58.2% at 10^4 cfu/ml, 78.4% at 10^5 cfu/ml and 89.4% at 10^6 cfu/ml, respectively. So, inoculum density was inversely related to lettuce yield, $Y = -403.95x + 4656.2$ in spring and $Y = -258.43x + 1726.1$ in autumn. The effect of inoculum density and density of *F. oxysporum* on selective medium from the infested soil were fit by linear relationship, $Y = 148.51x^2 - 47.321x + 2964.9$, $R^2 = 0.8476$. Diseased plants in the field were increased from 1.5% to 88.8% in spring and 3.4% to 97.1% in autumn with inoculum density of *F. oxysporum*. These results suggest that the economic threshold based on Fusarium density in the soil to induce fusarium wilt on lettuce was 4.2×10^3 cfu/g soil in spring and 3.4×10^3 cfu/g soil in autumn.

Key words : Lettuce, *Fusarium oxysporum*, Economic threshold

1. 연구목표

국내 상추는 주로 시설재배 형태로 재배되고 있으며, 전국재배면적은 약 4,574ha(농림수산식품부, 2009), 그 중 경기도 재배면적은 약 2,045ha로서 전국 재배면적의 약 45% 정도를 차지하고, 생산량 또한 6만 M/T를 차지하여 수도권에서 가장 많이 재배되는 엽채류 중 하나이다.

상추시들음병은 일본에서 뿌리썩음병(根腐病)으로 최초 보고되었고(本橋精一等, 1960), 국내에서는 조 등(1997)에 의해 발생이 최초로 기록되었다. 상추시들음병은 *Fusarium oxysporum*에 의해 발생하는 토양병해의 가장 대표적인 병으로 토양병해의 특성상 재배중에는 방제하기가 어려워(김 등, 2008), 농가에서 그 피해가 크지만 피해수준에 관한 정밀한 연구가 미흡한 실정에 있다.

요방제수준의 개념은 Stern 등(1959)에 의해 합리적인 해충 방제 방법으로 경제적 피해를 일으킬 수 있는 최저 수준의 해충 개체수 개념으로 경제적 피해허용 수준(economic injury level; EIL)의 개념을 도입하였다. 경제적 피해허용 수준은 시장에서 형성되는 가격, 방제비용, 피해 작물에 대한 감수성 정도 등 여러 가지 요인에 의해 변화하는 동적인 속성을 가진다(서종석, 2002). 이와 같이 작물 병해의 정밀한 피해해석은 발병도와 수량 감소에 관여하는 여러 가지 요인의 정밀분석이 요구된다. 그러므로, 상추시들음병의 정밀한 피해해석과 경제적 피해허용수준을 설정하기 위해서는 작물의 정식시기, 품종의 감수성 정도, 토양중 병원균의 밀도와 레이스 등 다양한 요인이 작용하며 특히 25°C 이상의 고온에서 병 발생이 심해지고 30°C 이상에서 수량 감소가 가장 많은 것으로 보고되었다(Navas-Cortes 등, 2000; Bhatti 등, 1992). 본 시험은 상추시들음병에 대한 병원균 밀도에 따른 피해정도를 해석하고, 재배 시기별 병 발생과 수량에 미치는 영향을 검토하여 경제적 피해허용수준을 설정하고 합리적인 시들음병 예방으로 그 피해를 최소화하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 경기도농업기술원 시험연구용 비닐하우스에서 2008년부터 2009년까지 상추를 봄과 가을 각각 2작기에 정식하고 재배하면서 상추시들음병 병원균이 수량에 미치는 피해해석 및 경제적 피해허용수준을 설정하기 위하여 실시하였다. 시험에 사용한 병원균은 경기 이천지역에서 분리한 분리군주 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* ICL0001 균주를 25°C에서 감자(PDB) 배지에서 2주간 액체 배양한 후 병원균의 포자 밀도를 광학현미경 하에서 1×10^6 cfu/ml, 10^5 cfu/ml, 10^4 cfu/ml, 10^3 cfu/ml, 10^2 cfu/ml, 10^1 cfu/ml로 각각 조절한 후 20일 육묘한 상추 “선풍” 품종의 유묘 뿌리를 정식 전 10분간 침종(Garibaldi 등, 2004)한 후 난괴법 3반복으로 시험 하우스에 각각 정식하였다. 정식시기는 봄 재배는 4월 11일, 가을 재배는 9월 8일에 각각 정식하였다. 정식 후 수량조사는 상추 20포기의 잎을 수확하여 조사하였다. 봄 재배 상추잎의 수확시기는 5월 7일, 5월 19일, 5월 30일, 6월 11일, 6월 18일, 6월 26일, 7월 4일에 수량조사를 실시하였고, 가을재배에서는 9월 30일, 10월 8일, 10월 15일, 10월 21일, 10월 31일, 11월 11일에 각각 상추잎을 수확, 상품성 수량을 조사하였다. 정식 후 기타 재배관리 방법은 경기도농업기술원 상추 표준재배법에 준하였다.

시들음병 병원균 접종 후 토양 내 Fusarium균의 밀도를 조사하기 위하여 근권부의 10cm 깊이의 토양을 채취하여 그늘에서 잘 말린 후 건조한 토양 15g을 135ml의 멸균수에 넣어 진탕기를 이용하여 30분간 진탕 한 후 멸균수에 1:10, 1:100, 1:1,000의 비율로 각각 희석한 후 미리 제조한 Komada 선택 배지(駒田, 1975)에 도말하여 28℃에 3일간 배양한 후 균총을 식별하여 밀도를 조사하였다.

시들음병 발병주율 조사는 육안으로 시들음 증상을 보이면서 잎이 황화되는 상추 포기 줄기를 잘라서 도관부의 갈변 여부를 확인하여 발병주율로 산정하였다. 시들음병의 경제적 피해허용수준을 설정하기 위한 경제성분석 기초자료는 농촌진흥청에서 발간한 농산물 표준소득조사 기준표(농촌진흥청, 2008)에 의거하여 경제적 피해허용수준을 설정하였다. 또한 하우스 내부의 기상을 조사하기 위하여 기상관측기(STA data logger, STA co.)를 설치하고, 하우스 지중 10cm의 지중온도와 지상부 50cm에서의 기온을 데이터로그를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 시험기간 기온 및 지온과 시들음병 발생상황

상추재배 비닐하우스의 평균기온과 지온은 4월하순부터 상승하기 시작하였으나, 5월중순까지는 20℃ 이하의 온도를 나타내었다(그림 1). 그러나 5월하순 이후 부터는 온도 상승이 계속되어 6월하순까지는 25℃ 부근까지 상승하였고, 7월이후 25℃이상으로 급격히 상승하였다. 상추시들음병은 평균기온이 20℃ 부근에서 발생이 시작되어 온도 상승에 따라 점차 병 진전이 급격히 증가한다(김 등, 2009). 가을재배에서는 정식기가 고온기이므로 인해 상추 재배가 불리한 조건하에서 평균기온이 25℃이상으로 유지되어 시들음병 발병에는 가장 유리한 조건으로 작용하였던 것으로 생각되었다. 특히 2008년의 9월과 10월의 가을 기상은 대체적으로 2009년보다 높았고, 실제 농가 시들음병 조사에서 늦게 정식하는 상추에서도 병 발생이 크게 증가했던(자료 미제시) 주된 원인으로 분석되었다.

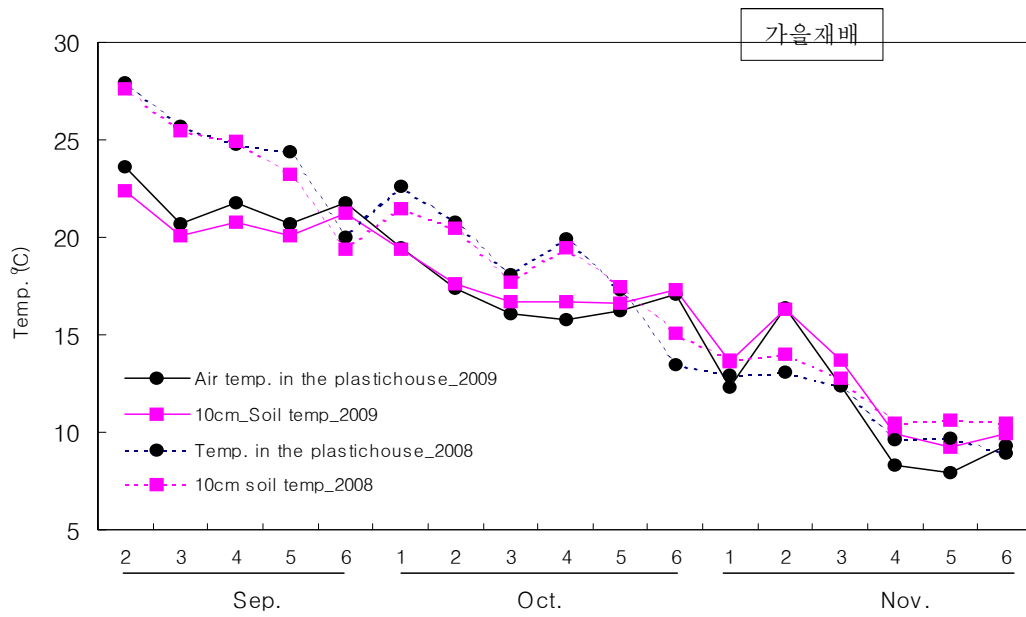
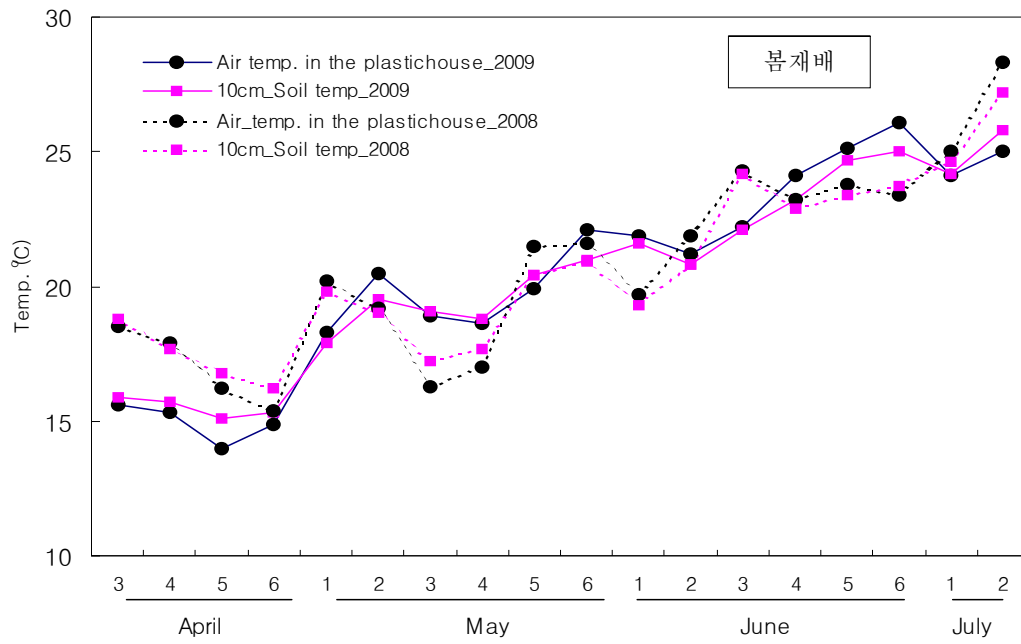


그림 1. 상추 재배기간 중 하우스 내부 기온 및 지온(지중 10cm)

나. 재배시기별 수량감소 정도

재배시기별 상추 수량은 봄재배에서 2008년 무처리구가 5,026kg, 2009년에는 3563kg이 수확되어 수량은 재배 연차간 다소 차이를 보였다. 이와 같은 수량의 연차간 차이는 기상, 토양환경 등 여러 가지 요인이 있겠지만 2008년 정식직후인 4월 온도가 2009년보다 다소 높게 유지되어(그림 1), 상추 초기 성장에 유리한 조건으로 작용하여 2008년 수확량이 2009년 대비 증가한 원인으로 추정된다. 봄재배 병원균 접종농도별 수량은 10^2 까지는 그 감소폭이 크지 않았으나, 10^3 cfu/ml 처리구에서 18.9%, 10^4 cfu/ml 처리구에서 21.2%, 10^5 cfu/ml 처리구에서 41.4% 10^6 cfu/ml 처리구에서 54.0%까지 감소하였다(표 1). 즉 동일조건에서 병원균의 밀도가 높을수록 병 발생이 증가하고 수량의 감소폭이 컸음을 알 수 있었다. 또한 수량 감소의 연차간 차이는 2008년에 10^6 cfu/ml 접종구에서 2343.8kg, 2009년에 1603.3kg으로 무접종구와 비교하여 그 감소율이 각각 55.0%, 53.4%로 유사한 결과를 나타내었다. 한편, 가을재배에서는 정식직후부터 지온이 높아 초기 병 발생과 진전이 빨라 수량의 감소폭이 봄 작기보다 훨씬 증가하였다. 병원균 접종농도별 수량 감소는 10^2 cfu/ml부터 감소하기 시작하여 그 감소율이 14.5%, 10^3 cfu/ml에서 29.6%, 10^4 cfu/ml에서 58.2%, 10^5 cfu/ml에서 78.4%, 10^6 cfu/ml에서 그 감소폭이 89.4%까지 감소하였다(표 2). 즉 여름과 초가을 지온이 높은 시기에 정식하는 가을재배 상추는 시들음병의 피해로 봄재배에 비해서 정상적인 수량을 얻을 수 없으므로 지온이 높은 시기에는 시들음병에 대하여 반드시 토양소독을 통해 시들음병 밀도를 최대한 낮게 조절한 후 상추를 정식하여야 할 것으로 생각된다(Landa 등, 2004). 봄 재배 상추시들음병 병원균 접종 농도와 수량과의 관계를 분석한 결과 수량과 병원균 접종 농도와는 고도의 부의 상관관계가 있었으며, 그 관계식은 $Y = -403.95x + 4656.2$, $R^2 = 0.9589$ 였으며, 가을재배의 관계식은 $Y = -258.43x + 1726.1$, $R^2 = 0.9589$ (그림 2)였다.

표 1. 봄 재배 상추 시들음병 병원균 접종농도에 따른 수량 감소율 (10a)

접종농도	상 추 수 량(kg)/10a			수량감소율 (%)
	2009년	2008년	평균(kg)	
10 ¹	3445.8ab	5171.1a	4,308.5	-
10 ²	3474.6ab	4824.6a	4,149.6	3.4
10 ³	2857.3abc	4108.8b	3,483.1	18.9
10 ⁴	2782.7bc	3985.0b	3,383.9	21.2
10 ⁵	2246.8cd	2787.4c	2,517.1	41.4
10 ⁶	1603.3d	2343.8c	1,973.6	54.0
무접종(대조)	3562.6a	5025.9a	4,294.3	-

┆ 상추정식 : 4월11일, 병원균 접종 : 정식 전 뿌리접종

♪ 수확시기 : 5월7일, 5월 19일, 5월30일, 6월11일, 6월18일, 6월26일, 7월4일

♩ DMRT(5%)

표 2. 가을 재배 상추 시들음병 병원균 접종농도에 따른 수량 감소율 (10a)

접종농도	상 추 수 량(kg)/10a			수량감소율 (%)
	2009년	2008년	평균	
10 ¹	1563.9a	1502.9a	1,533.4	1.2
10 ²	1304.9ab	1350.3a	1,327.6	14.5
10 ³	1246.3ab	938.3b	1,092.3	29.6
10 ⁴	831.9bc	465.6c	648.8	58.2
10 ⁵	369.3cd	302.5c	335.9	78.4
10 ⁶	199.4d	130.6c	165.0	89.4
무접종(대조)	1574.9a	1529.8a	1,552.4	-

┆ 상추정식 : 9월8일, 병원균 접종 : 정식 전 뿌리접종

♪ 수확시기 : 9월30일, 10월 8일, 10월15일, 10월21일, 10월31일, 11월11일

♩ DMRT(5%)

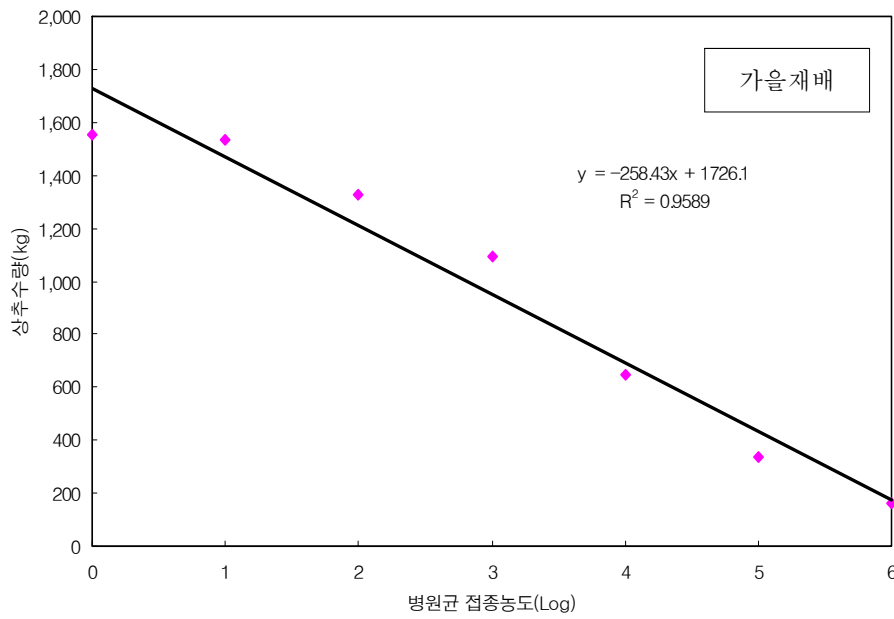
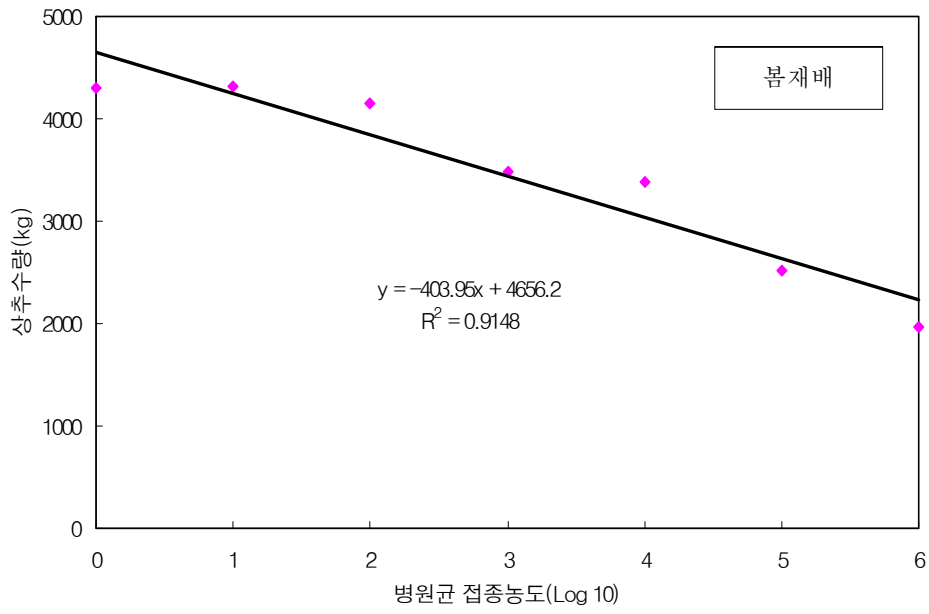


그림 2. 상추시들음병 병원균 접종 농도와 수량과의 관계

상추 시들음병 병원균 접종 밀도와 발병주율을 조사한 결과 병원균을 접종하지 않은 무처리구에서는 발생이 없었으나, 병원균을 접종한 처리구에서는 병원균 접종농도가 증가할수록 발병주율은 급격하게 증가하였다. 즉 봄재배에서는 10^1 cfu/ml 처리구에서 1.5%, 10^2 cfu/ml에서 4.1%, 10^3 cfu/ml에서 15.0%, 10^4 cfu/ml에서 32.7%, 10^5 cfu/ml에서 78.0%, 10^6 cfu/ml에서 88.8%의 높은 발병주율을 보였다(표 3). 가을재배에서는 10^1 cfu/ml 처리구에서 3.4%, 10^2 cfu/ml에서 14.6%, 10^3 cfu/ml에서 38.4%, 10^4 cfu/ml에서 79.6%, 10^5 cfu/ml에서 96.3%, 10^6 cfu/ml에서 97.1%의 높은 발병주율을 보였다(표 4). 이와 같이 병원균 밀도의 증가는 시들음병 발병주율의 증가로 이어지고 수량 감소의 주요인으로 작용하는 것을 알 수 있었다. 따라서 병원균 접종밀도와 시들음병 발병주율은 고도의 정의 상관관계가 있었으며, 그 관계식은 $Y=3.2571x^2-3.5429x-0.2714$, $R^2=0.9638$ 이었고, 가을재배의 관계식은 $Y=0.7387x^2+14.66x-6.1929$, $R^2=0.9315$ 이었다(그림 3).

표 3. 상추 시들음병 병원균 접종 밀도와 발병주율(봄재배)

접종농도 (cfu/ml)	발병주율(%)		
	2009년	2008년	평 균
10^1	2.2	0.8	1.5
10^2	5.6	2.5	4.1
10^3	23.3	6.7	15.0
10^4	51.1	14.2	32.7
10^5	66.7	89.2	78.0
10^6	80.0	97.5	88.8
무접종(대조)	0.0	0.0	0.00

↓ 조사일자 : 5월 10일

표 4. 상추 시들음병 병원균 접종 밀도와 발병주율(가을재배)

접종농도 (cfu/ml)	발병주율(%)		
	2009년	2008년	평 균
10^1	5.0	1.7	3.4
10^2	22.5	6.7	14.6
10^3	42.5	34.2	38.4
10^4	71.7	87.5	79.6
10^5	92.5	100.0	96.3
10^6	95.0	99.2	97.1
무접종(대조)	4.2	0.8	2.5

↓ 조사일자 : 10월 8일

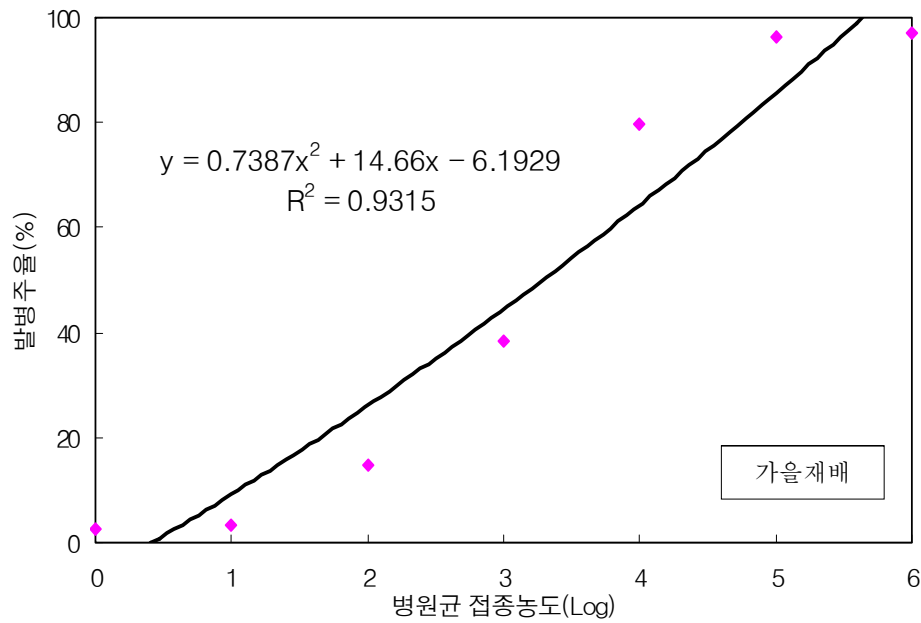
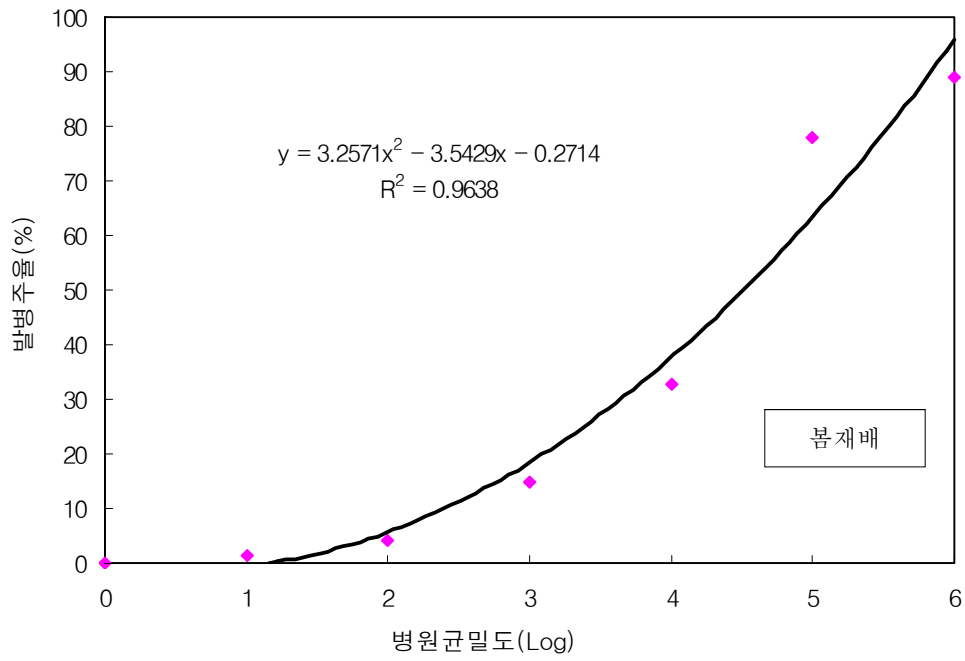


그림 3. 병원균 밀도와 상추 시들음병 발병주율의 관계

나. 선택배지 활용 병원균 접종밀도와 토양내 병원균 밀도와의 관계

고마다 선택배지를 이용하여 병원균 접종농도와 실제 시설하우스 상추 근권부의 토양에 존재하는 *F. oxysporum*의 밀도를 조사한 결과 접종농도가 높을수록 토양 1g 당 고마다 선택배지에 검출되는 *F. oxysporum*의 cfu도 증가하여 정의 상관관계가 인정되었다(그림 4). 따라서 접종농도와 *F. oxysporum*의 토양내 밀도와의 관계식은 $Y=148.51x^2-47.321x+2964.9$, $R^2=0.8476$ 이었다. 또한 선택배지 밀도와 실제 포장에 발생하는 발병주율과의 관계식은 $Y=13.854x-33.156$, $R^2=0.7529$ 이었다.

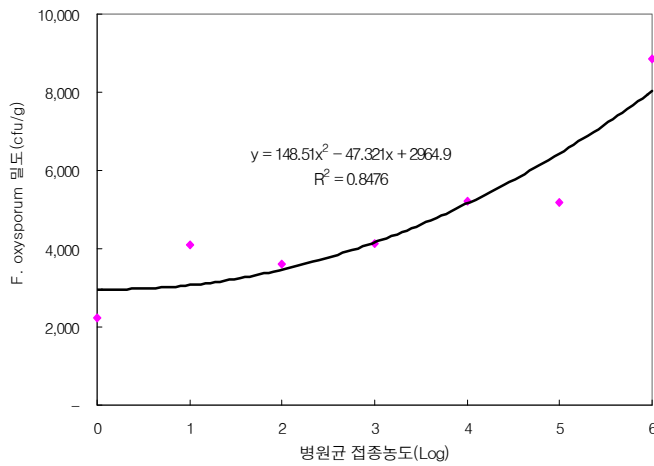


그림 4. Fusarium 선택배지 이용 접종농도와 토양내 병원균 밀도와의 관계

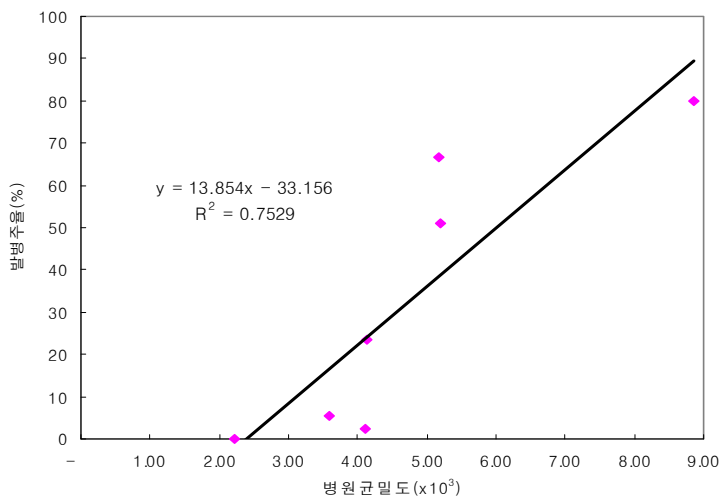


그림 5. Fusarium 선택배지 이용 접종농도와 상추시들음병 발병주율과의 관계

다. 경제성분석 및 경제적 피해허용수준 설정

상추 수량감소에 따른 손실액을 농산물 소득자료를 기준으로 분석한 결과 10a 당 표준소득 6,800,098원 대비 20% 감수시 조수입은 5,439,751원으로 감소하여 그 손실액은 1,360,347원이었다(표 5). 이 비용은 상추시들음병 발생으로 인해 토양소독과 재정식에 발생하는 손실비용인 1,351,981원과 유사하여(표 6), 약 20% 수량이 감소하는 지점이 경제적 피해허용 수준으로 산정할 수 있다. 즉 방제비용 459,000원, 노력비 398,275원, 재정식 종묘비 44,699원 및 제재료비 266,726원의 추가적인 손실이 발생하지만 시들음병 예방으로 증가되는 이익 6,800,098원과 비교하면 5,448,117원의 이익이 발생할 수 있다. 시들음병에 대한 경제적 피해 허용 수준인 20% 수량감소가 일어나는 지점을 경제적 피해허용수준으로 설정하기 위하여 봄재배 회귀식 $Y = -403.95x + 4656.2$ 에 대입한 결과 병원균 접종밀도는 $10^{3.0}$ cfu/ml, 가을재배 회귀식인 $Y = -258.43x + 1726.1$ 에 대입하면 $10^{1.9}$ cfu/ml임을 알 수 있다(표 7). 또한 경제적 피해허용 수준에서의 발병주율을 환산하기 위하여 봄재배 관계식 $Y = 3.2571x^2 - 3.5429x - 0.2714$ 에 대입하면 발병주율 18.4%, 가을재배 관계식 $Y = 0.7387x^2 + 14.66x - 6.1929$ 에 대입하면 발병주율 24.3%을 얻을 수 있다(표 8). 따라서 봄 작기에 대비해서 정식기 기온이 상승하는 가을재배에서는 더 낮은 병원균 밀도와 발병주율에서도 상추 수량에 미치는 영향이 크므로 반드시 예방이 필요하다고 추정할 수 있다. 본 시험에서 토양병원균의 밀도를 산정하기 위하여 봄재배 회귀식 $Y = 148.512x^2 - 47.321x + 2964.9$ 에 대입하면 4.2×10^3 cfu/g에서, 가을재배 회귀식 $Y = 148.512x^2 - 47.321x + 2964.9$ 에 대입하면 3.4×10^3 cfu/g의 밀도에서 경제적 피해허용 수준의 토양내 병원균을 밀도를 산정할 수 있었다(표 9). Elmer 등(1987)은 셀러리 시들음병의 접종원과 발병주율은 고도의 상관관계가 있었고, 토양 1g 당 36.5개의 접종원이 존재할 때 6주후에 평균 36.5개의 접종원이 있을때 셀러리의 수량 감소에 영향을 줄 수 있다고 하였으므로 토양병원균의 사전 예측이 병 발생량의 추정에 중요한 요인임을 알 수 있다. 따라서 상추 시들음병은 토양병해의 특성상 작물이 재배하는 기간중에는 방제하기가 어렵고, 지중 온도가 20°C 이상에서는 지속적으로 발병할 수 있으므로(김 등, 2008), 사전에 정밀한 병원균의 밀도를 예측한다면 정식 전 약제에 의한 토양소독, 태양열토양소독 등 적절한 방제대책을 수립한다면(김 등, 2008), 상추시들음병의 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 생각된다.

표 5. 수량 감소 비율에 따른 손실액 비교 (기준 : 년 1기작/10a)

수량 감수율(%)	수량(kg)	조수입(원)	손실액(원)
표준소득 ¹⁾	4,154	6,800,098	0
4% 감수	3,988	6,528,356	271,742
10% 감수	3,739	6,120,743	679,355
20% 감수	3,323	5,439,751	1,360,347
40% 감수	2,492	4,079,404	2,720,604
45% 감수	2,285	3,740,545	3,059,553

¹⁾ 지역별 농산물 소득자료(농촌진흥청, 2008), 상추 kg당 단가 : 1,637원

표 6. 부분예산법에 의한 비용 분석(상추) (기준 : 10a)

손실적 요소(차변)	이익적 요소(대변)
○ 증가된 비용	○ 증가된 수입
<ul style="list-style-type: none"> - 방제비[↓] : 459,000원 - 노력비[↓] : 398,275원 - 대농구상각비 : 183,281원 - 종묘비 : 44,699원 - 제재료비 : 266,726원 - 계(A) : 1,351,981원 <li style="padding-left: 20px;">합계(B) 1,351,981원 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증가되는 이익 - 시들음병 예방으로 수량증가에 따른 조수입 증가 ⇒ 수량 4,154kg × 1,637 = 6,800,098원 <li style="padding-left: 20px;">합계(A) 6,800,098원
추정수익액(A-B) : 5,448,117원	

↓ 방제비 : 정식전 토양소독, ↘ 자가노력비(남 28.4시간, 여 18.8시간), 고용노력비(여, 29.7시간)

표 7. 상추 시들음병 경제적 피해 허용 수준

구 분	관 계 식	병원균 밀도
봄재배	$Y(3,435.4) = -403.95X + 4656.2$	$10^{3.0}$
가을재배	$Y(1,241.9) = -258.43X + 1726.1$	$10^{1.9}$

Y : 수량감소 20% 지점의 수량

표 8. 경제적 피해허용수준에서의 발병주율 추정

구 분	관 계 식	발병주율(%)
봄재배	$Y = 3.2571x^2 - 3.5429x - 0.2714$	18.4
가을재배	$Y = 0.7387x^2 + 14.66x - 6.1929$	24.3

표 9. 토양 병원균 밀도 추정

병원균 밀도(x)	관 계 식	토양병원균 밀도 (cfu/g)
103.0	$Y = 148.512x^2 - 47.321x + 2964.9$	4.2×10^3
101.9	$Y = 148.512x^2 - 47.321x + 2964.9$	3.4×10^3

4. 적 요

시설상추에 발생하는 토양병해인 상추시들음병의 발생이 수량에 미치는 영향을 분석하고 시들음병의 경제적 피해허용 수준을 설정하기 위해 2008년부터 2009년까지 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 시설하우스 지중기온을 조사한 결과 봄재배에서는 5월하순부터 평균 20℃이상으로 7월까지 점차 상승하였고, 가을재배에서는 정식직후부터 25℃ 전후의 지온으로 시들음병 발병에 유리한 시기로 추정되었다.
- 나. 병원균 접종 농도별 수량감소율은 10²에서 3.4%, 10³에서 18.9%, 10⁴에서 21.2%, 10⁵에서 41.4%, 10⁶에서 54.0%이었고, 가을재배에서는 10¹에서 1.2%, 10²에서 14.5%, 10³에서 29.6%, 10⁴에서 58.2%, 10⁵에서 78.4%, 10⁶에서 89.4%이었다.
- 다. 상추 수량과 병원균 접종농도와는 부의 상관관계가 있었으며 그 관계식은 봄재배 $Y = -403.95x + 4656.2$ 이었고, 가을재배 $Y = -258.43x + 1726.1$ 이었다.
- 라. 시들음병 병원균 밀도와 발병주율은 정의 상관관계가 있었으며 그 관계식은 봄재배 $Y = 3.2571x^2 - 3.5429x - 0.2714$ 이었고, 가을재배는 $Y = 0.7387x^2 + 14.66x - 61.1929$ 이었다.
- 마. 수량 감소 비율에 따른 손실액과 시들음병 방제를 위한 방제비, 재정식비, 노력비 등을 고려하여 수량 20%감소 지점을 경제적 피해허용수준으로 설정하여 봄재배에서는 10^{3.0} cfu/ml, 가을재배에서는 10^{1.9} cfu/ml 을 경제적 피해허용수준으로 설정하였다.
- 바. 봄재배 시 상추 발병주율 18.4%, 토양내 병원균 밀도는 4.2×10³ cfu/g, 가을재배시 발병주율은 24.3%, 토양내 병원균 밀도는 3.4×10³ cfu/g을 농가판단기준이 되는 경제적 피해허용수준으로 설정하였다.

5. 인용문헌

- Bhatti, M. A., and Kraft, J. M. 1992. Effects of inoculum density and temperature on root rot and wilt of chickpea. *Plant Dis.* 76:50-54.
- 조원대, 김완규, 지형진, 최홍수, 이승돈, 김충희. 2000. 채소 병해충 진단과 방제. 농업과학기술원. p.143-144.
- Elmer, W. H., and Lacy, M. L. 1987. Effects of inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* in organic soil on disease expression in celery. *Plant Disease* 71:1086-1089.
- Garibaldi, A., Gilardi, G., Guilino, M. L. 2004. Varietal resistance of lettuce to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. *Crop Protection* 23:548-851.
- 김진영, 홍순성, 이진구, 이현주, 임재욱, 김진원, 김흥기. 2008. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* 에 의한 상추시들음병 발생 및 품종간 감수성 비교. *식물병연구* 14(2):79-84.
- 김진영, 홍순성, 김성기, 임재욱, 박경열. 2008. 태양열 토양소독을 이용한 엽채류의 친환경 토양병해 제어. *세계유기농업학회 학술대회 논문집 "아시아의 유기농업"* p. 301-316.

駒田 旦. 1975. *Fusarium oxysporum* の 選擇分離培地と その 利用. 植物防疫. 29:125-130.

Landa, B. B., Navas-Cortes, J. A., and Jimenez-Diaz, R. M. 2004. Integrated management of *Fusarium* wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. *Phytopathology* 94:946-960.

Navas-Cortes, J. A., Hau, B., and Jimenez-Diaz, R. M. 1998. Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of *Fusarium* wilt of chickpea. *Phytopathology* 88:1338-1346.

농촌진흥청. 2008. 농업경영개선을 위한 2007 지역별 농산물 소득자료. p. 45.

농림수산식품부, 2009. 2008 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적.

서종석. 2002. 배 종합방제를 위한 복숭아순나방의 경제적 피해수준 및 경제적방제선 계측. *대산논총* 10:379-389.

Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R., Hagen, K. S. 1959. The integrated control concept. *Higardia* 29:81-101.

本橋精一, 阿部善三郎, 小川照雄. 1960. *日植病報* 25:47.

6. 연구결과 활용제목

- 시설상추 시들음병 경제적 피해허용수준 설정('09)
- *Fusarium oxysporum* 밀도가 상추시들음병 수량에 미치는 영향('09, 한국식물병리학회 포스터발표)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'08	'09	
시설상추 시들음병 경제적 피해허용 수준 설정	책임자	농업기술원 환경농업연구과	농업연구사	김진영	세부과제총괄	○	○	
	공동연구자	"	농업연구사	이진구	해충방제	○	○	
		"	"	"	홍순성	기상조사	○	○
		"	"	"	이현주	병해조사	○	○
		"	농업연구관	이경중	경영분석		○	
"	"	"	김성기	종합고찰		○		