식물병연구
Res. Plant Dis. 7(1) : 25-30 (2001)

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

유기물 첨가 및 온도에 따른 담수처리가 인삼 재작지 토양의 미생물 밀도 변화에 미치는 영향

박규진* · 변정수[1] · 이일호[1] · 박현석[1]
한국인삼연초연구원 신사업연구부, [1]한국인삼연초연구원 수원시험장

Influence of Soil Flooding with Organic Matters Amendment at Various Temperatures on Changes of Microbial Populations in Ginseng-Replanting Field Soils

Kyu Jin Park*, Jeung Su Byen[1], Il Ho Lee[1] and Hyeon Suk Park[1]
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea
[1]Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suwon 440-600, Korea
(Received on February 14, 2001)

Influence of soil flooding with organic matters amendment at various temperatures on population changes of fungi, including *Fusarium*, and bacteria in ginseng-replanting field soils was examined to evaluate the effective flooding conditions for reducing the progress of ginseng root rot. Populations of *Fusarium* spp. and total fungi in flooded soils declined with the days after flooding. The higher was the temperature in range of 20°C to 35°C, the greater was the effect of flooding on the decrease of the fungal population. Flooding of soils with organic matters amendment had synergistic effect on the decrease of the fungal population at the same temperature; Fungal populations in flooded soils with and without organic matters amendment were reduced to 1/100 and 1/10, respectively, relative to those in non-flooded soils after 60 days of treatment at 30°C. Rice straw seemed to be more effective than greens. Population changes of total bacteria in flooded soils were similar to the trend of total fungi. However, the flooding seemed to influence less effect on the bacterial population than on the fungal population. Based on these experiments, we suggest that the progress of ginseng root rot in ginseng-replanting field soils may be significantly reduced by flooding them for longer than 3 months near at 30°C after amendment of organic matters.

Keywords : **ginseng-replanting field, soil microbes, flooding, organic matters, temperature**

서 론

현재 인삼의 재배 현황은 제한된 경지면적 때문에 재작(또는 연작)이 불가피한 실정이나, 일부 포장에서는 재작할 경우 특히 *Cylindrocarpon*이나 *Fusarium*에 의한 뿌리썩음병(根腐病) 피해가 매우 심각하여 그 해소 방안책이 절실히 요구된다(박 등, 1997; 유 등, 1996). 인삼 연작장해 해소 또는 뿌리썩음병의 피해를 경감시키기 위한 방안의 하나로, 재배 예정지 토양의 전염원밀도를 감소시키고, 또한 약 10년의 재작 소요기간을 그 이하로 단축하기 위해 토양훈증제 효과 시험외 답전윤환에 의한 논삼재배 시험이 진행되고 있다(이 등, 1998; 유 등, 1996). 하지만 논삼재배에서 기대하는 병발생 감소는 벼 재배시의 담수 효과에 의한 것이나, 지금까지는 벼 재배 횟수별 인생육 비교 및 과습 방지를 위한 토양물리성 개량연구에 치중하였고 담수처리 조건에 따른 병방제 연구는 미비한 실정이다. 실제 포장조건에서는 매년 기상환경이 다르고 논토양의 특성이 다양하기 때문에 벼 재배기간 동안 지속적으로 충분한 양의 물에 의해 담수되는 경우는 극히 드물고, 또한 담수 일수도 포장에 따라 달라서 논삼 재배지에서 담수에 의한 효과는 변이가 심할 것으로 사료된다. 따라서 토양병 발생을 보다 효과적으로 경감시킬 수 있는 담수방법(벼 재배시의 물관리 방안)을 확립하기 위해 실험실 조건에서 담수처리 조건에 따른 토양미생물의 밀도 변화를 조사하였고, 포장시험을 위한 기초자료로 제공하고자 하였다. 먼저 토양수분 함량에 따른 병원균(*C. destructans*)의 밀도변화에 대한 연구에서 포장용수량 이

*Corresponding author
Phone) +82-42-866-5335, Fax) +82-42-861-1949
E-mail) kjpark@gtr.kgtri.re.kr

상의 충분한 담수처리를 하지 않았을 경우나 담수기간이 짧을수록 병원균의 밀도감소 효과는 매우 낮았음을 보고하였다(박 등, 1997a). 본 연구에서는 인삼 재작지 토양을 담수처리하고, 담수전 유기물의 첨가 여부 및 처리기간 동안의 온도가 토양내 *Fusarium* 및 총사상균과 총세균의 밀도변화에 미치는 영향을 경시별로 조사하여 담수효과를 보다 높일 수 있는 조건을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

담수처리 조건. 한국인삼연초연구원 수원시험장내 인삼 재작지 토양을 공시하여, 유기물을 첨가하거나 첨가하지 않은 토양을 900 ml 용량의 식물배양 pot(Sigma)에 500 g씩 넣고 담수처리를 하였다. 유기물 처리는 인삼 기비용으로 많이 사용되는 청초(靑草: 떡갈나무 어린잎과 줄기)와 볏짚을 포장 시용량(3.3 m^2당 5 kg)으로 환산하여 각각 토양과 혼화 처리하였다. 담수처리는 토양수분을 최대용수량(40%)의 135%가 되게 하였고, 대조(무담수)인 경우는 최대용수량의 50%가 되게 수분을 조절하였다. 처리토양은 항온기 조건에서 20℃에서 35℃까지 5℃ 간격으로 각각 30, 60, 90일간 보관하였다.

토양미생물상 조사. 처리토양의 미생물상 조사는 경시별로 채취한 토양시료를 절대수분 함량이 5% 정도 되게 음건시킨 후 serial dilution-agar surface plating법에 의했다. Total fungi(TF)와 total fusaria(Fus)의 밀도 조사를 위해서는 acid PDA(Difco PDA 48 g, lactic acid 1 ml, streptomycin sulfate 300 mg, DW 1 *l*)와 PCNB 배지(Nash and Snyder, 1962)를 각각 사용하여 12시간 광처리를 한 15℃ 온도조건에서 5 내지 10일간 각각 배양하였다. 그리고 total bacteria(TB) 밀도는 dextrose casein peptone agar(DCPA, Merck)를 사용하여 27℃ 조건에서 2일간 배양 후 plate 당 colony수를 조사하였다.

결 과

처리온도 및 유기물 첨가에 따른 *Fusarium* 밀도 변화. 무담수 토양의 초기(처리후 30일), *Fusarium* 밀도는 유기물 및 온도에 따른 차이는 있었지만 전반적으로 비슷한 수준을 보였다. 청초를 첨가한 경우는 온도에 따른 차이가 없었고, 볏짚을 첨가하거나 첨가하지 않은 경우에는 온도가 높을수록 균 밀도가 감소하는 경향을 보였지만 그 차이는 적었다. 그러나 균밀도 변화 경향은 유기물 첨가 여부 및 종류에 따른 차이없이 각 온도별로 유사하였다. 경시별 균밀도 변화는 20, 25, 30℃ 처리조건에서는 처리후 90일까지 큰 변화없이 초기 밀도수준을 유지하거나 약간의 증가 경향을 보였던 반면, 35℃ 처리조건에서는 시일이 경과할수록 균밀도가 감소하여 처리후 90일에는 다른 처리온도에 비해 1/5 내지 1/10 수준으로 감소하였다. 담수 처리토양의 초기 균밀도는 동일 유기물 처리조건의 무담수 토양과 비교할 때 감소 경향을 보였고, 특히 35℃ 조건에서는 그 경향이 뚜렷하였다. 유기물 종류별 균밀도 감소효과는 청초에 비해 볏짚이 더 높은 경향을 보였다. 경시별 균밀도 변화 경향은 20℃ 조건에서는 무담수 토양과 마찬가지로 그 변화가 적어 처리후 90일의 균밀도는 초기 밀도수준을 유지하였던 반면, 25~35℃ 조건에서는 유기물 첨가여부 및 종류에 따른 정도차이는 있었지만 시일이 경과할수록 균밀도가 감소하였고 처리온도가 높을수록 감소폭도 컸다. 또한 유기물을 첨가한 경우는 첨가하지 않은 경우에 비해 균밀도 감소효과가 컸고, 유기물 종류간에는 볏짚의 효과가 청초에 비해 더 높은 경향을 보였다. 즉, 35℃ 조건에서 처리 60일 이후의 균밀도는 유기물 첨가여부와 관계없이 동일조건의 무담수 토양에 비해 약 1/100 수준으로 감소하였던 반면, 30℃ 조건에서의 균밀도는 유기물을 첨가하지 않은 경우는 1/10, 그리고 유기물을 첨가한 경우는 약 1/100 수준으로 감소하였다(Fig. 1).

처리온도 및 유기물 첨가에 따른 총사상균의 밀도 변화. 무담수 토양의 초기(처리후 30일) 총사상균 밀도는 청초를 첨가한 경우 볏짚 처리에 비해 높았고 처리온도에 따른 차이가 없었던 반면, 볏짚을 첨가하거나 첨가하지 않은 경우의 균밀도는 처리온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 특히 35℃ 처리조건에서 균밀도는 20℃에 비해 약 1/2 내지 1/5 수준으로 감소하였다. 그러나 유기물 첨가 및 처리온도에 따른 경시별 균밀도 변화 경향은 처리후 90일까지 밀도변화가 거의 없이 초기 밀도수준을 유지하였다. 담수 처리토양에서 총사상균의 균밀도 및 경시별 밀도변화 경향은 전반적으로 *Fusarium*의 밀도 변화 경향과 유사하였다. 동일 유기물 처리조건의 무담수 토양과 비교할 때 감소하는 경향을 보였고, 유기물을 첨가하거나 처리온도가 높을수록 그 경향은 뚜렷하였다. 특히 35℃ 조건에서 처리후 90일의 균밀도는 동일조건의 무담수 토양에 비해 약 1/100 수준으로 감소하였다(Fig. 2).

처리온도 및 유기물 첨가에 따른 총세균의 밀도 변화. 무담수 토양의 초기 총세균 밀도는 유기물을 첨가한 경우에는 첨가하지 않은 경우에 비해 다소 높았고, 유기물 종류 및 처리온도에 따른 차이는 적었다. 경시별 균밀도 변화는 처리에 관계없이 전반적으로 처리후 60일에 균밀도가 감소하였다 다시 증가하는 경향을 보였고, 유기물

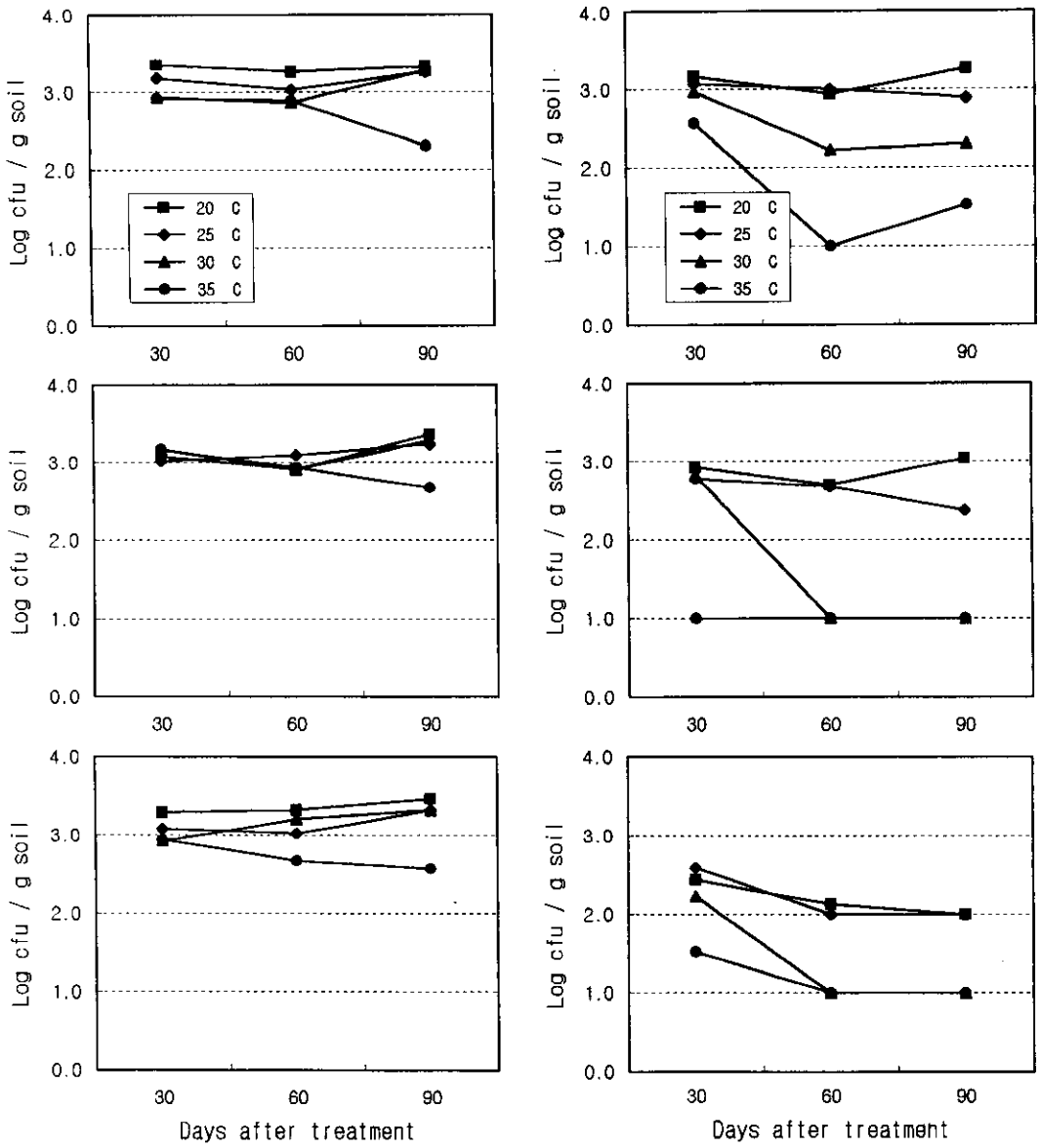

Fig. 1. Population changes in total fusaria in non-flooded (left) and flooded soils (right) mixed with various organic matters (top: non, middle: greens, bottom: rice straw) at various incubation temperatures.

첨가여부보다는 처리온도가 높을수록 그 변화가 심하였다. 특히 처리후 90일의 균밀도는 35°C 조건의 경우 초기밀도의 약 1/4 수준을 보인 반면, 그 외의 온도조건에서는 초기와 비슷한 수준을 보였다. 담수 처리토양의 초기 균밀도 역시 무담수 토양과 마찬가지로 유기물을 첨가한 경우에는 첨가하지 않은 경우에 비해 다소 높았고, 유기물 종류 및 처리온도에 따른 차이는 적었다. 하지만 경시별 균밀도는 무담수 토양의 경향과 차이를 보였다. 유기물을 첨가하지 않았거나 청초를 첨가한 경우는 35°C에서, 그리고 볏짚을 첨가한 경우에는 25°C 이상에서 처리 60일 이후의 균밀도가 초기 밀도에 비해 1/2 내지 1/5 수준으로 감소하였다. 그 밖의 다른 처리조건에서는 처리후 90일까지 처리간 큰 차이없이 초기 균밀도 수준을 유지하였다(Fig. 3).

고 찰

담수처리는 병방제를 위한 경종적 방법의 하나로, 토양병원균에 대한 담수의 사멸효과는 산소 결핍, CO_2 증가 또는 혐기과정 중에 미생물의 상호작용에 의해 생성되는

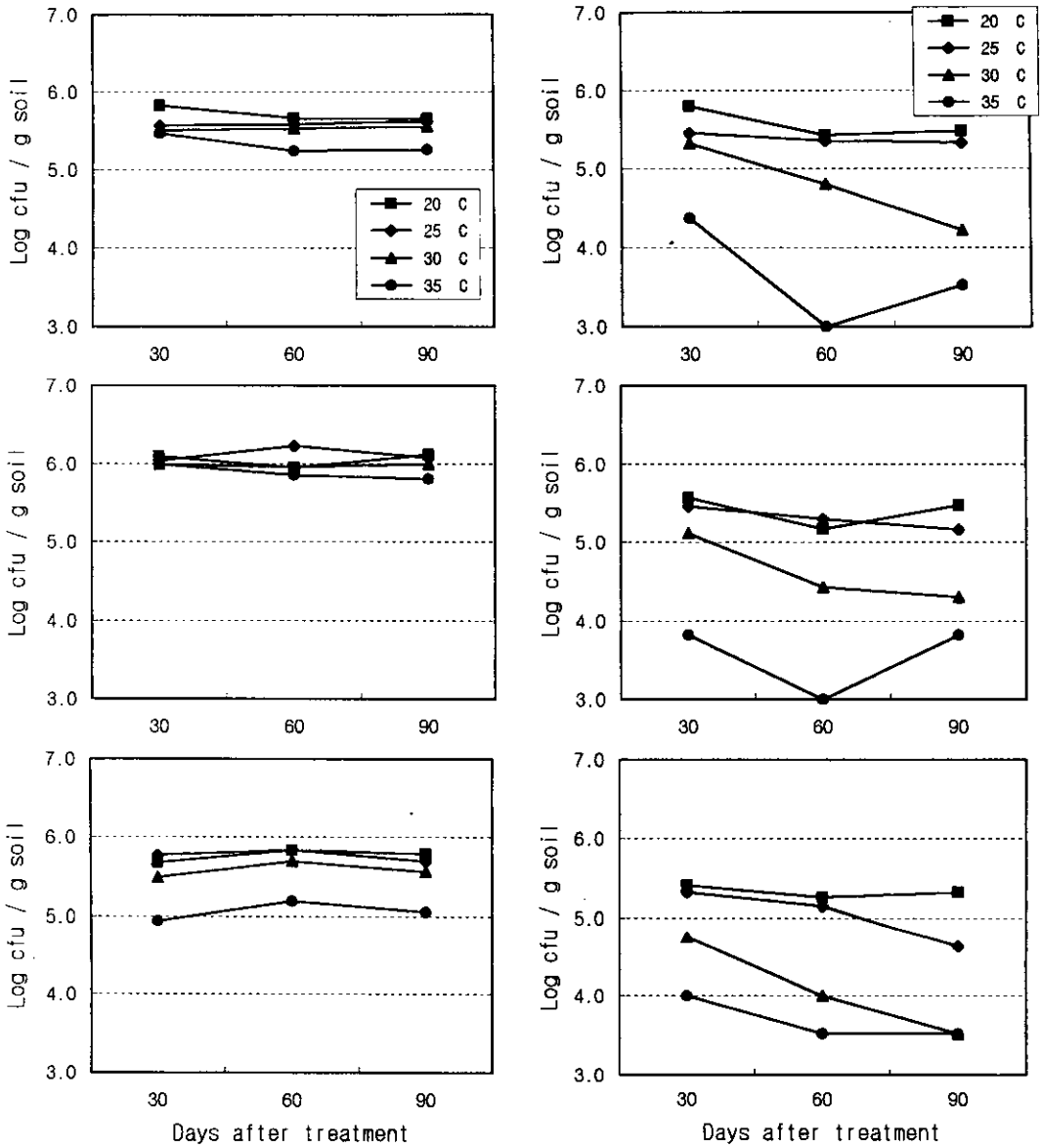

Fig. 2. Population changes in total fungi in non-flooded (left) and flooded soils (right) mixed with various organic matters (top: non, middle: greens, bottom: rice straw) at various incubation temperatures.

병원균에 대한 독성물질에 의한다(Katan, 2000; Stover, 1979). 하지만 담수에 의한 병원균 사멸효과 또는 병방제 효과는 연구자에 따라 차이를 보였는데, 이는 담수방법 또는 담수기간이 서로 다르고, 처리포장의 토양 특성 및 강수량 등 기상조건이 달랐기 때문으로 사료된다. 따라서 담수에 의한 병방제 효과를 증대시키기 위해서는 체계적인 담수처리 방법이 확립되어야 할 것이다.

먼저 병방제를 위한 담수조건으로 포화상태의 담수(soil saturation) 및 담수기간이 중요하다(Katan, 2000; Stover, 1979). 이를 뒷받침하는 결과로 박 등(1997a)은 포장용수량 이상의 충분한 담수처리를 하지 않았을 경우 처리기간이 15주가 경과하여도 인삼 뿌리썩음병균(*C. destructans*)의 밀도감소 효과는 매우 낮았음을 보고하였다. 또한 담수에 의한 병원균의 사멸효과는 실내보다는 포장조건에서 떨어지지만(Stover, 1979), Katan(2000)은 1년간의 벼재배에 의한 담수로 병원균의 사멸 효과를 인정할 수 있다고 하였다. 박 등(1997a)도 인삼 재작지 포장에서 벼재배 후 170일의 *Fusarium* spp.의 밀도가 무담수 토양에 비해 약 1/100 수준까지 감소함을 근거로 벼 재배기간 동안의 담수는 토양병원균의 밀도를 감소시키는데 충분할 것으

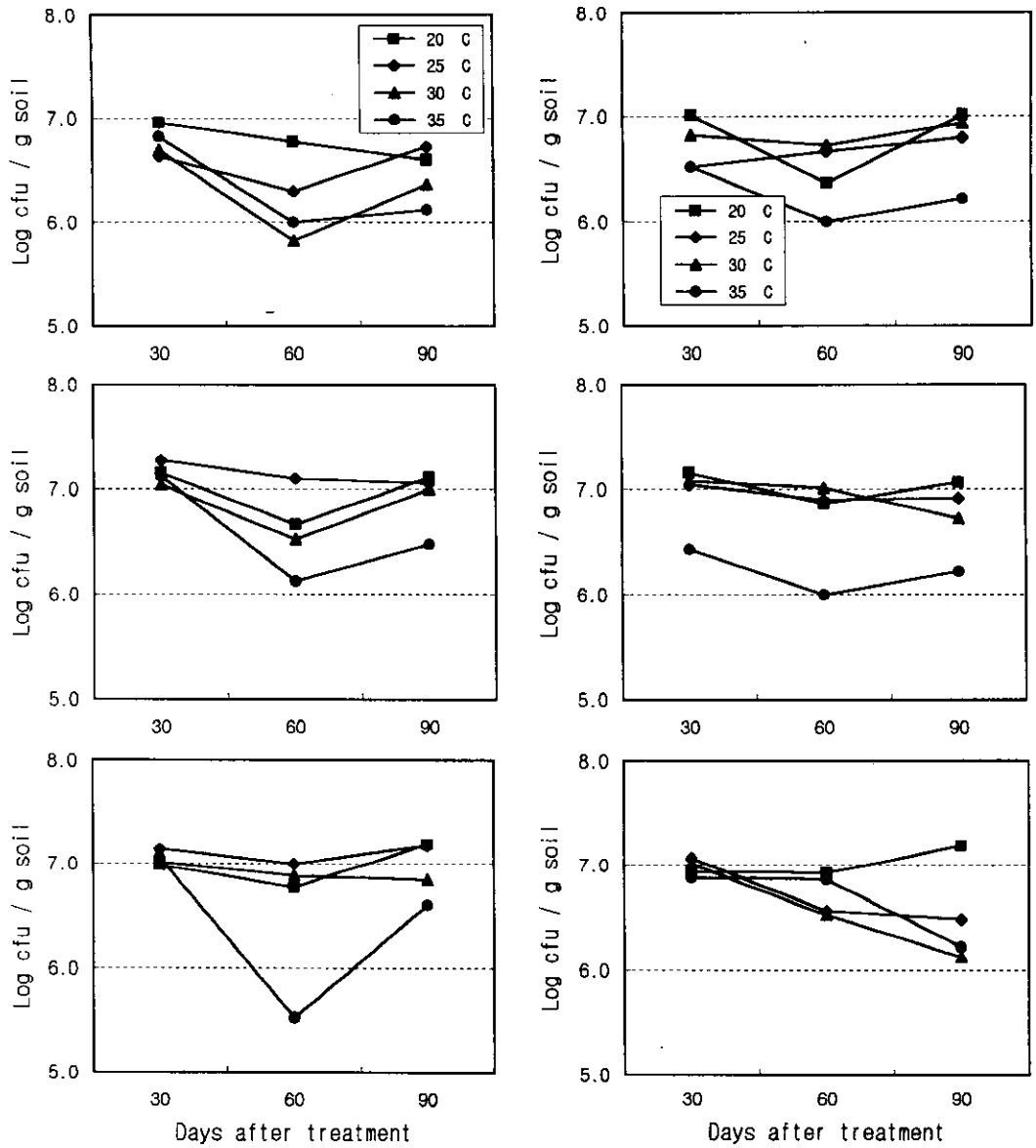

Fig. 3. Population changes in total bacteria in non-flooded (left) and flooded soils (right) mixed with various organic matters (top: non, middle: greens, bottom: rice straw) at various incubation temperatures.

로 판단하였다. 바나나의 *Fusarium*병의 경우 병원균(*F. oxysporum* f. sp. *cubensis*)의 밀도는 30 내지 50일의 담수에 의해 감소되나, 실제 병방제를 위해서는 3~6개월의 담수처리를 하였다(Fly, 1982; Stover, 1979).

담수에 의한 병원균 사멸효과는 유기물의 첨가여부 및 온도에 따라 차이를 보였다. 벼 재배에 관계없이 여름철에 장기간 담수처리를 하였을 때 목화의 *Verticillium* wilt에 대한 방제 효과가 있었던 반면, 겨울철에 수개월간 담수처리를 하였을 경우에는 효과가 없었다(Katan, 2000). 이러한 결과는 담수기간 중의 온도가 병원균의 사멸 효과에 영향을 미침을 뒷받침한다 하겠다. 본 시험에서도 무담수 토양의 경우 처리온도가 *Fusarium*을 비롯한 다른 미생물의 밀도 변화에 커다란 영향을 미치지 않았으나, 담수 토양의 경우에는 처리온도가 증가할수록 특히 *Fusarium* 및 총사상균의 밀도가 감소하여 30°C 조건에서 처리 60일 후의 균밀도는 동일조건의 무담수 토양에 비해 약 1/10 수준으로 감소하였고, 35°C 조건에서는 약 1/100 수준으로 감소하였다. 유기물을 첨가하였을 경우에는 그 효과가 더욱 증대하여, 30°C이상의 조건에서 담수 60일후의 *Fusarium* 밀도는 토양희석 한계수준($\times 10^{-1}$)에서도 분리되

지 않았다. 이러한 결과들은 *Fusarium*을 포함한 사상균의 생존율은 담수시 유기물을 첨가하였을 때 또는 수온이 높을수록 감소한다는 보고(Stover, 1979)와 유사하였다.

한편 담수 토양 중의 총사상균 및 총세균에 대한 *Fusarium* 밀도비(Fus/TF, Fus/TB)는 무담수 토양에 비해 낮았는데, 이는 담수에 의한 *Fusarium*의 밀도감소 효과가 상대적으로 *Penicillium* 등 일반 사상균 및 총세균에 비해 컸기 때문이다(박 등, 1997a). 본 연구에서도 총세균의 밀도는 담수여부에 관계없이 35°C에서 다른 온도에 비해 감소하였으나, 전반적으로 유기물이나 온도 및 담수에 의한 영향이 사상균에 비해 낮아서 상대적으로 사상균에 대한 밀도비가 높았다. 인삼 뿌리썩음병의 발병율이 낮은 토양일수록 *Fusarium* 밀도보다는 Fus/TF 및 Fus/TB 밀도비가 낮았던 점으로 미루어(박과 정, 1997), 담수처리에 의한 토양병 발생 감소는 병원균의 밀도 감소 외에 토양 중의 병원균 밀도비를 낮추기 때문으로 사료된다.

지금까지의 결과들을 종합적으로 고찰할 때, 인삼 뿌리썩음병의 발생 가능성이 높은 재작지에서 인삼 이식전에 담수처리 또는 벼재배를 할 경우, 적어도 3개월 이상 포화상태로 담수해야 하며, 특히 6~8월의 고온기에 물관리를 철저히 할 필요가 있다. 또한 담수 전에 유기물을 충분히 첨가할 경우 보다 효과적으로 뿌리썩음병균의 밀도 또는 병발생을 경감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

인삼 뿌리썩음병의 발생을 경감시키기 위한 효과적인 담수조건을 확립하기 위해, 실험실 조건에서 인삼 재작지 토양을 공시하여 인위적으로 담수처리하고, 담수전 유기물의 첨가 여부 및 담수후 처리온도가 토양내 *Fusarium*을 비롯한 사상균과 세균 밀도에 미치는 영향을 조사하였다. 담수처리를 하였을 때 토양내 *Fusarium* 및 총사상균 밀도는 시일이 경과할수록 감소하였고, 담수에 의한 균밀도 감소효과는 온도가 높을수록 증가하였고, 또한 동일 온도조건에서 유기물을 첨가하였을 경우에는 그 효과가 더욱 증대하였다. 즉, 30°C 조건에서 유기물을 첨가하지 않았을 경우 처리 60일후의 균밀도가 무담수 토양의 1/10 수준으로 감소하였던 반면, 유기물을 첨가하였을 경우에는 1/100 수준으로 감소하였다. 유기물 종류별로는 볏짚 처리효과가 청초에 비해 더 높았다. 한편 담수토양에서 총세균의 밀도변화 경향은 사상균의 경향과 유사하였으나, 담수에 의한 세균밀도 감소효과는 사상균에 비해 낮았다. 이상의 결과에서 인삼재작지 토양에 유기물을 첨가하고 포화상태로 담수한 후 3개월 이상 수온을 30°C이상 유지할 경우 뿌리썩음병 발생을 보다 경감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 말씀

본 연구는 한국담배인삼공사 및 한국인삼공사의 출연금으로 수행되었습니다.

참고문헌

Fly, W. E. 1982. Physical and chemical techniques to suppress initial disease. In: *Principles of Plant Disease Management*, pp. 151-174. Academic Press, New York.

Katan, J. 2000. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. *Crop Prot.* 19: 725-731.

이일호, 박현석, 박찬수, 김효근, 변정수. 1998. 청정인삼 생산 및 답전윤환 재배법 연구. 인삼연구보고서(재배분야), pp. 207-297. 한국인삼연초연구원.

Nash, S. M. and Snyder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. *Phytopathology* 52: 567-572.

박규진, 정후섭. 1997. 인삼유묘 뿌리썩음병 진전에 따른 토양군별 특성. 한식병지 13: 46-56.

박규진, 유연현, 오승환. 1997a. 토양수분 함량에 따른 인삼 뿌리썩음병균 Cylindrocarpon destructans 및 토양미생물의 밀도 변화. 한식병지 13: 100-104.

박규진, 조대휘, 유연현, 오승환. 1997b. 재작지에서 2년생 인삼의 뿌리썩음병 진전과 근권 미생물 밀도변화. 한식병지 13: 262-268.

Stover, R. H. 1979. Flooding of soil for disease control. In: Soil *Disinfestation*, ed. by D. Mulder, pp. 19-28. Elsevier, Amsterdam.

유연현, 오승환. 1996. 인삼의 병. 최신고려인삼(재배편), pp.197-244. 한국인삼연초연구원.