

## 토양살균에 의한 멜론 연속재배지 뿌리썩음병 방제

이중섭\* · 최장전 · 최진호 · 허윤찬<sup>1</sup>

국립원예특작과학원 배시험장, <sup>1</sup>국립원예특작과학원 채소과

## Control of Soilborne Fungal Diseases on Muskmelon by Soil Disinfection in Consecutively Cultivated Fields

Jung-sup Lee\*, Jang-Jeon Choi, Jin-Ho Choi and Yun-Chan Huh<sup>1</sup>

Pear Experimental Station, National Institute Horticultural and Herbal Science, RDA, Naju 523-820, Korea

<sup>1</sup>Vegetable Research Div., National Institute Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 441-400, Korea

(Received on August 11, 2008)

This study was carried out to determine the causal agents of soil-borne fungal diseases that pose a threat to the muskmelon production in Cheong Yang, Korea and to investigate the potential effects of hot water drenching and three fumigant (metam sodium, dazomet and methyl bromide) on these diseases. As the agents of the diseases, *Monosporascus cannonballus*, *Didymella* sp., *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., were detected. Hot water and the fumigants were treated on two successive cropping seasons of melon. Soil temperature was measured at 0, 10, 20 and 30 cm soil depth. In 2005, soil sterilization by hot-water was more effective significantly to control of the diseases than by fumigant. yield was the highest in hot-water sterilized plot as 39 ton·ha<sup>-1</sup>. Dazomet (50 g/m<sup>2</sup>) treated plot was followed as 23 ton·ha<sup>-1</sup>. In 2006, hot water sterilized plot showed higher yields than non-treated plots (14.8 ton·ha<sup>-1</sup>). But the other three fumigant contained Dazomet (50 g/m<sup>2</sup>) were no difference (P<0.05) in yield.

**Keywords :** *Didymella* sp., *Fusarium* sp., Hot water, *Monosporascus cannonballus*, *Phytophthora* sp.

충남 청양지역은 멜론 재배면적이 380 ha로서 매년 5,100톤 이상의 멜론을 생산하여 국내 멜론 생산량의 9.1%를 점유하고 있다(박 등, 2005). 한편, 많은 멜론 재배농가들은 수확시기를 앞당길 수 있을 뿐만 아니라 수확 후 상품성 향상으로 가격을 높게 받을 수 있기 때문에 비가림 하우스에서 연작하여 재배하고 있다.

최근에는 멜론 연작이 지속적으로 이루어짐에 따라 연작토양내 병원균 밀도증가가 수량을 감소시키는 주요인으로 작용하고 있다. 이들 연작토양내 주요 병원균들은 멜론을 포함한 수박, 오이 등 박과채소를 재배하는 또 다른 연작재배지에서도 보고되었다(Kwon 등, 2001; Mertely 등, 1993). Miller와 Martyn(1992)은 연작재배지 멜론뿌리로부터 *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Monosporascus cannonballus*, *Didymella* sp., *Phytophthora* sp. 등 92균주

를 분리하였다. Mertely 등(1993b)은 멜론 연작지 주요 토양병원균으로 *M. cannonballus*의 중요성을 보고하였다. 한편, 연작지 토양살균법으로 고온수 이용 토양 살균은 토양내 존재하는 병원균, 잡초, 선충의 밀도를 줄이기 위하여 박과채소 뿐만 아니라 가지과 채소를 재배하는 연작지에서 2001년부터 사용하였다(Nishi 등, 2005). 또한, 고온수(90~95°C) 토양관주는 작토층(0~30 cm)의 온도를 78~52°C까지 상승시켜 토양내 물리 화학적 및 생물학적 특성 변화로 작물생장 촉진 및 품질이 향상되었다고 보고하였다(Takai 등, 2003; Stapleton, 1996). Basile 등(1997)에 의하면 고온 살균과 토양훈증 살균이 *Phytophthora fragariae*, *Cylindrocarpon destructans* 그리고 *F. solani*에 감염된 토양으로부터 무처리와 비교하여 볼 때 딸기 수량을 현저하게 증가시킨다고 보고하였다. 또한, 고온에 의한 토양 살균은 *Pythium* spp.와 *Phytophthora* spp.의 생장을 억제시키고 토양내 존재하는 두 병원균의 밀도를 작토층 5-10 cm 부위에서 80.4~100% 그리고 15~20 cm 부위에서 66.5~100% 억제하였다고 보고하였다. 한편, 토양

\*Corresponding author

Phone) +82-61-330-1560, Fax) +82-61-330-1533

E-mail) jslee@rda.go.kr

내 dazomet 50 g/m<sup>2</sup>의 훈증처리는 작토층 5-10 cm 깊이에서 각각 95-97.1%, 15-20 cm 깊이에서 79.5-93%의 병원균 밀도를 억제시켰다(Al-Chaabi 등, 1997). 또한, Pinkerton 등(2002)은 연작토양 고온 살균시 딸기의 성장 및 수량을 향상시키고 *Rhizoctonia* spp., *P. fragariae*, *Pythium* spp. 그리고 *Cylindrocarpon* spp.의 감염을 현저히 억제시켰다고 보고하였다.

따라서, 본 연구는 연작재배지에서 멜론의 성장 및 발병에 영향을 미치는 토양병원균의 밀도 억제를 측정하고 이들 토양 병원균 방제에 관한 고온수 및 3종의 토양 훈증제 처리효과를 구명하고자 수행하였다.

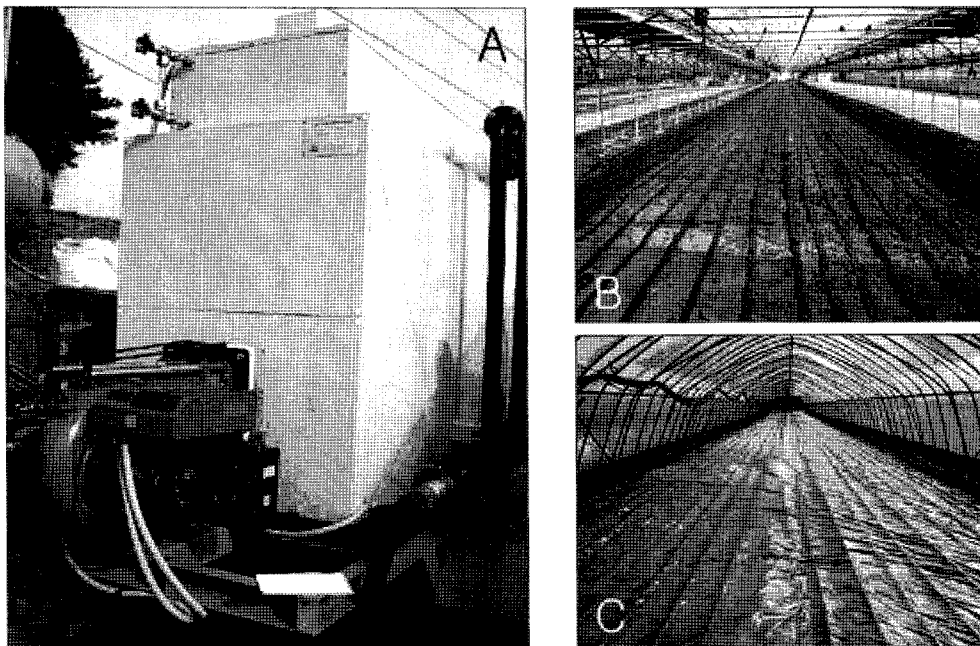
## 재료 및 방법

**병원균 분리.** 시설하우스내 연작재배중인 멜론으로부터 시들음 증상을 보인 뿌리를 2004년과 2005년에 모두 76개를 수집하였다. 병원균 분리를 위하여 발병주 뿌리를 증류수로 세척 후 1% NaOCl 용액을 이용하여 3분 동안 표면살균 처리하였다. 이들 뿌리의 병반으로부터 괴사조직을 떼어 sm-PDA 배지상에 접종하여 28°C에서 8일간 배양하였다. 또한 *Phytophthora* spp.의 분리를 위해 50 ppm hymexazol, 30 ppm rifamycin Na salt 10 ppm pimarinic, 10 ppm benomyl를 첨가한 corn meal agar(CMA) 배지에 배양하였다(Duncan 등, 1987). 배지상에 형성된 모든 콜

로니들은 순수 분리를 위해 PDA 배지에서 배양하여 이용하였다.

**병원성 검정.** 발병주의 뿌리 병반으로부터 분리한 *Monosporascus* sp., *Didymella* sp., *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp.의 병원성을 검정하였다. *Monosporascus* sp., 균주는 28°C, CMA 배지상에서 4-6주 배양 후 살균 토양내에 1:19(V:V)의 비율로 혼합한 후 멜론(cv. homerunstar)의 유묘를 정식하여 병원성을 검정하였다. 또한, *Fusarium* sp.는 분리균주를 PDA 배지상에 10일 배양 후 형성된 포자를 10<sup>6</sup> spores/m로 조절 후 14일간 성장한 멜론의 어린뿌리에 포자 현탁액을 3분간 침지하여 포트에 정식하여 발병여부를 검정하였다(Korolev 등, 2000). 또한, *Phytophthora* sp.는 분리균주를 PDA 배지상에 7일간 배양 후 균사 선단부를 0.5 cm 취하여 사과 과실표면에 접종한 후 접촉성 테이프로 밀봉하여 20°C에서 7일간 처리하여 과실표면부패 정도로 병원성을 확인하였다(Duncan 등, 1987).

**연작재배 토양살균.** 연작지 토양살균은 2005-2006년 2년 동안 토양병해에 의한 피해가 발생되고 있는 비교적 발병이 심한 멜론 연작재배지 시설하우스에서 수행하였다. '05년에는 고온수 관주, Dazomet 25, 50 g/cm<sup>2</sup> 그리고 대조구로 구분하여 처리하였다. 이때 처리구별 면적은 5×70=350 m<sup>2</sup>로 하였다. 각처리구는 처리토양을 50~60 cm 깊이로 경운 후 굵은 흑덩이를 파쇄하기 위해 심경로 터리기(대동 DD-650)를 이용하였다. 고온수 관주처리구



**Fig. 1.** Hydrothermal soil decontaminating machine(water temp. 92~98°C) and procedural view of hot water treatment (field preparation : width 5 m, length 70 m). **A:** Hot water treatment machine, **B:** Field preparation for hot water treatment, **C:** Drenching with hot water for 3~4 hours.

는 심경 로터리 작업 수행직전 벗짚을 길이 10 cm 정도로 자른 후 2톤/10a 사용하였다. 그리고 처리토양내 고온수 관주는 관주용 파이프(Ø40 mm)를 30 cm 간격 14줄을 토양 표면위에 설치한 후 92~98°C의 고온수(제조기 BS-60, 백송)를 이용하여 7~8톤/hrs의 속도로 4시간 관주하였다(Fig. 1). 고온수 관주 후 시간별로 토양깊이 0, -10, -20, -30 cm 깊이에서 온도를 측정하였다. 처리 종료후에는 배수(48시간)처리 하였으며 처리토양내 2톤/10a의 완숙퇴비를 시비하여 멜론을 정식하였다.

Dazomet 입제처리는 토양수분이 대략 포장용수량의 40% 정도되었을 때 처리구당 각각 25, 50 g/m<sup>2</sup>의 농도로 토양내 혼화후 10~15 cm 깊이로 로터리 작업을 수행하였다. 그 후에는 투명비닐(두께 100 µm)를 이용하여 7일간 밀봉하였다(Katan, 1981; Stapleton, 1996).

Metam-sodium과 methyl bromide는 dazomet 입제에 첨가하여 처리하였다. 처리구당 면적은 5×70=350 m<sup>2</sup>로 하였으며, 구당 2 m의 간격을 두어 혼용을 예방하였다. dazomet 입제는 50 g/m<sup>2</sup>의 농도로 처리 후 위와 동일하게 비닐로 밀봉하였다. 비닐멀칭 후 Metam-sodium은 점적 테이프를

**Table 1.** Isolations of different fungal pathogens species obtained from infected melon roots under plastic house in Cheongyang during 2005-2006 growing seasons

Fungal pathogens	Number of isolates		
	2005	2006	Total
<i>Monosporascus cannonballus</i>	12	15	27
<i>Fusarium</i> spp.	14	12	26
<i>Didymella bryoniae</i>	12	11	23
<i>Phytophthora</i> spp.	8	11	19
Others	-	1	1
Total	46	50	96

**Table 2.** Differences of soil temperatures by hot water irrigation on 0, 10, 20, and 30 cm soil depth under plastic house in Cheongyang during 2005-2006 growing seasons

Soil depth (cm)	Soil temperatures after hot water irrigation							
	1 hour		2 hours		3 hours		4 hours	
	Control	Hot water	Control	Hot water	Control	Hot water	Control	Hot water
0	61.0	72.4	62.1	79.2	62.8	81.0	63.1	82.2
10	42.0	69.2	43.2	70.3	44.1	72.6	44.7	74.3
20	35.0	42.6	35.9	46.8	36.0	54.8	36.0	60.2
30	25.2	39.6	25.7	44.0	25.9	49.3	25.9	55.4
0	47.1	70.0	47.6	77.3	47.9	78.9	47.9	80.3
10	38.3	66.6	38.5	69.1	38.8	70.3	38.9	72.5
20	31.0	40.2	31.2	45.9	31.5	52.1	31.8	59.1
30	24.6	36.2	24.6	43.5	24.9	48.1	25.0	53.5

Treatment date were 18 July in 2005 and 16 June in 2006.

이용하여 100 ml/m<sup>2</sup> 관주처리 하였다. Methyl-bromide 용기는 비닐멀칭 토양내 설치하여 50 g/m<sup>2</sup>의 농도로 처리하였다. 처리 후 토양환기를 위해 비닐을 제거한 후 25일동안 육묘한 멜론 실생묘(cv. homerunstar)를 정식하였다. 멜론재배는 정식후 75일에 수확하여 과실특성을 조사하였으며 모든 date는 ANOVA 및 Fisher's LSD 검정을 실시하였다.

## 결 과

**병원균 분리 및 병원성 검정.** 26개의 멜론 연작 재배 하우스 포장의 발병 뿌리로부터 총 95개의 균주를 분리하였다. 이들중 *M. cannonballus* 균주는 27개로 28.4%, *Fusarium* spp.는 26개로 27.4%, *Didymella bryoniae*는 23개로 24.2%, *Phytophthora* spp.는 19개로 20.0%, 기타 1.1%로 나타났다(Table 1). *M. cannonballus*와 *Phytophthora* spp. 및 *D. bryoniae*의 모든 균주는 병원성을 나타내었으나 *Fusarium* spp.는 멜론뿌리에 병원성을 나타내지 않았다.

**고온수 관주 및 혼중계 살균 효과.** 연작재배 하우스 토양내 고온수 토양 관주 후 토양깊이별 온도 변화를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 2005년 처리에서 고온수 토양 관주 1시간후 토양 표면온도는 72.4°C인 반면 무처리구는 61.0°C를 나타내었다. 또한, 고온수 3시간 관주후에는 토양 표면 온도가 최대 81.0°C까지 상승하여 4시간 처리까지 지속되었다. 고온수 4시간 관주 처리구와 무처리구 토양 -10, -20, -30 cm 깊이의 온도는 각각 82.2~63.1°C, 74.3~44.7°C, 60.2~36.0°C 및 55.4~25.9°C로 25°C 이상 큰 차이를 나타내었다. 2006년 처리에서는 고온수 관주처리구 -10 cm 깊이의 토양온도는 평균 72.5°C로 무처리구 38.9°C보다 33.6°C 높은 차이를 나타내었다. 토양

**Table 3.** Effects of hot water and fumigant treatments on the yield of melon under a plastic house in Cheongyang

Treatment	2005-2006		2006-2007	
	Yield (ton/ha)	Increased (%)	Yield (ton/ha)	Increased (%) <sup>a</sup>
Hot-water irrigation	39.0 a*	186.8	28.6 a <sup>b</sup>	93.2
Dazomet (25 g/m <sup>2</sup> )	16.6 c	22.1	-	-
Dazomet (50 g/m <sup>2</sup> )	23.0 b	69.1	20.3 b	39.2
Methyl bromide (50 g/m <sup>2</sup> )	-	-	21.4 b	44.6
Metam-sodium (100 ml/m <sup>2</sup> )	-	-	21.8 b	47.3
Untreated control	13.6 d		14.8 c	-

<sup>a</sup> Treatments were applied on July 18 2005 and 16 June 2006. Percent of increased yields compared with 2005. Fruit was harvested from September to October in 2005 and 2006.

<sup>b</sup> Values in the same column with different letters show significant differences at P<0.05 according to the Fisher's least significant difference (LSD) test. Data are mean values of four replicates.

**Table 4.** Effects of hot water and fumigant treatments on disease in melon under a plastic house at 2005-2006 trials

Treatment	Disease incidence (%)		
	10 Sep. 2006	25 Sep. 2006	10 Oct. 2006
Hot water irrigation	0.01 a <sup>a</sup>	0.01 a	0.08 a
Dazomet	3.38 b	4.31 b	30.99 c
Methyl bromide	2.25 b	3.34 b	16.54 bc
Metam-sodium	4.51 b	7.51 bc	36.85 cd
Control	6.60 bc	35.16 cd	81.42 d

Dazomet and methyl bromide plots were treated on 18 July 2005 and metam-sodium on 15 July 2005. Hot water irrigation period was 4 hours.

<sup>a</sup> Values in the same column with different letters show significant differences at P<0.05 according to the Fisher's least significant difference (LSD) test. Data are mean values of four replicates.

깊이 -20 cm, -30 cm 부위에서도 각각 27.3°C, 28.5°C의 큰 차이를 나타내었다.

'05-'06년 토양살균 결과 수량은 고온수 관주 및 약제 훈증 처리에서 매우 높아 고도의 유의성을 나타내었다 (Table 3). 특히, 멜론 수량이 고온수 관주처리에서 무처리와 비교시 186.8% 증가되어 매우 높았다. 또한, 고온수 관주처리구의 수량 증가는 dazomet 처리와 비교시 유의하게 높았다(P<0.05). 이러한 결과는 '06년 처리에서도 동일한 결과를 나타내었다(Table 3).

한편, 2005-2006년처리에서 시들음에 의한 고사주 발생량은 처리간 및 처리후 시간이 경과할수록 다양하였다 (Table 4). 수확종료후 모든 처리구의 발병율은 무처리구에서 82%로 가장 높았고 살균처리구에서는 비교적 낮았다. 그 중 고온수 관주처리구는 발병이 거의 되지 않은 가장 낮은 발병율을 나타내었다. methyl bromide 처리구는 16.%로 비교적 낮은 발병율을 보였다. 그러나 dazomet, methyl bromide 및 metam-sodium 처리구에서는 처리간의

유의성은 인정되지 않았다(Table 4).

## 고 찰

멜론은 고소득 작물로 충남 청양을 비롯하여 전국적으로 6~8개 지역 시설하우스내에서 연작하여 집약적으로 연중 재배하고 있다. 최근에는 봄철 기온이 상승하는 3월 하순부터 연작 재배하우스의 토양온도가 상승함에 따라 병원균들이 조기에 활성화되어 매년 발병시기가 빨라지고 피해가 심해지는 추세이나 이들 연작재배 하우스 토양내의 효율적인 살균방법은 미흡한 실정이다(박 등, 2005). 따라서, 본 연구는 멜론생산에 영향을 미치는 일반적인 토양병해에 대한 여러 가지 살균방법의 효율을 평가하기 위하여 수행하였다.

본 연구(2005-2007)를 효율적으로 수행하기 위하여 멜론의 발병뿌리로부터 *M. cannonballus*, *Fusarium* spp., *D. bryoniae*, *Phytophthora* spp.의 1종의 관련 병원균을 분리하였다. 그 중 *Fusarium* spp.는 멜론 유묘에 병원성을 나타내지 않는 반면 *M. cannonballus*는 뿌리에 확실하게 병원성이 있는 것을 확인하였다. 분리군중에서 *M. cannonballus*와 *D. bryoniae*가 24.0~28.1%를 점유하였다(Table 1). 또한 분리율이 다소 낮은 *Phytophthora* spp.도 병원성이 있음을 확인하였다.

연작하우스 토양 살균 처리('05. 7. 18)중 토양온도는 고온수 관주 처리구에서 토양깊이 -10 cm, -20 cm 및 -30 cm 깊이에서 각각 69~74°C, 43~60°C 그리고 40~55°C로 높게 나타났으며 무처리구는 42~45°C, 35~36°C 그리고 25~26°C로 비교적 낮았다. 이러한 토양온도는 일본 농림성에서 '04. 7월에 수행한 토양깊이별 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다(Nishi 등, 2005). 또한 Katan(1981)는 연작토양 태양열 살균시 PE 필름 멀칭으로 토양깊이

-5 cm 부위의 온도를 60°C까지 증가시키고 -15, -25 cm 깊이의 토양온도를 각각 46.0, 그리고 41.5°C까지 높였다고 보고하고 있다(Chellemi 등, 1994). 한편, 2005-06년 재배기간중 고온수 토양관주처리구에서의 수량 조사결과 39.0톤/ha로 무처리(13.6톤/ha)와 비교시 187%의 증가를 보여 고도의 유의성을 나타내었다( $P < 0.05$ ). '06-'07년에는 metam-sodium과 methyl bromide를 dazomet 처리시 첨가하여 처리하였다. 고온수 관주처리구에서의 수량은 '05년 처리와 동일하게 93%의 수량증가를 보여 고도의 유의성을 나타내었다. 그러나, 무처리에 비하여 Dazomet, methyl bromide 등 훈증제 처리는 유의성은 인정되지 않았으나 수량은 20.3~21.8톤/ha로 39~47% 높았다. 또한, dazomet 처리구(50 g/m<sup>2</sup>)에서의 수량은 2년 모두 비슷한 결과를 나타내었다. 또한, 고온수 관주처리구의 수량은 28.6톤/ha로 무처리보다 93.2% 높았으나 '05-'06년 처리보다는 현저히 낮았다(Table 3). 이는 '06-'07 처리시 -30 cm 깊이의 토양 온도가 54°C로 '05-'06년 처리와 비슷하였기 때문에 온도저하로 인한 살균미흡이라고 보기는 어렵다. 다만, 처리시기가 1기작 재배시기보다 1개월 빠르게 처리되었으며 살균처리 후 멜론 정식을 즉시 하지 않고 25일 정도 늦추었기 때문으로 추정된다. 이는 고온기에 정식시기를 늦출 경우 토양살균 효과가 저하될 가능성이 있기 때문이다. 또한, 한여름 고온기 멜론 재배시 고온 장애가 나타나기 때문에 재배농가는 여름작기를 회피하는 실정이다(박 등, 2005). 한편, 딸기, 상추 등 엽채류와 토마토, 오이 등 과채류를 연작재배하는 많은 지역에서 태양열을 이용한 토양살균이 이루어지고 있다(Gamliel과 Stapleton, 1993; Hartz 등, 1993). Stapleton과 de Vay(1984) 및 Nishi(2005)의 보고에 의하면 태양열 및 고온수 등 고온을 이용한 토양살균은 딸기와 토마토 생장을 각각 61%와 52% 촉진하였고 44%와 36%의 수량을 증대시켰다.

본 연구 결과 멜론 재배중 주요 토양병원균 *M. cannonballus*, *D. bryoniae*, *Phytophthora* spp. 등은 연작재배지 멜론생산의 제한요인으로 대두되기 때문에 연작토양내 병해 발생을 억제하고 수량 증대를 위해 고온수 관주 및 훈증살균 등이 필요하다. 이런 측면에서 연작지 토양병해 방제를 위해 '05-'06년 처리한 고온수 토양 살균은 훈증제를 이용하여 토양 환경을 개선시키는 살균방법 보다 효과적이라 판단되었다. 이는 토양환경이 살균처리시 높은 온도로 유지될 수 있는 호조건에 있을 때 적절히 처리된다면 고온으로 인한 살균효율을 더욱 높일 수 있기 때문이다. 또한, 고온수 관주에 의한 토양살균은 화학약제에 의한 토양훈증 방법보다 환경 친화적이다. 앞으로도 멜론 연작 토양내 고온수의 투수력 향상을 위한 토성별 처리정도 및

처리토양내 무기성분의 용탈 등 처리방법 개선을 위한 보다 심도 있는 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

청양지역을 비롯한 멜론 연작재배지에서 매년 피해를 나타내고 있는 시들음 증상 발생주의 뿌리로부터 뿌리썩음병원균 *Monosporascus cannonballus*(28.4%), *Fusarium* spp.(27.4%), *Didymella bryoniae*(24.2%), *Phytophthora* spp.(20.0%) 등을 각각 분리하였다. 멜론 연작재배 토양내 뿌리썩음병 방제를 위해 고온수 관주 및 훈증제 3중 살균처리하고 방제효율을 검증하였다. 고온수(92~98°C) 토양관주 살균처리는 '05-'06년 정식전 4시간(관주량 : 52~55 tons/10a) 관주하였다. 그 결과 발병율이 0.01~0.08%로 무처리의 발병량(6.6~81.4%)보다 높은 방제효과를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 이는 토양훈증 살균제 3종의 방제효과(54.8~79.7%) 보다 20.2~45.1% 높았다. 또한, 고온수 관주처리 토양에서의 역병(Fire blight), 시들음병(*Fusarium wilt*)의 발병율도 극히 낮았다. 한편, 2005-2006년 고온수 관주처리구의 수량은 39톤/ha으로 무처리구(13.6톤/ha)에 비해 매우 높아 고도의 유의성을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 그러나, Dazomet, methyl bromide 등 훈증제 처리는 약제 처리간 유의성은 없었으나 수량은 무처리 보다 39~47% 높았다. 결과적으로 고온수(92~98°C)를 이용한 연작재배지 토양 살균은 토양병해에 높은 방제효과를 나타내어 약제에 의한 훈증살균보다 효과적이라 판단되었다.

## 참고문헌

- Al-Chaabi, S., Matrod, L. and Faddoul, J. 1997. Solarization for controlling soilborne fungi in plastic houses. Second international conference on soil solarization and integrated management of soilborne pests. 16-21. Icarda, Aleppo, Syria.
- Basile, M., Lamberti, F. and Basile, A. C. 1997. Effect of soil solarization and soil fumigation on strawberry yield in southern Italy. Second international conference on soil solarization and integrated management of soilborne pests. 16-21. Icarda, Aleppo, Syria.
- Chellemi, D. O., Olson, S. M. and Mitchell, D. J. 1994. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soil borne pathogens of tomato in northern Florida. *Plant Dis.* 78: 1167-1172.
- Duncan, J. M., Kennedy, D. M. and Seemüller, E. 1987. Identities and pathogenicities of *Phytophthora* spp. causing root rot of red raspberry. *Plant Pathol.* 36: 276-289.
- Gamliel, A. and Stapleton, J. J. 1993. Effect of chicken compost

- or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth. *Plant Dis.* 77: 886-891.
- Hartz, T., de Vay, J. and Elmore, C. 1993. Solarization is an effective soil disinfestation technique for strawberry production. *Hort. Sci.* 28: 104-109.
- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19: 211-236.
- Korolev, N., Katan, J. and Katan, T. 2000. Vegetative compatibility groups of *Verticillium dahliae* in Israel: their distribution and association with pathogenicity. *Plant Pathol.* 90: 529-536.
- Kwon, M. K., Hong, J. R., Kim, Y. H. and Kim, K. C. 2001. Soil-environmental factors involved in the development of root R/Vine on cucurbits caused by *Monosporascus cannonballus*. *Plant Pathol.* 17: 45-51.
- Mertely, J. C., Martyn, R. D., Miller, M. E. and Bruton, B. D. 1993a. An expanded host range for the muskmelon pathogen *Monosporascus cannonballus*. *Plant Dis.* 77: 667-673.
- Mertely, J. C., Martyn, R. D., Miller, M. E. and Bruton, B. D. 1993b. Quantification of *Monosporascus cannonballus* ascospores in three commercial muskmelon fields in south Texas. *Plant Dis.* 77: 767-771.
- Miller, M. E. and Martyn, R. D. 1992. Evaluation of fumigants for root rot/vine decline control on muskmelon, 1991. *Fungic. Nematicide Tests* 47: 101.
- Nishi, K. H. 2005. Effect of soil disinfestation with hot water in consecutively cultivated fields. *Biocontrol Research Report* 7: 44-51.
- 박동금, 허윤찬, 권기범, 윤형권, 이종남, 박경섭, 정대성, 진홍용, 박명화, 김희태, 장윤아, 김봉환, 서태철. 2005. 멜론재배. 표준영농교본 151: 27-32.
- Pinkerton, J. N., Ivors, K. L., Reeser, P. W., Bristow, P. R. and Windon, G. E. 2002. The use of soil solarization for the management of soilborne plant pathogens in raspberry and strawberry production. *Plant Dis.* 86: 645-651.
- Stapleton, J. J. 1996. Fumigation and solarization practice in plasticulture systems. *Hort. Technol.* 6: 189-192.
- Stapleton, J. J. and de Vay, J. E. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. *Phytopathol.* 74: 255.
- Takai, K., Nishi, K. H., Takuchi, Y. H., Watanabe, H. K., Katsuyama, N. K. and Kubota, M. H. 2003. Effect on cucumber growth, soil pH, and EC in disinfected soil with hot water. *Annual Report of Kansai* 45: 23-29.