□ 보 문 □

韓應昆誌 32(1):105~114(1993)
Korean J. Appl. Entomol.

몇種의 線蟲天敵 眞菌과 化學藥劑를 利用한 藥用作物 뿌리혹線蟲 防除效果 檢討

Field Application of Egg and Larval Parasitic Fungi and Chemicals for Controlling Root-knot Nematodes on Some Medicinal Herb

朴 小 得[1] · 秋 淵 大[1] · 鄭 奇 埰[1] · 沈 龍 九[1] · 崔 永 然[2]
So Deuk Park[1], Yeon Dae Choo[1], Ki Chae Jung[1], Yong Gu Sim[1], and Young Eoun Choi[2]

ABSTRACT Series of studies were conducted to establish biological and chemical control method for *Meloidogyne spp* to medical herbs by applied of nematophagous fungi, *Arthrobotrys spp*, *Fusarium spp*, and egg parasitic fungi, *Paecilomyces lilacinus* were applied for root-knot nematodes on medicinal herbs, *Paeonia albiflora*, *Codonopsis lanceolata*, *Cnidium officinale*. The results are as follow. In pot experiments, The no. of root gall and egg mass and larvae of *Cnidium officinale*, *Codonopsis lanceolata*, *Paeonia japonica* lowered in *P. lilacinus* treated plots compare to untreated control plots. But *A. thaumasia F. oxysporum* treated plots were less effective. Effect of egg parasitic fungi and chemical treatment at divided root of *Paeonia japonica* after sterilized in pot were increased in the fresh weight, root weight, control effect in *P. lilacinus* treated plots as chemical, Carbo G treated plots compare to untreted control plots. In field experiment, the number of root gall, egg mass and nematode density of Paeonia were also suppressed in *P. lilacinus* treated plots. It was very effective continuous 2 years and transplanting time on *Paeonia japonica* infested soil with the *M. hapla* in field in both region, Chillgok and Euisung treated *P. lilacinus* as chemical treated plots. Soaking effect of insecticide for *Paeonia japonica* at dividing shoot before transplanting in pot were effective for 12hours immersion into 1,000 ppm of Benlate T + Mep EC, Benlate T + Fenthion EC in pot and field Experiment. In the Examination of fungi activily on *P. japonica* field 1 year after soil treatment, Number of spore of *P. lilacinus* were 1,000~1,300 in 3 region except Euisung.

KEY WORDS Biological control, Nematophagous fungi, Egg parasitic fungi, Soaking effect. *Paeonia japonica*, Root-knot nematode

초 록 藥用作物에 寄生하여 商品性과 收量을 떨어뜨리는 뿌리혹線蟲에 對하여 몇종의 뿌리혹線蟲卵寄生眞菌 및 線蟲捕食性 眞菌을 利用하여 포트 및 圃場試驗을 實施하였고, 最近 대부분 작약을 栽植時에 使用하는 分株苗의 感染을 防止하고자 묘의 浸漬 消毒을 實施한 結果는 다음과 같다. Pot에서 천궁, 사삼, 작약 모두 *Paecilomyces lilacinus* 眞菌을 처리한 결과 뿌리혹, 난낭수, 그리고 2령幼蟲密度가 無處理에 比해 아주 낮아 效果가 좋았으나 他菌株들은 *P. lilacinus*菌株 處理區보다 效果가 낮았다. 分株苗를 完全히 消毒해서 線蟲 卵을 接種하고, 菌株를 處理한 Pot에서는 *Paecilomyces lilacinus*處理區에 비해서 뿌리혹수, 卵囊數가 각각 13, 8개로 無處理 154, 137개보다 效果가 컸고 幼蟲密度도 64마리로 無處理 541마리보다 크게 減少하여 防除 效果가 높았다. 작약分株苗를 栽植後 1年뒤 圃場에서의 菌株處理 效果

1 경상북도농촌진흥원(Kyung Pook Provincial RDA, Taegu, Korea)
2 경북대학교 농생물학과(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture Kyungpook National University, Taegu, Korea)

는 防除價가 10.0~31.7%로 떨어졌으나, 栽植時에 바로 處理한 區와 處理 1年後에 2年連續으로 處理한 區에서는 密度 抑制 效果가 커서 매우 效果的이었다. 작약分株苗 栽植時 殺蟲劑 浸漬效果 試驗에서 Fenthion과 Mep 乳劑 모두 1,000 ppm에 12時間 浸漬하는 것이 效果가 가장 좋았다.

검 색 어 生物學的防除, *Paecilomyces lilacinus*, 浸漬效果, 작약, 뿌리혹線蟲

漢藥材의 國內需要急增과 작약等의 꾸준한 輸出增加로 藥草主産團地 農家들의 所得原이 날로 높아지고 있다. 이들 藥用作物에 對하여 寄生線蟲을 調査한 結果 大部分의 藥用作物이 뿌리혹 線蟲에 依하여 甚한 被害를 받고 있으며 收量減少와 함께 商品價値를 下落시키고 있어 農家의 所得增大에 큰 打擊을 입힐 가능성이 있다.(Choi와 Park 1991) 현재藥用作物은 人間의 病을 고치는 漢藥材로 使用되기 때문에 農藥使用을 되도록이면 禁하여 病害蟲의 增殖에는 한층 더 有利하게 作用한 것 같다.

線蟲防除를 爲한 곰팡이에 關한 硏究는 Duddington等(1991)은 *Dactylaria thaumasia* 곰팡이를 귀리의 *Heterodera avenae*線蟲에 處理한 結果 線蟲의 密度가 抑制되었고, Cayrol等(1978)은 France에서 양송이 栽培床에 發生한 食菌性線蟲(*Ditylenchus myceliophus*)의 防除를 爲하여 *Arthrobotrys robusta*의 1系統 "Antipolis"를 處理한 結果 線蟲密度의 抑制에 顯著한 效果가 있어서 Royal champignon會社에서 "Royal 300"의 商品으로 生産한 바 있다. Stirling等 (1978)은 California의 복숭아 栽培地에서 *Dactylella oviparastica* 곰팡이가 뿌리혹線蟲을 抑制하는 가장 重要한 要因이라 하였다. Jatala等 (1980)은 Peru에서 *Paecilomyces lilacinus* 곰팡이를 처음 發見하여 2年間 試驗한 結果 植物과 動物에는 害가 없었고 뿌리혹線蟲에는 效果的이었으며, 감자 生産量이 훨씬 增加되었다고 했다. Mankau (1990)는 美國의 North Carolina에서 뿌리혹線蟲의 密度抑制에 *A. conoides* 곰팡이의 效果를 인정하였으며, Hazmi等 (1982)은 옥수수의 *M. incognita*에 對해서 *A. conoides*의 菌株를 線蟲接種 2週前에 處理한 結果 效果가 좋았다고 하였다.

Mankau(1980)는 大麥穀粒에 培養한 6種의 線蟲捕食性菌을 接種한 結果 Pot 實驗에서 *A. haptotyla*가 뿌리혹線蟲의 密度를 억제하는데 가장 효과적이라 하였으며, Kerry(1984)는 線蟲捕食性 곰팡이와 線蟲密度와의 關係에 對해 보고 했고, Kerry(1984), Nanson等 (1986)은 土壤 線蟲에 對해 *A. oligospora*의 捕食活動에 對해 試驗한 結果 큐티큘層에 浸透하여 20時間 以上 甚하게 捕獲을 繼續하여 幼蟲이 치사되었다고 하였다. Cabanillas(1988)는 토마토의 *M. incognita*에 대해 *Paecilomyces lilacinus* 相互作用을 試驗한 結果 뿌리혹과 거대세포 形成이 아주적어 生物的防除 可能性을 確因하였다. Kim과 Riggs(1991)는 *A. oligospora, D. brochopaga, Hirsatella rhossiliensis*가 *H. glycines*와 *M. incognita*에 效果的이라 했으며, 또한 Arkansas에서 "ARF18" 곰팡이를 發見하여 特許廳에 登錄했는데 이 곰팡이는 *H. glycines*에 95%以上 防除 效果가 있다고 했다. 우리나라에서는 鄭等(1988)이 線蟲寄生天敵眞菌, *A. arthrobotryoide, A. conoides, A. oligospora, D. lobata, Fusarium oxysporum*等 5種을 당근 뿌리혹線蟲에 接種한 結果 *A. oligospora*를 除外하고 4種 모두 效果的이라고 했다. 趙와 崔(1990)는 施設園藝 圃場에서 상치와 고추에 당근 뿌리혹線蟲을 防除하기 爲하여 *P. lilacinus*를 처음으로 使用하여 生物的 防除 可能性을 檢討한 바 있다. 筆者들은 최근 약용작물에 뿌리혹선충의 피해가 날로 증가하여 수량과 상품성이 상당히 저하되어 주로 뿌리를 이용하는 몇몇 藥用作物에 대하여 뿌리혹線蟲의 피해를 최소화 하고자 뿌리혹선충의 난에 기생하여 난의 부화를 억제시키고, 幼蟲을 포획하여 뿌리에의 침입을 막으면서 치사시키는 몇종의 천적 진균을 이용한

방제시험을 실시하였고, 또한 4년차 재배후 수확한 분주묘를 또다시 재배함에 따라 식재시부터 뿌리혹선충의 감염이 우려됨에 따라 작약分株苗 植栽前에 初期感染을 抑制코자 殺蟲劑 浸漬消毒試驗을 實施하여 몇가지 결과를 얻었으므로 이에 보고하는 바이다.

材料 및 方法

寄生天敵 眞菌을 利用한 線蟲防除 試驗

菌株養 : *Paecilomyces lilacinus*균은 Peru에 있는 國際감자硏究所에서 分讓을 받았으며 *Arthrobotrys thaumasia, Dactylla lobata, Fusarium oxysporum*菌은 土壤과 植物體 뿌리에서 分離하였고, 이들 菌株의 培養 增殖은 *P. lilacinus*는 P.D.A 배지상에서 接種하여 25℃내의 恒溫器에서 10일간 1차 培養하였다. Pot 및 圃場에 直接 시용할 菌株의 增殖을 위한 2차 培養은 밀(wheat grain)을 使用하였으며 밀을 수도물에 12時間 程度 담구어 불린 후 물을 吸收할 수 있는 헝겊이나 종이위에 쏟아 물기를 除去한 후 이들 밀의 滅菌 및 培養을 위해 500~4000 ml의 삼각플라스크 용기에 모두 나누어 담고 나중에 흔들어 줄 수 있도록 용기의 80% 정도 담고 솜마개로 막은 다음 Autoclave에 넣어 1氣壓으로 滅菌한 후 滅菌된 試料를 꺼내어 菌株接種을 이해 室溫에서 식혔다. Petri dish상에서 1차 培養한 *P. lilacinus*菌株의 接種을 위해 증류수를 소량 넣어서 현탁액을 만든 다음 滅菌해서 식힌 플라스크내에다 3개의 현탁한 Petri dish를 3개씩 넣어 접종하여 25℃의 恒溫器에 넣어 2차培養에 들어간 후 3일에 한번씩 플라스크를 흔들어서 胞子가 고루 자라도록 하면서 15일후에 培養을 完了했다. *A. thaumasia*와 *D. lobata, F. oxysporum*균은 P.D.A 배지상에서 2주 培養한 후 잘 부숙된 有機物과 모래를 混合해서 菌株와의 比率을 100 : 1로 混合하여 施用하였다.

뿌리혹線蟲卵 接種原 增殖 農家圃場에서 뿌리혹線蟲에 感染된 植物을 採集하여 뿌리혹線蟲의 알을 clorox 5%로 分離하여 토마토에 接種 增殖하였는데 感受性品種인 Rutgers을 15일間隔으로 栽培하여 60일후에 卵을 分離하여 接種原을 確保했다.

Pot 試驗

直徑 9 cm Pot에 消毒된 沙壤土와 퇴비를 10 : 1로 혼합하여 川芎, 莎蔘, 작약을 定式하고 20日後에 Pot當 5,000個의 뿌리혹선충(*Meloidogyne hapla*)의 알을 接種하고 同時에 供試菌株를 處理하였으며, 菌株處理量은 Pot당 2 g씩 處理했고 化學藥劑인 Carbo G와 Ethop G(3 kg)는 Pot당 0.1 g 處理하였으며, 각 處理區마다 천궁과 사삼은 10反復, 작약은 20反復을 두어 處理하고, 25℃ 溫室에서 繼續 栽培한 後 60日後에 뿌리를 씻어 Phloxin B로 染色하여 뿌리혹數, 卵囊數를 調査하였으며 幼蟲密度도 조사하였다.

圃場 試驗

뿌리혹線蟲이 甚하게 感染된 慶北 義城과 漆谷, 慶北 農村振興院 試驗局 圃場에서 處理前 뿌리혹線蟲의 幼蟲密度를 調査하고, Pot試驗에서와 같은 方法으로 培養, 增殖한 *P. lilacinus*菌株를 10 a當 180 kg 比率로 堆肥와 같이 全面撒布한뒤 苗種을 定式하였고 *A. thaumasia, Dactyllela lobata, F. oxysporum*菌株 역시 懸濁液을 100 : 1 比率로 土壤에 全面 撒布하였으며 Carbo G, Ethop G는 10 a當 4 kg 比率로 全面處理하였다. 調査項目은 草長, 根重, 細根數, 線蟲密度, 根瘤 및 卵囊 指數를 調査했다. 試驗區配置는 亂塊法 3反復으로 하였으며 各處理區의 크기는 40 m^2로 하였다.

작약 分株苗 浸漬 消毒 效果

漆谷 및 義城에서 작약에 對한 뿌리혹線蟲 早期 感染을 抑制하기 爲하여 栽植前 分株苗 消毒試驗을 實施하였는데 消毒藥劑는 現在 水稻 殺線蟲劑로 種子 浸種時 使用되고 있는 Mep EC, Fenthion EC를 1,000 ppm으로 3~24

時間 浸漬消毒하여 時期別로 線蟲密度와 뿌리혹數 및 卵囊數를 調査하였다.

結果 및 考察

寄生天敵 眞菌을 利用한 線蟲防除 試驗

Pot 試驗

난기생 곰팡이인 *P. lilacinus*와 선충 포식성균인 *A. thaumasia*외 2균주를 이용하여 뿌리혹선충의 피해가 심한 약용작물인 천궁, 사삼, 작약에 대해 방제시험을 실시한 결과 川芎에서는 뿌리혹, 난낭, 유충밀도에 있어서 무처리에 비해 각처리구 모두 효과가 있어 28.5~52.1%의 방제효과를 보였으나 화학약제 처리구인 Ethop G처리구의 방제가 70.2%에 비해서는 훨씬 낮았다. 균주처리별 뿌리혹과 난낭 그리고 2령유충에 대한 밀도억제 효과를 보면 *P. lilacinus* 처리구가 뿌리혹수는 무처리 88개에 비해 20개로 매우 낮았고, 2령유충밀도도 무처리 641마리에 비해 307마리로 52.1%의 밀도억제효과를 보였다. 그리고 선충포식성곰팡이인 *A. thaumasia*외 2종은 *P. lilacinus*만큼 뿌리혹, 난낭수, 유충밀도의 억제 효과를 보이질 못했다. 사삼에서도 천궁과 비슷한 경향을 나타내었는데 *P. lilacinus*균주 처리구의 난낭수를 보면 무처리 102개에 비해 23개, 유충밀도 524마리에 비해 260마리로 50.4%의 방제효과를 보여 금후 생물적 방제 가능성이 있는 것으로 기대되었다. *D. lobata*와 *A. thaumasia*, *F. oxysporum*菌株는 역시 無處理에 比해서는 有意的인 차가 인정되었으나 *P. lilacinus*에 比해서는 根瘤數, 卵囊數, 2齡幼蟲數 모두 다소密度가 높아 效果가 낮았다. 이처럼 *P. lilacinus*균주가 타균주 보다 선충 방제의 효과가 높은 것은 *P. lilacinus*菌株는 卵이 孵化할 때 強力한 致死作用을 보인 반면 그外의 菌株는 幼蟲을 捕獲하여 致死시킴으로서 效果를 나타내는데는 어느 程度의 限界를 보이는 것 같았다. 작약苗에 對한 菌株處理 效果를 보면 處理前 苗의 感染 狀態는 各處理區 공히 뿌리혹수가 54~78個, 난낭수는 46~65個 뿌리혹 및 난낭지수는 4.0, 2齡 幼蟲密度는 106~158마리였는데 處理後의 變化를 보면 Ethop G 處理區는 無處理에 比해서 뿌리혹數는 11個, 卵囊數 9個, 지수 2.0, 幼蟲密度가 平均 25마리로 90.3%의 防除效果를 보여 Pot試驗에서 아주 效果가 좋았고 *P. lilacinus* 處理區는 Ethop G 處理區보다 多少 뿌리혹수와 난낭수 그리고 幼蟲의 密度가 높았으나 *A. thaumasia* 等의 菌株보다는 훨씬 效果가 좋았다. 그러나 *A. thaumasia*나 *F. oxysporum*의 蟲密度의 防除價를 보면 14.7~18.6%로 매우 낮았다(表 1). Pot에서 消毒한 작약 分株苗에 對해서 試驗한 結果는 *P. lilacinus*區는 生體重, 草長에서는 無處理區보다는 높았으며 Carbo G 處理區에 比해서도 多少 높았다. Carbo G와 다른 두菌株는 根重과 草長에서 有意性이 認定되지 않았으며 *A. thaumasia* 處理에서는 오히려 無處理보다도 根重에 있어서는 작았는데 이처럼 無處理區에서 根重이 많이 나가는 것은 侵入한 線蟲들이 巨大 細胞를 形成하여 뿌리의 肥大形成이 더 旺盛하다고 한 報告와 一致된다(Sasser 1989). Pot 處理時 작약 분주묘를 線蟲卵을 接種한 후 線蟲卵과 幼蟲에 寄生하는 眞菌과 化學藥劑인 Carbo G를 處理한 效果를 보면 無處理區에서 線蟲密度는 土壤 300 g當 541마리인데 반해 *P. lilacinus*處理區는 64마리로 Carbo G 處理區와 비등한 效果를 보였으나 *A. thaumasia*나 *F. oxysporum*은 25.9~30.1%의 防除價를 보여 效果가 낮은 傾向이였다(表 2). 이와 같은 結果는 Jatala(1980)가 寄生天敵眞菌을 利用하여 *M. hapla*에 對해 防除試驗을 한 結果 *A. oligospora*를 除外하고는 密度抑制 效果가 높았다고 했으며, 防除效果는 處理時線蟲의 事前 密度, 作物이나 土壤等에 따라서 상당한 差異가 認定된다고 하였는데, 本 試驗에서는 비슷한 傾向이였으나 作物間에는 큰 差異를 볼 수 있었으며, 菌株間에는 *P. lilacinus* 處理區에서는 線蟲增殖이 크게 抑制되었으나 他菌株는 多少 효과가 저하 되었는데 이것은 *P. lilacinus* 菌株는 初期에 뿌리혹線蟲

이 다소 感染 되었더라도 孵化를 抑制하는 能力이 있으나 線蟲捕食性菌들은 初期의 密度가 높아지면 菌株의 土壤內 密度가 多少 적을경우 抑制에 限界가 있으리라 생각된다.

Table 1. Pot application of egg and larvae parasitic fungi for controlling *Meloidogyne hapla* on Medicinal herb

Medicinal plant	Fungi and chemical	No. of gall	No. of egg	Index		Population of larvae	Control effect(%)
				Gall	Egg sac		
Cnidium officinale	*P. lilacinus*	20	19	2.6	2.7	307	52.1
	D. lobata	42	43	3.6	3.7	458	28.5
	A. thaumasia	42	46	3.9	3.9	427	33.4
	F. oxysporum	46	47	3.7	3.8	397	38.1
	Ethop G	26	28	3.3	3.3	191	70.2
	Control	88	105	4.4	4.5	641	0
	L.S.D. 5%	16.12	16.77	0.43	0.42	94.11	
	L.S.D. 1%	21.53	22.40	0.57	0.57	125.69	
Codonopsis lanceolata	*P. lilacinus*	23	23	2.9	2.9	260	50.4
	D. lobata	36	46	4.0	4.0	316	39.7
	A. thaumasia	39	41	3.6	3.6	291	44.5
	F. oxysporum	35	38	3.6	3.6	303	42.2
	Ethop G	25	26	3.1	3.1	181	65.5
	Control	96	102	4.4	4.5	524	0
	L.S.D. 5%	16.55	15.52	0.50	0.50	73.72	
	L.S.D. 1%	22.11	20.73	0.67	0.67	98.46	
Paeonia japonica	*P. lilacinus*	38	31	2.3	2.3	115	55.4
	A. thaumasia	93	73	3.7	3.0	210	18.6
	F. oxysporum	99	99	3.3	3.0	220	14.7
	Ethop G	11	11	2.0	2.0	25	90.3
	Control	116	116	5.0	4.0	258	0
	L.S.D. 5%	19.16	25.37	0.64	0.81	12.59	
	L.S.D. 1%	27.88	36.91	0.93	1.17	18.32	

* Gall & Egg sac index = 0 : 0 1 : 1-2 2 : 3-10 3 : 11-30 4 : 31-100 5 : >100

圃場 試驗

圃場에서 뿌리혹線蟲 防除效果를 檢討하기 爲하여 栽植後 1年이 經過한 작약에 對해 線蟲 포획 곰팡이와 卵寄生 곰팡이 藥劑 處理한 結果를 보면 處理前의 圃場狀態에서의 線蟲密度는 義城에서는 뿌리혹이 62~86個, 卵囊이 48~73個, 幼蟲密度가 平均 75~93마리였으며 漆谷에서는 線蟲 密度가 土壤 300 g當 平均 172~209마리로 處理前에 多少 높았다. 結果를 보면 義城에서는 無處理區에 比해서 *P. lilacinus* 와 Ethop G外 2種의 化學藥劑를 處理하였는데 뿌리혹數와 卵囊數는 顯著히 減少되었고, 幼蟲密度도 낮았으나 密度抑制 效果는 29.4%에 그쳐 效果가 多少 낮았고 漆谷郡 冥明面에서도 같은 結果가 나왔는데 特히 *A. thaumasia, F. oxysporum* 處理區는 根瘤數나 卵囊數를 有意的으로 減少시키지 못하였고 防除效果도 10.7~16.0%程度였다(表 3). 이와 같은 結果는 分株苗 栽植時에 處理하지 않고 栽植後 1年이 經過해서 植物體가 完全히 뿌리혹에 感染된 後에 菌株를 處理했기 때문이라 생각되는데 이것은 天敵寄生眞菌 및 藥劑處理는 植栽時에 處理하는 것이 가장 效果가 좋다고 報告와 一致 하였다(Jatala. 1985, 1986). 前年度에 한번 菌株를

Table 2. Effect of several fungi for controlling *Meloidogyne hapla* of division shoots on *Paeonia japonica* after sterilized in pot

Fungi and Chemical	Plant height(%)	Root weight(g)	Gall & Egg		Index		Number of juve-niles/300 g soil	Control effect(%)
			Gall	Egg	Gall	Egg		
P. lilacinus	37.5	39.1	13	8	2.4	2.2	64	88.2
A. thaumasia	29.0	31.5	48	38	3.9	3.7	378	30.1
F. oxysporum	35.6	51.3	54	59	3.9	4.0	401	25.9
Carbo G	31.1	36.2	23	12	3.0	2.5	55	89.9
Control	31.9	35.5	154	137	4.8	4.8	541	0
L.S.D. 5%	4.99	6.53	26.11	21.07	0.42	0.64	72.84	
L.S.D. 1%	6.70	8.76	35.01	28.26	0.57	0.85	105.98	

* Gall & Egg sac index = 0=0 1=1-2 2=3-10 3=11-30 4=31-100 5=>100

** Isolate method: C.S.F method

Table 3. Effect of field application of fungi and chemical soil treatment on *M. hapla* in *Paeonia japonica* field

Locality	Fungi and Chemical	No. of gall	No. of egg sac	Index		Number of juve-niles/300 g soil	Control effect(%)
				Gall	Egg		
Euisung Sagok	*P. lilacinus*	53	43	2.6	2.6	151	29.4
	Ethop G	25	22	2.3	2.3	56	73.8
	Carbo G	31	22	2.7	2.3	72	66.4
	Oxamyl G	30	18	2.3	1.7	73	65.9
	Control	101	106	4.0	4.0	214	0
	L.S.D. 5%	28.42	26.53	1.00	0.64	22.32	
	L.S.D. 1%	41.35	39.11	1.46	0.94	32.47	
Chilgok Dongmyeong	*P. lilacinus*	56	69	3.3	2.6	231	31.7
	A. thaumasia	105	88	3.7	3.3	284	16.0
	F. oxysporum	109	91	4.0	3.7	302	10.7
	Ethop G	32	27	2.7	1.7	85	74.9
	Carbo G	43	37	3.0	2.7	108	68.0
	Oxamyl G	31	27	1.7	2.3	81	76.0
	Control	124	109	4.0	4.0	338	0
	L.S.D. 5%	17.16	24.53	0.59	0.64	17.78	
	L.S.D. 1%	24.06	34.40	0.83	0.94	24.92	

處理한 圃場에 對해 2年 連續으로 菌株를 處理한 結果 義城 沙谷에서 無處理에 比하여 *P. lilacinus* 處理區와 Carbo G 處理區가 根瘤 및 卵囊의 數가 顯著히 減少되었으며 幼蟲의 密度抑制는 81.0~84.5%의 防除價를 보여 1年次 處理區의 29.4%~66.4% 水準보다 훨씬 높았으며 漆谷 東明地方에서도 無處理에 比해 *P. lilacinus*外 2種의 菌株와 Carbo G는 60.6~76%로 效果가 좋았다(表 4). 이것은 Mankau (1980)가 卵 및 幼蟲에 寄生하는 곰팡이들을 連續的으로 處理했을때 단번에 處理했을 때보다 훨씬 더 좋은 效果를 볼 수 있다는 報告와 一致 했으며, 곰팡이處理 1年 後에 圃場에서 土壤內 菌의 活力度調査에서 *P. lilacinus* 胞子가 土壤 1 g당 1,000~1,350개의 colony가 形成된 것을 볼 수 있었는데, Jatala等(1980, 1986)이 *P. lilacinus*菌株를 土壤에 處理한 結果 1年以上 菌의 活力度가 떨어지지 않았다고 하였으

Table 4. Effect on fungi and chemical treatment continuous 2 years on *Paeonia japonica* infested soil with the *Meloidogyne hapla* in field

Locality	Fungi and Chemical	No. of gall	No. of egg sac	Index Gall	Index Egg	Number of juveniles/300 g soil	Control effect(%)
Euisung Sagok	*P. lilacinus*	46	31	1.5	1.7	131	81.0
	Carbo G	47	41	1.0	1.2	108	84.5
	Control	142	167	5.0	5.0	699	0
	L.S.D. 5%	41.04	45.89	0.65	0.76	127.70	
	L.S.D. 1%	68.06	76.11	1.00	1.25	211.79	
Chilgok Dongmyeong	*P. lilacinus*	58	41	2.7	2.5	163	74.6
	A. thaumasia	72	65	3.0	2.7	253	60.6
	F. oxysporum	83	71	3.2	2.8	237	63.1
	Carbo G	45	48	2.5	2.7	154	76.0
	Control	137	143	4.8	4.8	642	0
	L.S.D. 5%	43.69	20.35	0.67	0.73	59.05	
	L.S.D. 1%	63.57	29.61	1.03	1.06	85.91	

* Plant: 10 place 3 rep. Each 20 plant Soil: 300 g 3 rep. larvae

며 土壤에 有機物이 存在할 때에 活力度는 增加한다고 하였는데 本 試驗에서도 有機物이 菌의 增殖에 아주 有利하게 作用한다고 생각되었고, 곰팡이를 한번 處理하면 약 1年程度의 菌이 土壤에서 生存할 수 있으므로 1年後에 한번 더 連續的으로 處理하면 效果를 期待할 수 있을 것으로 思料된다. 작약 分株苗 植栽時에 菌株 3種, 그리고 Carbo 粒劑를 對照로 해서 義城과 漆谷에서 圃場 試驗을 實施해 본 結果 無處理에 比해 *P. lilacinus* 處理區는 Carbo G 72.7~79.7%의 防除效果와 비교하여도 63.5%~69.7%로 相當한 效果가 있음이 認定되었고, *A. thaumasia*, *F. oxysporum* 處理區는 各各 34.7~35.5%, 30.0~38.3%로 化學藥劑에 比해 많이 낮았으나 無處理에 比해서는 效果가 어느 程度 認定되었다(表 5).

뿌리혹線蟲 初期 感染을 爲한 分株苗 消毒 效果 試驗

移植前 당귀묘 浸漬消毒 效果를 種子消毒 藥劑인 Benlate T Mep Ec, Fenthion EC로 3-24時間 消毒한 후 Pot 및 圃場에 移植하여 收穫時 뿌리혹線蟲 被害 輕減效果를 調査하였는데 각 藥劑 處理區 모두 無處理에 비해서 65.5~93.7%의 防除效果가 있었으며, 3時間 浸漬消毒은 效果가 多少 낮았으나 12~24時間 두處理區에서는 效果가 좋았고 藥劑間에도 差異가 없었다(表 6). 圃場試驗에서도 防除效果는 43.3~45.0%로 Pot試驗보다는 防除價가 훨씬 낮았으나 無處理에 비해서 效果가 커서 初期感染과 增殖을 抑制하는데 아주 좋은 方法으로 생각되는데 이는 작약을 現在 대부분 실생栽培가 아닌 收穫한 뿌리를 나누어서 가을에 바로 栽植하기 때문에 收穫할 당시에는 대부분의 圃場이 뿌리혹線蟲으로 感染되어 있어 이것을 또 다시 栽植할 경우에는 이미 感染이 되어 있기 때문에 增殖이 빨라져서 被害를 많이 받기 쉽다. 以上의 結果를 綜合해 보면 韓國에 있어서 藥用作物에 가장 重要한 당근 뿌리혹線蟲의 生物學的 防除를 爲한 *A. thaumasia*, *D. lobata*, *F. oxysporum*菌株는 *P. lilacinus*菌株보다 效果가 顯著히 낮았고, *P. lilacinus*菌 處理區는 Pot 實驗이나 圃場實驗에서 다같이 根瘤數, 卵囊數, 線蟲密度를 낮출수 있었고 作物에 따라서 다르게 나타났으나 앞으로 繼續 硏究하여 適合한 環境條件, 菌株處理時期, 處理量 그리고 效果的인 檢定方法 等이 硏究되고 또 우리나라 藥用作物 栽培 圃場에서 有用한 線蟲抑制 因子를

Table 5. Field application of several fungi for controlling *Meloidogyne hapla* on *P. japonica*

Locality	Fungi and Chemical	No. of gall	No. of egg sac	Index		Number of juveniles/300 g soil	Control effect(%)
				Gall	Egg		
Euisung euisung up	*P. lilacinus*	15	17	2.8	2.9	161	69.7
	A. thaumasia	39	41	3.8	3.9	343	35.5
	F. oxysporum	49	47	4.0	4.0	328	38.3
	Carbo G	51	50	4.0	4.0	145	72.7
	Control	72	73	4.1	4.1	532	0
	L.S.D. 5%	14.92	32.48	0.77	0.77	61.38	
	L.S.D. 1%	21.70	42.25	1.12	1.12	89.30	
Chilgok Dongmyeong	*P. lilacinus*	17	19	2.9	3.0	241	63.5
	A. thaumasia	37	40	3.5	3.7	431	34.7
	F. oxysporum	37	41	3.8	4.0	462	30.0
	Carbofuran G	35	38	3.7	3.8	134	79.7
	Control	76	79	4.1	4.3	660	0
	L.S.D. 5%	9.16	21.53	0.77	0.64	66.49	
	L.S.D. 1%	13.32	31.32	1.12	0.93	96.74	

Table 6. Effect of immersion in agricultural chemicals for control of Root-knot nematodes on division shoot of *Paeonia japonica*

	Tested chemical	Concentration(ppm)	Soaking time	Plant weight	No. of gall	No. of egg	Number of juveniles/300 g soil	Control effect(%)
Pot	Benlate T	1,000	3	39.5	19	21	245	32.3
	+ Mep Ec	〃	12	36.6	9	10	125	65.5
		〃	24	40.5	10	9	117	67.7
	Benlate T	1,000	3	38.0	21	35	266	26.5
	+ Fenthion Ec	〃	12	36.9	9	8	105	71.0
		〃	24	39.1	11	13	118	67.4
	Control	〃	—	38.5	74	77	397	—
	L.S.D. 5%			N.S.	12.30	4.67	62.84	
	L.S.D. 1%			N.S.	17.24	6.54	88.10	
Field	Benlate T	1,000	3	50.4	17	15	363	19.5
	+ Mep Ec	〃	12	48.6	9	10	249	44.8
		〃	24	50.9	11	13	248	45.0
	Benlate T	1,000	3	52.5	16	19	353	21.7
	+ Fenthion Ec	〃	12	50.6	12	14	256	43.2
		〃	24	49.2	9	12	251	79.6
	Control	〃	—	50.8	131	146	451	—
	L.S.D. 5%			N.S.	13.90	11.84	54.48	
	L.S.D. 1%			N.S.	19.49	16.60	76.52	

찾게 된다면 農藥을 使用하지 않고도 線蟲을 防除하고 生産率을 높이고 藥用作物의 商品價 値를 높일 수 있는 것으로 思料된다.

인 용 문 헌

Cayrol, J.C., J.P. Frankowski, A. Laniece, G. D' Hardemare & J.P. Talon. 1978. Contreles nematodes en champignonniere. Mise au point d'unc methode de lutte biologique a l'aide d'un Hyphomycete predateur: *Arthrobotrys robustus* souche 'antipolis' (Royal 300). Pepinieristes, Horticulteurs. Maraichers-Revue Horticole, 184: 23~30.

Cayrol, J.C. & J.P. Frankowski. 1973. Une methode de biologique contreles nematodes a galles 'des racines appartenamt an genre Meloidogyne, Pepinieristes, Horticaltures. Maraichers-Rerue Horticole 193: 15~23.

Cabanillas. E, K.R. Barker & M.E. Daykin. 1988. Histology of the interaction of *Paceilomyces lilacinus* with *Meloidogyne incognita* on tomato J. of Ne. 20: 362~365.

Choi, Y.E. & S.D. Park. 1991. Nematodes associated with medicinal herbs and control. Res. Rept. RDA 33: 61~68.

Cho. M.R. & Y.E. Choi. 1990. Biological control of *Meloidogyne hapla* on lettuce and pepper by *Paceilomyces lilacinus*. Agric. Res. Bull. Kungpook Natl. Univ. 8: 65~70.

Duddington & Wyborn 1972. Recent Research on the Nematophagous Hyphomycetes. Effect of green manuring and a predaceous fungus on cereal. The Botanical Review 38: 545~565.

Hazmi. A.S, D.P. Schmitt & S.N. Sasser. 1982. The effeet of *Arthrobotrys conoides* on *Meloidogyne hapla* population densities in corn as influenced by temperature, fungus inoculum density, and time of fungus introduction in the soil. J. of Ne. 14: 168~174.

Intenational Potato Center 1980. A. fungus biocontrol for root-knot nematode. Circular. 8: 1 ~3.

Jatala, P. Kaltlnbavch, M. Bocangel, A.J. Devaux, & R. Campos. 1980. Field application of *Paecilomyces lilacinus* for controlling *Meloidogyne incognita* on potatos: J. of Nematology. 12.

Jatala. P. 1985. An advanced treatise on meloidogyne-biological control of nematodes: 303 ~308.

Jatala. P. 1986. Biological control of Plant-Parasitic nematodes Ann. Rev. Phytopathol. 24: 453~89.

Johnson. A.W. & D.L. Gill 1971. Control of the root -knot nematode. *Meloidogyne incognita*. on Mimosa by chemical dips. plant dis. reptr. 54: 952~955.

鄭美貞, 金喜圭. 1988. 뿌리혹線蟲에 對한 寄生天敵眞菌의 分離 및 이들의 生長에 미치는 環境條件. 韓應昆誌 27: 149~158.

Kerry, B.R. 1984. Nematophagous fungi and the regulation of nematode populations in soil. Helminthological Abstracts series B. Vol. 53: 1~14.

Kim, D.G. & R.D. Riggs. 1991. Characteristics and efficacy of a sterile Hyphomycete (ARF 18), a new biocontrol agent for *Heterodera glycines* and other nematodes. Journal of Nematology 23: 275 ~282.

Mankau, R. 1980b. Biological control on nematode pests by natural enemies. Annual Review of Phytopathology 18: 415~440.

Nanson P. J. Gronvold, Sv. Aa. Henriksen & J. Wolstrop 1986. Predacious activity of the nematode-destroying fungus, *Arthrobotuys oligospora*, on preparasitic larvae of *Cooperia oncophora* and on soil nematodes proc. Helminthol. Soc. Wash. 53: 237~243.

Sanzo. C.P. Dl. 1973. Nematode Response carbofuran. Journal of nematology. 5: 22~27.

Sasser, J.N. 1989. Plant-parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. 115pp.

Stirling, G.R., M.V. Mckenry & R. Mankau. 1979. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on peach. Phytopathology 69: 806 ~809.

(1992년 6월 26일 접수)

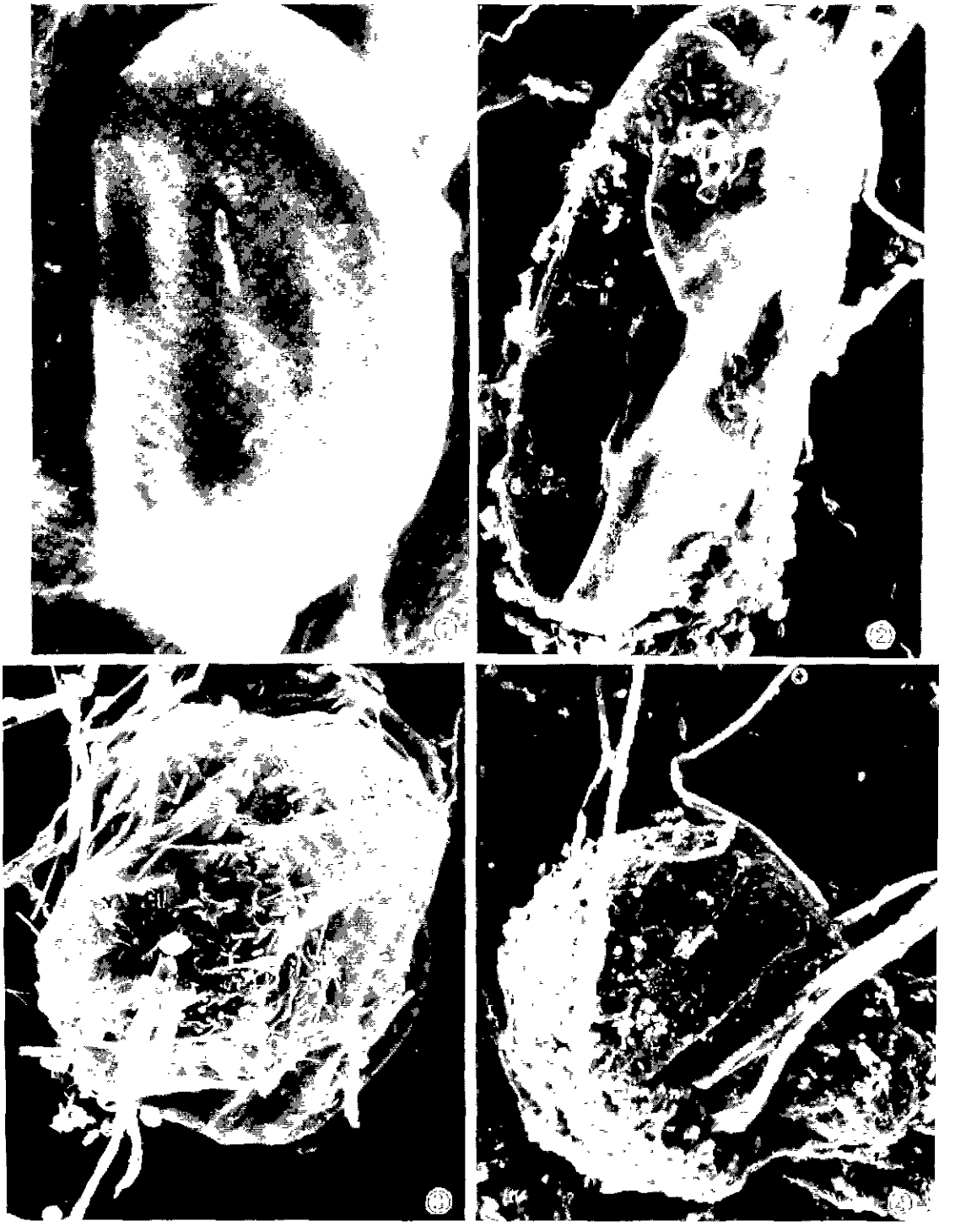

Fig. 1. Healthy egg of *Meloidogyne hapla*
—Surface of healthy egg is smooth (1,500x).
Fig. 2. Beginning state of penetration of *Paecilomyces lilacinus* hyphae on *Meloidogyne hapla* egg surface.
Fig. 3. Penetration state of *P. lilacinus* fungal hyphae on *M. hapla* egg.
Fig. 4. Destroyed egg by penetration. of *P. lilacinus* fungal hyphae
—Egg surface is wrinkled and perforated(1,500x)