

人蔘 根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 特性

鄭永倫* · 金鴻鎖** · 吳承煥* · 李壹鎬*

Properties of Suppressive and Conducive Soils to Ginseng Root Rot

Young Ryun Chung, Hong Jin Kim, Seung Hwan Ohh, Il Ho Lee

ABSTRACT

Biological, physical and chemical characteristics of suppressive and conducive soils to ginseng root rot were investigated. Population of antagonistic microorganisms to *Fusarium solani* was much higher in suppressive soils than in conducive soils, whereas the numbers of *Fusarium* species were smaller in suppressive soils. Mycelial growth and chlamyospore formation of *Fusarium solani* were inhibited in suppressive soils. In the water extract of suppressive soils, lysis of germination tube and macroconidia of *F. solani* was occurred by antagonistic microorganisms at 4 hours after treatment. There were no significant differences in physical and chemical characteristics between suppressive soils and conducive soils to ginseng root rot, however, clay content of suppressive soils was a little higher than that of conducive soils.

緒 論

根腐病에 의한 人蔘의 連作障害는 人蔘 栽培의 가장 큰 問題點으로, 이의 防除를 위하여 많은 研究가 되어져 왔다^{5,19,20,21}. 특히 農藥의 토양관주나 칩지를 이용한 化學的 防除는 어느 정도 그 效果가 認定되었으나, 人蔘 栽培의 特殊性 때문에 藥效의 持續性이 의문時 되었으며, 藥害發生의 憂慮 등으로 實用化가 어려운 것으로 생각되었다^{5,18}. 鄭等은^{5,6} 이러한 點을 考慮하여 계접질, 소뼈 등의 添加物을 이용한 人蔘 根腐病의 生物學的 防除로 連作障害 解消를 試圖하였으며, 金等¹⁴도 根腐病이 심하게 發生했던 連作地에 拮抗菌을 처리하여 좋은 防除效果를 얻었음을 報告하였다.

土壤病의 生物學的 防除 方法中에서 가장 集中的으로 研究되어지고 있는 것은, 拮抗菌의 土壤 添加나 植

物體 처리를 이용한 方法인데, 最近에는 自然的으로 土壤病의 發病을 抑制하는 土壤에 관한 研究가 活潑하여 이것을 이용한 土壤病의 防除效果가 많이 보고되었다^{1,10,24}. 發病 抑制土壤이란 病菌이 存在하더라도 感受性인 寄主植物의 發病이 抑制되는 土壤으로², 1922年 Knudson이 바나나의 *Fusarium wilt*에 抵抗性인 土壤으로 實驗을 한 以後, Walker, Synder²⁴, Menzies¹⁶ 등의 研究로 그 重要性이 認識되기 시작하였다. 發病 抑制機作은 土壤이 物理, 化學 및 生物的 要因이 關여하는 것으로 알려져 있으나 主機作은 生物的인 것으로 생각되어지고 있다^{8,25}. Chung 등⁷은 人蔘 根腐病菌인 *Fusarium solani*에 對하여 拮抗的인 *Streptomyces* spp.의 拮抗作用을 밝혔으며, 이러한 機作이 土壤속에서도 根腐病의 抑制作用에 關與할 것이라고 提案하였다.

一般的으로 人蔘은 連作이 不可能한 것으로 생각되

* 韓國人蔘煙草研究所 耕作試驗場(Agronomy Research Center, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suweon, 171~31, Korea)

** 韓國人蔘煙草研究所 曾坪支場(Jeung Pyung Experiment Station, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Jeung Pyung, 311 Korea)

고 있으나 실제로 一部 耕作자가 連作을 하고 있음이 밝혀져, 本 研究에서는 連作地中 根腐病發病이 적은 抑制土壤과 심한 誘發土壤을 골라 各 土壤의 몇가지 特性들을 調査하였다.

材料 및 方法

土壤試料의 採取 및 使用菌株

人蔘 耕作地中 採掘後 2年 以下의 예정지관리 期間을 두고 連作한 圃場中(表 1)에서, 缺株率이 90% 以上인 3個 地域과 10% 以下인 5個 地域의 地下 5~10cm 根圈部位 土壤을 採取하여 根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 試料로 分析하였다. 病原菌인 *Fusarium solani*는 5年生人蔘의 根腐病 罹病조직에서 分離하여 使用하였다.

根圈土壤의 微生物 密度 및 生物學의 特性

Fusarium, 全真菌 및 全細菌의 密度를 土壤 희석法으로 PCNB培地²³⁾(Peptone 15g, Oxgall 1.0g, PCNB 25% 4g, Chlorotetracycline 0.05g, Streptomycin sulfate 0.1g, K₂HPO₄ 0.05g, MgSO₄·7H₂O 0.05g, Agar 15g, 증류수 1l), Martin's培地²⁷⁾(Peptone 15g, MgSO₄·7H₂O 0.5g, K₂HPO₄ 1g, Rose bengal 0.03g, Streptomycin sulfate 0.1g, Agar 15g, 증류수 1l), Nutrient agar培地에서 各 各 調査하였으며, 拮抗 微生物은 Herr¹⁴⁾

Table 1. Investigation of ginseng replanted fields*

Location	Age of ginseng (yr.)	Years of field Preparation	Field state**	Missing rate (%)
Punggi 2	4	2	Paddy field	9.8
Punggi 3	2	2	Paddy field	2.2
Punggi 4	3	1	Upland	100.0
Punggi 5	3	1	Paddy field	7.0
Geumsan 4	3	2	Paddy field	100.0
Geumsan 5	4	1	Paddy field	5.0
Kimpo 1	2	2	Paddy field	93.0
Kimpo 2	3	2	Paddy field	8.0

* Surveyed at May 21th-July 22th., 1982.

** Field state during preparation for ginseng replanting.

Table 2. Population of rhizosphere microorganisms in ginseng root rot suppressive and conducive soils.

	Population of microorganisms(g ⁻¹ soil)			
	1×10 ⁴ Total Bacteria	1×10 ² <i>Fusarium</i> spp.	1×10 ³ Total Fungi	1×10 ⁴ <i>Fusarium</i> Lytic microbes
Suppressive soil	32.1	11.2**	20.7	22.1**
Conductive soil	39.9	25.3	22.8	8.0

** Significantly different at p=0.01 from numbers in conducive soil.

의 三層 寒天 平板法을 使用하였다.

胞子 發芽率은 土壤 10g을 100cc의 滅菌 증류수에 넣어서 1時間동안 rotary shaker에서 震盪한 뒤, Toyo filter paper No.2로 걸러서 그液을 hole glass에 한방울 떨어 뜨린 다음 *Fusarium solani* 胞子 현탁액을 첨가하여 4時間 後에 調査하였다. 菌糸生長과 厚膜胞子 形成은 土壤을 殺菌 petridish 밑마닥에 均一하게 편뒤 cellophane중이를 깔고 그 위에 water agar 10cc를 부어 굳힌 뒤 *F. solani* 胞子 현탁액을 골고루 分散시켜서 25°C에서 20日間 培養後에 그 程度를 調査하였다.

土壤의 理化學의 性質

土壤 粒徑分析은 5% sodium hexametaphosphate로 分散시켜 hydrometer로 測定하였고, 有機物은 Tyurin 法, 有效磷酸은 Lancaster法, 질소는 Kjeldahl法, K, Ca, Mg는 1N-ammonium acetate로 浸出하여 原子吸光分光器(Varian A.A 575)로 分析하였으며 Ec는 電氣 傳導度 測定器(Fisher 9-324-20)를 利用하였다.

結 果

根圈 微生物 密度

根腐病 抑制土壤과 誘發土壤의 根圈 微生物相을 비교하여 本 結果, 全真菌과 全細菌의 密度는 뚜렷한 差異가 없었으나, *F. solani*에 對한 拮抗菌은 抑制土壤이 誘發土壤보다 훨씬 더 많았고 *Fusarium*密度는 誘發土壤에서 훨씬 높았다(表 2).

拮抗菌을 透明層 크기로 區分하여 그 密度를 調査하였는데, 抑制土壤 3地域 모두 그 크기에 관계없이 誘發土壤보다는 훨씬 높은 密度를 보였으며 반대로 *Fusarium*數는 誘發土壤이 더 많았다(그림 1).

病原菌 胞子發芽, 厚膜胞子 形成 및 菌糸生長

根腐病 抑制土壤, 誘發土壤의 추출액과 water agar 培地 上에서 *F. solani*의 胞子發芽와 厚膜胞子 形成量, 菌糸生長을 調査하였는데, 厚膜胞子 形成과 菌糸生長은 誘發土壤이 抑制土壤보다 훨씬 잘 되었고 胞子 發芽率도 有意性은 없으나 誘發土壤이 조금 높았다(表 3).

病原菌의 分解

根腐病 抑制土壤의 抽出液에 胞子를 處理하였는데

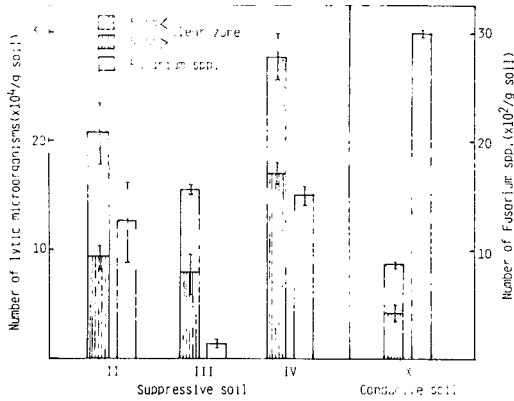


Fig. 1. Number of *Fusarium* lytic microorganisms and *Fusarium* species in ginseng root rot suppressive and conducive soil.

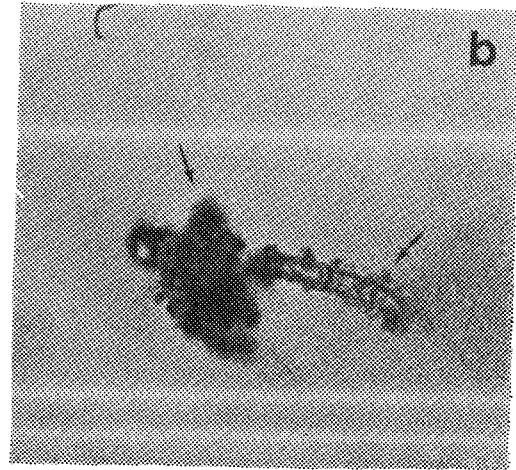
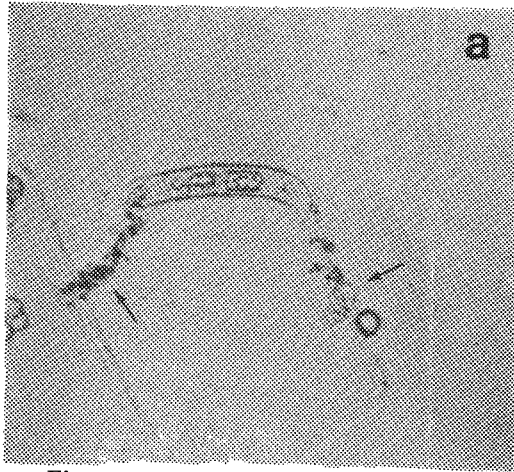


Fig. 2. Lysis of *Fusarium solani* by antagonistic microorganisms (arrows) in the water extract of suppressive soil to ginseng root rot at 4 hours after treatment
a. Lysis of germtube b. Lysis of macroconidium ($\times 700$)

Table 3. Conidia germination, chlamyospore formation, and mycelial growth of *Fusarium solani* on water agar placed on ginseng root rot suppressive and conducive soils.

	Conidia* germination (%)	Number of* chlamydo- spore	Mycelial* growth
Suppressive soil	33.2	9.0*	1.9*
Conductive soil	40.7	20.6	2.7

* Significantly different at $p=0.05$ from numbers in conducive soil (At 24 days after incubation).

a. Measured at 4 hrs. after treatment with soil extract.

b. Average number based on examination of 10 microscopic fields ($\times 600$).

c. Growth was rated on 3 scales after 20 days incubation; 1. poor growth 2. Medium 3. Good growth

4時間後 大型分生胞子과 發芽管의 分解가 일어났다(그림 2).

土壤 理化學性

各土壤의 粒經分布는 表 4와 같이 뚜렷한 差는 없으나 地域別로 豊基, 金浦地域 모두 抑制土壤의 粘土含量이 誘發土壤보다 약간높았다. 化學成分은 두土壤間에 조금씩 差異가 있었으나 有意性은 없었다.

考 察

人蔘 根腐病 抑制土壤에서 拮抗菌이 더 많았는데(그림 1, 表 2), 發病이 적었던 土壤에서 拮抗菌의 密度가 높았던 金 等¹⁴⁾, Alabouvette 等¹⁵⁾의 報告와 같은 경향이 있으며, *Fusarium*의 密度가 낮은 것은 이들 拮

抗菌의 增殖抑制作用에 의한 것으로 생각된다. Alabouvette 等은 *Fusarium*抑制土壤에서 腐生性인 *Fusarium oxysporum*이나 *F. solani*가 病原性인 *Fusarium*을 抑制한다고 하였는데 本 實驗에서는 拮抗菌의 精確한 同定 및 그 기작에 대한 研究는 이루어지지 않았다. 厚膜胞子形成, 菌系生長도 誘發土壤에 비해 抑制土壤에서 훨씬 억제되었는데(表 3), Smith²⁰⁾도 *F. oxysporum*의 厚膜胞子 發芽 및 菌系生長이 抑制土壤에서 더 적었다고 하였으며 이것이 *Arthrobacter*의 溶菌作用에 의한 것으로 생각하였다. 拮抗菌에 의한 病菌分解는 重要 抑制機作中の 하나로 chitinase와 β -(1,3) glucanase가 分解에 關여하는데^{7,9,12,17)}, 拮抗的인 *Streptomyces*⁷⁾ *Bacillus*¹²⁾, *Trichoderma*⁹⁾ sp. 等이 이러한 酵素를 分泌한다고 한다. 그림 2와 같이 *F. solani*發芽管과 胞子에 부착하여 分解를 일으키는 것은 bacteria와 streptomycetes인 것 같으나 精確한 同定은 하지 않았으며,

Table 4. Soil texture of ginseng root rot suppressive and conducive soils.

	Field	Particle distribution(%)			Soil texture
		Sand	Silt	Clay	
Suppressive soil	Punggi II	48.5	33.2	19.3	Loam
	Punggi III	42.9	37.8	19.3	Loam
	Punggi V	55.3	25.4	19.3	Sand Clay Loam
	Kimpo II	13.7	52.5	33.8	Silt Clay Loam
Conducive soil	Punggi IV	46.7	35.6	17.7	Loam
	Kimpo I	28.7	50.4	20.9	Silt Loam

金 等¹⁴⁾은 *F. solani*에拮抗的인 *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Penicillium* 등을分離하여 根腐病 抑制에 利用하였다.

土壤의 物理性 中에서 土性은 病의 發生과 직접적인 關係가 있는 要因으로 一般的으로 粘土含量이 많을수록 病發生이 적다고 하였다^{22, 28)}. 表 4와 같이 두 土壤間에 뚜렷한 差異는 없으나 地域別로 粘土含量이 조금 많았는데 이는 吳 等²²⁾의 報告와 비슷한 傾向이었으며, 土性外에 植物의 生育 및 病原菌의 活動에 影響을 주는 土壤의 構造, 孔隙量 等的 調査도 必要할 것으로 생각된다.

土壤의 物理性和 함께 病原菌의 增殖 및 發病에 影響을 주는 환경요인중의 하나는 化學性으로서 土壤酸度, 有機物含量, 微量元素, 窒素含量 등이 重要하다. Hancock¹⁰⁾는 *Pythium ultimum* 抑制土壤의 抑制作用에는 土壤의 水溶性 化學物質이 關여될 것이라 하였는데, 本 實驗에서는 두 土壤의 化學成分은 有意性있는 差가 없었다. 微量元素인 $Al^{13)}$, Mg , $Ca^{2)}$, $Fe^{25)}$ 等도 發病抑制에 影響을 미친다는 많은 報告가 있으나 이번 調査에서는 뚜렷한 傾向을 찾을 수 없었다. 最近, Schroth 等²⁹⁾에 의하면 拮抗菌인 *Pseudomonas*의 抑制作用에 Fe 가 중요한 역할을 하는 것으로 報告되어 있는데 앞으로 Fe 함량도 發病과 함께 調査되어야 할 것 같다. 葉素의 連作障害의 主要原因은 積약적인 連作에 의한 葉류의 축적으로 알려져 있어²⁹⁾, 葉류농도를 비교하여 보았으나 抑制土壤과 誘發土壤에서 뚜렷한 差가 없었다.

以上 두 土壤의 理化學 및 生物的인 分析의 結果로 보아, 人蔘 根腐病 抑制土壤의 主要機作은 拮抗菌에 의한 生物的 要因으로 생각되며, 앞으로 이러한 特性을 利用한 連作障害의 生物的 防除가 바람직하며, 이의 효과적인 圃場應用을 위하여 拮抗菌의 生理 生態等 基礎研究가 뒤따라야 할 것이다.

摘 要

人蔘 根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 生物的, 理化學의 特性을 調査하였다. 病原菌 *Fusarium solani*에 對한 拮抗菌의 密度가 根腐病 誘發土壤에 비해 抑制土壤에서 훨씬 높았으며, 반대로 *Fusarium spp.*의 密度는 더 낮았다. *F. solani*의 厚膜胞子 形成 및 菌糸生長도 根腐病 抑制土壤에서 더 적었으며, 抑制土壤의 물抽出液 속에서는 處理 4時間後 大型分生胞자와 發芽管이 拮抗微生物에 의해 分解되었다. 두 土壤의 理化學的인 性質은 有意性있는 差가 없었으나 抑制土壤이 誘發土壤보다 粘土含量이 조금 높은 傾向이었다.

引 用 文 獻

1. Alabouvette, C., F. Rouxel, and J. Louvet. 1979. Characteristics of *Fusarium* wilt-suppressive soils and prospects for their utilization in biological control. p.165~182, In B. Schippers and W. Gams, eds. Soil-Borne Plant Pathogens. Academic Press, New York 686p.
2. Baker, K.F., and R.J. Cook. 1974. Biological control of soil-borne plant pathogens. Freeman and Do. San Francisco, Calif U.S.A. 433p.
3. Broadbent, P., and K. Baker. 1974. Behaviour of *Phytophthora cinnamomi* in soils suppressive and conducive to root rot, Austral. J. Agr. Res. 25 : 121-137.
4. Chet, I., and R. Baker 1980. Induction of suppressiveness to *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopathology 70 : 994-998.
5. 鄭厚燮, 金忠會. 1976. 人蔘의 連作障害 防止策, 專賣廳 人蔘用役研究報告書.
6. 鄭永倫, 吳承煥. 1981. 人蔘土壤病害의 生物的 防

- 除研究, 韓國人蔘煙草研究所 人蔘研究報告書 56-72.
7. Chung, Y.R., H.S. Chung, and S.H. Ohh, 1981. Antagonistic effects of *Streptomyces* species against *Fusarium solani* causing ginseng root rot. Kor. J. Mycol. 9(3) : 163(Abstract)
 8. Furuya, H., and T. Ui. 1981. The significance of soil microorganisms on the inhibition of the macroconidial germination of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in a soil suppressive to common bean root rot. Ann. Phytopath. Soc. Japan 47 : 42-49.
 9. Hadar, Y., I. Chet, and Y. Henis. 1978. Biological control of *Rhizoctonia solani* damping-off with wheat bran culture of *Trichoderma harzianum* Phytopathology 69 : 64-68.
 10. Hancock, J.G. 1979. Occurrence of soils suppressive to *Pythium ultimum*. p.183~189. In B. Schippers and W. Gams. eds. Soli-Borne Plant Pathogens. Academic Press, New York. 686p.
 11. Herr. L.J. 1959. A method of assaying soils for numbers of Actinomycetes antagonistic to fungal pathogens. Phytopathology 49 : 270-273.
 12. Horikoshi, K., and S. Lida. 1959. Effect of lytic enzyme from *Bacillus circulans* and chitinase from *Streptomyces* sp. on *Aspergillus oryzae* Nature 183 : 186-187.
 13. 金鏡泰, 金鴻鎮, 李舜九. 1980. 人蔘根腐病防除研究, 高麗人蔘研究所, 人蔘研究報告書, 357-373.
 14. 金鴻鎮, 李舜九, 吳承煥, 金鏡泰, 1981. 人蔘根腐病防除研究, 韓國人蔘煙草研究所, 人蔘研究報告書, 3-19.
 15. Lewis, J.A. 1973. Effects of mineral salts on *Aphanomyces euteiches* and a root rot of peas. phytopathology 63 : 989-993.
 16. Menzies, J.D. 1959. Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. phytopathology 49 : 648-652.
 17. Morrissey, R.F., E.P. Dugan, and J.S. Koths. 1976. Chitinase production by an *Arthrobacter* sp. lysing cells of *Fusarium roseum*. Soil Biol Biochem. 8 : 23-28.
 18. 吳承煥, 朴昌錫, 金鴻鎮. 1979. 人蔘根腐病防除研究, 高麗人蔘研究所 人蔘研究報告書 17-32.
 19. 吳承煥, 朴昌錫, 鄭永倫. 1979. 人蔘連作障害研究, 高麗人蔘研究所 人蔘研究報告書 51-68.
 20. 吳承煥, 朴昌錫, 鄭永倫, 李璋浩. 1980. 人蔘連作地 土壤環境研究, 高麗人蔘研究所 人蔘研究報告書 5-22.
 21. 吳承煥, 柳演鉉, 鄭永倫, 李壹鎬. 1981. 人蔘連作障害防除研究, 韓國人蔘煙草研究所 人蔘研究所報告書 20-32.
 22. 吳承煥, 鄭永倫, 柳演鉉, 李壹鎬. 1982. 人蔘栽培圃場에서 *Fusarium*密度와 根腐에 影響을 미치는 土壤環境要因, 韓國植物保護學會誌 21(2) : 68-72.
 23. Papavizas, G.C. 1967. Evaluation of various media and antimicrobial agents for the isolation of *Fusarium* from soil. Phytopathology 57 : 848-852.
 24. Schneider, R.W. 1982. Suppressive Soils and Plant Disease. The American Phytopathological Society St. Paul. Minnesota 88p.
 25. Schroth, M.N., and J.G. Hancock. 1982. Disease-Suppressive Soil and Root Colonizing Bacteria. Science 216(25) : 1376-1381.
 26. Smith, S.N. 1977. Comparison of germination of pathogenic *Fusarium oxysporum* chlamydospore in host rhizosphere soils conducive and suppressive to wilts. phytopathology 67 : 502-510.
 27. Snyder, W.C., S.M. Nash, and E.E. Trujillo. 1959. Multiple clonal types of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in field soil. phytopathology 49 : 310-312.
 28. Stotzky, G., and L.T. Rem. 1967. Influence of clay minerals on microorganisms. IV. montmorillonite and Kaolinite on fungi. Can. J. Microbiol. 13 : 1535-1550.
 29. 柳順昊, 鄭英祥, 愼鋪華. 1974. 비닐하우스內 土壤의 理化學的 性質에 關하여, 韓國土壤肥料學會誌 7(4) : 227-234.