

土壤內 植物 病原菌의 發病抑制 및 誘發性質

沈在郁 · 李敏雄

東國大學校 農業生物學科

Nature of Suppressiveness and Conduciveness of Some plant pathogens in Soils

Jae-Ouk Shim and Min-Woong Lee

Department of Agrobiolgy, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

ABSTRACT: This study was carried out to obtain some useful data for increasing an effective ginseng production. There was a direct relationship ($r=0.2645$) between spore germination of *Fusarium solani* and soil pH, and ($r=0.315$) between *Cylindrocarpon destructans* and soil pH. On the other hand, there was a direct relationship ($r=0.19$) between relative hyphal growth of *Rhizoctonia solani* and soil pH. There was a direct relationship ($r=0.21$) between number of total bacteria and *F. solani*, ($r=0.37$) between actinomycetes and *F. solani* and ($r=0.20$) between cellulolytic bacteria and *F. solani*. However, there was an inverse relationship ($r=-0.20$) between number of total fungi and *F. solani*. There was a direct relationship ($r=0.24$) between number of actinomycetes and *R. solani*. Each ginseng pathogen-suppressive soil screened was 40 in *F. solani*, 20 in *C. destructans* and 9 soil samples in *R. solani* among 146 soil samples, respectively. The mean contents of K, Ca and Mg were fairly lower in each ginseng pathogen-suppressive soil than conducive soil, whereas Na were somewhat lower. The mean contents of organic matter were over 2 times higher in each ginseng pathogen-suppressive soil than conducive soil. The mean contents of phosphate were fairly lower in *F. solani* and *R. solani*-suppressive soil than conducive soil and, on the other hand, were somewhat higher in *C. destructans*-suppressive soil than conducive soil. The mean soil pH was somewhat lower in each ginseng pathogen-suppressive soil than conducive soil. The mean contents of sand were about 2 times higher in each ginseng pathogen-suppressive soil than conducive soil, whereas silt and clay were somewhat lower. The microbial numbers of total bacteria, total fungi and cellulolytic fungi were higher in *F. solani*-suppressive soil than conducive soil, whereas actinomycetes and cellulolytic bacteria were lower. Each microbial number of total bacteria or total fungi indicated a significant difference ($p=0.05$) between *F. solani*-suppressive and conducive soil, and the microbial number of actinomycetes was a highly significant difference ($p=0.01$) between *F. solani*-suppressive and conducive soil. The microbial numbers of total bacteria, total fungi, actinomycetes and cellulolytic fungi were higher in *C. destructans*-suppressive soil than conducive soil, whereas cellulolytic bacteria were about 2 times lower. On the other hand, the microbial numbers of total fungi were higher in *R. solani*-suppressive soil than conducive soil, whereas total bacteria, actinomycetes, cellulolytic bacteria and cellulolytic fungi were lower. Fourteen of 16 *F. solani*-suppressive soils tested were suppressive to ginseng root rot, whereas fifteen of 16 *C. destructans*-suppressive soils were suppressive. Ginseng root rots of ginseng disease-suppressive soils were in the range of 1.0-17.4% in *F. solani*-suppressive soil and 0.2-20.4% in *C. destructans*-suppressive soil, respectively.

KEYWORDS: Ginseng pathogen-suppressive soil, Ginseng disease-suppressive soil, Conducive soil

각종 植物에 중요한 疾病을 일으키며(Liu 等, 1980; Matturi, 1964), 人蔘의 栽培에 큰 손실을 주는 土壤病原菌에 대한 研究가 여러 가지로 시도 되어 왔다. 특히, 人蔘(*Panax ginseng* C.A. Meyer)의 連作障害는 病原菌에 의하여 발생하는 것이 피해가 가장 큰 것으로 알려졌다(吳 等, 1982; 金 等, 1981; 申 等, 1984). 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 가지의 研究報告(崔 等, 1971; 李 等, 1978)가 있지만 아직도 미흡한 실정이다. 近來에는 人蔘病 防除에 관한 연구의 일부로서 人蔘의 缺株率에 의거하여 發病 抑制土壤의 特性을 조사한 몇몇 研究報告(鄭 等, 1983, 1984; 吳 等, 1982, 1984)가 있었다. 그러나, 한편으로 病原菌을 土壤接種하여 그 土壤위에서 관찰되는 病原菌의 孢子發芽 및 菌絲生長을 비교하므로써 土壤의 抑制性을 調査하는 그러한 방법(Ko와 Ho, 1983)의 研究도 필요하다. 따라서 본 연구는 病原菌의 孢子發芽 및 菌絲生長을 통하여 抑制土壤의 特性을 調査하고 防除의 효율성을 높일 수 있는 방법을 모색하기 위해 실험하였다.

材料 및 方法

土壤試料의 採取

土壤의 採取는 1987년 6월부터 9월까지 서울을 중심으로 하여 京畿道의 13개 地域과 忠淸北道의 2개 地域, 慶尙北道 및 江原道에서 각각 1개 地域을 선정하여 人蔘 主要栽培地의 총 146개의 自然土壤試料을 採取하였다. 土壤은 農作物의 栽培, 土壤色의 差異 等を 고려하여 採取되었으며, 土壤表面으로부터 깊이 10 cm까지의 土壤을 採取한 다음 골고루 혼합하여 採集된 3 kg 정도의 土壤을 2 mm메쉬의 체로 친 다음 實驗材料로 하였다(Kao 等, 1986).

土壤의 特性

土壤의 特性調査는 農村振興廳 農業技術研究所의 土壤分析指針(農村振興廳, 1985)에 따라서 土壤酸도와 土壤水分을 測定하였다.

土壤微生物의 分布

(1) 選擇土地의 調劑

全細菌의 分離用 培地는 modified hutchinson's agar 培地(Bhat 等, 1942)를 사용하였으며, 全真菌의 分離를 위해서 martin's rose bengal agar 培地(Martin, 1950)를 사용하였고 放線菌類의 分離를 위해서

Hsu와 Lockwood의 chitin agar培地(Hsu 等, 1975)를 사용하였다. 纖維素分解 細菌의 分離培地와 纖維素分解 真菌의 分離培地는 각각 knop 培地와 cza-peck's agar 培地를 응용(環境廳, 1988)하여 사용하였다.

(2) 土壤試料의 稀釋

全細菌, 全真菌, 纖維素分解 細菌, 纖維素分解 真菌을 調査하기 위하여 土壤試料 10g을 殺菌된 삼각플라스크에 넣고 殺菌된 증류수 90 ml를 넣은 다음 여기에 4~5 mm 정도의 殺菌된 유리구슬(glass bead)을 20~25개를 넣어 土壤粒子가 쉽게 粉碎되도록 20분 동안 振盪稀釋(100~110/min)을 한 후 接種을 위해 全細菌은 10^{-5} , 全真菌과 纖維素分解 細菌 및 纖維素分解 真菌은 각각 10^{-4} 배가 되게 稀釋調節하였으며(申 等, 1984), 接種된 培地는 李(1977)의 방법에 따라 平板培養을 한 다음 乾燥土壤을 기준하여 土壤微生物數를 계산하였다(金, 1965).

供試菌의 培養과 土壤에서의 發芽 및 生育調査

土壤實驗을 위한 供試菌株은 실험실에 보존중인 *Fusarium solani*, 專賣廳 證評시험장으로부터 분양 받은 *Cylindrocarpon destructans*, 農村振興廳 農業技術研究所 病理科로부터 분양된 *Rhizoctonia solani*을 使用하였다.

(1) 土壤接種을 위해서 供試菌株 *F. solani*와 *C. destructans*가 培養중인 PDA 斜面培地에 멸균된 증류수를 넣고 菌叢表面을 부드럽게 긁어서 추출된 孢子를 가제로 여과시킨 후, 5분간 3회를 원심분리기(2500 rpm/min)에 처리한 다음, 土壤의 靜菌作用(Adams 等, 1968; Ko 等, 1978)을 예방하기 위해 Kao와 Ko(1983) 및 Ko와 Nishijima(1985)의 방법에 따라 供試菌의 孢子和 V-8 tomato juice용액을 혼합하여 사용하였다.

孢子數의 調整은 瓊구계산기를 사용하여 接種孢子懸濁液의 *F. solani* 分生孢子數를 $10^5/ml$, *C. destructans*는 $10^6/ml$ 이 되도록 조정한 다음, Adams(1967)와 李(1985) 등의 방법을 참고로 하여 진공펌프를 이용한 진공상태에서 15×15 mm의 polycarbonate membrane filter(0.4 μ m, pore dia., Nucleopore Corp., U.S.A.)위에 각각 0.3 ml씩 孢子接種하여 孢子膜(spore bearing membrane)을 준비하였다.

그 孢子膜은 Ko와 Ho(1983)의 방법에 따라서

제조된 75% 水分含量的 soil block(50×25×3 mm) 위에接種되었는데, 그 孢子膜의 孢子接種 部位가 土壤表面을 향하도록 하여 孢자를 土壤에 직접 接種 시킨다음 24°C±1의 恒溫器에서 6시간을 培養하였다. 孢子膜은 rose bengal液(Kobayashi 및 Ko, 1985)으로 염색한 다음, 光學顯微鏡(600×)으로 孢子發芽의 백분비를 구하였으며 土壤試料당 각각 3반복으로 處理하여 평균하였다.

(2) *Rhizoctonia solani*의 土壤接種은 Ko와 Ho(1983) 및 小林과 Ko(1983)의 方法에 따라서 土壤 50g을 水分含量 75%정도로 조정하여 soil block(130×40×8 mm)를 제작하였으며, 그 soil block위에 *R. solani*를 接種하였다. 接種源은 10% V-8 agar培地(Ko와 Ho, 1983)의 中央培位에 *R. solani*의 둥근 菌絲塊(5 mm)를 接種하고 그 주변에 지름 6 mm 정도의 殺菌된 둥근 polycarbonate membrane을 20~30개씩 배치한 다음 24°C±1의 恒溫器에서 3일동안 培養하여 *R. solani* 菌絲가 polycarbonate membrane 위에 接種되도록한 후, 培地에서 제거되어 soil block의 왼쪽 끝에 接種하였으며, 24°C±1의 恒溫器에서 6일간 培養하면서 2일 간격으로 直接解剖 顯微鏡(20×)을 사용하여 土壤 위에서 菌絲의 生長을 調査하였고, 6일째의 菌絲生長을 抑制土壤의 선발을 위한 最終基準으로 하였다. 이 實驗은 3반복하여 平均하였다.

病原菌 抑制土壤의 選拔

土壤試料에 대한 抑制性的의 기준은 Ko와 Ho(1983)의 方法에 따라 供試土壤에서 病原菌의 孢子發芽率과 菌絲生長率在 誘發土壤에서의 孢子發芽率과 菌絲生長率에 비교하여 誘發土壤의 수치에 50%미만일때 抑制土壤으로 定하였다. 誘發土壤의 기준은 人蔘 主要栽培地인 부여, 금산, 풍기, 김포, 횡성, 포천의 6개 地域에서 採集된 2~5年生的 罹病人蔘圃 15개 土壤에 대한 孢子發芽와 菌絲生長을 調査한 후 平均하여 대조로 하였다. 또한 病原菌 抑制土壤의 土壤分析은 病原菌 抑制土壤으로 選拔된 총 53개의 土壤 중에서 24개 土壤을 임의 選拔하여 土壤分析 하였으며, 供試된 3種의 人蔘病原菌에 모두 誘發성을 지닌 病原菌 誘發土壤의 分析은 부여, 풍기, 금산, 포천의 총 5개 地域에서 採取하여 分析하였다(農村 振興廳, 1985).

人蔘根腐率 調査

*F. solani*와 *C. destructans*의 孢子發芽 實驗을 통하여 選拔된 24개의 病原菌 抑制土壤을 대상으로 人蔘根腐病 發病 抑制土壤의 선발을 실시하였다. 먼저 病原菌 抑制土壤 250g을 종이컵(7.5×9 cm)에 넣고 洪과 李(1986)의 方法으로 준비된 *F. solani*, *C. destructans*의 厚膜孢자를 土壤接種(10⁴cells/ml)한 후 表面殺菌된 2年生 人蔘根을 4개씩 移殖하였다. 接種된 각각의 土壤은 麥圃條件의 維持를 위하여 3坪정도의 해가림 施設을 갖춘 自然狀態의 조건아래서 3반복 培養處理되었다. 人蔘根腐率은 처리된지 3주일이 지난후 人蔘根의 罹病指數를 참고하여 調査하였고 發病 抑制土壤의 선발기준은 Kobayashi와 Ko(1985)의 方法에 準하였다.

結 果

土壤環境과 人蔘病原菌의 關係

採集된 146개의 土壤試料의 平均 pH는 4.9였고, *F. solani* 및 *C. destructans*의 平均發芽率은 각각 19.2%와 22.7%였으며 *R. solani*의 菌絲의 平均生長率은 89.8%였다. 土壤 pH와 *F. solani*, 土壤 pH와 *C. destructans*는 각각 $r=0.2645$ 와 $r=0.315$ 로서 고도의 正의 相關($p=0.01$)을 나타내었고, 土壤 pH와 *R. solani*도 $r=0.19$ 로서 正의 相關($p=0.05$)을 나타냈으므로(Fig. 1), 土壤 pH가 높아질수록 土壤에서 病原菌의 孢子發芽와 菌絲生長도 함께 증가하는 傾向이었다. 146개 土壤의 水分含量은 平均 14.9%였으며, 病原菌 抑制土壤의 水分含量은 *F. solani* 抑制土壤에서 15.08%, *C. destructans* 抑制土壤에서 15.13%, *R. solani* 抑制土壤에서 18.8%였고, 誘發土壤의 水分含量은 각각 14.8%, 14.51%, 14.4%였다.

土壤微生物과 人蔘病原菌의 關係

146개의 土壤에서 調査된 全細菌의 平均 分布數는 $588.15 \times 10^4/g$ 였고, 全細菌은 $190.77 \times 10^3/g$, 放線菌은 $377.73 \times 10^4/g$, 纖維素分解 細菌은 $147.12 \times 10^3/g$, 纖維素分解 真菌은 $28.34 \times 10^4/g$ 이었다. 全細菌과 *F. solani*의 關係는 Fig. 2와 같이 全細菌의 數가 증가함에 따라 *F. solani*의 孢子發芽數도 증가하는 傾向을 나타내므로 高度의 有意性($p=0.01$)을 지닌 正의 相關($r=0.21$)이었다. 그러나, *C. destructans* 및 *R.*

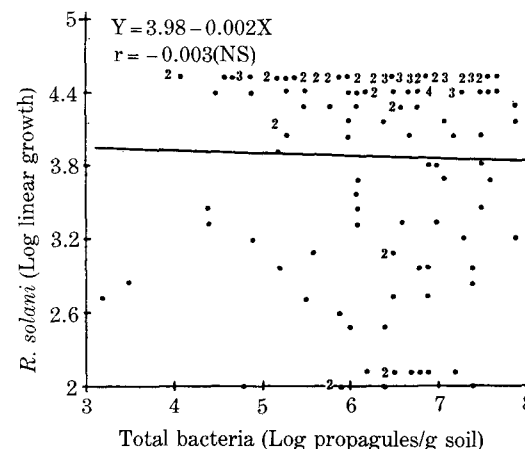
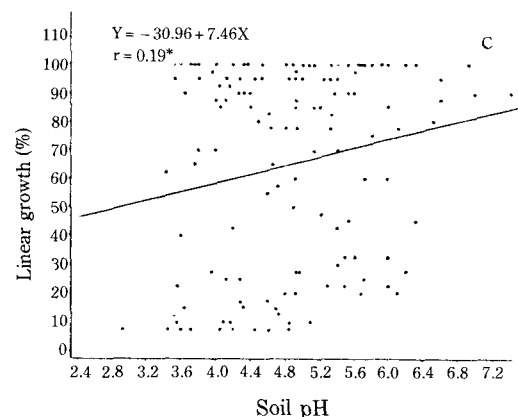
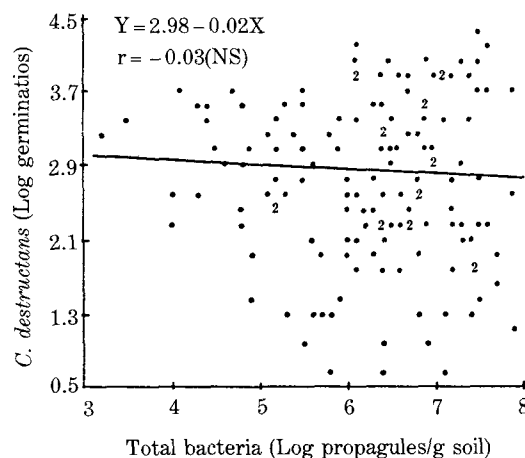
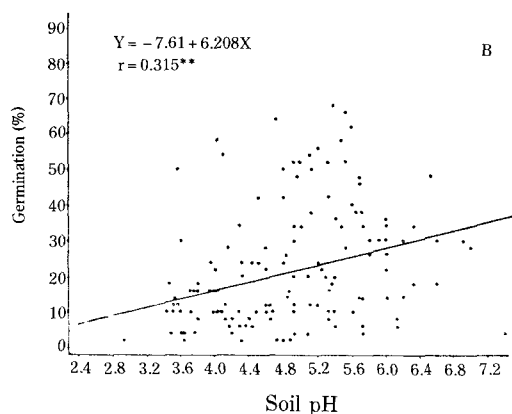
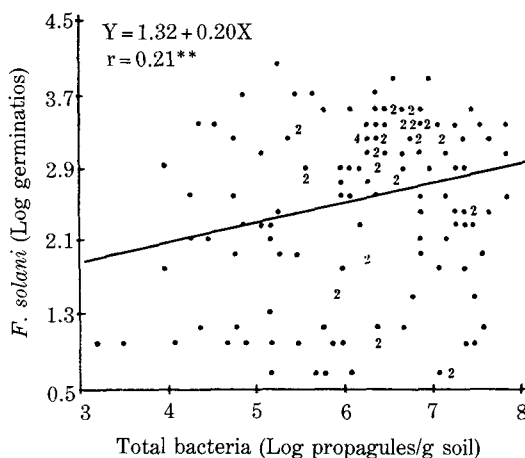
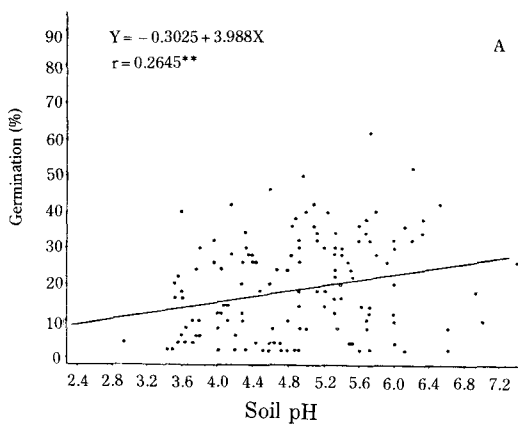


Fig. 1. Relation between soil pH and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kangwon, Kyunggi, Kyungbuk and Chungnam. Each correlation coefficient is significant at $p=0.01$ and $p=0.05$, respectively. A. *Fusarium solani*; B. *Cylindrocarpon destructans*; C. *Rhizoctonia solani*.

Fig. 2. Relation between number of total bacteria and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kyunggi, Kangwon Kyungbuk and Chungnam. The correlation coefficient is significant at $p=0.01$.

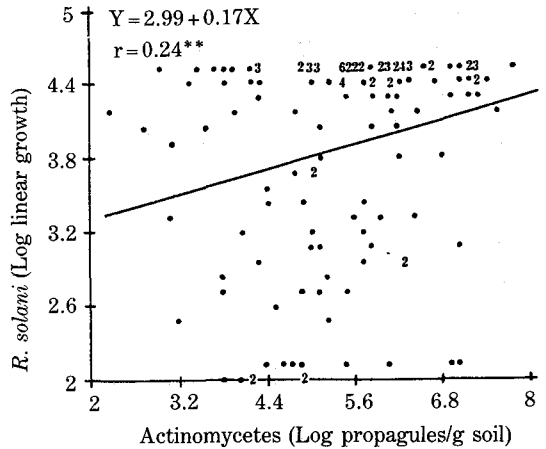
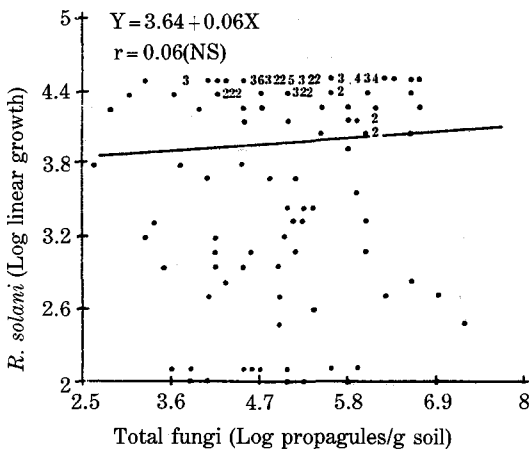
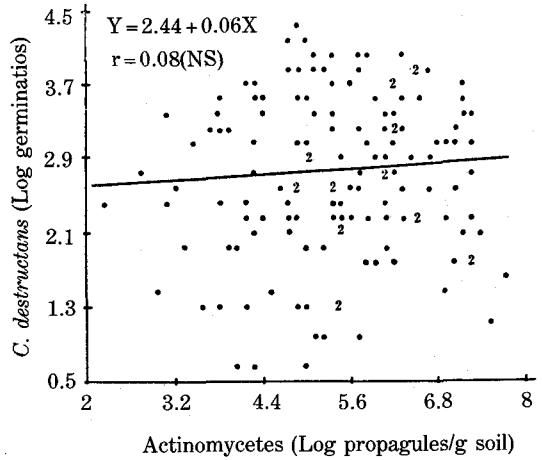
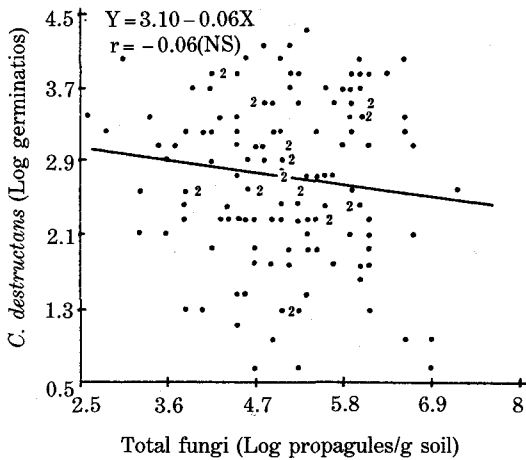
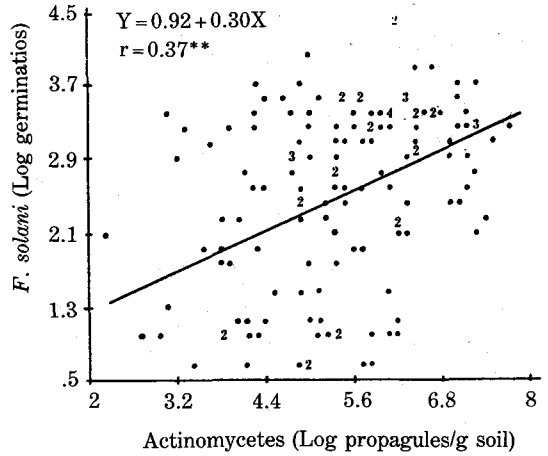
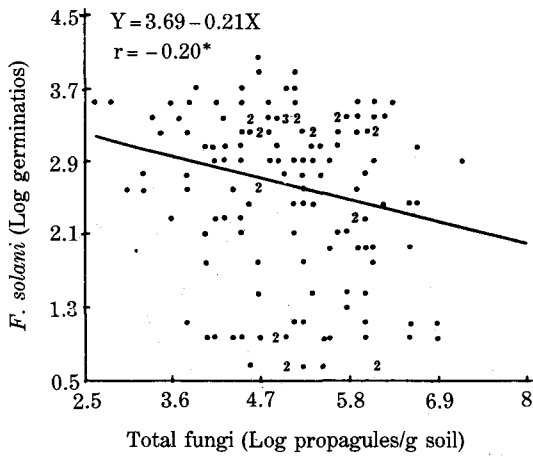


Fig. 3. Relation between number of total fungi and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kyunggi, Kangwon, Kyungbuk and Chungnam. The correlation coefficient is significant at $p=0.05$.

Fig. 4. Relation between number of actinomycetes and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kyunggi, Kangwon, Kyungbuk and Chungnam. The correlation coefficient is significant at $p=0.01$.

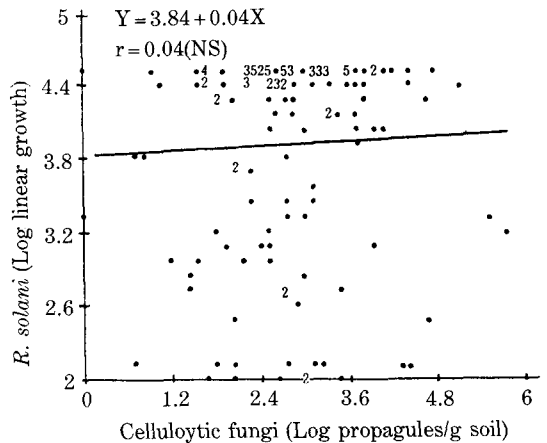
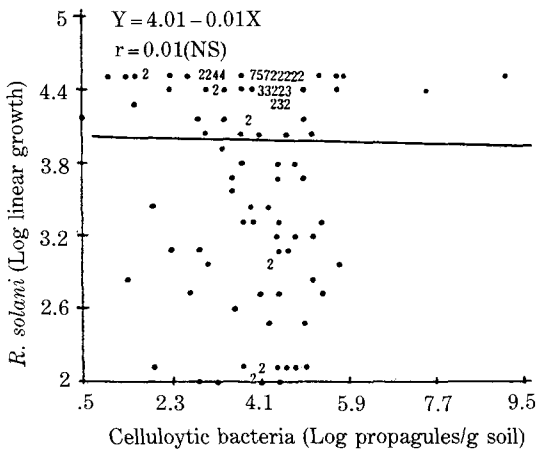
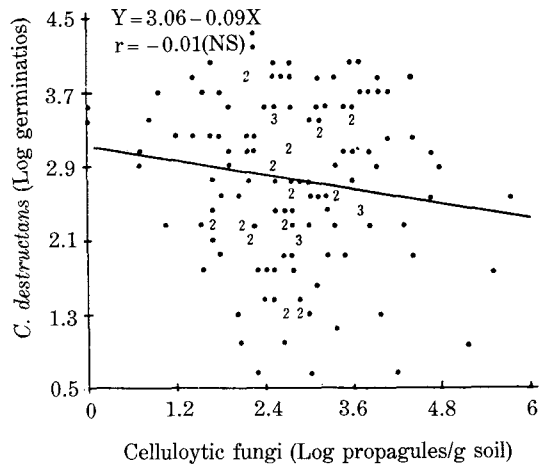
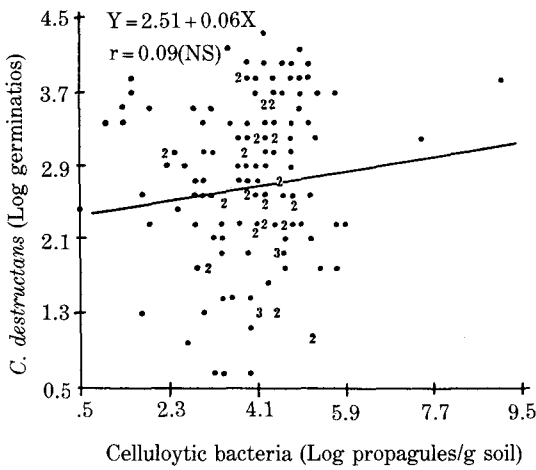
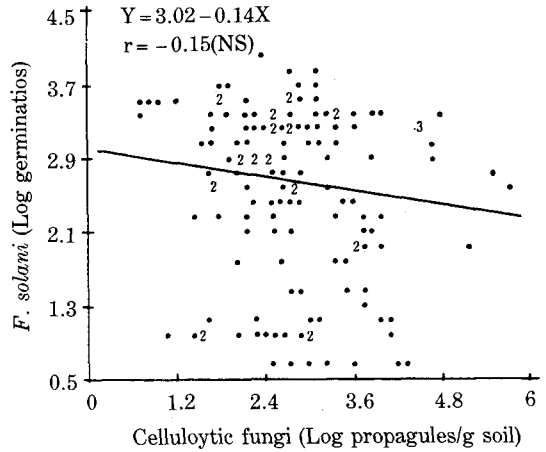
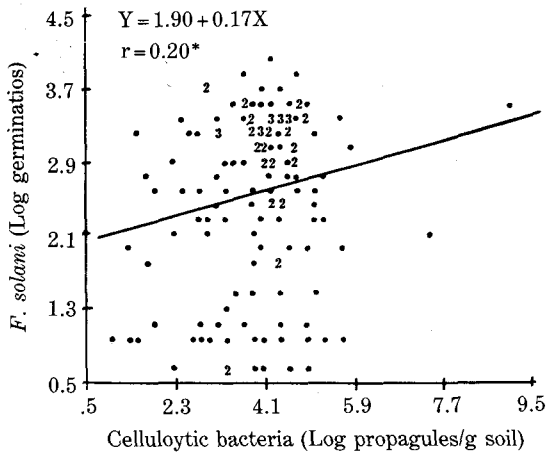


Fig. 5. Relation between number of cellulytic bacteria and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kyunggi, Kangwon, Kyungbuk and Chungnam. The correlation coefficient is significant at $p=0.05$.

Fig. 6. Relation between number of cellulytic fungi and ginseng pathogen on 146 soil samples collected on 17 localities of Seoul, Kyunggi, Kangwon, Kyungbuk and Chungnam.

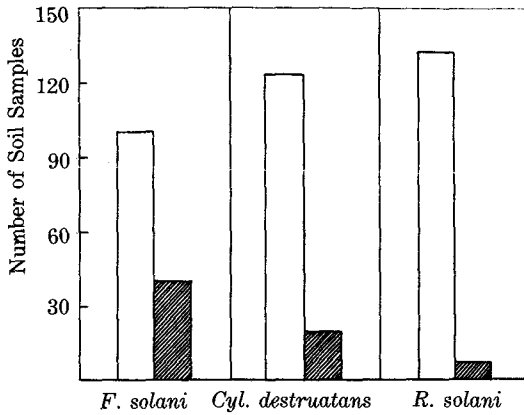


Fig. 7. Number of soils suppressive and conducive to ginseng pathogen in 146 soil samples. Soil samples were considered suppressive to the pathogen when spore germination or linear growth on the soils was less than 50% of that on conducive soil. □, Pathogen-conducive soil; ▨, Pathogen suppressive soil. *F. solani*, *Fusarium solani*; *Cyl. destructans*, *Cylindrocarpon destructans*; *R. solani*, *Rhizoctonia solani*.

*solani*의 關係에서 有意性이 없었다. 全真菌과 *F. solani*와의 關係는 全真菌의 數가 증가할수록 *F. solani*의 孢子發芽數는 감소하는 경향이 有意性($p=0.05$)있는 負의 相關($r=-0.20$)이었다(Fig. 3). 그러나, *C. destructans* 및 *R. solani*와의 關係에서는 有意性이 없었다. 放線菌과 *F. solani*와의 關係는 Fig. 4과 같이 放線菌의 數가 증가함에 따라 *F. solani*의 孢子發芽數도 증가하는 高度의 有意性($p=0.01$)을 지닌 正의 相關($r=0.37$)이었고, 放線菌과 *R. solani*의 關係에서도 有意性($p=0.01$)있는 正의 相關($r=0.24$)이었다. 그러나 *C. destructans*와의 關係에서는 有意性이 없었다. 纖維素分解 細菌과 *F. solani*와의 關係는 纖維素分解 細菌의 數가 증가함에 따라 *F. solani*의 孢子發芽數도 증가하는 結果로서 有意性($p=0.05$)있는 正의 相關($r=0.20$)을 나타내었다(Fig. 5). 그러나 *C. destructans* 및 *R. solani*와의 關係는 有意性이 없었다. 纖維素分解 真菌과 病原菌의 關係는 Fig. 6에서와 같이 모두 有意性이 없었으나 *F. solani* 및 *C. destructans*와의 關係에서는 真菌의 數가 증가하면 孢子發芽數는 감소하는 경향이 있었다.

人蔘病原菌 抑制土壤의 選拔

抑制土壤의 分布를 供試菌株별로 보았을 때, 採

集된 146개 土壤試料중에서 *F. solani*와 *C. destructans*의 孢子發芽에 대한 抑制土壤의 分布는 Fig. 7과 같이 각각 40개 土壤과 20개 土壤이었고, *R. solani*의 菌絲生長에 대한 抑制土壤은 9개 土壤이었다. 그러나, 전체적으로 人蔘病原菌 抑制土壤은 實驗 處理된 146개 土壤중에서 총 53개 土壤이었으며 그중에서 *F. solani*와 *C. destructans*에 함께 抑制作用을 보이는 土壤은 13개 土壤이었고, *F. solani*와 *R. solani*는 3개 土壤이었으며, 3種의 人蔘病原菌에 모두 抑制作用을 나타내는 土壤은 1개 土壤이었다. 選拔된 53개 土壤중 山地土壤이 38개 土壤으로 전체의 71.7%였고, 밭土壤은 15개 土壤으로 28.3%를 차지하였다.

人蔘病原菌 抑制土壤의 物理化學의 特徵은 選拔된 24개의 病原菌 抑制土壤에 대한 土壤分析 結果(Table I)에 의거하여 調査하였다(Table II).

K, Ca, Mg, Na의 平均含量(me/100g)은 *F. solani*의 抑制土壤에서 각각 0.39, 1.38, 0.53, 0.42였고, *C. destructans*는 각각 0.45, 1.88, 0.66, 0.39를 나타냈으며, *R. solani*는 0.38, 1.32, 0.79, 0.39였다. 誘發土壤의 K, Ca, Mg, Na의 含量은 각각 1.12, 3.33, 2.33, 0.44로서 病原菌 抑制土壤의 無機物의 含量이 誘發土壤의 含量보다 적었다. 有機物含量(%)는 *F. solani*의 抑制土壤에서 平均 3.05%였고 *C. destructans*가 2.87%, *R. solani*가 2.82%로 抑制土壤의 有機物 含量은 誘發土壤의 0.96%보다 2배 이상이 많았다.

P_2O_5 含量(ppm)은 *F. solani*의 抑制土壤에서 50.3 ppm이었고 *C. destructans*는 105.3 ppm, *R. solani*에서 18.7 ppm으로서 誘發土壤의 102.0 ppm과 비교할 때 *F. solani* 및 *R. solani*의 抑制土壤은 誘發土壤보다 P_2O_5 의 含量이 훨씬 적은 반면 *C. destructans*는 誘發土壤보다 약간 많은 경향이였다. 土壤 pH는 *F. solani*의 抑制土壤에서 pH 4.8이었고 *C. destructans*는 pH 4.9, *R. solani*는 pH 4.9로서 誘發土壤의 pH 5.5보다 낮았다.

모래의 含量(%)는 *F. solani*의 抑制土壤에서 43.0%, *C. destructans*에서 45.6%, *R. solani*에서 46.7%로 誘發土壤의 22.1%보다 훨씬 많았다. 微砂의 含量(%)은 *F. solani*의 抑制土壤에서 36.9%, *C. destructans*는 36.8%, *R. solani*에서 34.4%로서 비슷한 含量을 나타내었으나 誘發土壤의 51.9%보다는 훨씬 적은 含量이었다. 粘土含量(%)은 *F. solani*의 抑制

Table I. Soil characteristics of ginseng pathogen-suppressive soils^a

Location	Ex-caution (me/100g)				O.M (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	pH (1:5)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Textural ^b class	Soil type ^c
	K	Ca	Mg	Na								
Kanghwa 2	0.23	0.22	0.17	0.37	5.10	8	4.7	19.5	49.5	31.0	SiCL	F.s. R.s.
Kanghwa 3	0.17	0.22	0.17	0.37	4.02	13	4.6	50.7	28.9	20.4	L	F.s.
Kanghwa 6	0.21	0.19	0.11	0.41	1.91	6	4.6	37.3	37.7	25.0	L	F.s. C.s.
Koyang 5	0.46	0.46	0.25	0.38	5.74	24	4.0	55.2	28.4	16.4	SL	R.s.
Koyang 6	0.32	0.53	0.20	0.44	1.28	6	4.8	44.3	32.5	23.2	L	R.s.
Koyang 10	0.17	0.31	0.20	0.38	2.62	11	4.7	42.3	37.5	20.2	L	F.s. R.s.
Yangju 2	0.31	0.20	0.12	0.42	2.42	13	4.6	49.2	30.0	20.8	L	F.s. C.s.
Yangju 4	0.19	0.72	0.26	0.37	1.83	9	5.0	59.5	24.5	16.0	SL	F.s. C.s.
Yangju 10	0.20	3.34	1.02	0.39	1.40	43	5.0	53.2	34.8	12.0	SL	F.s. C.s.
Pocheon 3	1.20	2.86	0.74	0.38	1.98	515	5.2	55.3	35.9	8.8	SL	C.s.
Yangpyong 8	0.56	0.64	0.21	0.39	3.51	46	4.6	55.9	29.7	14.4	SL	F.s. C.s.
Yoncheon 1	0.60	5.76	2.52	0.44	0.91	20	5.3	13.5	45.5	41.0	SiC	F.s. C.s.
Yoncheon 2	0.98	4.11	2.91	0.39	1.91	49	5.7	48.4	43.0	8.6	L	R.s.
Yoncheon 9	0.45	3.07	0.89	0.40	8.30	23	5.3	13.7	63.3	23.0	SiL	F.s. C.s.
Seoul 2	0.20	0.54	0.17	0.37	3.50	21	4.3	65.7	24.7	9.6	SL	F.s. C.s.
Seoul 4	0.33	0.38	0.13	0.39	3.25	55	4.3	49.6	34.8	15.6	L	F.s. C.s.
Nhamyangju 3	0.92	4.63	1.60	0.40	4.91	62	5.5	21.1	55.9	23.0	SiL	F.s. C.s.
Phaju 5	0.30	0.51	0.18	0.38	0.32	8	5.0	43.3	38.7	18.0	L	F.s. C.s.
Phaju 6	0.23	0.30	0.12	0.38	2.55	11	4.5	63.6	23.4	13.0	SL	F.s. C.s. R.s.
Phaju 8	0.26	3.32	1.73	0.42	0.57	22	5.6	53.7	26.3	20.0	SL	R.s.
Puye 5	1.13	1.05	0.64	0.39	1.48	456	4.7	50.1	30.9	19.0	L	F.s.
Kumsan 4	0.53	2.44	0.76	0.37	3.70	323	5.3	49.6	35.0	15.4	L	C.s.
Poonggi 4	0.47	2.07	0.79	0.45	3.57	185	5.1	53.1	38.5	8.4	SL	C.s.
Poonggi 5	0.55	2.45	0.86	0.42	1.79	344	5.2	46.3	35.7	18.0	L	C.s.

^a The soil samples were randomly selected among ginseng pathogen-suppressive soils, and analyzed by Dept. of soil, Inst. of agricultural science, R.D.A. suweon, Korea.

^b L, Loam; SL, Sandy loam; SiCL, Silty clay loam; SiC, Silty, clay; SiL, Silty loam.

^c F.S., *Fusarium solani*-suppressive soil; C.S., *Cylindrocarpon destructans*-suppressive soil; R.s., *Rhizoctonia solani*-suppressive soil.

土壤中 20.1%, *C. destructans*는 17.6%, *R. solani*는 18.9%로서 誘發土壤의 26.0%보다 적은 含量을 나타내었다.

각 病原菌의 抑制土壤과 誘發土壤의 微生物 分布數를 調査한 結果는 Table III와 같이 *F. solani*의 抑制土壤에서는 全細菌, 全真菌, 纖維素分解 真菌의 分布數가 각각 $631.2 \times 10^4/g$, $320.6 \times 10^3/g$, $31.1 \times 10^4/g$ 으로 誘發土壤의 $571. \times 10^4/g$, $141.7 \times 10^4/g$, $27.3 \times 10^4/g$ 의 分포수를 갖는 誘發土壤보다 높았으며,

全細菌과 全真菌에서 각각 有意性($p=0.05$)이 인정되었다. 반면, 放線菌, 纖維素分解 細菌의 分布數는 각각 $173.1 \times 10^4/g$, $76.7 \times 10^3/g$ 으로 誘發土壤의 $454.9 \times 10^4/g$, $173.7 \times 10^3/g$ 보다 낮았으며, 放線菌의 分布는 두 土壤 사이에 고도의 有意性($p=0.01$)이 인정되었다.

*C. destructans*는 抑制土壤의 全細菌, 全真菌, 放線菌, 纖維素分解 真菌의 分布數가 각각 $945.7 \times 10^4/g$, $294.3 \times 10^3/g$, $476.4 \times 10^4/g$, $29.0 \times 10^4/g$ 으로 誘

Table II. Soil characteristics of ginseng pathogen-suppressive and conducive soil.

Soil type	Pathogen	Ex-Cation (mg/100g)				O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	pH (1:5)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
		K	Ca	Mg	Na						
Suppressive soil ^a	<i>Fusarium solani</i>	0.39	1.38	0.53	0.42	3.05	50.3	4.8	43.0	36.9	20.1
	<i>Cylindrocapon destructans</i>	0.45	1.88	0.66	0.39	2.87	105.3	4.9	45.6	36.8	17.6
	<i>Rhizoctonia solani</i>	0.38	1.32	0.79	0.39	2.82	18.7	4.9	46.7	34.4	18.9
Conductive soil ^b		1.12	3.33	2.33	0.44	0.96	102.0	5.5	22.1	51.9	26.0

^aEach value is the mean of 16 replications with 16 soil plots in *Fusarium solani* and *Cylindrocapon destructans*, respectively and 7 soil replications with 7 soil plots in *Rhizoctonia solani*.

^bThe soil was conducive to spore germination, and mycelial growth, respectively and was treated by 15 replications with 5 soil plots for soil analysis.

Table III. Comparison of microbial numbers between ginseng pathogen-suppressive and conducive soil

Pathogen	Soil type	Number of microorganisms (propagules/g soil) ^a				
		(1×10 ⁴)	(1×10 ³)	(1×10 ⁴)	(1×10 ³)	(1×10 ⁴)
		Total bacteria	Total fungi	Actino-mycetes	Cellulolytic bacteria	Cellulolytic fungi
<i>Fusarium solani</i>	Suppressive soil	631.2*	320.6*	173.1** ^b	76.7	31.1
	Conductive soil	571.7	141.7	454.9	173.7	27.3
<i>Cylindrocapon destructans</i>	Suppressive soil	945.7	294.3	476.4	73.2	29.0
	Conductive soil	785.4	242.2	428.3	158.9	28.2
<i>Rhizoctonia solani</i>	Suppressive soil	684.5	355.9	148.2	104.0	25.0
	Conductive soil	822.3	245.6	453.8	149.9	28.5

^aEach value is the mean of 3 replications.

^bThe means of each soil type, within columns, are significantly different at (p=0.01) and (p=0.05), respectively.

發土壤의 785.4×10⁴/g, 242.2×10³/g, 428.3×10⁴/g, 28.2×10⁴/g보다 높았으나 纖維素分解 細菌의 分布數는 73.2×10³/g로 誘發土壤의 158.9×10³/g보다 훨씬 낮았으며, 두 土壤간의 有意性은 없었다.

*R. solani*의 抑制土壤에서 全真菌의 分布數는 355.9×10³/g로 誘發土壤의 245.6×10³/g보다 높았으며, 全細菌, 放線菌, 纖維素分解 細菌, 纖維素分解 真菌의 分布數는 각각 684.5×10⁴/g, 148.2×10⁴/g, 104.0×10³/g, 25.6×10⁴/g으로 誘發土壤의 822.3×10⁴/g, 453.8×10⁴/g, 149.9×10³/g, 28.5×10⁴/g보다 낮았다. 두 土壤간의 微生物 分布數도 有意性은 없었다.

人蔘根腐病 發病 抑制土壤의 選拔

人蔘을 人蔘根腐病菌의 厚膜孢子가 接種된 病原菌

抑制土壤에 移植하여 人蔘根 部位의 根腐率을 調査한 結果는 Table IV와 같이 *F. solani*는 16개 供試土壤중에서 14개 土壤, *C. destructans*는 16개 供試土壤중에서 15개 土壤이 각각 根腐病 發病 抑制土壤으로 選拔되었다. *F. solani*에 의한 人蔘根腐率은 選拔된 14개의 抑制土壤에서 平均 1.0~17.4%의 낮은 根腐率을 기록하였는데 특히 양주10 土壤과 과주5 土壤은 平均 1.0%의 낮은 수치를 기록하였다. 그러나, 강화6과 강화10 土壤은 각각 85.0%와 64.0%의 높은 根腐率을 나타내었다.

*C. destructans*에 대한 人蔘根腐率은 選拔된 15개의 抑制土壤에서 0.2~20.4%의 根腐率을 나타냈으며, 특히 연천1 土壤과 양주2 土壤에서 각각 0.2%의

Table IV. Screening of ginseng disease-suppressive soils from ginseng pathogen-suppressive soils.

Location	<i>Fusarium</i>		Location	<i>Cylindrocarpon destructans</i>	
	Root rot (%) ^a	Soil type ^b		Root rot (%)	Soil type
Seoul 2	10.5	S	Seoul 2	8.4	S
Seoul 4	4.8	S	Seoul 4	9.9	S
Puye 5	7.2	S	Phaju 5	12.6	S
Kanghwa 2	1.5	S	Phaju 6	9.9	S
Kanghwa 3	15.0	S	Yangju 2	0.2	S
Kanghwa 6	85.0	C	Yangju 4	10.8	S
Kanghwa 10	64.0	C	Yangju 10	12.0	S
Yangju 2	5.0	S	Pocheon 3	20.4	S
Yangju 4	2.3	S	Yoncheon 1	0.2	S
Yangju 10	1.0	S	Yoncheon 9	2.3	S
Yoncheon 1	10.2	S	Kumsan 4	12.0	S
Yoncheon 9	3.3	S	Nhamyangju 3	12.6	S
Yangpyong 8	17.4	S	Kanghwa 6	1.0	S
Nhamyangju 3	10.8	S	Yangpyong	19.5	S
Phaju 5	1.0	S	Poonggi 5	5.4	S
Phaju 6	1.8	S	Poonggi 4	95.0	C
Control ^c	79.0		Control	72.0	

^aEach value is the mean of 12 ginseng plants with 3 replications 21 days after planting.

^bThe soil sample is considered suppressive to ginseng root rot when ginseng root rot in the soil is less than 50% of that in ginseng disease-conducive soil (control). S, Suppressive soil; C, Conducive soil.

^cGinseng disease-conducive soil (Silty loam, pH 5.5), Ginseng root rot of the soil is 79% in *Fusarium solani* and 72% in *Cylindrocarpon destructans*, respectively.

가장 낮은 수치를 나타내었다. 그러나, 풍기4 土壤은 95.0%의 높은 根腐率을 보여주었다. *F. solani*와 *C. destructans*에 대한 각각의 根腐病 發病 抑制土壤의 평균 根腐率은 각각 15.0%와 14.5%로서 서로 큰 차이를 보이지 않았으며 *F. solani*와 *C. destructans*에 모두 病原菌 抑制土壤으로 選拔되었던 11개 土壤중에서 강화6 土壤을 제외한 나머지 10개의 土壤이 人蔘 根腐病 發病 抑制土壤의 特性을 나타내었다.

考 察

Hornby(1983)는 抑制土壤을 病原菌 抑制土壤과 發病 抑制土壤으로 구분 하였는데, 그는 土壤에서 腐生的으로 生育하는 病原菌을 抑制하는 土壤은 病

原菌 抑制土壤이고, 기주 식물에서 生育하는 病原菌을 抑制하는 土壤은 發病 抑制土壤이라고 정의하였다.

Ko(1983) 등은 土壤에 있어서 土壤의 物理化學的 性質과 土壤微生物의 分布는 土壤마다 제각기 다르며, 따라서 抑制土壤은 광범위한 誘發土壤의 分布에 비해서 지역적으로 극히 제한된 곳에 위치하고 있다고 하였다.

處理된 146개의 土壤試料로 選拔된 人蔘病原菌 抑制土壤의 分布는 *F. solani*가 40개로 전체 土壤의 27.4%, *C. destructans*가 20개로 13.7%, *R. solani*는 9개로 6.2%를 차지하고 있었는데(Fig. 7), 이러한 結果는 抑制土壤이란 광범위한 誘發土壤의 分布에 비해 지역적으로 극히 제한된 곳에 위치하고 있다고 한 Ko와 Ho(1983)의 報告와 일치하였다.

土壤分析에 있어서, 病原菌 抑制土壤의 特性은 有機物含量과 모래의 含量이 誘發土壤보다 2배이상 높은 반면, 粘土의 含量과 土壤 pH는 誘發土壤이 높았으며, Ca, Mg, Na 등의 無機物含量도 誘發土壤이 높았다(Table II). 이러한 結果는 鄭(1984) 등과 吳(1982) 등의 報告와 비교하면 有機物含量, 土壤 pH, 無機物含量에서는 같은 傾向을 나타내었으나 모래의 含量은 鄭(1984) 등과 吳(1982)의 報告와는 반대의 傾向이었다.

鄭(1983) 등은 發病 抑制土壤에서 粘土의 含量은 誘發土壤보다 높으며 모래와 有機物含量은 誘發土壤이 抑制土壤보다 높다고하였고, 吳(1982) 등은 誘發土壤에 砂質이 많은 이유는 砂質土壤에서 水分의 不足으로 因한 通氣性의 良好로 有機物의 酸化가 촉진되어 有機物이 감소되면 腐性的인 微生物의 活動이 抑制되어 상대적으로 *Fusarium* sp.의 密度가 증가하기 때문이라고 하였다. 그러나 處理된 146개의 土壤에 있어서 病原菌 抑制土壤은 *F. solani*에 있어서 病原菌 抑制土壤의 平均 水分含量이 15.08%인 반면 病原菌 誘發土壤의 平均 水分含量은 14.8%였고, *C. destructans*는 15.13%인 반면 誘發土壤은 14.51%이며, *R. solani*는 각각 18.8%와 14.4%로서 抑制土壤의 水分含量이 더 높았다. 그 結果는 選拔한 53개의 病原菌 抑制土壤중 山地土壤이 38개로 전체의 71.7%를 차지하고 있는 것으로도 증명할 수 있는데 즉, 낙엽 등이 土壤의 有機物로 되되되는 山地土壤은 결국 높은 有機物含量과 水分含量을 유지하기 때문일 것이다. 또한, 林(1988)은 濕潤한 土壤의 pH는 대개 酸性이고 乾燥한 土壤의 pH는 鹽基性이라고 하였는데, Table II의 경우에서도 抑制土壤의 土壤 pH는 誘發土壤의 土壤 pH보다 낮은 수치였다. 그러므로, Table II에 있어서 抑制土壤에서의 높은 有機物含量과 모래 含量은 吳(1982) 등의 報告와는 달리 砂質 土壤에서 모래의 含量으로 생기는 有機物의 酸化와는 상관없이 土壤保水力을 증진시키기 때문인 것 같으며, 따라서 Simon(1988, 1989)의 報告처럼 土壤內 有機物 등에서 病原菌과 같이 腐生하고 있는 拮抗微生物이 낮은 土壤 pH와 풍부한 有機物로 인하여 靜菌作用이 해소되어 증식하므로 人蔘病原菌이 寄주식물에 침입하기전 病原菌 抑制作用을 발휘하는 것이 아닌가 생각되며, 모래 含量이 높은 病原菌 抑制土壤에서 有機物含量도 높

다는 結果는 病原菌 抑制土壤의 단계에서 모래나 粘土와 같은 土壤의 粒徑分布가 抑制作用에 큰 효과를 나타내지 못하는 것으로 생각된다. 土壤微生物과 病原菌의 관계에서 Fig. 2의 全細菌의 分布數와 *F. solani*의 孢子發芽($r=0.21$), Fig. 4에서 放線菌의 分布數와 *F. solani*의 孢子發芽($r=0.37$) 및 *R. solani*의 菌絲生長($r=0.24$), Fig. 5에서 纖維素分解細菌의 分布數와 *F. solani*의 孢子發芽($r=0.20$)는 모두 正의 相關을 나타낸 반면, Fig. 3의 全真菌의 分布數와 *F. solani*의 孢子發芽($r=-0.20$)는 負의 相關을 나타냈다. 이 結果는 人蔘病 發生이 심한 土壤에서 全細菌, 放線菌, 纖維素分解細菌의 分布數가 많은 반면, 人蔘病의 發生이 抑制되는 土壤에서는 全真菌의 分布數가 많은 것으로 生覺된다.

病原菌 抑制土壤과 誘發土壤의 微生物 分布를 비교해 본 結果(Table III), *F. solani*와 *C. destructans*의 抑制土壤에 있어서 全細菌과 全真菌의 密度가 誘發土壤의 密度보다 높았으며 이것은 鄭(1984) 등의 報告와 일치하였다. 그러나 Fig. 3의 結果는 全真菌의 分布數가 증가하면 *F. solani*의 孢子發芽數는 감소하므로써 鄭(1984) 등의 報告와 일치하였으나, Fig. 2에서 全細菌은 分布數의 증가에 따라 *F. solani*의 孢子發芽數도 증가하는 傾向을 나타내는 상반된 結果였다. 李와 鄭(1974)은 *C. destructans*가 분비하는 纖維素分解 酵素는 人蔘뿌리의 섬유질세포벽을 分解하여 人蔘根腐病을 發生시킨다고 하였는데, *F. solani* 抑制土壤의 纖維素分解細菌의 分布數도 有意性은 없으나 $76.7 \times 10^3/g$ 으로 誘發土壤의 $173.7 \times 10^3/g$ 보다 낮은 分布數였고 *C. destructans*에서도 抑制土壤의 纖維素分解細菌의 分布는 $73.2 \times 10^3/g$ 으로 誘發土壤의 $158.9 \times 10^3/g$ 보다 낮았다. Table III의 結果를 볼 때, 여러 病原菌의 복합적인 작용으로 發生하는 人蔘根腐病에 있어서, 纖維素分解 微生物이 土壤속에 있는 cellulose를 分解하는 과정에서 人蔘의 섬유조직도 分解하여 결국 纖維素分解 真菌인 *F. solani*와 *C. destructans*에게 人蔘의 조직을 침입할 수 있는 活化성을 제공할 가능성도 있다고 본다.

吳(1980) 등은 人蔘圃 土壤에서 *Streptomyces* spp.의 密度가 높을수록 *Fusarium* spp.의 密度는 감소한다고 하였는데, 本 研究結果에서는 放線菌의 分布數가 증가함에 따라 *F. solani*의 孢子發芽數도 증

가하였고(Fig. 4), *F. solani* 抑制土壤에 있어서 放線菌의 分布數도 $173.1 \times 10^4/g$ 으로 誘發土壤의 $454.9 \times 10^4/g$ 보다 낮았다(Table III). 이것은 *Streptomyces* spp.를 포함한 기타의 放線菌의 分布數이므로 放線菌에 의한 抑制性的의 경향은 梃(1980) 등의 報告와 꼭 일치하지 않았다.

人蔘根腐病 抑制土壤의 選拔은 Table IV와 같이 *F. solani*는 16개 土壤중 14개 土壤에서, *C. destructans*는 16개 土壤 중 15개 土壤에서 根腐病 發病 抑制土壤으로 選拔되었다. Simon(1988, 1989) 등은 連作된 土壤이 *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*의 腐性的인 生育을 抑制시키고 寄主식물의 發病까지 抑制했다고 하였고, 따라서 土壤의 구분은 病原菌 抑制土壤과 發病 抑制土壤으로 각각 구분되지만 寄主식물의 發病抑制는 病原菌 抑制의 結果로서 생긴다고 하였는데, 이것은 Table IV의 結果에서 病原菌 抑制土壤을 각각 16개 土壤씩 處理했을 때 *F. solani*의 處理土壤에서 2개 土壤과 *C. destructans*의 處理土壤에서 1개 土壤을 제외하고 모두 發病 抑制土壤으로 選拔된 結果를 뒷받침 하는것 같다.

摘 要

人蔘(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 증산을 제한하는데 가장 큰 要因은 連作장해이므로 人蔘의 증산에 기여할 수 있는 기초자료를 얻기위해 調査를 실시하였다.

1. 土壤 pH가 *F. solani* 및 *C. destructans*의 孢子發芽 그리고 *R. solani*의 菌絲生長에 미치는 相關關係는 각각 $r=0.2645$, $r=0.315$, $r=0.19$ 로서 正의 相關을 나타내었다.

2. 病原菌의 孢子發芽와 土壤微生物 分布數와의 關係를 分析한 結果, *F. solani*와 全細菌, 放線菌, 纖維素分解 細菌의 分布數와의 關係에서 각각 $r=0.21$, $r=0.37$, $r=0.20$ 의 正의 相關을 나타내었으나 全真菌과의 關係에서는 $r=-0.20$ 으로서 負의 相關關係였다. *R. solani*의 菌絲生長과 放線菌의 分布數 사이에는 正의 相關($r=0.24$)이 있었다.

3. 총 146개 土壤중에서 *F. solani*는 40개 土壤에서, *C. destructans*는 20개 土壤에서, *R. solani*는 9개 土壤에서 각각 病原菌 抑制土壤으로 選拔되었다.

4. 病原菌 抑制土壤의 K, Ca, Mg, Na의 平均含

量은 誘發土壤의 것보다 적었으며 病原菌 抑制土壤의 有機物含量은 誘發土壤보다 2배이상 높았다. P_2O_5 의 含量은 *F. solani*와 *R. solani*의 抑制土壤이 誘發土壤보다 낮은 반면, *C. destructans*의 抑制土壤은 誘發土壤보다 약간 높았다. 土壤 pH에 있어서 抑制土壤의 平均 pH는 誘發土壤보다 낮은 수치였다. 土壤의 物理的 特性에 있어서 모래의 平均含量은 病原菌 抑制土壤이 誘發土壤보다 2배 정도가 높은 반면, 微砂와 粘土의 含量은 誘發土壤보다 낮았다.

5. 病原菌 抑制土壤과 誘發土壤의 微生物分布는 *F. solani* 抑制土壤에 있어서 全細菌, 全真菌, 纖維素分解 真菌의 分布數가 誘發土壤보다 높았던 반면, 放線菌, 纖維素分解 細菌의 分布數는 誘發土壤보다 낮았으며, 全細菌 및 全真菌의 分布數는 病原菌 抑制土壤과 誘發土壤 사이에 각각 有意性($P=0.05$)이 있었고, 放線菌은 高度의 有意性($P=0.01$)이 두 土壤 사이에서 인정되었다. *C. destructans*의 抑制土壤에 있어서 全細菌, 全真菌, 放線菌, 纖維素分解 真菌의 分布數는 誘發土壤의 分布數보다 높았던 반면, 纖維素分解 細菌의 分布數는 誘發土壤보다 2배 정도가 낮았다. *R. solani*의 抑制土壤에 있어서 全真菌의 分布數가 誘發土壤의 分布數보다 높았던 반면, 全細菌, 放線菌, 纖維素分解 細菌, 纖維素分解 真菌의 分布數는 誘發土壤보다 낮았다.

6. 人蔘根腐病 發病 抑制土壤의 選拔은 供試 病原菌별로 人蔘이 植栽된 각각의 16개 土壤중 *F. solani*는 14개 土壤에서, *C. destructans*는 15개 土壤에서 각각 發病 抑制性を 확인하였다. *F. solani*의 發病 抑制土壤에서 人蔘의 根腐率은 1.0~17.4%였으며, *C. destructans*의 發病 抑制土壤에서 人蔘의 根腐率은 0.2~20.4%였다.

參考文獻

- Adams, P.B. (1967): A buried membrane filter for studying behavior of soil fungi. *Phytopathology* 57: 602-603.
- Adams, P.B. and Papavizas, G.C. (1968): Survival of root-infection fungi in soil. X. Sensitivity of propagules of *Thielaviopsis basicola* to soil fungistasis in natural and alfalfa-amended soil. *Phytopathology* 59: 135-138.
- Bhat, J.V. and Shetty, M.V. (1942): A suitable medium for the enumeration of microorgan-

- isms. *J. Univ. Bombay, Seat B.*: 13-15.
- Choi, H.J. and Chung, H.S. (1971): Effects of fungicidal drenches on damping-off organisms in ginseng seed bed and yield of the seeding root. *Kor. J. Pl. Prot.* **10**(1): 7-12.
- Hornby, D. (1983): Suppressive soils. *Annual Review of Phytopathology* **21**: 65-85.
- Hsu, S.C. and Lockwood, J.L. (1973): Chlamydo-spore formation in sterile salt solutions. *Phytopathology* **63**: 597-602.
- Hsu, S.C. and Lockwood, J.L. (1975): Powdered chitin agar as selective medium for enumeration of *Actinomyces* in water and soil. *Applied Microbiology* **29**(3): 422-426.
- Kao, C.W. and Ko, W.H. (1983): Nature of suppression of *Pythium splendens* in a pasture soil in South Kohala, Hawaii. *Phytopathology* **73**: 1284-1289.
- Kao, C.W. and Ko, W.H. (1986): Suppression of *Pythium splendens* in a Hawaiian soil by calcium and microorganisms. *Phytopathology* **76**: 215-220.
- Ko, W.H. and Chow, F.K. (1978): Soil fungistasis: Role of volatile inhibitors in two soils. *Journal of General Microbiology* **104**: 75-78.
- Ko, W.H. and Ho, W.C. (1983): Screening soils for suppressiveness to *Rhizoctonia solani* and *Pythium splendens*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* **49**: 1-9.
- Ko, W.H. and Nishijima, K.A. (1985): Nature of suppression of *Phytophthora capsici* in a Hawaiian soil. *Phytopathology* **75**: 683-685.
- Kobayashi, N. and Ko, W.H. (1985): *Pythium splendens*-suppressive soils from different islands of Hawaii. *Soil. Biol. Biochem.* **17**(6): 889-891.
- Lee, M.W. (1977): Studies on the root rot of ginseng(VII)-On pathogenic microbial population in continuous culture and first-time culture of ginseng. *Kor. Jour. Microbiol.* **15**(1): 20-30.
- Liu, S.D. and Baker, R. (1980): Mechanism of biological control in soil suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* **70**: 402-412.
- Martin, J.P. (1950): Use of rose bengal, and streptomycin in the plate method for the estimation of soil fungi. *Soil. Sci.* **69**: 215-232.
- Matturi, S.T. and Stenton, H. (1964): Distribution and status in the soil of *Cylindrocarpon* species. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **47**: 577-587.
- Simon, A. and Sivasithamparam, K. (1988): Microbiological differences between soils suppressive and conducive of the saprophytic growth of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Can. J. Microbiol.* **34**: 860-864.
- Simon, A. (1989): Pathogen-suppression: A case study in biological suppression of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* in soil. *Soil. Biol. Biochem.* **21**(3): 331-337.
- 鄭永倫, 金鴻鎮, 吳承煥, 李壹鎬(1983): 人蔘根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 特性. 한국식물보호학회지, **22** (3): 203-207.
- 鄭永倫, 金鴻鎮, 吳承煥, 李壹鎬(1984): 人蔘根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 根圈環境 比較. 한국식물보호학회지, **23**(3): 142-146.
- 洪仁杓, 李敏雄(1986): *Fusarium* spp.의 厚膜孢子 形成培地の 選拔에 關한 研究. 東國大 農林科學 論文集: 43-53.
- 環境廳(1988): 自然生態系 全國調查指針. p. 189-198.
- 金侏熙(1965): 人蔘圃 土壤微生物의 生態學的 研究. 東國大學校 論文集, **2**: 127-132.
- 金鴻鎮, 李舜九, 吳承煥, 金僥泰(1981): 根腐病 防除 研究. 人蔘研究 報告書(栽培 分野). 專賣廳: 3-19.
- 李震雨, 鄭厚燮(1974): 人蔘뿌리썩음病菌, *Cylindrocarpon destructans*에 의한 纖維素分解酵素 및 펙틴質 分解酵素的 分泌 및 抑制. 한국식물보호학회지, **13** (1): 1-10.
- 李敏雄, 金炳宇(1978): *Fusarium solani*에 의한 人蔘 根腐病的 防除에 關한 研究. 東國大學校 論文集, **17**: 379-386.
- 李敏雄, 崔惠貞, 沈在郁(1985): 土壤條件에 다른 몇가지 植物病原菌의 孢子發芽와 土壤靜菌 現象. 한국식물병리학회지, **1**(3): 157-164.
- 林善旭(1988): 土壤學 通論. 文運堂. p. 1-383.
- 吳承煥, 朴昌錫, 鄭永倫(1980): 耕作地 微生物 生態 및 生物的 防除研究. 人蔘研究報告書(栽培分野). 專賣廳: 23-46.
- 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. 한국식물보호학회지, **21**(2): 68-72.
- 吳承煥, 鄭永倫, 柳演鉉, 金鴻鎮, 李壹鎬(1982): 連作 障害 防除研究. 人蔘研究報告書(栽培分野). 專賣廳: 3-18.
- 吳承煥, 金鴻鎮, 鄭永倫, 朴圭鎮(1984): 人蔘連作障害의 生物學的防除研究. 人蔘研究報告書. 專賣廳: 2-43.
- 申鉉成(1984): 人蔘圃의 環境要因과 土壤微生物 分布에 關한 研究. 東國大學校 大學院 博士學位論文. p. 1-88.

申鉉成, 李敏雄(1985): 罹病地와 健全地의 人蔘圃 土壤環境에 관한 연구. 東國大 農林科學 論文集, **10**: 1-24.

小林紀彦, Ko, W.H. (1983): ハワイ諸島における *Rhi-*

zoctonia solani に対する發病抑止土壤の 探索とその抑制機構の解明. 土と微生物, **25**: 1-8.

Accepted for Publication 27 October 1990