

土壤條件에 따른 몇가지 植物病原菌의 胞子發芽와 土壤靜菌 現象

李敏雄·崔惠貞·沈在郁

東國大學校 農科大學 農生物學科

Spore Germination of Some Plant Pathogenic Fungi under Different Soil Conditions in Relation to Soil Fungistasis

Min Woong Lee, Hae Jung Choi and Jae Ouk Shim

Dept. of Agrobiolgy, Dongguk University, Seoul 100, Korea

要 約

人蔘 主要 栽培地인 錦山, 槐山, 豊基 등 3곳의 土壤條件과 土壤에 따른 微生物分布, 根腐病의 發病狀態와 關聯, 胞子發芽에 미치는 영향 등에 대하여 실험한 결과, 槐山 再作地 土壤은 Ca와 Mg 含量이 높고, 有機物과 磷의 含量은 낮고, K의 含量은 豊基 再作地에 가장 높고 기타에서는 큰 차이가 없다. 土性은 槐山 初作地가 시트르植壤土이고, 기타는 시트르壤土이었다. 液體培地에서 菌의 胞子發芽率은 蒸溜水에서 가장 높았고, 다음이 pfeffer 液이며 土壤浸出液은 가장 낮은 發芽率을 나타냈다. 細菌은 錦山 再作地에 많았고 絲狀菌은 錦山과 豊基의 再作地에 많았다. 放線菌은 槐山과 豊基의 初作地에 많았으며, 기타 地域에서는 차이가 없었다. 土壤內 細菌과 絲狀菌의 分布가 많은 土壤條件에서 *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* 및 *Alternaria panax*의 4종 菌에 미치는 靜菌現象은 일반적으로 微生物數의 多小에 따라 敏感하고, 改良物質이 靜菌現象에 영향을 준 것은 마늘대, 분쇄콩, 인삼잎 등이고, 靜菌現象을 解消시킨 物質은 밀짚, 보리짚이며 土壤條件에 따라 약간의 차이가 있다.

ABSTRACT

Some interactions in various soil conditions, numbers of microbial populations, root rot disease development and rates of spore germination in three different location of soils were investigated. The calcium and magnesium contents were higher in replanted fields of ginseng (*Panax ginseng*) at Goesan. Potassium contents were high in replanted field at Poonggi and textural class of the soils was silt loam except for silt clay loam in first cultured field of ginseng at Goesan. For the germination process of *Fusarium solani*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, and *Alternaria panax*, the percentage germination of fungal spores was high in double distilled water and Pfeffer's solution as media, whereas the lower rate of germination of spores was observed in soil extracts. Numbers of bacteria

* 이 研究는 文敎部 研究補助金에 의해 수행되었음.

were high in replanted field soil at Gumsan, and propagules of fungi in replanted fields at Gumsan and Poonggi were higher than other soils, but higher numbers of actinomycetes were found in the first cultured field of ginseng at Goesan and Poonggi. Fungistasis was induced by higher microbial populations present in soil that was initiated when amended with garlic stalk, crushed bean and ginseng leaves. On the other hand, there was no fungistasis in soil amended with wheat and barley straw, and this tendency was a little difference on the soil sample.

Key words: soil fungi, biological control, ginseng.

緒 論

土壤內 絲狀菌 胞자에 미치는 靜菌現象은 거의 대부분의 土壤에서 관찰되고 있다(18). 이런 現象은 주로 土壤內的 營養分이 缺乏된 상태이거나 다른 土壤微生物과의 심한 競爭狀態에 놓이게 되어 胞子內의 營養分이 枯竭되거나 缺損이 생기기 때문이라고 하였다(14, 30, 19).

Lingapa와 Lockwood(17)은 絲狀菌에서 分泌된 物質은 土壤內 細菌과 같은 微生物에 의해 급속히 消費되므로 靜菌現象이 誘導된다고 한 바 있다.

Chiun과 Ledingham(4)은 植物質을 土壤內 添加하면 靜菌現象이 解消되고 또 포도당과 같은 物質을 添加해도 이러한 靜菌現象이 解消된다고 하였다(7, 13). 또한 李와 崔(16)는 Glucose-peptone 으로 改良處理한 土壤에서 *Helminthosporium victoriae*와 *Mortierella* n. sp.의 胞자에 미치는 영향을 실험하여, 土壤內 微生物의 活性이 크면 클수록 靜菌現象은 현저하다고 하였다.

본 연구에서는 여러가지 종류의 液體培地條件에서 여러가지 菌의 胞子發芽에 미치는 現象과 材料土壤을 여러가지 植物質로 改良한 후에 胞子發芽에 미치는 効果에 관하여 알아보고자 한다.

材料 및 方法

土壤의 採集 및 特性

우리나라 主要 人蔘栽培地인 慶北의 豐基(慶北 榮豐郡 鳳現面 태춘 1동), 槐山(忠北 槐山郡 七星面 윤림리 학동 所在)과 錦山(忠南 錦山郡 秋富面 西大 2里)의 3곳을 選定하고, 각 地域에서 再作罹病地圃場(再作地)의 2곳을 選定하였다.

土壤分析用 材料는 各 地域에서 15g씩 採取하여 비닐봉지에 넣어 운반하고 이를 風乾시킨 뒤 粉碎하여 50메쉬의 체로 친 다음 分析用 材料로 하였고, 기타의 실험은 비닐봉지에 넣어 실험실에 保存한 土壤을 材料로 하였다.

土壤分析은 農村振興廳 農業技術研究所 土壤科에서 하였는데, pH는 흙과 물을 2:1로 잘 섞어 硝子電極으로 측정하고 有機物은 Tyurin 법(29), P₂O₅는 Lancaster 법(22), Ex/100g, K, Ca, Mg는 NH₄-N의 OAC 浸出法(Atomic absorption spectrometer), sand와 clay 및 texture 등은 hydrometer 법(6)에 준하였다.

사용한 菌株; 菌株는 *Alternaria panax*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*의 4種의 菌株를 供試하고 PDA에 繼代培養하였다.

胞子發芽實驗用培地 및 方法; Bristow와 Lockwood(2)가 사용한 培地로서 Pfeffer's液, Buffer液, 再蒸溜水 및 土壤浸出液(23)을 사용하였다.

준비된 培養液을 Stainless panchaet (3mm × 30mm)에 1ml씩 無菌的으로 分注하고, 李와 崔(16)의 방법을 참고하여 供試한 菌의 胞子懸濁液을 만들고, 이를 15 × 15mm의 Nuclepore membrane filter (0.4 μm, pore dia., Nuclepore Corp., U.S.A) 위에 10³의 胞子數가 되게 조정된 membrane을 위에 培地가 담긴 panchaet의 上面에 놓아 26℃에서 12시간 동안 培養하였다. 培養 후에 이 membrane을 phenol Rose bengal液(11)으로 染色하고, 300개씩의 胞子를 현미경으로 관찰하여 發芽程度와 發芽率을 조사하였다.

殺菌土壤, 自然土壤, 植物質로 改良한 土壤條件에서의 胞子發芽率을 조사하기 위하여 李와 崔(16) 및 B. Filonow와 Lockwood(9)의 방법으로 胞子膜(spores bearing membrane)을 준비하였다. 土壤條件은 3個所の 土壤을 水分含量이 33%(w/w)되게 조절하고 이를 페트리접시(9cm × 15mm)에 50g씩 넣어 水分의 平衡을 위해 24時間동안 실온에서 培養한 自然土壤과 이 土壤을 殺菌(16)한 土壤과, 그리고 이 材料土壤에 마늘대(*Allium sativum*), 밀짚(*Triticum aestivum*), 분쇄밀(*Triticum aestivum*), 분쇄한 콩(*Glycine max*), 보리짚(*Hordeum vulgare*), 인삼잎(*Panax ginseng*)을 孫동(26)의 方法에 따라 1%(w/w)가 되게 각각 材料土壤에 添加하고, 4週間 동안 실온에 두어 培養한 다음 材料土壤으로 사용하였다.

微生物의 分布數 조사; 供試한 材料土壤內的 微生物의 數的 分布 상태를 조사하고자 하여, 稀釋平板法으

로 放線菌數(Chitin 培地; Hsu & Lockwood (12), 菌數(Martin's Rose bengal 培地(20)와 細菌數(Hutchinson 培地(1))를 조사하였다.

結 果

豊基, 槐山 및 錦山 등의 3個 地域 選定圃場의 土壤 分析은 表 1과 같다. K의 含量은 錦山, 豊基의 再作 地에서 높았고, 槐山은 반대로 初作地에서 높았으며

平均 含量은 再作地가 높았다. Ca의 含量은 槐山 再作 地에서 특히 높았으나, 錦山·豊基에서는 初作地에 그 含量이 높았고, Mg의 含量은 3지역의 再作地에서 높 고, 有機物質의 含量은 初作地가 平均 3.4%로 再作 地에 比하여 含量이 높았다. 磷酸含量은 初作地에 일 반적으로 높았으며, 酸度에는 큰 차이가 없이 弱酸性 을 나타냈다. 또한 砂土率의 含量은 錦山·槐山의 再作 地에 그 含量이 많고, 豊基는 初作地에 많았다. 粘土率 은 槐山 初作地에 높았고 土性은 槐山 初作地가 微砂

Table 1. Soil characteristics in three different locations

Location		(me/100g)			O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	pH	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Textural class
		K	Ca	Mg							
Gumsan	H ^a	0.24	3.5	0.5	3.2	186	5.2	24.0	64.4	11.6	Silt loam
	D	0.33	2.8	0.7	2.3	159	4.5	27.3	59.1	13.6	Silt loam
Goesan	H	0.36	2.9	1.4	3.0	70	4.9	6.5	65.5	28.0	Silt clay loam
	D	0.25	20.1	4.7	1.0	57	5.7	17.5	66.5	16.0	Silt loam
Poonggi	H	0.17	3.9	0.7	3.9	167	5.7	21.2	65.8	13.0	Silt loam
	D	0.65	3.7	0.9	3.2	138	4.8	17.5	59.9	22.6	Silt loam

H^a: Healthy plot of soil in ginseng-planted field.

D: Root rot diseased plot of soil in ginseng-replanted field.

質粘質壤土이고 기타는 微砂質壤土이었다(表 1).

液體培地에서 供試한 4種 菌의 發芽程度는 그림 1 과 같다. Pfeffer's 液에서 菌種間에 差이는 없었고, Buffer 液에서는 *Alternaria panax*와 *Fusarium solani*가 다른 菌種에 比하여 發芽力이 높았고 2차 蒸溜 水에서는 *A. panax*, *F. oxysporum* 이외엔 50%를 넘 는 發芽力을 나타냈고 統計的인 有意差가 있었다. 또 한 土壤浸出液에서는 *F. moniliforme* 만이 50%를 넘 는 孢子發芽力을 나타냈다. 孢子發芽力에 있어서 土壤浸出液이 가장 不良한 發芽力을 나타냈고 기타는 50% 이상의 發芽力을 나타냈다(그림 1). 菌種에선 *F. oxysporum* 만이 가장 낮은 發芽率을 나타냈다.

材料土壤內의 微生物의 數를 관찰한 結果, 放線菌은 槐山의 初作地에 많았고, 기타지역에서도 再作地에 比 하여 많은 傾向이 있었다(표 4). 全細菌類는 錦山再 作地에서 많이 관찰되었다(표 2). 또한 菌類는 錦山 과 豊基의 再作地에서 많이 발견되어 통계적인 차이 가 있고 기타에서는 차이가 없었다(표 3).

殺菌土壤, 自然土壤, 植物質 添加하여 改良한 土壤 등, 條件을 달리한 후에 *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* 및 *A. panax*의 孢子發芽에 미치 는 影響을 조사한 結果는 그림 2, 3, 4, 5, 6, 7 과 같다.

錦山再作地는 人蔘 잎 처리가 對照區에 比하여 4 種 供試菌의 孢子發芽率이 增加되었으나 기타는 對照

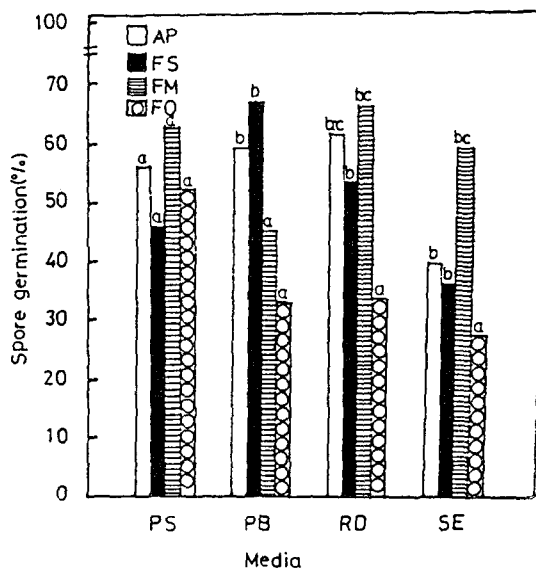


Fig. 1. Germination rates of some fungi on different media. AP, *Alternaria panax*; FS, *Fusarium solani*; FM, *F. moniliforme*; FO, *F. oxysporum*; PS, Pfeffer's solution; PB, phosphate buffer; RD, double distilled water, and SE, soil extract. The different letters on bars indicate a significant difference (P = 0.01) according to Duncan's new multiple range test.

Table 2. Populations of bacteria present in soils of Gumsan, Goesan, and Poonggi where ginseng was cultivated

Location	No. of bacteria (5×10^5 /g soil)	
	Healthy soil	Root rot diseased soil ^a
Gumsan	24.6 ^a	153.3 ^b
Goesan	6.7 ^a	28.3 ^a
Poonggi	2.7 ^a	27.0 ^a

^a Healthy soil : healthy plot of soil in first planted field of ginseng. Root rot diseased soil : diseased plot of soil in replanted field of ginseng.

^b The different letters indicate a significant difference ($P=0.01$) according to Duncan's new multiple range test.

Table 3. Numbers of fungal propagules present in Gumsan, Goesan, and Poonggi soils where ginseng was cultivated (5×10^3 /g soil)

Location	No. of fungal propagules (5×10^3 /g soil)	
	Healthy soil ^a	Root rot diseased soil ^a
Gumsan	17.3 ^a	106.6 ^{bc}
Goesan	9.3 ^a	3.0 ^a
Poonggi	9.7 ^a	68.3 ^b

^a Healthy soil : healthy plot of soil in first planted field of ginseng, Root rot diseased soil : diseased plot of soil in replanted field of ginseng.

^b The different letters indicate a significant difference ($P=0.01$) according to Duncan's new multiple range test.

Table 4. Populations of actinomycetes in Gumsan, Goesan, and Poonggi soils where ginseng was cultivated

Location	No. of actinomycetes (10^6 /g soil)	
	Healthy soil ^a	Root rot diseased soil ^a
Gumsan	9.2 ^{ab}	9.2 ^a
Goesan	72.1 ^a	13.6 ^a
Poonggi	29.9 ^a	20.8 ^a

^a Healthy soil : healthy plot of soil in first planted field of ginseng, Root rot diseased soil : diseased plot of soil in replanted field of ginseng.

^b The different letters indicate a significant difference ($P=0.01$) according to Duncan's new multiple range test.

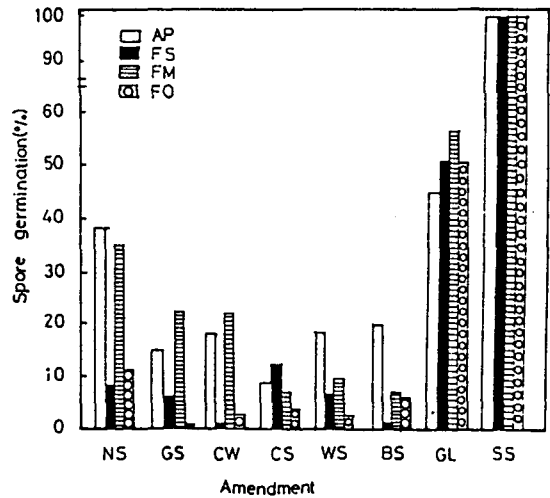


Fig. 2. Germination rates of some fungi in soil of root rot diseased plot of ginseng replanted field at Gumsan 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax* ; FS, *Fusarium solani* ; FM, *F. moniliforme* ; and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil ; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat ; CS, crushed soybean ; WS, wheat straw ; BS, barley straw ; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

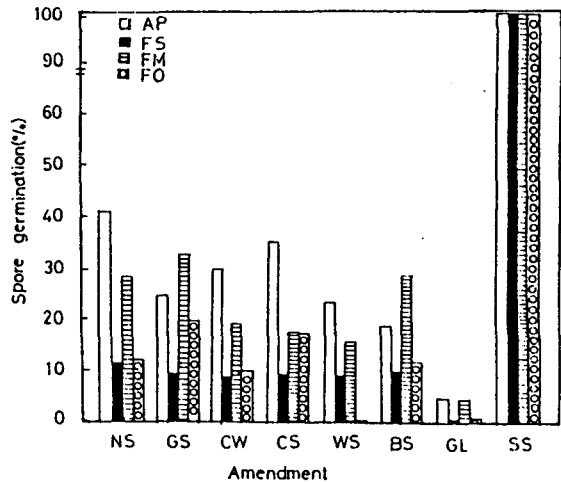


Fig. 3. Germination rates of some fungi in soil of healthy plot of ginseng first planted field at Gumsan 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax* ; FS, *Fusarium solani* ; FM, *F. moniliforme*, and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil ; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat ; CS, crushed soybean ; WS, wheat straw ; BS, barley straw ; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

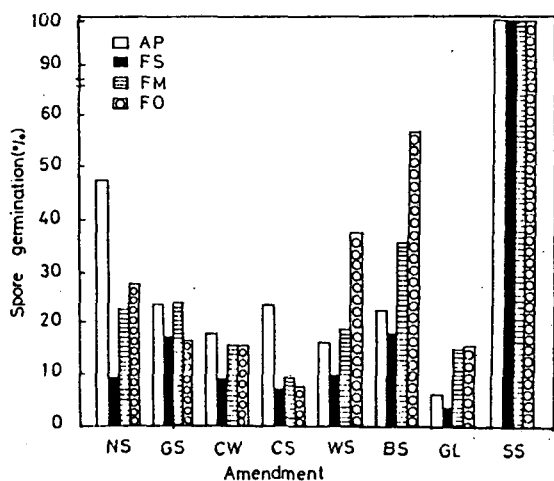


Fig. 4. Germination rates of some fungi in soil of root rot diseased plot of ginseng replanted field at Goesan 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax*; FS, *Fusarium solani*; FM, *F. moniliforme*; and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat; CS, crushed soybean; WS, wheat straw; BS, barley straw; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

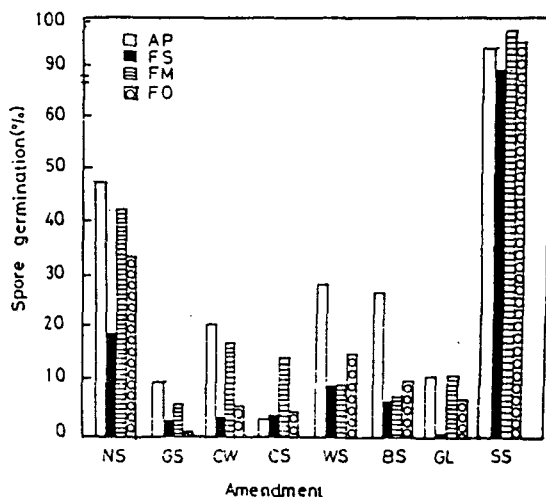


Fig. 6. Germination rates of some fungi in soil of root rot diseased plot of ginseng replanted field at Poonggi 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax*; FS, *Fusarium solani*; FM, *F. moniliforme*, and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat; CS, crushed soybean; WS, wheat straw; BS, barley straw; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

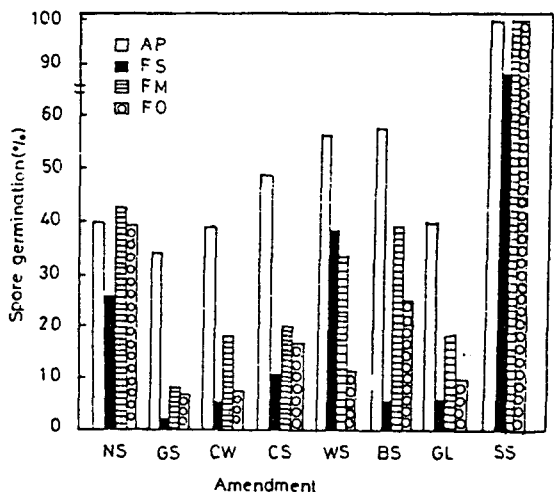


Fig. 5. Germination rates of some fungi in soil of healthy plot of ginseng first planted field at Goesan 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax*; FS, *Fusarium solani*; FM, *F. moniliforme*, and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat; CS, crushed soybean; WS, wheat straw; BS, barley straw; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

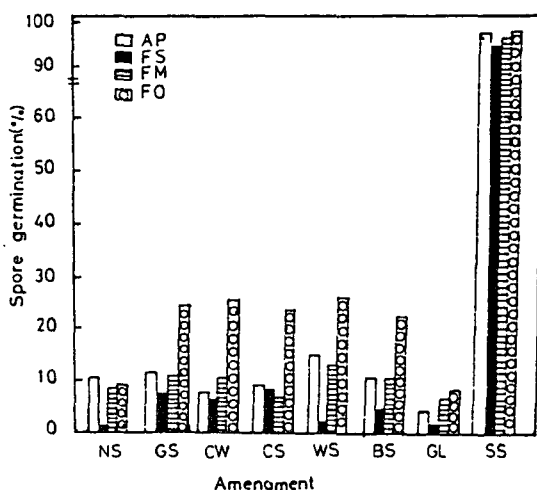


Fig. 7. Germination rates of some fungi in soil of healthy plot of ginseng first planted field at Poonggi 4 weeks after amended with 1% (w/w) ground plant materials, natural soil, and sterile soil.

AP, *Alternaria panax*; FS, *Fusarium solani*; FM, *F. moniliforme*; and FO, *F. oxysporum*. NS, natural soil; GS, garlic stalk, CW, crushed wheat; CS, crushed soybean; WS, wheat straw; BS, barley straw; GL, ginseng leaves, and SS, sterile soil.

區 이하의 發芽率을 나타냈고, 반대로 初作地는 人蔘 잎 처리구가 對照區에 比하여 낮은 發芽를 나타냈다. 일반적으로 胞子の 크기가 큰 *A. panax*의 發芽率이 높았고 반대로 胞子 크기가 적은 *F. oxysporum*의 發芽率은 낮았다(그림 2, 3).

槐山 再作地는 밀짚과 보리짚으로 처리한 경우 *F. oxysporum*이 對照區에 比하여 크게 胞子發芽가 促進되었고 기타의 처리에서는 對照區 보다 낮은 胞子の 發芽力을 나타냈다. 初作地는 *A. panax*가 보리짚, 밀짚 처리에서, *F. solani*가 밀짚처리구에서 胞子發芽가 증가하였고 기타의 처리에서는 對照區보다 낮은 胞子發芽力을 나타냈다(그림 4, 5).

豊基 再作地의 처리구는 對照區에 比하여 낮은 發芽率을 나타냈고, 初作地는 *F. oxysporum*이 각 처리구에서 對照區에 比하여 증가하였다(그림 6, 7).

考 察

槐山の 人蔘 再作地 土壤은 Ca과 Mg 含量이 높고 반대로 有機物과 磷의 含量이 낮은 特性이 있으나 기타의 土壤條件에서는 큰 차이가 없고, K의 含量은 豊基 再作地에 가장 높았고 기타의 地域에선 큰 차이가 없었다.

李(15)는 連作人蔘圃와 初作健蔘圃의 土壤分析에서 連作地는 弱酸性으로 P의 含量이 높은 반면 K의 含量은 初作地 圃場에 더 높다고 한 바 있다. 吳 등(23)은 赤蔘 多發圃場은 Ca, P, 無機窒素 및 Mg의 含量이 높다고 하였다. 또한 Henis(10) 및 Ollagnier와 Renard(24)은 K를 微量 無機質肥料로 施用할 때 土壤病原菌에 의한 病發生이 減少한다고 하였는데, 本實驗에 쓴 材料土壤은 위 報告(15, 23)와 일치하는 경향도 있으나, 豊基 再作地에 K의 含量이 높은 것은 다른 경향을 나타냈다(10, 24).

液體培地에서의 4種의 供試菌의 胞子發芽率은 2차 蒸溜水에서 높았고, 다음이 Pfeffer's 液이었으며 土壤浸出液中에서는 發芽率이 가장 낮았다.

Bristow와 Lockwood(3)는 여러가지 培地조건하에 胞子發芽率을 조사하여 無機物에 의해 發芽가 影響받지 않는다고 하였고 Dobbs(8)와 Stover(28)은 土壤浸出液은 胞子の 發芽率이 저조하다고 하였다.

液體培地條件하에서 土壤浸出液 이외엔 菌의 胞子發芽가 影響받지 않은 점 등은 Bristow와 Lockwood(3) 및 Dobbs(8)와 같은 결과이었다.

각 土壤의 微生物의 數的 分佈에서 錦山 再作地에 細菌分佈가 많았으나 기타 地域은 큰 차이가 없고, 絲

狀菌의 수는 錦山과 豊基의 再作地에 많았으며 放線菌은 槐山 初作地에 가장 많고 다음이 豊基 初作地였다.

李(15)는 連作地와 初作地의 微生物의 消長관계와 疾病發生과의 關係에서, 連作에 의한 罹病現象은 일반적으로 病原이 되는 微生物數의 增加에 起因된다고 하였고, Mew 등(21)은 病原이 되는 특정 세균의 數的 增加와 다른 미생물의 數도 증가해야 疾病現象이 뚜렷해 진다고 하였다.

본 실험에서 일반적으로 再作地가 細菌과 菌數가 많고 반대로 放線菌類가 初作地에 많은 것과는 人蔘根腐病 發生에 있어 연관이 있는 것 같다(15, 21).

土壤改良, 殺菌土壤 및 自然土壤條件하에서 각 菌의 胞子發芽에 미치는 影響은 細菌과 絲狀菌이 많은 錦山과 豊基(표 2, 3)의 再作地에서 4種의 菌胞子 發芽率이 낮았고(그림 2, 3, 6, 7), 반대로 이들 微生物數가 적은 槐山은 밀짚, 보리짚으로 改良 처리한 곳에서 胞子發芽가 對照에 比하여 增加하였으나 기타에서는 일반적으로 發芽가 減少하였다(그림 4, 5).

Bristow와 Lockwood(2)는 *C. victoriae*은 *Curvularia lunata*의 分生胞子 추출액으로 처리하면 *C. victoriae*의 發芽가 促進된다고 하였고, Lingapa와 Lockwood(17)은 絲狀菌이 分泌한 物質은 土壤微生物에 의해 급속히 소모되고, *C. victoriae*와 *Glomerella cingulata*을 細菌과 放線菌과 함께 培養하면 發芽가 抑制된다고 하고, 이에 의하여 靜菌現象이 나타난다고 하였다. 또한 Lockwood(18)는 自然土壤에서 菌의 胞子發芽率이 減少하고, 有機物이 分解된 곳이나 根圈에서는 發芽가 增進되어 靜菌現象이 解消된다고 하였다(27).

본 실험에서 胞子發芽에 미치는 影響은 植物質의 種類, 土壤中の 細菌, 菌類, 放線菌類의 數的 分佈와 關聯이 있고, 이에 따른 靜菌現象에 정도도 차이가 있다고 할 수 있다(3, 16, 17, 26, 30).

靜菌現象이 두드러진 地域은 豊基, 錦山の 再作地이고, 槐山地域은 큰 차이가 없다. 또한 3個 初作地에서 改良物質이 *F. solani*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *A. panax* 등 4種 菌의 胞子發芽를 낮추게 한 것은 人蔘잎과 마늘대이고 일반적으로 胞子發芽率을 증가시킨 物質은 밀짚과 보리짚 등이며, 再作地에서는 地域에 따라 차이가 있으나, 粉碎콩, 밀짚, 보리짚, 마늘대 등으로 改良한 土壤에서 胞子發芽率이 낮았고, 槐山の 밀짚, 錦山の 人蔘잎 처리구에서 높은 發芽率을 나타냈다.

Coley-Smith와 King(5)은 *Allium*屬 植物이 細菌

에 의해 分解되면 휘발성 화합물이 生産되고 이물질이 胞子發芽力을 增加시키게 한다고 하였으며 Schreiber 와 Green(25)은 寄主植物의 分泌物는 非寄主植物 보다 菌의 胞子發芽를 增大시킨다고 하였다.

Son 등(26)은 마늘과 파의 植物로 改良한 土壤條件은 *F. Solani*에 의한 根腐病發生이 억제되고 이같은 현상은 밀짚, 보리짚에서도 관찰되었다고 하였다.

본 實驗의 結果는 위 報告者(5, 25, 26)의 결과와 완전히 일치되지는 않으나 부분적으로 再作地 土壤環境은 유사한 경향성을 나타냈다. 기타의 다른 결과는 앞으로 더욱 검토해야 될 것 같다.

參 考 文 獻

- BHAT, J. V. & SHETTY, M. V. (1942). A suitable medium for the enumeration of microorganisms. *J. Univ. Bombay, seat B.*: 13-15.
- BRISTOW, P. R. & LOCKWOOD, J. L. (1975). Soil fungistasis; role of spore exudates in the inhibition of nutrient dependent propagules. *J. gen. Microbiol.* 90: 140-146.
- BRISTOW, P. R. & LOCKWOOD, J. L. (1975). Soil fungistasis; role of microbial nutrient sink and of fungistatic substances in two soils. *J. gen. Microbiol.* 90: 146-156.
- CHINN, S. H. & LEDINGHAM, R. J. (1957). Studies on the influences of various substances on the germination of *Helminthosporium sativum* spores in soil. *Can. J. Bot.* 35: 697
- COLEY-SMITH, J. R. & KING, J. E. (1969). The production by species of *Allium* of alkyl sulfides and their effect on germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Ann. appl. Biol.* 64: 289-301.
- DAY, P. R. (1965). Methods of soil analysis. Ed. by BLACK, C. A. EVANS, D. D., WHITE, J. L., ENSMINGER, L. E. & CLARK, F. E. Amer. Soc. Agronomy. pp 545-567.
- DOBBS, C. G. & HINSON, W. C. (1953). A widespread fungistasis in soils. *Nature* 172:197.
- DOBBS, C. G. (1963). Factors in soil mycostasis. *Recent progress in Microbiology* 8: 235-243.
- FILONOW, A. B. & LOCKWOOD, J. L. (1979). Conidial exudation by *Cochliobolus victoriae* on soils in relation to soil mycostasis. In *soil-borne plant pathogens*, Ed. by B. SCHIPPERS & W. GAMS. pp 107-119. Academic Press, London.
- HENIS, Y. (1976). Effect of mineral nutrients of soil-borne pathogens and host resistance. *Potash Review, Subject 23 plant protection and plant disease, 49th Suite (6/7)*: 6-7.
- HSU, S. C. & LOCKWOOD, J. L. (1973). Soil fungistasis; behavior of nutrient-independent spores and sclerotia in a model system. *Phytopathology* 63:334-337.
- HSU, S. C. & LOCKWOOD, J. L. (1975). Powdered chitin agar as a selective medium for enumeration of actinomycetes in water and soil. *Appl. Microbiol.* 29: 422-426.
- JACKSON, R. M. (1958). Some aspects of soil fungistasis. *J. gen. Microbiol.* 19: 390-401.
- KO, W. H. & LOCKWOOD, J. L. (1967). Soil fungistasis; relation to fungal spore nutrition. *Phytopathology* 57: 894-901.
- 李敏雄. (1977). 人蔘根腐病에 관한 연구(VII). 한국 미생물학회지 15 : 20 - 30.
- 李敏雄. 崔惠貞. (1982). 殺菌土壤, 自然土壤 및 glucose-peptone 으로 改良한 土壤條件이 *Helminthosporium victoriae* 와 *Mortierella* n. sp. 에 미치는 靜菌作用. 韓國菌學會誌 10 : 119 - 124.
- LINGAPA, B. T. & LOCKWOOD, J. L. (1964). Activation of soil microflora by fungus spores in relation to soil fungistasis. *J. gen. Microbiol.* 35: 215-227.
- LOCKWOOD, J. L. (1964). Soil fungistasis. *Anne. Rev. Phytopathology* 2: 341-362.
- LOCKWOOD, J. L. (1977). Fungistasis in soils. *Biol. Rev.* 52: 1-43.
- MARTIN, J. P. (1950). Uses of acid, rose bengal and streptomycin in the plate methods for the estimation soil fungi. *Soil Sci.* 69: 215-232
- MEW, T. W., HO, C. H. & CHU, L. (1976). Infectivity and survival of soft-rot bacteria in chinese cabbage. *Phytopathology* 66: 1325-1327.
- 農村振興廳. (1983). 土壤化學分析法. 農村振興廳水原 pp. 103 - 106 - 33.
- 吳承煥. 朴昌錫. 李璋浩. (1980). 赤變蔘原因 및 防除研究. 人蔘研究報告書. 專賣廳 47 - 62.
- OLLIGNIER, M. & RENARD, J. L. (1976). The influences of potassium on resistance of oil

- pams to *Fusarium*. Potash Review. Subject 23. plant protection and plant diseases 49th Suite (6/7): 9.
25. SCHREIBER, L. R. & GREEN, R. J. (1963). Effect of root exudates on germination of conidia and microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* inhibited by the soil fungistatic principle. *Phytopathology* 53: 260-264.
26. SON, S. G., SHIN, H. S. & LEE, M. W. (1985). Effects of amendments on ginseng root rot caused by *Fusarium solani* population changes of the microorganisms in soil. *Kor. J. Mycol.* 13: 31-37.
27. STEINER, G. W. & LOCKWOOD, J. L. (1969). Soil fungistasis, sensitivity of spores in relation to germination time and size. *Phytopathology* 59: 1084-1092.
28. STOVER, R. H. (1958). Studies on *Fusarium* wilt of bananas. III. Influence of fungitoxins on behavior of *F. oxysporum* f. *cubense* in soil extracts and diffusates. *Can. J. Bot.* 36: 439-453.
29. TYURIN, A. T. (1938). The composition and structure of soil organo-mineral gels and soil fertility. *Soil Sci.* 45: 343-357.
30. YODER, D. L. & LOCKWOOD, J. L. (1973). Fungal spore germination on natural and sterile soil. *J. gen. Microbiol.* 74: 107-117.