

인삼 유묘 뿌리썩음병 진전에 따른 토양군별 특성

박규진* · 정후섭¹

한국인삼연구원 수원시험장, ¹서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과

Characteristics of Soil Groups Based on the Development of Root Rot of Ginseng Seedlings

Kyu Jin Park* and Hoo Sup Chung¹

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, P.O. Box 59, Suwon 440-600, Korea

¹Department of Agriculture Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

ABSTRACT : Based on the principal component analysis (PCA) of Richards' parameter estimates, ginseng field soils were grouped as the principal component 1 (PC1) and the principal component 2 (PC2). The microflora and physico-chemical characteristics of each soil group were compared to elucidate soil environmental factors affecting the disease development of root rot of ginseng seedling. Among 3 soil groups by PC1, there were differences in the populations of total fungi (TF) and *Cylindrocarpon* plus *Fusarium* (C+F), and the population ratio of *Cylindrocarpon* plus *Fusarium* to total fungi or total bacteria (C+F/TF, C+F/TB) in rhizoplane of ginseng seedlings, the population of total actinomycetes (TA) and the population ratio of total *Fusarium* to total actinomycetes (Fus/TA) in soil, and soil chemical properties (EC, NO₃-N, K, Mn, ect.). Among 4 soil groups by PC2, there were differences in TF, C+F, TB, C+F/TF and C+F/TB in the rhizoplane, *Trichoderma* plus *Gliocladium* (T+G) in soil, and P₂O₅ content in soil. Especially, EC, NO₃-N, K, K/Mg and Mn were positively correlated to PC1, and TA was negatively to PC1; however, TF, C+F, TB, C+F/TF and C+F/TB in the rhizoplane were significantly correlated to PC2 positively. On the other hand, microbes in the rhizoplane were not significantly correlated to the stand-missing rate (SMR), although TA and Fe/Mn were negatively correlated, and pH and Ca were positively correlated to SMR.

Key words : ginseng, root rot, soil grouping, microflora, physico-chemical properties.

인삼 뿌리썩음병과 같은 토양병은 토양 내에 이미 존재하는 전염원량에 따라, 또는 발병에 관여하는 근면 또는 근권 환경요인들의 상호관계에 따라 포장 내 또는 포장간 병진전 양상의 차이를 보인다. 특히 병발생 부위인 근면과 근권토양에는 토양과 식물체간 유기 또는 무기양분들의 이동이 활발하여 비근권 토양에 비해 병원균뿐 아니라 이들을 억제하는 길항균 등 많은 미생물이 존재한다(4, 18). 그리고 이곳에서의 미생물 생태는 토양 이화학성은 물론 작물 또는 품종, 생육 시기 및 생육 상황, 재배 조건 그리고 기타 환경요인에 의해서도 영향을 받는다(5, 16, 19, 20, 21).

지금까지 인삼 뿌리썩음병의 발병에 영향을 미치는

근권 환경요인을 구명하기 위해서는 포장에서의 병발생량, 인삼 생산량, 재배 경력, 재배 년근 또는 예정지 관리방법을 기준으로 인삼 재배토양을 분류하여 발병억제토양(disease suppressive soil)과 유발토양(disease conducive soil)의 개념에서 토양군간 미생물상 및 이화학적 특성을 비교·조사하였다(2, 3, 6-9, 14). 그러나 토양시료 또는 조사시기에 따라 조사항목과 조사방법 등에 차이가 있어 뿌리썩음병 발병과 관련됨을 보고한 토양요인들은 대부분 일관성이 없었다. 또한 환경요인들간의 종합적인 상호 관련성 조사가 미비한 실정이어서 아직까지 토양병 발생 또는 진전과 관련된 토양요인의 구명이 이루어져 있지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 뿌리썩음병 발생량 및 진전에 영향을 미치는 근면 및 근권 환경요인을 구명하기 위하여

*Corresponding author.

주변 환경조건을 일정하게 유지시킨 실험실에서의 생물검정 결과 나타난 유묘의 뿌리썩음병 병진전 양상에 따라 공시토양을 유별하고(15) 각 토양군별 토양특성을 비교하였다. 먼저 공시토양의 생물검정에서 나타난 유묘의 이병 원인을 구명하기 위해 이병조직으로부터 병원균을 분리하였다. 그리고 병진전 양상에 따른 각 토양군간의 미생물 생태 및 이화학적 성질을 비교하기 위해 유묘생육, 근면 및 토양 미생물상 밀도, 그리고 토양 이화학적 성을 조사하였다. 또한 생물검정에 의한 유묘의 병발생 변수 및 포장에서의 지상부 결주율과 토양 환경요인간의 상관성을 조사하였다.

재료 및 방법

토양군의 유별. 인삼 재배포장에서 채집된 37개 토양에 대한 뿌리썩음병의 유묘검정에서 나타난 병진전 곡선의 유형에 따라 공시토양을 유별하였다(15). 먼저 유묘검정에서 조사된 병진전 자료를 비선형 회귀분석하고, 얻어진 Richards' parameter인 A, B, K, M 추정치를 주요인 분석을 통해 자료 축약을 하였다. 여기서 병진전 곡선의 유형에 대한 정보 가운데 병진전 속도, 발병 시기 등과 같은 병진전 양상을 나타내는 제 1주요인(PC1; B, K, M)과 최종 발병정도를 나타내는 제 2주요인(PC2; A)으로 구분할 수 있었다. 그리고 PC1과 PC2를 좌표로 하여 공시된 토양들 간의 거리를 기준으로 PC1에 대해 3개 토양군(BKM1, BKM2, BKM3), 그리고 PC2에 대해 3개 토양군(A1, A2, A3)으로 각각 나누었고, 유묘검정에서 병이 거의 발생하지 않은 공시토양들을 1개의 토양군(A4)으로 구분하였다(15).

이병조직으로부터의 곰팡이 분리. 인삼 종자유묘의 시들음증상 조직 또는 뿌리썩음 조직으로부터 병원균을 분리하기 위해 이병조직을 sodium hypochlorite 0.5% 용액으로 30초 내지 1분간 표면살균하였다. 그리고 약 1 mm의 절편을 내고 acidified potato dextrose agar(APDA; Difco PDA 48 g, lactic acid 1 ml, streptomycin sulfate 300 mg, DW 1 L) 상에 올린 다음 15°C 배양조건에서 5 내지 10일간 배양하였다. 이 때 12시간씩의 광암처리를 하였다. 분리된 균은 포자 및 colony 형태, 색깔 등에 의해 genus를 동정하였고, 분리균의 빈도는 토양별로 조사된 조직 절편수에 대해 병원균이 분리된 절편수의 비율로 계산하였다.

유묘의 근면 미생물상. 인삼종자를 파종한지 30일 후에 유묘뿌리의 이병 여부를 육안 관찰하여 외형상 건전한 유묘를 선발하고, serial dilution surface plating법에 의해 유묘의 근면미생물상 및 균종별 밀도를

각 토양별로 3 plate씩 조사하였다. 반면 배양 중 시들음증상을 보인 유묘는 발견 즉시 근면 미생물상의 밀도를 조사하였다. 특히 *Cylindrocarpum*은 다른 균종에 비해 군사생장 속도가 늦어서 다른 균종의 군사가 덮을 경우 밀도조사가 어렵고, 또한 배양 초기에는 *Fusarium*과의 구별이 어려워 두 균종을 구분하지 않고 밀도 조사를 하였다. Total fungi의 배양조건은 이병조직으로부터 병원균을 분리하기 위한 조건과 동일하게 실시하였고, total fusaria는 20°C 배양조건의 PCNB 배지(11) 상에서 3 내지 5일간 배양하였다. 그리고 total bacteria와 Actinomycetes는 soil extract agar(SEA; Dextrose 10 g, K₂HPO₄ 0.4 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.2 g, yeast extract 1.0 g, agar 15 g, 25% soil extract 1 L), total *Pseudomonas*는 *Pseudomonas* isolation agar(PIA, Difco), 그리고 total pectolytic bacteria는 modified crystal violet pectate(CVP) 배지(17) 상에서 각각 2일간 27°C에서 배양하였다.

유묘의 생육. 건전 유묘의 경우 배양 30일 후 엽장, 엽폭, shoot 길이, 근장 그리고 유묘 생체중을 개체별로 조사하였고, 이병 유묘의 경우는 시들음 증상을 보인 유묘를 발견한 즉시 캐내어, 조사 가능한 생육형질을 조사하였다. 생체중은 종피는 제거한 후 지상·하부를 측정하였다. 그리고 반복당 인삼 발아 종자 7립씩 파종하여 3반복씩 실시한 각 토양별 조사치를 합산한 후 총 조사 개체수로 평균하였다.

토양의 미생물상 및 이화학적 성. 공시토양의 미생물상 및 이화학적 성 조사는 인삼 종자시험 전에 실시하였다. 토양 미생물상 및 밀도 조사는 serial dilution surface plating 법을 이용하였고, 사용배지 및 배양조건은 유묘의 근면 미생물상 조사방법과 동일하게 실시하였으며, 각 토양별로 반복당 3 plate씩 3반복 조사하였다. 그리고 토양 화학성 조사는 농촌진흥청 농업기술 연구소의 토양 분석법(12)에 준하였고, 각 토양당 1 내지 2반복씩 조사하였다.

통계 분석 방법. 생물검정에 의한 각 공시토양에서의 발아전 입고율(PDO), 경시별 이병율(DI), 최초 병징 발현일(DUS), 병진전 곡선면적(AUDPC) 등 병 발생 변수, 토양분류 기준인 PC1과 PC2, 그리고 포장에서의 지상부 결주율과 근면 및 토양미생물, 토양이화학적 성 환경요인과의 상호 관계를 구명하기 위해 단순상관 분석을 실시하였다.

결 과

이병조직으로부터의 곰팡이 분리빈도. 공시토양

에 관계없이 인삼 유묘의 줄기 및 뿌리 이병조직으로부터 분리된 우점균은 *Fusarium*과 *Cylindrocarpon*이었다. 그 밖에 분리된 균종들은 비병원성균인 *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Pythium*, *Chaetomium* 그리고 *Paecilomyces* 등이었고, 수원 5, 6년근 토양(토양번호 5, 6)에서는 *Rhizoctonia*도 분리되었다. *Fusarium*의 분리빈도는 다른 균종에 비해 30% 내외로 가장 높았지만, PC1 또는 PC2에 따른 토양군간 차이는 인정되지 않았다. *Cylindrocarpon*의 분리빈도는 토양시료 채취 당시 지상부 결주율이 낮았거나 생물검정시 이병율이 낮았던 A3, A4 토양군보다는 이병율이 높았던 A1, A2 토양군에서 높았다. 하지만 PC1에 따른 토양군간에는 BKM1 토양군이 다른 토양군에 비해 *Cylindrocarpon* 분리빈도가 다소 높았으나 큰 차이는 없었다. 그리고 일반 토양의 우점균이며 길항사상균의 하나인 *Trichoderma*와 *Gliocladium*의 분리빈도는 상대적으로 낮

았지만, B, K, M 값이 낮을 수록 증가하는 경향을 보였다(Table 1). 인삼유묘의 이병조직으로부터 분리된 균종의 분리빈도와 PC1과 PC2, 그리고 병발생 변수와의 상관성을 조사한 결과, 유묘 이병율, 병진전 곡선 면적은 *Cylindrocarpon* 분리빈도와 1% 유의 수준의 높은正的 상관을 보였고, 최초 병징 발현일은 負의 상관을 보였다. 또한 PC2는 *Cylindrocarpon* 및 *Trichoderma*와 *Gliocladium* 분리빈도와, 그리고 지상부 결주율은 *Cylindrocarpon*과 *Pythium* 분리빈도와 正的 상관을 보였다. 그러나 PC1과 발아전 입고율은 병원균 분리빈도와는 상관성이 없었다. 그리고 분리빈도가 가장 높았던 *Fusarium*과 그 밖의 기타 균종은 PC 1, PC2 및 병발생 변수들과 상관 유의성이 없었다 (Table 2).

유묘의 근면 미생물상. 인삼 유묘의 근면 사상균 중 우점균은 *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Penicillium* 그리고 *Aspergillus*이었다. PC1에 따른 토양군별 차이는

Table 1. Frequency^a of fungal isolation from diseased ginseng seedlings for individual soil groups

Group	Fus ^b	Cyl	Rh	T+G	P+A	R+M	Py	Others
BKM1	34.7± 3.7 ^c	14.1± 4.8	0.0±0.0	0.8±0.5	1.3±0.6	0.9±0.6	7.9±1.9	14.5±3.3
BKM2	30.0± 2.2	20.0± 3.4	1.1±1.0	2.3±0.7	1.6±0.7	0.9±0.4	6.9±1.6	9.4±1.2
BKM3	30.3± 4.3	19.5± 6.7	0.0±0.0	2.6±1.8	1.8±1.6	0.0±0.0	7.0±3.9	10.7±4.0
A1	32.2± 3.3	28.2± 3.8	0.0±0.0	4.0±1.2	1.3±0.5	0.8±0.4	7.9±2.0	9.4±1.7
A2	27.6± 3.6	19.2± 5.5	2.7±2.2	0.9±0.5	2.8±1.8	0.4±0.3	10.5±4.1	11.6±3.4
A3	31.0± 2.4	9.8± 2.9	0.0±0.0	1.2±0.9	1.3±0.9	0.5±0.5	4.5±1.5	11.1±2.5
A4	24.4±10.3	9.9± 6.5	0.0±0.0	3.7±1.3	2.1±0.9	3.3±2.0	5.0±3.0	14.3±5.1

^a Frequency of fungal isolation (%)=no. of tissues isolated each fungus/total no. of tissues examined × 100.

^b Fus : *Fusarium* spp.; Cyl : *Cylindrocarpon* spp.; Rh : *Rhizoctonia* spp.; T+G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; P+A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.; R+M : *Rhizopus* plus *Mucor* spp.; and Py : *Pythium* spp.

^c Average ± standard error. No. of soil samples examined; 4 for BKM1, 15 for BKM2 9 for BKM3, 11 for A1, 6 for A2, 11 for A3, and 7 for A4 group.

Table 2. Correlation coefficients^a of PC1, PC2, PDO, AUDPC, and SMR with frequency of fungal isolation from diseased ginseng seedlings

Microflora ^b	PC1 ^c	PC2	PDO	DI	AUDPC	DUS	SMR
<i>Fusarium</i>	0.196	0.161	-0.071	0.141	0.114	0.077	0.086
Cyl	0.087	0.606** ^d	0.084	0.533**	0.620**	-0.400*	0.671**
T+G	-0.064	0.422*	0.247	0.148	0.134	0.084	-0.102
P+A	0.022	0.109	0.122	0.000	0.084	0.055	0.113
<i>Pythium</i>	0.116	0.237	-0.164	0.182	0.221	0.179	0.428*
Others	-0.051	-0.206	0.105	-0.114	-0.126	0.045	0.135

^a No. of soil samples examined : 28 for PC1 and PC2, 31 for SMR, and 37 for the other variables.

^b Cyl : *Cylindrocarpon* spp.; T+G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; and P+A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.

^c PC1 and PC2 : the first and second principal component; PDO : preemergence damping-off; DI : disease incidence at 30 days after sowing; AUDPC : area under disease progress curve; DUS : days until the first symptom appeared; and SMR : stand-missing rate in field plots.

^d * and ** denote significance at p=0.05 and p=0.01, respectively.

B, K, M 값이 클수록 *Fusarium*과 *Cylindrocarpon* 밀도(C+F)를 비롯한 총사상균 밀도(TF)와 총사상균 및 총세균(TB)에 대한 *Fusarium*과 *Cylindrocarpon*의 밀도비(C+F/TF, C+F/TB)가 증가하였고, *Trichoderma*와 *Gliocladium* 밀도(T+G)는 반대로 감소하는 경향을 보였다. 한편 총세균, *Pseudomonas*(Ps), 그리고 pectin 분해세균(Pe) 밀도는 B, K, M 값에 따른 일정한 경향을 보이지 않고 BKM2 토양군이 가장 높았다. PC2에 따른 A1, A2, A3 토양군별 유묘의 근면 미생물상 밀도는 이병율이 높을수록 총사상균, *Cylindrocarpon*과 *Fusarium*, 총세균 및 pectin 분해세균 밀도, 그리고 C+F/TF 밀도비는 증가하였다. 반면에 TB/TF 밀도비는 이병율이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 그러나 예외적으로 인삼재배 예정지 토양이 주로 차지하며 이병율이 극히 낮았던 A4 토양군의 경우, 총사상균(*Rhizopus*, *Fusarium* 포함) 밀도와 TB/TF는 이병율에 따른 경향과 일치하지 않았고, 오히려 이병율이 높았던 토양군에 비해 높고 낮았다. 그 밖의 균종은 토양군간에 뚜렷한 경향을 보이지 않았다(Table 3). 한편 조사토양에 관계없이 건전 유묘와 이병 유묘를 선별한 후 이들의 근면 미생물상을 비교·조사한 결과, PC2에 따른 토양군간의 경향과 매우 유사하였다. 인삼 유묘 이병율과 근면 미생물상과의 상관성을 조사

한 결과는 다음과 같다. 발병정도를 나타내는 PC2, 유묘 이병율, 병진전 곡선면적 및 발아전 입고율은 A 토양군간에 차이를 보였던 총사상균, *Cylindrocarpon*과 *Fusarium*, pectin 분해세균 밀도, 또는 C+F/TF 및 C+F/TB 밀도비와 대부분 유의성 있는 正의 상관 관계를 보였다. 그러나 최초 병징 발현일은 C+F/TF 밀도비와 만 유의성 있는 負의 상관을 보였고, PC1과 지상부 결주율은 유묘의 근면 미생물과는 상관성을 보이지 않았다(Table 4).

유묘의 생육. 공시토양에서의 인삼 유묘의 생육 상태는 유묘 이병율과 반대 경향으로 토양 간 차이를 보였다. PC2에 의한 A1, A2, A3, A4 토양군간 인삼 유묘의 지상부, 지하부 생육 및 생체중 등 모든 생육 형질은 유묘 이병율(PC1값)이 높은 토양군일수록 불량하였고, 특히 근장 및 생체중은 지상부 생육형질에 비해 토양군간 차이가 심하였다. 그러나 PC1에 의한 토양군간에는 지상부 형질이 차이를 보이지 않고 비슷한 경향을 보였던 반면 근장은 BKM3 토양군이, 그리고 생체중은 BKM1 토양군이 양호하였다. 그리고 PC1에 의한 토양군간 생육형질 차이는 PC2에 비해 뚜렷하지 않았다(Table 5). 또한 공시토양에서의 인삼 유묘생육과 유묘의 발병 또는 병진전 관련 변수들과의 상관성에 있어서도 PC1과 PC2에 의한 토양군간

Table 3. Microflora on rhizoplane of ginseng seedlings for individual soil groups

Group	TF ^a	C+F	P+A	T+G	R+M	Other	Fus	TB	Ps	Pe	Microflora ratio		
	(cfu/cm/root, × 10)						(cfu/cm/root, × 10 ⁴)				C+F/TF	C+F/TB	TB/TF
BKM1	581.9 ±203.3 ^b	437.7 ±165.5	60.3 ±13.6	4.7 ±1.7	2.6 ±0.6	76.7 ±26.5	62.7 ±14.1	583.5 ±77.1	41.0 ±7.2	65.7 ±10.8	0.75	0.75	1.00
BKM2	331.2 ±37.8	236.4 ±33.2	38.7 ±2.3	4.1 ±0.3	4.4 ±0.4	45.8 ±4.7	51.3 ±4.4	1243.2 ±114.0	665.2 ±100.8	1562.4 ±182.3	0.71	0.19	3.75
BKM3	90.5 ±7.1	22.1 ±5.9	22.1 ±2.8	10.9 ±1.1	3.1 ±0.5	32.5 ±3.6	22.0 ±5.9	332.8 ±35.5	17.3 ±2.2	387.8 ±94.1	0.24	0.07	3.68
A1	712.1 ±88.9	556.5 ±76.4	59.9 ±4.6	6.7 ±0.9	3.2 ±0.4	86.2 ±11.6	85.9 ±7.1	1549.3 ±234.6	1232.3 ±219.7	3361.7 ±401.7	0.78	0.36	2.18
A2	112.5 ±14.2	46.7 ±11.6	26.7 ±4.5	7.1 ±0.9	3.5 ±0.7	29.0 ±3.5	45.2 ±11.8	634.9 ±90.0	13.2 ±2.5	476.4 ±118.3	0.41	0.07	5.64
A3	76.9 ±3.8	14.8 ±1.1	25.2 ±2.6	4.9 ±0.5	4.3 ±0.6	24.8 ±2.1	11.8 ±0.9	505.4 ±31.1	71.4 ±11.0	260.3 ±32.2	0.19	0.03	6.58
A4	153.9 ±24.4	14.6 ±2.2	21.2 ±1.9	6.2 ±0.9	8.0 ±2.0	103.8 ±21.0	14.6 ±2.2	287.0 ±30.8	79.4 ±14.1	239.5 ±56.4	0.10	0.05	1.87

^a TF : total fungi; C + F : *Cylindrocarpon* plus *Fusarium* spp.; P + A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.; T + G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; R + M : *Rhizopus* plus *Mucor* spp.; Fus : *Fusarium* spp. on PCNB medium; TB : total bacteria; Ps : *Pseudomonas*; and Pe : pectolytic bacteria.

^b Average ± standard error. No. of soil samples examined: 4 for BKM1, 15 for BKM2, 9 for BKM3, 11 for A1, 6 for A2, 11 for A3, and 7 for A4 group.

Table 4. Correlation coefficients^a of PC1, PC2, PDO, DI, AUDPC, DUS, and SMR with microflora on rhizoplane of ginseng seedlings

Microflora ^b	PC1 ^c	PC2	PDO	DI	AUDPC	DUS	SMR
TF	0.321	0.462 ^{ad}	0.559**	0.420*	0.336*	-0.174	0.194
C+F	0.323	0.467*	0.559**	0.464**	0.372*	-0.219	0.189
P+A	0.285	0.370	0.448**	0.397*	0.365*	-0.151	0.180
T+G	-0.326	0.091	0.032	0.091	0.075	-0.032	0.061
R+M	-0.048	-0.216	0.151	-0.181	-0.120	0.131	-0.110
Other	0.240	0.318	0.280	-0.004	0.025	0.112	0.172
Fus	0.314	0.481*	0.083	0.484**	0.506**	-0.644**	0.477**
TB	0.224	0.294	0.333*	0.381*	0.337*	-0.279	0.240
Ps	0.148	0.335	0.363	0.373	0.358	-0.297	0.160
Pe	0.133	0.534*	0.552**	0.482**	0.437*	-0.310	0.138
C+F/TF	0.395*	0.428*	0.219	0.468**	0.435**	-0.579**	0.260
C+F/TB	0.300	0.425*	0.490**	0.355*	0.296	-0.160	-0.011
TB/TF	-0.089	0.052	0.321	0.150	0.322	-0.113	0.226

^a No. of soil samples examined: 27 for TF and TB with PC1 or PC2, 18 and 17 for Ps and Pe with PC1 or PC2, 29 for TF and TB with SMR, 21 for Ps and Pe with SMR, and 35 for TF and TB, and 24 for Ps and Pe with the other variables, respectively.

^b TF : total fungi; C+F : *Cylindrocarpon* plus *Fusarium* spp.; P+A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.; T+G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; R+M : *Rhizopus* plus *Mucor* spp.; Fus. : *Fusarium* spp. on PCNB medium; TB : total bacteria; Ps : *Pseudomonas*; and Pe : pectolytic bacteria.

^c PC1 and PC2 : the first and second principal component; PDO : preemergence damping-off; DI : disease incidence at 30 days after sowing; AUDPC : area under disease progress curve; DUS : days until the first symptom appeared; and SMR : stand-missing rate in field plots.

^d * and ** denote significance at $p=0.05$ and $p=0.01$, respectively.

Table 5. Growth of ginseng seedlings for individual soil groups

Group	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (mg)
BKM1	1.7±0.1 ^a	0.8±0.0	7.4±0.4	1.8±0.3	141.7±13.4
BKM2	1.6±0.1	0.8±0.1	7.1±0.3	1.8±0.1	124.2±10.1
BKM3	1.7±0.2	0.9±0.1	7.5±0.4	2.2±0.3	126.6±17.9
A1	1.4±0.1	0.7±0.1	6.5±0.3	1.4±0.1	85.2±5.6
A2	1.7±0.1	0.9±0.0	7.7±0.4	2.1±0.2	140.6±12.5
A3	1.7±0.1	0.9±0.1	7.8±0.2	2.4±0.1	157.5±7.5
A4	1.9±0.2	1.0±0.1	8.3±0.3	2.6±0.2	174.6±11.1

^a Average±standard error. No. of soil samples examined; 4 for BKM1, 15 for BKM2, 9 for BKM3, 11 for A1, 6 for A2, 11 for A3, and 7 for A4 group.

경향과 유사하였다. 즉 근장과 생체중을 비롯한 모든 조사 생육형질은 PC1과 상관성을 보이지 않았던 반면, PC2, 유묘 이병율, 병진전 곡선면적 및 발아전 입고율과는 1내지 5% 수준에서 대부분 負의 상관관을 보였고, 상관 정도는 근장과 생체중>shoot 길이>엽형질 순으로 높았다. 그리고 최초 병징 발현일과 지상부 결주율은 shoot 길이, 근장 그리고 생체중과 각각 正의 상관과 負의 상관관을 보였으나, 엽장과 엽폭과는 상관성을 보이지 않았다(Table 6).

토양의 미생물상. 생물검정 시험 전에 조사한 각

공시토양의 미생물상 중 우점 사상균은 *Penicillium*과 *Aspergillus*이었다. 그리고 동일한 토양 희석배수 조건에서 배지 종류별 세균 밀도를 조사한 결과, CVP, PIA 배지 상에서는 SEA 배지에 비해 분리되는 세균 밀도가 극히 낮아 토양별 차이를 비교할 수 없었다. PC1에 따른 BKM1, BKM2, BKM3 토양군간에도 *Fusarium*(Fus)을 포함한 총사상균(TF)과 총세균(TB) 밀도는 차이를 보이지 않았다. 그러나 *Rhizopus* 및 총방선균 밀도(TA), 그리고 총사상균에 대한 총방선균 밀도비(TA/TF)는 PC1 값이 낮을수록 증가하는 경향

Table 6. Correlation coefficients^a of PC1, PC2, PDO, DI, AUDPC, DUS, and SMR with the growth of ginseng seedlings

Variable ^b	Leaf length	Leaf width	Shoot length	Root length	Fresh weight
PC1	-0.231	-0.243	-0.252	-0.286	-0.164
PC2	-0.438* ^c	-0.441*	-0.492**	-0.708**	-0.789**
PDO	-0.396*	-0.397*	-0.321	-0.412*	-0.365*
DI	-0.504**	-0.472**	-0.623**	-0.721**	-0.843**
AUDPC	-0.425**	-0.377*	-0.536**	-0.704**	-0.636**
DUS	0.063	0.000	0.598**	0.525**	0.473**
SMR	-0.015	-0.082	-0.501**	-0.405*	-0.381*

^a No. of soil samples examined; 28 for PC1 or PC2, 30 for SMR, and 36 for the other variables.

^b PC1 and PC2 : the first and second principal component; PDO : preemergence damping-off; DI : disease incidence at 30 days after sowing; AUDPC : area under disease progress curve; DUS : days until the first symptom appeared; and SMR : stand-missing rate in field plots.

^c * and ** denote significance at p=0.05 and p=0.01, respectively.

Table 7. Soil microflora for individual soil groups

Group	TF ^a	T+G	P+A	Muc	Rh	Other	Fus	TB	TA	Microflora ratio				
	(cfu/g soil, ×10 ³)						(cfu/g soil, ×10 ⁵)	(cfu/g soil, ×10 ⁵)		Fus/TF	Fus/TB	TB/TF	Fus/TA	TA/TF
BKM1	131.9	14.1	53.3	12.3	0.5	36.4	43.5	109.0	13.6	0.33	0.40	0.83	3.20	0.31
	±13.0 ^b	±5.3	±8.7	±5.3	±0.2	±4.4	±5.3	±34.4	±2.2					
BKM2	123.3	8.2	48.5	13.5	1.6	27.1	41.8	97.8	26.4	0.34	0.43	0.79	1.58	0.63
	±22.1	±1.1	±8.4	±6.9	±0.5	±3.3	±9.4	±42.0	±9.2					
BKM3	162.5	18.9	66.4	7.4	3.3	26.6	53.1	148.8	51.5	0.33	0.36	0.91	1.03	0.97
	±26.5	±3.1	±11.4	±4.2	±2.2	±5.6	±10.9	±46.9	±18.7					
A1	122.6	15.6	50.9	4.7	0.5	26.5	42.4	89.0	20.6	0.35	0.48	0.73	2.05	0.49
	±16.0	±3.0	±7.9	±1.9	±0.3	±3.2	±5.9	±22.0	±4.7					
A2	165.5	12.9	61.3	14.3	5.0	30.5	67.8	251.7	65.4	0.41	0.27	1.52	1.04	0.96
	±50.0	±3.3	±18.5	±7.7	±2.4	±7.2	±21.8	±97.4	±28.2					
A3	136.2	9.2	55.6	16.3	1.9	28.8	36.8	68.2	26.8	0.27	0.54	0.50	1.38	0.73
	±16.6	±2.1	±7.4	±8.7	±0.7	±3.9	±4.4	±13.0	±5.7					
A4	156.3	9.7	67.6	14.2	3.1	34.0	49.6	100.9	32.0	0.32	0.49	0.65	1.55	0.65
	±30.7	±2.5	±15.7	±9.2	±0.7	±7.4	±7.8	±12.9	±4.5					

^a TF : total fungi; T+G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; P+A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.; Muc : *Mucor* spp.; Rh : *Rhizopus* spp.; Fus : *Fusarium* spp. on PCNB medium; TB : total bacteria; TA : total actinomycetes.

^b Average ± standard error. No. of soil samples examined: 4 for BKM1, 15 for BKM2, 9 for BKM3, 11 for A1, 6 for A2, 11 for A3 and 7 for A4 group.

을 보였던 반면, 총방선균에 대한 *Fusarium* 밀도비 (Fus/TA)는 반대로 감소하는 경향을 보였다. PC2에 따른 A1, A2, A3 토양군별 총사상균, 총세균 및 총방선균 밀도 그리고 균종별 분포비 중 총사상균에 대한 *Fusarium* 및 세균 밀도비(Fus/TF, TB/TF), 총세균에 대한 *Fusarium* 밀도비(Fus/TB)는 토양군간 일정한 경향을 보이지 않았다. 그러나 사상균 중 *Trichoderma*와 *Gliocladium* 밀도(T+G) 및 Fus/TA 밀도비는 유묘 이병율이 높을수록 높은 경향이였다(Table 7). 토양 중의 미생물 밀도 및 그 분포비와 PC1, PC2 및 병발생 변

수와 의 상관성을 조사한 결과, *Rhizopus* 밀도는 유묘 이병율 및 병진전 곡선면적과, 그리고 Fus/TB 밀도비는 최초 병징 발현일과 유의성 있는 負의 상관을 보였다. PC1과 포장에서의 지상부 결주율은 총방선균 밀도와 負의 상관을 보였다. 그 밖의 균종 및 균 밀도비는 발병 관련 요인과 유의성이 없었다(Table 8).

토양의 이화학적. 생물검정 시험 전에 공시토양의 이화학적을 조사한 후 토양군별 차이를 비교하였다. 조사항목 중 양이온 치환능(CEC)은 염기 치환능(base)과 수소이온 치환능(H⁺)으로 구분하여 조사하였다.

Table 8. Correlation coefficients^a of PC1, PC2, PDO, DI, AUDPC, DUS, and SMR with soil microflora

Microflora ^b	PC1 ^c	PC2	PDO	DI	AUDPC	DUS	SMR
TF	-0.251	-0.085	0.142	-0.162	-0.106	0.194	-0.265
T+G	-0.285	0.347	0.168	0.215	0.186	-0.222	0.036
P+A	-0.255	-0.046	0.202	-0.156	-0.083	0.182	-0.197
Muc	0.118	-0.345	-0.147	-0.211	-0.167	0.158	0.024
Rh	-0.334	-0.223	-0.016	-0.343* ^d	-0.340*	0.206	0.053
Other	0.086	-0.089	0.164	-0.165	-0.068	0.069	-0.024
Fus	-0.150	0.045	-0.026	-0.031	0.040	0.068	-0.178
TB	-0.093	0.053	0.213	-0.006	0.059	0.138	-0.036
TA	-0.382*	-0.092	0.018	-0.175	-0.147	0.196	-0.477**
Fus/TF	0.131	0.259	-0.217	0.082	0.107	-0.030	0.104
Fus/TB	0.025	0.130	-0.243	0.231	0.284	-0.462**	0.334
TB/TF	0.019	0.202	0.204	0.148	0.183	0.096	0.171
Fus/TA	0.143	0.149	-0.066	0.194	0.208	-0.292	0.039
TA/TF	-0.360	-0.052	-0.179	-0.144	-0.144	0.190	-0.196

^a No. of soil samples examined: 28 for PC1 or PC2, 30 for SMR, and 36 for the other variables.

^b TF : total fungi; T+G : *Trichoderma* plus *Gliocladium* spp.; P+A : *Penicillium* plus *Aspergillus* spp.; Muc : *Mucor* spp.; Rh : *Rhizopus* spp.; Fus : *Fusarium* spp. on PCNB medium; TB : total bacteria; TA : total actinomycetes.

^c PC1 and PC2 : the first and second principal component; PDO : preemergence damping-off; DI : disease incidence at 30 days after sowing; AUDPC : area under disease progress curve; DUS : days until the first symptom appeared; and SMR : stand-missing rate in field plots.

^d * and ** denote significance at p=0.05 and p=0.01, respectively.

Table 9. Physico-chemical properties of soils for individual soil groups

Group	1 : 5 (w/v)		P ₂ O ₅	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	K/Mg
	pH	E.C. ^a (mmhos)							
BKM1	5.7±0.2 ^b	0.16±0.03	79.9±29.9	6.8±0.4	38.8±4.6	0.35±0.05	2.53±0.31	1.24±0.21	0.28
BKM2	5.3±0.1	0.10±0.01	84.0±16.1	8.2±1.2	40.1±5.4	0.28±0.03	2.14±0.14	0.96±0.13	0.29
BKM3	5.7±0.2	0.08±0.01	62.2±20.9	4.6±0.9	26.1±6.2	0.20±0.02	2.10±0.18	1.18±0.13	0.17
A1	5.5±0.2	0.11±0.01	63.6±15.2	6.8±1.3	41.6±6.4	0.26±0.03	2.18±0.21	0.93±0.06	0.28
A2	5.6±0.1	0.10±0.01	50.2±13.5	5.5±1.8	29.0±5.3	0.30±0.05	2.52±0.20	1.29±0.16	0.23
A3	5.4±0.1	0.10±0.02	103.5±22.5	7.5±0.9	32.7±5.5	0.25±0.03	2.00±0.12	1.08±0.19	0.23
A4	5.6±0.3	0.08±0.01	116.9±22.7	6.4±0.6	29.4±6.7	0.24±0.04	2.28±0.24	0.88±0.16	0.28

Table 9. Continued

Group	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe/Mn	CEC (mg/100 g)	WHC (%)	OM (%)
BKM1	27.8±5.2	18.3±1.2	1.2±0.1	1.5±0.4	1.52	6.4±0.4	37.9±0.1	1.2±0.2
BKM2	31.2±3.0	17.1±1.1	1.5±0.1	2.0±0.3	1.82	6.8±0.5	36.9±0.8	1.2±0.1
BKM3	24.5±2.0	15.6±1.3	1.3±0.0	1.4±0.2	1.57	5.8±0.3	36.7±1.0	1.0±0.1
A1	27.4±2.6	16.6±1.0	1.3±0.1	1.9±0.3	1.65	6.1±0.3	37.1±0.7	1.1±0.1
A2	21.2±1.6	18.1±1.3	1.6±0.3	2.1±0.4	1.17	7.2±0.8	38.5±1.4	1.2±0.1
A3	33.7±3.7	16.3±1.3	1.3±0.1	1.3±0.2	2.07	6.4±0.4	36.0±0.8	1.2±0.1
A4	25.8±5.6	13.0±1.2	1.4±0.1	2.4±0.9	1.98	5.5±0.6	39.7±2.6	1.1±0.2

^a EC : electric conductivity; CEC : cation exchange capacity; WHC : water holding capacity; OM : organic matter.

^b Average±standard error. No. of soil samples examined; 4 for BKM1, 15 for BKM2, 9 for BKM3, 11 for A1, 6 for A2, 11 for A3 and 7 for A4 group.

Table 10. Correlation coefficients^a of PC1, PC2, PDO, DI, AUDPC, DUS, and SMR with physico-chemical properties of soils

Property ^b	PC1 ^c	PC2	PDO	DI	AUDPC	DUS	SMR
pH	-0.154	0.010	0.000	-0.045	0.000	-0.089	0.381*
EC	0.643** ^d	0.054	0.359*	0.311	0.313	-0.212	0.220
OM	0.303	-0.036	0.161	0.000	0.089	-0.122	0.061
P ₂ O ₅	0.022	-0.210	0.105	-0.305	-0.308	0.310	-0.140
NH ₄ -N	0.156	-0.053	-0.197	0.000	0.000	-0.249	0.120
NO ₃ -N	0.411*	0.226	0.387*	0.375*	0.311	-0.077	0.152
K	0.557**	-0.035	0.122	0.118	0.237	-0.308	0.336
Ca	0.276	0.051	-0.126	0.032	0.045	-0.261	0.432*
Mg	-0.003	-0.283	-0.270	0.000	-0.032	-0.110	0.169
K/Mg	0.441*	0.060	0.182	-0.055	0.000	0.100	-0.025
Fe	0.145	-0.158	0.063	-0.045	-0.118	0.105	-0.259
Mn	0.381*	0.109	0.182	0.268	0.202	-0.212	0.024
Zn	0.087	0.061	0.000	0.000	0.032	-0.230	0.007
Cu	0.130	0.233	0.032	0.032	0.000	-0.077	-0.027
Fe/Mn	-0.211	-0.262	-0.141	-0.230	-0.283	0.182	-0.419*
CEC	0.355	-0.057	-0.084	0.164	0.126	-0.245	0.139
(Base)	0.316	-0.031	-0.063	0.126	0.110	-0.170	0.296
(H ⁺)	0.220	-0.056	-0.063	0.105	0.063	-0.179	-0.136
WHC	0.357	0.114	-0.045	-0.084	0.000	0.095	0.323

^a No. of soil samples examined: 28 for PC1 or PC2, 31 for SMR, and 37 for the other variables.

^b EC : electric conductivity; CEC : cation exchange capacity; WHC : water holding capacity; and OM : organic matter.

^c PC1 and PC2 : the first and second principal component; PDO : preemergence damping-off; DI : disease incidence at 30 days after sowing; AUDPC : area under disease progress curve; DUS : days until the first symptom appeared; and SMR : stand-missing rate in field plots.

^d * and ** denote significance at $p=0.05$ and $p=0.01$, respectively.

PC1에 의한 BKM 토양군별 특성은 PC1 값이 클수록 EC, 질산태 질소, K, Ca 및 망간 함량, K/Mg 비도 증가하는 경향을 보였다. 그리고 암모니아태 질소 함량, Fe/Mn비는 특히 BKM2 토양군이 가장 높았으나, 그 밖의 요인들은 토양군간 일정한 경향을 보이지 않았다. 또한 PC2에 따른 A1, A2, A3, A4 토양군별 토양 이화학적 특성은 유묘 이병율이 높은 토양군일수록 EC, 질산태 질소 함량은 증가하고, 유효인산 함량은 감소하는 경향을 보였다. 그리고 그 밖의 요인들은 A 토양군간 일정한 경향을 보이지 않았다(Table 9). 토양 이화학 성분과 PC1과 PC2 및 병발생 변수와의 상관성을 조사한 결과, PC1에 따른 토양군간에 차이를 보인 EC, 질산태 질소, K, K/Mg, 망간 함량은 5% 또는 1% 수준에서 PC1과 정의 상관성을 보였다. 발아전 입고율은 EC 및 질산태 질소와, 그리고 유묘 이병율은 질산태 질소와 정의 상관성을 보였다. 그러나 PC2, 병진전 폭선면적, 그리고 최초 병징 발현일과 토양 이화학적 성분과는 유의성 있는 상관관계를 보이지 않았다. 지상부 결주율은 pH 및 Ca과 정의 상관, 그리고 Fe/

Mn 비와는 負의 상관관을 보여, 유묘의 병발생 변수와 토양 이화학적 성분의 상관 경향과는 차이를 보였다 (Table 10).

고 찰

병원균의 감염부위인 근면에서는 뿌리썩음병 이병율이 높을수록 총사상균, *Cylindrocarpon*과 *Fusarium*, 총세균 및 pectin 분해세균 밀도가 높았다. 특히 이병 조직 또는 근면으로부터의 *Cylindrocarpon* 분리빈도 및 밀도는 PC2 및 이병율과 유의성 있는 정의 상관관을 보였던 반면, *Fusarium*은 유의성이 없었던 점으로 미루어 공시토양에서의 유묘 시들음증상은 *Cylindrocarpon*이 주 병원균이었다. 하지만 *Fusarium*은 이병 조직으로부터 분리빈도가 높고, *Cylindrocarpon*과 동시에 분리되는 경우도 많다(7, 8, 23). 따라서 *Fusarium* spp.의 병원성 조사 및 뿌리썩음병 발병에 있어 *Cylindrocarpon*과 *Fusarium* spp.와의 관계에 대한 연구가 깊이 있게 수행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 이병토양의 근면에서 높은 밀도를 보였던 총세균,

Pseudomonas 및 pectin 분해세균 중 유묘 이병율과 높은 상관성을 보인 것은 pectin 분해세균이었다. Pectin 분해세균은 이병조직 또는 이병토양 중에 많이 존재하며(6, 8), 특히 *Erwinia carotovora*와 *Pseudomonas fluorescens*는 인삼 뿌리썩음병균의 하나로 무름썩음 증상을 야기한다고 하였다(1, 10, 13, 23). 또한 *E. carotovora*는 인삼 줄기의 무름썩음에도 관여한다는 보고도 있다(22). 하지만 본 시험에서는 무름썩음증상을 보이지 않아 pectin 분해세균이 병원균으로서 직접 작용했다기보다는 *Cylindrocarpon*에 의한 유묘 뿌리썩음병 진전에 간접적으로 영향을 미쳤거나, *Cylindrocarpon* 감염후 부패과정에서 2차적으로 증가하여 유묘 이병율과 상관성을 보인 것으로 추측된다.

토양군별 특성 중 근면의 C+F/TF와 C+F/TB 밀도비는 병발생변수들과 상관성이 높아 특히 PC2에 따른 A 토양군에서 뚜렷한 차이를 보였다. 하지만 TB/TF비는 A1, A2, A3 토양군에서는 이병율이 높을수록 낮았던 반면, A4 토양군에서는 이병율이 극히 낮았음에도 불구하고 TB/TF비는 낮아 다른 토양군의 이병율에 따른 경향과는 상반되었다. 이는 예정지 토양이거나 재배년수가 적은 토양들이 대부분 포함된 A4 토양군과 재배년수가 상대적으로 많은 A1, A2, A3 토양군의 차이로, 세균의 밀도변화는 재배년수가 증가할수록 또는 이병율이 높을수록 근면에서의 길항세균은 감소하지만 병원세균(Pe)을 포함한 총세균은 급격히 증가하였다. 그러나 사상균은 예정지 관리시 토양에 처리된 청초 등 C/N율이 높은 유기물에 의해 초기에는 비병원성균이 대부분인 총사상균의 밀도가 증가하다가 재배년수 또는 이병율이 증가함에 따라 감소하지만 반대로 병원미생물을 포함한 총사상균의 밀도는 특히 근면에서 급격히 증가하였기 때문으로 사료된다. 그리고 이병율에 따른 토양군별 미생물상 차이가 토양보다는 근면에서 뚜렷하였고, 세균보다는 사상균(병원미생물 포함)이 심하였는데, 이는 인삼의 경우 모든 년생에서 사상균은 세균에 비해 근권효과(rhizosphere effect)가 높았고 사상균 중에는 특히 *Fusarium*이 다른 균종에 비해 높았기 때문이다(미발표 자료). 이와 비슷한 결과로 전전식물보다는 이병식물, 또는 저항성 품종보다는 감수성 품종 근면에서 세균과 사상균 밀도가 더 높았고, 또한 근권효과도 더 높았던 반면, 길항성 세균의 빈도는 반대 경향을 보였다는 보고가 있다(4, 16, 19, 21). 한편 PC1 또는 PC2에 따른 토양군간에 차이를 보인 토양요인들은 방선균과 관련된 요인(TA, Fus/TA)과 EC, 질산태 질소, 유효인산, K, K/Mg, Mn으로, 이들 요인 중 유묘 이병율과正的 상관

을 보인 것은 질산태 질소뿐이고, 나머지 요인들 대부분은 병진전을 나타내는 PC1과 상관 관계를 보였다. 따라서 발병정도(이병율)의 높고 낮음은 근면 미생물 중 *Cylindrocarpon* 등 병원미생물의 밀도 또는 그 분포비의 높고 낮음과 관련이 있었던 반면, 병진전 경향 또는 발병 시기 등은 주로 토양요인과 관련이 있었다. 그리고 뿌리썩음병 이병율이 높은 토양일수록 인삼 유묘생육도 불량하였으며, 발병 및 병진전 관련 요인들과 正의 상관성을 보였던 대부분의 근권환경요인들이 인삼생육에 (-) 영향을 미쳤다(미발표 자료). 따라서 뿌리썩음병 발병정도에 따라 유묘생육이 영향을 받든 듯하나, 일반적으로 식물체의 생육은 토양병 발생의 경우와 마찬가지로 기상 환경 뿐 아니라 근면 미생물상 및 근권 토양환경의 영향을 받는다. 그러므로 인삼 유묘의 생육 불량 원인을 단순히 병에 걸려 생육이 저해되었다기보다는, 발병 및 병진전과 관련된 토양의 생물적 또는 비생물적 요인들의 영향에 의해 1차적으로 생육이 저해되고, 이에 따라 뿌리썩음병의 발병도 촉진되어, 이병된 뿌리는 물론 다른 형질의 생육도 더욱 저해된 것으로 사료된다.

지금까지 인삼 뿌리썩음병의 발생에 영향을 미치는 환경요인을 구명하기 위하여 보고된 결과에 의하면 포장에서의 결주율 또는 뿌리썩음병 발병율은 토양요인들 중 총사상균과 총세균(3, 7), 방선균(6) 및 길항균 밀도(2, 6) 그리고 점토 함량(9, 14)은 負의 상관성을 보였고, *Erwinia* 밀도(6, 8), 질산태 질소(9, 14), 유효인산(14), Mg와 Na(3, 7)는 正의 상관성을 보였다. 하지만 본 시험에서 지상부 결주율은 토양 중의 방선균과 Fe/Mn비와는 負의 상관, 그리고 pH와 Ca와는 正의 상관성을 보여, 지금까지 보고된 결과들과는 차이를 보였다. 이와 같이 결주율과 상관성을 보인 토양요인들 대부분이 일관성이 없었던 이유는 조사시기 또는 재배년군이 다르고 토양시료에 따라 조사항목과 조사방법 등에 차이가 있었으며, 또한 포장에서의 지상부 결주율 또는 이병율은 재배 관리방법 및 지역(또는 토양) 등 환경요인에 따라서도 차이를 보이기 때문으로 사료된다. 따라서 환경요인 중 토양수분과 온도를 일정하게 유지시킨 조건에서 공기토양의 뿌리썩음병에 대한 유묘검정을 실시하고, 얻어진 병진전 곡선의 유형에 따라 구분된 토양군별 식물병학적 특성을 조사하였다. 그 결과 유묘의 병발생량(이병율)은 근면에서의 병원균 밀도(*Cylindrocarpon*과 *Fusarium*) 또는 다른 균종에 대한 병원균 밀도비(C+F/TF, C+F/TB)가, 그리고 병진전 양상은 토양 중의 총방선균 밀도, EC, 질산태 질소, K/Mg, Mn 등이 영향을 미쳤다. 그러나 이들 근

권환경요인 대부분은 포장에서의 지상부 결주율과 상관성이 낮아 포장에서의 병발생 상황(결주율)을 직접 설명할 수는 없었다. 하지만 생물검정에 의한 유묘 이병율은 포장에서의 지상부 결주율과 고도의 유의성 있는 正의 상관 관계를 보였다. 따라서 생물검정을 통해 인삼 유묘의 이병율을 조사하고 또한 이병율 및 병진전에 영향을 미치는 근면 또는 토양 환경요인들을 이용하여 토양에서의 뿌리썩음병 발생을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

Richards' parameter 추정치를 주요인 분석(principal component analysis)하여 인삼 유묘의 뿌리썩음병 진전상황(PC1과 PC2)에 따라 인삼재배토양을 유별하고, 각 토양군별 근면 미생물 및 토양 이화학적 특성을 비교하여 병발생에 영향을 미치는 근면 환경요인을 구명하였다. 병진전 경향(PC1)에 따른 토양군별 특성은 근면의 총사상균(TF), *Cylindrocarpon*+*Fusarium* 밀도(C+F), 총사상균(TF) 및 총세균(TB)에 대한 *Cylindrocarpon*+*Fusarium*의 밀도비(C+F/TF, C+F/TB), 토양 중의 총방선균(TA), 총방선균에 대한 *Fusarium* 밀도비(Fus/TA), 그리고 토양 화학성분 중 EC, NO₃-N, K, Mn 등이 차이를 보였다. 특히 근면의 C+F/TF 비, 화학성분 중의 EC, NO₃-N, K, K/Mg, Mn은 PC1과 正의 상관, 그리고 토양 중의 TA와는 負의 상관을 보였다. 그리고 병발생량(PC2)에 따른 토양군별 특성은 근면의 TF, C+F, TB, C+F/TF, C+F/TB, 그리고 토양 중의 *Trichoderma*+*Gliocladium*(T+G), 유효인산 함량 등이 토양군간 차이를 보였다. 특히 근면의 TF, C+F, TB, C+F/TF, C+F/TB는 PC2와 유의성 있는 正의 상관을 보였다. 한편 포장 결주율과는 토양 중의 TA, Fe/Mn은 負의 상관, 그리고 pH, Ca는 正의 상관을 보였고, 근면 미생물과는 상관성을 보이지 않았다.

감사의 말씀

토양 이화학성 분석을 위해 도움을 주신 한국인삼연조연구원 이태수박사와 이종률 연구원께 감사드립니다.

참고문헌

- 정후섭. 1979. 인삼의 병. 한국식물보호연구보고, pp. 107-114. 한국식물보호학회.
- 정영륜, 김홍진, 오승환, 이일호. 1983. 인삼근부병 억제토양과 유발토양의 특성. 한국식물보호학회지 22 : 203-207.
- 정영륜, 김홍진, 오승환, 박규진. 1984. 인삼근부병 억제토양 및 유발토양의 근권환경 비교. 한국식물보호학회지 23 : 142-146.
- Gilbert, G. S., Handelsman, J. and Parke, J. L. 1994. Root camouflage and disease control. *Phytopathology* 84 : 222-225.
- Huber, D. M. 1989. Introduction. In : *Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements*, pp. 1-8, ed. by A. W. Engelhard. APS Press, St. Paul, MN.
- 김홍진, 이순구, 오승환, 김요태. 1981. 인삼근부병 방제연구. 인삼연구보고서(인삼재배), pp. 3-19. 한국인삼연조연구원.
- 김홍진, 박규진, 이순구, 이종화. 1987. 인삼 연작장해의 생물학적 방제연구. 인삼연구보고서(인삼재배), pp. 1-141. 한국인삼연조연구원.
- 김영호, 이장호, 오승환, 유연현, 이일호. 1993. 폐포지 인삼생육과 인삼생육에 미치는 요인. 고려인삼학회지 17 : 45-51.
- 이일호, 박찬수, 박현석, 육창수. 1985. 인삼식부 예정지 관리에 관한 연구. 제2보. 2년근 포지의 토양특성 변화 및 결주율과의 관계. 고려인삼학회지 9 : 36-41.
- 이민웅. 1975. 인삼근부병을 일으키는 *Pseudomonas fluorescens*에 관한 연구. 한국미생물학회지 13 : 143-156.
- Nash, S. M and Snyder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. *Phytopathology* 52 : 567-572.
- 농업기술연구소. 1978. 토양화학분석법.
- 오승환. 1981. 인삼의 병해: 환경 및 기후조건과 발병과의 관계. 고려인삼학회지 5 : 73-84.
- 오승환, 정영륜, 유연현, 이일호. 1982. 인삼재배포장에서 *Fusarium* 밀도와 근부에 영향을 미치는 토양환경 요인. 한국식물병리학회지 21 : 68-72.
- 박규진, 박은우, 정후섭. 1997. 유묘 뿌리썩음병 진전에 따른 인삼재배토양의 유별. 한국식물병리학회지 13 :
- Peterson, E. A. 1958. Observations on fungi associated with plant roots. *Can. J. Microbiol.* 4 : 257-265.
- Schaar, N. W. 1988. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*, 2nd ed. APS Press. 164pp.
- Schippers, B., Bakker, A. W. and Bakker, A. H. M. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25 : 339-358.
- Strzelczyk, Z. 1963. Studies on the rhizosphere mi-

- croflora of plants resistant and susceptible to soil borne diseases. I. Microbial characteristics of rhizosphere and nonrhizosphere soil. *Acta Microbiologica Polonica* 12 : 211-223.
20. Thornton, R. H. 1965. Studies of fungi in pasture soils. I. Fungi associated with live roots. *N. Z. J. Agric. Res.* 8 : 417-449.
21. West, P. M. and Lochhead, A. G. 1940. The nutritional requirements of soil bacteria- A basis for determining the bacterial equilibrium of soils. *Soil Sci.* 50 : 409-420.
22. 유연현, 이영근, 오승환. 1991. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 인삼의 줄기무름 증상에 관하여. 한국식물병리학회지 7 : 183-187.
23. 유연현, 오승환. 1993. 인삼 병 연구의 과거와 현재. 고려인삼학회지 17 : 61-68.

(Received 10 Feb. 1997)