

과제구분	Code :	수행시기	전반기	연구기간	1999(1년차 완결)
연구과제명	주요 근채류 안정생산 연구			과제책임자	안수용
세부과제명	영동지역 주요 근채 토양병해 발생 토양 환경요인 조사				
색인용어	토양병해, 화학성				
연구원별임무					
구분	소속	성명	전화번호	담당임무	
연구책임자	해안농업시험연구팀	김기선	(0391) 648-2521	과제업무 총괄수행	
공동연구자	"	원재희	"	발병토양물리성 분석	
	"	안수용	"	연구방향 설정 및 분석	
	강원대	양재의	(0361) 250-6446	토양 화학성 및 기상 환경 변화조사	

ABSTRACT

This studies was conducted to establish the standard of soil management according to investigate the environmental factors in field of radish and carrot infected with soilborne diseases.

The soil pH of cropped radish was lower than the optimum range 6.0~6.5 but had not correlations with disease. The content of K⁺ among the exchangeable cations had no difference in radish, but the suppressive soil to diseases than the conducive soil in carrot. The contents of micro-elements were much higher than the optimum range in soils conducive and suppressive to diseases. The contents of nutrients in cropping field were generally much lower than the appropriate range, so, the further studies are demanded to evaluate the soil fertility.

연구배경

영동지역은 해양성기후로 인하여 겨울에 비교적 온난하고 여름은 시원한 특성을 지니고 있다. 이 지역의 주요 작물은 고랭지를 중심으로 무, 배추, 당근, 감자 등이 단작형태로 재배되고 있으며, 평남지의 경우 봄감자+단무지용 무, 봄무+당근, 당근 2기작 재배 등 사구지 토양의 특성상 단순한 작부체계를 지니고 있다. 이러한 집약적 작부체계로 인해 토양지력의 약화와 함께 토양전염성 병의 발병율이 해마다 증가하여 연작장해를 초래하고 있어, 이에 대한 원인구명 및 방지대책이 시급한 실정이다. 특히 고랭지 농업의 주 소득원인 배추의 경우 '92년 바이러스 무름병(전체 29%), '93년 석회결핍증, '94년 노균병(13~55%), '96~'97 무사마귀병 등이 보고되었고(최 등, 1997), 이들에 의한 피해면적의 확대와 병종이 다양화되는 현상을 보이고 있다.

이런 병해의 확산요인으로는 단작에 의존한 지나친 연작 및 약탈식 농업으로 인한 지력의 감퇴, 이상 기후에 따른 고온 다습한 환경변화 등이 있는 것으로 추측된다. 그러나 토양전염성 식물병은 공기전염성 병과는 달리 화학적 방제가 어렵고, 근권 토양의 병원균 활동과 발병에 영향을 미치는 환경요인도 산도, 유기물, 질소 및 미량원소 함량 등의 화학성과 물리적 성질 그리고 길항균, 부생균, 선충 등의 미생물에 의한 생물적인 요인 등 다양하다. 최근 식물보호 및 병리학자에 의해 토양전염성 병원균에 직접적인 작용을 하는 길항균을 이용한 생물적 방제 측면으로 매우 활발히 연구되고 있다. 그러나 토양 이 화학적 환경이 토양병에 직·간접적으로 관여한다는 여러 보고(이, 1996. 정 등, 1984)가 발표되고 있지만 이에 대한 구체적인 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 토양 이 화학성에 의한 토양병해 발생토양의 환경요인을 조사함으로써 작물 재배지에 맞는 토양비배 관리 기준을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 토양시료채취

조사 작물은 이 지역의 주요 재배작물인 무, 당근을 대상으로 하였다. 조사지역은 강릉시(왕산면), 평창군(도암면, 용평면) 소재 농가중 병징이 발현된 7개소를 임의 선정하였고, 조사시기는 무, 당근 생육후반기 및 수확기인 8월 7일, 9월 16일, 10월 5일 3회에 걸쳐 실시하였다. 조사방법은 대상작물 재배포장을 육안으로 관찰하여, 국부적으로 반경 1m² 이내 70% 이상 발병이 된 지점의 발병율 및 병종을 확인한 후 근권토양을 채취하였다. 또한 정상적으로 생육하고 있는 지점의 토양도 같은 방법으로 채취하여 운반하였다.

2. 토양시료 조제

운반된 시료는 풍건한 후, 2mm체로 사별하여 토양화학성 분석에 이용하였다.

3. 토양분석 방법

토양의 pH는 1:5로 진탕하여 1시간 정치후 pH meter를 이용하여 측정하였고, 유기물 함량은 Tyurin법으로, 유효인산의 함량은 Lancaster법으로 분석하였다. 치환성 양이온은 1N-Ammonium Acetate 포화법으로 침출하여 원자분광흡광도계를, 미량원소(Cu, Mn, Fe, Zn)는 DTPA침출액을 사용하여 ICP로 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

조사지역과 가까운 대관령의 월별 강우량을 그림 1에서 살펴보면 가을무, 당근의 생육 후기 및 수확기인 8월 하순부터 10월 중순까지 145.3~639.9mm로 전반기나 중반기에 비해 현저히 증가하여, 상대적으로 습도에 의한 병 발생 여건이 높은 것으로 사료되었다.

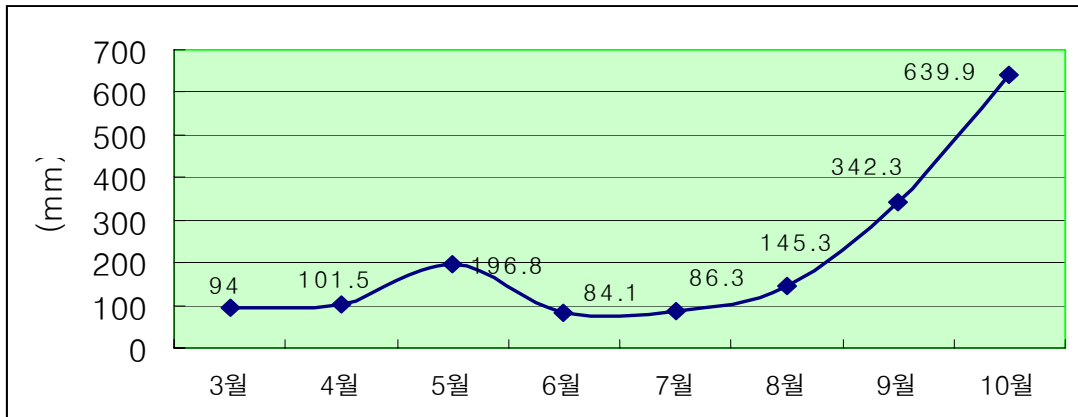


그림 1. '99년도 대관령 월별 강우량

작물별로 발생하는 병종은 무의 경우 세균성 시들음병(Bacterial wilt), 무름병(Soft rot), 검은썩음병(Black rot), 뿌리혹병(Clubroot), 검은뿌리썩음병(Black root rot), 뿌리썩음병(Rhizoctonia root rot) 등이고, 당근은 관부썩음병(Crown rot), 무름병(Soft rot), 균핵병(Sclerotinia rot), 마름썩음병(Fusarium dry rot) 등이 주요 병해로 알려져 있지만, 조사 지역의 발병포장에서 관찰된 병의 종류는 가을무, 당근 공히 무름병이 81.3~83.0%로 가장 많았다(표 1). 이것은 고온다습한 기후에서 병원균의 발병빈도가 높은 점을 감안할 때 생육 중기 이후에 강우량이 많았던 데에 따른 영향으로 사료된다.

표 1. 발병지 토양의 병종 분포

(단위 : %)

작 물	병 명 (common name)				
	Soft rot	Fusarium wilt	Crown rot	Fusarium dry rot	기타
가을무	81.3	12.5	-	-	0.6
당 근	83.0	-	15.3	8.3	-

표 2. 무 재배지의 토양화학성

지 역	토양 유형	pH	O.M. (g/kg)	EC (dS/m)	Ex-cation (cmol/kg)			
					K	Ca	Mg	Na
대 기	Sup.s [↓]	5.2	24*	0.390	0.066	1.778	0.588	0.086
	Con.s [↓]	5.1	19	0.430	0.345	1.265	0.441	0.103
횡 계	Sup.s	6.3	21*	0.371	1.060	3.600	1.650	0.440
	Con.s	6.2	18	0.792	0.450	2.390	1.230	0.370
속 사 1	Sup.s	4.5	20	0.826	0.139	1.163	0.094	0.020
	Con.s	5.2	23	0.571	0.137	1.634	0.129	0.109
속 사 2	Sup.s	4.4	22	0.734	0.434	1.039	0.147	0.091
	Con.s	4.7	23	0.879	0.138	1.720	0.434	0.078
적정범위		6.0 ~ 6.5	30 ~ 40	1.4 >	0.70 ~ 0.80	5.0 ~ 6.0	1.5 ~ 2.0	-

[↓] Sup.s : 토양병 억제토양(발병도 0)

[↓] Con.s : 토양병 유발토양(발병도 7이상)

왕산, 평창의 무 재배작형은 고랭지의 특성을 이용하여 보통 5월 ~ 6월에 파종하여 8월 ~ 9월에 수확하는 여름재배형이 주를 이루고 있다. 무 재배지의 적정 토양환경은 보수력이 있고 배수가 양호한 곳이 적지이며, 토양산도는 5.5 ~ 6.8로 중성 또는 미산성을 좋아한다. 조사지역의 발병지 및 건전지의 토양화학성을 표 2에서 보면 pH는 같은 포장 내에서 두 지점간의 차이는 인정되지 않았고, 전반적으로 4.4 ~ 6.3의 비교적 산성 토양에 가까운 특성을 보였으며, 특히 속사2 지역의 경우 두 지점 모두 4.4 ~ 4.7의 매우 강산성 토양을 띄고 있어 토양개량의 필요성이 제기되었다. 부속 유기물에 의한 병원균 억제 기작에 관한 연구(정, 1989)는 활발하게 보고 되고 있지만, 4개소 모두 적정수준인 30 ~ 40g/kg보다 적은 함량을 보였으며 대기리, 횡계리의 건전지가 발병지보다 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. K, Ca, Mg의 치환성 양이온은 생육에 필요한 다량원소로서 식물이 흡수할 수 있는 형태는 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺의 토양수용액 중 이온 상태로 이용되는데 (Epstein, 1972), 조사 결과 모두 적정치 이하의 함량을 보였다.

표 3. 무 재배지의 토양화학성

(단위: mg/kg)

지 역	토양 유형	유효인산	질산태질소	Cu	Fe	Mn	Zn
대 기	Sup.s [↓]	369	164	0.171	25.08	4.128	0.639
	Con.s [♯]	706	109	0.130	23.47	4.640	0.550
황 계	Sup.s	539	157	0.171	25.08	1.128	0.639
	Con.s	860	118	0.130	23.47	4.640	0.550
속 사 1	Sup.s	778	199	0.030	22.31	9.830	0.240
	Con.s	868	296	0.119	23.63	10.580	0.194
속 사 2	Sup.s	789	456	0.660	16.80	14.650	0.840
	Con.s	861	345	0.239	20.89	6.210	0.306
적정범위		300-500	100 ~ 150	0.2 ~ 0.5	4.5	1.0 ~ 2.0	0.8

[↓] Sup.s : 토양병 억제토양(발병도 0)

[♯] Con.s : 토양병 유발토양(발병도 7 이상)

표 3에서 보면, 유효인산 및 질산태 질소의 함량은 각각 369~868, 109~456mg/kg으로 적정치를 상회하는 집적량을 보였는데, 황 등(1997)에 의해 보고된 전국 무 재배지 발토양의 평균치인 515, 66mg/kg과 비교했을 때 양분간의 불균형이 심화되고 있음을 시사하고 있다. 이것은 작물의 양분 흡수특성과 토양중 양분함량을 고려한 시비를 하지 않고 매 작기마다 획일적인 시비를 하며, 농촌의 노동력 부족으로 채소류 재배시 복합비료의 선호도가 높아(박 등, 1994) 토양의 비옥도가 균일하지 않고 양분의 집적량이 증가하는 것에 원인이 있다고 판단된다. 미량원소 Cu, Zn을 제외한 Fe, Mn 함량은 16.80~25.08, 1.128~14.650mg/kg로 적정범위보다 높은 수치를 보였고, 특히 Mn은 지역별로 편차가 심하게 나타났으나, 전국 무 재배지 평균치인 34, 32mg/kg(황 등, 1997)에 비해 낮은 경향을 보였다. 토양 발병 요인 측면에서 병원균의 포자발아 및 발아관 신장에 필요한 성분인 Fe함량에 따른 발병 억제효과에 관한 연구가 최근 많이 보고되고 있다. Schneider(1982)는 시들음병의 억제토양에서는 혐광성 *Pseudomonas* sp.의 밀도가 높는데 이들 대부분이 Fe과 킬레이트를 형성하는 siderophore를 생성하여 시들음 병원균의 성장을 억제한다고 보고하였으나, 본 시험의 조사지역 발병지와 건전지의 Fe함량간에는 인정되지 않았다.

표 4. 당근 재배지의 토양화학성

지 역	토양 유형	pH	유기물 (g/kg)	EC (dS/m)	치환성 양이온 (cmol/kg)			
					K	Ca	Mg	Na
대 기 1	Sup.s [↓]	5.3	22	0.387	0.115	1.511	0.403	0.048
	Con.s [↓]	5.2	17	0.670	0.285	0.421	0.435	0.054
대 기 2	Sup.s	6.1	19	0.511	0.166	1.544	0.445	0.063
	Con.s	6.2	18	0.439	0.230	0.363	0.523	0.046
횡 계 3	Sup.s	5.4	22	0.361	0.344	0.387	0.334	0.041
	Con.s	5.2	20	0.600	0.290	0.256	0.315	0.032
적정범위		5.5~7.0	30~40	1.4>	0.7~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-

[↓] Sup.s : 토양병 억제토양(발병도 0)

[↓] Con.s : 토양병 유발토양(발병도 7이상)

당근의 생육적온은 18~21℃로 조사지역의 재배시기는 5월 중순에 파종하여 9월 하순~10월 상순에 수확하는 고랭지 재배작형이 주를 이루고 있다. 토양의 적응성은 보통 지하수위가 높은 사질토양에서 생육이 좋으며, pH에 대한 반응정도는 5.5~7.0 범위로 비교적 둔감한 편이다(Zimmerley, 1930). 표 4에서 조사지역의 토양중 유기물함량은 17~22g/kg으로 적정 생육 기준치인 30g/kg 이상보다 낮은 경향을 보였고, 치환성 양이온 또한 적정 토양 함량 이하의 분포를 보였다. 양분함량에 따른 건전지와 발병지간의 차이는 인정되지 않았다.

표 5에서 토양중 유효인산 함량은 369~868mg/kg로 지역에 따라 큰 변이차를 보였는데, 당근의 잎, 뿌리가 최대한 흡수할 수 있는 토양중 유효인산 범위인 359~396mg/kg의 결과(황 등, 1994)와 비교해 보면, 대기1 지역의 건전지를 제외한 조사지점에서 과다하게 인산이 집적된 것으로 나타났다.

미량원소는 Cu를 제외한 다른원소의 함량은 적정치를 초과하였으나, 박 등(1988)이 우리나라 밭토양의 미량원소 함량을 조사한 Zn 3.5, Fe 75, Mn 47, Cu 2mg/kg의 분석치에 비해 낮은 수치를 보였다. 건전지와 발병지에 따른 함량은 Mn이 대기2와 횡계3 지역에서 건전지에 비해 발병지에서 2~3배 정도 높았으나 유의성은 인정되지 않았다.

표 5. 당근 재배지의 토양화학성

(단위: mg/kg)

지역	토양 유형	유효인산	질산태소	Cu	Fe	Mn	Zn
대기 1	Sup.s [↓]	369	164	-	3.186	7.675	0.120
	Con.s [↗]	706	109	0.340	4.129	9.768	0.763
대기 2	Sup.s	539	157	-	4.119	4.561	0.970
	Con.s	860	118	0.809	8.243	14.790	0.925
횡계 3	Sup.s	778	199	0.136	24.550	8.045	0.884
	Con.s	868	296	0.090	39.910	18.610	0.606
적정범위		300 ~ 500	100 ~ 150	0.8 ~ 1.5	8 ~ 10	4 ~ 8	8 ~ 40

[↓] Sup.s : 토양병 억제토양(발병도 0)

[↗] Con.s : 토양병 유발토양(발병도 7이상)

적 요

무재배지 토양병 억제토양 및 유발토양 모두 적정 pH 범위인 6.0~6.5보다 낮은 경향을 보였으나 발병율과 상관관계는 보이지 않았다. 치환성 양이온 함량중 K는 무 재배지에서 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나, 당근 재배지의 토양병 억제토양이 유발토양에 비해 다소 높은 함량을 나타냈다. 토양병 유발토양, 억제토양 모두 미량원소 함량이 적정 범위보다 매우 높은 경향을 보였다. 작물재배지의 양분함량은 전반적으로 적정범위보다 부족한 결과를 보여 이후 토양 지력증진 방안의 검토가 요구되었다

인 용 문 헌

Baker, K. F. and R. J. Cook. 1982. Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman and company. San Francisco. p. 433.

정영훈. 1989. 농업용 항생물질을 이용한 식물 보호의 현황과 전망. 농산물 안정생산을 위한 미생물 자원 활용 심포지움. 농진청 농기연. pp. 59-82.

이대호. 1981. 人蔘圃地の 土壤特性이 人蔘의 生育 및 收量에 미치는 影響에 관한 研究. 忠北大學校大學院論文集 7 : 95-113.

- 이왕휴, 정성수, 소인영. 1990. 生薑 根腐病의 發病 정도가 다른 土壤의 特性. 韓國植物病理學會誌 6(3) : 338-342.
- 이순구. 1996. 환경보전형 농업과 식물병 관리. 안동대학교 농업과학기술연구소. p. 246.
- Hall, R. 1996. Principles and practice of managing soilborne plant pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul. Minnesota. p. 51.
- 황기성, 이성재, 곽용호, 김기선. 1997. 主要 露地菜蔬 主產地 土壤의 化學的 特性. 韓國土壤肥料學會誌 30(2) : 146-151.
- 정영륜, 김흥진, 오승환, 이일호. 1984. 人蔘根腐病 抑制土壤 및 誘發土壤의 根圈環境 比較. 韓國植物保護學會誌 23(3) : 142-146.
- 정해웅, 최혜정, 심재욱. 1985. 土壤條件에 따른 몇가지 植物病原菌의 孢子發芽와 土壤 靜菌 現象. 韓國植物病理學會誌 1(3) : 157-164.
- 農村振興廳 農業技術研究所. 1988. 土壤化學分析法. pp. 25-200.
- 박백균, 전태하, 김유학, 호교순. 1994. 主要 논·밭 作物에 대한 農家施肥 實態. 韓國土壤肥料學會誌. 27(3) : 238-246.
- 박순천, 정이근, 유황수. 1988. 밭土讓의 化學的 特性 研究. I. 밭土讓 主要 化學成分 含量과 分布에 관한 研究. 農試論文集 30(2) : 29-35.
- Schneider, R. W. 1982. Suppressive soils and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul. Minnesota. p. 88.
- Stotzky, G. and L. T. Rem. 1966. Influence of clay minerals on microorganisms. I. Montmorillonite and kaolinite on bacteria. Can. J. Microbiol. 13 : 1535-1550.
- 소인영, 김형무. 1980. 生薑마름썩음병(입고부패병)의 發病 分布 및 防除에 대하여. 韓國微生物學會誌 18 : 172-179.
- Suslow, T. V. and M. N. Schroth. 1982. Rhizobacteria of sugar beets : Effects of seed application and rot colonization on yield. Phytopathology 72 : 199-206.
- 윤정희, 신길우, 박준규. 1988. 밭토양의 화학적 특성 연구. II 주요 채소재배지 토양의 화학적 특성 조사 연구. 農試論文集 30(2) : 36-40.
- Zimmerley, H. H. 1930. The effect of heavy application of phosphorus on the interrelation of soil reaction, growth and partial chemical composition of lettuce, beets, carrots and snab beans. Van. Trucks. Exp. Sta. Bull. p. 73.

활 용 계 획

- 대상지역 : 영동지역 근채류 재배 농가
- 활 용 : 토양비배관리 기초 자료로 활용