

토양 화학성과 미생물상이 도라지 근경부패병에 미치는 영향

이영한*, 김종균, 박상렬¹⁾, 최용조, 조수정¹⁾, 윤한대¹⁾

경상남도 농업기술원 식물환경과, ¹⁾경상대학교 농화학과

Rhizome Rot incidence of *Platycodon grandiflorus* as Influenced by the Soil Chemical Properties and Microbial Flora

Young-Han Lee*, Jong-Gyun Kim, Sang-Ryeol Park¹⁾, Yong-Jo Choi, Soo-Jeong Cho and Han-Dae Yun¹⁾ (Kyongnam Agricultural Research and Extension Services, Chinju 660-360, Korea, ¹⁾ Dep. of Agricultural Chemistry, Gyeongsang Nat. Univ. Chinju 660-701, Korea, *e-mail: LYH2011@mail.knrda.go.kr)

ABSTRACT : This study was conducted to determine the soil chemical properties and microbial flora of platycodon and their effect on rhizome rot incidence. Sampling sites were Keochang 4, Kimhae 7, Haman 6, Chinju 6 and Koseong 3 fields in Kyongnam province and Hongcheon 6 fields in Kangwon province. The root disease incidence rate was in the order of Haman 56.8%, Hongcheon 52.5%, Kimhae 36.7%, Koechang 35.3%, Chinju 32.3%, Koseong 30.0%. The yield at the Chinju 36.17 Mg/ha was higher than that of Koseong 25.00 Mg/ha, Kimhae 13.57 Mg/ha, Koechang 11.75 Mg/ha, Haman 9.50 Mg/ha, Hongcheon 5.24 Mg/ha. The soil K, NH₄-N content and EC value of injury root were higher than those of normal root. The root CaO content was positively correlated with yield $Y=20505X-367.9(R^2=0.129^*)$. The Fe and Zn content of normal root were higher than those of injury root, while the T-N, P₂O₅ and K₂O content of normal root were lower than those of injury root. The population of bacteria, actinomycetes and bacteria/fungi ratio increased in soil of normal root, but that of fungi decreased.

Key words : Chemical properties, Platycodon, Microbe

서 론

도라지는 초롱꽃과에 속하는 다년생 식물로서 우리나라 전역에 자생하고 있다^{1,2,3)}. 초세가 강하여 부식질이 풍부하고 부드러우며 배수가 잘되는 식양토나 사질양토에서 생육이 양호하며 배수가 불량한 땅에서는 근부병 발생이 많다^{4,5,6)}. 최근 20년생 이상된 도라지 뿌리에는 사포닌 등의 약리성분이 함유되어 약용으로 사용하고 있으나^{7,8)} 장기간 재배시 근부병 발생이 많아 3년마다 옮겨심기를 해야한다. 도라지 뿌리는 토양수분과 입경분포, 경도, 삼상분포, 통기성 등의 토양 물리성과 pH, 무기물 등의 토양 화학성에 따라 신장력과 속도가 차이가 있다^{9,10)}. 일반적으로 약용작물 재배지의 비옥도와 중금속함량 및 일반 농경지의 미생물상에 대한 연구는 많이 있으나^{11,12,13,14,15)} 도라지를 대상으로 연구된 결과는 미흡한 실정이다. 본 연구는 토양 화학성과 미생물상이 다년생 도라지 생육 및 수량과 근부병 발병에 미치는 영향을 구명코자 수행하였다.

재료 및 방법

경남 진주 6, 김해 7, 고성 3, 함안 6, 거창 4개소, 강원도 홍천 6개소 등 32개소를 대상으로 '97년 2월에서 '98년 10월까지 조사하였다. 수량 및 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준¹⁰⁾과 토양이화학성 및 미생물상은 토양분석법¹⁷⁾에 준하여 분석하였다. 토양시료는 Auger를 이용하여 표토와 심토로 나누었고 도라지 뿌리는 정상과 장애로 나누어 3반복씩 채취하였다. 채취된 토양은 음지에서 건조시켜 고무망치로 가볍게 두드려 잘게 부순 후 No.10(구경2mm)sieve에 통과시켜 체를 통과한 시료를 분석에 이용하였다. 무기성분 분석을 위해 pH는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계(StasarIII)를 이용하였으며 치환성양이온 및 중금속은 원자흡광분광분석기(Perkinelmer 2380)를 이용하여 측정하였고 NH₄-N 및 NO₃-N은 Kjeldahl법으로 정량분석하였다. 도라지 뿌리의 생육과 무기성분은 정상근과 장애근으로 구분하여 70°C에서 24시간 건조시키고 willy mill을 사용하여 270mesh로 분쇄하여 조제한 후 건물 0.5g을 습식분해하여 분석에 이용하였다. 전질소 함량은 Kjeldahl법, P₂O₅는 vanadate법, K₂O, CaO, MgO 등 양이온과 중금속은 원자흡광분광광도계를 이용하여 분석하였다. 토양 미생물 밀도조사는 습도 1g을 멸균수로 적당히 희석하여 세균과 방선균은 Egg

albumin agar배지를 사용하여 28℃에서 4~7일, 사상균은 Rose bengal배지를 사용하여 25℃에서 3~5일간 배양하여 균체수를 조사하였다. 조사된 결과는 SAS프로그램을 이용하여 분석하였다¹⁰⁾.

결과 및 고찰

생육상황

도라지 생육상황 및 수량은 표 1과 같이 재배년수가 긴 진주지역이 근경 4.20cm, 주당 근중 57g으로 수량이 36.17 Mg/ha로 높게 나타났다. 발병율은 함안, 홍천지역이 각각 56.8, 52.5%로 높게 나타났으며 고성, 진주지역이 30.0, 32.2%로 낮게 나타났다. 특히 홍천지역은 재배년수가 짧고 발병율이 높아 평균 수량이 5.24 Mg/ha로 낮게 나타났다.

토양 화학성 조사

재배지 토양의 화학성분은 표 2와 같이 pH는 거창, 함안지역이 4.6~4.8의 매우 강한 산성토양이었고 조사지역이 전반적으로 산성토양을 나타냈다. 이와 같은 결과는 우리나라의 토양 모체가 화강암으로 산성토양인데다 농가에서 산성토양개량제인 석회시용을 회피한데 기인된 것으로 생각된다. 유기물함량은 고성지역이 39

g/kg으로 높았으며 진주지역이 14 g/kg으로 낮게 나타났다. P₂O₅ 함량은 고성지역이 1,206 mg/kg과 홍천지역이 736 mg/kg으로 적정치인 300 mg/kg 보다 높은 경향을 보였다. 치환성 Ca, Mg함량은 김해, 함안지역이 각각 5.8~6.5, 2.0~3.0 cmol(+)/kg으로 적정수준인 5 cmol/kg, 3 cmol/kg을 유지하였으나 대부분의 지역이 매우 낮은 함량이었다. NH₄-N함량은 고성지역이 152mg/kg으로 가장 높았으며 홍천지역이 70 mg/kg으로 가장 낮았다. 일반적으로 표토의 유기물, P₂O₅, 치환성 K함량은 심토보다 높은 경향이였다.

조사지역의 정상근과 장해근의 토양 화학성분은 표 3과 같다. 표토의 K, EC 및 NH₄-N 함량은 장해토양이 정상토양보다 높고 Mn함량은 낮게 나타나 유의성이 인정되었고 P₂O₅, Ca, Mg 함량도 유의성은 인정되지 않았으나 높은 경향이였다. 심토의 Fe 및 NH₄-N 함량은 장해근이 높은 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 같은 재배지의 토양이라도 토양의 K, EC 및 NH₄-N함량이 높고 Mn 함량이 낮을 경우 병발생은 촉진될 것이라고 생각되었다.

도라지 뿌리의 무기성분

도라지 근의 일반화학성분은 표 4와 같이 정상근은 장해근에 비해 Fe, Zn 함량이 높은 반면 T-N, P₂O₅, K₂O 함량은 낮은 경향을 나타냈다. 이와같은 결과는 과다양분 흡수에 의한 도라지 근의 병발생 조건이 증가된 것으로 판단되었다.

정상근과 장해근의 무기성분은 표 5와 같이 장해근이 K₂O 2.56%, Fe 968mg/kg으로 정상근에 비해 함량이 높고 CaO함량은 낮아 5% 수준에서 유의성이 인정되었고 전반적으로 무기성분 함량이 높아 토양 물리적인 조건 뿐만아니라 양분과다 흡수에 의한 발병이 촉진될 것이라 생각되었다.

뿌리의 CaO함량과 수량과의 관계는 그림 1과 같이 Y=20505X-367.9(R²=0.129*)의 정의상관이 있었다. 이러한 결과로 볼 때 수량향상을 위한 방안으로 적절한 시비와 더불어 킨습시용이 효과적일 것이라 판단되었다.

Table 1. Growth and yield of platycodon in survey areas

	Root diameter	Lateral root	Fresh root weight	Root disease incidence	Yield
	cm	No. of root /plant	g/root	%	Mg/ha
Koechang	2.65	2.0	44.9	35.3	11.75
Kimhae	1.70	1.6	18.8	36.7	13.57
Haman	2.20	4.0	36.1	56.8	9.50
Chinju	4.20	10.2	57.0	32.2	36.17
Koseong	3.10	4.2	45.9	30.0	25.00
Hongcheon	1.82	2.3	5.4	52.5	5.24

Table 2. Chemical properties of soil in surveyed areas

Reagion		pH	OM	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		1:5	g/kg	mg/kg	-----	cmol(+)/kg	-----	-----	mg/kg	-----	dS/m	-----	mg/kg
Koechang	Top-soil	4.6	31	375	0.4	0.6	0.4	55	6	1.4	0.15	83	7
	Sub-soil	4.6	26	363	0.2	1.2	0.4	53	3	1.0	0.14	83	6
Kimhae	Top-soil	5.2	22	194	0.7	5.8	2.0	51	11	2.9	0.36	87	13
	Sub-soil	5.1	16	138	0.4	5.6	2.0	48	9	2.0	0.26	90	8
Haman	Top-soil	4.7	24	379	0.6	6.5	3.0	47	15	3.9	0.41	91	21
	Sub-soil	4.8	21	399	0.6	6.3	3.1	44	13	3.2	0.34	86	15
Chinju	Top-soil	5.4	14	303	0.4	2.1	1.6	57	42	4.4	0.10	107	11
	Sub-soil	5.4	12	284	0.2	2.0	1.5	61	36	4.4	0.20	113	9
Koseong	Top-soil	5.2	39	1206	1.5	1.5	1.1	41	54	9.5	0.60	152	29
	Sub-soil	5.1	31	941	1.3	1.1	1.0	40	41	7.9	0.50	147	30
Hongcheon	Top-soil	5.4	19	736	0.5	1.1	0.7	52	27	6.3	0.30	70	23
	Sub-soil	5.4	19	875	0.4	1.0	0.8	53	28	6.8	0.30	56	22

Table 3. Chemical properties of soil in surveyed areas

		pH	OM	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		1:5	g/kg	mg/kg	-----	cmol(+)/kg	-----	-----	mg/kg	-----	dS/m	-----	mg/kg
Top-soil	Normal	5.5	15.5	426	0.42	1.96	1.38	59	39	5.2	0.15	90	12
	Injury	5.5	15.2	443	0.55	2.29	1.46	59	31	5.3	0.21	108	12
	LSD(5%)	0.32	9.07	47.91	0.11	0.49	0.22	6.2	6.6	0.6	0.04	15.2	8.6
Sub-soil	Normal	5.4	14.4	471	0.31	1.80	1.30	61	35	5.3	0.21	95	14
	Injury	5.5	14.3	440	0.40	1.89	1.31	74	33	5.1	0.18	99	13
	LSD(5%)	0.15	2.54	83.17	0.09	0.26	0.16	46	5.1	0.9	0.10	10.1	17.27

Table 4. Chemical properties of root in surveyed areas

Region		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe	Mn	Zn	Cu	
		%										
		mg/kg										
Koechang	Normal	1.65	0.52	0.88	0.08	0.35	0.07	621	37	39	14.7	
	Injury	1.70	0.62	2.15	0.07	0.36	0.06	920	40	27	13.6	
Kimhae	Normal	1.99	1.28	2.53	0.11	0.34	0.09	776	58	47	10.8	
	Injury	2.05	1.42	2.77	1.11	0.39	0.11	2047	101	60	15.7	
Haman	Normal	2.16	1.01	2.41	0.09	0.36	0.08	727	75	51	13.5	
	Injury	2.62	1.34	2.99	0.10	0.42	0.11	1593	110	53	13.8	
Chinju	Normal	1.74	0.89	2.02	0.12	0.46	0.86	400	194	57	35.4	
	Injury	2.1	0.96	2.45	0.12	0.41	0.95	247	164	54	8.11	
Koseong	Normal	2.29	1.16	2.6	0.13	0.45	0.94	163	62.3	61	16.8	
	Injury	1.37	0.99	2.2	0.12	0.39	0.88	150	40.1	52	5.26	
Hongcheon	Normal	1.51	1.07	2.65	0.1	0.25	0.85	56.7	199	60	6.45	
	Injury	1.63	1.07	3.06	0.1	0.28	0.88	52.4	207	53	8.2	

Table 5. Chemical properties of normal and injury root

	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu		
	%										
	mg/kg										
normal	1.83	0.95	2.21	0.12	0.37	544	116	52	19		
injury	1.99	1.07	2.56	0.10	0.38	968	119	51	12		
LSD(5%)	0.32	0.10	0.277	0.01	0.04	343.19	26.65	1.18	17.9		

재배지 토양의 균밀도 조사

재배지 토양의 균밀도는 표 5와 같다. 총세균은 발병율이 높은 김해 및 함안지역이 $88.27, 82.40 \times 10^6$ cfu(Colony Forming Unit)/g으로 많은 반면 거창 및 고성지역이 $37.67, 38.42 \times 10^6$ cfu/g으로 낮았다. 지역별 방선균의 밀도는 세균과 비슷한 경향을 나타냈으며 사상균은 함안지역이 80.27×10^4 cfu/g으로 가장 높았다. 세균/사상균(B/F) 값은 홍천이 437로서 가장 높았고 함안지역이 103으로 가장 낮았다. 조사지역 표토의 미생물함량은 심토보다 높은 경향을 보였다.

Table 5. Distribution of soil microbial flora in surveyed areas

Region		Bacteria	Actinomycetes	Fungi	B/F ratio
		$\times 10^6$	$\times 10^5$	$\times 10^4$	
Koechang	Top-soil	37.67	65.17	30.93	122
	Sub-soil	33.97	19.13	23.55	144
Kimhae	Top-soil	88.27	88.30	34.63	255
	Sub-soil	77.00	86.41	20.29	379
Haman	Top-soil	82.40	82.57	80.27	103
	Sub-soil	67.80	85.82	40.12	169
Chinju	Top-soil	48.15	56.73	18.56	259
	Sub-soil	34.95	33.04	10.52	332
Koseong	Top-soil	38.42	30.08	29.30	131
	Sub-soil	19.41	30.08	14.97	130
Hongcheon	Top-soil	55.15	40.74	12.63	437
	Sub-soil	31.99	53.86	11.46	279

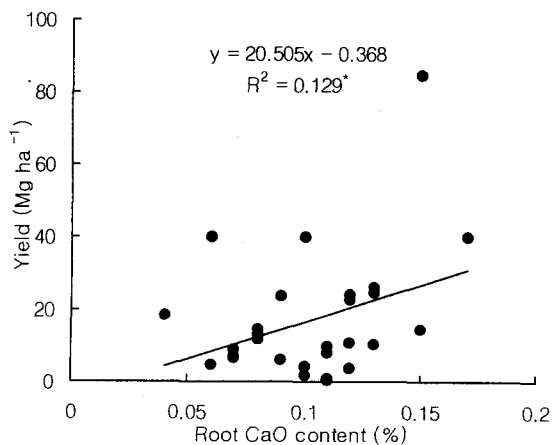


Fig. 1. Relationship between root CaO content and yield.

Table 6. Soil microbial flora in surveyed areas

Region	Bacteria ($\times 10^6$)	Actinomycetes ($\times 10^5$)	Fungi ($\times 10^4$)	B/F ratio	
Top-soil	Normal	50.57	53.16	15.04	418
	Injury	37.98	46.18	19.82	281
	LSD(5%)	22.87	21.50	7.30	248.32
Sub-soil	Normal	31.50	41.93	11.86	404
	Injury	31.75	44.81	10.49	373
	LSD(5%)	20.00	9.41	3.76	258

정상재배지는 표 6과 같이 표토의 세균밀도는 50.57×10^6 , 방선균 53.16×10^5 으로 장해지 보다 높고 사상균 밀도는 낮았으나 유의성은 인정되지 않았다. 일반적으로 B/F 값이 높을수록 양호한 포장이라고 하는데 정상재배지는 418로 장해지의 281보다 높았으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

요 약

도라지 재배지의 토양 화학성과 미생물상을 진주 6, 김해 7, 고성 3, 함안 6, 거창 4개소, 강원도 홍천 6개소 등 32개소를 대상으로 97년부터 98년까지 조사한 결과는 다음과 같다. 발병율은 함안, 홍천지역이 각각 56.8, 52.5%로 높게 나타났고 고성, 진주지역이 30.0, 32.2%로 낮게 나타났다. 정상근과 장해근 표토의 K, EC 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 장해토양이 정상토양 보다 높고 Mn함량은 낮게 나타나 유의성이 인정되었다. 뿌리의 CaO함량과 수량과는 $Y=20505X-367.9(R^2=0.129)$ 의 정의상관이 있었고 정상근은 장해근에 비해 Fe, Zn 함량이 높은 반면 T-N, P_2O_5 , K_2O 함량은 낮은 경향을 나타내어 과다양분 흡수에 의한 도라지 근의 병발생 조건이 증가된 것으로 판단되었다. 정상재배지의 토양 세균, 방선균 및 세균/사상균 수치는 장해지보다 높은 반면 사상균의 밀도는 낮았다.

감사의 글

이 논문은 농림부 현장애로사업 연구의 일부로 수행되었으며 연구비를 지원해 준 농림부에 감사를 드립니다

참 고 문 헌

- Jin-Tae Cho, 1992, Studies on the flower breeding of chinese bellflower, Res. Rept. RDA(H), 34(1) : 72~75.
- 鄭錫來. 1961. 藥草栽培의 利用法. 英倫社. pp. 43~46.
- Ki-Euk Ryu, Taxonomic studies on the Korean *Campanulaceae*, Kangweon National University, Dep. of Biology, Graduated School.
- Tae-Young Kwon, Ki-Chae Jung, Jong-Soo Kim, Chang-Kil Kim, Sun-Do Park and Boo-Sull Choi, 1998, Factors influencing on continuous cropping injury of *cnidium officinale* makino in Ulleung island, RDA. J. Agro-Envir. Sci., 40(1) : 39~43.
- Wang-Hyu Lee, Seong-Soo Cheong and In-Young So, 1990. Properties of suppressive and conducive soils to ginger rhizome rot, Korean J. Plant Pathol., 6(3) : 338~342.
- Wang-Hyu Lee and Doo-Ku Lee, 1998, Ecology of rhizome rot incidence of ginger and relation of soil texture, chemistry and biology, Korean J. of Environmental Agr., 17(1) 1~4.6.
- Jin-Hwan Chung, Pyung-Gyun Shin, Jin-Chang Ryu, Dae-Sik Jang and Sung-Hwan Cho, 1997, Pharmaceutical substances of *platycodon grandiflorus* (jacquin) A. De Candolle, Agricultural chemistry and biotechnology, 40(2) : 152~156.
- Jin-Hwan Chung, Sun-Woo Sun, Jae-Sang Kwon, Pyung-Gyun Shin and Sung-Hwan Cho, 1996, Studies on the volatile components of *platycodon grandiflorus*(jacquin) A. De Candolle, Agricultural chemistry and biotechnology, 39(6) : 517~520.
- In-Sang Jo, Byung-Keun Hyun, Hyun-Jun Cho, Yong-Seon Jang and Jae-Sung Shin, 1997, Effects of soil texture and bulk density on the least-limiting water range, J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 30(1) : 51~55.9.
- Hallmark W. and Barber S. A. 1981a. Root growth and morphology, nutrient uptake and nutrient status of soybean as affected by soil K and bulk density. Agr.J. 73:779~781.
- Goo-Bok Jung, Ki-Yeol Jung, Guk-Hyun Cho, Beung-Gan Jung and Kyu-Sik Kim, 1996, Heavy metal contents in soils and vegetables in the plastic film house, J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 29(2) : 158~164.
- Young-Han Lee, Woo-Suk Cho, Jong-Gyun Kim, Han-Saeng Lee, Sang-Ryeol Park and Han-Dae Yun, 1997, Effect of plant-growth-promoting bacteria inoculation on the growth and yield of cucumber(*Cucumis sativa* L.) J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 30(2) : 196~199.
- Young-Han Lee, Min-Suk and Han-Dae Yun, 1996, Effect of plant-growth-promoting bacteria inoculation on the growth and yield of red pepper(*Capsicum annuum* L.) with different soil electrical conductivity level, J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 29(4) : 396~402.
- Jang-Sun Suh and Jae-Sung Shin, 1997, Soil microbial

- diversity of paddy fields in Korea, J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 30(2) : 200~207.
15. Hang-Yeon Weon, Jang-Sik Kwon, Jang-Sun Suh and Woo-Young Choi, 1999, Soil microbial flora and chemical properties as influenced by the application of pig manure compost, J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 32(1) : 76~83.
 16. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법-토양, 식물체, 토양미생물-. pp. 215.
 17. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준. pp. 9~32.
 18. SAS. 1988. SAS User's Guide. Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc. Cary. NO. USA.