

토양의 물리·화학적 성질과 생강 생육과의 관계*

김동진** · 안병구*** · 이진호****

Relations between Soil Physicochemical Properties and Ginger Growth

Kim, Dong-Jin · Ahn, Byung-Koo · Lee, Jin-Ho

Root-rot disease is a serious problem in ginger cultivation fields and it reduces the quality and productivity of ginger. This study was conducted to investigate the effects of different soil physical and chemical properties on the changes of ginger growth. As comparing the selected soil chemical properties after harvesting the ginger plants with those before planting them, the contents of total nitrogen and exchangeable Mg^{2+} increased, whereas electrical conductivity (EC) and exchangeable K^+ content decreased. Potassium (K) concentrations in ginger plant were markedly higher in both its shoot and root parts ranging from 63.9 to 72.3g kg^{-1} and from 27.6 to 37.3g kg^{-1} , respectively, which might be related to the decrease of exchangeable K^+ content in soils. Incidence rate of ginger root-rot disease in the plots ranges between 26.7% and 88.1%. It was higher in low elevation plots with clay loam soils than in high elevation plots. In addition, the incidence of the disease increased as affected by high temperature and humid condition during the growth and maturity stages of ginger. Therefore, soil texture, field slop, and drainage system as well as chemical properties should be considered to cultivate ginger plant.

Key words : *ginger, root rot, physical and chemical properties, plant nutrients, field slope*

* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ007358)의 연구비지원에 의하여 수행되었음.
** 전북대학교 대학원 농화학과
*** 전라북도농업기술원 기후변화대응과
**** Corresponding author, 전북대학교 생물환경화학과(jinholee@jbnu.ac.kr)

I. 서 론

생강(ginger, *Zingiber officinale* Roscoe)은 생강과(Zingiberaceae), 시티미네목(Scitamineae)에 속하는 다년생초본으로, 자극적인 향의 뿌리작물이며 매년 재배되고 있다(Kandiannan 등, 2009). 생강은 우리나라를 포함하여 동남아시아뿐만 아니라 아프리카, 유럽, 중남미 등 전 세계적으로 분포하고 있으며, 우리나라에서는 고려사에 기록된 작물로서 1,018년 이전에 도입되어 토착된 것으로 추정되고 있다. 그리고, 전북 완주, 충남 서산, 태안 등이 우리나라 주요 생산지이며, 주요 환금작물로 재배되고 있다(Kim 등, 1996; Lee와 Lee, 1998). 우리나라의 지난 10여 년 동안 생강 재배 면적은 2000년 1,656ha, 2011년 2,074ha(MAF, 2006; MFAFF, 2012)로서 매년 약간의 증감 변화는 있으나 꾸준히 재배되고 있다. 그러나 동일한 경작지에서 생강을 연작하거나 다른 작물과 윤작할 경우 생강의 생산량은 감소하게 되며, 이러한 작부체계에서 생강 파종 후 본엽의 출현이 지연되게 된다(Lee 등, 1981). 생강의 뿌리썩음병은 세계적으로 생강의 생산량을 감소시키는 주요한 병해이며, 인도와 같은 열대지방에서는 뿌리썩음병으로 인하여 50~90%의 생산량이 감소한다(Dohroo, 2005). 그리고 뿌리썩음병은 재배 중기부터 발병하여 그 피해가 심각한데, 발생 시기에 따라 5~70%의 감수율을 보이기도 한다(Lee 등, 1990). 따라서 이러한 뿌리썩음병의 발생은 생강의 품질을 저하시키고, 막대한 경제적 손실을 야기하게 된다(Yang 등, 2012). 이 병은 생강이 발아한 후 온도가 높아짐에 따라 생강의 땅속줄기가 침해되어 지체부가 부분적으로 썩고 진전하며 지하부 근경이 수침상으로 부패하는 병으로서 지상부의 잎과 줄기는 노랗게 변색하기 시작하여 점차로 식물체 전체가 말라죽게 되는데, 이 병은 진균의 일종인 *Pythium zingiberum*에 의하여 발생한다(Kim 등, 1996). 우리나라의 경우, 생강의 뿌리썩음병은 기온이 높고 강우가 많은 생육기인 7월초부터 수확기인 10월초까지 발생한다(Kim 등, 1997; Shinsu, 1978; Shinsu, 1984; Yang 등, 1988). 최근 몇 년 동안 생강의 생산성을 감소시키는 병의 원인으로서는 뿌리썩음병을 일으키는 *Pythium myriotylum*, 노랑병을 일으키는 *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*와 뿌리혹선충병(rootknot nematodes)을 일으키는 *Meloidogyne incognita*와 *M. javanica*가 토양 전염성 병원균(soilborne pathogens)으로 알려져 있다 (Stirling, 2004; Stirling 등, 2009; Pegg와 Stirling, 2010). 그리고 집약적 재배 이후 토양의 질을 평가하는 것은 세계적인 관심 사항이다(Dick, 1992). 토양의 질은 물리적, 화학적, 생물학적, 그리고 생화학적 인자에 의하여 결정되고, 이러한 토양의 특성은 관리에 있어서 민감한 변화가 요구된다(Elliott, 1994). 따라서 본 연구에서는 생강 재배 과정 중 나타나는 토양의 물리·화학적 특성 변화, 생강의 양분 흡수 관계, 생강의 생육 변화를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료 및 처리

생강(ginger) 재배 시험은 전라북도 익산시 왕궁면에 위치한 생강 재배지를 선정하여 수행하였으며, 지형의 등고선과 고도를 고려하여 고지대에서 저지대 방향으로 Plot 1에서 Plot 5로 배치하였고 동일한 지대에 위치한 Plot은 a와 b로 구분하였다(Fig. 1). 시험 전 토양의 물리·화학적 특성은 Table 1과 같다. 시험 과정에서 생강 파종 전에 퇴비 2,400kg 10a⁻¹을 시비하였고 밑거름으로 10a 당 요소 10.4kg, 용성인비 46kg, 염화加里 7.2kg, 붕소 1.8kg을 처리하였으며, 웃거름으로서 7월 중순에 요소 15kg 10a⁻¹을 처리하였다. 시험포장 내의 각 plot 면적은 15m²(3×5m)이며, 각 plot 사이의 간격(이랑)은 60cm로 하였다. 생강 종강은 10일간 발아 시킨 후 5월 중순에 파종하였으며, 11월 초 생강을 수확하였다.

2. 토양 및 식물체 분석

토양 시료는 시험 전과 생강 수확 후에 각 plot에서 zigzag 형태로 10개 지점에서 채취하고, 풍건 쇄토하여 2mm 토양체를 통과시킨 시료를 분석에 사용하였다. 토양의 특성 중 토성(soil texture)은 Gee와 Bauder(1986)의 피펫 침강법에 준하여 분석하였으며, 토양의 화학적 특성 및 식물체 분석방법은 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다(NAAS, 2010). 토양의 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1:5(w/v)비율로 혼합하여 pH와 EC meter(Professional Meter PP-20, Sartorius, Germany)로 측정하였다. 유기물은 Tyurin's법, 전질소 함량은 Kjeldahl 증류법(Vapodest 10s, Gerhardt, German)을 이용하여 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 발색하여 UV/Vis Spectrophotometer(DU 720, Beckman Coulter, USA)로 측정하였다. 치환성양이온은 1.0N CH₃COONH₄(pH 7.0)으로 추출하여 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry(ICP-OES, Optima 7300DV, Perkin Elmer, USA)로 측정하였다. 생강 식물체 분석을 위하여 수확기에 수확한 생강을 증류수로 세척하고 지상부와 지하부로 구분하여 70℃에서 72시간 건조 후 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 식물체 시료를 황산으로 습식분해 후 전질소 함량은 Kjeldahl 증류법(Vapodest 10s, Gerhardt, German), 인산 함량은 Ammonium Vanadate법으로 발색하여 UV/Vis Spectrophotometer로 측정하였으며, 양이온은 ICP-OES로 측정하였다.

3. 생강의 생산량 및 병발생률 조사

생강의 전체 수확량에서 병이 확인되지 않은 정상근을 생강의 생산량으로 하였으며, 병

이 확인된 이병근을 전체 수확량 중 백분율로 하여 병발생률(%)을 산출하였다.

4. 시험 재배지 지형 조사

시험 재배지의 지형에 따른 수분 이동과 배수 상태를 확인하고자 Global Positioning System (GPS, HIPER-Gb, TOPCON, Japan)을 사용하여 N, E, Z 좌표를 지정하고 등고선을 작성하였다(Fig. 1).

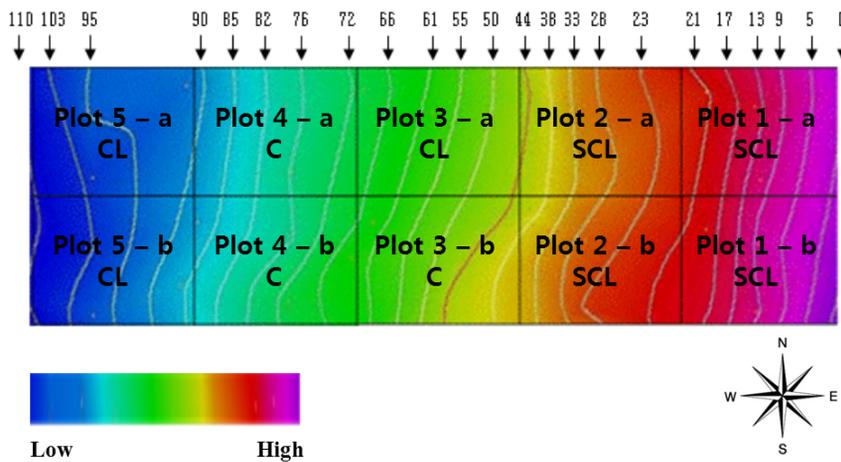


Fig. 1. Topographic map of experimental ginger field illustrated with contour lines. Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, Plot 5 ; the plots were differentiated by topographic contour line; SCL, CL, and C are indicated sandy clay loam, clay loam, and clay in soil texture, respectively

Ⅲ. 결과 및 고찰

생강 재배지 토양의 시험 전 물리·화학적 특성 중 토양의 pH는 6.2~7.4, EC는 0.13~0.23 dS m⁻¹, 유기물은 1.29~1.71%, 유효인산은 267~567mg kg⁻¹, 치환성 K은 1.88~2.80cmol_c kg⁻¹, 치환성 Ca은 5.44~7.54cmol_c kg⁻¹, 치환성 Mg은 0.41~0.55cmol_c kg⁻¹, 토성은 사양토에서 식토까지 시험구별로 다양하게 분포하였다(Table 1). 그러나 국립농업과학원(NAAS, 2010)에서 권장하는 생강 재배지의 적정 토양특성 중 토양 pH(1:5)는 6.0~6.5, EC는 2.0dS m⁻¹ 이하, 유기물 함량은 2~3%, 유효인산은 250~350mg kg⁻¹, 치환성 양이온 함량 중 K은 0.5~0.6cmol_c kg⁻¹, Ca은 5.0~6.0cmol_c kg⁻¹, Mg은 1.5~2.0cmol_c kg⁻¹이며 토성은 사양토부터 식양토로 정하

고 있다. 생강 재배를 위한 토양특성의 적정 기준과 비교할 때 유기물함량과 치환성 Mg의 함량은 적정 기준보다 낮았으며, 치환성 K의 함량은 매우 높았고, 토양 pH, 유효인산함량, 치환성 Ca 함량은 다소 높게 나타났으며, EC는 대체로 적정기준 범위로 나타났다. 수확 후 토양의 pH는 6.9~7.6, EC는 0.03~0.05dS m⁻¹, 유기물은 0.99~1.74%, 유효인산은 278~433mg kg⁻¹, 치환성 K는 0.47~1.37cmol_c kg⁻¹, 치환성 Ca는 4.63~8.25cmol_c kg⁻¹, 치환성 Mg는 1.07~1.97cmol_c kg⁻¹, 토성은 사양토에서 식토까지 다양한 분포를 보였다(Table 2).

특성 중 유기물함량은 적정 기준보다 낮았고, 토양 pH, 유효인산함량, 치환성 Ca 함량은 다소 높게 나타났으며, EC는 대체로 적정기준 범위를 보였다. 또한, 치환성 K는 적정기준 범위를 나타내거나 매우 높은 함량을 보였고, 치환성 Mg는 적정기준 범위를 나타내거나 다소 낮게 나타났다. 시험 전과 수확 후 토양 특성을 비교하면, 전질소와 치환성 Mg는 수확 후 토양에서 함량이 증가한 반면, 치환성 K는 생강 수확 후 토양에서 함량이 감소하였다. 이는 퇴비, 추비, 기비 처리로 인하여 토양 중 질소와 치환성 Mg의 함량이 증가한 것으로 보이며, 생강 뿌리와 줄기에서 칼륨의 높은 흡수로 인하여 토양 중 치환성 K의 함량이 감소한 것으로 보인다.

Table 1. Chemical and physical properties of soils before planting ginger

Plots ¹⁾		pH	EC	SOM ²⁾	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			Particle size distribution			Soil texture ³⁾
							K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sand	Silt	Clay	
							----- cmol _c kg ⁻¹ -----			----- % -----			
Plot 1	a	6.8	0.20	1.40	0.11	450	2.68	5.94	0.49	52.2	22.9	24.9	SCL
	b	7.4	0.14	1.29	0.08	337	2.38	6.27	0.46	50.7	22.5	26.8	SCL
Plot 2	a	7.0	0.20	1.29	0.04	427	2.80	7.18	0.53	51.4	19.4	29.2	SCL
	b	7.0	0.16	1.29	0.07	567	2.70	6.63	0.51	45.9	21.8	32.3	SCL
Plot 3	a	6.9	0.17	1.71	0.13	274	2.53	6.73	0.50	44.9	21.2	33.9	CL
	b	6.9	0.13	1.60	0.07	266	2.08	7.54	0.55	40.1	19.3	40.6	C
Plot 4	a	6.5	0.22	1.60	0.08	356	2.47	6.81	0.53	36.9	21.3	41.8	C
	b	6.4	0.23	1.40	0.07	377	2.38	6.68	0.51	31.4	23.9	44.7	C
Plot 5	a	6.2	0.18	1.40	0.08	418	1.88	5.44	0.41	44.0	22.6	33.4	CL
	b	6.5	0.18	1.50	0.11	336	2.21	6.34	0.48	43.5	21.1	35.4	CL
OV ⁴⁾		6.0~6.5	2 ≥	2~3	-	250~350	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0	-	-	-	SL~CL

¹⁾ Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, and Plot 5 were differentiated by topographic contour lines.

²⁾ SOM, soil organic matter ; T-N, total-nitrogen ; CEC, cation exchange capacity.

³⁾ SCL, SL, CL, and C are indicated sandy clay loam, sandy loam, clay loam, and clay in soil texture, respectively.

⁴⁾ OV, optimal value (NAAS, 2010).

Table 2. Chemical and physical properties of soils after harvesting ginger

Plots ¹⁾		pH	EC	SOM ²⁾	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			Particle size distribution			Soil texture ³⁾
		(1:5)	dS m ⁻¹	%	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sand	Silt	Clay	
							----- cmol _c kg ⁻¹ -----			----- % -----			
Plot 1	a	6.9	0.03	0.99	0.41	380	1.37	5.87	1.50	55.6	21.5	22.9	SCL
	b	7.6	0.04	1.26	0.79	360	0.58	5.44	1.28	51.1	22.9	26.0	SCL
Plot 2	a	7.0	0.04	1.59	0.93	429	0.61	5.40	1.16	48.0	21.8	30.2	SCL
	b	7.6	0.04	1.18	0.60	399	0.47	5.17	1.18	49.5	19.0	31.5	SCL
Plot 3	a	7.3	0.05	1.62	0.95	433	0.79	6.08	1.40	43.7	20.7	35.6	CL
	b	7.5	0.03	1.74	0.57	278	0.96	8.25	1.97	36.5	21.3	42.2	C
Plot 4	a	7.1	0.04	1.20	0.92	399	1.03	7.08	1.73	37.9	21.5	40.6	C
	b	7.1	0.04	1.19	0.31	285	0.96	7.03	1.73	35.1	24.6	40.3	C
Plot 5	a	6.9	0.03	1.61	0.58	407	0.56	4.74	1.07	44.5	21.6	33.9	CL
	b	6.9	0.03	1.17	0.56	336	0.63	4.63	1.14	44.6	23.8	31.6	CL
OV ⁴⁾		6.0~6.5	2 ≥	2~3	-	250~350	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0	-	-	-	SL~CL

¹⁾ Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, and Plot 5 were differentiated by topographic contour lines.

²⁾ SOM, soil organic matter ; T-N, total-nitrogen ; CEC, cation exchange capacity.

³⁾ SCL, SL, CL, and C are indicated sandy clay loam, sandy loam, clay loam, and clay in soil texture, respectively.

⁴⁾ OV, optimal value (NAAS, 2010).

Table 3. Contents of selected plant nutrients in shoots of ginger

Plots ¹⁾		Macronutrient					Micronutrient			
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
		----- g kg ⁻¹ -----					g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		
Plot 1	a	10.36	5.89	63.9	11.72	2.42	0.23	43.5	63.0	33.4
	b	10.36	4.18	66.8	12.85	2.55	0.22	45.6	63.5	34.7
Plot 2	a	11.20	4.46	69.3	12.64	2.67	0.25	47.5	69.4	35.7
	b	10.92	3.85	68.9	12.22	2.72	0.29	48.0	66.4	36.7
Plot 3	a	8.40	4.36	64.2	12.73	2.67	0.20	51.9	73.5	50.1
	b	8.68	3.81	66.3	12.61	2.73	0.22	53.0	73.5	50.2
Plot 4	a	10.08	3.22	65.1	16.00	2.97	0.18	61.0	86.9	65.6
	b	9.24	5.72	65.7	12.86	2.76	0.17	53.3	77.2	53.3
Plot 5	a	9.66	2.96	68.4	14.68	3.18	0.37	63.1	85.9	72.3
	b	9.24	4.52	72.3	14.69	3.11	0.28	61.4	88.5	59.3

¹⁾ Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, and Plot 5 were differentiated by topographic contour lines.

수확한 생강을 지상부와 지하부로 나누어 양분 및 중금속 흡수 특성을 분석한 결과, 지상부의 흡수 양분 중 N은 8.40~11.20g kg⁻¹, P는 2.96~5.89g kg⁻¹, K는 63.9~72.3g kg⁻¹, Ca는 11.72~16.00g kg⁻¹, Mg는 2.42~3.18g kg⁻¹, Fe는 0.17~0.37g kg⁻¹, Mn은 43.5~63.1mg kg⁻¹, Zn은 63.0~88.5mg kg⁻¹, Cu는 33.4~72.3mg kg⁻¹으로 나타났다(Table 3).

지하부의 양분 중 N은 8.96 ~11.48g kg⁻¹, P는 3.29~6.85g kg⁻¹, K는 27.6~37.3g kg⁻¹, Ca는 1.71~3.21g kg⁻¹, Mg는 2.35~ 2.92g kg⁻¹, Fe는 0.29~1.35g kg⁻¹, Mn은 80.0~119.1mg kg⁻¹, Zn은 30.5~43.9mg kg⁻¹, Cu는 10.2~24.5mg kg⁻¹의 범위로 나타났다(Table 4). K의 경우, 생강의 지상부와 지하부에서 높은 흡수량을 보였는데, 이로 인하여 생강 수확 후 토양 중 치환성 K의 함량이 감소한 것으로 보인다. 또한, 식물 양분 중 K, Ca, Zn, Cu는 생강 지상부에서, Mn은 생강 지하부에서 높은 함량을 보였다. 특히, 식품의약품안전청(KFDA, 2012)에서 정하는 생강의 중금속 기준은 Cd와 Pb는 0.1mg kg⁻¹ 이하로 정하고 있으나 본 시험에서 생산된 생강의 지상부와 지하부에서는 Cd 및 Pb를 비롯한 주요 중금속은 검출되지 않았다(data not shown).

Table 4. Contents of selected plant nutrients in roots of ginger

Plots ¹⁾	Macronutrient					Micronutrient				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	
	----- g kg ⁻¹ -----					g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----			
Plot 1	a	10.64	4.55	37.3	1.81	2.73	0.34	105.4	41.8	11.7
	b	10.92	5.52	35.3	1.88	2.88	0.34	119.1	43.9	11.5
Plot 2	a	11.48	4.87	36.0	1.71	2.61	0.31	106.3	41.9	13.6
	b	10.92	5.17	27.6	1.75	2.35	0.35	80.0	33.3	10.2
Plot 3	a	9.52	5.16	32.3	2.54	2.72	0.80	83.5	36.9	20.1
	b	9.24	5.07	33.8	2.72	2.88	0.98	104.2	36.1	22.3
Plot 4	a	8.96	6.85	29.7	3.02	2.51	1.15	97.5	41.9	23.1
	b	9.24	3.29	34.4	2.87	2.92	0.34	104.3	37.1	22.5
Plot 5	a	9.52	5.34	31.8	3.21	2.66	1.35	104.8	37.5	24.5
	b	8.96	3.57	33.5	2.29	2.69	0.29	92.5	30.5	20.1

¹⁾ Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, and Plot 5 were differentiated by topographic contour lines.

생강 재배지 토양의 토성 및 지형은 Fig. 1과 같이 등고선의 높이와 지형적 특성에 따라 사질식양토(sandy clay loam, SCL), 식양토(clay loam, CL), 식토(clay, C)가 다양하게 분포하였으며, 동쪽에서 서쪽으로 갈수록 지형이 낮았으며 경사는 완만하였다. 상대적으로 고지대에 위치하며 배수가 양호하고 수분 함유량이 상대적으로 양호한 사질식양토인 Plot 1-a,

Plot 1-b, Plot 2-a, Plot 2-b에서는 뿌리썩음병이 발생하지 않았으나, 저지대에 위치한 Plot에서는 높은 병발생률을 나타내었다(Table 5). 특히, Plot 3-a에서는 병발생률이 42.4%, Plot 3-b에서는 26.7%, Plot 4-a에서는 81.9%, Plot 4-b에서는 47.1%, Plot 5-a에서는 88.1%, Plot 5-b에서는 63.8%의 생강에 병이 발생하였다. 병이 발생한 시험구를 중심으로 식양토는 42.4~88.1%, 식토는 26.7~81.9%의 병이 발생하였다. Kim 등(1996)의 생강 주산지 실태 조사에 따르면 저습지에서 뿌리썩음병 발생률이 높았고, 산간 지역에 위치한 재배지에서는 병 발생률이 낮은 것으로 보고하였다. Kim 등(2007)의 연구에 의하면 일반적으로 사면 경사가 낮은 곳에서 높은 토양수분함량을 유지한다고 하였고, Agassi 등(1994)은 토양입경 크기로 볼 때 미사, 점토 비율이 높을수록 토양수분함량이 높다고 하였다. Cho 등(1996)에 의하면 양토보다 사양토에서 토양수분의 증발이 심한 것으로 나타났다. 이는 토양 공극이 양토보다 사양토가 크기 때문에 모세관현상으로 인하여 토양수분의 감소율이 높은 모래의 비율이 높은 사양토보다 미사와 점토 비율이 높은 양토가 토양수분함량이 높기 때문이다. 같은 지대에 위치한 Plot 3-a(42.4%의 병발생률)에서 Plot 3-b(26.7%의 병발생률)보다 높은 병 발생을 보인 것은 Plot 3-a의 토성이 식양토로서 미사와 점토의 입자가 고루 분포하여 식질토양인 Plot 3-b보다 높은 토양수분 보유력을 가지고 있기 때문으로 판단된다.

Table 5. Yield and root rot incidence rates of ginger

Plots ¹⁾		N.R. ²⁾	R.R	Disease incidence rate
		----- % -----		
Plot 1	a	100.0	0.0	0.0
	b	100.0	0.0	0.0
Plot 2	a	100.0	0.0	0.0
	b	100.0	0.0	0.0
Plot 3	a	57.6	42.4	42.4
	b	73.3	26.7	26.7
Plot 4	a	18.1	81.9	81.9
	b	52.9	47.1	47.1
Plot 5	a	11.9	88.1	88.1
	b	36.2	63.8	63.8

¹⁾ Plot 1, Plot 2, Plot 3, Plot 4, and Plot 5 were differentiated by topographic contour lines.

²⁾ N.R, normal root ; R.R, root rot.

그리고, Plot 4에서보다 Plot 5에서 더욱 높은 뿌리썩음병이 발생된 것은 Plot 4가 상대적으로 낮은 지대에 위치하며 식양토로 분포되어 있어 더욱 많은 수분의 영향을 받았기 때문

으로 생각된다. 결과적으로 생강의 뿌리썩음병과 토양의 물리적 특성과의 관계는 고지대에서 저지대로 수분 이동, 저지대의 배수 취약성으로 인하여 병발생이 높게 나타났으며, 저지대 중 미사와 점토 함량이 높은 식양토에서 식질토보다 높은 병발생률을 보였다. 또한, 생강의 뿌리썩음병 발생률이 낮게는 26.7%에서, 높게는 88.1%까지 나타났는데, 이는 생강의 병 발생시기에 따라 5~70%의 감수율을 보인다(Lee 등, 1990)는 연구 결과보다 높은 병발생률을 보였고, 토양전염성 병원균(soil-borne pathogens)의 연구(Stirling, 2004; Stirling 등, 2009; Pegg와 Stirling, 2010)에 따르면, 토양을 통하여 급격히 전염될 수 있어 병발생률이 높게 나타난 것으로 생각된다. Kim(2004)의 연구에 의하면 생강의 뿌리썩음병이 발생한 후 토양에 존재하는 병원균이 발아 부위를 침해하여 썩게 하고 줄기와 잎으로 병이 진전되어 지상부가 노랗게 변하고 말라 죽게 되며 근경은 부패한다고 하였다.

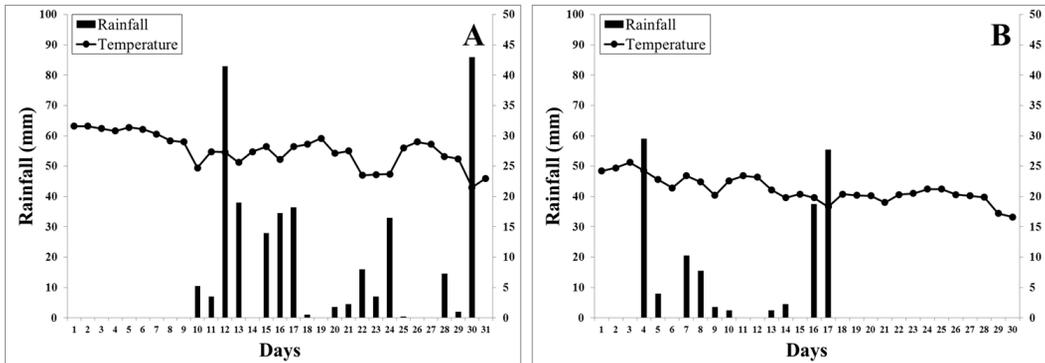


Fig. 2. Temperature and rainfall events at wanggung, iksan, korea during august (A) and september (B), 2012 (KMA, 2012)

그리고 Fig. 2에 나타난 생강 성숙기 재배지 지역의 온도와 강우량을 살펴보면 8월 중순과 하순에 높은 강우량을 보였으며, 9월 초순과 중순에도 비교적 높은 강우량을 나타내었다. 8월의 기온은 23~33°C, 9월은 17~26°C로서 8월과 9월에 고온다습한 상태가 지속되었는데, 이러한 조건도 뿌리썩음병 발생률이 높아지는데 많은 영향을 준 것으로 생각된다. Kim 등(1996)의 연구에 의하면 우리나라의 경우 뿌리썩음병의 최초 발생시기는 6월 하순에서 7월 초의 강우량과 깊은 관련이 있는데, 장마기에 강우량이 많고 기온이 상승하면 8월 한 달 동안 발생률이 급격히 증가하고 9월 중순과 하순에 가장 높은 발생률을 보인다고 보고한바 있다. 뿌리 작물인 인삼을 경작하는데 있어서 발생하는 병해의 대부분은 식물병원성 곰팡이와 같은 토양전염성 병원균에 의하여 발병하고, 최초의 병징은 6월 중순과 하순에 나타나 7월 하순 이후에는 고사한다(Shin 등, 2012). Ahn 등(2011)의 연구에서는 식물이 과습이나 침수되면 용존산소가 뿌리내로 원활하게 확산되지 못하기 때문에 뿌리활력이 감소한다고 하였으며, 복분자는 수분 stress로 인하여 초기에는 뿌리발달이 둔화되고 10일경부터는

복분자 전체 생장이 정지상에 접어든다고 하였다.

이러한 결과를 살펴볼 때, 생강의 뿌리썩음병은 토양의 화학적조건의 불균형, 토양의 물리적 조건인 토성과 지형에 따른 토양수분의 증가, 기후조건에 따른 높은 온도와 강수량 등에 따라 발생률이 증가되는 것으로 판단된다.

IV. 적 요

생강 재배지 토양의 물리·화학적 특성 변화, 생강의 양분 흡수 관계, 생강의 생육 변화를 조사하였다. 시험 전 토양과 생강 수확 후 토양 특성을 비교하면, 시험 전 토양의 전질소 함량은 $0.04\sim 0.13\text{g kg}^{-1}$, 치환성 K는 $1.88\sim 2.80\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$, 치환성 Mg는 $0.41\sim 0.55\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$, 수확 후 토양의 전질소 함량은 $0.31\sim 0.95\text{g kg}^{-1}$, 치환성 K는 $0.47\sim 1.37\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$, 치환성 Mg는 $1.07\sim 1.97\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ 로서 전질소 함량과 치환성 Mg의 함량은 증가하였고, 치환성 K의 함량은 감소하였다. 식물 양분 중 K, Ca, Zn, Cu의 흡수량이 지상부에서, 땅간의 흡수량은 지하부에서 높은 함량을 보였으며, K의 흡수량은 지상부에서 $63.9\sim 72.3\text{g kg}^{-1}$, 지하부에서 $27.6\sim 37.3\text{g kg}^{-1}$ 로서 특히 높은 함량을 보였다. 생강 중 K의 높은 흡수량으로 인하여 토양 중 치환성 K의 함량이 수확 후 감소한 것으로 보인다. 생강의 뿌리썩음병은 저지대 및 식양토에서 높은 병발생률을 보였는데, 저지대로의 수분이동과 저지대의 배수 취약성이 병 발생을 증가시키고, 토양수분 보유력이 높은 식양토 또한 병 발생 증가에 영향을 준 것으로 생각된다. 뿌리썩음병 발생률은 낮게는 26.7%에서, 높게는 88.1%로 나타났는데, 생강 성숙기인 8월과 9월의 고온다습한 기후 조건도 높은 뿌리썩음병 발생의 원인으로 보인다. 생강 뿌리썩음병은 토양의 토성 및 지형 조건에 따른 토양수분의 증가, 고온다습한 기후 조건 등에 따라 발생률이 증가되는 것으로 판단된다. 따라서, 생강 재배지 선정시 지대의 경사, 토성, 배수 system 등이 고려되어야 할 것이다.

[논문접수일 : 2013. 6. 7. 논문수정일 : 2013. 6. 13. 최종논문접수일 : 2013. 6. 25.]

Reference

1. Agassi, M., D. Bloem, and M. Ben-Hur. 1994. Effect of drop energy and soil and water chemistry on infiltration and erosion. *Water Resour. Res.* 30(4): 1187-1193.
2. Ahn, B. K., K. C. Kim, D. H. Kim, and J. H. Lee. 2011. Effects of soil water potential on

- the moisture injury of *Rubus coreanus* Miq. and soil properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(2): 168-175.
3. Cho, J. H., S. M. Oh, S. P. Lee, and S. D. Bea. 1996. Effects of irrigation time on growth and yield of *Dioscorea batatas* DECNE. Korean J. Medicinal Crop Sci. 4(3): 205-211.
 4. Dick, R. P. 1992. A review : long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. Agric. Ecosyst. Environ. 40: 25-36.
 5. Dohroo, N. P. 2005. Disease of ginger, p. 305-340. In: Ravindran, P.N. and K. Nirmal Babu. Ginger: The Genus *Zingiber*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
 6. Elliott, E. T. 1994. The potential use of soil biotic activity as an indicator of productivity, sustainability and pollution, p. 250-256. In: Pankhurst, C. E., B. M. Doube, V. V. S. R. Gupta, and P. R. Grace (Eds.). Soil biota: Management in Sustainable Farming Systems. CSIRO, Melbourne, Australia.
 7. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis, p. 383-411. In: Klute, A. Method of soil analysis part I. (2nd ed.). America Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
 8. Kandianan, K., Utpala Parthasarathy, K. S. Krishnamurthy, C. K. Thankamani, V. Srinivasan. 2009. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. Sci. Hort. 120: 532-537.
 9. KFDA. 2012. Standards and specifications of Food. Korea Food and Drug Administration, Korea.
 10. Kim, C. H., K. D. Hahn, and K. S. Park. 1996. Survey of rhizome rot incidence of ginger in major production areas in Korea. Korean J. Plant Pathol. 12(3): 336-344.
 11. Kim, C. H., S. S. Yang, and D. K. Hahn. 1997. Ecology of ginger rhizome rot development caused by *Pythium myriotylum*. Korean J. Plant Pathol. 13: 184-190.
 12. Kim, C. H. 2004. Review of researches on rhizome rot of ginger and future tasks for its management in Korea. Res. Plant Dis. 10(2): 87-93.
 13. Kim, J. K., M. S. Kim, B. H. Bak, and D. Y. Yang. 2007. The effects of mud content, slope angle, and soil water changes on interrill erosion using by single-sized multi-drop rainfall simulator. J. Korean Geomorphological Association 14(3): 115-121.
 14. KMA. 2012. Observational data : past data.
http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_table.jsp.
 15. Lee, M. T., C. J. Asher, and A. W. Whilley. 1981. Nitrogen nutrition of ginger effect of nitrogen supply on growth and development. Field Crops Res. 4: 55-68.
 16. Lee, W. H. and D. K. Lee. 1998. Ecology of rhizome rot incidence of ginger and relation of soil texture, chemistry and biology. Korean J. Environ. Agri. 17(1): 1-4.

17. Lee, W. H., S. S. Cheong, and I. Y. So. 1990. Properties of suppressive and conducive soils to ginger rhizome rot. *Korean J. Plant Pathol.* 6(3): 338-342.
18. MAF. 2006. Agricultural and forestry statistical yearbook. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea.
19. MFAFF. 2012. Food, agriculture, forestry and fisheries statistical yearbook. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea.
20. NAAS. 2010. Fertilization standard on crops. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Korea.
21. NAAS. 2010. Method of soil and plant analysis. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Korea.
22. Pegg, K. and G. Stirling. 2010. Ginger, p. 143-147. In: Persley, D., T. Cooke, and S. House (Eds.). *Diseases of vegetable crops in Australia*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
23. Shin, J. H., B. D. Yun, H. J. Kim, S. J. Kim, and D. Y. Chung. 2012. Soil environment and soil-borne plant pathogen causing root rot disease of Ginseng. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(3): 370-376.
24. Shinsu, T. 1978. Ecology and control of rhizome rot of ginger. *Plant Prot.* 32: 467-470.
25. Shinsu, T. 1984. Rhizome rot of ginger and its control. *Plant Prot.* 38: 233-236.
26. Stirling, A. M. 2004. The Causes of poor establishment of ginger (*Zingiber officinale*) in Queensland, Australia. *Aust. Plant Path.* 38: 453-460.
27. Stirling, G. R., U. Turaganivalu, A. M. Stirling, M. F. Lomavatu, and M. K. Smith. 2009. Rhizome rot of ginger (*Zingiber officinale*) caused by *Pythium myriotylum* in Fiji and Australia. *Aust. Plant Path.* 38: 453-460.
28. Yang, K. D., H. M. Kim, W. H. Lee, and I. Y. So. 1988. Studies of rhizome rot of ginger caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* and *Pythium zingiberum*. *Korean J. Plant Pathol.* 4: 271-277.
29. Yang, W., Q. Xu, H. X. Liu, Y. P. Wang, Y. M. Wang, H. T. Yang, and J. H. Guo. 2012. Evaluation of biological control agents against *Ralstonia* wilt on ginger. *Biol. Control* 62: 144-151.