

인삼 재배지의 토양 화학성에 따른 생리장애 유형 분석

현동윤*[†] · 연병열* · 이성우* · 강승원* · 현근수* · 김영철* · 이광원** · 김성민***

*국립원예특작과학원 인삼특작부, **농촌진흥청 기술경영과, ***공주대학교 산업과학대학

Analysis of Occurrence Type of Physiological Disorder to Soil Chemical Components in *Ginseng* Cultivated Field

Dong Yun Hyun*[†], Byeong Yeol Yeon*, Seong Woo Lee*, Seung Weon Kang*, Geun Soo Hyeon*, Young Cheol Kim*, Kwang Won Lee**, and Seong Min Kim***

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

**Technology Management Division, RDA, Suwon 441-707, Korea.

***College of Industrial Sciences, Kongju National Univ., Yesan 340-800, Korea.

ABSTRACT : This study was to set the guidelines of soil chemical components in order to assure the safety and quality of the *panax ginseng* from physiological disorder. The disorder symptoms appeared on the leaf with yellow spot, atrophy, yellow-brown spot, also showed red skin and rough skin of the root. Occurrence type of physiological disorder in cultivated field divided into two types : type I ‘such as, yellow spot’ consist of single disorder symptom; type II ‘such as, yellow spot and yellow-brown spot’ consist of two or more different disorder symptoms. The individual contribution of soil properties to the occurrence type was as follows ; The yellow spot was affected by Na > NO₃-N > salinity (EC) in soil. The same results was observed in red skin. Atrophy was affected by NO₃-N > salinity (EC) > Ca > Mg. Rough skin was affected by P₂O₅ > pH > Organic material > K. It showed positive associated to P₂O₅, pH and K, but negative associated to organic matter. Simultaneous occurrence of two different disorder, including cases which yellow spot and yellow-brown spot, those were affected by NO₃-N > salinity (EC) > Na > Mg. In the case of atrophy plus yellow-brown spot, those also were affected by in the order : NO₃-N > salinity (EC) > Ca > Mg > Na. Red-rough skin was affected in the order : salinity (EC) > NO₃-N > K > Na. Soil chemical components appear to be related to occurrence of physiological disorder, particularly in salinity (EC) and NO₃-N. The salinity (EC) and NO₃-N were negative related to plant growth. In addition, exchangeable cation capacity play critical roles in attributing to complex occurrence of physiological disorder.

Key Words : *Panax ginseng*, Physiological Disorder, Soil Chemical Property, Leaf Discoloration, Red Skin, Rough Skin

서 언

우리나라에서 재배되고 있는 고려인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오가피과 (Araliaceae), 인삼속 (*Panax*)에 속하는 다년생 속근초로 북위 30°~48°의 한반도와 중국의 북동부 장백산맥을 중심으로 길림성, 요녕성, 흑룡강성, 그리고 러시아의 연해주 일부 지역에 자생하는 반음지성 약용식물이다.

인삼 재배면적은 1980~1990년에는 일정 수준으로 유지 (11,000~12,000 ha)되어 오다가 1991년에 11,694 ha이었던 것이 1996년에는 8,940 ha까지 감소되었다. 그러나 1996년 이후 재배면적이 증가하기 시작하여 2000년 12,445 ha, 2008년 19,408 ha로 매년 재배면적이 현저하게 증가하는 추세이다. 최

근 인삼 신규재배면적이 증가함에 따라 전남, 전북, 강원도, 경기도 민통선 지역 등 신규 재배지가 늘어나고 있으나 부적지에서 재배로 인한 생리장애 발생율이 증가하는 추세에 있다.

인삼의 생리장애에 대한 연구는 주로 재배 관리 측면에서 이루어졌고 (Kim, 2002), 토양 화학성과 관련된 연구는 한 가지 유형의 생리장애에 대하여 단편적으로 이루어져 있을 뿐이다 (Kang *et al.*, 2007)

인삼의 생리장애로서는 잎에서 발생하는 황증과 뿌리에 발생하는 적변 및 은폐가 대표적인 것으로 보고되고 있다. 황증은 건조기에 수분부족과 염류과다로 인하여 발생하며, 적변은 우기시 과습과 미부숙 축분의 시용에 의하여, 은폐는 야산개간지에서 발생하는 것으로 보고되고 있으나 (Park, 1982; Park

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5543 (E-mail) hyundy@rda.go.kr

Received 2009 November 2 / 1st Revised 2009 December 7 / Accepted 2009 December 9

et al., 1982) 두 가지 유형의 생리장애가 복합적으로 발생하는 농가의 토양 화학성에 대한 구체적인 조사는 미흡하여 본 시험에서는 농가포장에서 발생하는 생리장애 유형을 조사, 토양 화학성분이 생리장애에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 인삼 재배지 생리장애 조사

인삼 재배지 생리장애 조사는 2004년부터 2006년에 걸쳐 강원도 15개소, 경기도 57개소, 충청북도 47개소, 충청남도 30개소, 전라북도 21개소, 경상북도 31개소, 총 6개 도 17개 시·군 재배농가의 4년근 포기 201개소를 대상으로 7월 상순에서 8월 하순 기간동안 토양의 화학성과 생리장애 및 수량을 조사하였다. 인삼 생리장애 발생정도 조사는 농촌진흥청의 농업과학기술 연구 조사 분석 기준에 준하였는데 (NIAST, 2003), 엽에 발생하는 황증과 뿌리에 발생하는 적변 및 은피를 대상으로 하였고, 황증은 황색반점, 황갈색반점, 엽연(오갈)으로 구분하여 조사하였다.

생리장애 발생율은 33 m²당 출현된 개체 중 증상이 나타나는 개체수의 비율로 환산하여 3반복으로 조사하였다. 조기낙엽율은 33 m²당 출현된 개체 중 지상부가 고사되는 개체수의 비율로 환산하여 3반복으로 조사하였다. 생육조사는 초장, 경태를 대상으로 10개체를 3반복으로 조사하였다. 토양 화학성이 인삼생리장애에 미치는 영향을 구명하기 위하여 SAS enterprise 3.0을 이용하여 상관계수 및 선형회귀분석 등을 계산하였다.

2. 토양화학성 분석

토양화학성 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (Frederick, 1960; NIAST, 1992; NIAST, 2000)에 준하여 실시하였으며, pH, EC, NO₃-N, 유기물, 유효인산, 치환성양이온

K, Ca, Mg 등을 분석하였다.

토양 pH는 풍건토양 5 g을 50 ml 비이커에 취하고 증류수 25 ml를 가한 뒤 때때로 유리봉으로 저어 주면서 1시간 방치한 후 60초 이내에 pH meter (Orion 720A, 미국)로 측정하였다. 토양 염류농도 (EC)는 풍건토양 10 g을 100 ml 비이커에 취하고 증류수 50 ml를 가하여 20분간 진탕한 후 EC meter (Orion 150A, 미국)로 측정하였다. 토양의 NO₃⁻-N 분석은 풍건토양 10 g을 100 ml 삼각플라스크에 취하고 2 M KCl 50 ml를 가하여 30분간 진탕한 후 N_o. 2 여과지로 여과한 후 원소자동분석기 (Bran + Luebbe, AA3, 미국)로 자동비색 정량하였다. 토양 유기물 분석은 Tyurin법으로 토양시료 0.3 g (200 mesh 통과 시료)을 250 ml 삼각플라스크에 취하고 10 ml의 0.4 N 중크롬산칼리황산 혼합용액을 가한 다음 200 ml의 전열판에서 5분간 끓인 후 증류수 약 150 ml를 넣고 0.2 N 황산제1철 암모늄 용액으로 적정하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 토양 5 g에 침출액 20 ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No. 2 여과지로 여과한 시료액 3 ml를 시험관에 넣고 조작액을 6 ml 씩 넣은 다음 0.4 ml의 1, 2, 4 용액을 가하여 30°C에서 30분간 항온한 후 분광광도계 (Cintra 40, GBC, 호주)로 720 nm에서 비색 측정하였다. 치환성 양이온 (K, Ca, Mg)은 토양 5 g에 1N-NH₄OAc (pH 7.0) 완충용액 50 ml를 넣고 30분간 진탕한 후 침출, 여과하여 유도결합플라즈마 발광광도계 (ICP, Integra XMP, GBC, 호주)로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 생리장애 발생 유형과 생육양상

엽에서 발생하는 생리장애 증상은 황색 반점형 (Ys), 엽연형 (A), 황색 반점과 황갈색 반점이 복합적으로 발생하는 형 (YYbsc), 엽연과 황색 반점에 황갈색 반점이 함께 발생하는 형 (AYYbsc)으로 나타났다. 뿌리에서 발생하는 생리장애로는

Table 1. The occurrence rate(%) of physiological disorders in individual survey tilth.

Physiological disorder	Survey tilth						
	Gangwon	Gyeonggi	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Gyeongbuk	Mean (Total)
Ys	-	26.5±3.1(8)	20.7±4.1(9)	22.5±2.8(8)	26.5±2.3(8)	-	24.1±3.1(33)
A	-	30.5±2.9(7)	22.5±3.7(7)	29.3±3.1(6)	-	21.5±2.9(6)	25.9±3.2(26)
YYbsc	24.3±4.9(7)	38.0±4.1(7)	34.0±3.8(3)	-	23.3±2.1(7)	-	29.9±3.7(24)
AYYbsc	-	35.0±3.5(7)	19.1±2.9(10)	32.3±4.1(7)	-	18.3±2.2(7)	26.2±3.1(31)
Rs	-	26.1±3.9(11)	18.5±3.1(4)	-	18.7±2.8(6)	-	21.1±3.3(21)
Ros	-	19.0±2.9(9)	23.1±3.7(6)	27.0±2.1(5)	-	20.7±2.9(9)	22.5±2.9(29)
RRos	20.3±2.7(8)	26.0±3.9(8)	18.4±2.9(8)	27.5±3.3(4)	-	14.5±2.1(9)	21.3±3.0(37)

*Ys, Yellow spot; A, Atrophy; YYbsc, Yellow-Yellow brown spot complex; AYYbsc, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex; Rs, Red skin; Ros, Rough skin; RRosc, Red-Rough skin complex. Parentheses are the number of survey tilth



Fig. 1. Type of physiological disorder with symptoms appear in the leaf and root. A, yellow spot; B, Atrophy; C, Yellow-Yellow brown spot complex; D, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex; E, Red skin; F, Rough skin; G, Red-Rough skin complex.

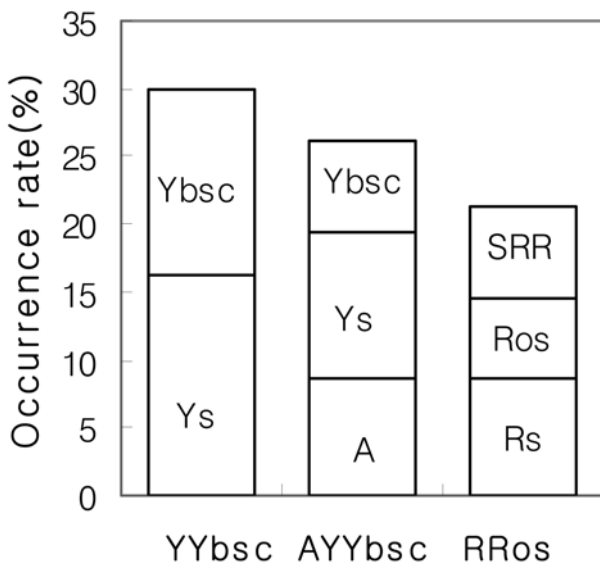


Fig. 2. Composed rate of single physiological disorder associated with complex physiological disorder type.

※ Ys, Yellow spot; Ybsc, Yellow brown spot; A, Atrophy; Rs, Red skin; Ros, Rough skin; SRR, Simultaneously occurred Ros and Rs.

YYbsc, Yellow-Yellow brown spot complex type; AYYbsc, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex type; RROsc, Red-Rough skin complex type.

적변 (Rs), 은피 (Ros) 그리고 적변과 은피가 함께 발생하는 형 (RROs)으로 구분되었다 (Fig. 1).

인삼 재배지역의 생리장해 유형에 따른 개소별 발생율을 보면 (Table 1), 황색 반점은 조사지역 33개소에서 평균 24.1%, 엽연은 26개소에서 25.9%, 황색 반점과 황갈색 반점이 함께 발생하는 경우는 24개소에서 29.9%, 엽연과 황색 및 황갈색 반점이 함께 발생하는 경우는 31개소에서 26.2%, 적변은 21개소에서 21.1%, 은피는 29개소에서 22.5% 그리고 적변과 은피가 함께 발생하는 형은 37개소에서 21.3%로 조사 되었다.

또한 생리장해가 복합적으로 발생하는 경우, 생리장해 발생 비율은 Fig. 2와 같다. 황색 반점에 황갈색 반점이 함께 발생하는 형태는 황색반점 16.2%, 황갈색 반점 13.7%으로 나타났으며, 엽연과 황색 반점에 황갈색 반점이 함께 발생하는 형태는 엽연 8.6%, 황색반점 10.8% 및 황갈색 반점 6.8%으로 나타났고, 적변과 은피가 함께 발생하는 형은 적변 8.7%, 은피 5.9%, 그리고 적변과 은피가 동시에 발생은 6.7%로 나타났다.

인삼 재배지에서 발생한 생리장해 유형별 생육특성은 Table 2와 같다. 전체적으로 생리장해 증상을 나타내는 재배지는 무 발생 재배포지 보다 초장, 경태 및 수량이 다소 낮아지는 경향을 보였으나 조기낙엽율은 높게 나타났다. 특히 황색과 황갈색 반점이 복합적으로 발생하는 재배포지에서는 조기낙엽율이 가장 높았다. 뿌리에서도 적변, 은피 그리고 적변과 은피가 복합적으로 발생하는 포지에서도 초장 및 경태가 작아지면서 수량이 다소 적어지는 경향을 보였으나 조기낙엽율은 높게 나타났다.

생리장해 발생이 한 가지 유형으로 나타나는 경우보다 두 가지 이상의 유형이 복합적으로 나타나는 재배포지에서 대체적으로 조기낙엽율이 높는데 이는 생리장해 발생정도가 심하면 조기낙엽이 증가하고 수량이 감소된다는 보고 (Lee et al., 1980; Lee et al., 1984; Lee et al., 1989; Lee et al., 1991)와 일치한다.

2. 토양화학 성분이 생리장해 발생 유형에 미치는 영향

잎과 뿌리에 나타나는 인삼 생리장해 발생 유형과 토양 화학성분 함량과의 관계는 Table 3과 같다. 황색 반점형 발생 포장은 생리장해 무 발생에 비해 염류농도 1.7배, 질산태 질소 2.0배, 유효인산 2.2배 그리고 나트륨은 1.5배 높게 나타났다. 엽연 (오갈)형 황증 발생 포장은 염류농도 1.6배, 질산태 질소 1.8배, 유효인산 1.7배 그리고 칼슘은 1.2배 높게 나타났다. 황색·황갈색 반점이 복합적으로 발생하는 포장은 염류농도 1.6

Table 2. Plant growth characteristics of individual physiological disorder type.

Physiological disorder type	Plant growth characteristics				
	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Early leaf falling rate (%)	Yield (kg/3.3 m ²)	
Leaf	Ys	68.7	9.4	56.1	2.2
	A	67.8	9.0	51.9	2.1
	YYbsc	75.9	9.4	67.3	1.9
	AYYbsc	73.8	8.8	64.0	2.0
Root	Rs	70.4	9.2	61.7	2.0
	Ros	72.8	9.0	61.2	2.1
	RRosc	70.3	8.9	65.7	2.1
Control	77.0	9.4	35.8	2.5	
F value	2.09	0.71	4.62*	0.79	
LSD(0.05)	ns	ns	8.76	ns	

※ Ys, Yellow spot; A, Atrophy; YYbsc, Yellow-Yellow brown spot complex; AYYbsc, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex; Rs, Red skin; Ros, Rough skin; RRosc, Red-Rough skin complex.

* : Significant at the 5% level.

Table 3. Soil chemical properties associated with occurrence of physiological disorder.

Physiological disorder type	Soil chemical components									
	pH	EC ds m ⁻¹	NO ₃ -N mg kg ⁻¹	P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	OM g kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Na	
						Ex. cmol ⁺ kg ⁻¹				
leaf	Ys	5.4	2.0	206.7	440.9	11.4	0.54	4.48	1.51	0.247
	A	5.3	1.9	210.8	343.2	14.8	0.52	5.40	2.83	0.168
	YYbsc	4.9	1.9	194.9	276.9	18.8	0.59	4.43	1.84	0.181
	AYYbsc	5.0	1.9	189.5	476.5	12.9	0.56	4.99	1.91	0.215
root	Rs	5.0	2.3	245.3	227.6	14.6	0.61	4.84	2.14	0.211
	Ros	6.2	1.1	116.7	364.2	10.7	0.82	4.54	1.47	0.155
	RRosc	5.0	1.5	159.4	270.1	12.9	0.78	4.63	1.61	0.186
Control (non-occurrence)	5.4	1.2	105.8	203.2	13.7	0.50	4.44	1.41	0.165	
F value	1.55	2.29*	3.31*	3.29*	1.79*	0.68*	2.42*	1.33	2.45*	
LSD(0.05)	ns	0.64	77.8	89.7	3.12	0.19	0.78	ns	0.061	

※ Ys, Yellow spot; A, Atrophy; YYbsc, Yellow-Yellow brown spot complex; AYYbsc, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex; Rs, Red skin; Ros, Rough skin; RRosc, Red-Rough skin complex.

* : Significant at the 5% level.

배, 질산태 질소 1.8배, 유효인산 1.4배 그리고 칼슘과 마그네슘은 각각 1.3배와 1.1배 높았다. 오갈 · 황색 · 황갈색 반점 복합형 황증 발생 포장은 염류농도 1.8배, 질산태 질소 1.8배, 유효인산 2.3배, 칼슘 1.12배, 마그네슘 1.35배 그리고 나트륨은 1.3배 높았다.

뿌리에서 나타나는 적변 발생 포장은 염류농도 2.0배, 질산태 질소 2.3배 유효인산 1.2배 그리고 양이온은 마그네슘 1.5배와 나트륨 1.3배 높은 경향을 보였으며, 은피 발생 포장은 산도 (pH)가 6.2로 유효인산은 1.8배 칼륨은 1.64배 높게 나타났다나 유기물 함량은 낮은 경향을 보였다. 적변과 은피가 복합적으로 발생하는 포장은 염류농도 1.3배, 질산태 질소 1.5배 그리고 양이온은 칼륨 1.6배, 나트륨 1.12배 높은 수준이었다.

토양 화학성분이 앞에서 나타나는 황증 발생에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 황색 반점형은 나트륨, 질산태 질소 그리고 염류농도 순으로, 엽연 (오갈)형은 질산태 질소와 염류농도 그 다음으로 칼슘과 마그네슘 순으로 발생에 기여하는 것으로 나타났다. 황색 · 황갈색 반점 복합형 황증 발생은 염류농도와 질산태 질소 그 다음으로 마그네슘과 나트륨, 유효인산으로 나타났다. 오갈 · 황색 · 황갈색 반점 복합형 황증 발생은 질산태 질소와 염류농도 그 다음으로 칼슘, 마그네슘과 나트륨 순으로 나타났다.

토양 화학성분이 뿌리에서 발생하는 생리장애에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 적변 발생에 영향을 미치는 성분은 염류농도, 질산태 질소, 나트륨 순으로 기여하는 것으로 나타났다. 은피 발생에 기여하는 성분은 유효인산, 토양산도, 칼

Table 4. Contribution of soil chemical components affecting physiological disorders with symptom appeared on the leaf surface.

Soil chemical component	Correlation coefficient				Contribution Ratio (%)			
	Ys	A	YYbsc	AYYbsc	Ys	A	YYbsc	AYYbsc
pH	-0.332	0.114	0.417	0.342	6.4	1.6	3.3	6.2
EC	0.740**	0.676**	0.633**	0.607**	13.4	20.1	53.8	20.4
NO ₃ -N	0.754**	0.714**	0.624**	0.589*	18.6	47.3	12.0	39.1
P ₂ O ₅	0.151	0.293	0.555*	-0.062	1.8	4.5	11.4	0.06
OM	-0.148	-0.427	-0.108	0.368	2.4	0.9	0.2	3.1
K	0.069	0.002	0.266	0.172	0.03	0.02	0.6	2.6
Ca	0.376	0.574*	0.390	0.569*	10.2	14.3	0.9	13.1
Mg	0.325	0.562*	0.506*	0.640**	5.5	9.5	7.4	8.8
Na	0.808**	0.397	0.538*	0.502*	41.7	1.8	10.4	6.7

*Ys, Yellow spot; A, Atrophy; YYbsc, Yellow-Yellow brown spot complex; AYYbsc, Atrophy plus Yellow-Yellow brown spot complex
*, ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

Table 5. Contribution of soil chemical components affecting physiological disorders with symptom appeared on the root.

Soil chemical component	Correlation coefficient			Contribution Ratio(%)		
	Rs	Ros	RRosc	Rs	Ros	RRosc
pH	-0.008	0.752**	-0.330	0.07	23.5	2.9
EC	0.909**	0.335	0.715**	48.9	2.6	56.4
NO ₃ -N	0.863**	0.266	0.671**	19.9	10.1	22.8
P ₂ O ₅	-0.212	0.794**	-0.096	0.8	24.3	0.8
OM	-0.078	-0.518*	0.044	0.2	17.4	0.2
K	0.464	0.508*	0.411*	1.3	16.5	4.3
Ca	0.221	0.123	0.207	0.8	0.4	0.9
Mg	0.321	0.333	0.312	5.4	4.9	2.5
Na	0.852**	0.019	0.501**	22.6	0.3	9.2

*Rs, Red skin; Ros, Rough skin; RRosc, Red-Rough skin complex.
*, ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

를 순으로 나타났으며, 유기물 함량은 부의 상관으로 관여하는 것으로 나타났다. 적변과 은피 복합형은 염류농도, 질산태 질소, 나트륨과 칼륨 순으로 나타났다.

농가 포지에서 발생하는 생리장해는 황색 반점형 생리장해와 같이 한가지 유형으로 발생하는 경우와 황색 반점형에 황갈색 반점형이 함께 발생하는 생리장해로 구분 할 수 있다. 또한 모든 생리장해 발생 유형에 공통적으로 관여하는 토양화학성분은 염류농도, 질산태 질소이며 양이온들은 생리장해 유형별로 관여하는 종류와 농도가 달랐다. 특히, 두 가지 또는 세 가지 유형이 복합적으로 발생할 경우 관여하는 양이온의 종류와 농도가 증가 된다는 사실을 확인 할 수 있었다. 또한 엽에서 황색 반점 발생과 뿌리에서 적변 발생에 관여하는 토양화학성분의 종류 및 기여하는 정도가 같게 나타나 엽에서 나타나는 증상으로 뿌리의 적변진행 정도를 예측 할 수 있을 것으로 판단된다.

엽에서 나타나는 생리장해는 토양내 질산태 질소 및 마그네슘 성분 과다가 미량원소인 철, 구리 또는 아연의 흡수를 저

해한다고 하였으나 (Lee *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1995; Mork *et al.*, 1981) 구체적으로 이들 무기성분간의 상호작용에 대한 역할은 아직까지 확립된 것이 없는 실정이다. 본 연구에서 나트륨 이온이 황색 반점형 황증 및 적변 발생에 질산태 질소와 유효인산 보다 더 크게 영향을 주는 것으로 나타났다.

Lee *et al.* (1980)은 은피 상습 발생지는 적황색의 야산 개간지로 척박한 재배지에서 관찰되어 진다는 보고와 비교할 때, 본 연구에서도 은피발생은 유기물 함량이 낮으면 은피 발생율이 높아진다는 것과 상호 관련성이 있는 것으로 보인다.

결론적으로 생리장해는 토양 성분 절대량이 부족하여 발생하는 생리장해보다는 토양내 특정성분이 과다로 인한 상호간의 양분 흡수 불균형에서 오는 생리장해가 더 많다 (Chung *et al.*, 2003; Chung *et al.*, 1985). 특히 나트륨 함량이 높으면 뿌리가 적변 증상을 보이면서 동시에 지상부에서 황색 반점 생리장해가 나타났으며, 나트륨, 칼슘과 마그네슘 세 종류의 성분이 높은 재배지는 생리장해가 복합적으로 나타나는 현상을 보여 이들 성분은 생육과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

LITERATURE CITED

- Chung HD and Choi Y.** (2003). Ultrastructural changes in leaves of chinese cabbage (*Brassica campestris ssp. Pekinensis*) and radicle tissues of radish (*Raphanus sativus*) grown in high soil EC. Horticulture Environment and Biotechnology. 44:582-587.
- Chung YR, Ohh SH, Lee IH and Park CS.** (1985). Studies on the biological and chemical properties of musty ginseng root and its causal mechanism. Journal of Ginseng Research. 9:24-35.
- Frederick HP.** (1960). A Field Guide to Rocks and Minerals. U.S.A.
- Jung SJ, Park BS, Jang GS, Hyun BK and Rim S.** (2004). Suitability class criteria for red pepper cultivation with respect to soil morphology and physical properties. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 37:336-340.
- Kang SW, Yeon BY, Hyun GS, Bae YS, Lee SW and Seong NS.** (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:157-161
- Kim YY.** (2002). Selection to be compatible site for ginseng information system in kumsan area. Journal of Ginseng Research. 26:24-30.
- Lee JC, Lee IH and Hahn WS.** (1984). Statistic model by soil physico-chemical properties for prediction of ginseng root yield. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 17:371-374.
- Lee IH, Park CS, Son KJ and Hong SK.** (1991). Effect of bed height on ginseng growth and soil physical properties. Journal of Ginseng Research. 15:197-199.
- Lee MK, Min JS and Park H** (1986). Relationship among ginsenosides of *Panax ginseng* root under the variation of mineral nutrients. Journal of Ginseng Research. 10:101-107.
- Lee IH, Yuk CS, Han KW, Nam KY and Bae HW.** (1980). Influence of soil chemical properties in ginseng field on the growth and the yield of ginseng. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 13:99-105.
- Lee IH, Yuk CS and Park H.** (1989). Yield and missing plant rate of panax ginseng affected by the annual change in physico-chemical properties of ginseng cultivated soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 22:18-24.
- Lee IH, Y CS and Han KW.** (1980). Influence of various soil characteristics in ginseng field on the growth and the yield of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Mayer). Journal of Ginseng Research. 4:175-185.
- Lee TS, Kim MS and Hong SK** (1989). Studies on the marginal leaf chlorosis of ginseng plant(1) The effect of excess manganese uptake on the occurrence of marginal leaf chlorosis. Journal of Ginseng Research. 13:105-113.
- Lee TS, Mok SK, Cheon SK, Choi KJ and Choe JY.** (1995). Chemical components of rusty root of ginseng. Journal of Ginseng Research. 19:77-83.
- Mork SK, Son SY and Park H.** (1981). Root and top growth of panax ginseng at various soil moisture regime. Korean Journal of Crop Science. 26:115-120.
- NIAST.** (1992). General report of korean soils, 2nd. addition(soil survey material 13). 725. National Institute of Agricultural Sciences and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NIAST.** (2000). Taxonomical classification of korean soils. 809. National Institute of Agricultural Sciences and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NIAST.** (2003). Monitoring project on agri-environment quality in Korea. 7~55. National Institute of Agricultural Sciences and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park H.** (1982). Water physiology of *panax ginseng* III. Soil moisture, physiological disorder, diseases, insects and quality. Journal of Ginseng Research. 6:163-203.
- Park H, Mok SK and Kim KS.** (1982) Relationship between soil moisture, organic matter and plant growth in ginseng plantations. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 15:156-162.