

논토양에서 두둑높이에 따른 6년생 인삼의 생육 및 수량성

이성우[†] · 이승호 · 장인복 · Jin Mei Lan · 박경훈 · 김기홍

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Effect of Ridge Height on Growth Characteristics and Yield of 6 Year Old *Panax ginseng* in Cultivation of Paddy Soil

Sung Woo Lee[†], Seung Ho Lee, In Bok Jang, Jin Mei Lan, Kyung Hoon Park and Ki Hong Kim

Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background : Ginseng is mainly grown as a break crop in paddy fields after rice has been cultured for approximately 4 - 5 years, because it reduces the negative effects of continuous rice cropping. However, physiological disorders, such as leaf discoloration, occur in ginseng grown in paddy fields with poor drainage and excessive levels of inorganic components.

Methods and Results : This study investigated the effect of ridge height on the growth characteristics and yield of 6 year old *Panax ginseng*. Ridge height was varied by making 20, 30, and 40 cm high ridges in a poorly drained paddy field. Soil moisture content decreased, while electrical conductivity (EC) as the ridge height increased. The NO₃, K, Ca, Mg, and Na levels also rose as ridge height increased, but organic matter and P₂O₄ levels did not. The leaf discoloration ratio rose as the ridge height increased, and root yield reached a peak when the ridge height was 30 cm.

Conclusion : A ridge height of 30 cm in poorly drained paddy field improved ginseng growth by reducing leaf discoloration and increasing root survival, owing to more suitable soil moisture and EC levels.

Key Words : *Panax ginseng* C. A. Meyer, Paddy Soil, Ridge Height, Soil Chemical Property, Root Yield

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 연작장해 발생이 심해 10년 이상 휴작을 해야 하기 때문에 (Kang *et al.*, 2007) 초작지 확보가 어려워 이에 대한 대안으로 논토양을 이용한 인삼재배가 증가되고 있다. 벼를 4-5년 재배하면 담수로 인해 토양이 환원상태로 되어 뿌리썩음 병원균의 밀도가 낮아지고 인삼뿌리에서 분비되는 생육억제물질도 희석되어 연작장해 발생이 줄어든다 (Park *et al.*, 1997).

그러나 논토양을 이용할 경우에는 저지대에서의 배수불량에 의한 습해 발생 (Lee *et al.*, 2009, 2012), 담수와 배수의 반복으로 인한 산화·환원철의 과잉흡수장해 발생 (Lee *et al.*, 2013, 2014), 벼 재배시 사용한 비료성분의 축적과 미부숙 퇴

비의 과용으로 인한 생리장해 발생 (Jang *et al.*, 2013) 등으로 논재배 인삼의 수량과 품질은 떨어지고 있는 실정이다. 이 중에서 인삼 논재배시 가장 문제가 되는 요인은 배수불량으로 인한 습해 발생과 염류농도 증가로 인한 염류장해 (황증, 적변삼)의 발생이며, 습해를 막기 위해서는 지대가 높거나 배수가 양호한 포장을 선택해야 한다.

보통 농경지의 배수등급은 지하수위나 배수 정도에 따라 ①매우양호 ②양호 ③약간양호 ④약간불량 ⑤불량 ⑥매우불량 등 6등급으로 구분되는데, 대개 밭토양의 배수등급은 1-3등급 (매우양호-약간양호)에 속하고 논토양의 배수등급은 대부분 4-6등급 (약간불량-매우불량)에 속한다 (RDA, 2003). 논토양의 배수등급은 건답의 경우 ‘약간양호 (3등급)’에 속하고 반습답의 경우 ‘약간불량 (4등급)’, 습답의 경우 ‘불량 (5등급)’이

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5541 (E-mail) leesw@korea.kr

Received 2015 July 24 / 1st Revised 2015 August 9 / 2nd Revised 2015 August 17 / 3rd Revised 2015 August 23 / Accepted 2015 August 24

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

며, 심한습답의 경우 ‘매우불량 (6등급)’에 속하는데, 실제 논 토양에서 인삼재배는 건답과 반습답에서 가능하며, 5등급 이하인 습답에서는 재배가 불가능하다 (Lee *et al.*, 2012).

‘배수약간양호지 (3등급)’에 속하는 토양은 인삼을 재배하기에 양호한 토양인데, 지하수위가 100 - 150 cm로 깊고 주토색은 갈색 내지 황갈색이며, 심층 또는 전층에 회갈색의 반문이 보인다. ‘배수약간불량지 (4등급)’에 속하는 토양은 인삼재배가 가능한 토양인데, 지하수위가 50 - 150 cm로 비교적 깊고 주토색은 회갈색, 회색, 암회색이며, 전층에 황색 및 적색의 반문이 2% 이상 보인다. ‘배수불량지 (5등급)’에 속하는 토양은 지하수위가 30 - 50 cm로 연중 지표면 근처에 머물러 있어 주토색은 회색, 청회색을 띄며, 버를 제외한 대부분의 작물은 과습피해를 받기 때문에 인삼재배가 곤란하다 (RDA, 2003).

국내 논토양의 배수등급별 면적비율은 배수불량지 14.0%, 배수약간불량지 48.6%, 배수약간양호지 35.8%, 배수양호지 1.6%로 실제 인삼재배가 가능할 것으로 보이는 ‘배수약간불량지-배수약간양호지’의 비율은 전체 논 면적의 84.4%에 달해 논 재배기술이 확립된다면 논토양을 이용한 인삼 재배면적은 차차 늘어날 전망이다.

인삼재배에 적절한 토양수분함량은 용수량의 63% (절대수분함량 19.8%) 수준인데 (Lee *et al.*, 2007), 논재배시 생육이 양호한 우량포장의 토양수분은 평균 19.5%이나 생육이 불량한 토양수분함량은 26.0%로 과습조건이 논재배에 가장 큰 장애요인이 된다 (Lee *et al.*, 1995). Kang 등 (2010)은 배수불량지와 배수약간불량지에서 4년생 인삼을 대상으로 생육 및 수량성을 조사한 결과 배수약간불량지의 인삼수량이 배수불량지보다 2.4배 증수되었다고 하여 배수의 중요성을 강조하였다.

특히, 논토양에서는 지대가 낮은 곳이 많기 때문에 습해를 방지하기 위해서는 두둑높이를 높여 주는 것이 필요한데, 비옥도나 배수등급이 다른 논토양에서 두둑을 너무 높게 할 경우 토양수분 부족과 이로 인한 염류농도 증가 등으로 생리장해가 발생할 수 있으나 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. Lee 등 (1991)은 사양토의 밭토양에서 두둑높이를 15, 25, 35 cm로 처리하여 4년생을 대상으로 수량성과 토양물리성을 조사한 결과 두둑높이 35 cm에서 공극율이 증가하고 토양경도가 저하되어 수량이 가장 많았다고 하였으나 논토양에서 두둑높이별 토양화학성의 차이와 인삼생육에 대해 보고한 결과는 없다.

최근 인삼의 연작장해로 인한 재배면적의 감소와 기상재해

등으로 생산성이 저하되는 현실에서 논토양을 활용한 안정생산기술의 개발이 절실하다. 따라서 실제 인삼 논재배가 가능한 ‘배수약간불량지’ 논토양에서 두둑높이별 토양수분, 염류농도 및 토양무기양분의 변화와 6년근 인삼의 수량성을 조사하여 논재배 안정생산기술을 확립하고자 본 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 충북 음성에 위치한 국립원예특작과학원 인삼특작부의 논재배 시험포장에서 2010년 3월부터 2014년 10월까지 수행되었다. 논토양의 토성은 사촌통이고 배수등급은 인삼재배가 가능한 ‘배수약간불량지’였다. 배수약간불량지의 배수특성을 보면 토양특성상 봄가을철에는 지하수위가 낮아 배수가 비교적 양호하였고 장마철에는 지하수위가 높아 약간의 과습피해가 우려되었는데, 계절별 지하수위는 장마철에 28 cm, 봄가을 갈수기에 71 cm로 변동을 보여 실제 인삼재배가 가능한 배수조건이었다.

묘삼을 이식하기 전 예정지관리를 위해 2009년 5월 중순에 수단그라스를 파종하고 8월 하순에 경운하여 토양에 혼화한 후 묘삼 이식 전까지 5회 경운 정지작업을 하였다. 예정지관리 후 이듬해 묘삼 이식전 (3월 하순경) 시험포장의 토양이화학성은 Table 1과 같은데, 적정치보다 토양산도가 다소 낮고 토양염류농도가 다소 높았으며, 유기물 함량은 다소 낮은 포장이었다.

두둑높이별 6년근 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 생육특성을 구명하기 위해 2010년 3월 하순에 두둑높이를 20, 30, 40 cm로 만든 후 4월 상순에 2년생 묘삼 (자경종)을 재식 밀도 7행 10열 (70주/3.3 m²)로 이식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복이었고 시험구 면적은 구당 9.9 m² 이었다. 해가림 유형은 A형이었고 해가림 피복재료는 4중직 차광망 (청색 3 + 흑색 1)이었으며, 고온장해를 예방하기 위해 6월 상순부터 9월 중순까지 흑색 2중직 차광망을 해가림 위에 추가로 피복하여 차광율을 조절하였다.

두둑높이별 토양수분함량과 염류농도는 2014년 4월 상순부터 9월 하순까지 6년생 인삼을 재배하는 동안 총 6회 조사하였으며, 두둑높이별 토양화학성은 2014년 10월 중순에 6년근 인삼을 수확하고 난 다음 토양시료를 채취하여 분석하였다. 토양시료를 풍건하여 분쇄 후 20 mesh (2 mm)체를 통과한 다음 유발에 미세하게 갈아 분석용으로 사용했다. 토양화학성분 중

Table 1. Soil chemical properties in the experiment field of paddy soil.

pH (1 : 5)	EC ¹⁾ (dS/m)	OM ²⁾ (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cation (cmol ⁺ /kg)		
				K	Ca	Mg
5.1	0.86	11.8	87	0.26	2.57	0.97

¹⁾EC; Electrical Conductivity, ²⁾OM; Organic Matter.

pH, EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온인 K, Ca, Mg는 농촌진흥청 토양화학분석법 (NIAS, 2000)에 준하였다. 시료 10 g을 100 ml 삼각플라스크에 평량하고 침출액 (0.1 N HCl) 50 ml 첨가 후 항온 수조 30°C에서 1시간 진탕 후 Toyo No. 5B (Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)로 여과하여 ICP-OES (Intergra XMP, GBC Scientific Equipment, Braeside, Australia)로 치환성 양이온을 측정했다.

황증 발생률 및 지상부 생육특성은 2014년 8월 상순에 조사하였고 지하부 생육 및 수량은 수확시기인 10월 중순에 수확하여 조사하였으며, SAS 9.2 version (SAS Institute, Cary, NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

1. 두둑높이에 따른 토양수분 및 염류농도의 경시적 변화

지하수위가 장마철에 28 cm, 봄가을철에 71 cm를 보였던 '배수약간불량지' 논토양에서 두둑높이를 20, 30, 40 cm로 조절하여 두둑높이별 토양수분함량의 경시적 변화를 조사한 결과 (Fig. 1), 토양수분함량은 두둑높이에 따라 계절별로 약간씩 변화되는 양상을 보였는데, Lee 등 (2012)도 논토양에서 강우에 따라 계절별 지하수위가 변화된다고 하였다. 연간 평균 토양수분함량은 두둑높이 20 cm에서 27.4%, 두둑높이 30 cm에서 21.2%, 두둑높이 40 cm에서 18.7%로 두둑이 높아질수록 토양수분함량은 감소되었다. Lee 등 (1991)도 밭토양 (사양토)에서 토양수분함량은 두둑이 높아질수록 감소하였다고 하였는데, 토양수분함량은 두둑높이 15 cm에서 19.5%이었으나 두둑높이 35 cm에서는 16.0%로 감소하였다고 하였다.

인삼재배에 적합한 토양수분함량은 절대수분함량으로 18 - 20% 정도인데 (Lee *et al.*, 2007), 본 실험에서 두둑높이 40 cm에서는 적정치에 가장 근접한 수분함량을 보였고 두둑높이 30 cm에서는 적정치보다 약간 높은 수분함량을 보였으며, 두둑높이 20 cm에서는 적정치보다 상당히 높아 과습피해가 우려되는 수준이었다. 따라서 토양수분함량만을 고려했을 때 두둑높이 30 cm와 40 cm는 인삼재배에 적절한 두둑높이라고 생각된다.

Fig. 2에서와 같이 두둑높이에 따른 토양염류농도의 경시적 변화를 보면 토양염류농도는 토양수분의 변동에 따라 변화되어 토양수분이 증가되면 염류농도는 감소되고 토양수분이 감소되면 염류농도는 증가되었다. 연간 평균 토양염류농도는 두둑높이 20 cm에서 0.66 dS/m, 두둑높이 30 cm에서 0.87 dS/m, 두둑높이 40 cm에서 1.11 dS/m로 두둑이 높아져 토양수분함량이 감소할수록 염류농도는 증가되었다. 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 염류에 가장 약한 작물로 적정치는 0.5 dS/m인데, 보통 1.0 dS/m 이상에서는 잎의 황증 및 뿌리의 적변 등

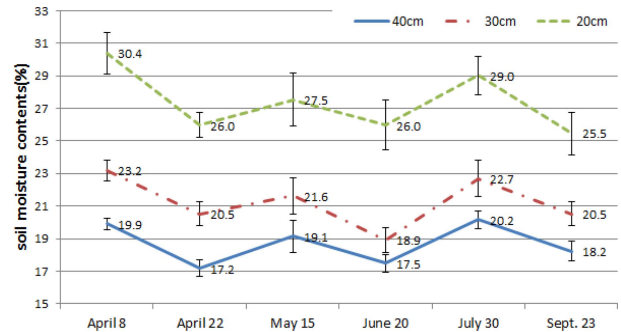


Fig. 1. Changes of soil moisture contents by ridge height in ginseng field of paddy soil.

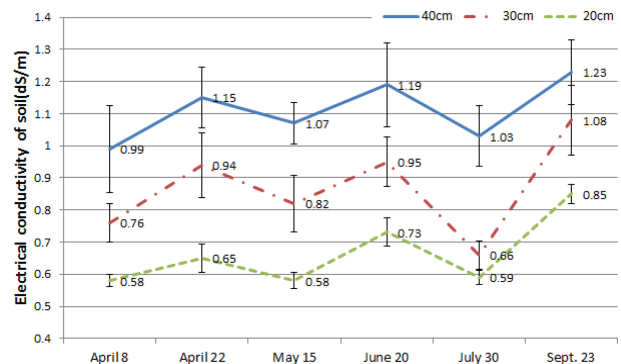


Fig. 2. Changes of electrical conductivity (dS/m) of soil by ridge height in ginseng field of paddy soil.

염류장해 발생이 증가된다 (Lee *et al.*, 2013; RDA, 2009). 본 실험의 시험포장과 같이 토양염류농도가 적정치 (0.5 dS/m) 보다 다소 높았던 포장에서는 두둑을 너무 높게 하면 토양수분함량의 감소로 토양수에 녹아있는 무기양분 (염류)가 농축되어 염류농도의 증가를 일으키고 이로 인해 염류장해 발생이 증가한 것으로 보인다.

2. 두둑높이에 따른 토양의 화학적 특성 변화

'배수약간불량지' 논토양에서 6년근 인삼 수확직후 두둑높이별 토양화학성을 비교분석한 결과는 Table 2와 같다. 두둑높이가 높아짐에 따라 토양산도는 저하되었는데, 두둑이 20 cm로 낮을 때 pH는 4.78이었으나 40 cm로 높아지면 pH는 4.43으로 낮아졌다. 토양은 담수상태인 환원조건에서 배수상태인 산화조건으로 변화되면 토양의 pH가 감소되는데 (Kim *et al.*, 1989), 두둑이 낮으면 토양의 수분함량이 많아져 환원상태에 가까워지고 두둑이 높으면 토양수분함량이 감소하여 산화상태에 가까워지기 때문으로 보인다.

토양의 염류농도는 두둑이 높아짐에 따라 점진적으로 증가하여 두둑높이 20 cm에서는 0.52 dS/m이었으나 두둑높이 40 cm에서는 1.15 dS/m로 뚜렷이 증가되었다. 토양 염류농도는 토양수분함량이 감소되면 증가되는 경향을 보이는데 (Ahn

Table 2. Comparison of soil chemical properties by ridge height in 6 year old ginseng in cultivation of paddy soil.

Ridge ¹⁾ height (cm)	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cation (cmol ⁺ /kg)			
						K	Ca	Mg	Na
20	4.78a	0.52c	14.6a	21.8c	42.6a	0.16a	1.94c	0.77c	0.17c*
30	4.57b	0.76b	15.3a	68.0b	39.8a	0.17a	2.17b	0.92b	0.24b
40	4.43c	1.15a	15.4a	127.7a	43.0a	0.20a	2.45a	1.10a	0.37a
Tolerance range	5.0 - 6.5	0.25 - 1.0	10 - 30	50 - 100	50 - 400	0.2 - 1.0	2.0 - 6.0	1.0 - 4.0	0.2 >

¹⁾Investigated date of soil sample : October 21, 2014.*Means with same letters are not significantly different in DMRT ($p > 0.05$).

et al., 2011), 본 실험에서도 두둑이 40 cm로 높아지면 토양수분함량이 감소되어 염류농도가 증가된 것으로 보인다.

질산태 질소함량은 두둑이 높아짐에 따라 뚜렷이 증가되었는데, 이는 토양수분이 감소하여 토양이 산화조건으로 바뀌어 질산태 질소함량이 증가되었다고 생각된다. Ahn 등 (1994)도 벼 재배 후 밭으로 전환하면 토양이 산화상태로 변화되어 질산태 질소함량이 증가된다고 하였다.

유기물과 인산함량은 두둑높이에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨과 같은 양이온은 두둑이 높아짐에 따라 증가되는 경향을 보였다. 즉, 유기물과 인산함량은 두둑높이에 따른 토양수분함량의 변화와 산화환원조건의 변환에도 불구하고 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만 치환성 양이온들은 두둑높이에 따른 토양수분 함량의 변화와 산화환원조건의 변환에 따라 뚜렷한 차이를 보였다. 해가림 시설로 인해 두둑의 지표면 (상면)이 건조해지면 모세관 현상에 의해 토양용액이 지표면으로 이동하며, 이때 지표면에서는 물만 증발되고 토양용액에 녹아 있는 양이온들은 지표면에 남게 되어 양이온의 농도가 증가되고 이로 인해 염류농도도 상승하게 되는데, Ahn 등 (1994)도 논을 밭으로 전환하면 표토 부분에서 염류농도, 인산 및 칼륨함량이 증가된다고 하였다.

Table 1에서와 같이 본 실험의 논토양에서는 묘삼 이식전 염류농도가 0.86 dS/m로 적정치 0.5 dS/m 보다 다소 높았기 때문에 두둑높이가 40 cm로 높아지면 pH, EC, NO₃, Na 등은 최대허용범위를 벗어났으며, 두둑높이 30 cm에서는 pH만 다

소 낮을 뿐 나머지 무기성분은 모두 최대허용범위를 크게 벗어나지 않았다. 따라서 Table 1과 같이 토양 pH가 다소 낮고 토양염류농도가 다소 높은 배수약간불량지 논토양에서는 두둑을 너무 높게 하면 습해 예방에는 유리할 수 있으나 상면의 건조와 그로 인한 염류축적에 의해 토양화학적 악화될 것으로 보인다.

3. 두둑높이별 6년생 인삼의 생육특성 및 수량성

Table 3에서와 같이 두둑높이별 6년생 인삼의 지상부 생육특성을 보면 초장, 경장, 엽장 및 엽폭은 두둑높이 40 cm에서 가장 좋았는데, 초장에서만 유의성이 인정되었다. 두둑높이가 높아질수록 초장, 엽장 및 엽폭은 증가되었으나 경장은 유의적인 차이가 없었고 경태는 두둑높이 30 cm에서 가장 크고 두둑높이 40 cm에서는 약간 감소되었다.

잎의 황증 발생률은 두둑이 높아질수록 증가하였다. 두둑이 20 cm로 낮을 때는 황증 발생률이 17.8%로 매우 낮았으나 두둑높이 30 cm에서는 35.6%, 두둑높이 40 cm에서는 39.4%로 급격히 증가되었는데, 두둑높이 30 cm와 40 cm 사이에서는 유의성이 인정되지 않았다. 잎의 황증은 토양염류농도와 관계가 깊어 염류농도가 증가하면 발생이 많아지는데 (Hyun *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2013), 두둑높이 20 cm에서는 토양수분이 많고 염류농도가 낮았기 때문에 황증 발생이 억제된 것으로 보인다.

생육중기 (8월 5일)에 6년생 인삼의 지상부 생존율은 두둑

Table 3. Effect of ridge height on growth characteristics of 6 year old ginseng in cultivation of paddy soil.

Ridge ¹⁾ height (cm)	Plant height (cm)	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Ratio ²⁾ of LD (%)	Ratio of survived aerial part (%)
20	67.0b	41.5a	14.1b	5.9b	6.90a	17.8b	43.5b*
30	67.1b	40.2a	15.0a	6.4ab	6.94a	35.6a	61.8a
40	69.6a	41.9a	15.6a	6.7a	6.73b	39.4a	59.1a

¹⁾Investigated date; August 5, 2014.²⁾LD; Leaf Discoloration.*Means with same letters are not significantly different in DMRT ($p > 0.05$).

Table 4. Effect of ridge height on underground growth and yield of 6 year old ginseng in cultivation of paddy soil.

Ridge ¹⁾ height (cm)	Ratio of survived root (%)	Taproot length (cm)	Taproot diameter (mm)	Root length (cm)	Root weight (g/plant)	Ratio of rusty root (%)	Root yield (kg/3.3 m ²)
20	55.2a	9.1a	21.6a	26.8a	29.2b	78.1a	1.38c*
30	58.4a	9.2a	22.2a	26.9a	39.2a	58.9b	1.80a
40	55.2a	9.3a	22.9a	27.8a	37.2a	61.2b	1.60b

¹⁾Investigated date; October 27, 2014.

*Means with same letters are not significantly different in DMRT ($p > 0.05$).

높이 30 cm에서 61.8%로 가장 높았고 두둑높이 20 cm에서 43.5%로 가장 낮았다. 두둑높이 40 cm에서 지상부 생존율은 59.1%로 두둑높이 30 cm 보다 약간 감소되었는데, 이는 잎의 황증 발생으로 인하여 조기낙엽이 증가되었기 때문으로 보인다. 두둑높이 20 cm에서는 토양수분함량이 매우 높아 과습 피해로 인해 지상부 생존율이 떨어진 것으로 보인다.

Table 4에서와 같이 두둑높이별 6년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성을 보면 수확시 지하부 생존율은 두둑높이 30 cm에서 가장 높았으나 두둑높이별 유의적인 차이가 없었다. 동체장, 동체직경 및 근장은 두둑높이 40 cm에서 가장 양호하였으나 두둑높이별 유의적인 차이가 없었다. 주당근중은 두둑높이 30 cm에서 최고를 보였고 두둑높이 20 cm에서는 뚜렷이 감소하였는데, 두둑높이 40 cm에서 주당근중은 약간 감소되어 두둑높이 30 cm와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 뿌리의 수량은 두둑높이 30 cm에서 최고를 보였으며, 두둑높이가 30 cm보다 낮거나 높으면 수량은 유의적으로 감소하였다.

두둑높이 30 cm에서 수량이 가장 좋았던 원인은 황증 발생률의 감소, 지상부와 지하부 생존율의 증가, 주당근중의 증가 때문으로 보인다. 잎의 황증은 토양염류농도가 높을 때 많이 발생하며, 잎에 황증이 발생하면 엽록소가 파괴되고 이로 인해 광합성량이 떨어져 뿌리비대가 억제되며 (Hyun *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2013), 또한, 조기낙엽이 생겨 지상부 생존율이 떨어지면 뿌리비대도 억제된다 (Lee *et al.*, 2011). Lee 등 (1991)은 발토양 (사양토)에서 두둑높이를 15, 25, 35 cm로 하여 시험한 결과, 수량은 35 cm에서 가장 높고 15 cm에서 가장 낮았는데, 두둑높이 35 cm에서 수량이 가장 높았던 원인은 토양물리성의 향상 (공극율 증가, 토양경도 저하)으로 인한 결주율과 적변율의 감소 때문이라고 하였다.

본 실험에서 적변율은 두둑높이 30 cm에서 가장 낮았고 두둑높이 20 cm에서 가장 높았는데, 두둑높이 30 cm와 40 cm 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 적변 발생은 토양의 수분함량과 염류농도에 영향을 많이 받아 토양이 과습하거나 건조하고 염류농도가 높으면 발생이 증가하는데 (Yang *et al.*, 1997), 두둑높이 20 cm에서 적변율이 높았던 원인은 과습 때문으로 보이며, 토양수분이 적절한 두둑높이 40 cm에서도 적변 발생이 증가되었던 원인은 토양염류농도의 증가 때문으로

보인다. 적변은 생리장해의 일종으로 적변 발생이 많아지면 뿌리비대도 억제되어 수량이 감소된다 (Lee *et al.*, 2012). Lee (1996)는 묘삼 이식시 이식각도를 조절하여 수평으로 심으면 45° 경사로 이식했을 때보다 결주율과 적변율이 높아진다고 하였는데, 수평이식은 인삼뿌리가 표토부근에 위치하여 표토에 쌓인 염류에 의한 피해와 토양수분 부족으로 인한 건조피해를 더 받기 때문이라고 하였다.

위 결과를 종합해 보면 토양염류농도가 다소 높은 배수약간 불량지 논토양에서 인삼 재배에 적합한 두둑높이는 30 cm이며, 두둑높이를 40 cm로 높게 했을 때 보다 수량이 13% 증수되었다. 습해방지를 위해 두둑높이를 40 cm로 너무 높게 설치하면 해가림 시설로 인한 강우차단과 상면 (표토)의 건조로 염류농도가 증가하여 황증, 조기낙엽, 적변 등 생리장해가 발생하여 수량이 감소되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 친환경 인삼생산을 위한 하우스 시설재배기술 개발 과제(과제번호: PJ90701002)의 연구비 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn BK, Kim KC, Kim DH and Lee JH. (2011). Effects of soil water potential on the moisture injury of *Rubus coreanus* Miq. and soil properties. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 44:168-175.
- Ahn SB, Motomatsu T and Lee SE. (1994). Effects of paddy upland rotation systems on nutrient balance and distribution in soil profile. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 27:98-104.
- Hyun DY, Yeon BY, Lee SW, Kang SW, Hyun GS, Kim YC, Lee KW and Kim SM. (2009). Analysis of occurrence type of physiological disorder to soil chemical components in ginseng cultivated field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:439-444.
- Jang IB, Hyun DY, Lee SW, Kim YC, Kim JU, Park GC, Bang KH and Kim GH. (2013). Analysis of growth characteristics and physiological disorder of Korean ginseng

- affected by application of manure in paddy converted field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:380-387.
- Kang SW, Lee SW, Hyun DY, Yeon BY, Kim YC and Kim YC.** (2010). Studies on selection of adaptable varieties in paddy field of ginseng culture. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:416-420.
- Kang SW, Yeon BY, Hyeon 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 HW, Kim YW and Kim KS.** (1989). Effects of water logging on the chemical properties, microflora and biomass in continuous cropping of cucumber soils. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 22:146-155.
- Lee IH, Kim MS, Park CS, Byen JS and Oh SH.** (1995). Study on improvement of paddy-soil cultivation in ginseng. Korea Ginseng and Tobacco Research Institute. Daejeon, Korea. p.299-317.
- Lee IH, Park CS, Song KJ and Hong SK.** (1991). Effect of bed height on ginseng growth and soil physical properties. Korean Journal of Ginseng Science. 15:197-199.
- Lee SS.** (1996). Effect of transplanting angle of seedling on root shape and growth of ginseng plant(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Ginseng Science. 20:78-82.
- Lee SW, Hyun DY, Park CG, Kim TS, Yeon BY, Kim CG and Cha SW.** (2007). Effect of soil moisture content on photosynthesis and root yield of *Panax ginseng* C. A. Meyer seedling. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:367-370.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW.** (2011). Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with greenhouse and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.
- Lee SW, Kim GS, Yeon BY, Hyun DY, Kim YB, Kang SW and Kim YC.** (2009). Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents by drainage classes and varieties in 3 year old ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:346-351.
- Lee SW, Park JM, Kim GS, Park KC, Jang IB, Lee SH, Kang SW and Cha SW.** (2012). Comparison of growth characteristics and ginsenosides content of 6 year old ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) by drainage class in paddy field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:177-183.
- Lee SW, Park KC, Lee SH, Jang IB, Park KH, Kim ML, Park JM and Kim KH.** (2014). Effect of ferric and ferrous iron irrigation on brown-colored symptom of leaf in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:32-37.
- Lee SW, Park KC, Lee SH, Park JM, Jang IB and Kim KH.** (2013). Soil chemical property and leaf mineral nutrient of ginseng cultivated in paddy field occurring leaf discoloration. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:289-295.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2000). Methods of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.26-109.
- Park KJ, Yu YH and Oh SH.** (1997). Population variations of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of ginseng and soil microbes in the soil with various moisture contents. Korean Journal of Plant Pathology. 13:100-104.
- Rural Development Administration(RDA).** (2003). Theory and practice for soil survey. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.65-71.
- Rural Development Administration(RDA).** (2009). Ginseng standard cultivation textbook. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.94.
- Yang DC, Kim YH, Yun KY, Lee SS, Kwon JN and Kang HM.** (1997). Red-colored phenomena of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) root and soil environment. Korean Journal of Ginseng Science. 21:91-97.