

논토양에서 배수등급별 6년근 인삼의 생육특성 및 진세노사이드 함량 비교

이성우*† · 박진면** · 김금숙* · 박기춘* · 장인복* · 이승호* · 강승원* · 차선우*

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

Comparison of Growth Characteristics and Ginsenosides Content of 6-Year-Old Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) by Drainage Class in Paddy Field

Sung Woo Lee*†, Jin Myeon Park**, Geum Soog Kim*, Kee Choon Park*, In Bok Jang*, Seung Ho Lee*, Seung Won Kang* and Seon Woo Cha*

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

**Horticultural and Herbal Crop Environment Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea.

ABSTRACT : To develop the practical cultivation for paddy field, we investigated the properties of paddy soil, growth characteristics and ginsenoside content of 6-year-old ginseng, Cheonpung variety between poor drainage class (PDC) and imperfect drainage class (IDC). Groundwater level in PDC showed monthly small changes of 20~30 cm, while IDC showed monthly great changes of 28~71 cm depending on rainfall. Soil moisture content in PDC and IDC was 17.2%, 22.5%, respectively. Air temperature in IDC was lower than 0.3 °C, while soil temperature was higher than 0.8 °C compare to PDC, respectively. Main soil color of PDC was grayish olive, while IDC was brownish olive. PDC showed yellowish mottles only at underground of 20~40 cm, while IDC showed that at underground of 30~90 cm. IDC showed lower pH, EC, potassium, calcium and magnesium content, but higher organic matter, phosphate, and iron content than that of PDC, respectively. All of EC, organic matter, potassium, calcium, and magnesium content were decreased, but iron content was increased at the subsoil layers of PDC. All of EC, organic matter, phosphorus, and potassium content were decreased, but calcium and magnesium content were increased at the subsoil layers of IDC. Root yield in IDC was more increased by 33% than that of PDC. The moisture content and rusty ratio of ginseng root in IDC were lower than that of PDC. Ginsenoside content in IDC was higher than that of PDC because the ratio of lateral and fine root showing relatively high content of ginsenoside was higher in IDC than that of PDC.

Key Words : *Panax ginseng*, Poor Drainage Class, Imperfect Drainage Class, Paddy Soil, Root Yield, Ginsenoside

서 언

인삼은 연작장해가 심한 작물로 수확 후 약 10년이 경과되어야 다시 재배가 가능한 반면 (Kang *et al.*, 2007), 인삼을 재배했던 논에서는 벼를 4~5년 재배하고 나면 다시 인삼재배가 가능하다 (Jo *et al.*, 1996). 따라서 논재배에 적합한 기술 개발과 이를 통한 논재배 면적의 확대는 연작장해로 인한 초작지 부족을 해결할 수 있는 하나의 대책이 된다. 현재 전국의 인삼 논재배 면적은 전체 재배면적의 25~30%를 차지하고 있으며, 금산, 풍기, 진안 등 인삼 주산지는 전체면적의 70%가 논재배 면적이고 이로 인해 지금까지 같은 장소에서 인삼 재배가 지속되고 있다.

인삼의 최적수분함량은 용수량의 63% 수준이고 절대수분함

량으로는 19.8%로 (Lee *et al.*, 2007), 지대가 낮아 물 빠짐이 불량한 논에서 인삼을 재배하게 되면 습해를 받기 쉽다. 즉, 뿌리의 기능이상으로 인한 영양흡수 장애로 인삼 잎이 갈변되는 황증이 발생하거나 뿌리 표면이 빨갛게 변하는 적변삼이 많이 발생하여 인삼의 수량과 품질이 현저히 떨어지는 원인이 된다 (Lee *et al.*, 2008). 따라서 인삼 재배농가에서는 습해나 생리장애 발생 위험 때문에 논재배를 꺼리고 있어 논재배 면적 증가의 장애요인이 되고 있다.

배수등급은 물 빠짐의 정도에 따라 ①매우양호 ②양호 ③약간양호 ④약간불량 ⑤불량 ⑥매우불량 등 6등급으로 구분된다. 대개 밭토양의 배수등급은 1~3등급 (매우양호~약간양호)에 속하고 논토양의 배수등급은 대부분 4~6등급 (약간불량~매우불량)에 속한다. 논토양의 배수등급은 건답의 경우 “약간

†Corresponding author: (Phone) +82-43-781-5541 (E-mail) leesw@korea.kr

Received 2012 May 8 / 1st Revised 2012 May 29 / 2nd Revised 2012 June 5 / Accepted 2012 June 8

양호 (3등급)”, 반습답의 경우 “약간불량 (4등급)”, 습답의 경우 ‘불량 (5등급)’ 이고 심한습답의 경우 ‘매우불량 (6등급)’ 등급에 속한다. ‘약간불량’ 등급의 토양은 주 토색이 회색이고 전층에 걸쳐 황갈색의 반분이 약간 있으며, ‘불량’ 등급의 토양은 주 토색이 회색 내지 암회색이고 지하 50 cm 까지 황갈색의 반분이 있다 (RDA, 2003).

Lee 등 (2004b)은 금산, 풍기, 음성 등에서 4년근 인삼재배 농가를 대상으로 논·밭재배에 따른 수량성과 품질을 조사한 결과 논재배 인삼의 농가평균수량은 밭재배에 비해 다소 떨어지지만 수량성의 변이는 작아 비교적 안정적인 수량을 올릴 수 있다고 하였다. 그러나 논재배 인삼은 지근발달이 약하고 인삼의 수분함량이 다소 높으며, 적변발생이 많은 단점이 있다고 하였다. 또한, Lee 등 (2004a)은 4년근 주산지 논·밭재배에서 인삼의 품질을 조사한 결과 조사포닌 함량과 엑스함량은 밭재배가 논재배보다 다소 높다고 하였다.

한편, KGTRI (1995)의 보고에서 포천지역 6년근 인삼 농가 포장을 조사한 결과 수량성은 논 1.71 kg/3.3 m² (20개소 평균), 밭 1.56 kg/3.3 m² (367개소 평균)로 논재배의 수량이 다소 높았으며, 논재배 인삼은 밭재배보다 천삼과 지삼의 비율이 높고 내공, 내백의 비율이 낮아 포천지역의 6년근 재배지역에서는 논재배 인삼의 품질이 밭재배 인삼보다 더 좋다고 하였다. 이와 같이 조사지역 (토양통)과 연근의 차이에 따라 밭재배와 논재배 인삼의 수량과 품질은 서로 다른 결과를 보였다.

Kang 등 (2010)은 배수불량지와 배수약간불량지에서 4년생 인삼을 대상으로 수량성을 조사한 결과 배수약간불량지의 인삼 수량은 배수불량지보다 2.4배 증수되었으며, 논재배 가능 배수등급은 배수약간불량지라고 하였다. Lee 등 (2009)은 3년근 인삼을 대상으로 배수등급에 따라 수량성과 사포닌 함량을 조사한 결과 배수약간불량지는 배수불량지에 비해 잎에 생기는 생리장해 (황증)의 발생이 현저히 적어 수량성이 더 높았고 사포닌 함량도 더 많았으나 적변발생은 큰 차이가 없다고 하였다.

최근 인삼 재배면적의 감소와 기상재해 등으로 생산량이 줄어드는 현실에서 인삼 생산량의 감소를 막기 위해서는 논재배 안정생산기술의 개발이 필요하다. 논토양의 배수특성을 고려했을 때 배수등급이 ‘매우 불량지’와 ‘불량지’에는 실제로 인삼의 재배가 곤란하고 “약간불량지”부터는 재배가 가능할 것으로 판단되나 이에 대한 자료는 부족한 실정이다. 따라서 배수등급이 4, 5등급에 속하는 ‘배수약간불량지’와 ‘배수불량지’ 논토양에서 6년근 인삼을 대상으로 토양특성, 수량성과 진세노사이드 함량 등을 조사하여 논재배 기술 개발의 기초자료로

활용하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 충북 음성군 소재 국립원예특작과학원 인삼특작부 시험포장에서 2007년 3월부터 2011년 10월까지 수행하였으며, 시험재료는 천풍 품종이었다. 본 실험을 수행하기 전 2007년 3월 중순경, 모밭에서 천풍 1년근 인삼을 수확하여 같은 해 3월 하순 시험포장에 7행 10열 (70주/3.3 m²)로 이식하였다. 묘삼 이식 전 예지관리를 위해 2006년 5월 상순 수단그라스를 파종하고 8월 상순 출수기에 경운하여 토양에 환원하였다.

시험포장은 벼를 재배했던 논포장으로 토성은 사촌통이었으며, 배수등급은 ‘배수약간불량지’와 ‘배수불량지’이었다. 1년생 묘삼 이식당시 시험포장의 토양 화학성은 Table 1과 같은데, 토양염류농도가 재배적정치보다 약간 높았으며, 기타 성분은 인삼재배의 적정범위 내에 있었다.

시험구 배치는 난괴법 3반복이었고 시험구 면적은 구당 9.9 m²이었다. 해가림 유형은 A-1형이었고 해가림 피복재료는 청색 차광지였는데, 6월 10일경부터 9월 15일경까지 흑색 2중직 차광망을 해가림 위에 추가로 피복하여 고온장해를 예방하였다.

지하수위 조사는 두둑 위에서 지하 120 cm 깊이로 구멍을 파고 7월 1일부터 10월 6일까지 3~4일 간격으로 물이 차오른 높이를 측정하였다.

토양깊이별 토색은 표토부터 10 cm 깊이로 토양을 채취하여 MAFF (1967)의 표준토색첩을 보고 Munsell 표기법에 따라 표시하였다. 토양깊이별 토양화학성 조사를 위해 표토~30 cm, 40~55 cm, 60~75 cm, 85~100 cm 깊이에서 각각 토양시료를 채취하여 분석하였다. 토양화학성분 중 pH, EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온 K, Ca, Mg은 Hyun 등 (2009)의 방법에 준하여 분석하였으며, Fe과 Mn의 분석방법은 다음과 같다. 철 (Fe)과 망간 (Mn)은 토양시료를 풍건하여 분쇄 후 20 mesh (2 mm)체를 통과한 다음 유발에 미세하게 갈아 분석용으로 사용했다. 시료 10 g을 100 ml 삼각플라스크에 평량하고 침출액 (0.1N HCl) 50 ml 첨가 후 항온 수조 30°C에서 1 시간 진탕 후 Toyo No. 5B로 여과하여 ICP로 측정했다.

지상부 생육특성은 7월 하순에 조사하였는데, 잎이 50% 이상 생존해 있는 그루를 조사하여 지상부 생존주율을 구했다. 지하부 생육 및 수량성은 수확적이인 10월 하순에 조사하였으며, 적변지수는 적변 발생정도에 따라 무발생, 30% 이하,

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

Drainage classes ¹⁾	pH (1:5)	EC (dS/m)	NO ₃ (mg/kg)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
Poorly drained soils	4.8	0.79	55	15.4	105	0.47	3.6	0.97
Imperfectly drained soils	4.9	0.76	48	14.7	98	0.48	2.7	0.97

¹⁾ Drainage classes : 1~6 classes.

Table 2. Solvent gradient program of HPLC analysis.

Time	Acetonitrile (%)	Water (%)
0	28	72
10	28	72
45	40	60
47	100	0
68	100	0

50% 내외, 70% 이상 발생주로 구분하고 0~3까지 지수화하여 표시하였다.

수확한 인삼뿌리는 세척 후 뇌두, 동체, 지근 및 세근 등 부위별로 분리하고 동결건조하여 부위별 건물중을 구한 다음 모두 합쳐 전체 뿌리당 진세노사이드 함량을 구하였다. 진세노사이드 분석을 위해 whole root를 300 mesh 이하로 곱게 분쇄하여 사용하였다. 분말시료 2.0 g을 50 ml 원심분리 튜브에 평량하여 담고, 40 ml 50% MeOH을 첨가한 후 뚜껑을 닫고 ultrasonic bath (Powersonic 410, 화신테크, 한국)에 넣은 다음 15분 동안 초음파 추출하고 여과하였다. 이렇게 총 2회 추출한 후 여과액을 합쳐서 100 ml 정용 플라스크에 담아 부피를 100 ml로 정확히 맞추었다. 이 시료액 1 ml를 취하여 Sep-Pak으로 전처리하였다. 즉, Sep-Pak Plus C18 cartridge를 먼저 3 ml MeOH로 서서히 용출시켜 conditioning을 하고 다시 3 ml dd-H₂O로 2차 conditioning 시켰다. 추출 시료액 1 ml를 cartridge에 loading하고 10 ml dd-H₂O로 서서히 당류 등을 제거하였다. 이 cartridge에 2 µl MeOH를 처리하여 서서히 ginsenoside 성분을 용출시켰다. 정확히 부피를 2 ml로 조절한 후 시료액을 0.45 ml membrane filter로 여과하여 HPLC 분석시료로 사용하였다. Ginsenoside 함량은 Agilent 1100 series (Agilent Technologies, Waldbronn, Germany) HPLC system를 이용하여 측정하였다. 칼럼은 YMC-Pack ODS AM (250×4.6 mm, 5 µm, YMC, Inc. USA)을 사용하였으며, 기온이 이동상 조건은 Table 2와 같다. 인삼 추출액은 20 µl씩 주입하였는데, 이동상의 유속은 0.8 ml/min, 칼럼온도 40°C, UV 검출기의 검출파장은 203 nm로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 배수등급별 지하수위 및 토양수분, 기온, 지온의 변화

2011년 7월 1일에서 10월 6일까지 인삼 논재배 토양의 배수등급별 지하수위를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 먼저 배수 불량지 논토양의 지하수위는 월별로 큰 차이 없이 20~30 cm의 변화를 보여 지하수위의 변동이 크지 않았다. 그러나 배수 약간불량지의 지하수위는 강우에 따라 큰 변동을 보였는데, 장마철 비가 가장 많이 내렸던 7월 11일경에는 최소 28 cm에서 일사량이 많고 비가 적은 9월 5일경에는 최대 71 cm의 변화를 보였다. Park 등 (2006)에 의하면 배수약간불량지의 지하수위는 50~150 cm라고 하였는데, 배수불량지 논토양은 강우와

관계없이 연중 지하수위가 높아 토양 과습으로 습해발생이 우려되며, 배수약간불량지 논토양은 장마철 비가 많이 오게 되면 지하수위가 상승하여 일시적으로 토양이 과습하게 될 우려가 있다.

6월 상순경에 인삼 논재배 토양의 배수등급별 토양수분함량, 기온 및 지온을 조사한 결과는 Table 3과 같다. Lee 등 (2007)에 의하면 인삼의 최적 토양수분함량은 용수량의 63% 수준이고 절대수분함량으로는 19.8% 수준이라고 했는데, 배수 불량지 논토양의 작토층 부위인 지하 10 cm와 25 cm 깊이에서 토양수분함량은 각각 22.5%, 26.8%로 매우 높아 습해발생이 우려되었지만 배수약간불량지는 각각 17.2%, 20.2%로 적습상태를 유지하였다. 그러나 장마철에는 지하수위의 상승으로 토양수분함량의 증가가 우려되므로 지대가 낮은 논토양에서는 적극적인 배수노력이 필요할 것으로 보인다. 참고로 6월 상순경 인근 밭토양 (사양토)의 토양수분함량은 12.4%로 장마가 시작되기 전인 6월 상·중순경에는 토양수분이 부족할 것으로 예상되어 적절한 관수가 필요할 것으로 판단된다.

배수등급별 해가림 밑의 기온은 차이를 보여 배수불량지의 평균기온과 최고기온은 배수약간불량지보다 각각 0.3°C, 0.6°C 높았는데, 이는 배수불량지의 지대가 배수약간불량지보다 1 m 정도 더 낮아 통풍불량으로 온도가 상승된 것으로 보인다. 그리고 배수불량지의 지온은 배수약간불량지보다 각각 0.8°C, 1.0°C 더 낮았는데, 이는 배수불량지가 배수약간불량지보다 토

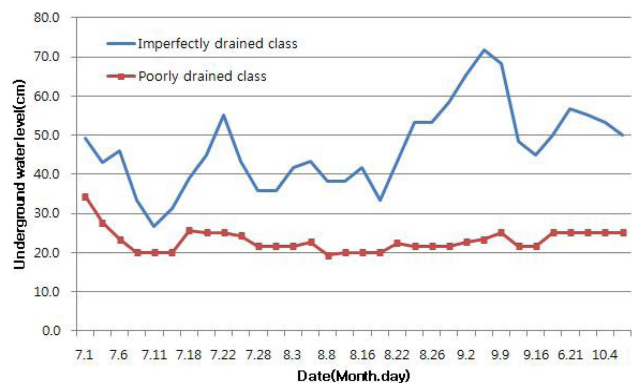


Fig. 1. Changes of groundwater level by soil depth between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Table 3. Changes of soil moisture content, air temperature, and soil temperature between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Drainage class ¹⁾	Soil moisture con. (%)		Air temp. (°C)		Soil temp. (°C)	
	Depth 10 cm	Depth 25 cm	Aver.	Max.	Aver.	Max.
PDS	22.5	26.8	28.6	34.1	19.8	20.2
IDS	17.2	20.2	28.3	33.5	20.6	21.2

¹⁾ PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils.

²⁾ Investigation date : June 8, 2011, Measured time of air and soil temp.: 6:00~19:00.

양수분함량이 더 높아 지온상승이 억제되었기 때문으로 보인다.

2. 배수등급과 토양깊이에 따른 토색 및 토양화학성

배수등급과 토양깊이에 따라 논토양의 토색을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 배수불량지의 경우 지하 30 cm 이내의 작토층은 갈색을 띤 흑색에서 녹황색에 가까운 흑색이었으며, 지하 40~60 cm까지는 회색 이었고 지하 70~90 cm에서는 작토층과 비슷하게 진한 녹황색에서 녹황색에 가까운 흑색이었다. 배수약간불량지의 경우 지하 30 cm 이내의 작토층에서는 진한 녹황색 이었으며, 지하 40~90 cm까지는 갈색에 가까운 녹황색 이었다. Park 등 (2006)에 의하면 배수약간불량지의 주토색은 회갈색, 회색, 암회색이고 배수불량지의 주토색은 회색, 청회색이라고 했는데, 본시험에서는 인삼재배에 의한 답전유회 효과가 나타나 토양이 산화되어 감으로서 토색이 회색보다는 갈색을 띠는 경향을 보였다.

반문은 토양의 배수정도를 나타내는 중요한 지표이며, 논토양에서는 답수에 따른 철, 망간 등의 환원과 용출 등에 의해 반문이 생기는데 (Park et al., 2006), 본 시험의 포장에서 황갈색의 반문은 배수불량지의 경우 지하 20~40 cm 부위에만 존재하였으나 배수약간불량지의 경우 지하 30~90 cm에서도 존재하여 그 부위에서 산화와 환원이 반복되고 있음을 알 수 있다. Park 등 (2006)에 의하면 벼를 재배하고 있는 논포장에서 반문은 배수불량지의 경우 표토~50 cm 까지 존재하며, 배수약간불량지에서는 전층에 걸쳐 존재한다고 하여 본 시험과 비슷한 결과를 보였다.

2011년 7월 하순경 6년생 인삼이 재배되고 있는 배수불량지

와 배수약간불량지 논토양에서 작토층과 토양깊이별 토양화학성의 변화양상을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 먼저 작토층에서 배수등급별 토양화학성의 차이를 비교해 보면 배수불량지는 배수약간불량지보다 EC, 가리, 석회, 고토 및 망간의 함량이 높고 유기물, 유효인산 및 철 함량이 낮았다. 작토층의 토양화학성을 인삼재배에 적합한 기준범위 (RDA, 2009)와 비교해 보면 배수불량지와 배수약간불량지 모두 적정범위보다 pH, 유기물과 가리 함량이 낮았다. EC는 배수불량지에서 매우 높아 인삼생육에 불리하게 작용하였는데, EC가 높은 원인에 대해서는 금후 자세한 검토가 필요하다.

그리고 토양깊이별 토양화학성의 변화를 보면 pH는 배수불량지와 배수약간불량지 모두 작토층보다 심토층으로 내려갈수록 증가되다가 지하 80 cm 이상에서 다시 감소되는 경향을 보였다. EC는 30 cm 이내의 작토층에서 높은 수준을 유지하다가 지하 30 cm 이상의 심토층에서 낮은 특징을 보였다. 유기물 함량은 배수불량지와 배수약간불량지 모두 심토층으로 내려갈수록 감소되다가 지하 80 cm 이상에서 다시 증가되었다. 유효인산 함량은 배수등급과 토양깊이에 따라 서로 다른 특징을 보였는데, 배수불량지에서는 심토층으로 내려가도 약간 감소될 뿐 큰 감소를 보이지 않았지만, 배수약간불량지에서는 표토층에서 인산함량이 매우 높았고 심토층으로 내려갈수록 뚜렷이 감소되었다. Ryu 등 (1991)에 의하면 인산은 주로 표토부위에 존재하며, 토양수분이 많은 조건에서 유효인산의 함량이 증가된다고 하였는데, 본 실험에서도 배수조건이 비교적 양호한 배수약간불량지에서는 인산이 주로 표토부분에 존재하였으며, 토양수분이 많은 배수불량지에서는 전층에 걸쳐 비교적 높은 수

Table 4. Soil color properties by soil depth between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Soil depth (cm)	Poorly drained soils		Imperfectly drained soils	
	Munsell notation (color names)	Mottles	Munsell notation (color names)	Mottles
10	2.5Y 3/2 (Brownish black)	absence	2.5Y 3/3 (Dark olive)	absence
20	10Y 3/2 (Olive black)	exist	2.5Y 3/3 (Dark olive)	absence
30	10Y 3/2 (Olive black)	exist	2.5Y 3/3 (Dark olive)	exist
40	10Y 4/1 (Gray)	exist	2.5Y 4/3 (Olive brown)	exist
50	10Y 4/1 (Gray)	absence	2.5Y 4/3 (Olive brown)	exist
60	10Y 4/1 (Gray)	absence	2.5Y 4/3 (Olive brown)	exist
70	5Y 4/3 (Dark olive)	absence	2.5Y 4/4 (Olive brown)	exist
80	5Y 3/2 (Oive black)	absence	2.5Y 4/4 (Olive brown)	exist
90	5Y 3/2	absence	2.5Y 4/4	exist

¹ Investigation date : July 8, 2011.

Table 5. Changes of soil chemical properties by soil depth between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Drainage class ¹⁾	Soil depth (cm)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation(cmol ⁺ /kg)			--(mg/kg)--	
						K	Ca	Mg	Fe	Mn
PDS	0~25	4.94	1.16	13.9	95	0.18	4.20	1.20	39.4	14.5
	30~50	6.24	0.18	6.7	70	0.12	3.39	0.82	123.5	75.9
	55~75	6.27	0.14	5.2	71	0.09	2.85	0.70	148.5	63.0
	80~100	5.91	0.14	5.5	91	0.06	2.32	0.51	224.0	65.0
IDS	0~25	4.82	0.58	15.3	102	0.16	2.50	0.82	250.4	9.0
	30~50	6.01	0.30	9.5	45	0.06	2.75	0.98	43.1	8.4
	55~75	6.29	0.31	6.6	27	0.04	2.61	1.06	71.8	11.0
	80~100	6.03	0.35	8.3	22	0.02	2.71	1.10	256.5	44.0

¹⁾ PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils.

²⁾ Investigation date of soil analysis : July 22, 2011.

순으로 존재하였다.

양이온 중 가리의 함량은 배수불량지와 배수약간불량지 모두 심토층으로 내려갈수록 감소되었다. 석회와 고토함량의 경우 배수불량지에서는 심토층으로 내려갈수록 감소되었으나 배수약간불량지에서는 심토층으로 내려갈수록 다소 증가되어 석회와 고토가 용탈되었는데, 이는 연중 지하수위의 변화가 심해 석회와 고토성분이 지하수위를 따라 밑으로 이동되었기 때문으로 생각된다. Ryu 와 Min (1998)도 강우에 의해 양이온들이 용탈되는데, Ca > Mg > K 순으로 용탈이 많다고 하였다.

철분 함량의 경우 배수불량지에서는 심토층으로 내려갈수록 증가되었으나 배수약간불량지에서는 작토층과 지하 80 cm 이하의 심토층에서만 뚜렷이 높은 함량을 보였다. 망간함량은 배수등급에 관계없이 작토층보다 심토층에서 높은 함량을 보였다. 토양이 환원상태로 되면 철과 망간의 함량이 증가된다고 하였는데 (Kim and Kim, 1983), 본 시험에서도 대체로 비슷한 경향을 보였으나 배수약간불량지의 표토부분에서 철분 함량이 특이하게 높아 기존의 보고와 상반된 결과를 보여 금후 자세한 검토가 요망된다. 이상의 결과를 종합해 보면 배수불량지에서는 심토층으로 내려 갈수록 EC, 유기물, 가리, 석회, 고토 함량이 감소되었고 철분과 망간 함량만이 증가되었다. 그러나 배수약간불량지에서는 심토층으로 내려 갈수록 EC, 유기물, 유효인산 및 가리 함량이 감소되었고 석회와 고토함량이 증가되었다.

3. 배수등급별 6년생 인삼의 생육특성 및 수량성

배수불량지와 배수약간불량지 논토양에서 재배된 6년생 인삼의 지상부 생육특성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 초장, 경장, 엽장 및 경태 등 지상부 생육은 배수약간불량지가 배수불량지보다 더 양호하였다. 엽록소함량은 배수불량지가 더 높아 과습조건에서 잎이 더 진해졌으며, 잎의 황증 발생율은 배수불량지가 더 높았다. 즉, 배수불량지는 배수약간불량지보다 지상부 생육이 약간 억제되고 잎의 황증 발생율이 다소 증가되었으며, 잎이 진해지는 특성을 보였다. 이는 배수불량지에서 토양염류농도가 배수약간불량지보다 2배 높아 적정치를 초과하였고 토양수분함량도 적정치보다 다소 높았기 때문으로 보이는데, Hyun 등 (2009)도 잎의 황증발생은 토양염류농도가 가장 크게 영향을 미친다고 하였다. 배수약간불량지에서도 잎에 갈반형 황증에 발생되었는데, 그 원인은 Table 5에서와 같이 작토층에서 철분함량이 250 ppm으로 매우 높아 철분의 과잉흡수 때문으로 보인다. KGTRI (1988)의 보고에도 갈반형 황증이 발생한 인삼 잎의 철분함량은 정상 잎보다 1.9배 더 많다고 하였다. 철분을 엽면시비하면 뿌리조직의 상처 난 부위로 철분이 이동, 축적되어 뿌리썩음병을 일으키는 미생물의 성장을 촉진함으로써 뿌리썩음병 발생을 촉진하며 (Rahman and Punja, 2006), 미생물의 가수분해 효소인 pectinase와 pectolyase는 인삼의 적변을 유발하는데, 특히 Fe⁺³ 이온이 존재할 때 적변발생이 더 촉진되었다고 하여 (Lee et al., 2011), 철 이온과 생리장해 및 병 발생은 깊은

Table 6. Aerial growth characteristics of 6-year-old ginseng between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Drainage class ¹⁾	Plant height (cm)	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll content (mg/g, FW)	Ratio of leaf discoloration (%)
PDS	58.1a	34.4a	13.3a	6.2a	6.6b	2.11a	20.1a*
IDS	60.3a	35.2a	14.4a	6.0a	8.1a	1.99b	16.5a

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

¹⁾ PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils, variety: Cheonpung.

²⁾ shade material : blue polyethylene sheet, Investigation date : July 25, 2011.

Table 7. Underground growth characteristics and root yield of 6-year-old ginseng between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Drainage class ¹⁾	Ratio of Survived root (%)	Taproot length (cm)	Taproot diameter (mm)	Root length (cm)	Root weight (g/plant)	Ratio of rusty root (0~3)	Moisture con. of root (%)	Root yield (kg/3.3 m ²)
PDS	63.1a	7.7b	24.9a	28.2b	34.9b	1.74a	75.9a	1.56b*
IDS	55.7a	9.0a	23.6a	30.2a	52.8a	1.08b	75.0b	2.07a

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

¹⁾PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils, variety: Cheonpung.

²⁾Rusty root index : (X1×1)+(X2×2)+(X3×3)+(X4×4)/(X1+X2+X3+X4), X1: no visible lesions, X2: slight lesions, X3: medium lesions, X4 : serious lesions.

³⁾shade material : blue polyethylene sheet, Investigation date : October 18, 2011.

Table 8. Comparison of dry matter partitioning ratio of 6-year-old ginseng between poorly and imperfectly drained class in paddy field.

Drainage class ¹⁾	Dry matter weight (g/plant)				Dry matter partitioning ratio (%)			
	Rhizome	Taproot	Lateral root	Fine root	Rhizome	Taproot	Lateral root	Fine root
PDS	0.31b	4.87b	2.55b	1.04b	3.56a	55.67a	28.95b	11.82b*
IDS	0.44a	6.32a	3.63a	1.61a	3.68a	52.65b	30.22a	13.45a

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

¹⁾PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils, variety : Cheonpung.

²⁾shade material : blue polyethylene sheet, Investigation date : October 18, 2011.

관계가 있음을 보고하였다.

배수불량지와 배수약간불량지 논토양에서 재배된 6년근 인삼의 지하부 생육과 수량성을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 지하부 생존율은 배수불량지가 배수약간불량지보다 약간 더 높았지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 동체장, 근장 및 주당근중은 배수약간불량지가 배수불량지보다 더 컸으며, 유의적인 차이를 보였다. 뿌리 수량성은 배수약간불량지가 배수불량지보다 33% 증수되었다. 인삼뿌리 표면에 적변이 발생하면 뿌리수량이 크게 감소되고 홍삼 제조시 선택이 나빠져 품질이 떨어지는데, 본 시험에서 배수약간불량지의 적변발생은 배수불량지보다 더 낮았다. 인삼뿌리의 수분함량도 배수약간불량지가 배수불량지보다 더 작아 품질적인 측면에서도 배수불량지보다 더 양호한 특성을 보였다. Hyun 등 (2009)은 4년근 인삼포장 201개소를 조사한 결과 적변 발생포장은 건전포장에 비해 토양염류농도가 2.0배 더 많았다고 하였으며, Park 등 (2006)도 토양수분이 많아질수록 적변 발생도 증가되었다고 하였는데, 본 시험에서도 토양염류농도가 높고 토양수분함량도 높은 배수불량지에서 적변발생이 더 많았다. 일반적으로 수삼의 수분함량이 높으면 홍삼이나 엑스의 제조수율이 떨어지는데, Lee 등 (2004b)도 발재배보다 논재배 인삼의 수분함량이 더 높아 토양수분조건에 따라 인삼의 수분함량과 품질은 차이를 보인다고 하였다. 이상의 결과를 종합해 보면 배수약간불량지가 배수불량지보다 수량성이 높았던 원인은 적절한 토양염류농도 및 토양수분함량에 따른 지상부 생육량의 증가와 뿌리의 비대 촉진, 그리고 황증과 적변 발생율의 감소에 따른 주당근중의 감소가 억제되었기 때문이었다.

표 8에서와 같이 배수등급에 따른 6년근 인삼의 건물분배율의 차이를 조사한 결과 배수약간불량지에서는 배수불량지보다 동체의 건물분배율이 작았으나 지근과 세근의 건물분배율은 더 컸다. 따라서 토양수분이 적절한 상태에서는 동체보다 지근과 세근의 발달이 상대적으로 촉진되어 동체의 건물분배율은 감소되고 지근과 세근의 건물분배율은 증가되는 결과를 보였다. Lee 등 (2004b)도 각각 농가포장 8개소씩 발재배와 논재배 인삼을 비교한 결과 발재배는 논재배에 비해 동체의 비율이 낮고 지근과 세근의 비율이 높다고 하였는데, 본 시험에서와 같이 토양수분함량이 증가되면 지근과 세근의 발달이 상대적으로 억제되었다.

4. 배수등급별 6년생 인삼의 진세노사이드 함량

배수불량지와 배수약간불량지 논토양에서 재배된 6년근 인삼의 진세노사이드 함량을 조사한 결과는 Table 9와 같다. 배수약간불량지는 Rb1, Rb2, Rb3, Re, Rg1 및 Rg2 함량이 배수불량지보다 더 많았고 Rc, Rd 및 Rf 함량은 더 적었다. 총진세노사이드 함량은 배수약간불량지가 배수불량지보다 더 많았다. 인삼의 부위별 진세노사이드 함량은 세근>지근>동체 순이었는데 (Li et al., 2009), 진세노사이드 함량은 지근과 세근의 발달이 배수불량지보다 배수약간불량지에서 더 양호하였기 때문에 배수약간불량지가 배수불량지보다 총진세노사이드 함량이 더 높았던 것으로 판단된다. Li 등 (2010)도 직파재배와 이식재배 인삼의 사포닌 성분을 비교한 결과 이식재배 인삼의 총사포닌 함량이 직파재배보다 더 많았는데, 이는 이식재배시 사포닌 함량이 많은 지근의 발달이 훨씬 더 양호했기 때문이라고 하였다.

Table 9. Ginsenoside composition of 6-year-old ginseng between poorly and imperfectly drained class in paddy field. (d.w %)

Drainage class ¹⁾	Panaxadiol (PD)					Panaxatriol (PT)				Total	PD/PT
	Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂		
PDS	0.318a	0.068b	0.025a	0.340a	0.033a	0.588b	0.105a	0.449a	0.041a	1.968b	0.66a*
IDS	0.324a	0.074a	0.028a	0.326b	0.031a	0.633a	0.103a	0.469a	0.042a	2.034a	0.63b

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

¹⁾ PDS : Poorly drained soils, IPD : Imperfectly drained soils.

²⁾ Investigation date: October 18, 2011, Variety : Cheonpoong.

³⁾ Analyzed part of ginseng root was whole root.

LITERATURE CITED

- 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 Crop Science*. 17:439-444.
- Jo JS, Kim CS and Won JY.** (1996). Crop rotation of the Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the rice in paddy field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 4:19-26.
- 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.
- KGTRI.** (1988). Studies on the effect of micronutrient for physiological disorder of ginseng. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. Ginseng Research Annual Report(Cultivation part). Daejeon. Korea. p.271-290.
- KGTRI.** (1995). Studies on the ginseng cultivated in paddy field. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. Ginseng Research Annual Report(Cultivation part). Daejeon. Korea. p.299-317.
- Kim KS, and Kim YW.** (1983). Studies on the leaching of the constituents in paddy soil. I. Effects of organic matter. *Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 16:162-167.
- Lee CY, Kim KY, Lee JE, Kim SH, Ryu DK, Choi JE and An GW.** (2011). Enzymes hydrolyzing structural components and ferrous ion cause rusty-root symptom on ginseng (*Panax ginseng*). *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 21:192-196.
- Lee SW, Hyun DY, Park CG, Kim TS, Yeon BY, Kim CG and Cha SW.** (2007). Effect of soil moisture content on photosynthesis and yield of ginseng seedling (*Panax ginseng* C. A. Meyer) in Yangjik seedbed cultivation. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:367-370.
- Lee SW, Kang SW, Kim DY, Seong NS and Park HW.** (2004a). Comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:10-16.
- Lee SW, Kang SW, Seong NS, Hyun GS, Hyun DY, Kim YC and Cha SW.** (2004b). Comparison of growth characteristics and quality of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) grown under upland and paddy field. *Korean Journal of Crop Science*. 49:389-393.
- Lee SW, Kim CG, Yeon BY, Hyun DY, Shin YS, Kang SW and Cha SW.** (2008). Varietal difference in growth response and ginsenoside contents of two-year-old ginseng grown in paddy field with different drainage conditions. *Korean Journal of Crop Science*. 53:401-406.
- Lee SW, Kim GS, 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.
- Li Xiangguo, Kang SJ, Han JS, Kim JS and Choi JE.** (2010). Comparison of growth increment and ginsenoside content in different parts of ginseng cultivated by direct seeding and transplanting. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:70-73.
- Li Xiangguo, Kang SJ, Han JS, Kim JS and Choi JE.** (2009). Effects of root diameter within different root parts on ginsenoside composition of Yunpoong cultivar in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 17:452-457.
- MAFF.** (1967). Standard soil color charts. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council. Tokyo, Japan. p.5-12.
- Mahfuzur Rahman and Zamir K. Punja.** (2006). Influence of iron on *Cylindrocarpon* root rot development on ginseng. *Phytopathology*. 96:1179-1187.
- Park HW, Lim TK, Choi CH and Choi JE.** (2006). Factors and cause of rusty-ginseng occurrence. *Korean Journal of Crop Science*. 51:396-400.
- RDA.** (2003). Theory and practice for soil survey. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p. 65-71.
- RDA.** (2009). Ginseng Standard Cultivation Textbook (Revised Edition). Rural Development Administration. Suwon, Korea. p. 100.
- Ryu KS and Min TG.** (1998). Leaching of soil cations by simulated acid rains of different compositions. *Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 31:407-413.
- Ryu KS, Yoo SH and Song KC.** (1991). Movement of applied nutrients through soils by irrigation. I. Movement of nutrients to the amount of water applied. *Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 24:102-108.