

인삼의 연생, 생육시기 및 식물체 부위별 수용성과 불수용성 탄수화물 함량과 합성저장량 비교

박성용* · 안복주* · 안희정* · 이경아* · 허수정** · 정햇님** · 송범헌*†

*충북대학교 농업생명환경대학 식물자원학과, **강원도농업기술원

Comparative Analysis on Concentration and Synthetic Amount of Water Soluble and Water Insoluble Carbohydrates with Different Plant Tissues, Growth Stages and Years Old of *Panax ginseng* C. A. Meyer

Seong Yong Park*, Bok Ju Ahn*, Hee Jung Ahn*, Gyeong A Lee*,
Su Jeong Heo**†, Haet Nim Jeong** and Beom Heon Song*†

*Department of Plant Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

**Gangwondo Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea.

ABSTRACT : This study was carried out to have the basic and applied informations relating to develop the cultivation methods and to increase the productivity and quality of ginseng. 1 to 6 year old ginsengs of Jakyung cultivar were cultivated and the content and synthetic amount of carbohydrates were investigated with different plant tissues, growth stages, and years old. The concentration of total carbohydrates at six year old ginseng including water soluble and water insoluble carbohydrates was about 18.9%, 42.9%, and 43.6% in leaves, tap roots, and lateral roots, respectively. Water soluble carbohydrate of tap and lateral roots was slightly decreased from August until September, and then increased on November, whereas its water insoluble carbohydrate was increased from August to September and then decreased on November. Comparing with the content of carbohydrates of 1 to 6 year old ginsengs, it was continuously increased from one year old ginseng until five year old ginseng, however it was not increased much in six year old ginseng. The highest content of carbohydrates was at five year-old in all tissues of ginseng. Water soluble and water insoluble carbohydrates were significantly shown different in leaves, stems, tap roots, and lateral root at different growth stages and with different years old. The content of water soluble carbohydrate in the leaves was remarkably higher compared to that of water insoluble carbohydrate, while in the root the content of water insoluble carbohydrate was clearly higher compared to the water soluble carbohydrate. Comparing with the synthetic amount of carbohydrates, water soluble carbohydrates was higher in the shoot than that in the root, whereas water-insoluble carbohydrates higher in the root than that in the shoot. Carbohydrates which would be utilized in ginseng tissues for short and long-term periods as major energy were appeared differently in between shoot and root, with different growth stages, and years old.

Key Words : Ginseng, Water Soluble Carbohydrates, Water Insoluble Carbohydrates, Shoot and Root

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 다년생 초본식물로 기능성 물질을 다량 함유하고 있어 약리적인 효능이 다른 작물에 비해 뛰어나 모든 생약재 중의 으뜸으로 전통적으로 원

기회복, 면역력강화, 노화방지, 그리고 강장제로써 인삼뿌리와 추출물을 사용해 왔으며 그 약리 효능이 과학적으로 입증됨에 따라 고부가가치 산업으로 발전할 매우 가치 있는 작물로 최근 세계적으로 인삼 선호도가 급증하고 있다 (Mo *et al.*, 2014). 그러나 자연환경에 대한 적응성이 약하며 긴 생육기간

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2511 (E-mail) bhsong@chungbuk.ac.kr

Received 2015 June 2 / 1st Revised 2015 July 2 / 2nd Revised 2015 August 5 / 3rd Revised 2015 August 9 / 4th Revised 2015 August 10 / Accepted 2015 August 10

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.

동안 동일한 위치에서 자라기 때문에 타 작물에 비하여 토양 및 재배환경 여건에 따라 영향을 많이 받는다 (Kim and Park, 2013; Kang *et al.*, 2007). 또한, 내병성 및 내비성이 약한 생리적 특성 때문에 비배관리에 여러 가지 어려움이 있고, 특히 연작장해와 긴 휴작기간 때문에 최근에는 인삼재배지 선정에 어려움을 겪고 있으며, 연작장해와 초작지 부족 문제를 해결하기 위한 일환으로 논토양에서의 인삼재배가 증가하고 있으며, 이와 관련된 연구가 이루어지고 있다 (Kang *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2011). 또한 해가림 유형 및 농자재 종류에 따라 균락의 미기상과 토양의 수분함량 등이 차이가 있어 인삼의 생육 및 품질에 큰 영향을 미치는데, 밭토양에서 인삼재배 시 해가림 재료의 색상, 유형 및 투광율의 차이에 따라 인삼의 성장반응, 수량 및 사포닌 함량이 차이가 있으며 (Mok *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2007), 논토양에서도 해가림 유형에 따른 온도, 토양수분 및 투광율의 차이에 따라 인삼의 생육과 수량 및 사포닌 함량이 다른 것으로 알려 진다 (Lee *et al.*, 2009).

인삼의 화학적 조성은 ginsenoside가 3 - 6%이며, 일반 탄수화물이 60 - 70%, 단백질, 아미노산, 펩타이드, 핵산, 알칼로이드를 비롯한 총질소화합물이 12 - 16%를 차지하며, 지질, 지방산, 정유성분, terpenoid, polyacetylene계 페놀화합물 등의 지용성 성분이 약 1 - 2%이며, 회분 4 - 6%, 비타민 0.05% 등으로 이루어져 있다 (Park *et al.*, 2003).

인삼은 다년생 식물로써 월동후 뿌리에 저장된 탄수화물을 이용하여 매년 새로운 싹을 틔워 성장하며 생육시기에 따라 탄수화물 조성이 다르며 1차 대사산물인 탄수화물이 2차 대사산물로 전환되어 다양한 기능성 물질 (사포닌 등)을 합성하게 되므로 인삼의 생육과 탄수화물 대사는 매우 중요한 관계를 갖는데 특히 단당류와 이당류등의 수용성 탄수화물은 1차와 2차 대사물질과 직접 연관된 주요 물질이라고 볼 때 이에 대한 연구는 매우 중요하다고 판단된다.

따라서 본 연구는 자경종 인삼 1 - 6년생을 생육시기별로 채취하여 식물체의 각 부위별 수용성과 불용성 탄수화물 함량과 합성저장량을 조사 분석하여 합리적인 인삼 재배지의 영양관리기술 및 안정적인 재배기술 개발을 위한 기초와 응용 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2005년부터 2010년까지 강원도 농업기술원 인삼약초시험장 시험포장에서 재배한 자경종 1 - 6년생 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)을 시험재료로 사용하였다.

묘삼을 정식하기 전에 예정지 관리목적으로 2003년까지 논으로 관리하던 포장을 2004년부터 2년간 호밀과 콩을 반복적으로 재배, 경운하여 예정지관리를 수행하였다. 2005년 가을

에 잘 부숙된 인삼용 퇴비를 3,000 kg/10a 수준으로 사용하여 로터리 작업 후 동서방향으로 두둑과 이랑을 상토높이 30 cm, 폭 90 cm로 설치하였다. 2006년 4월에 자경종 1년생 묘삼을 인삼 이식기를 이용하여 칸 (90 × 180 cm)당 63주 (7행 × 9열) 수준으로 식재한 후 벗짚을 피복하여 관리하였다. 이와 같은 방법으로 매년 1년생 묘삼을 이식 재배하면서 2010년에 1 - 6년 근의 인삼을 동시에 수확하여 시험재료로 사용하였다. 해가림 재료는 차광망 PE 4중직 (청색 1 + 흑색 3)을 사용하였으며, 해가림 시설을 통한 광량조절은 표준인삼경작방법의 후주연결식으로 전주높이는 180 cm, 후주높이는 100 cm, 폭 200 cm로 설치하였다. 기타 일반관리는 표준인삼경작방법에 준하여 실시하였다.

식물체 시료채취는 뿌리 생육이 활발한 뿌리 비대기인 8월 24일, 9월 14일, 11월 19일 세 시기에 채취하였으며, 식물체 부위별로 나누어 탄수화물 함량과 합성저장량을 조사 분석하였다. 인삼시료는 연생별로 평균적인 개체 10본을 채취하였다. 채취 후 즉시 얼음이 담겨져 있는 아이스박스에 넣어 실험실로 옮긴 후, 인삼시료를 물로 충분히 세척하여 이물질을 제거하고, 지상부 (잎과 줄기)와 지하부 (뿌리)로 나누어 80°C에서 48시간 동안 건조 시킨 후 분쇄하여 분석시료로 사용하였다.

수용성 탄수화물의 분석을 위하여 2.0 ml tube에 건조시료 0.1 g을 넣고 증류수 1 ml를 첨가하여 25°C에서 250 rpm으로 4시간을 진탕하고 원심분리기를 이용하여 14,000 rpm, 4°C 조건에서 20분 동안 원심 분리하여 얻어진 상등액을 수용성 탄수화물 분석용으로 사용하였다. 표준용액은 증류수 1 l 에 glucose (Sigma, St. Louis, MO, USA) 0.1 g을 녹여 100 ppm의 stock solution을 만든 후, 다시 희석하여 10, 20, 30, 40, 50 ppm으로 만들어 이용하였다. 표준용액과 blank와 표준용액 농도범위 안에 포함되도록 적절히 희석된 용액을 2 ml 씩 취하여 test tube에 넣고 얼음물에 담근 후 0.2% anthrone 시약 (1 l 의 H₂SO₄에 2g의 anthrone을 용해) 4 ml를 각각의 시료용액에 넣은 후 고루 섞어 100°C로 끓는 물에서 7분 30초 동안 발색시키고 얼음물로 발색을 정지시킨 다음 분광광도계 (HP8453, Agilent, Palo Alto, CA, USA)로 파장 630 nm에서 비색정량 하였다.

불수용성 탄수화물은 수용성 탄수화물 분석을 위해 추출된 상등액을 제거한 잔여물을 시료로 사용하였다. 잔여물에 증류수 1 ml를 첨가하고 25°C에서 4시간을 진탕 후, 14,000 rpm, 4°C 조건에서 20분 동안 원심 분리하여 상등액을 버리는 과정을 두 번 더 실시하여 세척을 한 후 잔여물을 80°C에서 1시간 동안 건조시켰다. 여기에 증류수 0.6 ml를 첨가하여 100°C에서 15분 동안 끓인 후 식힌 다음, 9.2 N HClO₄ 0.6 ml를 넣고 15분 동안 교반한 후 14,000 rpm, 4°C 조건에서 20분 동안 원심 분리하여 상등액을 보관하였다. 남은 잔여물에 다시 4.6 N HClO₄ 0.6 ml를 첨가하여 위와 동일한 과정으로 원

심 분리하여 얻은 상등액을 먼저 보관한 상등액과 혼합하여 불수용성 탄수화물 분석용 시료로 사용하였다. 추출된 용액은 수용성 탄수화물 분석 방법과 동일한 Anthrone법 (Yemm and Willis, 1954)을 이용하여 분광광도계 (HP8453, Agilent, Palo Alto, CA, USA)로 비색정량 하였다.

결과 및 고찰

1. 수용성과 불수용성 탄수화물 함량

강원도 농업기술원 인삼약초시험장에서 생육된 1 - 6년생 인삼을 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 잎, 줄기, 뿌리 등 식물체 부위별로 구분하여 생육시기별 뿌리의 수용성과 불수용성 탄수화물 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 수용성 탄수화물은 생육이 가장 활발한 뿌리 비대기인 8월부터 9월로 접어들면서 감소하기 시작하다가 11월이 되면서 지상부가 고사하고 월동기에 들어서면서 증가하는 것으로 나타났으며, 불수용성 탄수화물은 9월까지 증가하다가 11월이 되면서 감소하는

것으로 나타났다.

모든 다른 식물들처럼 인삼도 대부분의 에너지를 탄수화물로 저장하는데, 전년도에 합성되어 뿌리에 저장된 전분은 월동후 새싹이 성장하는데 필요한 에너지 자원으로 제공되며, 인삼의 경우 이러한 과정이 4 - 6년 동안 지속되어진다 (Avigad and Dey, 1997).

탄수화물은 봄, 여름, 가을의 생육기간동안 합성되어 뿌리에 저장되는데, 탄수화물들은 겨울동안 천천히 가수분해 되고 자당은 축적된다 (Dixon and Rees, 1980; Yun and Lee, 1998). 특히 수용성 탄수화물은 동해로부터 뿌리를 보호한다고 보고되어 있다 (Reynolds, 1998; Schooley, 1998). 인삼에서도 겨울동안 뿌리의 sucrose 함량이 증가한다는 결과가 보고되었다 (Kim *et al.*, 1981). 이와 같이 인삼의 뿌리에 저장되는 탄수화물의 종류와 함량의 변화는 계절에 따른 환경에 적응하기 위한 주 에너지원이며, 이에 따르는 생리작용은 인삼의 생육과 수량 및 품질성에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다.

인삼의 잎, 줄기, 동체, 지근 부위별로 연생별 수용성과 불수용성 탄수화물 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 잎의 연생별 탄수화물 변화를 살펴보면 수용성, 불수용성 탄수화물 모두 연령 간에 유의한 차이를 보였다. 수용성 탄수화물은 5년생에서 14.7%로 가장 높았고, 1년생에서 7.8%로 가장 낮아 최대치와 최저치가 약 2배 정도 차이가 났으며, 4 - 6년생의 고연령 잎에서 13.2 - 14.7% 범위의 함량을 보였고 1 - 3년생의 저년생 잎에서 1.8 - 10.2% 범위의 함량으로 나타나 고연령이 저년생보다 높은 수용성 탄수화물 함량을 보였다. 불수용성 탄수화물인 전분은 6년생에서 5.7%로 가장 많았으며, 2년생에서 2.5%로 가장 낮은 함량으로 잎에서 적은 함량을 보였다.

줄기의 연생별 탄수화물 변화를 살펴보면 수용성, 불수용성 탄수화물 모두 연령 간에 유의한 차이를 보였으며, 수용성 탄수화물은 5년생에서 14.6%로 가장 높았고, 1년생에서 7.7%로 가장 낮았으며, 불수용성 탄수화물은 6년생에서 4.1%로 가장

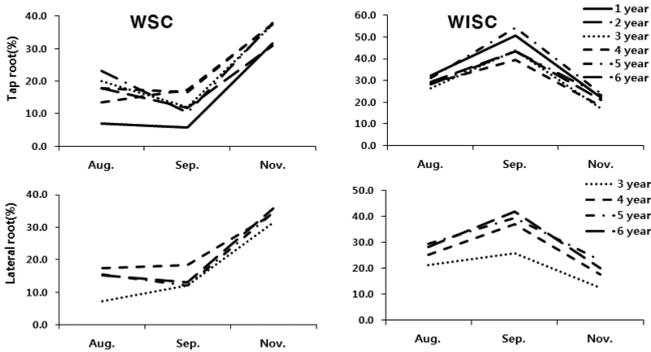


Fig. 1. Change of carbohydrates contents in ginseng root at three different growth stages throughout 1 to 6 years old. WSC; Water soluble carbohydrate, WISC; Water insoluble carbohydrate.

Table 1. Comparison on changes of water soluble and water insoluble carbohydrates in plant tissues of ginseng throughout 1 to 6 years old, investigated on Aug. 2010.

Year old	WSC (%)				WISC (%)				Total (%)			
	Leaf	Stem	Tap root	Lateral root	Leaf	Stem	Tap root	Lateral root	Leaf	Stem	Tap root	Lateral root
1	7.8c	7.7c	7.0c	-	3.9b	2.7bc	32.2a	-	11.7b	10.4c	39.2b	-
2	9.7c	8.0bc	17.7ab	-	2.5c	3.5ab	28.1bc	-	12.1b	11.5c	45.8b	-
3	10.2bc	10.3abc	20.1ab	7.4b	3.1bc	1.1d	26.3c	21.4a	13.3b	12.4bc	46.5b	28.7a*
4	14.4a	10.5abc	17.8ab	17.5a	3.9b	2.5c	28.5bc	25.4a	18.3a	13.0bc	46.3b	42.9a
5	14.7a	14.6a	23.2a	15.6ab	5.0a	3.6a	31.3ab	29.4a	19.6a	18.2a	54.4a	45.0a
6	13.2ab	12.5ab	13.5bc	15.3ab	5.7a	4.1a	29.4abc	28.4a	18.9a	16.6ab	42.9b	43.6a
F-value	7.40**	3.56*	5.28**	3.00ns	12.07**	21.92**	5.01*	0.95ns	9.23**	4.06*	4.15*	2.19ns

WSC; Water soluble carbohydrate. WISC; Water insoluble carbohydrate. *, **Values in a column with a different letter are significantly different (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$) using DMRT.

인삼의 탄수화물 함량 및 합성량 비교

많았으며 3년생에서 1.1%로 가장 낮았다. 줄기도 잎과 마찬가지로 불수용성 탄수화물은 1 - 4% 내외로 적은양이 함유되어 있었다. 지상부의 잎과 줄기에서 탄수화물 조성을 비교해 보면, 수용성 탄수화물이 불수용성 탄수화물보다 3 - 4배 정도 더 높은 함량을 보였는데, 수용성 탄수화물은 7.7 - 14.7% 범위의 함량을 보였고 불수용성 탄수화물은 1.1 - 5.7% 정도의 함량으로 나타났다.

동체의 연생별 탄수화물 변화를 살펴보면 수용성, 불수용성 탄수화물 모두 연령 간에 유의한 차이를 보였으며, 수용성 탄수화물은 5년생에서 23.2%로 가장 높았고, 1년생에서 7.0%로 가장 낮았으며, 2 - 6년생은 13.5 - 23.2% 범위의 함량의 차이를 보였으며 6년생에서는 13.5%로 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 수용성 탄수화물과는 달리 불수용성 탄수화물은 26.3 - 32.2%의 높은 함량을 보였는데, 1년생에서 32.2%로 가장 높은 함량을 보였고 3년생에서 26.3%로 가장 낮았으며 연령 간에 함량차이가 있었지만 2, 3, 4년생에서는 유의적인 차이가 나지 않았다.

지근의 경우에는 3년생부터 성장하기 시작하여 3년생부터 동체와 지근으로 분류하여 분석하였는데, 지근의 연생별 총 탄수화물함량은 유의한 차이를 보이지 않았지만 수용성 탄수화물은 3년생에서 7.4%로 낮았고 4 - 6년생은 15.3 - 17.5%로 높게 나타나며 유의적인 차이를 보였고, 불수용성 탄수화물 (전분)은 3년생이 21.4%로 가장 낮았으며, 4 - 6년생은 약 25% - 29% 범위로 약간 증가하였으나 연령 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

인삼의 지상부와 지하부의 탄수화물 조성을 비교분석해 보면, 지상부에서는 수용성 탄수화물의 함량이 5 - 10% 높았지만 지하부에서는 반대로 불수용성 탄수화물 함량이 수용성 탄수화물 함량보다 10%정도 더 높은 것으로 나타났다.

연생별 수용성 탄수화물과 불수용 탄수화물을 합친 총 탄수화물 함량은 잎, 줄기, 동체에서 유의한 차이를 보였으며, 모든 부위에서 탄수화물의 함량이 증가하여 5년생에서 최대가 되었다가 6년생이 되면서 약간 감소하는 것으로 나타났다. 지상부의 총 탄수화물 함량은 10.4 - 19.6% 범위로 존재하며 지하부에는 28.7 - 56.5% 범위로 존재하여 탄수화물은 지상부보다는 지하부에 훨씬 더 많이 합성저장 되는 것을 알 수 있었다.

인삼 뿌리의 건물중과 수용성 탄수화물, 불수용성 탄수화물의 상관관계를 조사 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 건물중과 수용성 탄수화물과의 결정계수는 0.0888 이었으며, 건물중과 불수용성 탄수화물과의 결정계수는 0.0005로 뿌리의 건물중과 수용성 및 불수용성 탄수화물과의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 호밀 예정지에서 유기 재배된 1 - 5년생 인삼의 뿌리의 건물중과 수용성 탄수화물과의 결정계수는 0.18이며, 불수용성 탄수화물과의 결정계수가 0.43으로 정의 상관관계를 보였다는 결과 (Ahn, 2015)와는 약간 차이가 있었다. 이에 대한 차이는

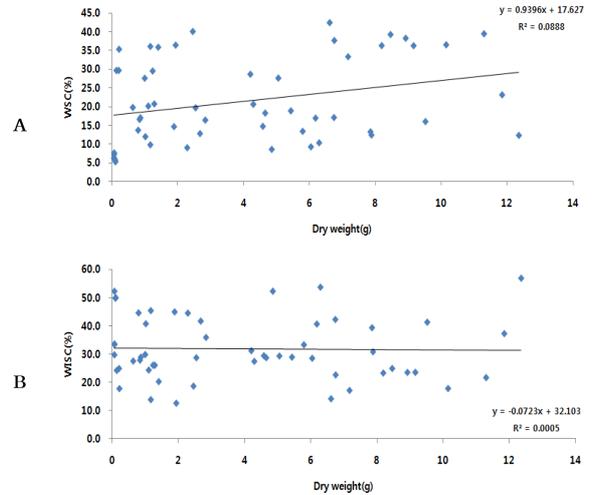


Fig. 2. Relationship between WSC and WISC and dry weight of ginseng root. WSC; Water soluble carbohydrate (A), WISC; Water insoluble carbohydrate (B).

인삼의 재배환경과 시료채취시기 등 다르기 때문이라고 생각되며 이에 대한 구체적인 연구가 더 필요하다고 판단된다.

2. 탄수화물 합성저장량

인삼 지상부와 지하부의 연생별 수용성 탄수화물과 불수용성 탄수화물의 합성저장량은 Fig. 3과 같다. 지상부의 수용성, 불수용성 탄수화물 합성저장량은 1 - 5년생까지 연생이 증가할수록 증가하다가 6년생에서 감소하였고 5년생의 수용성, 불수용성 탄수화물 합성저장량이 각각 1,652, 480 mg/plant로 가장 많았으며, 1년생은 5, 2 mg/plant로 가장 적었다. 수용성, 불수용성 탄수화물의 합성저장량이 4년생에서 1,116 mg/plant, 286 mg/plant로 3년생에서 165, 34 mg/plant인 것에 비해 급격하게 증가한 것으로 나타나 수용성 탄수화물이 불수용성 탄수화물 보다 3배 이상 더 많이 함유되는 것으로 나타났다. 지하부에서는 4년생의 수용성 탄수화물 합성저장량이 2,486 mg/plant인 반면 불수용성 탄수화물이 3,791 mg/plant로 훨씬 높게 나타났으며, 3년생까지의 탄수화물 합성저장량에 비해 크게 늘어났다. 지하부에서는 지상부와는 달리 불수용성 탄수화물이 수용성 탄수화물보다 훨씬 더 많이 저장된 것으로 나타났다.

인삼의 연생별 지상부와 지하부의 전체 탄수화물 합성저장량을 나타낸 결과는 Fig. 4와 같다. 인삼 식물체내에 합성 저장되는 전체 탄수화물 합성저장량은 지하부에서 지상부보다 4배 이상 저장되는 것으로 나타나 인삼의 경우 탄수화물의 대부분이 지상부보다 뿌리에 저장됨을 알 수 있다. 또한, 인삼의 전체 탄수화물 합성저장량은 연생별 지상부와 지하부간에 현저한 차이를 보였는데, 지상부에서는 3년 - 4년생에서 1,203 mg/plant로 크게 증가한 후 5년 - 6년생에서는 약간 증가하거나 또

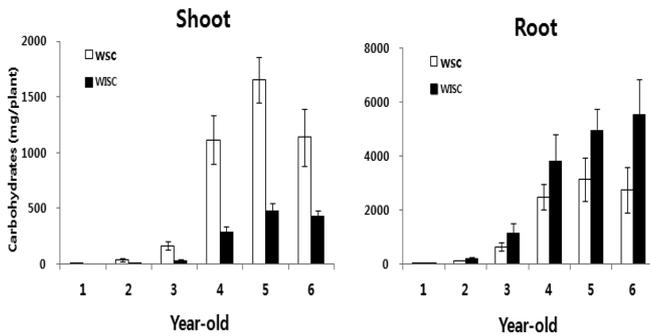


Fig. 3. Comparison on synthetic amount of water soluble carbohydrates and water insoluble carbohydrates in shoot and root of ginseng throughout 1 to 6 years old, investigated on Aug. 2010. The bars on the column indicate the standard deviation.

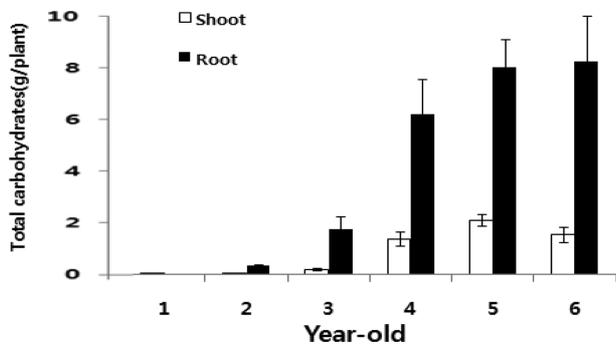


Fig. 4. Comparison on total synthetic amount of carbohydrates in shoot and root of ginseng throughout 1 to 6 years old, investigated on Aug. 24. 2010. The bars on the column indicate the standard deviation.

는 감소하여 그 양이 많지 않은 것으로 나타난 반면 지하부에서는 3년 - 4년생에서 4,504 mg/plant 크게 증가한 후에도 지상 부와는 달리 5년 - 6년생에서도 일정한 비율로 전체 탄수화물 합성저장량이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 탄수화물의 변화는 인삼의 생육과 밀접한 연계가 있기 때문에 Park 등 (2013)의 생체중과 건물중을 발표한 연구내용을 참고하면 생육특성과 탄수화물 관계를 연결시켜 인삼 재배 및 생육특성을 비교 검토 할 수 있을 것으로 본다. Ahn (2015)은 호밀예정지에서 재배한 인삼의 수용성 탄수화물 합성량은 1년생이 약 0.41%, 5년생이 15.64%로 연생이 증가할수록 증가 한다고 하였고 불수용성 탄수화물 합성량은 1년생이 약 0.28%로 아주 소량이었고 5년생은 약 9.17%로 수용성 탄수화물과 마찬가지로 연생이 증가할수록 증가하는 비슷한 경향을 보였다고 하였다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 충북대학교 학술연구 지원사업의 연구

비 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn BJ. (2015). Comparative analysis on growth responses, uptake and use of mineral nutrients, content and synthetic amount of ginsenosides of *Panax ginseng* C. A. Meyer grown at two different preparing fields with rye and sudangrass under organic cultivation. Master Thesis. Chungbuk National University. p.1-80.
- Avigad G and Dey PM. (1997). Carbohydrate metabolism: Storage carbohydrates. In Dey PM and Harborne JB. (ed.). Plant biochemistry. Academic Press. London, England. p.143-204.
- Dixon WL and ap Rees T. (1980). Carbohydrate metabolism during cold induced sweetening of potato tubers. Phytochemistry. 19:1653-1656.
- 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 postharvest in continuous cropping soils of ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:157-161.
- 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.
- Kim WS and Park JS. (2013). Selection and control effect of environmental friendly organic materials for controlling the ginseng alternaria blight. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:388-393.
- Kim SK, Sakamoto I, Morimoto K, Sakata M, Yamasaki KK and Tanaka O. (1981). Seasonal variation of saponins, sucrose and monosaccharides in cultivated ginseng roots. Planta Medica. 42:181-186.
- Lee SW, Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK and Cha SW. (2007). Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:194-198.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Yeon BY, Kang SW and Kim YC. (2009). Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents of 3 year old ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) by drainage class and shade material in paddy soil. Korean Journal of Crop Science. 54:390-396.
- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Lee EH and Kim KH. (2014). Effect of sowing density and number of seeds sown on *Panax ginseng* C. A. Meyer seedling stands under direct sowing cultivation in blue plastic greenhouse. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:469-474.
- Mok SK, Cheon SK, Lee SS and Lee TS. (1994). Effect of shading net colors on the growth and saponin content of Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Journal of Ginseng Research. 18:182-186.
- Park CK, Jhen BS and Yang JW. (2003). The chemical components of Korean ginseng. Food Industry and Nutrition. 8:10-23.
- Park SY, Lee GA, Chang YK, Kim DY, Kim MS, Heo SJ,

- Jeong HN, Park KC, Cha SW and Song BH.** (2013). Comparative analysis on major growth responses and characteristics of shoot and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer with six different years old. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:296-300.
- Reynolds LB.** (1998). Effects of harvest date on some chemical and physical characteristics of American ginseng(*Panax quinquefolius* L.). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 6:63-69.
- Schooley J.** (1998). The effect of production practices on the quality of ginseng roots. Ontario Misnistry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Guelph. Ontario, Canada. Factsheet. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-067.htm>
- Song BH, Jang YG, Lee KA, Lee SW, Kang SW and Cha SW.** (2011). Studies on analysis of growth characteristics, ability of dry matter production, and yield of *Panax ginseng* C. A. Meyer at different growth stages with different cultivars and shading nets in paddy field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:90-96.
- Yemm EW and Willis AJ.** (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal. 57:508-514.
- Yun SD and Lee SK.** (1998). Quality of red ginseng processed from the stored roots. International Postharvest Science Conference Postharvest of ISHS Acta Horticulturae. p.534.