

수경재배 인삼의 온도와 생육시기별 무기영양성분 함량과 흡수량 변이 양상 비교

이경아* · 장윤기* · 박성용* · 김경애** · 김선호** · 박기춘*** · 김용범*** · 차선우*** · 송범현*†

*충북대학교 농업생명환경대학 식물자원학과, **충북 증평군 농업기술센터,
***농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Comparative Analysis on Concentration and Uptake Amount of Mineral Nutrients in Different Growth Stages and Temperatures of *Panax ginseng* C. A. Meyer Grown with Hydroponic Culture

Gyeong A Lee*, Yoon Kee Chang*, Seong Yong Park*, Gyeong Ae Kim**, Sun Ho Kim**, Kee Choon Park***, Young Bum Kim***, Seon Woo Cha*** and Beom Heon Song*†

*Department of Plant Science, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

**Jeung Pyeong Agricultural Technology Center, Jeungpyeong 368-903, Korea.

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

ABSTRACT : The management and control of mineral nutrients is one of most important techniques to increase the productivity and the quality of Korean ginseng. The mineral nutrients are measured with different plant tissues and different growth stages of 2-year-old ginseng grown under hydroponic culture with two different temperatures. The content of N, P, Ca, and Mg were higher at low temperature in both leaves and roots than those at high temperature. However, the content of K was high in leaves at low temperature compared to that of high temperature, while it was not significantly different in roots. The uptake amounts of N and K was higher throughout the experimental period at low temperature in both leaves and roots than those at high temperature. However, the uptake amount of P was not clearly different between two different temperatures and among six different growth stages. The uptake amount of N, P, K was generally decreased in leaves from June to August, while it was increased in roots. The relationship between dry weight and mineral nutrients in leaves was appeared positive with N, K, Ca, and Mg, but negative P. In roots, N, K, Ca, and Mg were negative, showing that was positive with only P. Comparing the correlation coefficients among mineral nutrients in leaves, N and K were significantly positive correlation each other. P was significantly positive correlation with Na and Zn. In case of roots, N was highly significant positive correlation with K, Mg, and Mn, but P was negatively correlated with Ca, Cu, Na, Fe, and Zn.

Key Words : Korean Ginseng, Hydroponic Culture, Mineral Nutrients, Uptake Amount of Minerals

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 반음지성 식물로 고온·저광과 저온·고광의 적절한 재배환경이 조성되어야 하며, 수확하기까지 4~6년의 긴 재배기간이 요구된다. 또한, 타작물과는 달리 재배 전 1~2년 동안의 예정지 관리를 잘해야 좋은 생육을 기대할 수 있다. 이와 같은 생육조건으로 인하여 인삼의 재배는 예정지 관리와 해가림 시설 등이 잘 조성되어야 하는 농법으로 발전되어 현재는 다양한 해가림 농자재 및

시설 구조 등이 개발되어 활용되고 있다. 최근에는 하우스형태의 시설재배와 인삼재배용 상토 등 인삼 시설재배에 관한 연구 (Lee *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2011)등으로 병해충 방제의 어려움, 연작장해 등 관행재배의 문제점을 극복하기 위한 연구가 진행되고 있다.

인삼에 함유된 무기영양성분들에 관한 연구는 주로 1970~80년대에 이루어졌는데, 인삼의 재배년수, 생육시기 및 식물체 부위에 따라 무기영양성분의 조성 및 함량이 차이가 있음이 보고되었다. Lee 등 (1978a)에 의하면 질소는 잎과

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2511 (E-mail) bhsong@chungbuk.ac.kr
Received 2012 August 1 / 1st Revised 2012 August 6 / Accepted 2012 August 10

뿌리가 줄기보다 많았고 인산은 뿌리, 줄기, 잎 순으로 많았으며, 칼륨은 줄기에 많았다고 하였다. Lee 등 (1978b)은 무기영양성분 중 T-N, P₂O₅, K₂O는 저년근인 2~3년근에서, SiO₂, CaO는 고년근에서 많은 경향이었다고 하였다. 또한 Lee 등 (1988)은 인삼 지상부의 경우 생육후기에 N, K 함량은 감소되고 Ca의 함량은 증가되었지만, 뿌리의 N, P, K 함량은 지상부 생육시기에 급격히 감소되었다가 생육후기에 증가된다고 하였으며, Kim 등 (1977)은 단위 건물량당 질소, 인산 및 칼륨 함량은 잎, 줄기, 뿌리가 5월 중순 많은 양을 함유하지만 6월 중순 급감하며, 그 이후 잎, 줄기에서는 점점 감소하고 뿌리에서는 증가되었다고 하여 생육기간동안 각각의 무기영양성분 함량이 다양하게 변화됨을 보고하였다. 무기영양성분은 인삼중에 따라서도 차이가 있는 것으로 보고되었는데, 고려인삼 (*P. ginseng*)이 서양삼 (*P. quinquefolium*)에 비하여 Ca, Na, Mn의 함량이 높았으며, Fe, Al은 적었고 Mg, Zn은 비슷한 함량을 나타내었다 (Chung *et al.*, 1995). 또한 N 함량은 고려인삼이 서양삼과 전칠삼 (*P. notoginseng*)보다 높았다 (Ko *et al.*, 1996). 인삼에서 무기영양성분과 사포닌과의 관계도 조사 분석되어, Park 등 (1986)은 사포닌 함량에 영향을 가장 크게 주는 것은 N이고 다음으로 P, K순이라고 하였으며, Li와 Mazza (1999)은 서양삼에서 잎의 철분 함량은 Rb₁, Rb₂, Rc와 Rd의 수준과 유의한 정의상관이 있었다고 하였다.

인삼 수경재배방법은 재배 및 관리가 까다로운 인삼의 재배에 있어 새로운 시도로써 인삼생육에 필요한 무기양분의 공급을 조절할 수 있으며, 온도, 광도 및 물 관리 등 생육환경 조절이 용이하고, 빛물과 토양 등에 의한 병해 발생의 경감 등의 장점이 있다. 최근 수경재배에 관한 연구 결과들이 보고되고 있는데, Lee 등 (2012)은 온도조건이 다른 수경재배 인삼의 경우 고온에서보다 저온에서 재배된 것이 초장, 경직경, 근직경, 엽생장이 좋았으며, 생체·건물중도 높았다고 하였다. 또한 Kim 등 (2010)은 수경재배 인삼의 잎에는 다년근 수삼에서는 거의 검출되지 않는 Rh₁ 성분이 0.15~0.25% 함유되어 있고 인삼 뿌리와는 다른 조성비를 나타낸다고 하였다. 그러나 아직 수경재배 인삼의 연구는 부족한 현실이며, 특히 무기영양성분에 관한 연구는 거의 없기 때문에 수경재배 인삼의 생산성과 품질성 향상을 위해서는 인삼이 가지는 무기영양성분의 조성 및 함량을 밝혀 적절한 양분조성에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 인삼의 합리적인 영양관리와 생산성 향상을 위한 기초 및 응용자료로 활용하고자 2년생 인삼을 수경재배하면서 재배환경, 생육시기 및 식물체 부위에 따른 주요 무기영양성분 함량 및 흡수량을 분석하고 무기영양성분간의 관계를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 재배방법

본 시험에 이용된 수경재배 인삼은 충청북도 증평군 농업기술센터에서 재배관리된 것으로, 자경종 묘삼을 농가로부터 구입하여, 0.7~1.0 g의 무게로 선별한 후, 재식밀도를 8 cm × 10 cm로 하여, 수경재배 시설에 2010년 3월 1일 이식하였다.

2. 수경재배 조건

인삼 수경재배의 배지는 원예용 상토와 펄라이트를 3:5 비율로 혼합하여 사용하였으며, 조제된 양액은 Kim 등 (2010)의 방법을 참고하여 농도를 조정하여 이용하였다. 본 시험에 이용된 양액의 농도는 NO₃-N 3.5 me/L, NH₄-N 0.25 me/L, PO₄-P 0.75 me/L, K 2.0 me/L, Ca 2.0 me/L, Mg 1.0 me/L, SO₄-S 1.0 me/L, Fe-EDTA 0.55 ppm, Mn 0.16 ppm, B 0.11 ppm, Cu 0.01 ppm, Mo 0.01 ppm, Zn 0.01 ppm으로 조제하여 사용하였다. 양액의 pH는 6.5, EC는 1.0 mS/cm으로 조절하였다. 양액공급횟수는 1주일에 2일, 1일에 2회 처리하여 1주일에 총 4회 처리하였다. 수경재배의 재배상은 2단으로 써 하단은 14~20℃ (저온조건), 상단은 18~23℃ (고온조건)로 온도가 유지되었고 내부습도는 60~70%가 되도록 관리하였으며, 광도는 저온조건인 하단은 2,300 lux, 고온인 상단은 5,000 lux이었다 (6월 초순 맑은 날 12시에 측정).

3. 시료채취 및 조제

묘삼 이식 후 3개월 뒤인 2010년 6월 7일부터 8월 16일까지 2주 간격으로 총 6회 시료를 채취하였다. 시료 채취 후 잎, 줄기, 뿌리의 세 부위로 나누어 78℃가 유지되는 열풍건조기에 48시간 건조시킨 후 건물중을 측정하고 난 다음 막자사발로 곱게 마쇄하고 4℃로 유지되는 냉장고에 보관하면서 주요 무기영양성분 분석에 이용하였다.

4. 무기영양성분 분석

무기영양성분 분석을 위해 시료 0.3 g을 평량하여 100 ml 삼각플라스크에 넣고 진한 H₂SO₄를 5 ml 첨가하여 상온에서 12시간 이상 반응시킨 다음 열판에서 100로 약 1시간 가열 후 300까지 점차 온도를 높여주었으며, H₂O₂를 2~3방울 가하여 분해를 촉진시켜 주었다. 분해는 삼각플라스크 안에 있는 시료가 투명해질 때까지 계속 되었으며, 분해가 끝난 시료는 상온에서 냉각시킨 후 증류수와 혼합하여 여과지 (Whatman, No. 6)를 이용해 100 ml volumetric flask로 여과하여 증류수로 100 ml로 맞춘 다음 분석용액으로 이용하였다.

무기영양성분중 질소는 Indophenol blue법에 준하여, UV/VIS spectrophotometer (HP8453, Hewlett Parkard, USA)를

이용하여 665 nm에서 측정하였고, 인산은 Vanadate법으로 UV/VIS spectrophotometer (HP8453, Hewlett Parkard, USA)를 이용하여 420 nm에서 측정하였다. K, Ca, Mg, Fe, Na, Cu, Mn 및 Zn은 ICP-OES (Intergra XMP, GBC, Australia)를 이용하여 측정하였다.

인삼의 식물체 부위별 무기영양성분 흡수량은 1주당 건물중 (g)을 기준으로 하여 분석된 무기영양성분의 함량을 대입해 산출하였다.

5. 통계분석

조사된 자료의 성적은 SAS 프로그램 (SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 분산분석과 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

2년생 자경종 인삼을 수경재배하면서 생육시기와 식물체 부위별 분석한 다량원소의 함량은 Table 1과 같다. 질소는 잎과 뿌리 모두 저온에서 재배한 것이 고온에서 재배한 것보다 함량이 높았으며, 뿌리보다 잎에서 함량이 높은 것으로 조사되었다. 저온에서 재배된 인삼의 잎은 6월 21일 가장 높은 함량을 보였으나 생육이 진전됨에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 뿌리는 저온과 고온 모두 시료채취시기 전반에 걸쳐 약간 감소하다 다시 증가하는 일관되지 않는 경향을 보였다. 인산의 함량은 잎과 뿌리 모두 저온에서 재배된 것이 고온에서 재배된 것보다 높은 함량을 보였으며, 부위별 함량은 큰 차이

가 나지 않았다. 잎은 저온과 고온 모두 6월 21일 가장 높은 함량을 보였고 뿌리는 8월에 높은 경향을 보였다. 칼륨의 함량을 보면 잎에서는 저온에서 재배된 것이 높았으나, 뿌리에서는 온도조건에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며, 뿌리보다 잎에서 함량이 높은 것으로 조사되었다. 잎의 칼륨 함량은 질소의 잎과 유사한 경향을 보여 저온의 경우 6월 21일 가장 높았다가 점차 감소되었고 고온에서는 생육시기 전반에 걸쳐 감소하는 경향을 보였다. 뿌리의 경우 두 온도 처리 모두에서 6월 21일 증가하였다가 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 칼슘은 잎과 뿌리 모두 저온에서 함량이 높았으며, 뿌리에 비해 잎에서 함량이 높았다. 잎의 칼슘 함량은 저온과 고온에서 재배된 인삼 모두 생육시기 동안 지속적으로 증가하는 경향을 보였는데, 저온에서 재배된 인삼은 약 2.5배 증가하였고 고온에서 재배된 인삼은 약 2배 증가하였다. 반대로 뿌리는 저온과 고온 모두 시료채취시기 동안 지속적으로 함량이 감소하였다. 마그네슘의 함량은 잎과 뿌리 모두 저온에서 높았으며, 뿌리보다 잎에서 높은 함량을 보였다. 잎의 마그네슘 함량은 시료채취시기 동안 일정수준을 유지하였고 뿌리의 마그네슘 함량은 저온과 고온 모두 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 본 시험과 유사한 시기인 8월 24일에 채취한 2년근 관행재배 인삼의 잎 부위 무기영양성분 함량은 질소 2.37%, 인산 0.14%, 칼륨 1.31%, 칼슘 2.83%, 마그네슘 0.40%였으며, 뿌리는 질소 2.21%, 인산 0.31%, 칼륨 2.02%, 칼슘 0.28%, 마그네슘 0.22%이었다 (Park *et al.*, 2012). 8월 16일 저온에서 채취된 수경재배 인삼과 비교하여 보면 관행재배 인삼에서 잎과 뿌리 모두 질소와 칼슘 함량이 수경재배 인삼에 비해 많았고 인산

Table 1. Contents of macro-mineral nutrients on leaves and roots of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture with two different temperatures and six different growth stages. (unit : %, dry weight)

Temp.	Date	N		P		K		Ca		Mg	
		Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root
Low Temp.	07-Jun	2.82	1.87	0.26	0.23	2.69	1.30	0.33	0.33	0.31	0.26
	21-Jun	3.66	1.66	0.31	0.27	3.06	1.63	0.60	0.29	0.50	0.26
	05-Jul	2.86	1.46	0.20	0.35	2.69	1.56	0.62	0.21	0.48	0.23
	19-Jul	2.84	1.76	0.19	0.35	2.99	1.64	0.73	0.18	0.47	0.23
	02-Aug	2.28	1.71	0.26	0.47	2.45	1.44	0.78	0.18	0.51	0.21
	16-Aug	2.06	1.42	0.27	0.39	2.21	1.51	0.85	0.19	0.44	0.20
High Temp.	07-Jun	2.69	0.97	0.22	0.15	2.94	1.29	0.24	0.33	0.19	0.25
	21-Jun	2.23	1.53	0.43	0.31	2.44	1.77	0.50	0.18	0.27	0.21
	05-Jul	2.15	1.04	0.25	0.23	2.11	1.59	0.49	0.15	0.25	0.17
	19-Jul	1.94	0.94	0.32	0.38	1.91	1.53	0.46	0.15	0.22	0.16
	02-Aug	1.99	1.01	0.31	0.29	1.82	1.39	0.51	0.14	0.24	0.16
	16-Aug	1.11	0.62	0.24	0.42	1.30	1.28	0.50	0.13	0.18	0.14
Temp.		**	**	**	*	**	ns	**	**	**	**
Date		**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
T × D		*	ns	*	*	**	ns	**	ns	*	ns

*, ** : Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

함량은 낮았으며, 마그네슘 함량은 유사하였다. 또한 Lee 등 (1988)은 묘삼을 이식하여 계절별 무기영양성분 변화를 조사하였는데, 지상부에 함유되어 있는 질소, 칼륨의 함량은 생육 후기에 감소되었으나 칼슘의 함량은 증가되었고 인산과 마그네슘의 함량은 생육시기에 따른 변화가 인정되지 않았으며, 뿌리에 함유되어 있는 질소, 인산, 칼륨의 함량은 지상부 생육시기에 급격히 감소되었고 생육후기에는 증가되었으나 칼슘과 마그네슘의 함량은 생육시기에 따른 변화가 인정되지 않았다고 하였다. 수경재배 인삼의 경우도 지상부의 경우는 관행재배와 유사하나 뿌리의 경우는 다른 양상으로 조사되었는데, Park과 Choi (1983)에 의하면 토양수분함량별 인삼의 지상부에서 지하부의 무기영양성분 분배는 토양수분함량에 정도에 따라 다르게 나타났다고 하였다. 작물의 무기영양성분 함량은 토양의 토성, 경도, 온도, 수분 등 물리적 특성뿐만 아니라 토양 및 양액의 조성 등의 화학적 특성 등 재배환경에 따라서 매우 상이하다. 수경재배의 경우 관행재배와 달리 토양이 없이 작물이 재배되기 때문에 인삼의 무기영양성분 함량이 관행재배 인삼과 다르게 조사된 것으로 판단된다.

2년생 자경종 인삼을 수경재배하면서 생육시기와 식물체 부위별 분석한 미량원소의 함량은 Table 2와 같다. 구리의 함량을 보면 앞에서는 온도처리나 생육시기에 따른 차이가 뚜렷하지 않았고 뿌리에서는 저온에서 재배된 인삼이 고온에서 재배

된 인삼보다 높은 경향을 보이며, 생육이 진전됨에 따라 감소되는 경향을 보였다. 나트륨의 함량은 다른 미량원소들에 비하여 높았는데, 앞에서는 고온에서 재배된 인삼이 저온에서 재배된 인삼보다 월등히 높았고 두 온도 조건 모두 6월 7일에 가장 낮았으며, 뿌리에서는 온도조건에 따른 차이가 뚜렷하지 않았지만 시료채취시기 동안 감소되는 경향을 보였다. 철의 함량은 잎, 뿌리 모두 온도조건에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 잎이 뿌리보다 높았고 뿌리의 함량은 저온과 고온 모두 6월 7일에 가장 높았다가 급격히 감소하는 경향을 보였다. 망간의 함량은 잎과 뿌리 모두 저온에서 재배한 인삼이 고온에서 재배한 인삼보다 높았으며, 잎이 뿌리보다 높았고 잎과 뿌리 모두 생육시기에 따른 뚜렷한 경향은 보이지 않았다. 아연의 함량을 보면 앞에서는 고온에서 재배된 것에서 높았지만 뿌리는 온도에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다. 생육 기간 동안 아연의 함량은 저온과 고온 모두 앞에서는 증가하고 뿌리에서는 감소하는 경향을 보였다. 4년생 인삼 엽의 무기영양성분 중 나트륨, 철, 아연, 구리의 함량은 모두 7월에서 9월로 갈수록 감소하였다는 보고 (Chang, 2000)와는 다소 다른 경향을 보였으며, 2년근 인삼의 무기영양성분의 함량을 조사한 결과, 나트륨은 925 ppm, 철 378 ppm, 망간 45 ppm, 아연 374 ppm 이었고 3년근은 나트륨 438 ppm, 철 222 ppm, 망간 51 ppm, 아연 301 ppm으로 조사된 보고 (Lee et al., 1978a)와 6년근

Table 2. Contents of micro-mineral nutrients on leaves and roots of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture with two different temperatures and six different growth stages. (unit : mg/kg, dry weight)

Temp.	Date	Cu		Na		Fe		Mn		Zn	
		Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root
Low Temp.	07-Jun	11.80	14.29	1242.14	2718.28	208.70	235.15	74.26	45.39	40.52	75.66
	21-Jun	18.72	10.00	1819.06	2142.92	226.51	99.89	76.99	42.15	55.08	45.23
	05-Jul	10.57	7.87	1775.56	2027.62	179.64	99.45	86.73	45.31	61.36	27.81
	19-Jul	9.44	6.24	1899.13	1774.68	356.81	71.28	96.79	46.75	74.56	29.25
	02-Aug	10.52	7.35	1968.35	1902.28	290.58	93.69	92.54	43.61	70.06	40.31
	16-Aug	11.29	7.34	1935.20	1833.00	307.51	73.29	87.28	40.17	72.66	32.98
High Temp.	07-Jun	12.21	16.02	3955.64	2685.12	254.59	192.15	79.02	39.08	38.06	68.12
	21-Jun	9.87	8.83	8162.89	2204.93	269.89	154.06	71.57	34.23	113.28	43.19
	05-Jul	10.07	4.41	6410.40	2246.90	251.59	75.43	76.31	29.41	124.13	23.84
	19-Jul	7.70	4.14	7040.97	1962.20	258.64	77.16	66.64	23.55	111.40	21.48
	02-Aug	11.19	6.57	5211.83	1760.72	267.39	72.40	56.48	25.57	123.92	40.32
	16-Aug	9.33	5.62	6401.73	1432.11	256.73	67.91	64.24	30.78	187.22	23.90
Temp.		ns	*	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns
Date		ns	**	**	**	**	**	ns	ns	**	**
T × D		ns	ns	*	ns	**	ns	*	ns	**	ns

*, ** : Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

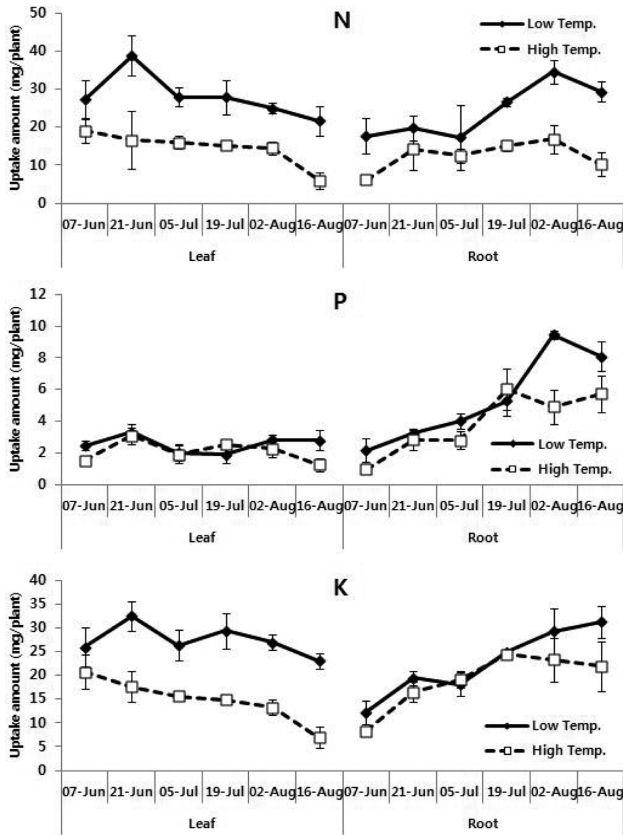


Fig. 1. Comparison on the uptake amount of major mineral nutrients in leaves and roots of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture with two different temperatures and six different growth stages. The bars represent the standard deviation.

자경종의 미량원소 함량은 구리 17.8 ppm, 나트륨 133.4 ppm, 철 44 ppm, 망간 59.6 ppm, 아연 41 ppm으로 조사된 보고 (Chung *et al.*, 1995)와 관련하여 수경재배 인삼의 경우 관행 재배인삼에 비해 다른 미량 원소들보다 특히 나트륨의 함량이 높았다.

수경재배한 2년생 인삼의 식물체 부위별 무기영양성분 흡수량을 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 질소의 흡수량을 보면 잎, 뿌리 모두 저온에서 많았으며, 잎의 흡수량은 저온의 경우 6월 7일에서 6월 21일까지는 증가하였다가 그 이후로는 점차 감소하였고 고온에서는 6월 7일 이후부터 감소하였다. 뿌리의 흡수량은 저온에서는 7월 5일부터 급격히 증가하였으며, 고온에서는 6월 7일 이후 급격히 증가하나 그 이후로는 비교적 완만하게 증가하는 경향을 보였다. 인산의 흡수량을 보면 질소와 마찬가지로 뿌리는 저온에서 높았지만 잎은 큰 차이가 없었다. 잎의 인산 흡수량은 두 온도조건 모두 6월 21일에 가장 많았다가 그 이후 감소되었다가 다시 증가하는 등 일관되지 않은 경향을 보였다. 뿌리의 인산흡수량은 저온에서는 6월 7일부터 조금씩 증가하다가 7월 19일 이후 급격히 증가하였으

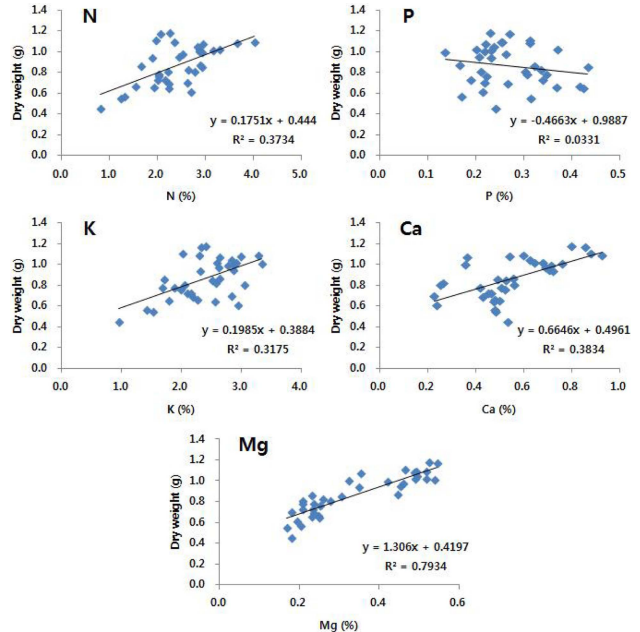


Fig. 2. The relationship between dry weight and macro-mineral nutrients contents in leaves of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture.

며, 고온에서는 7월 5일 이후 급격히 증가하였다. 칼륨의 흡수량 또한 저온에서 재배된 인삼에서 많은 경향을 보였다. 잎의 칼륨 흡수량은 저온에서는 6월 21일 가장 높았다가 점차 감소되는 경향을 보였으며, 고온에서는 6월 7일 이후 계속 감소되는 경향을 보였다. 뿌리의 칼륨 흡수량은 저온에서는 6월 7일 이후 계속 증가되었으며, 고온에서는 6월 7일부터 7월 19일까지는 증가되다가 그 이후로는 약간 감소되는 경향을 보였다. 질소, 인산 및 칼륨 함량은 지상부의 생육기간 중에는 뿌리 속의 양분이 지상부 기관으로 전류되지만 지상부 생육이 완료되면 흡수된 양분이 뿌리로 이동되어 저장되며, 생육이 완료된 지상부에서는 그 변화가 없으나 뿌리에서는 S자 곡선에 따라 생육이 완료될 때까지 증가되었다는 보고 (Kim *et al.*, 1977)와 같이 무기양분의 이동시기는 재배환경에 따라 약간씩 빠르거나 늦을 수는 있지만 그 패턴은 유사한 것으로 생각된다.

수경재배 인삼 잎의 건물중과 주요 무기영양성분인 질소, 인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량과의 관계를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 인삼 잎의 건물중 (Lee *et al.*, 2012)과 질소, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 정의상관으로 분석되었고 인산은 부의상관으로 분석되었다.

수경재배 인삼 뿌리의 건물중과 주요 무기영양성분인 질소, 인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량과의 관계를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 뿌리의 건물중 (Lee *et al.*, 2012)은 인산과는 정의상관이었고 칼슘과 마그네슘과는 부의상관이었으며, 질소와 칼륨은 뿌리의 건물중과는 상관관계가 적은 것으로 조사되었다. 인산 함량과 지상부의 건물중은 부의상관이지만 지

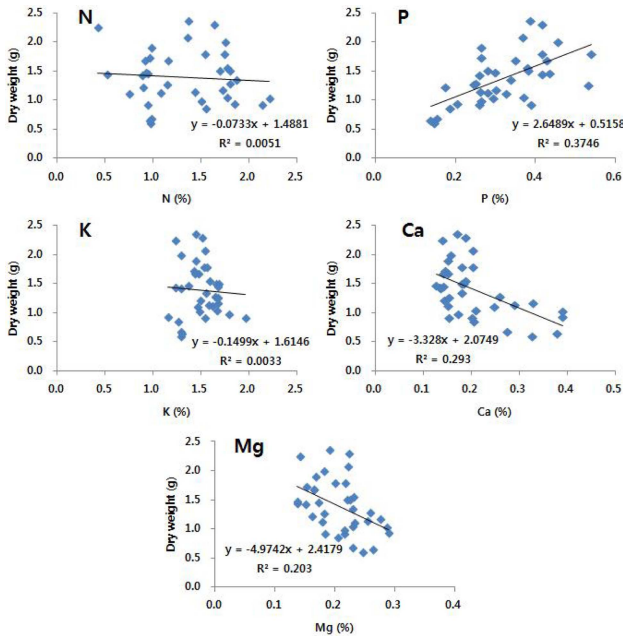


Fig. 3. The relationship between dry weight and macro-mineral nutrients contents in roots of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture.

하부의 건물중은 정의상관으로 분석되었고 반대로 칼슘, 마그네슘의 함량은 지상부의 건물중과 정의상관, 지하부의 건물중과는 부의상관으로 분석되었다. 자경종 1~6년생에서 잎의 건물중은 칼륨과 칼슘의 함량과는 부의상관, 마그네슘은 정의상관이었으며 뿌리에서는 질소, 인산, 칼륨, 마그네슘은 부의상관, 칼슘과는 정의상관이었다는 보고 (Park *et al.*, 2012)와는 많이 다른 양상을 보였다. 수경재배 인삼의 경우 양액의 비배관리 및 수량성과 관련지어 무기영양성분의 적정함량 구명 연구가 매우 중요하며, 이에 대한 연구가 더 구체적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

수경재배 인삼의 잎에서 무기영양성분간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 질소는 칼륨, 마그네슘, 구리, 망간과 유의한 정의상관이었으며, 특히 칼륨과 가장 상관계수가 컸지만, 나트륨, 아연과는 유의한 부의상관이었다. 인산은 나트륨, 아연과는 정의상관이었으나 망간과는 부의상관이었다. 칼륨은 질소와 동일한 양상을 보여 마그네슘, 구리, 망간과 유의한 정의상관이었고 나트륨, 아연과는 유의한 부의상관이었다. 칼슘은 마그네슘, 철, 망간과 정의상관이었고 마그네슘은 질소, 칼륨, 칼슘, 망간과는 정의상관이었으며, 나트륨, 아연과

Table 3. Correlation coefficients among mineral nutrients in leaves of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture.

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Na	Fe	Mn	Zn
N	1.000									
P	-0.204 ^{ns}	1.000								
K	0.884 ^{**}	-0.270 ^{ns}	1.000							
Ca	-0.004 ^{ns}	-0.114 ^{ns}	-0.010 ^{ns}	1.000						
Mg	0.540 ^{**}	-0.256 ^{ns}	0.514 ^{**}	0.781 ^{**}	1.000					
Cu	0.509 ^{**}	-0.111 ^{ns}	0.376 [*]	0.010 ^{ns}	0.222 ^{ns}	1.000				
Na	-0.590 ^{**}	0.482 ^{**}	-0.614 ^{**}	-0.353 [*]	-0.722 ^{**}	-0.232 ^{ns}	1.000			
Fe	-0.186 ^{ns}	-0.058 ^{ns}	-0.045 ^{ns}	0.483 ^{**}	0.163 ^{ns}	-0.163 ^{ns}	0.063 ^{ns}	1.000		
Mn	0.365 [*]	-0.523 ^{**}	0.469 ^{**}	0.528 ^{**}	0.664 ^{**}	0.165 ^{ns}	-0.456 ^{**}	0.328 ^{ns}	1.000	
Zn	-0.636 ^{**}	0.342 [*]	-0.743 ^{**}	0.025 ^{ns}	-0.467 ^{**}	-0.175 ^{ns}	0.748 ^{**}	0.196 ^{ns}	-0.400 [*]	1.000

^{*}, ^{**} : Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 4. Correlation coefficients among mineral nutrients in roots of 2-year-old ginseng cultivated under hydroponic culture.

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Na	Fe	Mn	Zn
N	1.000									
P	0.099 ^{ns}	1.000								
K	0.460 ^{**}	0.182 ^{ns}	1.000							
Ca	0.363 ^{ns}	-0.453 ^{**}	-0.176 ^{ns}	1.000						
Mg	0.666 ^{**}	-0.304 ^{ns}	0.189 ^{ns}	0.877 ^{**}	1.000					
Cu	0.305 ^{ns}	-0.526 ^{**}	-0.276 ^{ns}	0.860 ^{**}	0.722 ^{**}	1.000				
Na	0.190 ^{ns}	-0.583 ^{**}	-0.088 ^{ns}	0.729 ^{**}	0.650 ^{**}	0.669 ^{**}	1.000			
Fe	0.301 ^{ns}	-0.432 ^{**}	-0.186 ^{ns}	0.643 ^{**}	0.536 ^{**}	0.767 ^{**}	0.715 ^{**}	1.000		
Mn	0.673 ^{**}	0.149 ^{ns}	0.169 ^{ns}	0.541 ^{**}	0.749 ^{**}	0.439 ^{**}	0.213 ^{ns}	0.324 ^{ns}	1.000	
Zn	0.397 [*]	-0.468 ^{**}	-0.283 ^{ns}	0.818 ^{**}	0.688 ^{**}	0.910 ^{**}	0.723 ^{**}	0.791 ^{**}	0.375 [*]	1.000

^{*}, ^{**} : Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

는 부의상관이였다. 구리는 질소, 칼륨과는 정의상관이였고 나머지 성분과의 관계에서 유의성은 없었다. 나트륨은 질소, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 망간과 부의상관이였으며, 인산, 아연과는 정의상관이였다. 철은 칼슘과만 유의한 정의상관을 보였고 나머지 성분과의 관계에서 유의성은 없었다. 망간은 질소, 칼륨, 칼슘, 마그네슘과 유의한 정의상관이였고 인산과 나트륨과는 유의한 부의상관이였다. 아연은 인산과 나트륨과는 정의상관이였으나, 질소, 칼륨, 마그네슘, 망간과는 부의상관이였다. Lee 등 (1980)에 의하면 5년근 관행재배 인삼의 무기영양성분 상호관계를 조사한 결과, 잎, 줄기, 엽병을 포함한 지상부에서 상관을 보이는 것은 지하부보다 훨씬 적었는데, 인산은 칼슘, 붕소와, 칼륨은 질소, 철, 망간, 구리와 유의한 부의상관을 보였으며, 질소는 마그네슘, 철, 망간, 구리와, 칼륨은 아연과, 칼슘은 마그네슘, 아연, 붕소와, 철, 망간, 구리는 상호간, 망간은 붕소와 유의한 정의상관을 보였다고 하여 수경재배 인삼 잎의 분석 결과와는 많은 차이를 보인다. 이는 재배환경에 따른 식물체 무기영양성분 흡수이용 양상의 차이에 의한 것으로 보이며, 인삼과 관련된 무기영양성분에 관한 연구는 많이 부족한 현실이기 때문에 향후 다양한 재배 환경 조건에 따른 무기영양성분의 연구가 이루어져야 할 필요가 있다.

수경재배 인삼의 뿌리에서 무기영양성분간의 상관계수는 Table 4와 같다. 뿌리에서의 상관계수는 잎과는 다른 양상을 보였는데, 질소는 칼륨, 마그네슘, 망간, 아연과 유의한 정의상관이였으며, 인산은 질소, 칼륨, 망간과 정의 상관이이고 이를 제외한 나머지 성분들과 부의상관을 보였다. 칼륨은 질소만 유의한 정의상관이였다. 칼슘, 마그네슘, 구리, 나트륨, 철, 아연의 6가지 성분은 이 성분들 사이의 모든 관계가 유의한 정의상관이였다. 망간은 질소, 칼슘, 마그네슘, 구리, 아연과 유의한 정의상관이였다. Lee 등 (1980)의 보고에 따르면 5년근 관행재배 인삼의 무기양분 상호관계는 지하부에서 질소, 인산이 서로 간 그리고 각기 마그네슘, 구리와 유의한 정의상관을 보이며, 모두 서로 간 유의한 정의상관을 보이는 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 망간, 아연, 붕소와 구분되었는데, 수경재배 인삼에서도 칼슘, 마그네슘, 구리, 나트륨, 철, 아연의 미량원소 성분 간에는 모두 서로 간 유의한 정의상관관계를 보여 미량원소에서는 매우 유사한 결과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 충북대학교 학술연구 지원사업의 연구비 지원에 의하여 이루어진 결과로 이에 감사를 드립니다.

LITERATURE CITED

Chang HK. (2000). Changes in chemical composition of *Panax*

ginseng leaves by different harvesting months. Korean Journal of Food and Nutrition. 13:6-12.

Choi JE, Lee NR, Han JS, Kim JS, Jo SR, Shim CY and Choi JM. (2011). Influence of various substrates on the growth and yield of organically grown ginseng seedlings in the shaded plastic house. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:441-445.

Chung YY, Chung CM, Ko SR and Choi KT. (1995). Comparison of agronomic characteristics and chemical component of *Panax ginseng* C. A. Meyer and *Panax quinquefolium* L. Journal of Ginseng Research. 19:160-164.

Ko SR, Choi KJ and Han KW. (1996). Comparison of proximate composition, mineral nutrient, amino acid and free sugar contents of several *Panax* species. Journal of Ginseng Research. 20:36-41.

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB and Kim YB. (2010). Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 28:216-226.

Kim JH, Moon HT and Chae MI. (1977). Studies on the uptake of mineral nutrients by ginseng plant. Journal of Ginseng Research. 2:35-37.

Lee CH, Nam KY and Choi KJ. (1978a). Relationship between the age and chemical components of ginseng root's portion (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Food Science and Technology. 10:263-268.

Lee CH, Shim SC, Park H and Han KW. (1980). Distribution and relation of mineral nutrients in various parts of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Journal of Ginseng Research. 4:55-64.

Lee GA, Chang YK, Park SY, Kim GA, Kim SH, and Song BH. (2012). Studies on growth responses and yields of *Panax ginseng* C. A. Meyer grown under hydroponic culture with different temperatures and growth stages. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:184-189.

Lee JC, Ahn DJ and Byen JS. (1988). Studies on the growth and change of mineral nutrient contents in ginseng (*Panax ginseng*) plant during the growing process. Korean Journal of Crop Science. 32:471-475.

Lee JH, Nam KY, Kim MS and Bae HW. (1978b). Relationship between the mineral nutrients up-take and the age of ginseng plant (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Journal of the Korean Agricultural Chemical Society. 21:58-62.

Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW. (2011). Comparison of growth characteristics and ginsenoside content of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with greenhouse and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.

Li TSC and Mazza G. (1999). Correlations between leaf and soil mineral concentrations and ginsenoside contents in American ginseng. Hort Science. 34:85-87.

Park SY, Lee GA, Heo SJ, Jeong HN and Song BH. (2012). Comparative analysis on concentration and uptake amount of major mineral nutrients in plant tissues and years old of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:195-201.

이경아 · 장윤기 · 박성용 · 김경애 · 김선호 · 박기춘 · 김용범 · 차선우 · 송범헌

Park H and Choi BJ. (1983). Effect of soil moisture on partition of mineral nutrients in *Panax ginseng*. Journal of Ginseng Research. 7:74-79.

Park H, Lee MK and Lee CH. (1986). Effect of nitrogen,

phosphorus and potassium on ginsenoside composition of *Panax ginseng* root grown with nutrient solution. Journal of Korean Agricultural Chemical Society. 29:78-82.