

토경 및 수경재배에서 돌나물의 생육, 비타민 C와 무기성분 함량 변이

이승엽^{1*} · 김효진² · 배종향¹

¹원광대학교 생명자원과학연구소, ²국립식량과학원 벼맥류부

Growth, Vitamin C, and Mineral Contents of *Sedum sarmentosum* in Soil and Hydroponic Cultivation

Seung-Yeob Lee^{1*}, Hyo-Jin Kim², and Jong-Hyang Bae¹

¹Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

Abstract. The growth, yield and quality of *Sedum sarmentosum* between soil and hydroponic cultivation were compared to produce high-quality shoots in summer season. The plants were collected from four places in Korea and cultivated in a plastic film house with 50% shading. A 1:1:1 mixtures of sand, upland soil and substrate (N-P-K: 330-220-400 mg·L⁻¹) was used for soil cultivation, and a nutrient film technique (NFT) with Yamazaki-lettuce nutrient solution used for hydroponics. After 30 days of cultivation, plant height ranged from 18.4 to 21.8 cm and showed no significant difference between soil and hydroponic cultivation. Number of shoot, leaf length, leaf width, number of leaf, fresh weight, and dry weight significantly increased in hydroponics compared to those in soil cultivation. Fresh and dry weights in hydroponics were greater in 'Gunsan' and 'Wando' collections than those in other collections. Stem diameter and compression-force significantly increased in soil cultivation rather than hydroponics with significant differences among collections. However there were no significant differences in shoot bitterness and vitamin C content between cultivation methods or among the collections. Most mineral contents except Fe in hydroponics were higher than those in soil cultivation. K, Na, Zn contents in hydroponics were over 2 times higher than those in soil cultivation.

Additional key words: bitterness, collections, compression force, NFT

서 언

최근 외식산업 발달과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 고품질 신선채소, 허브류 및 과채류에 대한 소비자들의 요구가 다양해지고 있는데, 전통 원예작물뿐만 아니라, 지구 온난화에 따른 수입 과채류 및 허브류에 대한 관심도 높아지고 있다. 그러나 도시화 산업화에 따른 농지축소, 농지가격의 상승, 기존 시설재배지역의 토양 환경악화에 따른 고품질 채소 생산에 걸림돌이 되고 있다. 이에 따라 수경재배로의 전환이 이루어지고 있는데, 농촌노동력의 고령화·부녀화에 따른 자동화를 통한 생력화 측면과 도시형 식물공장을 통한 신선도 유지 및 유통비용 감소라는 측면에서 수경재배 기술은 재조명되고 있다. 우리나라의 수경재배면적은 2008

년 1,107.3ha(2,241농가)에 이르며, 금후 전업농의 증가와 관련산업의 발달, 그리고 지방자치단체의 시설지원 등으로 수경재배 면적은 2020년에는 약 3,800ha로 증가할 것으로 전망되고 있다(Lee, 1999; RDA, 2008).

수경재배는 토경재배에서 보다 단위면적당 수량증가 및 생육기간 단축, 작물의 생육에 적합한 양분관리에 따른 건강한 생산물 수확, 토양병해 및 연작장해가 없으며, 제초제를 포함한 농약오염이 없는 청정 농산물 생산, 토질에 관계없이 재배가 가능하며 토경재배 대비 약 10%의 물만으로도 재배가 가능하다는 점, 비료유실이 거의 없다는 장점들이 있다(Burragge, 1992; Schwarz, 1995). 그러나 농가에서 수경재배를 위한 과다한 시설 투자비가 필요하고, 배양액 조건이 변하면 작물에 직접 영향이 나타나기 때문에 전문적 관

*Corresponding author: sylee@wku.ac.kr

※ Received 28 January 2011; Accepted 8 April 2011. 본 연구는 2009년도 원광대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

리기술이 필요하다. 또한 수경재배 적용 작목이 제한적이고, 병해 발병시 확산이 빠르며, 정전이나 고장 등으로 인하여 펌프 작동이 멈출 경우에 피해가 빠르게 나타나는 등의 문제점 때문에 수경재배 면적의 증가에 걸림돌이 되고 있다 (Burrage, 1992).

돌나물(*Sedum sarmentosum* Bunge)은 다육질의 여러해살이풀로서 어린 썩을 초무침이나 물김치 또는 비빔밥의 재료로 이용하고 있다. 그러나 돌나물은 개화 후 여름철 고온기에 줄기가 단단해지고 쓴맛이 증가하므로 상업적 재배가 거의 이루어지지 않고 있다. 최근 이러한 신선채소류의 주년생산에 수경재배 방식이 많이 이용되고 있다. 돌나물의 수경재배에서 배양액은 야마자키-상추 배양액에서 생육이 양호한 것으로 알려졌고(Park and Kim, 1997), 천근성이므로 근권이 좁고 배양액을 적게 소모하는 NFT 수경재배 방식이 적합하며, 밀식할수록 수량이 증가한다(Lee et al., 2010). 이러한 돌나물 수경재배는 겨울부터 여름철까지 고품질의 돌나물을 년중 생산할 수 있으며, 무농약 재배가 가능하므로 안전한 먹거리 생산에도 크게 기여할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구는 여름철 고품질 돌나물 생산을 위하여 4종의 돌나물 수집종을 토경재배와 NFT 방식을 이용한 수경재배를 실시하여, 재배방식과 수집종간 생육특성, 수량 및 품질, 비타민 C와 무기성분 함량 등을 비교하였다.

재료 및 방법

공시재료는 Lee et al.(2007)에 의하여 차광재배에 적합한 것으로 보고된 ‘군산’, ‘완주’, ‘완도’, ‘포항’등 4지역의 수집종을 포장에 증식하여 이용하였다. 50% 차광막을 씌운 비닐하우스(12:00시 기준, 31,600 ± 990 lux)에서 7월 5일에 5cm 길이의 정단 줄기를 채취하여 토경 및 수경재배를 실시하였다. 토경재배는 삽목상자(48 × 33 × 8.6cm)에 재식거리 5 × 5cm 간격으로 40개체씩 3반복으로 정식하였다. 배양토는 깨끗한 강모래, 밭흙, 원예용 상토(Korea Horticulture Materials Co. Ltd., TKS2, N-P-K:330-220-400mg·L⁻¹)를 1:1:1로 혼합하여 사용하였다. 수경재배는 순환식 박막수경(NFT) 방식으로 스티로폼 재배조(길이 180 × 폭 70 × 높이 10cm)에 스티로폼(두께 30mm)을 재식거리 5 × 5cm 간격으로 직경 10mm의 구멍을 뚫고 스폰지로 감싸서 100개체씩 3반복 정식하였다. 정식 후 5일간 지하수를 공급하여 뿌리가 내리게 한 다음, Yamazaki-상추 배양액(Yamazaki, 1982)을 EC = 1.2, pH = 5.8로 조절하여 24시간 타이머로 시간당 15분씩 공급하였고, 일주일 간격으로 새로운 배양액으로 교체하였다.

정식 30일째에 초장, 신초수, 줄기두께, 마디수, 엽장, 엽폭 등의 생육특성을 반복당 10개체씩 조사하였고, 생체중 및 건물중(70°C 건조기에서 3일간 건조)을 측정하였다. 줄기의 경도는 Texture Analyser(TA-XT2, Stable Microsystems, England)를 이용하여, 줄기의 상부 10cm를 반복당 5개체씩 채취하여 중간 마디를 직경 10mm의 원판형 탐침을 사용하여 줄기의 견고성을 나타내는 압착강도(compression force: pre-test speed 5.0, test speed 1.0, post-test speed 10.0mm·second⁻¹; distance 1.5mm·second⁻¹; trigger type auto 10g)를 측정하였다. 쓴맛은 5점 등급(1-9)에 따라, 10명의 패널이 평가한 쓴맛 평가치(쓴맛등급 × 패널수 / 총패널수)로 환산하여 비교하였다. 비타민 C와 무기성분 분석은 식물체를 40°C에서 5일간 건조시켜 분쇄(20mesh)한 다음, 비타민 C 함량은 Kim 등(2008)의 분석방법에 따라 HPLC(Waters 2695, Alience System)으로 분석하였다. 무기성분은 건조시료 1g당 10mL의 HCl을 넣고 가열·건고시켜 여과한(2회반복), 1, 2차 여액을 합하여 중류수로 100mL가 되도록 채운 다음, 유도플라즈마 분광분석기(ICP, Plasma LAB 8440 M, LABTAM, Australia)로 분석하였다.

결과 및 고찰

생육 및 수량

돌나물 수집종의 토경 및 수경재배에 따른 생육특성을 조사한 결과(Table 1), 초장은 토경재배에서 19.4cm, 수경재배에서 21.1cm 범위로 수경재배에서 약간 큰 경향을 보였으며, 수집종간에도 유의한 차이를 보이지 않았다. 개체당 신초수는 토경 및 수경재배에서 평균 9.3, 12.7개로 수경재배에서 유의한 증가를 보였으며, 토경재배에서는 ‘포항’ 수집종에서, 수경재배에서는 ‘완도’ 수집종에서 가장 많았다. 줄기두께는 수경재배보다 토경재배에서 증가하였으며, 수집종간에도 유의한 차이를 보였다. 엽장은 토경재배에서 32.3mm, 수경재배에서 38.1mm로 수경재배에서 유의한 증가를 보였으며, 엽폭에서도 같은 경향을 보였으나, 장폭비는 큰 차이를 보이지 않았다. 줄기당 마디수 및 엽수도 수경재배에서 증가하는 경향이었으며, 수집종간에도 차이를 보였다. 단위면적당 생체중 및 건물중은 수경재배에서 유의한 증가를 보였으며, ‘군산’, ‘완도’ 수집종이 높았다.

본 연구에서 돌나물의 토경재배보다 수경재배에서의 생육과 수량성이 양호하게 나타났는데, Lee et al.(2010)은 특히 돌나물과 같이 밀식이 가능한 작물의 수경재배에서 단위면적당 수량이 크게 증가하기 때문에 유리하다고 하였다. 상추에서도 엽면적과 엽수, 평균 수확지수가 토경재배보다

Table 1. Growth characteristics between soil cultivation and NFT hydroponics in *S. sarmentosum* collections.

Cultivation	Collection	Plant height	No. of shoot	Diameter	No. of node	No. of Leaf/stem	Leaf (mm)			Fresh wt	Dry wt
		(cm)	/plant	(mm)	/stem		Length	Width	L/W	(kg·m ⁻²)	(g·m ⁻²)
Soil	Kunsan	19.1 a ^z	9.6 ab	2.42 ab	13.2 a	39.6 a	32.3 ab	11.3 a	2.86 a	7.0 ab	273.3 ab
	Pohang	20.6 a	10.1 a	2.37 b	13.5 a	40.5 a	33.5 a	12.3 a	2.72 a	7.3 a	292.0 a
	Wando	19.6 a	9.0 bc	2.35 b	12.5 b	37.5 b	32.8 a	11.6 a	2.83 a	6.7 ab	256.0 ab
	Wanju	18.4 a	8.4 c	2.50 a	11.4 b	34.2 b	30.6 b	11.1 a	2.76 a	6.3 b	230.7 b
	Mean	19.4	9.3	2.41	12.6	37.9	32.3	11.6	2.8	6.8	263.0
Hydroponic	Kunsan	21.7 a	13.0 ab	2.01 b	14.4 a	43.2 a	39.2 a	14.3 a	2.74 a	10.9 a	330.7 a
	Pohang	19.4 a	11.8 b	2.54 a	13.3 b	39.9 b	38.9 a	13.4 a	2.90 a	8.8 b	270.7 b
	Wando	21.6 a	14.6 a	2.17 ab	13.9 a	41.7 a	41.1 a	14.5 a	2.83 a	10.5 a	317.3 a
	Wanju	21.8 a	11.5 b	2.12 b	12.4 b	37.2 b	33.1 b	11.5 b	2.88 a	9.6 ab	286.7 ab
	Mean	21.1	12.7	2.21	13.5	40.1	38.1	13.4	2.84	9.9	301.3
Significance											
Cultivation (A)		ns	***	***	*	*	***	***	ns	***	***
Collection (B)		ns	**	**	**	**	*	ns	*	*	*
A × B		ns	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	**	*

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

ns, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001, respectively (n = 3).

Data were investigated at 30 days after cultivation.

유의한 증가를 보였다(Anver et al., 2005). 또한 과채류의 수 경재배에서도 딸기의 경우, 식물체당 수량은 토경재배에서 높지만, 단위면적당 수량과 상품과 생산량은 밀식한 수경재 배에서 3배 이상 높게 나타났다(Paraskevopoulou-Paroussi and Paroussis, 1995). 토마토의 수경재배에서도 수량은 토 경재배보다 2배 이상 높았고(Resh, 2001), 제1화방의 개화 소요기간 단축, 불량과율의 감소와 수확기 당도 증가 등이 나타났다(Hwang et al., 1998). 본 연구에서 돌나물의 단위 면적당 생체중 및 건물중이 수경재배에서 유의한 증가를 보였는데, Anver et al.(2005)에 따르면 토경재배보다 수경재 배에서 단위면적당 광합성율, 기공전도도 및 잎, 화기, 과일 등에 대한 탄소 분배능(Carbon partitioning) 등이 높기 때문이라고 하였다.

줄기 경도 및 쓴맛

토경 및 수경재배에 따른 줄기의 경도를 조사한 결과(Fig. 1), 토경재배에서는 2.0 kg·cm⁻², 수경재배에서는 1.3 kg·cm⁻²를 보여 토경재배에서 유의하게 높았으나, 수집종 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. Jeong et al.(2002)은 배추에서 줄기의 경도를 측정한 결과, 펠라이트 배지 재배보다 토 경재배에서 높았으며, 이는 김치의 아삭아삭함, 질김성 등의 조직감과 상관이 있다고 하였다. 멜론에서는 수경재배보다 토경재배에서 생산된 과실의 경도가 높아 저장성이 우수하다고 하였다(Choi et al., 2001). 돌나물에서도 토경재배보다

수경재배에서 줄기 경도가 낮게 나타나 신선채소로서의 선호도가 높을 것으로 기대되며, 이는 돌나물의 주년생산에도 바람직한 결과로 생각되었다.

한편 돌나물의 품질 특성 중 쓴맛을 관능검사(1-9)로 조사한 결과(Fig. 2), 쓴맛 등급은 토경재배에서 평균 4.5, 수경 재배에서 평균 4.2로 나타나 수경재배에서 쓴맛이 약간 낮은 경향을 보였으며, 수집종간에도 약간의 차이를 보였으나 유의한 차이는 없었다. 돌나물은 5월 이후에는 고온 및 강한 햇빛으로 인하여 줄기가 붉게 변하고 단단해져 조직감이 나빠질 뿐만 아니라, 쓴맛이 강해져 봄철 이외에는 식용으로 이용하기 어렵다. 상추 수경재배에서도 75% 차광처리는 대조구보다 쓴맛을 현저히 감소시켰으며(Seo et al., 2002), 돌

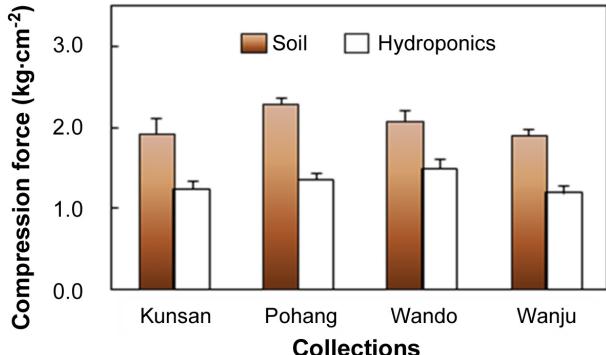


Fig. 1. Compression force of shoot between soil cultivation and NFT hydroponics in *S. sarmentosum* collections. Bars represent the standard error of means from 3 replications.

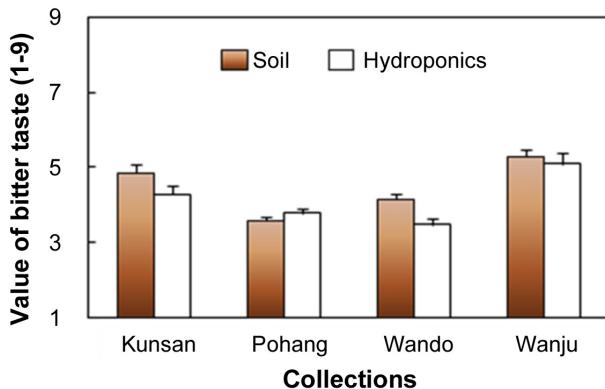


Fig. 2. Bitterness of shoot between soil cultivation and NFT hydroponics in *S. sarmentosum* collections. Bars represent the standard error of means from 3 replications.

나물 차광재배에서는 쓴맛이 크게 감소하므로 여름철 재배가 가능하다고 하였다(Lee et al., 2007). 본 연구에서 토경재배와 수경재배간에 유의한 차이가 없는 이유는 50% 차광막을 설치하여 재배하였기 때문으로 생각되었으며, 돌나물의 쓴맛 정도는 쌉쌀한 맛을 즐기는 특성상 5정도까지는 크게 문제가 되지 않을 것으로 보였다.

비타민 C와 무기성분 함량

돌나물 수집종의 토경 및 수경재배에 따른 비타민 C 함량을 조사한 결과, 수경재배보다 토경재배에서 약간 높은 경향을 보였으나, 유의한 차이는 없었다(Fig. 3). 수집종간에도

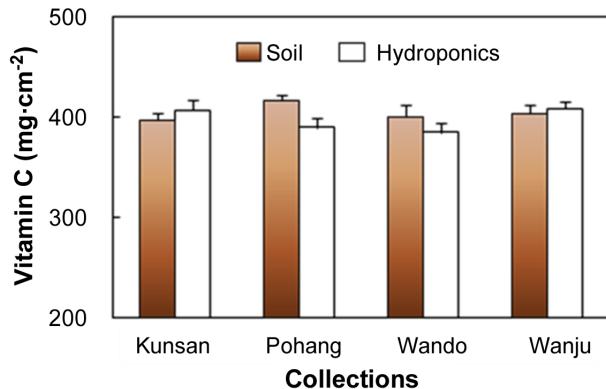


Fig. 3. Vitamin C content of shoot between soil cultivation and NFT hydroponics in *S. sarmentosum* collections. Bars represent the standard error of means from 3 replications.

토경재배에서는 ‘포항’, 수경재배에서는 ‘완주’, ‘포항’ 등이 높은 경향이었으나, 유의한 차이를 보이지 않았다. 비타민 C 함량 변이는 재배방식 및 작물의 종류에 따라 다른 경향을 보이는데, 토마토와 상추(Chiesa et al., 2005)에서는 토경재배와 수경재배간에 차이가 없었으나, 고추(Flores et al., 2009)와 basil(Sgherri et al., 2010)에서는 수경재배에서 더 높게 나타났다.

한편 무기성분 함량은 Fe를 제외한 대부분의 성분함량이 토경재배보다 수경재배에서 높은 경향을 보였으며, 특히 K, Na, Zn 함량은 2배 이상 크게 증가하였다(Table 2). Fe는 P, Mn, Zn, Cu 함량이 높을 경우 흡수가 억제되는데, 수경

Table 2. Mineral contents of shoots between soil cultivation and NFT hydroponics in *S. sarmentosum* collections.

Cultivation	Collection	K (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Fe ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Na ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Zn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Soil	Kunsan	2.47 a ^z	0.42 a	3.64 a	0.39 a	9.54 a	483.7 b	163.5 b	56.83 a
	Pohang	2.31 a	0.40 a	3.74 a	0.35 a	10.03 a	246.3 d	172.8 b	46.38 a
	Wando	2.88 a	0.38 a	3.65 a	0.29 a	10.25 a	390.1 c	175.2 b	49.66 a
	Wanju	2.96 a	0.36 a	3.49 a	0.38 a	10.25 a	887.7 a	222.7 a	48.87 a
	Mean	2.72	0.38	3.63	0.34	10.18	508.0	190.2	48.30
Hydroponic	Kunsan	6.04 a	0.47 b	3.97 a	0.47 a	10.06 a	102.5 a	831.5 a	96.53 a
	Pohang	5.50 a	0.67 a	3.75 ab	0.48 a	10.75 a	99.7 a	503.2 c	104.47 a
	Wando	5.40 a	0.48 b	3.74 b	0.47 a	10.69 a	103.8 a	747.0 ab	107.53 a
	Wanju	5.68 a	0.46 b	3.73 b	0.47 a	11.81 a	93.4 a	688.4 b	96.15 a
	Mean	5.53	0.52	3.74	0.47	10.83	99.0	646.2	102.72
Significance									
Cultivation (A)		***	**	**	**	*	***	***	***
Collection (B)		ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns
A × B		ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$.

ns, *, **, *** Nonsignificant or significant, $P = 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively ($n = 3$).

Data were investigated at 30 days after cultivation.

재배에서 Fe의 흡수가 낮아진 것에는 이러한 원인이 작용하였기 때문으로 생각되지만 향후 상세한 검토가 필요하다고 본다. Zn은 glutamate dehydrogenase, lactate dehydrogenase, alkaline phosphatase, superoxide dismutase, thiamine kinase 등 여러 효소에 함유되어서 생체내 대사에 관여하는데(Jackson and Lowe, 1992), 특히 돌나물 수경재배에서 Zn 흡수가 높게 나타났다. 토마토에서도 수경재배에서 N, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn 등의 흡수가 증가하였으나(Rouphael et al., 2004), 상추 수경재배에서는 Mg, Fe, Mn 등이 낮고, N과 P 함량은 높게 나타났다(Siomos et al., 2001). 또한 치콘의 무기성분 함량은 토경재배와 수경재배간에 유의한 차이가 없었고(Yu et al., 2003), 토마토와 상추의 Na 함량이 오히려 토경재배에서 높게 나타나(Chiesa et al., 2005), 돌나물과는 상이한 결과를 보였다. 이와 같이 작물의 종류, 배양액 종류 및 재배 환경 등에 따라 무기성분들의 흡수양상이 다르므로 건강 기능성 성분을 증가시키기 위한 다양한 재배기술의 개발이 필요하다.

돌나물은 가룸에 강하고 번식력이 뛰어나며, 비타민 C와 철분 및 칼슘 함량이 높아 신선채소로서의 가치가 클 뿐만 아니라(Kim et al., 2008), 생육기간이 짧고 천근성으로 뿌리의 생장공간이 좁아도 되는 NFT 방식의 수경재배에 적합하다고 본다. 수집종간에는 단위면적당 생체중 및 건물중이 높은 ‘군산’, ‘완도’ 수집종이 유망하였다. 수경재배는 청정 재배가 가능하므로 씻지 않고 바로 이용할 수 있다는 점에서 생산자와 판매자 및 소비자 모두 각광받을 수 있으며, 특히 NFT 방식은 생육기간이 짧은 엽경채류 생산에 효과적이어서(Sheikh, 2006), 금후 돌나물의 수경재배를 이용한 주년 생산이 가능할 것으로 기대되었다.

초 록

여름철 고품질 돌나물(*Sedum sarmentosum*)을 생산하기 위하여, 4지역의 수집종에 대한 토경재배와 NFT 수경재배에 따른 생육특성, 수량 및 품질, 비타민 C와 무기성분 함량 등을 조사하였다. 초장은 18.4-21.8cm 범위로 재배방식 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 개체당 신초수, 엽장, 엽폭, 엽수, 생체중 및 건물중 등은 토경재배보다 수경재배에서 유의한 증가를 보였으며, ‘군산’, ‘완도’ 수집종에서 단위면적당 생체중 및 건물중이 높았다. 줄기두께는 수경재배보다 토경재배에서 증가하였으며, 수집종간에도 유의한 차이를 보였다. 줄기의 경도는 수경재배($1.3\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)보다 토경재배($2.0\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)에서 유의하게 높았으나, 수집종 간에는 차이를 보이지 않았다. 관능검사(1-9)에 의한 쓴맛은 보통이

었으며, 쓴맛 정도와 비타민 C 함량은 재배방식 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 무기성분 함량은 Fe를 제외한 대부분이 토경재배보다 수경재배에서 높은 경향이었으며, K, Na, Zn 함량은 2배 이상 높았다.

추가 주요어 : 쓴맛, 수집종, 줄기경도, 박막수경

인용문헌

- Anver, M.A.M.S., D.C. Bandara, and K.R.E. Padmathilake. 2005. Comparison of the carbon partitioning and photosynthetic efficiency of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under hydroponics and soil cultivation. *Trop. Agr. Res.* 17:194-202.
- Burrage, S.W. 1992. NFT in protected cultivation. *Acta Hort.* 323:25-38.
- Chiesa, A., D. Frezza, S. Moccia, A. Oberti, A. Fraschina, and L. Diaz. 2005. Vegetable production technology and postharvest quality. *Acta Hort.* 682:565-572.
- Choi, H.K., S.M. Park, and C.S. Jeong. 2001. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. *Hort. Environ. Biotechnol.* 42:264-270.
- Flores, P., P. Hellin, A. Lacasa, A. Lopez, and J. Fenoll. 2009. Pepper antioxidant composition as affected by organic, low-input and soilless cultivation. *J. Sci. Food Agr.* 89:2267-2274.
- Hwang, B.H., J.K. Kim, O.Y. Kweon, and Y.K. Kim. 1998. Effect of perlite and soil culture on growth and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 16:436. (Abstr.)
- Jackson, M.J. and N.M. Lowe. 1992. Physiological role of zinc. *Food Chem.* 43:233-238.
- Jeong, J.H., S.H. Jung, B.H. Hwang, J.W. Lee, H.D. Suh, and J.K. Kim. 2002. Comparison of textural and sensory characteristics between chinese cabbages and its processed products ‘Kimchi’ produced by soil- and nutri-culture. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20(Suppl. II):30. (Abstr.)
- Kim, H.J., S.H. Jung, J.H. Bae, and S.Y. Lee. 2008. Growth characteristics, vitamin C content, antioxidative activity among local strains of *Sedum sarmentosum*. *J. Bio-Environ. Control* 17:110-115.
- Lee, S.J. 1999. Present status and further prospects for development of hydroponics in Gyeonggi Province, Korea. In: Spring symp. Proc. Kor. Soc. Hydroponics. April 30-May 1, 1999. p. 1-11.
- Lee, S.Y., H.J. Kim, and J.H. Bae. 2010. Effect of planting density on growth and quality in hydroponics of *Sedum sarmentosum*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:580-584.
- Lee, S.Y., H.J. Kim, J.H. Bae, J.S. Shin, and S.W. Lee. 2007. Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea. *J. Bio-Environ. Control* 16:388-394.
- Paraskevopoulou-Paroussi, G. and E. Paroussis. 1995. Precocity, plant productivity and fruit quality of strawberry plants grown in soil and soilless culture. *Acta Hort.* 408:109-117.
- Park, K.W. and Y.H. Kim. 1997. Effect of different nutrient solutions on growth and quality in *Sedum sarmentosum*

- Bunge) deep flow culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 15:152-153.
- Resh, H.M. 2001. Hydroponic food production. A definitive guide book of soil-less food growing method. 6th edition. Woodbridge, California.
- Rouphael, Y., G. Colla, A. Battistelli, S. Moscatello, S. Proietti, and E. Rea. 2004. Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. J. Hort. Sci. Biotech. 79:423-430.
- Rural Development Administration (RDA). 2008. Crop production and cultivation areas of hydroponic culture in Korea. RDA, Suwon, Korea.
- Schwarz, M. 1995. Soilless culture management. Springer-Verlag, Berlin.
- Seo, M.W., S.W. Lee, S.Y. Lee, J.W. Lim, and K.W. Park. 2002. Variance of the bitter sesquiterpene lactones contents in the leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) by several culturing methods.
- Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(Suppl. I):32. (Abstr.)
- Sgherri, C., S. Cecconami, C. Pinzimo, F. Navari-Izzo, and R. Izzo. 2010. Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil. Food Chem. 123:416-422.
- Sheikh, B.A. 2006. Hydroponics: key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. Pak. J. Agr. Agril. Engg. Vet. Sc. 22(2):53-57.
- Siomos, A.S., G. Beis, P.P. Papadopoulou, and N. Barbayannis. 2001. Quality and composition of lettuce (cv. 'Plenty') grown in soil and soilless culture. Acta Hort. 548:445-449.
- Yamazaki, K. 1982. Encyclopedia of hydroponics (in Japanese). Hakuyusha Co., Tokyo, Japan.
- Yu, S.O., J.H. Bae, H.S. Joung, J.S. Joung, and C.S. Kim. 2003. The comparison between soil culture and hydroponic culture type to produce chicon. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(Suppl. II):50. (Abstr.)