

## 담액 수경재배 시 양액농도 처리가 혼식한 쌈 채소류와 허브류의 생육과 무기양분 흡수에 미치는 영향

서태철<sup>1\*</sup> · 노미영<sup>1</sup> · 강남준<sup>1</sup> · 이성찬<sup>1</sup> · 최영하<sup>1</sup> · 윤형권<sup>2</sup>

<sup>1</sup>원예연구소 시설원예시험장, <sup>2</sup>농촌진흥청

### Effect of Nutrient Solution Concentration on the Growth and Mineral Uptake of Various Wrap-up Vegetables and Herbs Grown with Mixed Planting in DFT Hydroponics

Tae Cheol Seo<sup>1\*</sup>, Mi Young Rho<sup>1</sup>, Nam Jun Gang<sup>1</sup>, Seong Chan Lee<sup>1</sup>,  
Young Hah Choi<sup>1</sup>, and Hyung Kweon, Yun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

<sup>2</sup>General Affair Department, RDA, Suwon 441-706, Korea

**Abstracts.** The twenty seven wrap-up vegetables (13 *Compositae*, 14 *Brassicaceae*) and seven herbs (6 *Labiatae*, 1 *Umbelliferae*) were cultivated with a deep flow technique (DFT) hydroponic beds and treated with 3 levels of nutrient solution concentrations of 1.2, 2.4, and 3.6  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  in summer and autumn season. The pH and electrical conductivity (EC) change of nutrient solution, fresh weight, and mineral contents of plants were investigated. The pH was maintained lower in high electrical conductivity (EC) treatment and in summer than autumn. EC of nutrient solution in EC 3.6  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  treatment increased up to 4.8  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  during the growing period in summer season. The growth of tested plants showed high variations by plant species and nutrient solution concentrations. The coefficient variation (CV) of the shoot fresh weight of plants was higher in summer than autumn. The growth of *Compositae* and herbs was better at EC 1.2  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , and 14 *Brassicaceae* was better at EC 2.4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  in summer. In autumn, the growth was better at EC 2.4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  in all plants except kale 'TBC F1' and red rape 'honchaetae'. In mineral contents, total nitrogen and potassium were higher in autumn than summer. Total nitrogen, potassium, calcium, magnesium were higher in *Brassicaceae* than others. Iron and manganese, however, were higher in *Compositae*. As the results, this study suggests that mixed planting of 27 wrap-up vegetables and 7 herbs in DFT hydroponics in two seasons was possible and EC 1.2  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  in summer and EC 2.4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  in autumn be recommended as for the nutrient solution concentration to produce them safely year round.

**Key words :** absorption, electrical conductivity, pH, season, ssam

\*Corresponding author

## 서 언

쌈채소는 잎채소, 산채, 서양채, 허브 가운데 잎이 넓어서 찜으로 이용할 수 있는 모든 채소가 그 대상이다(Park과 Rhu, 1998, 2000). 우리나라의 쌈채소 재배면적은 2005년에 11,682ha로 2000년 기준 연평균 5%씩 증가하고 있으며, 쌈채소는 고품질이면서 기능성이 있는 것이 가장 선호되고 있다(KREI, 2006). 이에 따라 쌈채소에 대한 연중 안정생산과 고품질 친

환경 재배기술 등의 요구가 증가하고 있다. 쌈채소에 대한 재배기술에 관련 연구는 주로 상추에 대한 연구는 많이 되었지만(Jang 등, 2007), 다른 쌈채소에 대해서는 1998년에 도입 우량 쌈용 채소 양액재배 연구가 시도된 이래 비교적 최근에 고랭지 여름출하용 우량 쌈채소 선발(Jang 등, 2001), 순환식 수경재배 쌈채소 전용양액 개발(GyeonggiARES, 2002), 고랭지 쌈채소 관비재배기술(NIHA, 2003), 기능성 강화 수경채소 생산 시스템 개발 (NHRI, 2006) 등이 이루어진

바 있다. 그러나 매년 재배면적의 변동이 심하고 비교적 중요도가 떨어지는 틈새채소 정도로 인식되어 다양한 작목의 생리 생태, 시비관리, 수경재배 등에 관한 기술 수요는 높아짐에도 불구하고 이에 대한 연구는 미흡한 편이다. 쌈채소의 수경재배는 도시 근교에서 주로 이루어지고 있으나 최근에는 교통, 저온유통 기술 등의 발달로 기후적으로 유리한 지역에서도 생산이 되고 있다. 수경재배는 토양재배와 달리 근권부의 물리적·화학적 환경에 대한 완충능이 떨어지는 단점이 있기 때문에 토양재배에 비해 정밀한 환경관리가 요구된다. 그러나 실질적으로 여름철이나 겨울철에 양액의 온도나 용존산소 등의 조절은 시설 투자와 유지 비용이 많이 들기 때문에 작물 생산이 생장에 적절하지 않은 조건에서 이루어지는 경우가 많다. 그러나 양액의 조성, 농도 관리 등의 조절은 비교적 용이하기 때문에 작물별 전용 배양액을 사용하면서 계절에 따라 양액의 농도 조절을 하면서 재배하고 있다.

한편, 쌈채소의 특성상 한 농가에서 다양한 종류를 생산해야 하는 경우, 기존에 설치된 수경재배 시스템을 이용한 재배는 한계가 있고 독립된 시스템을 여러 개 갖추기엔 비용이 많이 소요되기 때문에 한 두 개의 생산 시스템으로 필요한 쌈채소류를 동시에 재배할 수밖에 없어서 적절한 양액의 조성이나 농도관리가 중요한 문제가 된다. 따라서 본 연구는 다양한 쌈채소류와 몇 가지 허브류를 하나의 순환시스템에 혼식하고 한 가지 배양액으로 농도 처리만 했을 때 재배의 가능성을 검토하고, 농도에 따른 작물별 생육과 무기양분 흡수 특성을 구명하여 쌈채소를 혼식한 수경재배 시 연중 안정 생산 방안을 찾기 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구의 공시재료는 국화과 엽채류 13종, 배추과 엽채류 14종, 꿀풀과 허브류 6종, 그리고 미나리과 허브 1종 등 총 34종을 이용하였다(Table 1). 실험은 원예연구소 유리온실에서 여름과 가을 두 차례에 걸쳐 실시하였다. 육묘방법은 162공 플러그 트레이를 이용하여 키운 묘를 이용하였으며, 여름철 고온기에는 8월 3일 정식하여 9월 1일에 종료하였으며, 가을철 저온기에는 9월 27일 정식하여 이듬해 10월 26일에 종료하

였다. 담액 순환식 수경재배 시스템에 작물별로 14주씩 정식하였다. 정식 시에는 근권부의 상토가 떨어지지 않도록 폴리 프로필렌 부직포(WEED-STOP, 삼량ATI, Korea)로 싸서 정식하였다. 배양액은 원예연구소에서 2003년에 엽채류 수경재배를 위해 조성한 다량 원소인 N, P, K, Ca 및 Mg 조성이 각각 13, 3, 8, 4 및  $2\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$ 이고, 미량원소인 B, Mn, Zn, Cu, Mo 및 Fe가 각각 0.5, 0.5, 0.05, 0.02, 0.01 및  $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 인 배양액을 공급하였다. 원수는 EC  $0.1\sim 0.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , pH 6.8~7.0 정도인 지하수를 사용하였다. 배양액의 농도와 순환주기는 양액제어시스템(Agronic 7000, Agronics, Spain)을 이용하여 조절하였다. 배양액의 농도는 EC  $1.2\pm 0.1$ ,  $2.4\pm 0.1$ , 및  $3.6\pm 0.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 으로 맞추어 처리하였으며, 배양액은 주간에는 1시간 간격, 야간에는 2시간 간격으로 10분씩 순환시켰다. 배양액의 보충은 배양액 순환 시에 탱크에 배양액이 모두 소모되었을 때 새로운 배양액을 채워 실시하였다.

재배기간별로 기온과 액온을 데이터로거(LI-1400, LI-COR, USA)를 이용하여 1시간 간격으로 조사하였으며, 배양액의 pH와 EC는 2~3일 간격으로 pH미터(HM-14P, TOA, J메우)와 EC미터(CM-14P, TOA, Japan)를 이용하여 오전에 측정하였다. 여름철 실험기간 동안의 최고, 최저, 그리고 평균기온은 각각 45.3, 18.2, 27.4°C이었으며, 배양액의 최고, 최저, 그리고 평균온도는 각각 30.6, 23.7, 27.4°C였다. 그리고 가을철 실험기간 동안의 최고, 최저, 그리고 평균기온은 각각 32.7, 9.4, 20.3°C이었으며, 배양액의 최고, 최저, 평균온도는 각각 24.2, 18.5, 그리고 21.7°C였다.

생육 조사를 위해 여름 실험은 정식 후 14일, 21일, 그리고 29일 째에 3주씩 생체중과 건물중을 조사하였다. 가을 시험은 정식 21일 째에 조사하였다.

식물체내 무기성분은 여름 실험은 8월 16일, 가을 실험은 10월 18일에 채취한 시료를 이용하여 분석하였다. 물체 T-N은 Kjeldal digestion법으로 자동질소분석장치(Kjeltec auto 1030 analyzer, Tecator)를 이용하여 분석하였고, 무기성분은 식물체 시료 0.5g을 유리 삼각플라스크에 평량하여 넣고 분해액인 ternary solution( $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ , 10:4:1, v/v) 10mL를 넣어 습식 분해하여 냉각시킨 후, 플라스크 안의 분해된 시료를 뜨거운 증류수로 씻어 100mL로 정량한 다음, P는 Vanadate법으로 비색계(UV-3150, Shimadzu,

**Table 1.** Plants used in the present experiments.

Genus	Species	English name and cultivar	Dis. <sup>2</sup>
<i>Compositae</i>	<i>Lactuca sativa</i> L.	Heading lettuce 'Lollo rosa'	C-1
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Curled lettuce 'Red Crisp'	C-2
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Leaf lettuce 'yeormjeokchimasangchu'	C-3
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Leaf lettuce 'yeonsanhongjeokchugmyeon'	C-4
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Leaf lettuce 'nokchimasangchu'	C-5
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Romaine lettuce 'Caesar Red'	C-6
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Romaine lettuce 'Caesar Green'	C-7
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Oak leaf lettuce 'oaklin'	C-8
	<i>Chichorium endivia</i> .	Endive 'Green Curled Ruffec'	C-9
	<i>Chichorium endivia</i> .	Endive 'jungyeopendive'	C-10
	<i>Chichorim intybus</i> L..	Chicory 'Ppu Ri'	C-11
	<i>Chichorium intybus</i> .	Leaf red chicory 'Rossa Italiana'	C-12
	<i>Chichorium intybus</i> L.	Chicory 'nonguchicory'	C-13
	<i>Brassicaceae</i>	<i>Brassica campestris</i> L.	Tatsoi 'Asia Vitamin'
<i>Brassica campestris</i> L.		Tatsoi 'New Vita'	B-2
<i>Brassica campestris</i> L.		Pak-choi 'Bae Chung Chae'	B-3
<i>Brassica campestris</i> L.		Pak-choi 'Da Cheong Chae'	B-4
<i>Brassica campestris</i> L.		Pak-choi 'Seoulcheonggyeongchae'	B-5
<i>Brassica Juncea</i> Czern.		Kyona 'Jeilgeongangkyona'	B-6
<i>Brassica juncea</i>		Leaf mustard 'Pama Green Curled'	B-7
<i>Brassica juncea</i>		Leaf mustard 'Asia Curled'	B-8
<i>Brassica oleracea</i> L.		Leaf broccoli 'toskano'	B-9
<i>Brassica oleracea</i> L.		Kale 'manchu collard'	B-10
<i>Brassica oleracea</i> L.		Kale 'Portugal'	B-11
<i>Brassica oleracea</i> L.		Kale 'TBC F1'	B-12
<i>B. campestris</i> L. × <i>B. oleracea</i> L.		Ssamchu 'joeunssam'	B-13
<i>Brassica rapa</i> L.		Red rape 'hongchaetae'	B-14
<i>Labiatae</i>	<i>Ocymum basilicum</i> L.	Basil 'opal basil'	L-1
	<i>Ocymum basilicum</i> L.	Basil 'sweet basil'	L-2
	<i>Majorana hortensis</i> Moench.	Sweet marjoram 'majoram'	L-3
	<i>Salvia officinalis</i> L.	Sage 'seiji'	L-4
	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Thyme 'taim'	L-5
	<i>Mentha peperita</i> L.	Pepper mint 'Maeunbakha'	L-6
<i>Umbelliferae</i>	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Coriander 'Asia Hyang Chae'	U-1

<sup>2</sup>Discrimination of plant species.

Japan)를 이용하여 각각 측정하였고, 양이온들은 원자 흡광분광도계(AA-6800F, Shimadzu, Japan)로 분석하였다.

### 결과 및 고찰

여름철 재배기간 중의 양액농도 처리에 따른 배양액의 EC는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup> 처리에서는 처리기간 중 변화

가 거의 없었다(Fig. 1). 그러나 EC 2.4와 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서는 점점 높아졌다. 특히, EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서는 4.8까지 상승하였는데 가을철 재배에서도 비슷한 경향을 보였다. 이렇게 높아진 원인은 공급된 농도가 높아서 식물체는 상대적으로 물의 흡수가 많았기 때문으로 생각되었다(Yamazaki, 1981).

pH는 두 계절 모두 EC가 높은 처리에서 낮았고 낮은 처리에서는 높게 유지되었다(Fig. 2). 여름철이

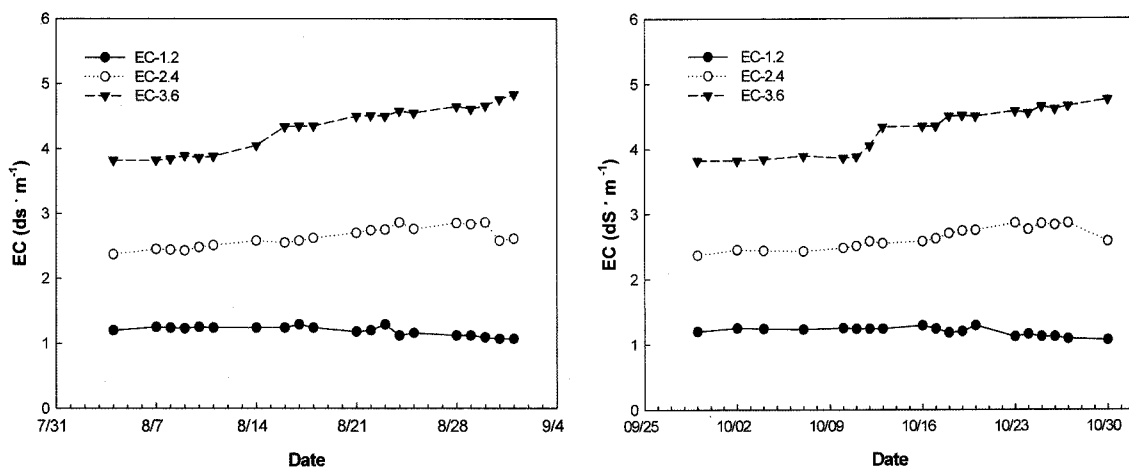


Fig. 1. EC change in the nutrient solution during the growing period of wrap-up vegetables and herbs grown with mixed planting in DFT hydroponics in summer (left) and autumn (right) season as affected by nutrient solution concentration.

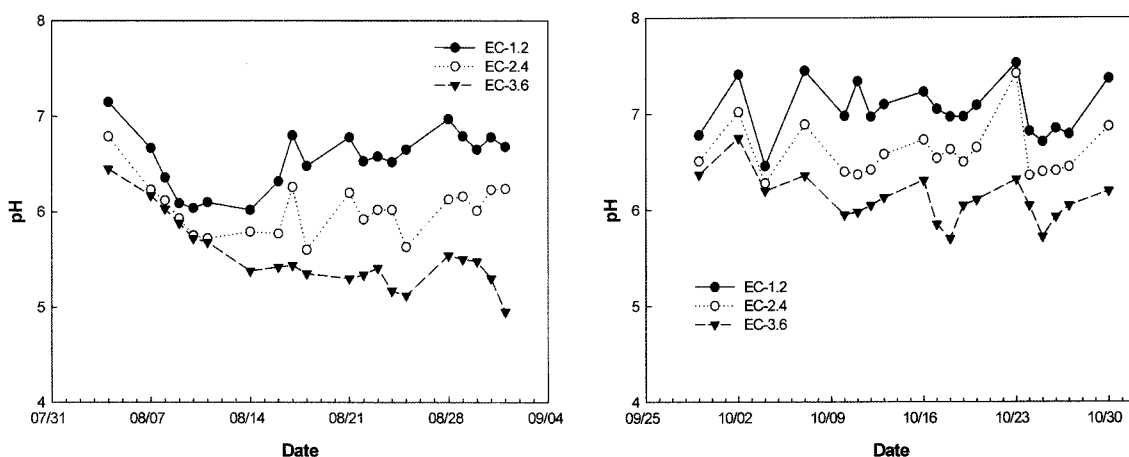


Fig. 2. pH change in the nutrient solution during the growing period of wrap-up vegetables and herbs grown with mixed planting in DFT hydroponics in summer (left) and autumn (right) season as affected by nutrient solution concentration.

가을철 보다 처리 간에 pH 차이가 컸는데 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서는 5.0 이하로 떨어졌다. 이것은 공급 양액의 pH가 낮은 이유도 있지만 고온과 높은 양액농도에 의해 생육이 억제되거나 고사함에 따라 뿌리에서 유기산이 분비되어 pH가 낮아진 것으로 판단되었다(Yamazaki, 1982, Park and Kim, 1998). 그러나 가을철에는 pH가 5.5 이하로 떨어지지 않아 정상적인 생육을 한 것을 간접적으로 알 수 있었다. 수경재배 시 작물의 종류에 따라서 질소 성분 중 NH<sub>4</sub>-N을 우선 흡수하는 상추의 경우에 양액공급 후 초기에 NH<sub>4</sub>-N을 흡수하면서 H<sup>+</sup>이온을 배출하므로 양액내 pH가 떨어지게 되는데(Park과 Kim, 1992), 배추과와

허브류를 같이 혼식함에 따라 pH의 지속적으로 낮아지는 문제는 없었던 것으로 판단되었다.

여름철에는 국화과 엽채류와 허브류들이 양액 농도가 높은 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 생육이 억제되거나 고사하였다(Fig. 3). 국화과와 배추과 엽채류는 호냉성 채소로서 여름철에는 고기온과 고액농도에 의한 고온 스트레스를 많이 받았을 것으로 생각되었다(Wang과 Tachibana, 1996). 그리고 공시한 허브류중에서 바실은 인도가 완산지, 나머지는 지중해 완산으로 여름철과 서리가 오기전인 늦가을 까지 재배가 잘되는 것으로 알려져 있지만(Park, 1986), 여름철에는 시설내 고온 스트레스를 받았을 것으로 판단되었다. 국화과 엽

담액 수경재배 시 양액농도 처리가 혼식한 쌈 채소류와 허브류의 생육과 무기양분 흡수에 미치는 영향

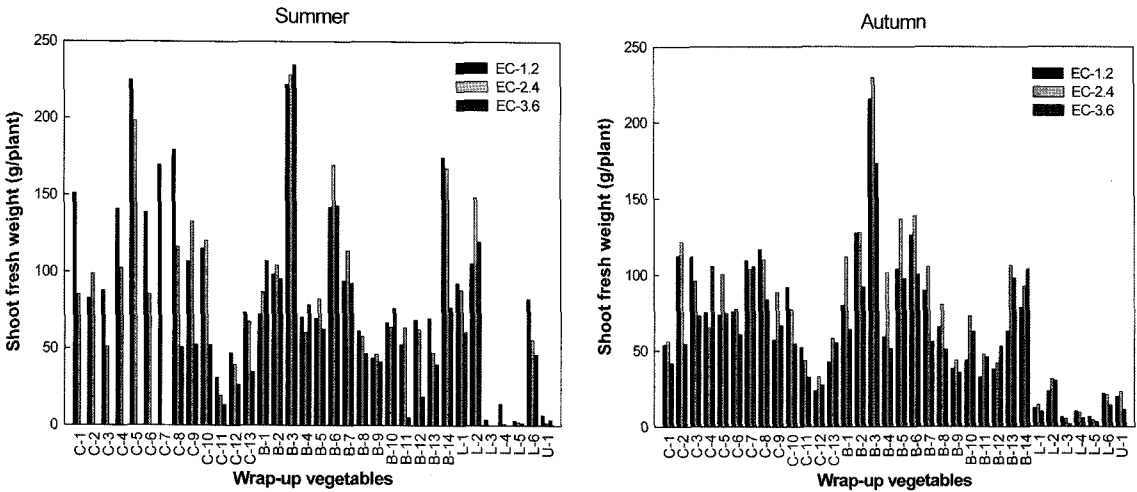


Fig. 3. Shoot fresh weight of wrap-up vegetables and herbs grown with mixed planting in DFT hydroponics at 21 DAP as affected by nutrient solution concentration in summer and autumn. See Table 1 for codes of wrap-up vegetables.

채류 중에서 상추류와 치커리류는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 양호하였고 엔디브는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 양호하였다. 배추과 엽채류는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리가 전반적으로 생육이 양호하였으며, EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서도 공시작물 모두 고사하지도 않았다. 그러나 작물과 품종에 따라 양액 농도 처리에 의한 성장반응에는 차이가 있어 케일류 중에서 ‘만추콜라드’는 양액 농도에 둔감하였지만 ‘포르투갈’과 ‘TBC F1’ 품종은 고농도에서 생육이 심하게 억제되어 일정하지 않았다.

가을철에는 모든 처리에서 정상적인 생육이 가능하였다(Fig. 3). 국화과 엽채류는 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서는 생육이 억제되었지만 여름철과는 달리 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리가 전반적으로 생육이 양호하였다. 배추과는 여름철과 같이 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리가 전반적으로 생육이 양호하였으며, 허브류는 고사하지는 않았지만 여름에 생육이 양호했던 바실류와 박하는 생육이 저조하였다.

Table 2는 Fig. 1의 자료를 이용하여 작물별·계절별 평균 생체중과 양액농도에 따라 생체중이 변화되는 정도를 나타낸 것으로 여름철이 가을철보다 생체중의 변이계수가 큰 것으로 보아 여름철 생육은 양액농도 처리의 영향을 더 많이 받을 수 있었다.

무기양분의 흡수는 계절과 작물에 따라 양액농도 처리에 대한 반응이 다양하였다(Table 3-4). 무기양분의 흡수는 근권온도, pH, 무기양분의 조성과 농도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Järnmal과 Pöldma,

2004; Marschner, 1995; Park과 Kim, 1992; Yildirim 등, 2001).

식물체내 전질소(T-N) 함량은 여름철보다 가을철에 높았고, 작물별로는 배추과 엽채류들이 국화과나 허브류보다 높았다. 배양액의 농도별로는 두 작형 모두 국화과 엽채류의 경우에는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup>까지는 T-N 함량이 높았지만 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup>에서는 오히려 낮아졌다. 그러나 배추과 엽채류는 가장 높은 농도인 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 높았다. 한편, 허브류는 농도에 따라 계절에 따라 일정한 경향이 없었다.

P 함량은 여름철과 가을철 간에 차이가 없었고 작물별로도 일정한 경향이 없었으며, 양액의 농도가 높을수록 높아지는 경향이 있었다. 특이적인 것은 허브류 중에 바실은 두 계절 모두 다른 작물에 비해 높은 것을 알 수 있었다.

K 함량은 여름철보다는 가을철에 함량이 높았고, 작물별로는 배추과 엽채류들이 국화과보다 높았으며 허브류는 작물간에 차이가 컸다. 국화과 엽채류는 여름철에는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup> 처리, 가을철에는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 높았다. 배추과 엽채류는 여름철에는 작물에 따라 다소간 차이는 있지만 전체적으로 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리, 가을철에는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 높았다. 허브류는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 K 함량이 높은 경향이 있었다. 일반적으로 칼륨은 흡수 및 이동성이 좋은 원소(Marschner, 1995)로 생육이 양호할수록 체내 농도가 높은 것을 알 수 있었다.

**Table 2.** Coefficient variation of shoot fresh weight of 27 wrap-up vegetables and 7 herbs grown with mixed planting in DFT hydroponics as affected by nutrient solution concentration in summer and autumn.

Plants	Summer		Autumn	
	Shoot fresh weight (g/plant)	Coefficient variation	Shoot fresh weight (g/plant)	Coefficient variation
Heading lettuce 'Lollo rosa'	78.8	96.2	50.7	15.6
Curled lettuce 'Red Crisp'	60.6	87.6	96.4	37.8
Leaf lettuce 'yeornjeokchimasangchu'	46.4	95.2	93.9	20.8
Leaf lettuce 'yeonsanhongjeokchugmyeon'	81.3	89.8	82.2	25.6
Leaf lettuce 'nokchimasangchu'	141.0	87.1	83.1	18.3
Romaine lettuce 'Caesar Red'	74.9	93.6	71.5	12.9
Romaine lettuce 'Caesar Green'	56.5	173.2	106.4	2.8
Oak leaf lettuce 'oaklin'	115.7	55.4	103.7	16.8
Endive 'Green Curled Ruffec'	97.7	42.0	71.0	22.7
Endive 'jungyeopendive'	96.3	39.3	74.9	25.1
Chicory 'Ppu Ri'	21.3	41.7	42.8	23.6
Leaf red chicory 'Rossa Italiana'	37.9	27.7	27.9	17.0
Chicory 'nonguchicory'	58.6	35.7	52.0	15.8
Tatsoi 'Asia Vitamin'	88.9	19.8	85.2	28.7
Tatsoi 'New Vita'	99.7	4.5	116.0	17.8
Pak-choi 'Bae Chung Chae'	228.4	2.8	206.1	14.2
Pak-choi 'Da Cheong Chae'	70.1	12.9	70.7	38.2
Pak-choi 'Seoulcheonggyeongchae'	71.9	14.1	112.9	18.6
Kyona 'Jeilgeongangkyona'	151.8	10.2	122.0	16.2
Leaf mustard 'Pama Green Curled'	100.5	11.7	83.8	30.2
Leaf mustard 'Asia Curled'	55.5	14.1	65.7	22.4
Leaf broccoli 'toskano'	44.0	5.6	39.2	10.6
Kale 'manchu collard'	69.2	9.3	59.8	24.8
Kale 'Portugal'	40.7	76.6	42.1	19.7
Kale 'TBC F1'	50.1	54.5	44.2	17.5
Ssamchu 'joounssam'	52.4	29.8	89.0	25.8
Red rape 'hongchaetae'	139.7	38.9	91.8	14.0
Basil 'opal basil'	80.8	21.5	12.2	17.5
Basil 'sweet basil'	124.7	17.5	28.3	15.6
Sweet marjoram 'majoram'	1.3	173.2	4.4	55.3
Sage 'seiji'	5.0	155.9	8.4	28.1
Thyme 'taim'	2.2	38.8	4.7	38.5
Pepper mint 'Maeunbakha'	61.6	30.6	18.9	21.8
Coriander 'Asia Hyang Chae'	3.9	67.4	18.1	33.6

Ca 함량은 배추과 엽채류들이 국화과와 허브류보다 높았으며 허브류는 작물 간에 차이가 컸다. 여름철에 국화과 엽채류와 허브류는 농도처리에 따라서 일정한 경향이 없었지만 배추과는 케일 '포르투갈', 케일 'TBC F1'을 제외하고 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup>처리에서 높았다. 가을철에는 국화과와 배추과 엽채류 모두 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup>처리

에서 높았지만 허브류는 일정한 경향이 없이 작물 간에 양상이 다양하였다. 칼슘은 수동적으로 흡수되는 원소로 배양액의 농도가 높고 K 및 Mg과 길항효과가 있는 것으로 알려져 있는데(Barta와 Tibbitts, 1991; Marschner, 1995; Nukaya 등, 1995), 온도가 높은 여름철에 양액농도 3.6dS·m<sup>-1</sup>처리에서 배추과 쌈채소

담액 수경재배 시 양액농도 처리가 혼식한 쌈 채소류와 허브류의 생육과 무기양분 흡수에 미치는 영향

**Table 3.** Mineral contents of 13 *Compositae*, 14 *Brassicaceae*, and 7 herbs plants grown with mixed planting in DFT hydroponics as affected by nutrient solution concentration in summer season.

Plants	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Macro-element (% DW)					Micro-elements (mg·kg <sup>-1</sup> , DW)			
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
C-1 <sup>z</sup>	EC 1.2	4.80 a <sup>y</sup>	0.76 b	6.63 a	1.24 a	0.35 b	226 b	106 b	58 a	15 b
	2.4	4.94 a	0.91 a	5.69 b	0.79 b	0.42 a	426 a	178 a	54 a	25 a
	3.6	- <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
C-2	EC 1.2	4.26 a	0.76 b	6.30 a	0.44 b	0.36 a	130 b	116 b	79 a	13 b
	2.4	4.54 a	0.80 a	5.02 b	1.15 a	0.35 a	274 a	123 a	46 b	20 a
	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-3	EC 1.2	4.41	0.75 b	6.03 a	1.11 b	0.31 c	206 c	104 c	65 a	17 b
	2.4	4.55	0.87 a	5.76 a	1.12 b	0.42 b	376 b	188 b	44 a	20 ab
	3.6	-	0.90 a	5.89 a	1.55 a	0.46 a	854 a	262 a	60 a	25 a
C-4	EC 1.2	4.51 c	0.86 b	7.44 a	1.31 a	0.35 b	155 b	118 c	48 b	15 a
	2.4	4.97 a	0.97 a	5.79 b	0.74 c	0.37 b	481 a	160 a	48 b	20 a
	3.6	4.70 b	0.90 a	5.68 b	1.09 b	0.41 a	380 ab	142 b	66 a	19 a
C-5	EC 1.2	4.93 a	0.74 b	6.37 a	0.34 c	0.34 a	257 a	90 b	77 a	17 ab
	2.4	5.14 a	0.78 a	6.43 a	1.13 b	0.39 a	255 a	168 a	53 b	26 a
	3.6	4.25 a	0.65 c	6.14 a	1.57 a	0.38 a	144 a	84 c	44 b	12 b
C-6	EC 1.2	4.37 a	0.66 a	6.78	1.24 a	0.32 a	165 b	90 b	43 a	12 a
	2.4	4.52 a	0.71 a	5.58	0.82 b	0.33 a	570 a	203 a	39 a	16 a
	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-7	EC 1.2	4.29 b	0.88 a	6.76 a	0.29 b	0.33 b	125 b	94 b	65 a	9 b
	2.4	4.61 a	0.92 a	5.90 a	0.99 a	0.38 a	289 a	119 a	36 b	15 a
	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-8	EC 1.2	4.68 a	0.82 a	6.36 a	0.39 c	0.37 b	179 b	113 c	78 a	12 a
	2.4	4.40 a	0.81 a	5.20 b	1.03 b	0.43 ab	685 a	259 a	62 b	18 a
	3.6	3.81 b	0.71 a	5.45 b	1.56 a	0.47 a	613 a	189 b	65 ab	19 a
C-9	EC 1.2	4.20 a	0.56 b	5.98 b	1.09 b	0.27 b	104 c	54 c	39 a	26 a
	2.4	4.61 a	0.76 a	7.41 a	0.99 b	0.34 a	250 b	105 b	31 c	21 b
	3.6	4.57 a	0.69 a	6.55 b	1.29 a	0.31 b	373 a	141 a	33 b	20 b
C-10	EC 1.2	4.11 b	0.58 b	6.89 a	0.92 a	0.34 a	215 b	89 b	46 a	14 b
	2.4	4.54 a	0.70 a	6.72 a	1.18 a	0.39 a	145 c	78 c	31 a	33 a
	3.6	4.60 a	0.67 a	6.28 a	1.51 a	0.39 a	260 a	105 a	31 a	19 b
C-11	EC 1.2	3.83 a	0.59 c	6.09 b	1.73 a	0.30 b	135 b	62 c	38 a	21 a
	2.4	4.22 a	0.68 b	6.62 a	1.31 b	0.32 b	436 a	118 b	31 b	18 ab
	3.6	4.32 a	0.82 a	5.96 b	1.68 a	0.36 a	377 a	149 a	31 b	15 b
C-12	EC 1.2	3.96 b	0.63 b	6.37 a	0.62 b	0.36 b	232 c	72 c	55 a	9 b
	2.4	4.57 a	0.77 a	6.40 a	1.14 a	0.36 b	449 b	119 b	29 c	22 a
	3.6	4.30 ab	0.77 a	6.10 a	1.30 a	0.44 a	598 a	163 a	36 b	14 ab
C-13	EC 1.2	4.49 b	0.69 c	5.97 a	1.44 a	0.31 b	164 b	100 c	63 a	18 b
	2.4	5.01 a	0.84 a	5.71 b	1.43 a	0.34 a	158 b	124 a	45 b	20 b
	3.6	5.00 a	0.76 b	5.83 b	1.81 a	0.35 a	320 a	114 b	42 b	27 a
B-1 <sup>z</sup>	EC 1.2	4.45 b <sup>y</sup>	0.58 c	4.42 c	2.83 a	0.53 a	126 a	52 c	38 b	15 ab
	2.4	4.45 b	0.61 b	5.69 b	2.09 b	0.52 a	136 a	80 b	25 c	11 b
	3.6	5.22 a	0.87 a	6.01 a	2.96 a	0.49 a	154 a	111 a	72 a	19 a
B-2	EC 1.2	4.45 a	0.55 c	4.87 b	2.72 b	0.54 b	135 b	80 b	57 b	12 a
	2.4	4.68 a	0.60 b	6.59 a	2.43 b	0.59 a	151 ab	132 a	46 c	16 a
	3.6	5.30 a	0.70 a	6.67 a	3.70 a	0.52 c	161 a	132 a	94 a	18 a
B-3	EC 1.2	4.45 b	0.54 b	5.48 b	2.56 b	0.46 a	129 b	55 b	53 a	20 a
	2.4	4.20 c	0.57 b	5.89 b	2.30 b	0.53 a	166 b	106 a	34 b	14 a
	3.6	5.69 a	0.63 a	6.97 a	3.61 a	0.52 a	206 a	119 a	53 a	18 a
B-4	EC 1.2	3.99 c	0.60 a	5.71 a	2.90 a	0.64 a	105 b	58 b	45 ab	20 a
	2.4	4.53 b	0.51 a	5.66 a	2.46 a	0.57 a	102 b	95 a	33 b	12 a
	3.6	5.19 a	0.68 a	5.91 a	3.38 a	0.50 a	161 a	114 a	58 a	18 a

Table 3. Continued

Plants	EC		Macro-element (% DW)				Micro-elements (mg · kg <sup>-1</sup> , DW)			
	(dS · m <sup>-1</sup> )	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
B-5	EC 1.2	3.88 a	0.54 b	4.03 c	1.87 b	0.41 b	71 b	36 b	43 a	20 a
	2.4	4.91 a	0.57 b	6.46 b	1.77 b	0.54 a	134 a	77 b	32 b	12 a
	3.6	5.52 a	0.69 a	6.89 a	3.14 a	0.56 a	179 a	105 a	45 a	15 a
B-6	EC 1.2	4.25 c	0.55 a	5.07 a	2.60 a	0.49 a	108 a	59 a	47 ab	25 a
	2.4	4.81 b	0.57 a	4.61 a	1.96 a	0.52 a	140 a	90 a	34 b	24 a
	3.6	5.18 a	0.79 a	6.32 a	3.02 a	0.48 a	166 a	110 a	59 a	12 b
B-7	EC 1.2	4.69 b	0.60 b	5.70 b	2.70 ab	0.48 ab	132 a	61 c	52 b	24 a
	2.4	5.03 ab	0.64 b	6.41 a	2.68 b	0.53 a	144 a	116 b	56 b	24 a
	3.6	5.47 a	0.86 a	6.32 a	3.06 a	0.43 b	140 a	131 a	79 a	14 a
B-8	EC 1.2	4.81 a	0.60 c	5.36 b	3.04 b	0.54 b	93 b	68 b	64 b	20 a
	2.4	5.40 a	0.71 b	6.56 a	3.78 a	0.49 b	98 b	196 a	61 b	16 a
	3.6	5.49 a	0.93 a	6.58 a	3.69 a	0.66 a	280 a	173 a	84 a	20 a
B-9	EC 1.2	5.16 ab	0.71 b	5.23 c	3.10 a	0.81 a	196 a	93 b	45 a	10 a
	2.4	4.95 b	0.76 a	5.56 b	2.29 b	0.63 c	198 a	95 b	32 b	13 a
	3.6	5.80 a	0.61 c	6.44 a	2.95 a	0.70 b	197 a	105 a	32 b	10 a
B-10	EC 1.2	4.33 b	0.84 a	5.27 b	3.52 a	0.57 b	124 a	61 c	29 b	16 a
	2.4	5.11 a	0.84 a	6.06 a	2.90 b	0.66 a	116 a	121 a	37 a	13 a
	3.6	5.14 a	0.76 a	5.94 a	3.42 ab	0.51 b	144 a	98 b	34 b	18 a
B-11	EC 1.2	4.63 a	0.67 b	5.26 a	2.49 a	0.55 a	99 b	41 b	41 a	22 a
	2.4	4.89 a	0.79 a	5.66 a	2.50 a	0.61 a	147 a	89 a	32 b	9 a
	3.6	4.28 a	0.62 b	5.23 a	1.92 b	0.43 b	133 a	55 b	28 b	12 a
B-12	EC 1.2	5.23 a	0.61 a	5.94 a	3.70 a	0.63 a	136 ab	60 b	36 a	16 a
	2.4	4.92 a	0.60 b	5.94 a	2.94 b	0.60 b	111 b	93 a	31 a	12 a
	3.6	4.81 a	0.61 a	6.14 a	2.99 b	0.57 c	207 a	87 a	33 a	13 a
B-13	EC 1.2	3.88 c	0.49 b	5.56 b	1.79 b	0.39 c	96 b	36 b	48 a	17 a
	2.4	4.28 b	0.55 a	5.82 b	1.81 b	0.50 a	80 c	56 a	30 c	33 a
	3.6	4.71 a	0.56 a	7.46 a	2.38 a	0.43 b	130 a	61 a	39 b	18 a
B-14	EC 1.2	4.41 b	0.58 b	4.28 c	2.90 a	0.55 b	90 b	48 b	52 b	18 a
	2.4	4.87 a	0.65 a	6.19 a	2.92 a	0.64 a	96 b	104 a	44 c	11 b
	3.6	4.97 a	0.66 a	5.66 b	2.59 a	0.46 c	143 a	106 a	67 a	21 a
L-1 <sup>z</sup>	EC 1.2	4.50 a <sup>y</sup>	1.20 a	6.20 a	2.97 a	0.46 a	141 b	65 c	62 b	24 a
	2.4	4.48 a	1.12 a	5.92 a	1.86 b	0.42 a	211 a	109 b	46 c	18 a
	3.6	4.64 a	1.17 a	5.79 a	2.59 a	0.46 a	221 a	175 a	96 a	24 a
L-2	EC 1.2	4.47 b	1.35 c	5.32 b	2.91 a	0.45 a	178 a	95 c	60 a	28 ab
	2.4	4.80 b	1.43 b	6.21 a	2.03 b	0.43 a	195 a	141 b	49 b	24 b
	3.6	5.33 a	1.67 a	6.09 a	2.81 a	0.45 a	208 a	191 a	63 b	33 a
L-3	EC 1.2	3.47	0.50	4.80	1.88	0.32	164	34	30	20
	2.4	- <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L-4	EC 1.2	3.89 a	0.45 b	4.10 a	1.96 a	0.58 a	119 b	55 a	28 a	18 a
	2.4	3.05 b	0.50 a	4.36 a	1.68 a	0.58 a	111 b	55 a	26 ab	14 b
	3.6	3.95 a	0.32 c	2.23 b	1.56 b	0.36 b	256 a	28 b	21 b	13 b
L-5	EC 1.2	3.52	0.52 a	4.20 a	1.64 a	0.33 b	134 c	51 a	36 a	22 a
	2.4	-	0.37 b	2.98 c	0.63 c	0.35 a	243 a	29 b	28 b	12 b
	3.6	-	0.30 c	3.10 b	1.20 b	0.36 a	189 b	19 c	26 c	13 b
L-6	EC 1.2	5.08 a	0.68 b	5.58 a	2.16 a	0.47 a	218 a	61 b	38 a	20 a
	2.4	4.28 b	0.62 c	4.96 b	1.08 b	0.43 a	228 a	66 a	34 a	13 b
	3.6	5.18 a	0.77 a	5.74 a	1.62 a	0.45 a	183 a	67 a	35 a	18 ab
U-1	EC 1.2	3.91 b	0.53 c	5.41 a	1.18 a	0.33 b	130 b	51 a	34 a	11 a
	2.4	3.59 c	0.57 b	4.64 b	1.02 b	0.36 a	224 a	35 b	29 a	14 a
	3.6	4.14 a	0.64 a	4.88 b	1.23 b	0.28 c	164 c	40 b	33 a	11 a

<sup>z</sup>Refer to Table 1.

<sup>y</sup>Mean separation within columns for each plant by By Duncan' multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>x</sup>Analysis was missed due to sample shortage by the necrosis of plant.



담액 수경재배 시 양액농도 처리가 혼식한 쌈 채소류와 허브류의 생육과 무기양분 흡수에 미치는 영향

**Table 4.** Mineral contents of 13 *Compositae*, 14 *Brassicaceae*, and 7 herbs plants grown with mixed planting in DFT hydroponics as affected by nutrient solution concentration in autumn season.

Plants	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Macro-element (% DW)					Micro-elements (mg·kg <sup>-1</sup> , DW)				
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	
C-1 <sup>z</sup>	EC 1.2	5.20 b	0.85 a	7.83 a	1.01 b	0.43 a	215 a	142 b	56 a	12 b	
	2.4	5.72 a	0.87 a	6.84 b	1.27 a	0.35 b	294 a	105 c	58 a	29 a	
	3.6	5.02 c	0.78 b	3.96 c	0.47 c	0.29 c	229 a	172 a	101 a	12 b	
C-2	EC 1.2	5.77 a	0.79 a	7.64 a	1.20 a	0.43 a	352 b	126 b	66 a	34 a	
	2.4	5.79 a	0.73 a	6.27 a	1.09 a	0.36 b	316 b	110 b	60 a	14 b	
	3.6	5.20 b	0.74 a	4.35 b	0.78 a	0.37 b	630 a	479 a	69 a	14 b	
C-3	EC 1.2	5.55 b	1.04 a	7.60 a	1.08 a	0.39 a	204 a	127 b	74 a	32 a	
	2.4	5.87 a	0.88 a	5.48 ab	0.64 a	0.22 a	157 a	57 b	39 a	23 a	
	3.6	5.31 c	0.88 a	4.15 b	0.55 a	0.32 a	290 a	242 a	101 a	17 a	
C-4	EC 1.2	5.60 a	0.94 a	7.36 a	1.16 a	0.45 a	398 a	146 b	70 b	41 a	
	2.4	5.70 a	0.88 b	6.39 b	1.23 a	0.36 b	452 a	136 b	60 c	20 b	
	3.6	5.68 a	0.89 b	3.60 c	0.79 b	0.31 c	361 a	278 a	84 a	13 b	
C-5	EC 1.2	5.72 b	0.96 a	5.39 b	2.01 a	0.44 a	281 ab	97 c	80 a	35 a	
	2.4	6.19 a	0.99 a	6.62 a	1.51 b	0.32 b	315 a	165 b	80 a	13 b	
	3.6	5.70 b	0.80 b	3.72 c	1.08 c	0.27 c	253 b	231 a	86 a	16 b	
C-6	EC 1.2	5.66 a	0.92 a	7.31 a	1.36 a	0.38 a	269 b	108 b	62 b	34 a	
	2.4	5.73 a	0.85 a	6.55 b	1.00 b	0.33 b	207 c	109 b	89 a	12 c	
	3.6	4.79 b	0.84 a	3.79 c	0.72 c	0.30 c	449 a	367 a	72 b	17 b	
C-7	EC 1.2	5.12 b	0.96 a	6.32 b	1.32 a	0.40 a	205 b	142 b	61 a	47 a	
	2.4	5.41 a	0.92 a	7.23 a	1.20 a	0.37 a	261 b	117 b	79 a	31 b	
	3.6	5.17 b	0.82 a	4.01 c	0.94 a	0.37 a	549 a	411 a	73 a	20 c	
C-8	EC 1.2	5.56 b	0.94 a	7.56 a	0.97 b	0.39 a	184 c	169 b	78 b	14 b	
	2.4	5.91 a	0.84 b	5.45 b	1.28 a	0.31 c	235 b	97 c	80 b	24 b	
	3.6	5.18 c	0.82 b	3.32 c	0.91 b	0.35 b	564 a	414 a	91 a	47 a	
C-9	EC 1.2	4.93 b	0.78 a	7.15 b	1.21 a	0.37 a	260 b	199 b	87 a	17 b	
	2.4	5.34 a	0.75 b	8.59 a	1.38 b	0.27 b	371 a	166 c	46 b	36 a	
	3.6	4.94 b	0.65 c	4.74 c	0.40 c	0.23 c	391 a	304 a	57 b	14 b	
C-10	EC 1.2	4.76 b	0.72 a	7.98 a	1.78 a	0.29 a	160 b	163 b	73 a	17 b	
	2.4	5.28 a	0.75 a	7.83 a	1.62 a	0.34 a	211 b	131 b	37 c	37 a	
	3.6	4.76 b	0.59 b	4.49 b	0.58 b	0.28 a	384 a	315 a	48 b	13 b	
C-11	EC 1.2	4.53 b	1.01 a	9.01 a	2.07 a	0.35 a	161 b	114 c	65 a	16 a	
	2.4	4.89 a	1.00 a	7.46 b	2.04 a	0.31 b	115 b	149 b	47 a	8 a	
	3.6	4.39 b	0.71 b	4.58 c	0.63 b	0.30 b	317 a	181 a	57 a	14 a	
C-12	EC 1.2	4.81 a	0.85 b	8.19 a	1.47 a	0.29 a	232 c	173 a	132 a	20 a	
	2.4	4.95 a	1.09 a	8.28 a	1.51 a	0.31 a	276 b	132 b	48 b	6 b	
	3.6	4.53 b	0.86 b	4.24 b	0.52 b	0.32 a	513 a	164 a	60 b	15 a	
C-13	EC 1.2	5.46 a	0.85a	7.72 a	2.01 a	0.36 a	194 b	195 b	142 a	18 a	
	2.4	5.46 a	1.06a	7.31 a	1.96 a	0.36 a	201 b	187 c	71 b	8 b	
	3.6	5.62 a	0.91a	4.64 b	0.76 b	0.33 a	368 a	219 a	46 c	14 ab	
B-1 <sup>z</sup>	EC 1.2	5.62 b	0.83 a	10.0 a	2.70 a	0.49 b	122 a	74 a	38 b	9 c	
	2.4	5.94 a	0.81 a	8.10 b	2.86 a	0.54 a	141 a	183 a	57 c	30 a	
	3.6	5.90 a	0.78 b	4.40 b	1.45 b	0.35 c	150 a	153 b	81 a	18 b	
B-2	EC 1.2	5.31 c	0.63 a	8.61 a	2.69 a	0.51 a	110 a	59 c	66 a	8 b	
	2.4	5.70 b	0.62 a	8.20 a	2.92 a	0.50 a	112 a	137 b	60 a	32 a	
	3.6	5.92 a	0.62 a	4.13 b	1.61 b	0.33 b	155 a	170 a	75 a	15 b	
B-3	EC 1.2	5.76 ab	0.60 a	8.39 a	3.05 a	0.53 a	116 ab	52 b	64 b	14 a	
	2.4	5.48 b	0.68 a	7.53 b	2.83 a	0.47 b	100 b	140 a	50 c	11 a	
	3.6	6.08 a	0.69 a	3.95 c	1.92 b	0.36 c	211 a	179 a	71 a	15 a	
B-4	EC 1.2	5.60 b	0.59 a	7.38 a	3.40 a	0.64 a	111 a	53 c	55 b	10 a	
	2.4	5.92 a	0.63 a	7.70 a	2.95 a	0.45 b	128 a	133 b	39 b	11 a	
	3.6	5.91 a	0.62 a	4.20 b	1.87 b	0.43 b	139 a	170 a	105 a	37 a	

Table 4. Continued

Plants	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Macro-element (% DW)					Micro-elements (mg·kg <sup>-1</sup> , DW)			
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
B-5	EC 1.2	5.81 b	0.75 b	8.54 a	2.83 a	0.54 a	92 a	85 b	88 a	14 c
	2.4	6.07 a	0.92 a	7.89 b	2.51 b	0.43 b	176 a	170 a	66 a	34 a
	3.6	5.85 a	0.75 b	5.45 c	1.99 c	0.41 c	138 a	121 b	74 a	18 b
B-6	EC 1.2	5.97 b	0.66 a	8.88 a	3.06 a	0.52 a	125 ab	58 c	59 a	16 ab
	2.4	6.05 b	0.66 a	6.98 b	3.47 a	0.56 a	108 b	160 b	87 a	6 b
	3.6	6.26 a	0.72 a	3.99 c	1.96 b	0.40 b	165 a	213 a	82 a	17 a
B-7	EC 1.2	5.40 c	0.68 a	7.60 a	3.78 a	0.62 a	84 b	59 c	50 b	13 a
	2.4	5.67 b	0.55 c	7.04 b	2.96 b	0.40 b	78 b	117 b	37 b	6 a
	3.6	5.99 a	0.59 b	4.00 c	1.39 c	0.32 c	127 a	144 a	79 a	16 a
B-8	EC 1.2	4.91 b	0.60 a	6.87 b	3.45 a	0.56 b	91 b	46 b	49 b	14 a
	2.4	5.65 a	0.59 a	7.54 a	3.33 a	0.60 a	64 b	144 a	35 c	4 b
	3.6	5.76 a	0.58 a	3.72 c	2.73 b	0.39 c	121 a	200 a	86 a	10 a
B-9	EC 1.2	5.63 a	0.64 ab	5.81 b	3.07 a	0.65 a	84 b	50 c	60 b	15 a
	2.4	5.87 a	0.65 a	7.42 a	2.74 a	0.41 c	101 b	114 b	90 a	6 a
	3.6	5.47 a	0.60 b	3.18 c	1.56 b	0.50 b	189 a	110 a	39 c	11 a
B-10	EC 1.2	5.48 a	0.80 a	6.87 a	2.90 a	0.62 a	102 b	71 a	77 a	24 b
	2.4	5.46 a	0.80 a	6.73 a	2.65 a	0.58 ab	136 b	160 a	37 b	36 a
	3.6	5.45 a	0.75 a	5.50 b	2.44 a	0.51 b	201 a	166 a	89 a	15 c
B-11	EC 1.2	4.79 c	0.61 b	5.77 b	2.41 b	0.56 b	78 b	47 c	63 b	23 b
	2.4	5.11 b	0.65 a	6.26 a	3.02 a	0.50 c	100 b	139 b	42 b	36 a
	3.6	5.38 a	0.64 b	5.24 c	2.40 b	0.64 a	200 a	196 a	104 a	17 b
B-12	EC 1.2	4.94 c	0.57 b	5.94 b	2.79 a	0.60 a	88 b	64 c	70 b	24 b
	2.4	5.63 a	0.61 a	8.51 a	2.83 a	0.56 a	109 b	158 a	42 c	31 a
	3.6	5.49 b	0.60 a	5.47 b	2.42 b	0.47 b	168 a	150 b	79 a	14 c
B-13	EC 1.2	5.14 b	0.64 a	8.25 a	2.76 a	0.46 a	132 b	55 b	57 b	12 b
	2.4	5.50 a	0.55 a	9.09 a	2.49 a	0.46 a	307 a	80 ab	37 c	45 a
	3.6	5.40 a	0.71 a	5.34 b	1.25 b	0.35 a	118 b	105 a	63 a	10 b
B-14	EC 1.2	5.27 b	0.61 b	6.67 a	3.27 a	0.61 a	86 a	47 c	53 b	12 a
	2.4	6.05 a	0.66 a	6.32 a	2.89 a	0.65 a	148 a	149 b	53 b	9 a
	3.6	5.97 a	0.66 a	3.76 b	1.83 b	0.46 b	129 a	161 a	80 a	15 a
L-1 <sup>2</sup>	EC 1.2	4.28 b <sup>3</sup>	0.75 b	5.93 a	2.14 a	0.56 a	203 a	41 c	82 a	32 a
	2.4	4.74 a	0.89 a	4.54 c	1.09 b	0.49 b	176 a	55 b	68 b	32 a
	3.6	4.47 b	0.81 ab	5.26 b	1.28 b	0.33 c	170 a	117 a	67 b	14 b
L-2	EC 1.2	4.90 a	0.79 b	5.43 a	1.83 b	0.45 ab	182 a	114 b	101 a	35 a
	2.4	4.89 a	0.82 a	5.72 a	1.47 b	0.38 b	161 a	138 a	70 a	17 b
	3.6	4.47 b	0.77 c	5.33 a	2.77 a	0.54 a	151 a	74 c	87 a	35 a
L-3	EC 1.2	3.48 b	0.47 a	4.15 a	1.29 a	0.39 b	134 a	57 a	73 a	28 a
	2.4	3.57 a	0.50 a	5.23 a	1.11 a	0.61 a	236 a	67 a	46 a	47 a
	3.6	- <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
L-4	EC 1.2	5.35 a	0.60 a	3.95 a	1.10 b	0.44 b	174 a	141 a	35 b	31 a
	2.4	4.10 c	0.53 b	3.29 b	1.25 b	0.42 b	130 b	69 b	25 c	32 a
	3.6	4.60 b	0.53 b	3.77 ab	2.03 a	0.75 a	147 b	76 b	61 a	30 a
L-5	EC 1.2	4.17 a	0.50 a	4.59 a	1.05 a	0.48 b	209 a	56 b	85 a	37 a
	2.4	4.11 ab	0.55 a	4.09 a	1.69 a	0.72 a	147 a	42 b	46 b	27 a
	3.6	3.99 b	0.51 a	3.91 a	1.16 a	0.38 b	159 a	85 a	44 b	9 b
L-6	EC 1.2	6.12 a	0.83 a	7.05 a	0.68 c	0.30 c	225 a	137 a	50 b	43 b
	2.4	5.51 c	0.63 c	4.59 c	1.10 b	0.39 b	245 a	100 a	41 b	74 a
	3.6	5.96 b	0.74 b	5.93 b	1.33 a	0.67 a	269 a	78 a	68 a	30 c
U-1	EC 1.2	5.57 a	0.48 c	7.07 a	2.82 a	0.59 a	184 a	143 a	54 b	40 a
	2.4	5.23 b	0.62 b	5.08 b	1.24 b	0.26 c	139 a	69 c	57 b	25 b
	3.6	5.53 a	0.79 a	6.88 a	0.92 c	0.40 b	185 a	134 b	138 a	33 b

<sup>2</sup>Refer Table 1.<sup>3</sup>Mean separation within columns for each plant by Duncan' multiple range test at  $p=0.05$ .<sup>x</sup>Analysis was missed due to sample shortage by the necrosis of plant.

담액 수경재배 시 양액농도 처리가 혼식한 쌈 채소류와 허브류의 생육과 무기양분 흡수에 미치는 영향

류의 Ca 함량이 높은 현상은 예상외의 결과로서 고농도에서 생육이 억제되는 정도가 가을철 보다 낮았기 때문에 추측되지만 향후 정밀한 검토가 요구되었다.

Mg 함량은 여름철과 가을철 간에 차이가 없었으며, 작물별로는 배추과 엽채류들이 국화과와 허브류보다 높았다. 여름철에 국화과 엽채류는 EC 2.4와 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 높았으며, 배추과 엽채류와 허브류는 일정한 경향이 없었다. 가을철에는 국화과와 배추과 엽채류는 EC 1.2와 2.4dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 함량이 높아 계절에 따라 양액농도 처리에 대한 반응이 달랐다. 전반적으로 생육이 양호한 양액농도에서 Mg의 함량이 높았다.

Fe 함량은 두 계절 모두 국화과 엽채류들이 배추과와 허브류보다 높았다. 국화과 엽채류는 생육이 저조했던 높은 양액농도 처리에서 Fe 함량이 높았다. Mn의 경우에도 Fe와 유사한 경향을 보였으며, Zn와 Cu는 양액농도에 따라서 작물 간에 일정한 경향 없이 다양한 양상을 보였다.

식물은 대부분 기온과 근권온도가 적은 범위를 벗어나면 양분과 수분의 흡수가 저해되는 것으로 알려져 있는데(Moon, 2001; Nakano, 2007; Park과 Kim, 1991), 본 실험에서도 여름철 높은 기온과 근권온도 조건에서는 N과 K 함량이 가을철 보다 낮은 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과, 다양한 쌈채소류와 허브류를 혼식하여 담액식 수경재배가 가능하였고 여름철 고온기에는 양액농도에 따라 생육의 변화가 큼을 확인할 수 있었다. 그리고 양액 농도에 따른 다양한 수경재배 쌈채소류의 무기양분 함량의 변이와 절대적 함량의 범위를 제시할 수 있었다.

## 적 요

국화과 13종과 배추과 14종의 쌈채소류, 그리고 허브류 7종을 담액식 수경재배 시스템에 혼식하여 EC 1.2, 2.4 및 3.6dS·m<sup>-1</sup>의 배양액을 공급하여 배양액의 pH와 EC 변화, 식물체의 생육과 무기양분 흡수 특성을 조사하였다. pH는 양액농도가 높을수록 낮아졌고, EC는 양액농도가 높은 처리에서 높아 EC 3.6dS·m<sup>-1</sup> 처리에서 4.8dS·m<sup>-1</sup>까지 높아졌다. 생육은 여름철에는 국화과와 허브류는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup>, 배추과는 2.4dS·m<sup>-1</sup>의 배양액에서 양호하였고, 가을철에는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup>

처리에서 대부분 작물이 생육이 양호하였다. 무기양분의 흡수는 생육이 양호했던 가을철이 여름철보다 T-N과 K 함량이 높았다. 작물별로는 배추과가 국화과와 허브류에 비해서 T-N, K, Ca, 그리고 Mg 함량이 높았으며, Fe와 Mn 함량은 오히려 국화과에서 높았다. 결과적으로 국화과와 배추과 쌈채소류와 몇 가지 허브류를 혼식하여 한 가지 배양액으로 수경재배 시 여름철에는 EC 1.2dS·m<sup>-1</sup>, 가을에는 EC 2.4dS·m<sup>-1</sup>로 재배하면 유리할 것으로 판단되었다.

**주제어** : 계절, 산도, 쌈, 전기전도도, 흡수

## 인용문헌

1. Barta, A.J. and T.W. Tibbitts. 1991. Calcium localisation in lettuce leaves with and without tipburn: comparison of controlled-environment and field-grown plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:870-875.
2. GyeonggiARES (Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services). 2002. Annual Research Report of Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Service. GARES, Suwon, Korea. p.197-222.
3. Jang, S.W., E.U. Lee, and W.B. Kim. 2007. Analysis of research and development papers of lettuce in Korea. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:295-303.
4. Jang, S.W., W.B. Kim, and K.O. Ryu. 2001. Selection of promising 'Ssam' vegetable for summer production in highland. *Kor. J. Hort. Sci. & Tehnol.* 19:140-144.
5. Järnal, M. and P. Pöldma. 2004. Contents of plant nutrients in vegetables depending on various lime materials used for neutralizing bog peat. *Agronomy Research* 2: 39-48.
6. KREI (Korea Rural Economic Institute). 2006. A study on the production and marketing of sprouts and leaf vegetables. KREI, Seoul, Korea. p.-.
7. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants (2nd.). Academic press, London, UK. p.18-78.
8. Moon. 2001. Physiological responses of cucumber to root-zone temperature. Ph.D. Thesis. Seoul Natl. Univ. Suwon, Korea.
9. Nakano, U. 2007. Response of tomato root systems to environmental stress under soilless culture. *JARQ.* 41:7-15.
10. NHRI (National Horticultural Research Institute). 2006. Annual Research Report of National Horticultural Research Institute. NHRI, Suwon, Korea. p.138-159.
11. NIHA (National Institute of Highland Agriculture). 2003. Annual Research Report of National Institute of

- Highland Agriculture. NIHA, Pyongchang, Korea. p.390-397.
12. Nukaya, A., K. Kato, H. Jang, A. Kano, and K. Ohkawa. 1995. Effect of K/Ca ratio in the nutrient solution on incidences of bloosm-end rot and gold specks of tomato fruit grown in rockwool. *Acta Hort.* 396:123-130.
  13. Park, K.W. 1986. The theory of western vegetables. Korea Univ., Seoul, Korea. p. 315-375.
  14. Park, K.W. and K.O. Rhu. 1998. Functional and healthful 'ssam' vegetable. Herb World Press. Seoul, Korea. p.32-187.
  15. Park, K.W. and K.O. Rhu. 2000. Functional vegetable. Herb World Press, Seoul, Korea. p.25-183.
  16. Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. Korea Academy books, Seoul, Korea. p.88-95.
  17. Park, S.K. and K.Y. Kim. 1991. Hydroponics. Oseong Press, Seoul, Korea. p.132-156.
  18. Wang, Y.H. and S. Tachibana. 1996. Growth and mineral nutrition of cucumber seedlings as affected by elevated air and root-zone temperatures. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64:845-852.
  19. Yamazaki. 1981. The persent status and questions of hydroponics|Nutrient solution control in nutriculture (hydroponics) -Nutrition specialty of crops, especially about n/w-. *Agriculture and Horticulture* 56:563-568.
  20. Yamazaki. 1982. The whole book for hydroponics. Hakyusa, Japan. Tokyo. p.34-55.
  21. Yildirim, E., A. Dursun, and M. Turan. 2001. Determination of nutrition contents of the wild plants used as vegetables in upper Çoruh vally. *Turk J. Bot.* 25:367-371.