

## 수경 재배 시 계면활성제 첨가가 상추와 청경채의 생육과 Se 흡수에 미치는 영향

윤형권<sup>1\*</sup> · 서태철<sup>2</sup> · 장성호<sup>3</sup> · 전창후<sup>4</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 채소과, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 시설원예시험장,

<sup>3</sup>절강성농업과학원, <sup>4</sup>서울대학교 식물생산과학부

### Effect of Surfactant Addition on Se Absorption and Growth of Pak-choi and Leaf Lettuce in Hydroponics

Hyung Kwon Yun<sup>1\*</sup>, Tae Cheol Seo<sup>2</sup>, Cheong Hao Zhang<sup>3</sup>, and Changhoo Chun<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Vegetable Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea

<sup>2</sup>Protected Horticulture Research Station, NIHHS, RDA, Busan 618-800, Korea

<sup>3</sup>Vegetable Research Institute, Jhejiang Academy of Agriculture Sciences, Hangzhou, 310021, People Republic of China

<sup>4</sup>Department of Plant Science and Research Institute for Agricultural Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

**Abstract.** Surfactant polyvinyl alcohol (PVA-95) 1, 2, 4mg · L<sup>-1</sup> and calcium lignosulfonate (CLS) 5, 25, 50, 100mg · L<sup>-1</sup> were treated to the nutrient solution containing 1.0mg · L<sup>-1</sup> selenium (Se) to evaluate Se absorption effect using small DFT apparatus. The growth of leaf lettuce and pak-choi did not show unique significance by surfactant kinds and concentration in the tested range and physiological disorder. Vitamin C in leaves of two leafy vegetables was not significantly affected by surfactants also. Among major cations K content in pak-choi was highest in Se 1+PVA-95 4mg · L<sup>-1</sup> treatment, and high in Se 1+CLS 5 mg · L<sup>-1</sup> treatment. Ca content in two leafy vegetables showed increasing pattern by the two kinds of surfactants. Mg content was high in Se 1+CLS 25mg · L<sup>-1</sup> treatment compared to control. Pak-choi absorbed Se about 10 times higher than leafy lettuce. Se content in leaves of two leafy vegetables increased by the treatment of two kinds of surfactants with the exception of CLS 100mg · L<sup>-1</sup> treatment.

**Key words :** absorption, growth, hydroponics, selenium, surfactant

### 서 론

셀레늄(Se)은 인체 건강에 잠재적인 이점 때문에 의학, 약학, 농업, 그리고 식품 관련 산업 등 많은 분야에 이용되고 있다. Se은 동물에게는 필수 원소이고 식물에게는 유익한 원소이지만 필수 원소는 아니다(Marschner, 1995; Terry 등, 2000). Jansson(1980)의 보고에 의하면 Se이 결핍된 토양에서 재배된 작물만을 지속적으로 섭취하는 사람들은 심장병 또는 암의 발생률이 높았다. 이것은 Se이 동물에서 암의 발병을 상당

히 줄이거나 혹은 항산화제로서의 역할을 한다고 할 수 있다. 이미 미국과 유럽에서는 심장, 간 등의 기능 강화와 암 등에 예방 효과가 있다(Axley 등, 1991; Spallholz, 2001)고 인정되었다. 성인의 경우 Se의 일일 권장 섭취량은 100~200µg로 알려져 있는데(Gunnar 등, 1985), 한국인의 일일 섭취량은 약 43µg로 다소 부족한 실정이다(Comb, 2001). 적절한 Se 섭취는 면역 기능을 발달시키지만 부족하면 면역 반응에 문제가 생기며, 과도한 섭취는 독성이 있어 심하면 인체에 치명적이다(Rayman, 2000; Schrauzer, 2000). 채소 중에는 배추과와 백합과채소가 Se이 풍부한 토양에서 자라면 경엽부에 건물 기준으로 몇 백 mg Se · kg<sup>-1</sup> 이상으로 되는 Se 축적 식물로 확인되고 있다

\*Corresponding author: yun0309@korea.kr  
Received June 10, 2009; Revised June 16, 2009;  
Accepted June 22, 2009

(Banelos 등, 1997; Finley, 2005; Ximnez-Embun, 2004). 그러나 작물에 따라 Se의 공급형태와 농도 등에 따라서 작물의 생육을 심하게 억제할 수 있기 때문에 주의해야 한다.

$\text{Na}_2\text{SeO}_3$ 는 작물에 따라 다르지만 저농도에서 독성이 있고 식물체에 잘 흡수되지 않아, 보통은  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ 가 이용된다. 수경 재배 시 양액 내에 Se 농도 처리에 따른 생육 반응 및 Se 흡수에 관한 연구는 국내에서도 많이 이루어져 있으나(Lee와 Park, 1998; Park 등, 1996; Yun 등, 2004, 2005), 작물에 따라 흡수율이 다르므로 이에 대한 많은 연구가 필요하다.

계면 활성제는 묽은 용액 속에서 계면에 흡착하여 그 표면 장력을 감소시키는 물질로 표면 활성제라고 한다. 계면 활성제는 수용액이 해리하여 이온 또는 미셀을 생성하여 계면 활성을 나타내는 이온성 계면 활성제와 수용액이 해리할 수 있는 작용기를 갖지 않고도 계면 활성 작용을 나타내는 비이온성 계면 활성제 및 수용액이 해리하여 이온성을 띠는 음이온성, 양이온성 또는 양쪽성 계면 활성제 등 다양한 형태가 있다. 계면 활성제는 농약과 혼용(Yu 등, 2001), 살균 물질과의 혼용(Cho 등, 1998; De Jonghe 등, 2005; Kanto 등, 2004; Stanghellini와 Tomlinson, 1987; Stanghellini 등, 1996), 엽면 시비제와 혼용(Howard와 Gwathmey, 1995; Moon 등, 1998) 및 상토 물리성 개량(Choi 등, 2000) 등에서 계면 활성제를 이용한 연구는 많이 이루어지고 있으나, 작물의 영양 흡수 촉진(Choi 등, 2004; Moon 등, 1998) 등의 연구는 부족하다. 물리적·화학적 자극을 elicitor라고 하는데, 계면활성제도 그러한 요소라고 할 수 있다. 최근에 Moreno 등(2008)은  $\text{NaCl}$ 과 몇 가지 elicitor를 처리하여 브로콜리의 결구형성과 품질의 향상을 보고한 바 있다.

따라서 본 연구는 DFT 재배 시 공급 양액 내에 Se과 계면 활성제 첨가가 엽채류의 생육, Se 흡수, 그리고 총 비타민 C 함량에 미치는 효과를 구명하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 원예연구소 유리 온실에서 수행되었다. 청경채와 상추를 128공 plug tray에 2월 25일부터 육묘한 후 3월 23일 소형 담액 수경 재배기에 정식하였



Fig. 1. Pak-choi and leaf lettuce grown in DFT units.

다(Fig. 1). 배양액은 원예연구소 원시배양액을 사용하였으며, 정식 전에 기본 배양액에  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ 를 이용하여 대조구를 제외한 전 처리구에 셀레늄(Se) 농도를  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 처리하였고, 여기에 계면 활성제 2종을 농도별로 처리하였다. 계면 활성제는 PVA-95 (polyvinyl alcohol)와 CLS (calcium lignosulfonate)를 이용하였으며, 처리 농도는 PVA-95는  $1, 2, 4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , CLS는  $5, 25, 50, 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 하였으며, 정식 후부터 처리하였다. 정식 3주 후 식물체를 수확하여 생육, Se 함량, 무기물(K, Ca, Mg), 총비타민 C 함량을 조사하였다. 식물체내 K, Ca, Mg 함량은 원자 흡광 광도계(Perkin elmer 3300, USA)를 이용하여 분석하였으며, 식물체내 총 Se 함량은 건조된 분말 시료 0.5g를 질산:과염소산(3:1, v/v) 4mL를 가하여 흡 후드에서 습식 분해를 하여 HVG-AAS(Shimazu 6800, Japan)를 이용하여 정량 분석하였다. 총비타민 C 함량은 생체 시료 5g를 2.5%  $\text{HPO}_3$  25mL와 함께 10,000rpm으로 10분간 마쇄한 후 30,000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45m membrane filter (Millipore, USA)로 여과한 후  $10 \mu\text{L}$ 씩 2회 반복 주입하여 HPLC로 분석하였다. HPLC(Waters M1025, USA)의 조건은 UV-detector로 하였고, 컬럼은 symmetry C18 5m(3.915cm)으로 이동상 용매는  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (pH 2.8):methanol(9:1)을  $0.5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 로 흘러 254nm에서 측정하였다.

## 결과 및 고찰

Se의 흡수촉진을 위해 계면활성제를 처리한 결과,

**Table 1.** Effect of surfactant addition in the nutrient solution including Se 1mg · L<sup>-1</sup> on the growth of leaf lettuce grown for 3 weeks after transplanting in DFT.

Treatment (mg · L <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
Se 1	27.1 ab <sup>z</sup>	17.9	1,550 c	74.7 cd	7.0 cd	3.35 c	0.19 c
Se 1+PVA 1	28.7 a	16.8	1,869 a	93.4 b	5.3 ef	4.03 bc	0.18 c
Se 1+PVA 2	27.0 ab	16.6	1,461 c	70.6 d	3.4 f	3.57 bc	0.20 c
Se 1+PVA 4	24.3 c	16.1	1,427 c	72.1 d	5.6 def	3.47 c	0.26 bc
Se 1+CLS 5	25.8 bc	15.3	1,686 bc	80.2 b-d	5.1 ef	3.79 bc	0.25 bc
Se 1+CLS 25	25.7 bc	16.3	2,153 a	108.8 a	7.4 bc	4.77 a	0.29 b
Se 1+CLS 50	26.3 bc	15.8	2,028 a	92.9 b	12.4 a	4.79 a	0.43 a
Se 1+CLS 100	25.2 bc	17.1	1,694 bc	88.4 bc	9.6 b	4.27 ab	0.30 b
Control	24.8 c	17.8	1,543 c	77.5 cd	6.5 cde	3.47 c	0.20 c

<sup>z</sup>Mean separation by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

**Table 2.** Effect of surfactant addition in the nutrient solution including Se 1mg · L<sup>-1</sup> on the growth of pak-choi grown for 3 weeks after transplanting in DFT.

Treatment (mg · L <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
Se 1	25.8 ab <sup>z</sup>	40.8 bc	1,133 ab	142.9 a	7.1 bc	6.29	0.23 bc
Se 1+PVA 1	25.3 ab	35.5 e	1,055 bc	126.9 bc	8.3 ab	5.79	0.26 ab
Se 1+PVA 2	26.3 a	43.2 ab	1,174 ab	141.0 a	5.8 c	5.93	0.20 c
Se 1+PVA 4	25.3 ab	36.3 e	1,253 a	146.5 a	7.8 b	6.16	0.39 a
Se 1+CLS 5	25.4 ab	36.8 de	1,100 bc	120.8 c	7.8 b	5.20	0.25 bc
Se 1+CLS 25	23.7 ab	39.6 cd	1,006 cd	118.4 c	5.7 c	5.31	0.24 bc
Se 1+CLS 50	26.5 a	45.0 a	1,110 bc	137.0 ab	8.3 ab	5.40	0.35 ab
Se 1+CLS 100	25.2 ab	37.5 de	1,039 cd	121.9 c	9.9 a	5.52	0.28 abc
Control	25.0 ab	36.0 e	941 d	123.8 bc	6.2 bc	5.18	0.22 c

<sup>z</sup>Mean separation by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

상추에서 지상부와 지하부의 생체중과 건물중은 Se 1+CLS 25mg · L<sup>-1</sup> 처리구에서 가장 무거웠다(Table 1).

청경채는 지상부와 지하부의 생체중은 Se 1+PVA-95 4mg · L<sup>-1</sup> 처리구에서 가장 무거웠다(Table 2). Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>를 이용한 Se 1mg · L<sup>-1</sup>과 계면활성제 처리로 인한 외관상의 영양 생리 장애는 관찰되지 않았다. 생육은 처리간 차이는 있지만 종류와 농도별로 일정한 경향을 보이지 않았다. 이것은 기존의 연구인(Lee와 Park, 1998; Yun 등, 2004, 2005)와 Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>를 Se 1.0~2.0mg · L<sup>-1</sup> 처리시 생육의 억제가 없었다는 보고와 유사하였다. 청경채의 경우 엽록소가 Se 1+CLS 50mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 45.0(SPAD value)로 가장 높았으며 전체적으로 대조구에 비하여 Se이 포함된 처리구에서 엽록소 함량이 증가되었다.

비타민 C 함량은 두 작물 모두 모든 처리구에서

대조구에 비해 약간 증가하는 경향을 보였으나 유의성은 없었다(Fig. 2). 비타민 C 함량은 유의성은 없었지만, 다소 증가하는 경향이었는데 계면 활성제 효과는 뚜렷하지 않았다. Lee와 Park(1998)의 보고에서는 Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> 처리는 비타민 C 함량을 증가시켰지만, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 처리는 오히려 감소시켰다고 보고한 바 있다.

K 함량은 상추의 경우는 일정한 경향이 없었지만, 청경채의 경우 Se 1+PVA-95 4mg · L<sup>-1</sup> 처리구가 가장 높았고, Se 1+CLS 처리에서는 대조구에 비해 5mg · L<sup>-1</sup> 농도에서는 증가하였지만 처리 농도가 높을수록 감소하였다. Ca 함량은 두 작물 모두 Se 1+PVA-95와 CLS 처리에서 대조구에 비해 증가하였다. Mg 함량은 상추에서 계면 활성제 처리에 의한 Mg 함량 변화가 없었으며, 청경채는 Se 1+CLS 25mg · L<sup>-1</sup> 처리구가 대조구에 비해 증가하였고 기타 처리는 차이가 없었다(Fig. 3).

수경 재배 시 계면활성제 첨가가 상추와 청경채의 생육과 Se 흡수에 미치는 영향

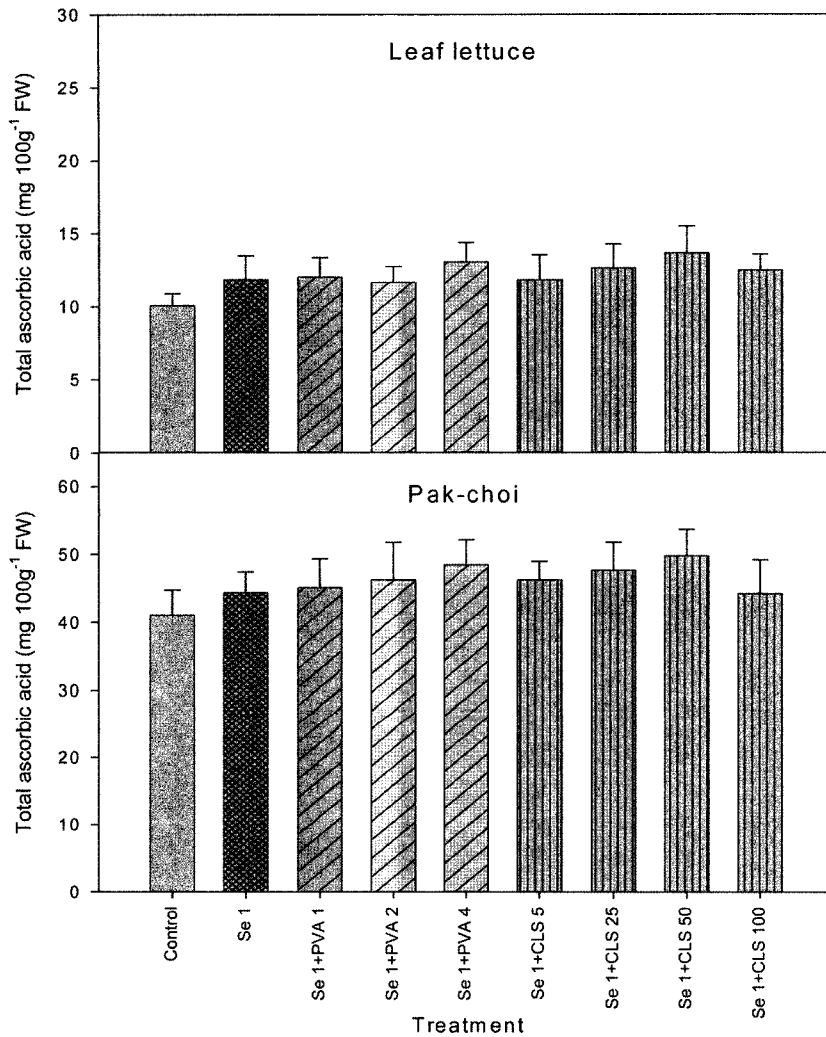


Fig. 2. Effect of surfactant addition in the nutrient solution including Se  $1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  on the total ascorbic acid of leaf lettuce and pak-choi grown for 3 weeks after transplanting in DFT.

식물체 무기물 중 K, Ca, 및 Mg의 작물간 차이를 보면, K 함량은 차이가 없지만 Ca와 Mg는 청경채가 높았는데, 이것은 작물의 기본적인 흡수 특성의 차이로 생각된다. 계면 활성제 처리에서 K의 함량은 상추는 차이가 없었지만, 청경채의 경우 CLS  $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  이상에서 낮았는데 이것은 CLS가 Ca를 함유하고 있어 Ca 흡수 증가에 따른 K와 Ca의 길항 작용(Marschner, 1995)에 의한 것으로 생각된다.

Ca의 함량은 두 작물 공히 계면 활성제의 처리 효과가 인정되었는데 특히, CLS  $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  처리에서 높음을 알 수 있다. 이것은 Choi 등(2004)이 상추에서

3종류의 계면 활성제 중에 CLS 처리에서만 Ca 함량이 높았다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하지 않아 좀더 정밀한 검토가 요구된다. Mg는 청경채에서 Se가 처리된 모든 처리구에서 높았으나 계면 활성제의 처리 효과는 없는 것으로 나타나 Mg 흡수 촉진 효과는 없는 것으로 생각된다.

상추와 청경채의 엽내 Se를 분석한 결과, 상추의 경우 Se 1+PVA-95와 Se 1+CLS 처리에서 대조구에 비해 Se 함량이 모두 증가하였지만, PVA-95 처리에서는 농도의 증가에 따라 Se 함량이 감소하였고 CLS 처리에서는  $50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 까지는 증가하다가  $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

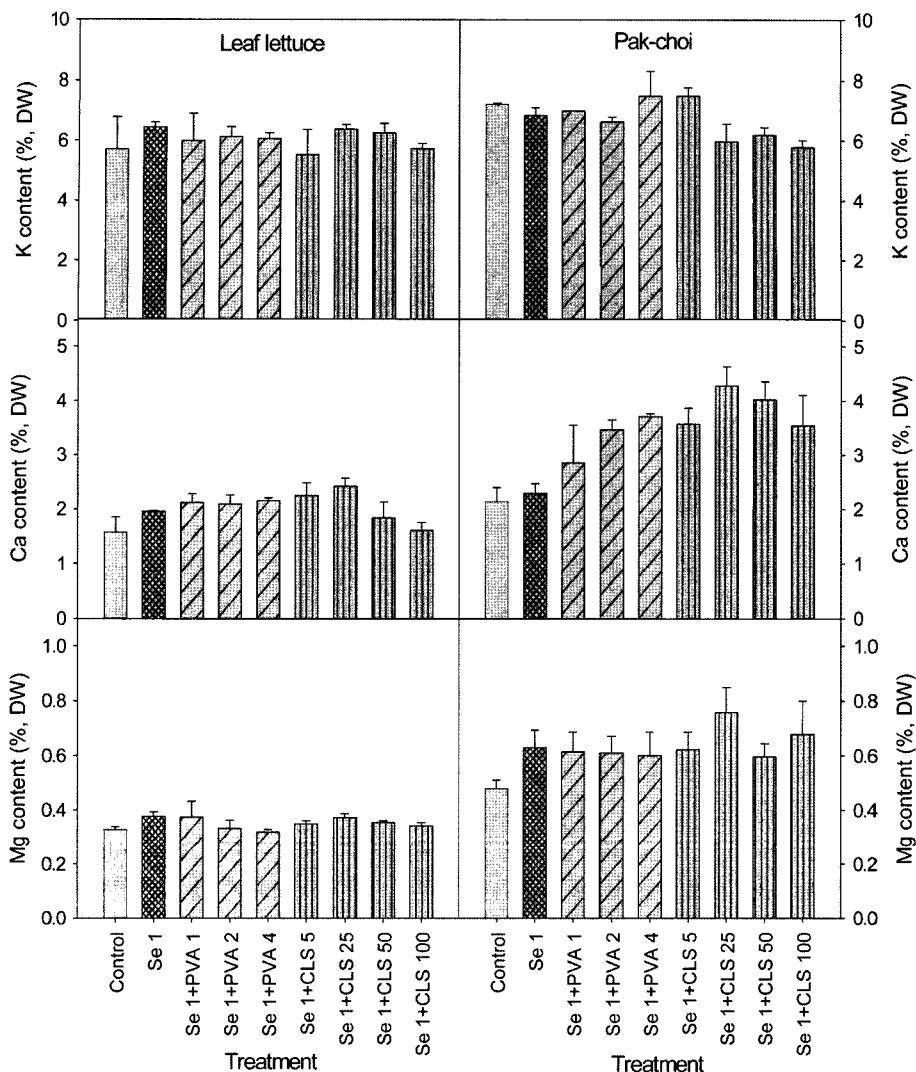


Fig. 3. Effect of surfactant addition in the nutrient solution including Se  $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  on K, Ca, and Mg content of leaf lettuce and pak-choi grown for 3 weeks after transplanting in DFT.

에서는 다시 감소하였다(Fig. 4).

청경채는 Se 1+PVA-95 처리가 대조구와 차이가 없었으나 Se 1+CLS  $25\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  처리는 대조구에 비해 증가하였지만 가장 높은 농도인  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 Se 함량이 감소하였다.  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ 를 이용하여 배양액에 Se  $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  처리 했을 때 상추와 청경채 식물체의 Se 함량이 증가한 것은 Lee와 Park(1998) 그리고 Park 등(1996)의 보고와 일치하였다. 그리고 청경채가 상추에 비해 약 10배 이상 함량이 높았는데 이것은 Se 흡수에 대한 작물간의 차이로 판단된다. 계면 활성

제 처리로 Se의 흡수가 증가하긴 하였으나 CLS  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  처리는 오히려 Se의 함량이 낮았는데 이는 고농도 처리로 인한 뿌리의 흡수 기능 장애로 인한 것으로 추측된다.

이상의 결과, 적절한 농도의 계면활성제의 투입이 두 가지 엽채류의 Se과 양이온 흡수 등에 미치는 효과는 긍정적이라고 판단된다. 그러나 과량 복용 시 독성이 있는 Se이므로 사용하는 셀레늄과 작물의 종류 그리고 사용 목적에 따라서 이용하는데 주의가 요구되며, 계면활성제 자체의 안전성에 대한 검토와 더 좋은

수경 재배 시 계면활성제 첨가가 상추와 청경채의 생육과 Se 흡수에 미치는 영향

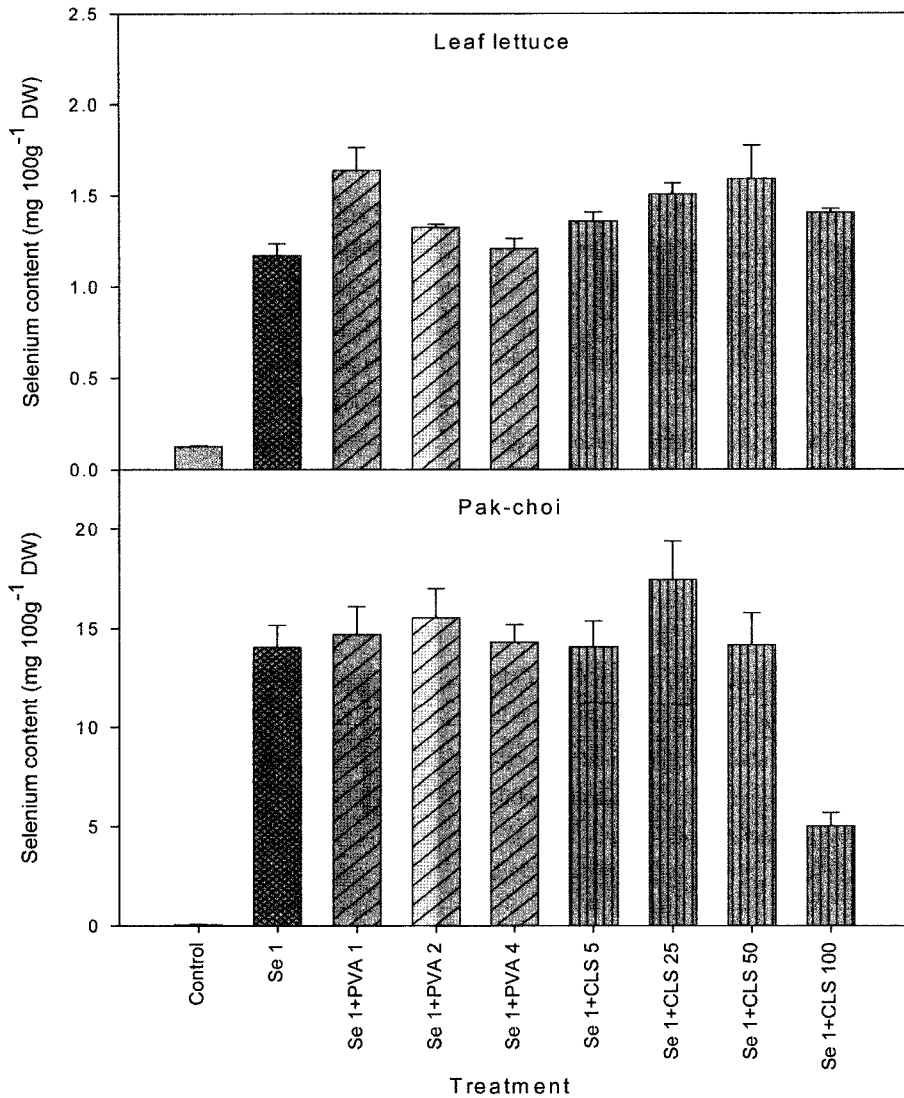


Fig. 4. Effect of surfactant addition in the nutrient solution including Se  $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  on selenium content of leaf lettuce and pak-choi grown for 3 weeks after transplanting in DFT.

계면활성제의 탐색 등에 대한 연구는 계속 되어야 할 것으로 사료된다.

### 적 요

소형의 담액 수경재배기를 이용하여 기본 배양액에 셀레늄(Se)  $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 과 계면활성제 PVA-95(polyvinyl alcohol-95) 1, 2,  $4\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 과 CLS(calcium lignosulfonate) 5, 25, 50,  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 처리하여 청경채와 상추 식물체의 Se과 양이온 함량, 생육, 그리고 비타

민 C 함량을 조사하였다. 생육은 처리간에 차이는 있지만 종류와 농도 별로 일정한 경향을 보이지 않았다.

총 비타민 C 함량은 두 작물 모두 모든 처리구에서 대조구에 비해 약간 증가하는 경향을 보였으나 유의성은 없었다. K 함량은 상추의 경우는 일정한 경향이 없었지만, 청경채의 경우 Se 1+PVA-95  $4\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  처리구가 가장 높았고, Se 1+CLS 처리에서는 대조구에 비해  $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  농도에서는 증가하였지만 처리 농도가 증가할수록 감소하였다. Ca 함량은 두 작물 모두 Se 1+PVA-95와 CLS 처리에서 대조구에 비해 증가하

였다. Mg 함량은 상추에서는 계면 활성제 처리에 의한 Mg 함량의 변화가 없었으며, 청경채에는 Se 1+ CLS 25mg · L<sup>-1</sup> 처리구가 대조구에 비해 증가하였고 기타 처리는 차이가 없었다. 식물체내 Se 함량은 상추에서는 계면 활성제 PVA-95 처리와 CLS 처리가 대조구에 비해 Se 함량이 모두 높았고, PVA-95 처리에서는 농도의 증가에 따라 Se 함량이 낮아졌으며, CLS 처리에서는 50mg·L<sup>-1</sup>까지는 높아졌지만 100mg·L<sup>-1</sup>에서는 낮아졌다. 청경채의 엽내 Se 함량은 계면 활성제 PVA-95 처리가 큰 효과가 없었으나 CLS 25mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 현저히 증가되었다.

**주제어** : 계면활성제, 담액수경, 생육, 셀레늄, 흡수

## 인용문헌

- Axley, M.J., A. Beuck, and T.C. Stadtman. 1991. Catalytic properties of an *Escherichia coli* formate dehydrogenase mutant in which sulfur replaces selenium. Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A. 88:8450-8454.
- Banuelos G.S., H.A. Ajwa, B. Mackey, and L. Wu. 1997. Evaluation of different plant species used for phytoremediation of high soil selenium. J. Environ. Qual. 26:639-646.
- Cho, I.C., S.H. Lee, and B.J. Cha. 1998. Effects of soluble silicon and several surfactants on the development of powdery mildew of cucumber. Kor. J. Environ. Agr. 17:306-311.
- Choi, J.M., Y.R. Min, and J.S. Choi. 2000. Soil residual activity of surfactant mixtures containing polyoxyethylene octylphenyl ether and their effect on initial wetting and water movement in container media. Kor. J. Sci. Technol. 18:612-620.
- Choi, K.Y., E.Y. Yang, B.W. Moon, and T.C. Seo. 2004. Effect of surfactant addition in nutrient solution on mineral nutrient uptake and growth of lettuce in DFT culture. J. Bio-Environ. Control 13:240-244.
- Comb, G.F. Jr. 2001. Selenium in global food system. Br. J. Nutr. 85:517-547.
- De Jonghe, K., I. De Dobblaere, R. Sarrazyn, and M. Hfte. 2005. Control of *Phytophthora cryptogea* in hydroponic forcing of witloof chicory with the rhamnolipid-based biosurfactant formulation PRO1. Plant Pathol. 54:219-226.
- Finley, J.W. 2005. Selenium accumulation in plant foods. Nutrition reviews 63:196-202.
- Gunnar, G.N., C.G. Umesh, L. Michel, and W. Tuomas. 1985. Selenium in soil and plant and its importance in livestock and human nutrition. Advanced in Agronomy 37:397-460.
- Howard, D.D. and C.O. Gwathmey. 1995. Influence of surfactants on potassium uptake and yield response of cotton to foliar potassium nitrate. J. Plant Nutr. 18:2669-2680.
- Jansson, B. 1980. The roles of selenium as a cancer protecting trace element. pp. 28-31. In: H. Sigel (eds.). Metal ions in biological systems. Marcel Dekker Inc., New York.
- Kanto, T., A. Miyoshi, and T. Ogawa. 2004. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry hydroponics. J. Gen. Plant Pathol. 70:207-211.
- Lee, G.P. and K.W. Park. 1998. Effect of selenium concentration in the nutrient on the growth and internal quality of endive. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:391-396.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants (2nd). Academic press, London. pp. 430-433.
- Moon, B.W., J.S. Choi, and J.K. Kim. 1998. Effect of surfactant and calcium compounds extracted from oyster shell on calcium content of apple fruit treated alone or with agrochemicals. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:716-720.
- Moreno, D.A., C. Lopez-Berenguer, M.C. Martinez-Ballesta, M. Carvajal, and C. Garcia-Viguera. 2008. Basis for the new challenges of growing broccoli for health in hydroponics. J. Sci. Food Agr. 88:1472-1481.
- Park, K.W., J.H. Lee, and B. Geyer. 1995. Effect of selenium concentration in nutrient solution on the growth and contents of inorganic substances of Chinese leafy vegetables. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:47-51.
- Rayman, M.P. 2000. The importance of selenium to human health. The Lancet 356:233-241.
- Schrauzer, G.N. 2000. Selenomethionine: A review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. Journal of Nutrition 130:1653-1656.
- Spallholz, J.E. 2001. Selenium and the prevention of cancer. Part : Evidence for the carcinostatic activity of Se compounds. Bul. Selenium-Tellurium Dev. Assn. 1-6.
- Stanghellini, M.E. and J.A. Tomlinson. 1987. Inhibitory and lytic effects of a nonionic surfactant on various asexual stages in the life cycle of *Phythium* and *Phytophthora* species. Phytopathol. 77:112-114.
- Stanghellini, M.E. S.L. Rasmussen, D.H. Kim, and P.A. Roralbaugh. 1996. Efficacy of nonionic surfactants in the control of zoospores spread of *Phythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system. Plant Dis. 80:422-428.
- Terry N., A.M. Zayed, M.P. de Souza, and A.S. Tarun. 2000. Selenium in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51:401-32.
- Ximnez-Embun, P., I. Alonso, Y. Madrid-Albarrn, and C. Cmara. 2004. Establishment of selenium uptake and

- species distribution in lupine, Indian mustard, and sunflower plants. J. Agric. Food Chem. 52:832-838.
25. Yu, J.H., G.J. Choi, H.K. Lim, J.H. Kim, and K.Y. Cho. 2001. Influence of surfactants on foliar uptake of dimethomorph into cucumber plant and fungisidal activity to cucumber downy mildew. J. Kor. Soc. Agr. Chem. Biotechnol. 44:109-115.
26. Yun, H.K., T.C. Seo, C.H. Zhang, and H.Z. Huang. 2005. Effect of selenium application on growth and quality of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown hydroponically in perlite media. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:363-366.
27. Yun, H.K., T.C. Seo, D.K. Park, K.Y. Choi, and Y.A. Jang. 2004. Effect of selenium and concentration on growth and quality of endive and pak-choi in deep flow culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22:151-155.