

실파의 수경재배에 적합한 양액농도 구명

원재희* · 김상수 · 정병찬 · 박권우¹
강원도농업기술원, ¹고려대학교 원예과학과

Investigation of Optimal Ionic Concentration of Nutrient Solution for the Water Culture of Young Welsh Onion

Jae Hee Won*, Sang Soo Kim, Byung Chan Jeong, and Kuen Woo Park¹
Gangwon Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-939, Korea
¹Dept. of Horticultural Science, Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

Abstract. The purpose of this experiment was to investigate optimal ionic concentration of nutrient solution for water culture of young welsh onion (*Allium fistulosum*). For the purpose of clarification of optimal nutrient concentration to maximize growth of young welsh onion, different nutrient concentrations of Yamazaki's solution for welsh onion seedling (NO_3^- -N 9.0, NH_4^+ -N 3.0, PO_4^{3-} -P 6.0, K^+ 7.0, Ca^{2+} 2.0, Mg^{2+} 2.0, and SO_4^{2-} -S 4.4 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$) which selected by prior experiment were treated as 0.6, 1.2, 1.8, and 2.4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Increments of fresh weight, dry weight and top length were the highest in 1.2 and, in the next, were placed by the order of 1.8, 2.4, and 0.6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. The regression coefficients for the maximal growth of fresh weight of cv. 'Geumjanguedaepa' and 'Tokyokuro' were $y=-42.091x^2+171.79x+11.047$ ($R^2=0.8946$, $R=0.9458^*$) and $y=-50.069x^2+157.58x+15.414$ ($R^2=0.9343$, $R=0.9692^{**}$), respectively, and optimal EC levels according to regression coefficients were 1.68 and 1.57 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. As the conclusions, optimal nutrient levels for young welsh onion were 1.2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ EC in the early growth stage and 1.6~1.7 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ in the later growth stage.

Key words : electric conductivity, fresh weight, ionic concentration, regression coefficients

*Corresponding author

서 언

실파 수경재배는 현재 우리나라에서 도시근교를 중심으로 업체류 수경재배 농가들에 의해 쌈채소의 일부로서 담액순환식으로 재배되고 있다. 청정 고품질 신선 채소에 대한 소비자들의 요구가 증가하고 있는 추세에 따라 앞으로 우리나라에서도 실파 수경재배 면적이 늘어나리라 예상된다.

따라서 앞으로 실파 수경재배 전업농을 위한 재배기술을 확립함에 있어 주년생산을 위한 품종 특성(Udagawa, 1987; Kawashiro, 2001)과 양분 흡수 특성(Ikeda 등, 1985)에 대한 연구가 필수적이라고 할 수 있다.

수경재배에 있어서 적절한 양액을 공급하는 것은 작물의 생산에 있어서 중요한 문제로서 작물의 양분 흡

수 특성(Ikeda 등, 1985; Kafkafi, 1990)을 고려한 양액종류의 선택 및 적절한 이온 농도의 조절이 요구된다. 양액의 이온 농도에 있어서 작물의 종류, 생육단계, 작형, 배지 유무나 종류 및 양액의 급액방법 등에 따라 작물의 양분 흡수와 이에 따른 생육반응의 차이가 있기 때문에 작물의 특성에 맞게 조절해 줄 필요가 있다(Clark, 1982).

본 연구는 연중 재배작형용으로 선발한 수경재배용 실파 품종(Won 등, 2005b)과 선발한 양액종류인 싹파용 아마자키액(Won 등, 2005a)을 이용하여 최적 농도 수준을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험의 공시작물은 파(*Allium fistulosum*)로서 수

경제배용으로 선발한 ‘금장외대파(홍농종묘)’와 ‘토쿄구로(協和種苗)’ 2품종을 사용하여 2001년 1월 19일 파종하고 2월 7일 정식하여 3월 31일 수확하였다.

양액농도 처리는 양액종류 시험에서 선발한 야마자키 처방의 싹파 전용 양액(NO_3^- -N 9.0, NH_4^+ -N 3.0, PO_4^{3-} -P 6.0, K^+ 7.0, Ca^{2+} 2.0, Mg^{2+} 2.0, SO_4^{2-} -S $4.4 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$)을 이용하여 0.6, 1.2, 1.8, $2.4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 4수준으로 처리하였다.

재배방식은 플라스틱 사각 용기($40 \times 50 \times 15 \text{ cm}$)를 이용하여 담액식으로 처리하였고 근권에 산소를 공급하기 위하여 컴프레서를 이용하여 공기를 충분히 폭기시켰다. 파종방법은 발아세와 천립중을 환산하여 폴리우레탄 스폰지에 식재 구(block)당 활착개체수가 13~15주가 되도록 播種한 뒤 아크릴판으로 압착하여 발근 활착을 유도한 후 EC 약 $0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 농도에서 양액 육묘하여 자엽이 직립 후 본엽 1매 출엽기에 정식하였으며, 재식간격은 $10 \times 10 \text{ cm}$ 로 하였다.

pH와 EC는 보정하지 않고 배양액은 10일 간격으로 교환하였다. 식물체 시료를 10일 간격으로 채취하여 엽수, 초장, 경경, 구당 생체중, 건물중, 건물율, 엽록소 함량을 측정하였고 수확기에 무기물(전질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황) 함량을 측정하였다. 전질소 함량은 Kjeldahl법(2400 Kjeltech Analyzer Unit, Foss Co.), 인은 Vanadate법(Lamda Bio20, Perkin Elmer Co.), 그리고 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황 함량은 습식 분해($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) 후 ICP(Integra XMP, GBC Co.)

를 이용하여 분석하였다. 또한 배양액 내의 이온함량은 Ion Chromatography(DX-120, Dionex Co., Cation column: IonPacR CS12A, Anion column: IonPacR AS14)로 측정하였다. 시험구는 완전임의배치 3반복으로 처리하였고 통계처리는 SAS program(SAS Co. ver. 8.01)을 이용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다(SAS, 1985).

결과 및 고찰

생육을 보면(Table 1), 초장의 경우 두 품종 모두 $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 농도 수준을 제외한 나머지 $1.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이상의 처리 간에는 유의성이 없었다. 엽수의 경우 두 품종 모두 처리농도간 차이가 없었다. 엽폭의 경우 ‘금장외대파’는 $1.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가장 컸으며 나머지 처리 간에 차이가 없었으며, ‘토쿄구로’는 $1.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이상의 농도에서는 처리간 차이가 없었고, $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가장 작았다. 구당 생체중과 건물중은 ‘금장외대파’에서는 $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가벼웠으나 다른 처리구에서는 유의성있는 차이를 보이지 않았으며 ‘토쿄구로’에서도 $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리구에서 가장 가벼웠고 1.2와 $1.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준에서 무거웠다. 이와는 반대로 건물율의 경우 생체중과 건물중이 가장 저조하였던 $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준에서 가장 높았다. 비파괴법으로 측정한 상대적 엽록소 함량의 경우 진한 엽색을 보였던 고농도 처리구에서 높은 경향을 보였다. 그러나 잎끝마름증은 양액농도가

Table 1. The effects of nutrient concentrations on the growth of young welsh onion on the 50th day after transplanting.

Variety	EC ² ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top			Relative Chl content ⁷	Dryness of leaf tip ⁸	Leaf lodging ⁹
					Fresh wt (g/block)	Dry wt (g/block)	DM ratio (%)			
Keumjang-uedaepa	0.6	46.6 b ^v	4.2 a	4.9 b	78.1 b	5.34 b	6.84 a	42.5 c	0.2 c	0.0 b
	1.2	57.1 a	4.3 a	5.4 a	129.0 a	8.13 a	6.30 b	46.7 b	0.7 b	0.9 a
	1.8	56.5 a	4.1 a	5.2 b	121.4 a	7.29 a	6.00 c	50.5 a	0.8 b	1.1 a
	2.4	56.4 a	3.9 a	5.1 b	111.7 a	7.11 a	6.37 b	49.7 a	1.7 a	1.2 a
Tokyokuro	0.6	48.4 b	4.0 a	5.1 b	89.7 c	6.15 c	6.85 a	42.5 c	0.2 c	0.0 b
	1.2	58.4 a	4.4 a	5.5 a	139.1 a	8.97 a	6.45 b	50.1 b	0.6 b	1.2 a
	1.8	57.9 a	4.1 a	5.4 a	130.2 a	8.27 ab	6.35 b	52.3 ab	0.9 a	1.4 a
	2.4	56.3 a	4.0 a	5.3 ab	107.4 b	6.93 bc	6.45 b	53.9 a	1.2 a	1.4 a

¹Nutrient concentration of the Yamazaki's solution for welsh onion seedling

²Measured by chlorophyll meter (SPAD 502, Minolta Co.).

³Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

⁴Degree of leaf lodging (0 : none ~ 5 : very severe)

⁵Means separation within columns of each variety by DMRT, $P=0.05$

실파의 수경재배에 적합한 양액농도 구명

높아질수록 증가하는 경향이었고 0.6 dS·m⁻¹ 수준에서 가장 적었으며, 잎꺾임은 0.6 dS·m⁻¹ 수준에서는 발생하지 않았고 1.2~2.4 dS·m⁻¹ 수준 간에는 차이가 없었다. 결국 0.6 dS·m⁻¹ 수준은 상품성은 양호하나 생육이 부진하였고, 과도하게 양액농도가 높아지면 생육촉진 효과보다 상품성이 저하되는 경향을 보였다.

양액농도가 상승함에 따라 삼투압을 증가시키고 이는 뿌리로부터의 수분의 이동을 억제시킴으로써 수분 부족이나 불규칙한 수분의 공급을 초래할 수 있는데, 이러한 조건 하에서는 식물이 수분 스트레스를 받게

되어 결국 증산이 낮은 정단부위나 생장점과 같은 곳에서의 칼슘 부족을 야기하게 된다(Cresswell, 1991). 이러한 고농도 처리에서의 칼슘의 부족이 결국 잎끝마름증과 잎꺾임의 원인이 되었다고 여겨진다(Table 2).

생체중과 건물중의 경시적인 변화(Fig. 1)를 보면, 생육 초기에는 완만한 변화를 보여 처리 농도간에 차이가 거의 없었으나 처리 후 30일경부터 급격한 증가를 나타내었다. Zink(1962)는 봄과 여름에 잎파를 노지재배하여 각각 84일과 75일 후 수확하였을 때 생체중 변화와 무기양분의 흡수는 수확 전 21일 동안 생

Table 2. The mineral contents of young welsh onion by nutrient concentrations on the 50th day after transplanting.

Variety	EC ² (dS·m ⁻¹)	Total N	P	K	Ca	Mg	S
Keumjang- uedaepa	0.6	2.85 c ^y	0.76 b	4.80 c	1.65 a	0.48 a	0.39 a
	1.2	3.68 b	0.69 ab	5.54 b	1.15 b	0.40 b	0.28 a
	1.8	4.13 a	0.88 ab	5.95 a	1.12 b	0.42 b	0.25 a
	2.4	4.23 a	0.96 a	5.97 a	1.13 b	0.42 b	0.31 a
Tokyokuro	0.6	2.55 c	0.44 d	3.94 c	1.32 a	0.41 a	0.35 a
	1.2	3.49 b	0.65 c	4.91 b	1.11 b	0.38 ab	0.39 a
	1.8	3.93 a	0.77 b	5.16 a	0.92 b	0.37 b	0.36 a
	2.4	4.10 a	0.87 a	5.52 a	0.93 b	0.38 ab	0.39 a

²Nutrient concentration of the Yamazaki's solution for welsh onion seedling

^yMeans separation within columns of each variety by DMRT, P=0.05.

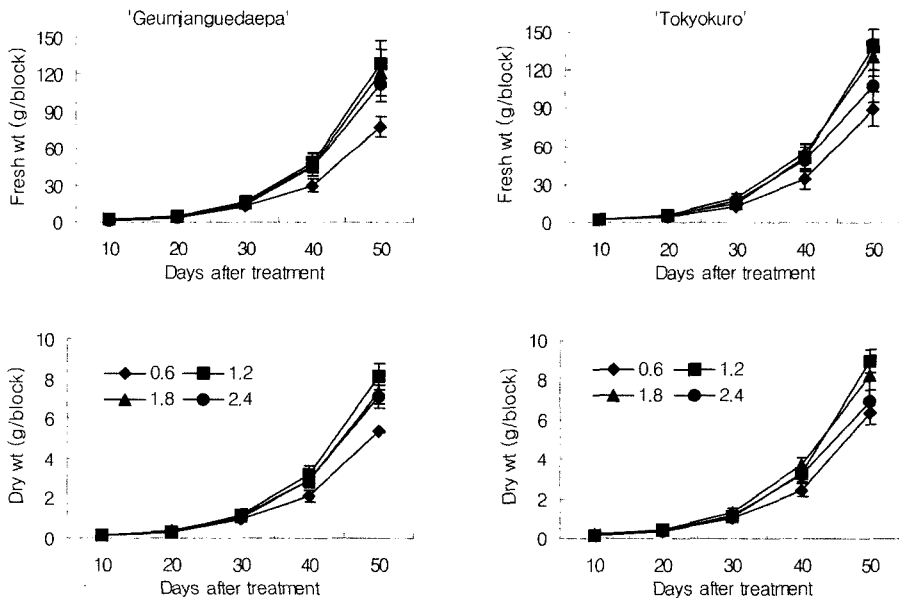


Fig. 1. The changes of the fresh and dry weights of young welsh onion by the different nutrient concentrations of Yamazaki's solution for welsh onion seedling. Nutrient concentration of Yamazaki's solution : 0.6, 1.2, 1.8 and 2.4 dS·m⁻¹, respectively. Vertical bars associated with each data point represent the SD (n=3).

체중의 72% 이상 증가하며 무기양분의 32% 이상을 흡수한다고 보고하였는데, 본 시험의 결과도 이와 유사하였다. 이러한 양상을 볼 때 배양액 관리시 생육속도가 더딘 초기에는 양액을 저농도로 유지하고 급격한 생육 속도를 나타내는 생육 중기 이후에 고농도로 유지하는 것이 좋으리라 여겨진다.

생체 내 무기물 함량을 보면(Table 2), 전질소와 인 및 칼륨은 양액 농도가 높아질수록 증가하였는데,

0.6 dS·m⁻¹에서 1.8 dS·m⁻¹ 수준까지는 뚜렷한 차이를 나타내었으나 2.4 dS·m⁻¹에서는 다소 둔화되어 1.8 dS·m⁻¹ 수준과는 통계적 유의성이 없었다. 칼슘은 저농도인 0.6 dS·m⁻¹ 수준에서 가장 높았는데, 이는 칼슘 이온이 water stream에 따른 수동적 흡수를 통해 많이 축적되고 또한 낮은 농도로 인해 다른 양이온 간의 길항작용에 의한 흡수 저해도 거의 없었던 데 기인한 것으로 여겨진다(Mengel과 Kirkby, 1979; Cresswell,

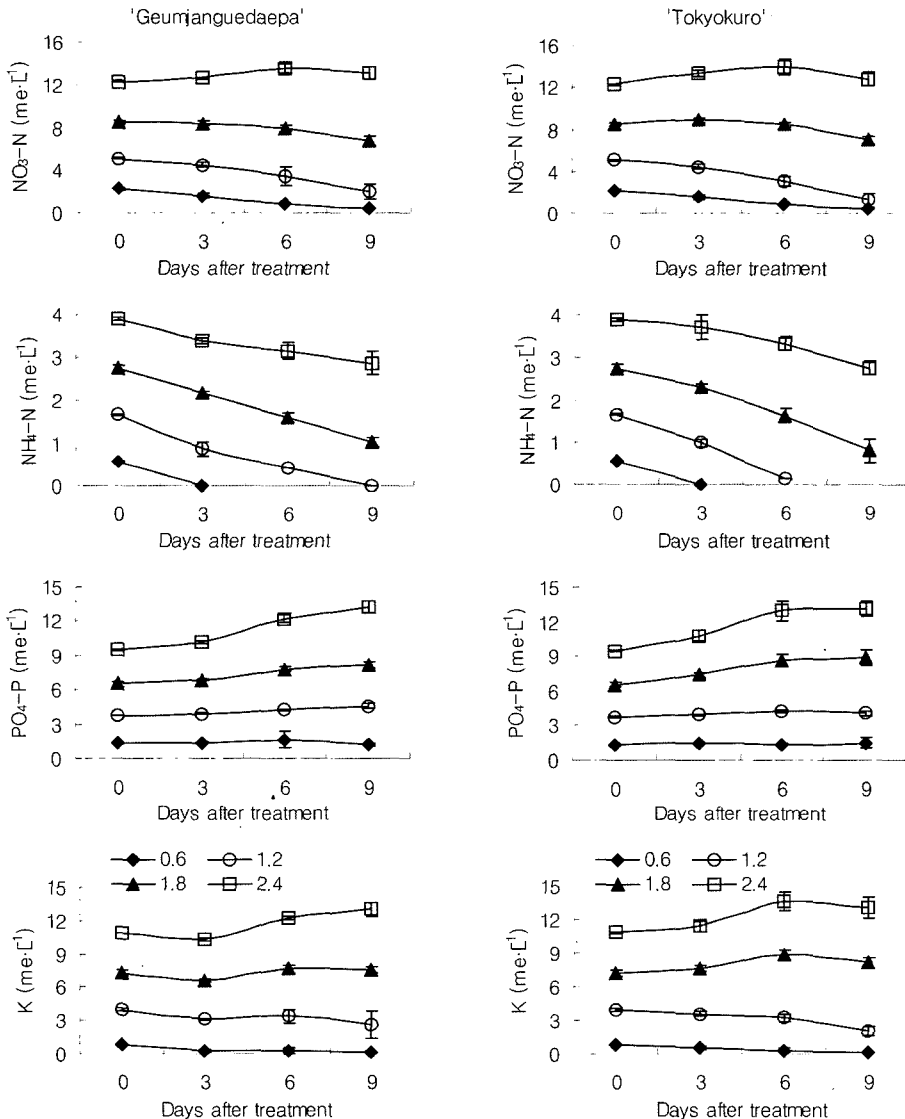


Fig. 2. The changes of macronutrient concentrations within nutrient solution by the different nutrient concentrations of Yamazaki's solution for welsh onion seedling. Nutrient concentration of the Yamazaki's solution : 0.6, 1.2, 1.6 and 2.4 dS·m⁻¹, respectively. Nutrient solutions were sampled every 3 days after renewal on the 40th day after transplanting. Vertical bars associated with each data point represent the SD (n=3).

실파의 수경재배에 적합한 양액농도 구명

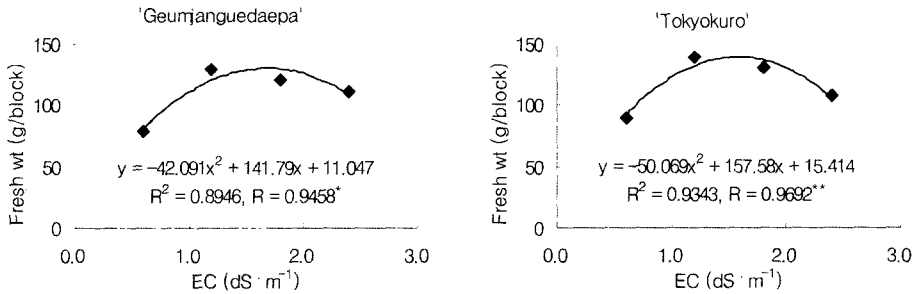


Fig. 3. The regression coefficient of the nutrient concentration for the maximal growth of young welsh onion. The maximal values of each equation were 1.68 and 1.57 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, respectively.

1991). 이러한 칼슘 축적은 고농도 처리구와 비교할 때 높은 건물율과 낮은 잎끝마름증 및 잎꺾임 발생과 관계가 있는 것으로 사료된다(Namai와 Togashi, 1991).

이온별 양액 내 농도를 생육 후기에 3일 간격으로 측정된 결과(Fig. 2), 질산태 질소의 경우 $2.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리에서는 농도가 다소 상승하였으나 $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구에서는 다소 감소하는 추세였고 0.6 과 $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구에서 지속적으로 감소하여 $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구의 경우 양액교환 후 6일째에는 대부분 흡수되었다. 암모니아태 질소는 모든 처리구에서 감소하였으며 특히 $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구의 경우 3일 후, $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구에서는 6일 후에 완전히 흡수되어 암모니아태 질소의 부족 상태가 되었다. 인산의 경우 0.6 과 $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구의 경우 처리시와 유사한 수준의 농도를 유지하였으나 1.8 과 $2.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구에서는 증가 추세를 보였다. 칼륨 이온의 경우 0.6 과 $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구의 경우 감소하였으나 1.8 과 $2.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구에서는 다소 증가하는 추세였다.

결국 생육 후기 양액 내 이온별 농도의 변화 중에서 특히 암모니아태 질소는 모든 처리 수준에서 농도가 저하되었으며 이에 따라 농도 변화폭이 가장 심하였는데, 이러한 특성 역시 파가 질산태 질소보다는 암모니아태 질소를 선호하는 질소 흡수 특성이 있는 작물이라는 것을 시사한다(Ikeda 등, 1985). 대체로 질산태 질소의 공급이 많을 경우에 실파의 직립성이 떨어지며 암모니아태 질소의 공급이 많아야 실파의 직립성이 증가된다고 보고되어 있다(Ikeda 등, 1985; Park 등, 1994). 암모니아태 질소를 제외한 나머지 이온들의 변화를 볼 때, $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구의 각 이온 농도는 지속적으로 감소하는 추세로서 이 수준의 양액 공

급은 실파의 생육에 부족하며, 반면에 각 이온의 농도가 지속적으로 증가한 $2.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리구는 과도한 수준이라고 판단된다. 따라서 $1.2\sim 1.8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준의 범위에서 양액의 공급이 실파의 양액재배에 적절한 수준이라고 여겨진다.

생육 중·후기에 최대 수량을 위한 적정 양액농도를 구하기 위하여 처리 후 50일째의 구당 생체중을 이용하여 2차 회귀곡선식을 도출한 결과(Fig. 3), ‘금장외대파’와 ‘토요구로’ 각각 $y = -42.091x^2 + 141.79x + 11.047$ ($R^2 = 0.8946$, $R = 0.9458^*$)와 $y = -50.069x^2 + 157.58x + 15.414$ ($R^2 = 0.9343$, $R = 0.9692^{**}$)이었고, 이 회귀곡선식에 따른 최대값은 ‘금장외대파’의 경우 $1.68 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준이었고, ‘토요구로’의 경우 $1.57 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준이었다. 그러므로 생육 초기에는 양액을 $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준의 저농도로 유지하고 정식 후 30일경인 생육 중기 이후에 $1.6\sim 1.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준의 고농도로 유지하는 것이 효율적이라 여겨진다(Zink, 1962). 다만, 이러한 적정 양액농도 수준은 계절적 변동을 고려하지 않은 것으로 본 시험의 경우 봄에 유리온실에서 재배하였으므로 여름과 겨울에 양액농도 수준의 가감이 필요할 것이다.

적 요

실파용으로 적정 양액농도를 구명하고자 수경재배용으로 선발한 ‘금장외대파’와 ‘토요구로파’ 품종을 공시하여 담액식으로 하여 시험을 수행하였다. 양액종류 시험을 통해 선발된 아마자키 처방의 실파 전용 양액 ($\text{NO}_3^- \text{-N}$ 9.0, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 3.0, $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 6.0, K^+ 7.0, Ca^{2+} 2.0, Mg^{2+} 2.0, $\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$ 4.4 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)을 이용하여 EC 0.6, 1.2, 1.8, $2.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 4수준으로 처리한 결

과 초장, 구당 생체중과 건물중에 있어서 두 품종 모두 EC 1.2, 1.8, 2.4, 0.6 dS·m⁻¹ 순으로 양호하였다. 최대 생체중을 위한 ‘금장외대파’와 ‘토쿄구로파’의 2차 회귀곡선식은 $y = -42.091x^2 + 171.79x + 11.047$ ($R^2 = 0.8946$, $R = 0.9458^*$)와 $y = -50.069x^2 + 157.58x + 15.414$ ($R^2 = 0.9343$, $R = 0.9692^{**}$)이었고, 이에 따른 적정 양액농도는 각각 1.68 dS·m⁻¹과 1.57 dS·m⁻¹ 수준이었다. 따라서 실파 수경재배시 생육 초기에는 양액을 1.2 dS·m⁻¹ 수준의 저농도로 유지하고 정식 후 30일경인 생육 중기 이후에는 1.6~1.7 dS·m⁻¹ 수준의 농도로 유지하는 것이 효율적이라 여겨진다.

주제어 : 생체중, 이온농도, 전기전도도, 회귀계수

인 용 문 헌

- Clark, R.B. 1982. Effects of various factors on nutrient composition of plants. Handbook of nutrient and food. CRC Press, Florida, USA.
- Cresswell, G.C. 1991. Effect of lowering nutrient solution concentration at night on leaf calcium levels and the incidence of tipburn in lettuce (var. Gloria). J. Plant Nutr. 14:913-924.
- Ikeda, H., Y. Yoshida, and T. Osawa. 1985. Effects of ratios of NO₃⁻/NH₄⁺ and temperature of the nutrient solution on growth of Japanese honewort, garland chrysanthemum and welsh onion. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 54:58-65 (In Japanese).
- Kafkafi, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio NO₃⁻/NH₄⁺ effect on plant development. J. Plant Nutr. 13:1291-1306.
- Kawashiro, H. 2001. Cultivar of welsh onion. p. 1010-1014. In: S. Nishi et al. (eds.). Handbook of vegetables. 2nd ed. Yokendo Press, Tokyo, Japan (In Japanese).
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1979. Principles of plant nutrition, 2nd Ed. Int. Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Namai, T. and J. Togashi. 1991. Leaf blight in welsh onion (*Allium fistulosum*) grown by water-culture. Bulletin of the Yamagata University. Agricultural Science 11(2):271-277 (In Japanese).
- Park, K.W., J.H. Lee, and M.H. Chiang. 1994. Effects of NO₃⁻-N:NH₄⁺-N ratio in nutrient solution on the growth and quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.). J. Bio-Env. Con. 3(2):99-105 (In Korean).
- SAS. 1985. SAS/STAT User's guide. SAS Institute. Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Udagawa, Y. 1987. Cropping system and cultivar of welsh onion. p. 545-547. In: T. Ito (eds.). The cultivation technique of vegetables. Seimontosinkosha Press, Tokyo, Japan (In Japanese).
- Won, J.H., S.J. Jeon, S.S. Kim, and K.W. Park. 2005a. Selection of proper nutrient solution existing for the water culture of young welsh onion. J. Bio-Env. Con. 14(4):263-268 (In Korean).
- Won, J.H., S.S. Kim, S.Y. Ahn, and K.W. Park. 2005b. Selection of desirable varieties for the year-round water culture of young welsh onion. J. Bio-Env. Con. 14(4):254-262 (In Korean).
- Zink, F.W. 1962. Growth and nutrient absorption of green bunching onions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 80: 430-435.