당근 수경재배시 생육 및 품질에 미치는 배양액 조성 및 농도

오동규¹ · 차미경¹ · 조영열^{1,2*}

¹제주대학교 원예환경전공 · ²제주대학교 아열대농업생명과학연구소

Composition and EC of Nutrient Solution on Growth and Quality of Carrot (*Daucus carota* L.) in Hydroponics

Dong-Gyu Oh¹, Mi-Kyung Cha¹, and Young-Yeol Cho^{1,2*}

¹Major of Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Abstract. Carrot leaves have many nutrients as well as roots, which will increase the demand for carrot leaves in the future. This study was carried out by dividing into two stages: high temperature and low temperature periods, in order to investigate the possibility of cultivation of carrot leaves and the composition and EC of the nutrient solution for growth and quality of carrot leaves. Composition of nutrient solution($\text{NO}_3\text{-N}$: 16.0, $\text{NH}_4\text{-N}$: 1.0, P: 1.0, K: 11.0, Ca: 2.0, Mg: 1.0, $\text{SO}_4\text{-S}$: 1.0 $\text{mM}\cdot\text{L}^{-1}$) developed by analysis of plant. In the high temperature range (From June 29th to Sep. 8th, 2016), the concentration of the developed nutrient solution (JNU) were 1.0, 2.0, 3.0, and 4.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ and the concentration of nutrient solution of Japanese Horticultural Station(JHS) 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ was used for comparison. In the low temperature range (From Dec. 31st, 2015 to Feb. 29th, 2016), the concentration of the developed nutrient solution 1.0, 2.0, and 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ were used. Growth was investigated in root fresh and dry weights, shoot fresh and dry weights, leaf number, and leaf area of carrot. In the high temperature range, the leaf area and shoot fresh and dry weights were good at 1.0 and 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. The sugar content of the root was the highest at the EC 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, and the chlorophyll content was the highest at the EC 4.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. In the low temperature range, The shoot fresh and dry weights were the highest at EC 1.0 and 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. There was no significant difference in sugar content and chlorophyll content. As a result, from the viewpoint of growth and quality of carrot, it is good to cultivate EC 1.0 and 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ in high temperature period and low temperature period, but EC 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ is economical perspective such as fertilizer input.

Additional key words : chlorophyll, greenhouse culture, shoot fresh weight, sugar content

서 론

당근은 전 세계적으로 많이 재배되고 있는 채소 중 하나이며, 13세기 후반에 중국에 도입되었고 국내 당근의 재배면적은 1970년대의 522ha부터 시작하여 1980년대부터 재배면적이 증가하였고 1990년대에는 5,500ha까지 증가하다가 2000년대 후반에는 약 2,500ha까지 감소하였다(MIFAFF, 2009). 2015년 전국의 당근 재배면적은 약 3,114ha이고 총 생산량은 118,594톤이며, 특히 제주도에서 월동작물로 집중적으로 재배되고 있는데, 이는 전체 재배면적과 총 생산의 약 50%에 이르고 있다(KOSIS, 2015). 제주도 내에서도 당근은 폐사도 지역인

구좌읍과 화산회토 지역인 성산읍을 중심으로 재배되고 있다(Hur 등, 1997). 제주도에서는 7~8월에 파종하여 12월부터 이듬해 3월까지 재배하여 수확하는 긴 재배 작기를 가지고 있다(Park 등, 2002). 따라서 1년에 1작기 재배만 이루어지고 있어서 농지의 이용 효율성이 다소 떨어지는 결과를 가져오고 있다. 뿐만 아니라 당근은 해마다 소비량 대비 생산량이 많아 잉여 산물이 생기고 있으며, 이에 따른 가격 하락으로 인하여 농가에 경제적 피해가 발생하고 있는 실정이다.

당근은 우리 몸에 좋은 영양성분, 특히 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E 그리고, 비타민 B1, B2, B6 등의 비타민과 α -carotene, provitamin A의 전구물질이라 알려진 β -carotene 뿐만 아니라, lutein과 같은 carotenoid 성분을 풍부하게 함유하고 있어 영양학적으로 우수한 작물이다(Lee 등, 2015; Shin과 Bae, 2001). 당근 뿌리와 함께 당근의 잎도 또한 다양한 기능성 물질을 함유하고 있다.

*Corresponding author: yycho@jejunu.ac.kr

Received January 09, 2017; Revised August 29, 2017;

Accepted September 05, 2017

녹색 채소류는 주로 리놀렌산 형태로 함유되어 있는 오메가-3 불포화 지방산 함량이 상대적으로 높는데, 특히 당근 앞에는 이러한 성분이 많이 함유되어 있다고 보고된 바 있다(Almeida 등, 2009). 그러나 당근 앞은 영양소의 파괴가 많은 형태인 건조한 차 형태로 제한적으로 유통 및 소비되고 있으며, 생식으로의 이용은 보편적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한 당근을 대상으로 하는 많은 연구들은 뿌리의 생육 특성에만 국한되어 있어 당근의 앞에 관한 연구는 부족한 실정이다(Lee 등, 2015; Park 등, 2002). 때문에 당근 앞의 생육에 적합한 재배 방식에 대한 연구가 요구된다.

당근의 생육별 양분의 흡수량상을 보면 파종 후 70일 까지의 생육 초기상태에서는 전생육기간에 흡수하는 양분의 약 4%의 적은 양을 흡수하고, 이후 30일 까지 약 27%, 다음 30일까지 약 69% 인 대부분을 흡수한다(Hwang 등, 1997). 따라서 당근재배에 있어 효과적인 시비 방법은 생육초기보다는 생육 후기에 양분을 보다 높은 수준으로 유지해 주는 것이다. 그래서 생육 시기에 따라 시비를 조절해 주면서 재배를 하는 것이 당근재배에 보다 좋은 방법이 될 것이며, 수경재배에 적용할 경우에도 시비조절을 하는 것이 바람직하리라 본다. 그러나, 당근의 앞을 연약한 상태에서 이용할 경우, 생육 초기에 수확하는 것이 좋을 것으로 판단되기 때문에, 배양액 관리 기술은 이용부위에 따라 달라져야 할 것으로 본다.

따라서 본 연구는 온실에서 당근의 앞을 연중 생산하기 위해 적합한 배양액의 조성 및 농도를 알아보고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 고온기 시험재료 및 수경재배

시험 재료는 ‘양면 5촌’(Yangmyeon5chon, Koregon Co., Korea) 품종을 이용하였고, 시험기간은 2015년 6월 29일부터 9월 8일 까지 72일간 수행하였다.

2015년 6월 29일 한 포트 당 버미큘라이트(Vermiculite, GFC Co., Korea) 400±50ml를 채우고 종자 3립씩 파종하여 저면 관수하였다. 발아가 시작된 이후인 7월 8일에 포트 당 1주씩만 남기고 나머지는 솎아 주었다. 7월 29일부터 50L짜리 물 탱크에 플라스틱 트레이를 놓고, 하나의 트레이당 11개의 화분을 두었다. 오전 10시부터 10분간 모터를 이용해 트레이로 물을 올려 저면 관수하였으며, 시험은 4반복으로 수행 하였다. 양액은 엽채류의 수경재배에 보편적으로 이용되고 있는 일본 원예시험장 배양액(NO₃-N: 16, NH₄-N: 1.33, P: 4, K: 8, Ca: 8, Mg: 4, SO₄-S: 4 mM·L⁻¹)을 대조구로 하였고, 시험구는

식물체 내 다량원소의 적정함량을 기준으로 하여 개발한 당근 전용 배양액을 사용하였다(NO₃-N: 16, NH₄-N: 1, P: 1, K: 11, Ca: 2, Mg: 1, SO₄-S: 1 mM·L⁻¹). 대조구의 배양액은 일본 원예시험장 배양액으로, 2.0dS·m⁻¹로 하였고, 개발한 당근 전용 배양액의 경우 1.0, 2.0, 3.0, 그리고 4.0dS·m⁻¹의 농도로 하였다. 모든 처리구의 배양액 산도는 pH 5.5-6.5로 관리하였다.

온도와 상대습도 및 이산화탄소 센서(SH-VT250, Soha-tech Co., Korea)와 데이터 수집장치(CR-23, Campbell Scientific, Logan UT, USA)를 이용하여 매 10분 마다 평균하여 1시간마다 환경자료를 수집하였다. 실험기간 동안의 온실 내부의 온도는 18.9-51.6°C(평균 30.6°C), 상대습도는 19.8-93.9%(평균 68%)와 이산화탄소농도는 546-992μmol·mol⁻¹(평균 622μmol·mol⁻¹) 범위였다.

당근 생육조사는 7월 29일, 8월 19일, 그리고 9월 8일에 각 처리당 8주의 식물체를 생육조사 하였다. 생육조사 항목은 뿌리의 생체중과 건물중, 지상부의 생체중과 건물중, 엽수 및 엽면적이었다.

2. 저온기 시험재료 및 수경재배

겨울철 온실에서 당근의 생육 및 적합한 배양액 농도에 대해 알아보고자 시험 하였다. 시험 재료는 코레콘사의 ‘양면 5촌’ 품종을 이용하였고, 시험기간은 2015년 11월 20일부터 2016년 02월 29일 까지 102일간 이었다.

2015년 11월 20일 한 포트 당 버미큘라이트(Vermiculite, GFC Co., Ltd., Korea) 400±50mL를 채우고 저온기 발아를 고려해 5립씩 파종하여 1주만 이용하고 나머지는 솎아주어 포트를 저면 관수하며 41일간 육묘하였다. 12월 31일부터 50L 물 탱크에 플라스틱 트레이를 놓고, 하나의 트레이당 11개의 화분을 두었다. 오전 10시부터 10분간 모터를 이용해 트레이로 물을 올려 저면 관수하였으며, 실험은 4반복으로 수행되었다.

배양액은 개발한 당근 전용 배양액을 이용하였으며, 배양액의 농도는 개발한 당근 전용 배양액 1.0, 2.0, 그리고 3.0dS·m⁻¹의 농도로 하였다. 모든 처리구의 배양액은 pH 5.5-6.5로 관리하였다.

온도와 상대습도 및 이산화탄소 센서(SH-VT250, Soha-tech Co., Ltd., Korea)와 데이터 수집장치(CR-23, Campbell Scientific, Logan UT, USA)를 이용하여 매 10분 마다 평균하여 1시간마다 환경자료를 수집하였다. 실험기간 동안의 온실 내부의 온도는 7.0-46.1°C(평균 16.9°C), 상대습도는 12.8-92.9%(평균 63.5%)와 이산화탄소농도는 508-1209μmol·mol⁻¹(평균 663μmol·mol⁻¹) 범위였다.

당근 생육조사일인 2015년 12월 31일, 2016년 02월 05일, 그리고 2월29일에 각 처리당 5주의 식물체를 수거, 생육조사 하였다. 생육조사 항목은 뿌리의 생체중과 건물중, 지상부의 생체중과 건물중, 엽수 및 엽면적이었다.

3. 당근 당도와 엽록소 함량 분석

수확된 식물체의 당 함량을 측정하기 위해 처리당 3주의 식물체를 믹서를 이용해 마쇄 후 당도계(Poket refractometer, ATAGO, Japan)를 이용해 측정하였다. 1차시험의 2015년 9월 16일인 경우 지하부만을 측정했으며, 2차시험은 2016년 2월 29일 지상부와 지하부 모두 측정하였다.

마지막 생육조사 시에는 엽록소 함량 분석을 위해 0.1g의 식물체 당 40ml의 80% 아세톤을 추출 용매로 하여 냉장 상태에서 24시간 이상 저온저장 하였다. 이후 Homogenizer(PRO-200 Homogenizer, PRO Scientific Inc. Oxford, CT USA)를 이용, 분쇄 후 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science Industrial, Korea)로 25분간 10,000rpm에서 원심분리 한 후 상등액을 채취, syringe filter(chromafil Xtra PET-45/25, Macherey-Nagel, Germany)를 이용하여 여과 하였다. 추출된 엽록소의 정량을 위해 Spectrophotometer(UV-2600, Shimadzu, Japan)를 이용해 663nm와 645nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 값은 아래의 식을 이용, chlorophyll a와 b 및 전체 chlorophyll의 함량을 계산하였다(Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7 \cdot A_{663} - 2.69 \cdot A_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9 \cdot A_{645} - 4.68 \cdot A_{663}$$

$$\text{Total chlorophyll} = 20.21 \cdot A_{645} + 8.02 \cdot A_{663}$$

4. 통계분석

모든 처리구는 완전임의배치하였으며, 반복수는 4반복 처리하였다. 통계처리는 SAS 9.4(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용, 95% 수준에서 Duncan다중검정으로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 고온기 배양액 농도에 따른 당근 생육

일본 원예시험장 배양액 EC 2.0dS·m⁻¹과 개발 배양액 EC 1.0, 2.0, 3.0, 그리고 4.0dS·m⁻¹으로 하여 처리 후 41일 동안 고온기에 생육을 비교 시험한 결과는 Table 1과 같다. 배양액 조성 요인에 따른 모든 생육 항목간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다 배양액 농도 요인에 따른 엽수, 지상부 생체중과 지상부 건물중간에는 유의적인 차이를 보였다. 그러나, 생육에 대해 배양액 조성 과 농도의 상호작용간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 배양액의 농도가 높을수록 생육이 좋지 않았다. 이러한 결과는 Hwang 등(1997)의 결과와 같았다. 즉, 생육 초기에 매우 적은 양의 양분을 요구하기 때문에, 초기의 높은 배양액 농도(2.0dS·m⁻¹ 이상)는 생육에 역효과를 보이는 것으로 판단되었다. 고온기 당근 생육을 위한 배양액 농도는 2.00dS·m⁻¹이하로 관리하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

당근의 당도와 엽록소 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 당근 뿌리의 당도는 배양액 농도 2.0dS·m⁻¹ 처

Table 1. Effects of nutrient solution and electrical conductivity on the growth characteristics of carrot at 41 days after treatment(Sep. 8, 2015).

Nutrient solution ^z	EC (dS·m ⁻¹)	Number of leaves (ea/plant)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
JHS	2.0	11.6	951 ab ^y	42.3 ab	30.9 ab	6.8 bc	3.9
JNU	1.0	11.6	1156 a	55.9 a	39.1 a	8.9 a	5.6
	2.0	10.6	1007 ab	49.0 a	33.2 ab	7.8 ab	4.6
	3.0	12.8	798 bc	33.6 bc	32.9 ab	5.8 bc	5.2
	4.0	11.0	657 c	27.8 c	23.2 b	4.9 c	3.2
Significance ^x							
Nutrient solution(A)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
EC (B)		NS	**	***	NS	**	NS
A × B		NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zJHS: Nutrient solution of Japanese Horticultural Station and JNU: nutrient solution of Jeju National University.

^yMeans within column followed by the same letters are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^xNS, **, *** : Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, and 0.001 respectively.

Table 2. Effects of nutrient solution and EC on sugar and chlorophyll contents of carrot at 41 days after treatment(Sep. 8, 2015).

Nutrient solution ^z	EC (dS·m ⁻¹)	Total soluble Solids of root (°Brix)	Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)		
			a	b	Total
JHS	2.0	13.8 a ^y	3.6 b	1.1 b	4.7 b
JNU	1.0	8.4 d	2.3 d	0.8 c	3.1 d
	2.0	13.1 ab	3.5 b	1.0 b	4.5 b
	3.0	10.7 c	2.9 c	1.1 b	4.0 c
	4.0	11.5 bc	4.7 a	1.4 a	6.1 a
Significance ^x					
Nutrient solution(A)		***	NS	NS	NS
EC (B)		***	***	***	***
A × B		NS	NS	NS	NS

^zJHS: Nutrient solution of Japanese Horticultural Station and JNU: nutrient solution of Jeju National University.^yMeans within column followed by the same letters are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.^xNS, *** : Nonsignificant or significant at $p \leq 0.001$. **Fig. 1.** Non-marketable roots of carrot grown under different nutrient solutions and ECs at high temperature period. A: JHS 2.0 dS·m⁻¹, B: JNU 3.0 dS·m⁻¹, and C: JNU 4.0 dS·m⁻¹.

리구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였다. 당근 잎의 엽록소 함량은 배양액의 조성에 따른 유의적인 영향은 없었으나 배양액의 농도의 경우 고도로 유의한 경향을 보였다. 그러나, 배양액조성과 농도 간의 상호작용에 대한 유의적인 차이는 없었다. 엽록소 함량은 배양액 농도 4.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 높은 수치를 보였다. Choi와 Lee(2001)는 배양액 농도가 증가할수록 잎상추의 엽록소 함량은 증가한다고 보고한 것과 같은 결론을 얻었다. 배양액 농도가 높아짐에 따라 열근과 기근이 발생되었다(Fig. 1). 일본 원예시험장 배양액을 2.0dS·m⁻¹의 농도로 관리했을 때는 총 수확량 중 약 4%, 개발 배양액 3.0과 4.0dS·m⁻¹ 처리

구에서는 각각 7%씩 발생하였다. 그러나 개발 배양액 2.0dS·m⁻¹의 농도 처리구에서는 열근과 기근을 발생하지 않았다(자료미제시). 당근 재배에서 열근과 기근의 발생은 전체적인 수량과 품질을 감소시키는 결과를 가져온다(Orzolek과 Carrol, 1978).

또한 실험 중 EC 3.0과 4.0dS·m⁻¹에서 생육 중반부터 잎 끝이 마르는 생육장애 현상이 나타나기 시작하였으며, 생육 종료일(2015년 9월 8일)에는 처리구 내의 대다수의 식물체에서 잎 끝이 마르는 현상이 발견되었다(자료 미제시). 따라서, 고온기 당근 품질을 위한 배양액 농도는 2.0dS·m⁻¹로 관리하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

Table 3. Effect of EC on the growth characteristics of carrot at 24 days after treatment (Feb. 29, 2016).

EC (dS·m ⁻¹)	Number of leaves (ea/plant)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
			Shoot	Root	Shoot	Root
1.0	7.7	365.0 a ²	15.7 a	22.6 a	2.4 a	2.0 a
2.0	7.8	337.2 a	15.4 a	19.0 ab	2.4 a	1.8 a
3.0	7.8	277.1 b	11.3 b	15.1 b	1.8 b	1.4 b

²Means within column followed by the same letters are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 4. Effect of electrical conductivity on sugar and chlorophyll contents of carrot at 24 days after treatment (Feb. 29, 2016).

EC (dS·m ⁻¹)	Total soluble solids (°Brix)		Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)		
	Shoot	Root	a	b	Total
1.0	8.8	8.5 a ²	4.0	1.5	5.5
2.0	8.8	8.1 b	4.3	1.7	6.0
3.0	8.7	8.8 a	4.9	1.7	6.5

²Means within column followed by the same letters are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

2. 저온기 배양액 농도에 따른 당근 생육

저온기에 개발 배양액 EC 1.0, 2.0, 그리고 3.0 dS·m⁻¹을 처리 후 24일 동안 비교 실험한 생육 결과는 Table 3과 같다. 엽수의 경우 모든 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 엽면적과 지상부 생체중과 건물중 및 지하부 생체중과 건물중간에는 배양액 농도에 따라 유의적 차이를 보였다. 엽면적과 지상부 생체중과 건물중 및 지하부 생체중과 건물중은 배양액 농도 2.0 dS·m⁻¹ 이하에서 높게 나타났다.

당근의 당도와 엽록소 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 당근 잎의 당도는 배양액 농도에 따른 유의적 차이가 없었다. 그러나 당근 뿌리의 경우, 배양액 농도 EC 1.0과 3.0 dS·m⁻¹에서 높았고 EC 2.0 dS·m⁻¹에서 8.1 °Brix로 낮게 나타났다. 엽록소 함량에서는 각 배양액 농도 처리구별 유의적인 차이는 없었다. Choi와 Lee(2001)의 보고처럼, 배양액 농도가 증가할수록 엽록소 함량도 증가한다고 하였지만, 고온기와 저온기에 따른 엽록소 함량 결과가 다른 것으로 판단해 볼 때, 당근의 엽록소 함량은 광도가 영향을 주는 것으로 판단되었다. 고온기에서는 배양액의 농도가 3.0 dS·m⁻¹ 이상일 때 뿌리에 열근과 기근이 발생한 반면, 저온기에서는 3.0 dS·m⁻¹ 처리에서도 열근이나 기근이 발생하지 않았다(자료미제시). 지상부의 잎 끝이 마르는 증상 또한 발생하지 않았다. 저온기에 온실에서 당근을 재배할 때에는 지상부와 지하부의 생육, 품질 특성을 고려하면 개발한 당근 전용 배양액 2.0 dS·m⁻¹ 이하가 가장 적합한 것으로 판단되었다.

고온기와 저온기 당근 수경재배를 위한 적정 배양액

조성은 개발된 배양액이 좋을 것으로 판단되며, 배양액 농도는 비료 투입에 따른 경제성을 고려할 때, 1.0 dS·m⁻¹에서 처리하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

적 요

당근 앞에는 뿌리와 마찬가지로 다양한 영양성분이 함유되어 있어 앞으로 당근 잎의 필요성이 더욱 증대될 것이다. 본 연구는 수경재배로 온실에서의 당근 잎의 연중 재배 가능성과 생육에 적합한 배양액의 조성 및 농도를 구명하고자 고온기와 저온기로 나누어 수행되었다. 배양액은 식물체내 다량원소의 적정 함량기준으로 개발한 당근 전용배양액(NO₃-N:16.0, NH₄-N:1.0, P:1.0, K:11.0, Ca:2.0, Mg:1.0, SO₄-S:1.0 mM·L⁻¹)을 사용하였다. 배양액은 고온기(2015년 7월 29일부터 9월 8일)에는 개발된 당근 전용 배양액 농도 1.0, 2.0, 3.0, 그리고 4.0 dS·m⁻¹로 처리하였으며, 대조구로 일본원예시험장 배양액 농도 2.0 dS·m⁻¹로 처리하여 생육을 비교하였다. 저온기(2015년 12월 31일부터 2016년 2월 29일)에는 개발 배양액 1.0, 2.0, 그리고 3.0 dS·m⁻¹로 처리하여 생육을 비교하였다. 생육조사 항목은 지하부의 생체중과 건물중, 지상부의 생체중과 건물중 및 엽수, 엽면적을 조사하였다. 고온기 재배 기간 동안, 엽면적과 지상부 생체중과 건물중은 배양액 농도 1.0과 2.0 dS·m⁻¹에서 좋았다. 지하부의 당도는 배양액 농도 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 높았으며, 엽록소 함량은 배양액 농도 4.0 dS·m⁻¹에서 가장 높았다. 저온기 재배 기간 동안, 지상부 생체중과 건물중

은 배양액 농도 1.0과 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 높게 나타났다. 지상부에서 당도와 엽록소 함량은 배양액 농도에 따른 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 생육과 품질적인 면에서 볼 때 고온기와 저온기 재배에서는 배양액 농도 1.0과 2.0 dS·m⁻¹에서 좋으나, 비료 투입적인 경영 측면에서 배양액 농도 1.0 dS·m⁻¹에서 재배하는 것이 좋은 방법이라 판단되었다.

추가 주요어 : 엽록소, 온실재배, 지상부 생체중, 당도

Literature Cited

- Almeida, V.V., E.G. Bonafé, E.C. Muniz, M. Matsushita, N.E. Souza, and J.V. Visentainer. 2009 Optimization of the carrot leaf dehydration aiming at the preservation of omega-3 fatty acids. *Química Nova* 32:1334-1337.
- Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15.
- Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2001. Effect of electrical conductivity of nutrient solution on tipburn incidence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a plant factory using an artificial light source. *Hortic. Environ. Biotech.* 42:53-56.
- Hur, T.H., Y.B. Park, J.J. Chang, and K.T. Kim. 1997. Effect of weathered sandy shell application on growth, vitamin A and sugar contents of carrot. *Korean J. Hortic. Sci.* 38:93-97 (in Korean).
- Jang, Y.A., J.G. Lee, Y.C. Um, S.Y. Kim, S.S. Oh, and S.H. Cha. 2010. Effects of nutrient solution cooling on fruit setting and yield of paprika in summer hydroponics. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 28:58-59 (Abstract).
- KOSIS (2015) Open field vegetable cultivation area. 1975-2016.
- Lee, J., M.S. Chang, and G.H. Kim. 2015. Quality characteristics and antioxidant activities of organically and conventionally grown carrot. *J. Korean Soc. Food cult.* 30:778-782 (in Korean).
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2009. Greenhouse status of establishment vegetable and results of vegetables production in 2008. <http://www.mifaff.go.kr>.
- Orzolek, M.D. and R.B. Carrol. 1978. Yield and secondary root growth of carrots as influence by tillage system, cultivation and irrigation. *J. American Hortic. Sci.* 103:236-239.
- Park, Y.B., Y.D. Kim, and J.S. Moon. 2002. The effect of seeding date and mulching method on the growth and yield of spring carrot in Jeju island. *J. Subtropical Agri. and Biotech.* 18:1-5 (in Korean).
- Shin, M.O. and S.J. Bae. 2007. The effect of *Daucus carota* L. extracts on the fluidity of phospholipid liposomes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30:646-650 (in Korean).