

고추냉이 잎 생산을 위한 수경재배

최기영^{1*} · 이용범² · 이주현² · 나상자르갈²

¹원광대학교 생명자원과학연구소, ²서울시립대학교 환경원예학과

Hydroponic Culture System for Wasabi Leaf Production

Ki Young Choi^{1*}, Yong-Beom Lee², Joo Hyun Lee², and T. Nasangargale

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

²Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract. This experiment was conducted to possibility for leaf production of wasabi using hydroponics system. When they were grown in aeroponics and soilless culture such as sapolite and Coir, photosynthesis and transpiration rate were high and marketable yield (leaf width 11~13cm) showed 11.2~11.7 of leaf number per plant and 52~53.8g fresh weight. In spring periods, the highest yield was 25.7 of leaf number per plant in nutrient solution of Yamasaki's solution developed in Japan in deep culture during 130 days. It showed be possibility that marketable leaves harvested one leaf every 2~4 days though spring and fall culture periods using hydroponics controlled in environmental culture.

Key words : aeroponics, coir, marketable yield, sapolite

*Corresponding author

서 언

와사비라고 불리는 고추냉이는 저온, 반음지성 식물이며, 독특한 매운 맛 성분으로 생선 및 육류 요리 등의 조미 소스로 많이 이용되는 향신 조미채소이다. 주 소비 국가인 일본에서는 최근 들어 고추냉이가 조미료 외에도 김치, 절임, 볶음, 튀김, 술, 아이스크림 등 다양한 식음료 또는 공기청정제 및 식품 방부제 등에도 활용되고 있다(Bosiya, 1999; Editor, 2005; Kinac 등, 2006). 이는 고추냉이에 함유된 isothiocyanate가 식욕촉진 기능 외에도 살균, 살충, 혈소판 응집 억제, 발암 억제 작용, 노화방지 및 항산화 기능 등을 하는 것으로 연구 보고(CARES, 2003; Depree 등, 1999; Kinac 등, 2006)됨에 따라 고추냉이 이용도가 증가하는 것으로, 소비자의 욕구를 충족시키기 위해서는 앞으로 고추냉이가 함유한 유용 성분을 안전하게 이용할 수 있는 방법이 필요하며, 이는 고급 기능성 채소로도 확대 적용할 수 있는 방안이 될 수 있을 것이다(Choi 등, 2006a). 그러나 고추냉이는 재배 환경 조건이 까다로워

생산이 제한적이며, 소비자는 고추냉이 식물에 대한 이해도가 부족한 실정에서 국내에서는 일부 지역에서 물 재배 방식에 의한 근경 생산, 밭 재배 방식에 의한 조미용 엽병생산, 일부 고랭지에서 쌈용 잎 생산 등이 제한적으로 이루어지고 있다.

국내 쌈용 채소로 주로 이용되는 상추의 재배 면적은 '81년 3,960ha에서 '05년 5,610ha로 증가하였으며, 이 중 시설 재배 면적이 '05년 전체의 76.3%를 차지하고 있다(MAF, 2006). 신선 채소의 소비 형태는 우리나라 고유의 쌈 채소인 배추, 상추, 호박 잎 외에도 서양 채소류인 케일, 엔다이브, 청경채 등 다양한 쌈 채소를 소량 다 품목으로 유통시키고 있어 앞으로의 쌈 채소는 몇몇 작물에 한정되지 않고, 종래 민속 채소로 분류된 산채류를 포함한 다양한 작물과 함께 외래 품종의 도입 등 더욱 다양화되리라 본다.

따라서 고추냉이 식물을 신선 쌈 잎채소 생산에 확대 적용해 보고자 재배환경 조절을 통한 계획 생산이 가능한 수경재배 시스템에서의 생육과 배양액 종류에

따른 고추냉이 잎 생산력을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 수경재배시스템에 의한 고추냉이 생육

고추냉이 달마계 영양변식 분주묘(1년 6개월묘, 철원 농가 구입)를 펠라이트, 마사 등의 배지와 순수수경 시스템에 2006년 9월 4일 정식하여 근권 온도가 최대 22°C를 넘지 않도록 유지하면서 일본 야마사키 엽채류 배양액으로 공급한 후 생육 및 광합성 능력을 조사하였다. 순수 수경 방식으로는 분무경, 담액경 및 NFT의 3종류를 선택하였으며, 배지경에 사용한 배지 종류는 perlite, 모래, 마사(φ2~5mm), Coir 및 Coir+perlite 혼합배지(1:1(v/v)) 등 5종류이며, 수중 펌프(30w)를 이용하여 배양액을 순환 공급하였다. 각 시스템에 따른 배양액의 급액 방식 중 perlite, Coir 및 Coir+perlite 혼합배지는 점적관을 사용하여 6회/일(15분/회), 모래와 마사 배지는 배양액을 흘려주는 방식, 분무수경은 12회/일(15분/회) 급액하고, 배양액은 EC 1.0dS·m⁻¹, pH 5.5~6.5으로 조절하였다. 정식 30일째 고추냉이 잎의 광합성 특성을 측정하고자 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Li-cor, USA)로 광합성, 기공확산속도 및 증산량과 엽록소 함량 값 SCDSV값(SPAD 502, Minolta)을 측정하였다. 또한 싹 잎 생산력을 알아보기로 정식 후 60일 동안 엽폭 11~13cm일 때 수시 채취하여 상품 수량으로 산정하였다.

2. 배양액 종류에 따른 고추냉이 생육

조직배양 순화묘인 고추냉이(*Wasabia japonica* Mastum) 달마종(엽수 2~4장, 초장 8~11cm, 최대엽장 및 엽폭 각 4~5cm)를 2006년 2월 2일 플라스틱 상

자(700×550×300mm)에 20×15cm 간격으로 6월 12일까지 130일 동안 담액 수경 재배하였다. 배양액 종류는 엽채류 재배에 사용 빈도가 높은 국외 배양액 2종과 국내 개발 배양액 2종을 선택하였다(Table 1). 각 배양액의 1배액 EC 수준이 다름에 따라 다량 원소를 조절하여 EC 1.5±0.1dS·m⁻¹ 수준으로 공급하였으며, 미량 성분은 서울시립대 엽채류 배양액인 UOS 배양액의 조성 성분(Fe 1.0, Mn 0.5, B 0.5, Zn 0.2, Cu 0.05, Mo 0.05mg·L⁻¹)의 1배액 수준으로 조절하여 공급하였다. 고추냉이 잎의 폭이 11~13cm 내외가 될 때 주당 잎 수를 조사하여 상품 수량으로 산정하였으며, 정식 35일 재에 전개된 잎의 광합성 속도, 기공확산속도(Li-cor 6400, USA) 및 잎의 무기 양이온 함량을 분석하였다. 식물체 잎의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 80°C에서 2일간 건조한 후 건물중 0.5g을 ternary 용액(HNO₃:HClO₄:H₂SO₄=10:4:1 v/v) 10ml을 가해 분해한 후 각 과장별 무기이온 함량을 원자흡광분광기(Model 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수경재배시스템에 의한 고추냉이 생육

수경재배 시스템에서의 고추냉이 잎 광합성 속도는 마사, Coir+perlite 혼합 배지, Coir 및 분무 수경에서 높았다(Table 2). 펠라이트와 모래 배지에서 재배된 고추냉이 잎의 광합성 속도는 5.79~6.44μmol·m⁻²·s⁻¹의 중간 정도를 나타낸 반면 생육이 저조하게 관찰된 순수 수경 방식의 담액수경과 NFT 재배에서는 3.56~4.53μmol·m⁻²·s⁻¹로 가장 낮았다. 광합성 속도 결과는 기공확산 속도와 증산을 결과와도 같은 경향을 보여

Table 1. Macroelement content of nutrient solution used in this experiment

Type of nutrient solution ²	N	P	K	Ca	Mg
	me·L ⁻¹				
Yamasaki	6.5	1.5	4	2	1
PBG	20.25	6	11	9	2
UOS	11.57	2	6.7	3.5	2
NHC	12.7	3	6.8	4.8	2

²Yamasaki : Nutrient solution developed in Japan, PBG : Proefstation voor tuinbouw onder glaste Naaldwijk nutrient solution in Netherlands, UOS : Nutrient solution developed in University of Seoul in Korea, NHC : Nutrient solution of Cruciferae developed in National Horticultural Research Institute R.D.A. in Korea.

Table 2. Photosynthetic characteristics of wasabi grown in hydroponic system at 30 days after transplant.

System	Photosynthesis ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Chlorophyll content (SCDSV ²)
Aeroponics	8.03 b ^y	0.162 b	2.17 c	33.7 ab
NFT	4.53 d	0.078 c	1.32 e	35.4 ab
DFT	3.56 e	0.057 d	1.01 e	39.5 a
Coir	8.90 ab	0.168 b	2.82 b	38.4 a
Coir + perlite	9.15 a	0.289 a	3.56 a	39.5 a
Perlite	5.79 c	0.093 c	1.73 d	39.6 a
Sand	6.44 c	0.187 b	2.34 c	38.5 a
Saprolite ($\phi 2\sim 5$ mm)	9.81 a	0.297 a	3.82 a	28.8 b

²Specific color difference sensor value.

^yMeans followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

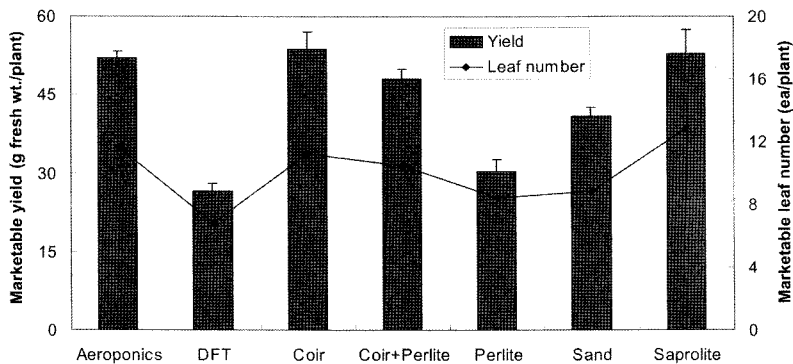


Fig. 1. Marketable yield and leaf number of wasabi grown in hydroponic system during 60 days after transplant.

마사, Coir+perlite 배지에서 높았다. 휴대용 엽록소 계측기를 이용한 엽록소 함량 값인 SCDSV값은 마사에서 재배된 고추냉이를 제외하고는 배지 종류에 따른 엽색도 값에 차이가 없는 33.7~39.6 범위에 있었다.

Choi 등(1995)은 고추냉이의 기공수가 다른 반음지 식물보다 월등히 많고, 기공의 분포 또한 많으며 특히 잎 뒷면의 기공의 수가 623(개/mm²)로 기공 앞면에 비해 8.2배나 높은 특징을 보이며 이와 같은 기공 분포는 고추냉이가 물에서 잘 자라는 특성과 함께 요수량과도 관련이 있다고 보고한 바와 같이 본 실험에서 순수 수경방식 중에서는 통기성이 높은 분무 수경에서, 배지경에서는 마사와 같이 투수성이 높은 배지경이 고추냉이의 광합성 속도를 높인 것으로 보였다.

정식 후 60일 동안 씹용 채소로 가능한 엽폭 11~13cm인 고추냉이 잎을 수시로 채취하여 상품수량을 산정한 결과, 마사, 분무 수경, Coir 시스템에서 재배 되었을 때 고추냉이 씹용 가능 잎은 주 당 11.2~11.7

매, 생체중 52~53.8g으로 다른 처리에 비해 높았다 (Fig. 1).담액 수경과 펠라이트 처리에서는 상품수량이 낮았으며, 광합성 속도가 가장 낮았던 NFT 재배에서는 낮은 생육으로 상품수량을 산정할 수 없었다. 고추냉이는 재배 조건이 까다로와 일반적인 재배는 산간 계곡 등 기류의 변화가 적으면서 일조량이 적은 북향, 기온, 용수 등을 고려하여 재배하고 있다(CARES, 2003). 따라서 고추냉이 생육 온도를 조절하고자 근권 온도를 21±2°C가 넘지 않게 조절하였으나, 초기 재배가 이루어진 시기가 9월 초~중순으로 재배 기간 중 온실의 낮 온도는 최대 25~28°C를 넘는 경우가 많아 고추냉이 적정 온도로 알려진 13~17°C(지하 수온)보다는 높았다. 특히 고추냉이의 초기 활착률은 생육 환경에 민감한 것으로 나타나 정식 당시 부적합한 재배 환경이 고추냉이 생육에 영향을 준 것으로 판단되며, 이것이 순수 수경재배 방식 중 근권의 용존산소가 높고 통기성이 풍부한 분무 수경을 제외한 NFT 방식과

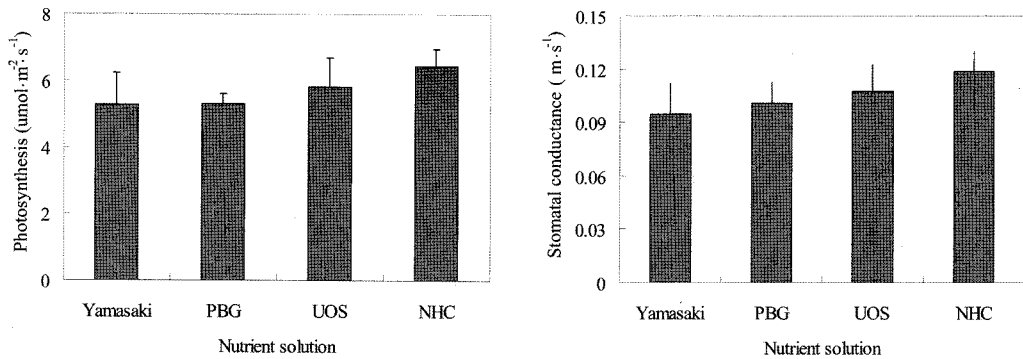


Fig. 2. Effect of type of nutrient solution on photosynthesis and stomatal conductance of wasabi's leaf at 35 days after treatment (Measured conditions; $21.2\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ temperature, $20.3\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ leaf temperature, $800\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR).

담액 수경 방식에서는 고추냉이 잎의 광합성 속도 및 증산율의 저하 및 생육 저조로 관찰되었다. 따라서 용존산소가 3~4ppm 정도의 담액 수경 방식에서는 극심한 생육 저하로 생육 측정을 수행하지 못하였으나, 초기 활착이 이루어진 환경 조건에서는 담액 수경에서도 고추냉이 생육이 이루어지므로(Fig. 2) 정식시기의 환경 조건이 중요하며 이에 대한 추후 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 고품배지 종류 중에서는 마사와 유기물이 함유된 Coir, Coir+perlite 혼합배지에서의 상품수량이 높았다. Choi 등(2006b)은 고추냉이 조직배양 순화 묘를 정식하여 95일 수경 재배하였을 때 고추냉이 초기 생육은 분무 수경에서 높았으며, 생육 기간이 길어짐에 따라 유기 배지가 혼합된 배지에서 생육이 좋아졌다는 보고와 일치하는 결과를 보였다. Beyon 등(2001)도 고추냉이의 초기 생육은 근계의 분포가 넓고 알갱이 분포한 마사토와 강모래에서 높았으나 투수속도가 빠른 난석(입경 4mm 이상)에서는 근계가 좁고 깊게 분포하여 정식 후 10개월부터 후기 생육이 좋다고 보고한 바와 같이 본 실험에 사용된 마사는 입경 분포가 2~5mm로 고추냉이 뿌리 신장에 영향을 주었으리라 본다. 또한 Coir 단용 또는 Coir+perlite 혼합 배지는 고추냉이의 생육 속도가 낮은 점을 감안할 때 배지에 함유된 미네랄 성분이 근계 발달에 영향을 줌으로써 생육이 진전됨에 따라 높은 수량과 연관되었을 것으로 보인다. 본 실험에서 perlite 처리에서의 생육 저조는 담액 수경에서와 같이 정식 초기 활착 영향의 결과로 생각된다.

한편 일반적인 고추냉이의 출엽 간격은 평균 5~6일로, 고온기와 겨울철인 1~2월은 출엽 속도가 늦다

(Adachi, 1995). 수경재배 시스템에서의 고추냉이 상품 가능 잎 수확 소요일수는 평균 4일에 1매로 이는 고추냉이 일반 재배에 의한 출엽 속도보다 빨라 재배 환경 조절이 가능한 수경재배 방식에서 근권의 물리적 환경을 조절함으로써 고추냉이 잎 생산이 가능함을 보여주었다. Sultana 등(2002)은 고추냉이 물 재배 방식으로 6개월에 수확한 잎 수량이 761~1,076kg/10a을, Mun 등(2006)은 밭 재배 15일 간격, 9회 수확으로 2,244kg/10a 생산할 수 있다고 보고하였다. 본 수경재배 시스템에서는 20×15cm 간격으로 정식할 때 2,535~3,191kg의 고추냉이 잎 생산을 수확함으로써 수량 증대 효과를 기대할 수 있다. 또한 분무 수경에서는 분주율이 높은 경향을 보여준다고 Choi 등(2006b)이 보고한 것과 같이 식물의 흡수 기능은 장력이 낮고 토양수분이 많더라도 산소 공급 능력이 없으면 식물 뿌리는 양분이나 수분을 흡수하는 데 필요한 에너지를 만들지 못하여 흡수가 정지되었듯이(Cho와 Kim, 1997) 배양액을 통한 양분 공급과 함께 투수성이 높은 근권 산소 공급 능력이 우수한 분무수경, 마사, Coir 배지 시스템은 근권 환경 조절을 통해 고추냉이 잎 생산을 위한 생육을 증가시킬 수 있으리라 생각된다.

3. 배양액 종류에 따른 고추냉이 생육

고추냉이의 양분 흡수 정도를 판단하여 적합한 배양액을 선별하여 수경재배 방식에 활용하고자 엽채류 재배시 많이 사용하는 4종을 선별(Table 1)한 후 순수 수경방식 중 담액 재배 면적이 전체의 46.5%(MAF, 2006)를 차지함에 따라 130일간 담액 재배하였다. 정식 후 배양액 종류에 따른 고추냉이 잎의 광합성 속도와 기공확산속도

는 배추과 엽채류 전용 배양액으로 개발된 NHC 배양액에서 높고 PBG 배양액에서 가장 낮았으며, 기공 확산속도도 광합성 속도와 같은 경향을 보였다(Fig. 2).

배양액 종류에 따른 잎의 무기이온 함량은 배양액 종류에 따라 차이를 보였다(Table 3). 잎의 칼리 함량은 Yamasaki 배양액에서 높고 PBG액, UOS액, NHC액에서는 비슷한 수준인 5.6~5.9% 범위를, 칼슘 함량과 마그네슘 함량은 UOS액에서 높았다. UOS 배양액을 제외한 잎의 칼슘 함량은 1.63~1.74%의 비슷한 범위에 있었던 반면 마그네슘의 경우는 UOS 배양액에서 가장 높고 Yamasaki, NHC 배양액에서, PBG 배양액에서 낮았다. 고추냉이 잎, 줄기의 칼슘 함량 변동폭은 심해 생육이 양호한 봄부터 여름까지는 많고 가을, 겨울에는 급격히 감소한다고 보고(Adachi, 2005)한 것과 같이 수경재배시스템에서 생육이 원활하게 이루어지고 있는 고추냉이 봄 재배에서 UOS 배양액은 특히 비교적 식물체내 흡수가 낮은 칼슘 흡수에 영향을 준 것으로 생각된다. 그러나 재배 기간 중 잎의 가시적인 영양 장애 증상은 발생하지 않았는데, 상추의 무기 성분함량인 K 5~10%, Ca 0.8~1.8%, Mg 0.3~0.9%과 비교해 볼 때 고추냉이 잎의 무기성분 함량은 적정 범위에 분포하고 있었다(Lee, 1998).

재배 기간 중 씹용 잎 생산 정도를 조사한 결과(Fig. 3), Yamasaki 배양액에서 재배된 고추냉이의 주당 수확 잎 수가 비교적 많아 130일 동안 25.7매를 수확하였다. 재배기간 중 잎의 수확 시기 및 수확 잎 수는 3월 20일부터 4월 24일까지는 주당 2~6매/7일, 주간 온도가 높아지는 4월 중순부터 6월 초순까지는 4~8매/15일의 잎을 수확함에 따라 고온으로 올라감에

따라 수확 잎 수가 감소함으로써 주간 온도가 높아지는 기간 중에는 온도 관리에 유의해야 함을 시사했다. 130일 수경 재배 기간 중 상품 수량은 배양액 종류에 따라 차이를 나타내 상품수량은 81.5~127.7g으로 NHC 배양액에서 가장 낮았다. 주당 잎 수가 PBG 배양액과 NHC 배양액에서는 비교적 낮은 19.3매를 수확하였으며, 광합성 속도를 측정된 35일 즙은 4월 20일 전후로 이 때 고추냉이의 수확 잎 수가 재배 기간 중 가장 많았던 시기로 PBG 배양액에서 재배된 고추냉이의 수확 잎 수는 낮았다. 반면 전체 상품 수확 잎 수에서는 NHC 배양액에서도 낮았으며, 초기 NHC 배양액의 수확 잎 수가 상품 수량에 영향을 준 것으로 수경 재배 시스템에 의한 고추냉이 생육 초기 재배 환경 영향으로 인해 담액 수경에서의 낮은 생육(Fig. 1, Table 2) 결과와도 부합되는 것으로 생각된다. 4종 엽채류 배양액 중에서 PBG 배양액의 무기이온 조성은 상대적으로 높고, Yamasaki 배양액은 가장 낮

Table 3. Effect of type of nutrient solution on mineral nutrient content of wasabi's leaf at 35 days after treatment.

Nutrient solution ^z	K	Ca	Mg
	----- % of dry wt. -----		
Yamasaki	6.28 ± 0.26	1.71 ± 0.04	0.35 ± 0.01
PBG	5.90 ± 0.05	1.64 ± 0.20	0.28 ± 0.01
UOS	5.83 ± 0.14	2.03 ± 0.21	0.44 ± 0.02
NHC	5.60 ± 0.15	1.63 ± 0.36	0.36 ± 0.02

^zYamasaki; Yamasaki nutrient solution developed in Japan, PBG; PBG nutrient solution in Nedeland's. UOS; University of Seoul nutrient solution developed in Korea. NSC; The nutrient solution developed for growing Cruciferae vegetables.

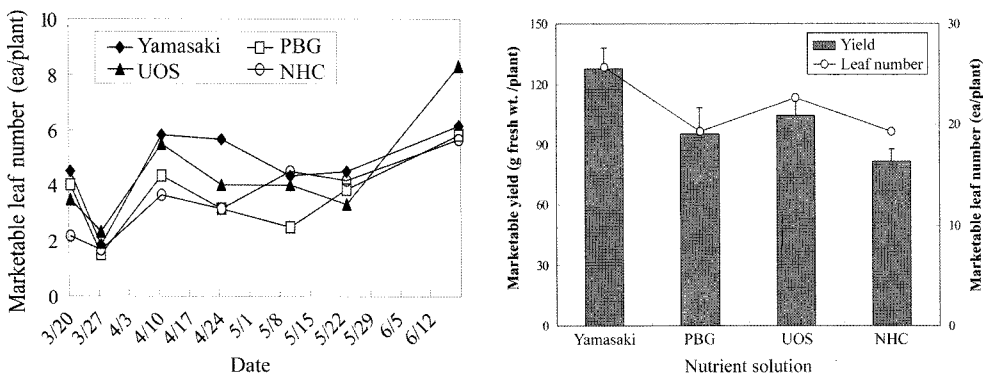


Fig. 3. Effect of type of nutrient solution on leaf number and yield of wasabi during 130 days.

으며, UOS 배양액과 NHC액은 무기이온의 조성의 차이를 제외한 총 이온 함량은 거의 비슷한 특징을 갖고 있다. 한편 재배 기간 중 측정된 배양액의 pH는 5.6~6.4 범위와 EC의 변화가 거의 없는 것으로 보아(data not shown) 상추, 엔다이브 등의 성장속도가 빠른 엽채류와 달리 출엽 속도가 낮은 고추냉이에서는 무기이온의 조성이 낮은 Yamasaki 엽채류 배양액에서 높은 생육량을 보였으며, 이는 Kim 등(2000)의 결과와 일치하였다.

이상의 결과 수경재배 시스템과 배양액 종류에 따른 고추냉이 생육은 분무수경 또는 마사, Coir 등 근권의 통기성과 투수성이 확보되면서 유기물이 첨가된 배지경과 Yamasaki 배양액이 적합하였다. 한편 고추냉이는 재배 환경에 의해 초기 뿌리 활착에 특히 영향을 받음으로써 이에 관한 환경 조건 구명이 추후 수행되어야 할 것으로 보인다.

적 요

수경재배 시스템에서의 고추냉이 잎 생산 가능성을 알아보고자 실험을 수행하였다. 분무수경, 마사, Coir 등의 배지경 시스템에서 60일 재배하였을 때 고추냉이 잎 광합성 속도가 높고, 상품 가능 잎(엽폭 11~13cm)이 주당 11.2~11.7매, 생체중 52~53.8g으로 높았다. Yamasaki 배양액을 급액한 담액 수경 방식에서 130일 재배하였을 때 고추냉이의 주당 수확 잎 수가 25.7매로 가장 높았다. 봄과 가을 재배 고추냉이 수경재배를 통해 고추냉이 상품 가능 수확 잎 수는 주당 평균 2~4일에 1매를 수확함으로써 재배 환경 조절이 가능한 수경재배 방식에서의 고추냉이 잎 생산이 가능하였다.

주제어 : 마사, 분무수경, 상품수량, Coir

사 사

농촌진흥청 특정연구과제로 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Adachi, S.J. 1995. Wasabi culture. Shyunsa. (in printed Japan).
2. Beyon, H.S, J.S. Seo, S.J. Lim, S.J. Heo, and S.M. Seo. 2001. Effects of soil physical properties on growth in *Wasabia japonica* Matsum. Korean J. Medicinal Crop Sci. 9(1):76-82.
3. Bosiya, Y. N. 1996. Wasabi. p.151-166. Nonsanmumhyup (in printed Japan).
4. Cho, J.H. and K.R. Kim. 1997. Effect of bulk density, volumetric water and gravel contents on hardness in prepared sandy loam. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 30(1):46-50.
5. Choi, K.Y., Y.B. Lee, and S.T. Gho. 2006a. Healthy function and research situation of wasabi. TALS 4(1): 34-45.
6. Choi, K.Y., Y.B. Lee, J.H. Lee, H.J. Lee, Y.H. Lee, T. Nasangargal, and S.T. Koh. 2006b. Early Growth of wasabi in hydroponic System for Wasabi's leaf production. J. Bio-Environment Control 15(1):239-263.
7. Choi, S.Y., K.S. Lee, and J.S. Eun. 1995. Effect of temperature, light intensity and CO₂ concentration on photosynthesis and respiration of *Wasabia japonica* Matsum. Kor. J. Medicinal Crop Sci. 3(3):181-186.
8. Chonbuk-do Agricultural Research & Extension Services. 2003. Culture technique of wasabi.
9. Depree, J.A., T.M. Howard, and G.P. Savage. 1999. Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulphur compounds of wasabi. Food Research Int. 31(5):329-337.
10. Editor, 2005. Wisdom in life. p.80-81. Acadamibook.
11. Kim, I.H., E.Y. Hong, H.H. Kim, J.S. Yun, C.H. Lee, and C.H. Lee. 2000. Effects of nutrient solution on the growth of *Wasabia japonica* Matsum. Kor. J. Hort. Sci.&Technol. 18(2):174.
12. Kinae, N.O., M. Kozima, and M.C. Hurugiri. 2006. Wasabi's everything. p.93-169. Hakye Press Center (in printed Japan).
13. Lee, Y.B. 1998. Development of optimum nutrient management system in a plant factory. The last report of Agricultural R&D Promotion Center, Korea.
14. MAF. 2006. Vegetable statistics for 2005. 11-1380000-000234-10.
15. Mun, J.S., Y.G. Jang, Y.K. Hong, D.C. Choi, and J.S. Choi. 2006. Harvest period for leaf production of wasabi in upland cultivation. Agricultural guide book of MAF.
16. Sultana, T., G.P. Savage, D.L., McNeil, and N.G. Porter. 2002. Effects of fertilization on the allyl isothiocyanate profile of above-ground tissues of New Zealand grown wasabi. J. Sci Food Agric. 82:1477-1482.