

고추냉이 수경재배시 배양액의 EC 수준이 Allyl-isothiocyanate 함량과 생리적 반응에 미치는 영향

최기영¹ · 이용범¹ · 조영열^{2,3*}

¹서울시립대학교 환경원예학과, ²제주대학교 생명자원과학대학 원예환경전공, ³제주대학교 아열대농업생명과학연구소

Allyl-isothiocyanate Content and Physiological Responses of *Wasabia japonica* Matusum as Affected by Different EC Levels in Hydroponics

Ki Young Choi¹, Yong-Beom Lee¹, and Young Yeol Cho^{2,3*}

¹Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

²Department of Horticulture, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

³Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract. This study aimed to determine the effect of EC (electrical conductivity) levels of nutrient solution in hydroponic culture on allyl-isothiocyanate (AITC) content within plant tissues, Vitamin C content and physiological responses in wasabi plant (*Wasabia japonica* M. 'Darma'). The 'Darma' was grown for 5 weeks with a deep flow technique (DFT) system controlled at 5 different EC levels, including 0.5, 1, 2, 3, and 5 dS·m⁻¹. In result, the highest total content of AITC showed at EC level 5 and 3 dS·m⁻¹ for 1 or 5-week, respectively. The total content of AITC increased about 1.2-1.4 times when the plants were grown in the EC levels between 0.5 and 2 dS·m⁻¹, whereas the content decreased about 6 and 56 % in the EC level 3 and 5 dS·m⁻¹, respectively. The content of AITC was relatively higher in petiole tissue, about 53 %, taken from 1 week-grown plants when the EC was controlled between 0.5 and 2 dS·m⁻¹. Root tissue also had relatively higher content of AITC, about 45.1 %, when the EC was controlled at 3 and 5 dS·m⁻¹. However, a 5-fold decrease in the AITC content was found in blade tissue and a 6.8-fold decrease in root when the EC was controlled at 5 dS·m⁻¹ for 5 weeks. There was no significant difference in the vitamin C content in 1-week grown leaf tissues under the different EC level treatments; but, the content increased about 27% in 5-week grown plants at the EC level between 0.5 and 2 dS·m⁻¹, compared to the 1 week-grown leaf tissue. Electrolyte leakage of leaf tissue taken from 3-week grown plant was 3-fold higher at the EC level 5 dS·m⁻¹, compared to the EC level between 0.5 and 2 dS·m⁻¹. Chlorophyll content, photosynthesis rate and transpiration rate were decreased when the EC was controlled at higher than 2 dS·m⁻¹. Leaf water content, specific leaf area and growth were decreased when the EC was controlled at 5 dS·m⁻¹ for 5 weeks. All the integrated results in this study suggest that the EC level of nutrient solution should be maintained at lower than 3 dS·m⁻¹ in order to improve nutritional value and quantity required for hydroponically grown wasabi as functional vegetable.

Additional key words: chlorophyll content, electrolyte leakage, functional vegetable, tissue, vitamin C

서 언

고추냉이(*Wasabia japonica* Matsum)는 배추과에 속하는 다년생 숙근성 작물로 저온, 반음지성이다. 고추냉이의 독특한 매운 맛 성분은 생선회, 육류 등의 양념 조미 향신채소로 주로 이용되었으나 근래에는 술, 차, 아이스크림, 국수 등 다

양한 식품 첨가제로도 활용하고 있다. 고추냉이 매운 맛의 주 성분은 isothiocyanates(ITC)이며 이 중 allyl isothiocyanate (AITC)가 정유성분의 약 80%를 차지하며, 그 외 20여 종의 휘발성 성분이 확인되었다(Degee et al., 1999). ITC의 전구체인 glucosinolates(GLS)는 식물체 내에서 향과 맛이 없는 안정된 화합물 형태로 존재하며, 세포가 외부의 물리적인

*Corresponding author: yycho@jejunu.ac.kr

※ Received 7 March 2011; Accepted 26 April 2011. 본 연구는 농촌진흥청농업특정연구사업의 지원에 의해 수행되었음.

힘에 의해 파괴되면 myrosinase가 작용하여 ITC, glucose, KH_2SO_4 등이 발생하면서 신미를 주는 것으로 보고되었다 (Kinae et al., 2006).

또한 ITC는 향신료로서 뿐 아니라 비타민 C의 산화억제 작용, 베타아밀라아제 활성 촉진, 비타민 B₁ 합성 증강, 항암 작용, 살충 작용, 살균 작용 및 혈액응고를 방지하는 항혈소판 작용에도 영향을 주는 것으로 알려지면서 배추과에 함유된 GLS의 기능성이 주목받고 있다 (Depree et al., 1999). 황과 질소를 함유한 배당체인 GLS는 2차 대사산물로 작물, 품종, 연령, 양분, 기후 조건, 재배 환경 등에 따라 다양하게 변화한다 (Kinae et al., 2006; Rosa et al., 1997). ITC는 고추냉이를 비롯한 겨자, 유채, 무, 양배추, 배추 등 배추과 식물을 중심으로 널리 분포되어 있으며, 브로콜리, 양배추, 컬리플라워, 방울다다기 양배추에서 GLS 함량은 높고, GLS의 가수분해 산물로 50여가지 이상의 ITC가 밝혀지고 있다 (Rosa et al., 1997).

그러나 ITC를 함유한 고추냉이는 꽃, 잎, 줄기, 뿌리 등 식물의 모든 부위가 생식 또는 가공용으로 활용도가 높음에도 불구하고, 고추냉이 재배 생육 적온이 8-18°C로 지온이 20°C 이상에서는 생육이 지연되면서 세균성 근경부패병, 묵입병 등의 뿌리썩음병이 발생하여 재배에 어려움이 있다 (Moon et al., 1999).

한편 기능성과 안전성을 겸한 농산물의 소비자 요구는 기능성 시장의 확대를 유도하고 있으며, 국내 건강 기능식품 시장도 매년 증가하여 농산물 건강기능 식품 시장이 2007년 4,875억원 규모로 기능식품 시장의 67.4%를 점유하였다 (KREI, 2009). 신선 채소 중 2009년 시설 상추의 재배 면적은 4,213ha, 생산량은 124,277톤이며, 양채류의 재배 면적은 4,013ha, 생산량 103,984톤으로 2005년 2,327ha에 비해 증가하는 추세를 보이고 있다 (MIFAFF, 2010). 이처럼 신선 쌈 채소의 소비 형태는 상추, 깻잎을 비롯한 케일, 엔다이브, 로메인 등과 더불어 과거 민속 채소로 분류된 더덕, 고들빼기와 같은 산채류 등 다양화된 품목과 외래 식물의 도입이 더욱 증가하리라 본다.

수경재배를 이용한 채소의 기능성 향상을 위한 방법으로는 배양액의 양액 조성변화 (Seo, 1998), 특수 성분의 주입 (Lee et al., 2008) 등에 의해 가능성이 제시된 바 있다. 따라서 본 연구는 고추냉이 잎 수경재배시 배양액의 전기전도도 (EC) 수준이 기능성분인 AITC의 부위별 함량, 비타민 C 함량 및 엽록소함량 등의 품질과 생육에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

2006년 3월 5일 고추냉이 달마종 조직배양 순화 9개월 된 묘(엽수 17-20매, 엽병장 15-21cm)를 담액수경(15 × 15cm 재식간격)에 정식하였다. 일본 Yamasaki 배양액(N-P-K-Ca-Mg = 6-1.5-4-2-1meL⁻¹)의 0.5배액으로 2주간 재배한 후 3월 18일 배양액의 EC 농도를 5수준(0.5, 1, 2, 3, 5dS·m⁻¹)으로 조성한 후 완전임의 배치법으로 실험구를 배치하여 5주간 처리하였다.

배양액의 EC 농도는 0.5배액을 대조구로 하여 1N-NaCl로 각 수준별 조절 처리하였고 배양액의 pH는 pH 5.5-6.5로 조절하였다. EC 수준에 따른 분석항목은 처리 1주 후 AITC 함량과 비타민 C 함량을, 처리 3주 후 잎의 전해질 유출, 엽록소 함량, 광합성 및 증산율 등을 측정하였으며, 처리 5주 후 AITC 함량, 비타민 C 함량, 잎 수분함량, 비엽면적 및 생육 등을 측정하였다.

AITC 함량 분석은 잎의 엽신(엽폭 10-15cm)과 엽병 및 뿌리로 구분하여 deep freezer(-70°C)에 보관하면서 HPLC (CTO 20A, Shimadzu, Japan)로 정량 분석하였다. 시료 5g에 멸균수 10ml를 첨가하여 mechanical stirrer로 분쇄하고 37°C에서 90분 동안 항온시킨 후 dichlorometane 5ml를 첨가하여 7000rpm, 20분간 원심 분리시킨 후 0.45µm PPVF membrane syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. HPLC(CTO 20A, Shimadzu, Japan) 조건은 UV detector, ODS C₁₈ 5µm(3.9 × 150cm) 컬럼을 사용하였으며, 이동상 용매 0.025M NH₄OAc:Metanol을 1mL·min⁻¹ 유속으로 흘러 242nm에서 측정하였다.

비타민 C 함량은 생체 시료 10g에 2.5% KH₂PO₄ 30mL를 첨가하여 10,000rpm으로 5분간 마쇄한 후 30,000rpm으로 10분간 원심 분리한 상등액을 0.45µm membrane filter로 여과하여 HPLC로 정량 분석하였다. HPLC 조건은 UV detector, ODS C₁₈ 5µm(3.9 × 150cm) 컬럼을 사용하였으며, 이동상 용매는 KH₂PO₄:Methanol(90:10)을 0.5mL·min⁻¹으로 흘러 254nm에서 측정하였다.

잎의 전해질 유출은 고추냉이 잎 크기를 0.2 × 0.2cm로 잘라 생체중 1g에 증류수 50mL를 첨가하여 2시간 진탕한 후 전기전도도계(CM-20E, TOA, Japan)로 측정하였다. 엽록소 함량은 생체 시료 0.5g을 80% Acetone 10ml를 넣어 24시간 4°C 암 상태에서 추출시켜 UV spectrophotometer(UV-2450, Shimadzu, Japan)를 이용하여 파장 663nm와 645nm에서 흡광도를 측정한 후 Mackney(1941) 방법으로 계산하였다.

잎 수분함량(WC, water content, %)과 비엽면적(SLA, Specific Leaf Area)은 엽폭 5-7cm인 잎을 채취하여 산정하

였으며, 건물중은 80°C에서 24시간 건조 후 측정하였다.

생육 측정 항목으로는 초장, 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 분주 수 및 지상부 생체중을 조사하였다. 분석 측정한 결과는 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 처리 평균간 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 수정재배 배양액 EC 수준이 처리 1주 고추냉이 조직에서의 AITC 함량과 상대적인 비율 분포를 나타낸 결과이다. 배양액의 농도가 높아짐에 따라 고추냉이의 부위별 엽신, 엽병 및 뿌리와 총 AITC 함량은 증가하여 EC 5dS·m⁻¹에서 가장 높았다. 처리 5주 고추냉이 총 AITC 함량은 EC 3dS·m⁻¹에서 높았으며, 부위별 AITC 함량을 보면, 엽신과 엽병은 EC 3dS·m⁻¹에서, 뿌리는 EC 1dS·m⁻¹에서 가장 높았다(Table 2). 처리 5주 고추냉이 총 AITC 함량은 처리 1주에 비하여 EC 0.5-2dS·m⁻¹에서는 1.2-1.4배의 증가 경향을 보였으나, EC 3dS·m⁻¹에서는 6%, EC 5dS·m⁻¹에서는 56% 감소하였다.

Lykkesfeldt and Møller(1993)은 *T. majus*의 benzyl-GLS이 합성되는 식물체 위치는 잎이지만 발달중인 종자와 같은 다른 조직에서 함량이 많이 축적되어 잎으로부터 benzyl-GSL의 전류가 이루어진다고 보고하였다. 또한 GLS는 식물체내에서 phloem 이동을 하는 물리화학적 속성을 지녀 성숙한

잎에서 합성된 GLS는 잎 source로부터 삼투적 구동력에 의해 신속하게 다른 sink 조직으로 전류되어 적재된다고 하였다(Brudenell et al., 1999). 본 연구에서 처리 기간에 따른 상대적인 AITC 비율을 살펴보면(Tables 1 and 2), EC 0.5-2 dS·m⁻¹에서 처리 1주 엽병의 AITC 평균 비율은 평균 53.4%(49.5-61.1%)였으며, 처리 5주 엽병의 평균비율은 평균 44.3%(43.9-45.1%)로 엽신과 뿌리에 비해 높았다. 그러나 EC 3과 EC 5dS·m⁻¹에서 처리 1주 AITC의 상대적 비율은 뿌리가 평균 45.1%(43.7-46.1%)로 엽신과 엽병에 비해 높은 반면 처리 5주에는 평균 16.6%(16.0-17.1%)로 급격히 낮아졌다.

연구자에 따라 고추냉이 조직의 부위별 AITC 함량(mg·kg⁻¹ FW)은 잎(219-1,090), 엽병(64-796), 근경(832-2,637), 뿌리(794-2,071)로 고추냉이 품종, 재배 환경, 분석 방법 따라 함량의 차이를 보였으나, 근경과 뿌리의 AITC 함량이 잎과 엽병에 비해 높았다(Kumagi et al., 1994; Lee et al., 1997; Sultana et al., 2003). 또한 재배 기간이 길어 근경이 클수록, 근경에서도 두부보다는 기부가, 건물율이 높을수록 AITC 함량은 높았다(Byeon et al., 2003; Sultana et al., 2003). Byeon and Lim(2005)는 현무암지에 비해 석회암지는 엽수와 분지수가 많고 근경의 생육과 수량이 낮다고 했다. 그 이유로 현무암지의 수온이 연중 14°C로 일정한 반면 현무암지는 수온이 낮고(9-13°C), 수온 변화가 크며, 일시적이나 관개수의 pH와 EC가 적정 범위를 초과하였다고 했다.

Table 1. Effect of EC on allyl isothiocyanate (AITC) content and relative rate of AITC in tissues of wasabi at 1 week after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl.

EC (dS·m ⁻¹)	AITC content (mg·kg ⁻¹ FW)				Relative rate of AITC (%)			
	Blade	Petiole	Root	Total	Blade	Petiole	Root	Total
0.5	118 b ^z	230 c	115 b	463 c	25.5	49.7	24.8	100
1.0	110 b	351 a	114 b	575 bc	19.1	61.1	19.8	100
2.0	122 b	322 ab	206 b	650 bc	18.8	49.5	31.7	100
3.0	214 b	284 b	431 a	929 ab	23.1	30.6	46.4	100
5.0	342 a	339 a	528 a	1209 a	28.3	28.1	43.7	100

^zMean separation within columns by DMRT at *P* = 0.05.

Table 2. Effect of EC on allyl isothiocyanate (AITC) content and relative rate of AITC in tissues of wasabi at 5 weeks after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl.

EC (dS·m ⁻¹)	AITC content (mg·kg ⁻¹ FW)				Relative rate of AITC (%)			
	Blade	Petiole	Root	Total	Blade	Petiole	Root	Total
0.5	213 bc ^z	234 c	86 c	533 c	39.9	43.9	16.2	100
1.0	165 c	356 b	267 a	788 b	20.9	45.1	33.9	100
2.0	265 ab	378 ab	219 ab	862 b	30.7	43.9	25.4	100
3.0	310 a	491 a	165 bc	966 a	32.1	50.9	17.1	100
5.0	69 d	343 bc	78 c	490 c	14.1	70.0	16.0	100

^zMean separation within columns by DMRT at *P* = 0.05.

배양액의 EC는 작물의 양수분 흡수에 영향을 주는 인자로서 높은 EC는 삼투압을 높아 양수분 흡수를 떨어뜨릴 수 있다. 본 실험에서 처리 1주 고추냉이 AITC 함량은 EC 증가에 따라 증가하였으나, 처리 5주 후 EC 5dS·m⁻¹에서는 감소하였다. 특히 처리 5주 후 EC 5dS·m⁻¹의 총 AITC 함량은 처리 1주에 비해 56%의 감소율로 엽신에서는 5배, 뿌리에서는 6.8배의 AITC 함량이 감소하였다. Freeman and Mossadeghi(1973)은 적정수준보다 수분 결핍에서 물냉이의 GLS 함량이 높았다고 보고한 바와 같이 본 연구에서 고추냉이 수경재배시 EC 5는 처리 1주에는 AITC 함량을 증가시켰으나 처리 5주에는 양수분 흡수 제한 인자로 작용하였으리라 생각된다.

EC 수준 처리에 따른 고추냉이 잎 비타민 C 함량 결과는 Fig. 1과 같다. 처리 1주 후 비타민 C 함량은 83.7-107mg·100g⁻¹FW로 처리에 따른 차이가 없었다. 그러나 처리 5주 후, EC 0.5-2dS·m⁻¹에서는 117.8-137.5mg·100g⁻¹FW로 처리 1주에 비해 27% 증가하는 경향을 보인 반면, EC 3과 5dS·m⁻¹에서는 감소 경향을 보였다.

Kim et al.(2000)은 두 종의 백리향을 배양액의 EC 수준

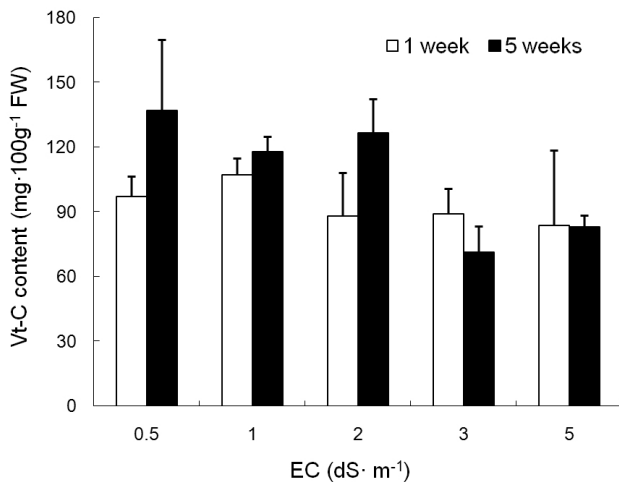


Fig. 1. Effect of EC on vitamin C content of wasabi at 1 and 5 weeks after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl. Data are mean of 3 replications, ± S.E.

(1/2배, 1배, 2배, 3배, 1배는 2.4dS·m⁻¹)을 달리하여 15주간 수경재배 한 후 비타민 C 함량을 분석한 결과, lemon thyme은 배양액 수준이 증가함에 따라 비타민 C 함량은 감소하였다. 그러나 common thyme에서는 배양액 2배 수준까지는 비타민 C 함량이 증가하고 3배 수준에서 감소하여 높은 배양액 수준에서는 비타민 C 함량이 감소하였으나, 품종에 따른 반응은 달랐다. 일반적으로 적절한 영양분 조건에서는 시비의 증가에 따라 비타민 C 함량은 증가하나, 질소원의 시비가 계속적으로 증가하면 비타민 함량은 감소하는 경향이 있다고 Mozafar(1993)가 보고한 바 있다. Ascorbic acid는 고추냉이 myrosinase 활성인자로, 내생 ascorbic acid의 저하가 myrosinase 활성을 감소시킴에 따라 고추냉이의 매운맛 저하에 영향을 주리라 Depree et al.(1999)은 보고한 바와 같이 본 연구에서도 처리 5주 EC 5dS·m⁻¹에서는 AITC 함량과 비타민 C 함량이 감소하였다. 그러나 비타민 C 함량은 EC 3dS·m⁻¹에서도 감소하여, AITC 함량에 비타민 C가 직접적으로 영향을 주는지에 관해서는 면밀한 연구를 진행해야 하리라 본다.

Table 3은 처리 3주 후 고추냉이 잎의 전해질 유출, 엽록소 함량 및 광합성과 증산율을 측정된 결과이다. 잎의 전해질 유출이 EC 0.5-2dS·m⁻¹에서는 평균 0.063dS·m⁻¹이었으나 EC 5dS·m⁻¹에서는 0.196dS·m⁻¹으로 약 3배의 전해질 유출이 증가하였다. 배양액의 EC 수준이 높아짐에 따라 고추냉이 총엽록소 함량, 광합성 및 증산율은 유의하게 감소하여, EC 5dS·m⁻¹에서 가장 낮았다. 본 연구에서 엽록소 함량과 광합성의 감소는 비타민 C와 AITC의 생합성 기질로 사용되는 glucose의 합성을 감소시킬 수 있어 처리 5주 EC 5dS·m⁻¹에서 AITC와 비타민 C 함량 감소에 영향을 주었으리라 생각된다.

전해질 유출 증가는 막 투과성 변화에 따른 변화로 엽 스트레스뿐 만 아니라, 양분 과부족에 따른 다양한 환경 스트레스 조건에서 증가하는 것으로 Choi and Lee(2001)는 보고한 바 있다. 이와 같이 처리 3주 배양액의 EC 3dS·m⁻¹ 수준 이상에서 고추냉이 잎의 전해질 유출 증가를 가져와 고추냉

Table 3. Effect of EC on electrolyte leakage, total chlorophyll content, photosynthesis rate and transpiration rate of leaf in wasabi at 3 weeks after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl.

EC (dS·m ⁻¹)	Electrolyte leakage (dS·m ⁻¹)	Total chlorophyll content (mg·g ⁻¹ FW)	Photosynthesis rate (μmol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Transpiration rate (mmol H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
0.5	0.06 a ²	1.88 a	11.94 a	2.48 a
1.0	0.07 a	1.56 ab	11.25 a	2.27 a
2.0	0.07 a	1.08 b	9.05 b	1.62 b
3.0	0.13 b	0.47 c	8.34 b	1.61 b
5.0	0.20 c	0.56 c	4.91 c	0.71 c

²Mean separation within columns by DMRT at P = 0.05.

Table 4. Effect of EC on water content and specific leaf area (SLA) of wasabi at 5 week after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl.

EC (dS·m ⁻¹)	Water content (%)	SLA (cm ² ·g ⁻¹ DW)
0.5	87.2 bc ^z	318.6 a
1.0	87.8 ab	325.6 a
2.0	88.3 a	310.7 ab
3.0	87.8 ab	290.7 ab
5.0	87.0 c	267.8 b

^zMean separation within columns by DMRT at *P* = 0.05.

Table 5. Effect of EC on growth of wasabi at 5 week after treatment. EC in nutrient solution was controlled by 1N-NaCl.

EC (dS·m ⁻¹)	Plant Height (cm)	Petiole Length (cm)	Leaf			Division of rhizome	Shoot Fresh wt. (g/plant)
			Length (cm)	Width (cm)	Number		
0.5	38.2 a ^z	20.9 a	8.8 a	15.1 a	64.3a	6.0 a	164.8 a
1.0	35.8 a	21.2 a	9.1 a	15.0 a	54.7ab	5.7 a	162.2 a
2.0	36.7 a	19.5 a	9.2 a	13.3 a	44.3b	6.3 a	158.8 a
3.0	34.0 a	19.3 a	10.4 a	13.2 a	46.3b	7.3 a	116.3 b
5.0	34.0 a	18.7 a	6.7 a	12.5 a	30.0c	4.7 a	100.1 b

^zMean separation within columns by DMRT at *P* = 0.05.

이 수경재배시 배양액의 EC 3dS·m⁻¹ 이상은 스트레스로 작용하여 세포막 변화에 영향을 줄 것으로 본다.

처리 5주 후 잎의 수분 함량과 비엽면적은 EC 5dS·m⁻¹에서 가장 낮았다(Table 4). 비엽면적(specific leaf area)은 단위 무게당 엽면적으로 잎의 두께나 내용물의 충실도 등을 말해주는 것으로 처리 5주 후 EC 5dS·m⁻¹에서는 비엽면적과 잎 수분함량이 감소하였다. 배양액의 높은 염류 농도는 삼투압을 상승시켜 뿌리로부터의 수분 흡수가 증산을 따라갈 수 없을 때, 식물은 스트레스를 받는다. 더불어 지상부 생육은 뿌리로 흡수된 양수분, 잎에서 생성된 동화물질 및 그 외 타 기관에서 생성된 호르몬 등이 상호 연관되어 조절된다(Schofield et al., 1988). 그러나 염류 농도가 높을 때, 수분스트레스에서 잎 수분퍼센셜 또는 수분 함량, 엽록소 함량, 광합성, 기공전도도, 비엽면적 등이 감소한다는 연구는 이미 많이 보고된 바 있다(Choi and Lee, 2001; Lee et al., 1997) 이상의 결과와 같이 본 실험에서 EC 3dS·m⁻¹ 이상의 수준은 고추냉이의 비타민 C 함량과 엽록소 함량뿐 아니라 성장 인자와 관계가 있는 광합성, 증산에도 감소의 영향을 준 것으로 나타났다.

Table 5는 배양액 수준별 처리 5주 후 고추냉이 생육 결과로 초장, 엽병장, 엽장, 엽폭 등은 처리간 차이가 없었으나, EC 3과 5dS·m⁻¹에서 엽수와 지상부 생체중이 유의하게 감소되었다. 고추냉이는 크게 물재배와 발재배로 나뉘는데, 물 재배시 수질의 전기전도도는 0.03-0.3dS·m⁻¹으로, 이는 함유된 비료의 조성이 거의 없는 수질 상태이다. 본 실험에

서 높은 EC 수준에서 수경재배되었을 때 고추냉이는 생육 저하뿐 아니라, 조직의 AITC 함량, 비타민 C 함량 및 엽록소 함량 등에 영향을 주었다. Choi et al.(2007)은 고추냉이 수경재배를 위한 잎 생산시 배양액의 농도 EC 1.5 dS·m⁻¹에서 재배하였을 때, 시스템과 배양액의 종류에 따른 고추냉이 잎 수량은 차이를 보인다고 보고한 바 있다.

따라서 본 실험에서 품질과 관련된 고추냉이 AITC 함량, 비타민 C 함량 및 적정 생육을 유지하기 위해서는 배양액 농도 EC 3dS·m⁻¹ 이하에서 재배하는 적합하리라 판단된다.

초 록

본 연구는 고추냉이 ‘달마’ 품종을 배양액의 EC 수준을 달리하여 수경재배하였을 때, 기능성 성분인 AITC의 조직별 함량, 비타민 C 함량 및 생리적 반응들에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 배양액의 EC는 Yamasaki 배양액 EC 0.5dS·m⁻¹를 기준으로 1N-NaCl로 조절한 5수준(EC 0.5, 1, 2, 3, 5dS·m⁻¹)으로 5주간 담액 수경재배하였다.

고추냉이의 총 AITC 함량은 처리 1주에는 EC 5dS·m⁻¹에서, 처리 5주에는 EC 3dS·m⁻¹에서 가장 높았다. 처리 5주 후 고추냉이 AITC 함량은 처리 1주에 비하여 EC 0.5-2dS·m⁻¹에서 1.2-1.4배 증가하였으나, EC 3dS·m⁻¹에서는 6%, EC 5dS·m⁻¹에서는 56% 감소하였다. AITC의 상대적 비율이 EC 0.5-2 dS·m⁻¹에서는 처리 1주와 처리 5주 모두 엽신과 뿌리에 비해 엽병(평균 53.4%, 49.5-61.1%)에서 높았다. 그러나 EC 3과

EC 5dS·m⁻¹에서 뿌리의 AITC 상대적 비율이 처리 1주에는 평균 45.1%(43.7-46.1%)로 엽신과 엽병에 비해 높은 반면 처리 5주에는 평균 16.6%(16.0-17.1%)로 낮아져, 엽신에서는 5배, 뿌리에서는 6.8배의 AITC 함량이 감소하였다.

처리 1주 비타민 C 함량은 83.7-107mg·100g⁻¹FW로 처리에 따른 차이가 없었으나, 처리 5주 후, EC 0.5-2dS·m⁻¹에서는 117.8-137.5mg·100g⁻¹FW로 27% 증가하였다. 고추냉이 잎 전해질 유출은 EC 5dS·m⁻¹에서 EC 0.5-2dS·m⁻¹에 비해 3배 증가하였다. 그러나 엽록소 함량, 광합성 및 증산율은 EC 2dS·m⁻¹ 이상에서, 수분함량과 비엽면적은 EC 5dS·m⁻¹에서 감소하였다. 처리 5주 후 고추냉이 생육은 EC 3과 5dS·m⁻¹에서 엽수와 지상부 생체중이 감소하였다. 이상의 결과, 기능성 채소로서 고추냉이 수경재배시 품질과 생육을 유지하기 위한 적정 배양액의 EC는 3dS·m⁻¹ 이하가 적합하리라 판단된다.

추가 주요어 : 엽록소 함량, 전해질, 기능성 채소, 조직, 비타민 C

인용문헌

- Byeon, H.S. and S.J. Lim. 2005. Effect of growing condition on growth and quality in *Wasabia japonica* M. Kor. J. Crop Sci. 50(Suppl.):196-199.
- Byeon, H.S., S.J. Lim, J.S. Seo, and S.J. Heo. 2003. Changes of allyl-isothiocyanate content and hardness of rhizome by months after planting in *Wasabia japonica* M. Kor. J. Crop Sci. 11:186-189.
- Brudenell, A.J.P., H. Griffiths, J.T. Rossiter, and D.A. Baker. 1999. The phloem mobility of glucosinolates. J. Exp. Bot. 50:745-756.
- Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2001. Effect of electrical conductivity of nutrient solution on tipburn incidence in a plant factory using an artificial light source. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:53-56.
- Choi, K.Y., Y.B. Lee, J.H. Lee, and T. Nasanjargal. 2007. Hydroponic culture system for wasabi leaf production. J. Bio-Environ. Control 16:1-6.
- Depee, J.A., T.M. Howard, and G.P. Savage. 1999. Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulphur compounds of wasabi. Food Res. Int. 31:329-337.
- Freeman, G.G. and N. Mossadeghi. 1973. Studies on relationship between water regime and flavor strength in watercress, cabbage and onion. J. Hort. Sci. 48:471-475.
- Kim, Y.H., M.J. Lee, and K.W. Park. 2000. Comparison of growth and essential oil composition in two hydroponically grown species of thymes at different nutrient solution strength. J. Bio-Environ. Control 9:79-84.
- Kinae, N.O., M. Kozima, and M.C. Hurugiri. 2006. Wasabi's everything. Gakugei Shuppansha, Kyoto, Japan.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2009. Agricultural forecasting 2009. KREI, Seoul, Korea.
- Kumagai, H., N. Kashima, T. Seki, H. Sakurai, K. Ishii, and T. Ariga. 1994. Analysis of volatile components in essential oil of upland wasabi and their inhibitory effects on platelet aggregation. Biosci. Biotechnol. Biochem. 58:2131-2135.
- Lee, S.G., Y.W. Seo, J.W. Johnson, and B.H. Kang. 1997. Effects of water stress on leaf water potential, photosynthesis and root development in tobacco plant. Kor. J. Crop Sci. 42:146-152.
- Lee, S.J., H.M. Kang, and I.S. Kim. 2008. Effect of sodium selenate supplied condition by fertigation on the growth and content of minerals, ascorbic acid, nitrate, and selenium of some western vegetables. J. Bio-Environ. Control 17:43-50.
- Lee, S.W., J.S. Lee, S.D. Kim, Y.H. Kim, S.N. Yu, and D.Y. Kim. 1997. Allylisothiocyanate content in different plant parts of *Wasabia japonica* M. Kor. J. Crop Sci. 42:281-285.
- Lykkesfeldt, J. and B.L. Møller. 1993. Synthesis of benzyl-glucosinolate in *Tropaeolum majus* L. (isothiocyanates as potent enzyme inhibitors) Plant Physiol. 102:609-613.
- Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. J. Bio. Chem. 140:315-322.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2010. Vegetable statistics 2010. MFAFF, Gwacheon, Korea.
- Moon, J.S., Y.J. Song, B.R. Ko, D.W. Kim, and M.H. Sung 1999. Effects of sulfuric fertilizers on growth and allylisothiocyanate contents of *Wasabia japonica* Matsum cultivated in heating condition. Kor. J. Medicinal Crop Sci. 7:31-36.
- Mozafar. A. 1994. Plant vitamins; Agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Rosa, E.A.S., R.K. Heaney, G.R. Fenwick, and C.A.M. Portas. 1997. Glucosinolates in crop plants. Hort. Rev. 19:99-215.
- Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carver, and D.W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci. 28:526-531.
- Seo, E.J. 1998. Effects of cultivars, mineral elements and growing conditions on the growth and essential oil contents of basil in hydroponics. PhD Diss., Korea University, Seoul, Korea.
- Sultana, T., D.L., McNeil, N.G. Porter, and G.P. Savage. 2003. Investigation of isothiocyanate yield flowering and non-flowering tissues of wasabi grown in a flood system. J. Food Composition Analysis 16:637-646.