

Echiacea 속 식물에 적합한 수경재배 시스템 선발

이혜진¹ · 유형주¹ · 이용희² · 최기영¹ · 이용범^{1*}
¹서울시립대학교 환경원예학과, ²한국파프리카생산자협회

Selection of Optimum Closed Hydroponic System for Production of *Echinacea* spp.

Hye Jin Lee¹, Hyung Joo Yoo¹, Yong Hee Lee², Ki Young Choi¹, and Yong-Beom Lee^{1*}

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

²Korea Paprika Growers Association, Seoul 137-787, Korea

Abstract. This experiment was conducted to select optimum hydroponic systems for clean and mass production for shoot and root of *Echinacea*. *E. purpurea* and *E. angustifolia* were grown at 5 different kinds of hydroponic systems; NFT, modified NFT, DFT, aeroponics, and Ebb & Flow for 150 days. The lowest photosynthetic rate and transpiration rate were in Ebb & Flow system in *E. purpurea* and *E. angustifolia* at 120 days after transplanting. The shoot fresh and dry weight were high in aeroponic and DFT system of *E. angustifolia* and in aeroponic and NFT system of *E. purpurea* at 150 days after transplanting. The root fresh and dry weight of both species were the highest in aeroponic system and next to modified NFT system. They were increased in NFT and Ebb & Flow system for the root length and in aeroponic system for the number of tillering. The results demonstrate that aeroponic system was the most effective for enhancement shoot and root biomass of *Echinacea* spp. in hydroponics.

Key words : aeroponics, *E. purpurea*, *E. angustifolia*, hydroponic systems, NFT

서 론

에키나시아(*Echinacea* spp.)는 국화과 다년생 식물로서 9종 2품종이 있으며 북미가 원산지이다. *Echinacea*는 북미 인디언들에 의해 사용되기 시작했으며, 뿌리와 종자는 2~3년에 수확할 수 있으며 뿌리를 주로 약용 재료로 이용하고 있으나 잎, 줄기, 꽃 종자 등도 사용한다(Miller, 2004).

*Echinacea*에는 echinacoside, cichoric acid 등 다양한 phenolic compound가 함유되어 있어 면역강화, 항바이러스, 항산화, 항염증 등의 기능성 작용을 하는 것으로 보고되었다(Cervellati, 2002). *Echinacea*의 기능성에 관한 연구는 독일에서 많이 이루어 졌으며 *E. purpurea*(L.)가 주로 연구되었으나, 근래 들어 *E. angustifolia* DC.와 *E. pallida*(Nutt.) 등이 미국과 유

럽에서 활발히 연구되고 있다. 특히 기능성 시장이 증가되는 추세에 맞춰 미국과 독일 등 유럽에서는 *Echinacea*가 건강 보조식품과 대체의학의 원료로 자리 잡아가고 있다.

그러나 국내에서는 *Echinacea*의 약리적 효용성 및 이용에 대한 연구는 물론 원료의 재배 및 생산이 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 토양재배 시 주원료로 사용되는 뿌리가 성숙되기까지는 3~4년의 긴 시간이 소요되며, 토양으로부터 뿌리를 수확하여 추출하기까지 많은 노동력과 에너지가 요구되며, 무엇보다도 수확과정에서 많은 뿌리손실이 발생하는 등의 문제점을 가지고 있다(Pagliarulo, 2000). 한편 소비자는 재배 시 좋은 품질 관리와 규격화 된 제품을 요구하고 있어 안정된 물질을 지속적으로 공급하는데 관행의 토양재배 방법은 광, 온도, 병충해, 재배 방식 등의 환경조건에 따라 약용가치가 많이 달라질 수 있어 문제가 있다고 할 수 있다(Luo 등, 2003; Gotti 등, 2002; Pomponio 등, 2002; Bergeron 등, 2000).

*Corresponding author: hydropo@uos.ac.kr
Received April 17, 2009; Revised June 23, 2009;
Accepted June 24, 2009

따라서 본 연구는 약용식물로서 *Echinacea*의 청정 대량생산을 위해 재배환경조절이 가능한 수경재배 시스템에서의 *Echinacea* 잎과 뿌리 생산에 적합한 수경재배 시스템을 선발하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

E. angustifolia DC.와 *E. purpurea* (L.) Moench종을 미국의 Johnny's Selected Seeds(USA, Iowa)로부터 구입하였다. 2006년 3월 24일에 종자를 파종하고 25~27°C 광조건하에서 10일간 발아시킨 뒤 발아된 묘를 버미큘라이트로 충전한 50공 플러그트레이에 이식하였다. 육묘시 온실 환경은 주야간 온도 25/15°C, 일장은 16/8h로 조절하였다. 이식 후 45일간 육묘한 후 각각의 수경재배 시스템에 2006년 7월 7일 양지봉형 유리온실에 정식하였으며, 시험구 배치는 완전임의배치 2반복으로 수행하였다.

본 실험에 사용한 수경재배 시스템은 NFT(Nutrient film technique), M-NFT(Modified nutrient film technique), DFT(Deep flow technique), aeroponics와 Ebb & Flow 등 5종류를 선택하였다. M-NFT는 기존의 박막수경 방식을 변형한 것으로 NFT의 방식과 DFT가 혼합된 방식으로서 양액이 흐름방식으로 공급된 후 뿌리끝이 일정높이 이상 양액에 잠겨있는 상태의 시스템이다. NFT와 M-NFT 경우 양액의 공급은 1회 15분, 6~8회/1일, aeroponics는 5분 공급, 15분 정지 사이클로 공급하였으며, Ebb & Flow는 2시간 간격으로 15분씩 공급하였다. *Echinacea*의 생육을 위

해 육묘 및 생육기간 동안 감자배양액(NO₃⁻: 13.0, NH₄⁺: 1.4, PO₄³⁻: 4.2, K⁺: 7.5, Ca²⁺: 5.5, Mg²⁺: 3.5me · L⁻¹)을 사용하여 전기전도도는 1.5 ± 0.2dSm⁻¹, pH 5.8 ± 0.1로 조절하여 배양액을 공급하였다(Chang et al., 2000).

각각의 수경재배 시스템에 정식 후 120일째 광합성 속도와 증산율을 측정하였고 150일째 생육조사를 실시하였다. 광합성과 증산율의 측정위치는 생장점을 기준으로 한 기부 방향으로 15cm 내외의 완전히 전개된 잎을 측정하였다. 측정 조건은 PAR 800μmol · m⁻² · s⁻¹, 엽온 25 ± 0.5°C, 상대습도 45 ± 0.5%, 기체유량(flow rate) 500 ± 0.5μmol · s⁻¹였다. 생육조사항목은 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 엽수, 뿌리길이, 근경, 분얼수를 측정하였다. 측정 자료는 최소유의차 검정을 이용하여 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 수경재배 시스템에서 120일 재배된 *E. angustifolia*와 *E. purpurea* 품종에 따른 광합성속도와 증산율 결과이다. 수경재배 시스템에 따른 *E. angustifolia*의 광합성 속도는 Ebb & Flow에서 18.21μmol · CO₂ · m⁻² · s⁻¹로 가장 낮았으며, 이를 제외한 NFT, M-NFT, DFT, 분무경 시스템 처리간에는 유의적으로 차이를 나타내지 않았다. 증산율은 분무경이 24.10 μg · cm⁻² · s⁻¹로 가장 높았고 NFT, DFT, M-NFT 순으로 높게 나타났으며 광합성 속도와 마찬가지로 Ebb & Flow에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 1. Effects of hydroponic systems on photosynthetic rate and transpiration rate of *Echinacea* spp. at 120days after transplanting.

Hydroponic system ²	<i>E. angustifolia</i>		<i>E. purpurea</i>	
	Photosynthetic rate (μmol · CO ₂ · m ⁻² · s ⁻¹)	Transpiration rate (μg · cm ⁻² · s ⁻¹)	Photosynthetic rate (μmol · CO ₂ · m ⁻² · s ⁻¹)	Transpiration rate (μg · cm ⁻² · s ⁻¹)
NFT	21.58	21.63	21.54	30.23
M-NFT	21.54	20.91	22.66	28.80
DFT	20.56	21.30	19.88	23.99
Aero.	21.60	24.10	22.97	32.67
Ebb.	18.21	15.73	19.57	18.84
LSD _{0.05}	1.88 ³	8.36	0.77	7.68

¹NFT: Nutrient film technique, M-NFT: Modified nutrient film technique, DFT: Deep flow technique, Aero.: Aeroponics, Ebb: Ebb & Flow

²Mean separation within columns by LSD test at 5%.

*E. purpurea*의 광합성속도는 분무경과 M-NFT에서 각각 22.97과 22.66 $\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 가장 높으며 DFT와 Ebb & Flow에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 증산을 또한 앞의 결과들과 비슷한 경향을 나타내었는데 분무경에서 32.67 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 가장 높게 나타났으며 Ebb & Flow에서 가장 낮게 나타났다. 이상의 결과로 보아 양액공급방법에 따른 근권내 용존산소 함량이 가장 높은 분무경을 중심으로 NFT, M-NFT에서 광합성 속도와 증산량이 높게 나타난 것으로 판단된다.

가능성 식품의 주원료로 사용되는 뿌리의 생산성과 가공 가능한 잎의 생육정도를 수경재배 시스템별로 평가해 본 *E. angustifolia*의 결과는 Table 2, Fig. 1과 같다. 지상부 생체중과 엽수는 분무경과 DFT에서 높

은 수준을 나타냈고, Ebb & Flow에서 가장 저조한 생육을 나타냈다. 지하부 생체중은 분무경에서 33.34g/주로 가장 높은 수준을 나타냈고 DFT에서 가장 낮은 11.48g/주의 생육결과를 보였다. 최대 뿌리길이는 Ebb & Flow와 NFT에서 길게 자라는 특성이 관찰되었고, 분얼되는 특성을 살펴보면 분무경에서 11.5개로 가장 많이 분얼되었다. 지상부 생육량은 분무경과 DFT에서 유의성 있게 높게 나타났으나 뿌리량은 분무경에서만 가장 높게 나타났다. 따라서 *E. angustifolia*의 경우 지하부나 가공용으로 사용되는 잎 모두 분무경에서 바이오매스 확보가 가장 효율적인 시스템이라고 할 수 있다.

Table 2와 Fig. 2는 *E. purpurea*의 150일 수경재배 시스템에서 생육된 결과이다. 지상부 생체중은 분무

Table 2. Effects of hydroponic systems on growth of *E. angustifolia* at 150 days after transplanting.

Hydroponic system ²	Shoot weight (g/plant)		Root weight (g/plant)		Root length (cm)	Root diam. (cm)	No. of leaves	No. of tillering
	Fresh	Dry	Fresh	Dry				
NFT	32.33	6.69	15.77	2.98	19.13	1.25	57	3.3
M-NFT	31.18	5.69	15.38	3.85	9.55	1.46	64	5.5
DFT	51.86	9.51	11.48	2.52	12.48	1.24	82	6.3
Aero.	56.89	9.72	33.34	8.92	16.40	1.15	94	11.5
Ebb.	21.15	3.93	21.97	5.42	20.33	1.29	44	7.3
LSD0.05	22.06 ³	3.80	20.52	3.82	8.12	0.73	40.50	5.79

²See Table 1.

³Mean separation within columns by LSD test at 5%.

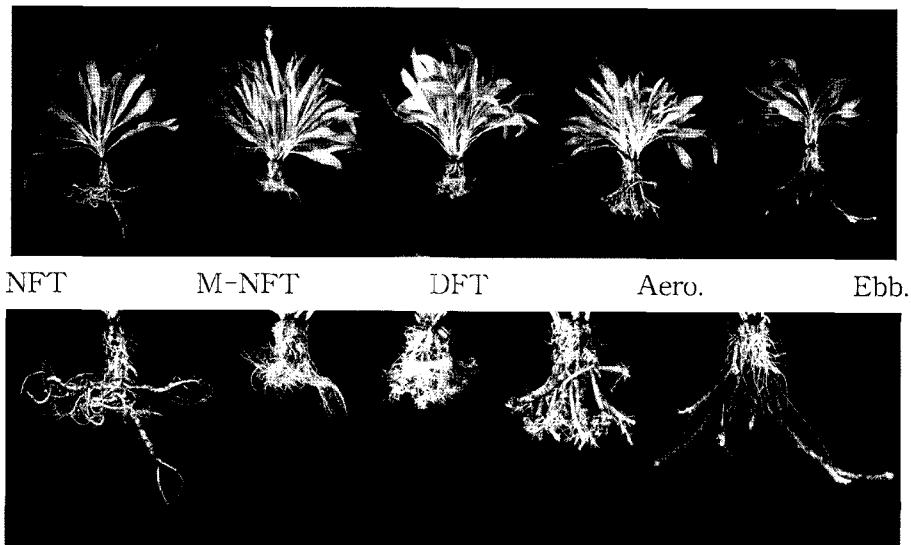


Fig. 1. Effects of hydroponic systems² on growth of *E. angustifolia* at 150 days after transplanting (²See Table 1).

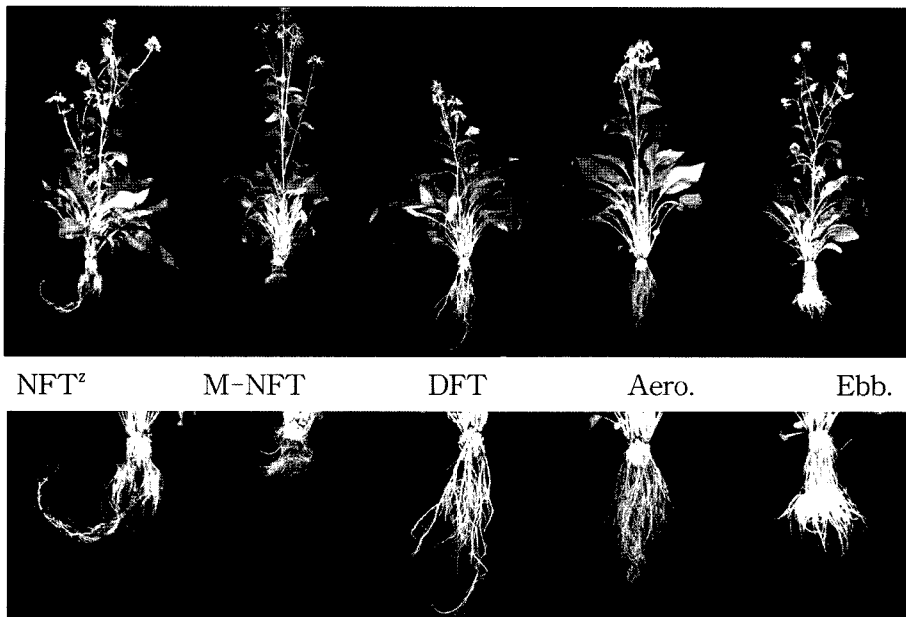


Fig. 2. Effects of hydroponic systems² on growth of *E. purpurea* at 150 days after transplanting (See Table 1).

경과 NFT에서 각각 256.2g/주과 243.1g/주로 다른 시스템에 비해 월등히 높았으며 Ebb & Flow에서 가장 낮은 생육이 관찰되었다. 지하부 생체중도 분무경에서 가장 높고 M-NFT, DFT, NFT 및 Ebb & Flow 시스템 순으로 낮은 뿌리량 결과를 나타내었다. 뿌리 길이는 NFT에서 다른 시스템에 비해 확연히 길게 자라는 특징을 보였다. 분얼되는 특성도 분무경에서 가장 많이 분얼되어 *E. purpurea*도 분무경 방식이 지상부와 지하부의 바이오매스를 확보하는데 가장 적합한 시스템으로 판단되었다. 수경재배 기간 동안 *E. purpurea*의 지상부 생육량(140.2~256.2g)과 지하부 생육량

(38.6~89.1g)은 *E. angustifolia*의 지상부 생육량(21.2~56.9g), 지하부 생육량(11.5~33.3g)에 비해 월등히 높아 종에 따른 생육량 차이를 보였다.

두 종 모두 근권의 통기성이 높은 분무경 방식에서 지상부와 지하부의 바이오매스 확보가 월등했던 것으로 판단된다. Choi 등(2007)이 보고한 고추냉이 잎 생산을 위한 수경재배에서도 분무수경재배 시 광합성 속도와 상품수량, 바이오매스 등이 DFT와 NFT에 비해서 좋은 결과가 나왔음을 보고한 바 있다. 또한 근권의 투수성과 통기성이 확보되면서 초기 뿌리의 활착에 많은 영향을 끼친 것으로 보고하고 있다.

Table 3. Effects of hydroponic systems on growth of *E. purpurea* at 150 days after transplanting.

Hydroponic system ²	Shoot weight (g/plant)		Root weight (g/plant)		Root length (cm)	Root diam. (cm)	No. of leaves	No. of tillering
	Fresh	Dry	Fresh	Dry				
NFT	243.1	65.44	43.50	8.11	45.10	1.79	70	5
M-NFT	193.9	55.37	58.13	15.00	15.67	2.34	62	7
DFT	140.2	43.45	38.61	9.12	22.60	2.02	58	8
Aero.	256.2	65.29	89.08	17.82	25.83	2.64	62	9
Ebb.	146.7	32.83	47.25	10.77	28.5	1.95	43	6
LSD0.05	33.63 ³	21.6	17.89	5.95	12.06	0.70	22.84	3.25

²See Table 1.

³Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Pagliarulo와 Hayden(2002)의 보고에 따르면 파일롯 스케일의 A-frame 분무경을 이용하여 *E. purpurea*의 지하부 생산성을 평가한 결과 관행의 토양재배에 비해 140% 증수되는 결과를 보여주었다. 국내에서는 아직 약용식물로서 *Echinacea*에 대한 재배가 이루어지고 있지 않아 생산성 비교가 불가능하나 분무경을 이용한 수경재배 시스템이 주원료로 사용되는 지하부는 물론 가공용으로 사용 가능한 지상부를 목적으로 생산는 약용식물에 효율적이라고 평가된다. 또한 노지에서 *Echinacea* 생산에 소요되는 기간이 3~4년인 것을 고려한다면 정식 후 5~7개월 정도면 대량 생산이 가능하므로 충분한 경제성이 있을 것으로 판단된다. 그러나 건강보조식품의 원료 이용 측면에서 배지경 재배와 수경재배에서 생산된 *Echinacea*의 기능성 물질 함량 분석 등은 추후 연구를 통해 보다 면밀한 검토가 이루어져야 하리라 생각된다.

적 요

Echinacea 청정대량생산을 위해 재배환경조절이 강한 수경재배 시스템에서 *Echinacea* 뿌리와 잎 생산에 적합한 수경재배 시스템을 선발하고자 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 공시작물은 *E. angustifolia* DC.와 *E. purpurea* (L.) Moerch이며 NFT, modified NFT, DFT, aeroponics, Ebb & Flow 등 5가지 시스템을 사용하여 150일간 실험하였다. 120일 수경재배한 두 종 모두 광합성 및 증산률은 Ebb & Flow 시스템에서 유의적으로 낮은 수준을 보였다. 정식 후 150일째 지상부 생체중과 건물중은 *E. angustifolia*의 경우 분무경과 DFT에서 높았고, *E. purpurea*는 분무경과 NFT에서 유의성 있게 높았다. 지하부의 생체중 및 건물중은 *E. angustifolia*와 *E. purpurea*는 분무경에서 가장 높았고 다음으로 M-NFT에서 높았다. 두 종 모두 뿌리의 길이는 두 종 모두 NFT 및 Ebb & Flow 시스템에서 높았고 분얼수는 *E. purpurea*가 분무경에서 유의적으로 높았다. 따라서 *Echinacea*의 바이오매스 확보를 위한 수경재배 방식으로 광합성과 지상과 지하부 생육량이 *E. angustifolia*와 *E. purpurea* 모두 높았던 분무경 시스템을 선발하였다.

주제어 : 수경재배 시스템, aeroponics, *E. purpurea*, *E. angustifolia*, NFT

사 사

본 연구는 서울시립대학교 교내학술연구과제의 지원에 의하여 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Bergeron, C., J.F. Durance, D.V. Livesey, C. Awang, J.T. Arnason, J. Rana, B.R. Baum, and W. Letchamo. 2000. A quantitative HPLC method for the quality assurance of *Echinacea* products on the North American market. *Phytochem. Anal.* 11:207-215.
- Cervellati, R., C., Renzulli, M., Clelia, M.C. Guerra, and E. Speroni, 2002. Evaluation of antioxidant activity of some natural polyphenolic compounds using Briggs-Rauscher reaction method. *J. Agric. Food Chem.* 50:7504-7509.
- Chang, D.C., S.Y. Kim, K.Y. Shin, Y.R. Cho, and Y.B. Lee. 2000. Development of a nutrient solution for potato (*Solanum tuberosum* L.) seed tuber production in a closed hydroponic system. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 18(3):334-341.
- Choi, K.Y., Y.B. Lee, J.H. Lee, and T. Nasangargale. 2007. Hydroponic Culture System for Wasabi Leaf Production. *J. Bio-Environment Control* 16(1):1-6.
- Gotti, R., R. Pomponio, C. Bertucci, and V. Cavrini. 2002. Simultaneous analysis of the lipophilic markets of *Echinacea* plant extracts by capillary electrophoresis. *J. Sep. Sci.* 25:1079-1086.
- Luo, W., C.Y.W. Ang, T.A. Gehring, T.M. Heinze, K.J. Lin, and A. Mattia. 2003. Determination of phenolic compounds in dietary supplements and tea blends containing *Echinacea* by liquid chromatography with coulometric electrochemical detection. *J. AOAC Int.* 86: 202-208.
- Miller, C.S.. 2004. *Echinacea*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Pagliarulo, Christopher L. and Antia L. Hayden. 2002. Potential for greenhouse aeroponic cultivation of medicinal root crops. http://ag.arizona.edu/ceac/research/archive/aeroponic_medicinals.pdf.
- Pomponio, R., R. Gotti, M. Hudaib, and V. Cavrini. 2002. Analysis of phenolic acids by micella electrokinetic chromatography; application to *Echinacea purpurea* plant extracts. *K. Chromatogr. A.* 954:1079-1086.