

배지의 종류와 배양액농도가
백리향(*Thymus vulgaris* L.)의 생육에 미치는 영향¹⁾

김 예 희 · 이 문 정 · 박 권 우*
고려대학교 원예과학과

**Effects of Nutrient Solution Concentration and Substrate
on the Growth of Common Thyme(*Thymus vulgaris* L.)**

Kim, Yei-Hee · Moon-Jung, Lee · Kuen-Woo, Park*
Dept. of Hort. Sci., Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

This study was conducted to select proper substrate and nutrient solution concentration for favorable growth and quality in common thyme (*Thymus vulgaris* L.). The growth of common thyme was better in deep flow culture (DFT) than in other substrate cultures. As the nutrient solution concentration rose, the ratio of dry matter increased, while the fresh weight and the number of lateral shoots decreased. The contents of total chlorophyll and vitamin C were higher in DFT than others. Ca, K, P were showed high contents in cocopeat, but Mg content was the highest at half-fold concentration in DFT. Common thyme showed low content of nitrate in DFT compared with that in other substrate culture. DFT was the most effective system for pronoting growth and quality of common thyme. The optimal concentration of nutrient solution in common thyme was half-fold(EC=1.2mS/cm) of herbs nutrient solution by European Vegetable R&D Center.

주제어 : 건물률, 담액수경, 비타민 C, 허브

Key words : DFT, dry matter, vitamin c, herb

* Corresponding author

¹⁾ 본 실험은 농림부 시행 농림부특정연구사업 첨단과제의 일부로 수행된 것임.

서 론

허브는 향신채소로서 서양요리의 맛과 향을 내기 위해 많이 사용되며, 우리의 약초와 같이 약리적인 효능도 있다. 그리고 허브로부터 추출한 정유는 치약이나 향수, 화장품, 청량음료 등과 같은 공산품을 생산하는데 많이 사용되고 있다(Curtis, 1996; Ody, 1993). 이러한 허브 중 백리향은 국내에서는 주로 조경소재로의 이용이 클 뿐 채소로서의 이용은 크지 않은 편이었다. 그러나 향기가 은은하여 한국인의 기호에도 맞고 최근 요리법이 다양해지면서 이용이 증가하고 있다. 따라서 국내 새로운 식품문화의 선도와 농가의 고소득 작물로서 그 전망이 매우 밝다.

허브의 생육과 품질은 생산지나 재배환경, 품종과 수확시기에 따라 크게 차이가 나기 때문에(Senatore, 1996; Jackson과 Hay, 1994; Park, 1996; Suh, 1998) 고품질 백리향의 수량과 품질을 향상시키기 위해서는 재배환경의 확립이 매우 중요하다. 무엇보다도 양액재배의 성공여부는 재배작물에 적합한 재배방식과 배지의 종류, 배양액의 선택에 달려 있다고 할 수 있다(Shin과 Chae, 1997). 우리 나라에서는 고품배지로 암면과 펄라이트가 주로 사용되고 있지만 최근에는 코코넛 배지를 이용하는 농가도 늘고 있다(Chung, 1998). 펄라이트는 화학적으로 안정되어 양액재배용 배지로써 활용 가능성을 높게 평가받고 있으며(Benoit와 Ceustermans, 1990), 코코피트등의 배지와 혼합하여 사용함으로써 단점인 낮은 보수력을 보완할 수 있다고 한다(Desmond, 1991; Lee 등, 1993).

또 다른 지하부 환경의 요소인 배양액조성(Kim과 Park, 1993) 및 농도(Park 등, 1993)도 작물의 생육에 큰 영향을 미친다. 따라서 효율성이 높아지고 있는 백리향의 양액재배기술을 확립하기 위하여 생육에 적합한 배양액의 농도와 배지를 구명하고 자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험 공시작물은 백리향(*Thymus vulgaris* L.)을 사용하였다. 식물은 모래에 삼목하여 6주간 육묘를 순화 시킨 후 정식하였고, 수확은 정식 후 15주가 되었을 때에 실시하였다.

1. 培地의 종류

배지의 종류는 고품배지경과 비고형배지경으로 나누어 고품배지 3종과 비고형배지 1종으로 하였다. 고품배지로는 펄라이트 단용, 코코피트 단용 그리고 펄라이트와 코코피트 혼용(50:50 v/v)을 사용하였으며 90×30×15 cm의 베드에 각 배지를 27 l씩 채웠다. 펄라이트 단용은 보수력 증진을 위해 대립과 소립을 혼합(50:50, v/v)하여 사용하였다. 관수는 비순환식으로 점적핀을 이용하여 점적관수를 하였다. 관수는 정식 후 5주를 중심으로 하여 관수량을 달리하였으며, 각 배지별 관수량은 Table 1과 같다. 코코피트 단용과 펄라이트:코코피트 혼용은 정식시 고토석회를 사용하여 pH를 5~6으로 보정해 주었다. 고품배지 내에서 재배중 과도한 염의 집적을 막기 위해 3주마다 해가 진 후 물로 배지를 세척해 주었다.

Table 1. The amount of irrigation on different substrate.

Substrate	First 5 weeks after planting ² (mL/plant/day)	After 5 week (mL/plant/day)
Perlite	120	200
Perlite:Cocopeat = 1 : 1	90	150
Cocopeat	90	150

² 5 Weeks after planting.

비고형배지경으로는 담액수경(deep flow technique; DFT)을 사용하였고 양액의 순환은 15분 간격으로 실시하였다. 양액의 교체는 생육초기에는 3주, 후기에는 2주간격으로 하였다.

2. 培養液濃度 처리

본 실험에 이용된 양액은 벨기에의 European Vegetable R&D Center에서 Benoit와 Ceustermans(1994)의 연구결과에 의해 개발된 허브용 양액을 사용하였다. 허브용 1배 양액의 조성은 Table 2와 같고, 농도처리하는 허브용 양액을 각각 1/2, 1(EC=2.4 mS/cm), 2, 3배의 4 처리로 하였다.

Table 2. The composition of nutrient solution for herb plants developed by European Vegetable R&D Center in Belgium. (Benoit and Ceustermans, 1994)

Macro elements (mmol)	NO ₃ -N	SO ₄ -S	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
	18.0	1.0	2.0	11.0	4.5	1.0
Micro elements (μ mol)	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
	100.0	5.0	0.4	3.7	26.5	0.5

3. 조사항목

고형배지경에 사용된 3종의 배지를 정식 전에 각각 채취하여 배지의 포장용수량과 pH, EC, 유기물함량 그리고 양이온 치환용량과 치환성 양이온의 함량을 조사하였다.

생육은 수확시 초장과 근장, 초장, 엽수, 분지수 그리고 지상부 생체중과 지하부 생체중을 조사하였으며, 지상부와 지하부의 건물중을 측정하여 건물물을 환산하였다. 또한 수확시 식물체의 엽록소함량(William과 Paul, 1985)과 비타민 C의 함량(AOAC, 1995)을 측정하였으며, 체내 NO₃-N의 함량(Cataldo, 1975) 및 P, Ca, K, Mg의 함량을 분석하였다.

결과 및 고찰

배지경에 있어서 양액배지는 식물의 양수분의 흡수에 영향을 미치므로 작물의 재배시 배지를 사용하기 전 그 배지의 물리적, 화학적 특성을 아는 것이 중요하다(Lemaire, 1995). 따라서 본 실험에 사용한 고형배지 3종의 포장용수량과 pH, EC, 유기물 함량, 양이온 치환용량 그리고 치환성 양이온의 함량을 조사한 결과, pH를 제외하고 모든 조사항목에서 펄라이트가 가장 낮은 수치를 보였다. 포장용수량, EC, 유기물 함량, 양이온 치환용량, 치환성 양이온은 코코피트 배지에서 가장 높았다(Table 3). pH의 경우, 펄라이트는 7.15로 중성이었으나 코코피트는 5.28로 pH가 낮아 알카리 토양에서 잘 자라는 백리향을 재배하기 위해 고토석회를 사용하여 pH를 1정도 증가시켜 보정하여 주었다(Park, 1996; Reed, 1996).

Table 3. Physical and chemical properties of substrate.

Substrate	Field moisture capacity (%)	pH	EC (μ S/cm)	Organic matter (%)	C.E.C ^z (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)		
						Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
Pelite	185	7.15	56.7	- ^y	0.829	0.137	0.060	0.042
Pelite:cocopeat = 1:1	392	5.93 ^x	270.3	16.38	10.549	0.401	2.427	1.711
Cocopeat	645	5.28 ^x	855.0	70.34	20.908	0.565	3.791	3.352

^z C.E.C : cation exchange capacity

^y not detected

^x pH before adjustment

배지의 종류에 따른 백리향(common thyme)의 생육은 담액수경에서 가장 큰 값을 보였다(Table 4). 이는 지속적인 양액의 유동으로 양액내의 용존산소량이 증가하였으며, 이와 같이 충분한 산소를 가진 지속적인 물의 흐름은 근부의 생육과 양분 흡수능을 촉진시킨 것으로 사료된다.

Table 4. Effects of nutrient solution concentration and substrate on growth of common thyme.

Sub. ^z	Conc. of NS ^y (fold)	Top length (cm)	Root length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of lateral shoot	Fresh weight (g/plant)		Dry matter ratio (%)	
							Top	Root	Top	Root
PL	0.5	57.0a ^x	17.2bc	0.9abc	0.5abc	212ab	53.14c	2.69d	13.6fg	11.5cd
	1	52.7ab	16.2bcd	1.0a	0.5abc	187bc	27.62d	2.90d	16.6de	11.2cd
	2	39.0de	15.1bcd	0.8abc	0.6a	131cd	18.52def	2.96d	17.2cde	9.2ef
PL:CP = 1:1	0.5	52.2ab	15.6bcd	0.9ab	0.5bc	169bc	19.61def	1.55d	12.7g	9.3ef
	1	49.1bc	15.1bcd	0.8abc	0.5bc	121cde	12.74ef	1.35d	14.9efg	10.2de
	2	40.2de	16.6bcd	1.0a	0.6ab	122cde	20.56de	1.06d	15.2ef	12.0bc
CP	0.5	46.5cd	7.9e	0.9abc	0.6ab	26f	4.63h	0.72d	13.2fg	10.7de
	1	44.9cd	12.1cde	0.9abc	0.5abc	85def	10.71fg	0.90d	13.8fg	11.4cd
	2	37.8ef	12.3cde	0.8bc	0.5cd	53ef	6.22fgh	1.00d	23.4a	16.3a
DFT	0.5	43.1cd	38.9a	0.8bc	0.4de	274a	87.12a	38.64a	20.0b	8.4fg
	1	40.0de	39.1a	0.9abc	0.5bcd	278a	71.86b	28.48b	19.5bc	8.2fg
	2	38.8de	36.7a	0.8c	0.4ef	155bcd	42.61c	17.85c	22.6a	7.7g
	3	30.4f	19.7b	0.6d	0.3f	48f	12.93ef	4.01d	23.6a	10.1de

^z Sub. : substrate, PL : perlite, CP : cocopeat, DFT : deep flow technique

^y NS : nutrient solution

^x Means separation within columns by DMRT at 5% level.

^w 0.5 fold = 1.2mS/cm, 1.0 = 2.4mS/cm, 2.0 = 3.6mS/cm, 3.0 = 4.8mS/cm

초장에 있어서는 펄라이트 0.5배 배양액 농도 처리구에서 가장 좋았다. 근장과 분지수 그리고 생체중은 담액수경에서 가장 좋았다. 생육이 가장 좋은 담액수경의 0.5 배 처리구의 건물률도 다른 배지의 동일 농도 처리구의 건물률보다 훨씬 높았다.

각 배지에서 배양액농도에 따른 백리향의 생육은 배지의 종류에 따라 다른 생육양상을 보였는데, 펄라이트와 담액수경에서는 배양액농도가 낮은 처리구에서 생육이

좋았다. 그러나 혼용배지와 코코피트에서는 배양액농도에 따른 처리간에 차이가 매우 작았는데, 이는 두 배지에서 생육이 전반적으로 저조하였기 때문이라고 생각한다. Shin과 Chae (1997)는 시호를 펄라이트, 버미큘라이트 그리고 담액수경으로 재배한 결과, 펄라이트에서 재배하였을 경우에는 초장과 근중은 배양액농도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, EC가 5.6mS/cm인 2배 농도 처리구에서 초장과 근중이 가장 높았다고 보고한

바 있다. 그러나 본 실험에서는 Shin과 Chae (1997)의 실험과 상반된 경향을 보여주고 있으며, EC가 7.2 mS/cm인 3배 농도 처리구에서는 정식 3주 후부터 고사하기 시작하여 정상적인 생육을 하지 못하였다. 이는 백리향의 내비성이 매우 낮기 때문으로 사료된다. No 등(1995)은 토마토를 펄라이트에서 재배할 경우 배양액의 농도가 높아 지상부 건물물은 모든 배지 처리구에서 배양액의 농도가 높을수록 높아지는 경향이었으며, 지하부 건물물은 배양액농도에 따른 일정한 경향이 없었다 (Table 4). Udagawa (1995)는 양액재배시 EC를 1.2, 2.4, 3.6 mS/cm으로 하여 백리향을 박막경으로 재배한 결과, 생체중, 간물중이 배양액의 EC가 높을수록 증가한다고 하였다.

본 실험에서도 건물중은 배양액의 EC가 높을수록 증가하였다. 그러나 생체중은 혼용배지의 경우 EC가 4.8 mS/cm인 2배 농도에서, 코코피트에서는 EC가 2.4 mS/cm인 1배 농도에서 가장 높은 생체중을 보였고, 펄라이트와 담액수경은 EC가 낮을수록 생체중이 높았다. 이는 재배시스템과 배지에 의한 차이로 추측되어진다. Udagawa(1995)의 실험에서는 박막수경을 사용 하여 뿌리가 지속적으로 높은 EC의 배양액이나 배지에 담겨져 있지 않기 때문에 작물의 수분과 영양에 대한 요구도가 커지므로 고농도의 양액에서 염류장해로 인

한 생육저하가 없었던 것으로 생각되어진다. 또한 본 실험에서 펄라이트나 담액수경이 코코피트나 혼용배지에 비해 완충능이 작고, 염의 집적이 적으므로 염이 많이 집적된 혼용배지와 코코피트에서는 모든 농도 처리구에 걸쳐 생육이 매우 저조하여 농도 처리간에 생체중의 차이가 적고 일정한 경향도 없었던 것으로 사료된다. 펄라이트 처리구와, 코코피트 처리구는 정식 후 3주부터 모두 고사하여 결국 구로 처리하였다.

백리향의 엽록소함량은 전반적으로 생육이 좋았던 담액수경에서 가장 높았다. 배양액농도에 따른 백리향의 엽록소함량 변화는 고품배지에서는 2배 농도까지 동일한 경향을 보여 1배 농도에서 가장 함량이 높았다. 그러나 3배 처리구가 있는 혼용배지와 담액수경을 비교해 볼 때, 혼용배지는 3배에서 다시 증가하였으나 담액수경에서는 1배와 2배 처리구 사이에서 거의 변화가 없고 3배에서 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1). Letchamo와 Gosselin(1995b)은 허브로 사용되고 있는 서양민들레를 유기배지인 피트와 수경으로 재배한 결과, 수경으로 재배한 민들레에서 엽록소함량이 더 많았다고 보고하였다. 본 실험에서는 백리향의 경우 고품배지보다 담액수경에서 재배한 것이 엽록소함량이 많아 Letchamo와 Gosselin(1995b)의 실험과 동일한 결과를 보였다.

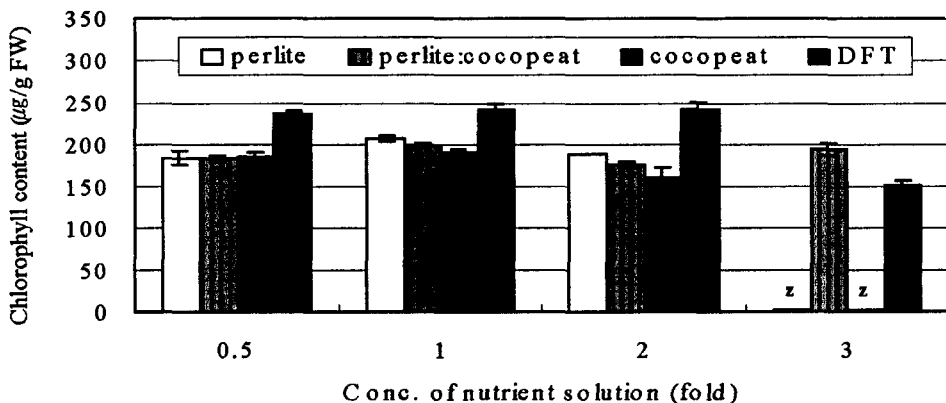


Fig. 1. Effects of nutrient solution concentration and substrate on chlorophyll content in common thyme. Vertical bars represent \pm standard deviation(n=4).

백리향의 비타민 C 함량 또한 생육이 가장 좋았던 담액수경에서 높은 함량을 보였으며 배양액농도 2배 처리구에서 생체 100 g당 30.5 mg으로 가장 높은 비타민 C의 함량을 보였다. 혼용배지와 코코피트, 담액수경에서는 배양액농도에 따른 비타민 C의 함량 변화도 동일한 양상을 보였고, 2배 농도 처리구에서 가장 높은 함량을 보였다. 반면, 펄라이트는 1배에서 비타민C의 함량이 가장 많았다(Fig. 2). Premuzic 등(1998)은 시비와 비타민 C 함량 사이의 긍정적인 상관관계와 부정적인 상관관계를 보고한 바 있는데, 긍정적인 상관관계는 N의 시비량이 많으면 탄수화물을 이용하여 아미노산과 비타민

C의 함량을 증가시킨다고 설명하였다. 반면, 부정적인 상관관계는 시비율이 높을수록 잎의 생장을 촉진시키고 잎이 커짐으로 인해 차광효과를 가져와 특히 온실에서 생육하는 작물에서는 생육이 불량해지고 광에 노출됨으로써 합성되는 비타민의 함량을 감소시킨다고 하였다. 본 실험에서 백리향의 비타민 C 함량이 어느 정도의 농도까지 증가하는 경향을 보이는 것은 배양액농도가 높아질수록 N의 시비율이 높아지므로 비타민 C의 함량이 증가하며, 3배 농도 처리구에서는 오히려 염에 대한 장애로 생육이 불량하기 때문에 비타민 C의 함량이 낮았던 것으로 생각되어진다.

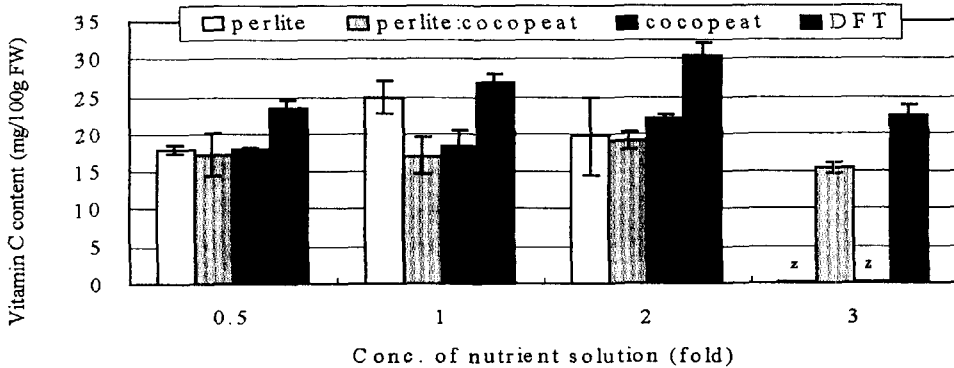


Fig. 2. Effects of nutrient solution concentration and substrate on vitamin C content in common thyme. Vertical bars represent \pm standard deviation (n=4).

채소는 인간에게 있어 무기물의 급원으로 적절한 함량도 중요하겠지만 이 영양원소 사이의 균형 또한 중요하다(Varis와 George, 1985). 따라서 배지의 종류와 배양액농도에 따른 백리향의 무기물 함량을 조사해본 결과, 배지의 종류에 따른 백리향의 무기물함량은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 Mg를 제외하고 모두 코코피트에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 이는 식물은 일반적으로 N을 NO_3^- 의 형태와 NH_4^+ 의 형태로 흡수하는데 백리향과 같은 허브는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 을 더 선호하는 작물로 허브 배양액은 N의 급원으로 $\text{NO}_3\text{-N}$ 만을 함유하고 있다. 채소 내에 과다한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 축적이되고 그러한

채소를 인간이 먹었을 경우, 다량의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 인체 내에 축적되어 청색증을 유발한다. 따라서 유럽에서는 채소 생산시 춘하기에는 2,500ppm, 추동기에는 3,000ppm으로 채소 내의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량을 제한하고 있다(Wang과 Ito, 1997; Benoit와 Ceustermans, 1995). 본 실험에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 혼용배지에서 가장 함량이 높았는데, 이는 펄라이트 단용보다 혼용에 따른 N의 축적이 이루어졌기 때문으로 본다. 3배 배양액농도 처리구에서는 8,263 ppm으로 매우 높은 함량을 보였으며, 1배와 2배 농도 처리구에서도 4,000 ppm 이상으로 높은 함량을 보였다.

이미 잘 알려진 대로 질소성분의 증시에 따른 NO₃의 축적으로 사료된다. 반면 담액수경에서는 1,000 ppm 안팎의 낮은 함량을 보였다. NO₃-N의 함량은 각 배지 처리구에서 배양액의 농도가 높을수록 증가하였으며, 이러한 경향은 K의 함량에서도 보여졌다. Ca의 함량 또한 배양액농도가 증가할수록 함량이 증가하였으나 담액수경에서는 다른 양상을 보이며 처리간에 유의성이 없었다. 그 외 K, Ca 등은 양액농도가 증가할수록 증가했으나 P와 Mg는 특별한 경향을 볼 수 없었으나 이와같은 경향은 다른 연구와 일치한다. 모든 배지 처리구에서 P와 Mg의 함량은 배양액농도에 따른 일정한 경향이 없었다(Table 5).

적 요

양액재배시 적합한 배지와 배양액농도를 선발하고자 본 실험을 수행하였으며, 공시

작물은 백리향(*Thymus vulgaris* L.)으로 하였다. 배양액의 농도는 European Vegetable R&D Center에서 개발한 herb 배양액 (EC=2.4)을 0.5, 1, 2, 3배로 조제하여 사용하였다. 배지는 고품배지로 펠라이트 단용, 코코피트 단용 그리고 펠라이트와 코코피트 혼용(50:50 v/v)을 사용하였고, 비 고품배지로는 DFT를 사용하여 총 4처리로 하였다. 생육은 다른 배지 처리구보다 담액수경에서 가장 좋았다. 펠라이트와 담액수경에서는 배양액농도가 높을수록 생육이 감소하였으나 코코피트는 1배, 혼용배지는 2배 처리구에서 가장 높은 생체중을 보였다. 엽록소와 비타민 C의 함량 또한 다른 배지 처리구보다 담액수경에서 더 높은 함량을 보였다. 배지의 종류에 따른 무기물 함량은 NO₃-N과 Mg를 제외하고 모두 코코피트에서 가장 높은 함량을 나타내었다. NO₃-N의 함량은 담액수경에서

Table 5. Effects of nutrient solution concentration and substrate on mineral content in common thyme.

Sub. ^z	Conc. of nutrient solution (fold)	NO ₃ -N content (μg/gFW)	Mineral content (mg/gFW)			
			P	K	Ca	Mg
PL	0.5	2767d ^y	0.365k	13.7ef	0.663f	0.352i
	1	2863d	0.569h	15.2cde	0.855e	0.428h
	2	4256c	0.532i	16.8c	1.123c	0.427h
PL:CP = 1:1	0.5	2116e	0.474j	11.9fg	0.920de	0.415h
	1	4236c	0.655ef	15.2cde	1.124c	0.480g
	2	4361c	0.607g	16.2cd	1.045cd	0.445h
	3	8263a	0.481j	21.0b	1.495b	0.519f
CP	0.5	1093f	0.716d	7.2h	0.862e	0.549e
	1	4360c	0.622fg	14.2de	0.793ef	0.447h
	2	5767b	0.911a	23.8a	2.327a	0.747b
DFT	0.5	769fg	0.799c	10.5g	0.308g	0.810a
	1	641g	0.846b	11.4g	0.253g	0.674c
	2	767fg	0.670e	14.6de	0.279g	0.760b
	3	1111f	0.651ef	15.0cde	0.307g	0.600d

^z Sub. : substrate, PL : perlite, CP : cocopeat, DFT : deep flow technique

^y Means separation within columns by DMRT at 5% level.

^x 0.5 fold = 1.2mS/cm, 1.0 = 2.4mS/cm, 2.0 = 3.6mS/cm, 3.0 = 4.8mS/cm

1000 ppm 내외의 낮은 함량을 보였다. 따라서 본 실험의 결과, 백리향의 생육은 DFT를 사용하여 herb배양액 0.5배(EC = 1.2mS/cm)농도로 재배한 처리구에서 가장 좋은 생육을 보였다.

인 용 문 헌

1. 김영철, 박권우. 1993. 水耕토마토 (*Lycopersicon esculentum* Mill.)의 생육에 미치는 無機養分濃度의 影響. 자연자원논집. 고려대학교 자연자원대학 33 : 67-76.
2. 노미영, J.H. Bae, 이용범, 박권우, 권영삼. 1995. 배지재배시 배양액 농도가 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 생육에 미치는 영향. Kor. J. Bio. Fac. Env. 4(1) : 25-30.
3. 박권우, 신영주, 원재희, 이용범. 1993. 菜蔬類의 環境制御 모델研究 III. 培地와 養液에 따른 植物의 生育變化. Kor. J. Bio. Fac. Env. 2(1) : 9-15.
4. 박권우. 1996. 향신채의 이용과 재배. p. 4-8, 156-163. 고려대학교 출판부
5. 서은주. 1998. 水耕 basil의 生育과 精油含量에 미치는 品種, 無機成分 및 生育條件의 影響. 고려대학교 博士學位 論文.
6. 신상규, 채영암. 1997. '시호'양액재배시 배지종류, 양액농도 및 급액간격에 따른 생육 및 saikosaponin 함량 변화. Seoul Nat'l Univ. J. Agri. Sci. 22(1) : 1-7.
7. 이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. Kor. J. Bio. Fac. Env. 2(1) : 37-45.
8. 정순주. 1998. 양액재배의 최근동향과 발달경향. 양액재배연구 3(1) : 1-5.
9. AOAC. 1995. Vitamin C(total) in vitamin preparations. AOAC Official Methods of Analysis 2 : 967.22.
10. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyurethane as an ecological growing medium. *Plasticulture*. 88 : 41-48.
11. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1995. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. *Acta Hort.* 396 : 11-24.
12. Cataldo, D.A. 1975. *Commun. soil science and plant analysis.* 6 : 71-80.
13. Curtis, S. 1996. *Essential oil.* p. 120-121. Aurum. UK.
14. Desmond, D. 1991. *Growing in perlite. Grower digest* 12. Grower Publications Ltd. UK, p. 3-5.
15. Jackson, S.A.L. and R.K.M. Hay. 1994. Characteristics of varieties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) for use in the UK: Oil Content, Composition and Related Characters. *J. Hort. Sci.* 69(2) : 275-281.
16. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Hort.* 396 : 273-284.
17. Letchamo, W. and A. Gosselin. 1995. Root and shoot growth and chlorophyll content of *Taraxacum officinale* Provenances as affected by defoliation and debudding under organic and hydroponic cultivation. *J. Hort. Sci.* 70(2) : 279-285.
18. Ody, P. 1993. *The complete medicinal herbal.* pp. 104. Dorling Kindersley, New York.
19. Premuzic, Z., M. Bargiela, A. Garcia, A. Rendina, and A. Iorio. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *Hort. Sci.* 33(2) : 255-257.
20. Reed, D.W. 1996. *A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops.* pp. 84-86, 114-115. Ball Publishing. USA.
21. Senatore, F. 1996. Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (southern Italy). *J. Agric. Food Chem.* 44 : 1327-1332.

22. Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*) grown in hydroponic to the concentration of nutrient Solution. Acta Hort. 396 : 205-210
23. Varis, S. and R.A.T. George. 1985. The influence of mineral nutrition on fruit yield and quality in tomato. J. Hort. Sci. 60 : 373-376.
24. Wang, X.F. and T. Ito. 1997. Effect of NO₃-N in the additional nutrient solution on the growth, yield and NO₃ content in spinach plant grown in hydroponics. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 66(2) : 313-319.
25. William, P.I. and R.B. Paul. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N, N-dimethylformamide and 80% acetone. Plant Physiol. 77 : 483-485.