

딜의 水耕栽培에 適合한 培養液 開發¹⁾

여경환 · 이용범
서울시립대학교 환경원예학과

Development of Optimum Nutrient Solution for Dill(*Anethum graveolens* L.) in Hydroponics¹⁾

Yeo, Kyung-Hwan · Lee, Yong-Beom
Dept. of Environ. Hort., The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract

This experiment was conducted to determine the mineral absorption character and develop the optimum composition of nutrient solution for dill(*Anethum graveolens* L.) in hydroponics. Dill(*Anethum graveolens* L.) plants were grown in nutrient film technique(NFT) supplied with 1/4, 1/2, and 1 strength of the nutrient solution developed by National Research Station in Japan(HRS). Plants grown in 1/2 strength showed the best growth in plant height, fresh weight, and dry weight compared with those grown in 1/4 or 1 strength. In 1/2 strength solution, pH and EC changed little and proper nutrient contents were observed in the leaves as compared to plant nutrient diagnosis standard. Based on these results, optimum macronutrients were composed by nutrient-water absorption rate(n/w) with 1/2 strength: NO₃-N 8.85, NH₄-N 0.55, P 2.1, K 6.2, Ca 2.8, and Mg 1.7 me L⁻¹.

To examine the suitability of the nutrient solution developed(SCU), dill plants were grown in NFT supplied with two different kinds of solution and concentration: 1/2, 1, 3/2 and 2S of SCU and 1/2S of HRS. Changes of pH and EC were not distinct in 1S, but a significant change of pH was shown in low concentrations—HRS 1/2S and SCU 1/2S. Shoot fresh and dry weight were much higher in the plants grown in SCU 1S as compared with HRS 1/2S. There were no significant differences in growth of plants grown in SCU 1S, 3/2S, and 2S. In addition, nutrient contents in the leaves grown by SCU 1S were in proper levels as compared with plant nutrient diagnosis standard. SCU 1S developed in this experiment was found to be optimum for dill in hydroponics.

주 제 어 : 딜, 배양액, NFT, 양수분흡수율

Key words : dill, nutrient solution, NFT, nutrient water absorption rate(n/w).

¹⁾본 연구는 1996년도 교육부 농업과학분야 거점연구소의 학술연구조성비에 의해 수행되었음.

서 언

21세기의 새로운 작물인 향신채는 무농약재배의 대표적인 작물로서 그 이용성이 여러분야에 걸쳐 대단히 광범위하다. 특히 식생활패턴의 변화와 건강에 대한 관심이 고조되면서 다양한 샐러드로서 향신채는 항스트레스, 항산화, 항암 등의 기능성 작물로서도 큰 의미를 갖는다고 볼 수 있다²⁾.

현재 유럽과 일본 등지에서 상업적으로 생산·이용되고 있는 향신채 딜(dill:소회향)은 각종 샐러드로서 이미 국내 외식산업체에서 대중화 되고 있으며 영양과 약리효과도 뛰어나다. 딜은 산형화과로서 칼륨, 황, 나트륨 등의 미네랄이 풍부하며 체내 향미성분은 인체의 신경계를 자극하여 항스트레스, 두통, 신경안정제로서의 효과가 인정되고 있다¹¹⁾.

양액재배에 의한 본격적인 허브생산은 비교적 근래에 시작된 것으로 주로 생체이용을 목적으로 재배되고 있다¹⁶⁾. 국내에서는 아직 우리나라의 기후조건과 재배조건에 맞는 향신채에 대한 배양액은 개발되어 있지않은 상태이며, 외국에서도 허브 양액재배용 배양액 조성에 대한 연구자료가 거의 없는 상태이다. 일본의 경우, 박막수경(NFT)재배용 허브배양액은 일본 표준치방을 그대로 따르며, 유럽에서는 벨기에의 유럽채소개발연구센터(European Vegetable R & D Center)에서 개발한 허브 전용배양액이 개발되어 있으나 벨기에의 재배 시스템 및 기상조건에 알맞게 조성된 것으로 환경조건이 다른 우리나라에서 그대로 적용할 수 있는 지는 명확하지 않다. 한편, 작물의 품질 향상을 위해서는 각 작물의 양수분 흡수특성에 적합한 배양액을 공급해 주어야한다. 허브는 일반 채소와는 다른 비료흡수 특성을 가지고 있기 때문에 그 특성에 맞는 조성의 배양액을 사용하지 않으면 본래의 향미성분이 나오지 않는다고 하였다^{3,15)}. 양액재배는 지하부 환경의 인위적인 조절이 가능하기 때문에 작물 특성에 맞는 적합한 배양액 조성을 통해 생육, 품질 및 향미성분의 원료가 되는 정유의 성분조성과 함량을 조절하여 고품질의 기

능성 향신채 생산이 가능하다고 볼수있다.

따라서 본 실험은 달의 양수분 흡수 특성에 따라 양액재배에 적합한 배양액을 개발하여 생산성과 품질을 향상시키고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 배양액 개발

달의 배양액 개발 실험은 수경재배에서 작물의 양수분 흡수패턴을 밝히고 달의 생육 및 품질에 적합한 배양액을 개발하고자 수행하였다. 공시작물은 dill(*Anethum graveolens* L. cv. Sari ; 小回香)을 사용하여 1996년 11월 8일에 우레탄스폰지에 파종하여 NFT시스템하에서 육묘하였다. 육묘가 자라는 동안 25℃/19℃(주/야)의 조건에서 일본야채시험장 배양액(pH 5.8~6.3, EC 1.2~1.5mS/cm)으로 공급하여 재배한 후 1997년 1월 4일에 정식하였다.

달의 수경재배에 적합한 조성 및 농도를 알아보기 위하여 배양액은 일본 야채시험장 표준액(NO₃-N 16.0, NH₄-N 1.3, PO₄-P 4.0, K 8.0, Ca 8.0, Mg 4.0 me·L⁻¹)을 1/4배액(1/4 strength : 1/4S), 1/2배액(1/2S), 1배액(1S)으로 조성하여 수행하였다. 재배베드[40(W)×120(L)×15(H)]는 배액구쪽에 20ℓ의 급배액 용기를 설치한후 30W 용량의 수중전기펌프를 사용하여 배양액을 순환시켰다. 식물이 흡수한 양만큼 양액을 보충해 주고 양액은 1주마다 채취하여 NO₂ 여과지로 걸러서 분석하였다. 딜은 베드당 12개체를 정식하여 EC와 pH의 변화를 측정하고 1주일 간격으로 양수분 흡수율(n/w)을 측정하였다. 양수분 흡수율 계산은 Yamasaki 공식(19)에 따라 계산하였다.

배양액과 식물체내 무기성분들을 조사하기 위하여 배양액과 식물체를 주기적으로 분석하였다. 식물체는 생육기간중 수회 채취하여 생육 및 수량을 조사하고 식물체 각 부위로 나누어 풍건 건조기에 넣어 65℃에서 완전히 건

조식킨 다음 분쇄하여 분석시료로 준비하였다. 식물체와 배양액내 질소함량 측정은 Kjeldahl method (1883)에 의해 분석하였으며 질소 이외의 인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 AOAC(1995)방법에 따라 수행하였다.

2. 개발 배양액의 적합성 검정

개발한 배양액의 실증실험은 딜의 양수분흡수율에 따라 조성한 서울시립대 배양액(SCU)의 적합성을 검정하기 위해 기존의 허브배양액으로 사용된 배양액인 일본야채시험장 표준액(HRS)을 사용하여 비교실험을 수행하였다. 실험에 사용된 배양액은 HRS 1/2배액과 개발된 시립대 배양액(SCU)을 3가지 수준의 농도(1/4S, 1/2S, 1S)로 조성하여 수행하였다. 각 배양액의 무기성분 조성은 표 4와 같다. 공시작물은 dill (*Anethum graveolens* L. cv. Sari)을 사용하였으며 97년 2월 20일에 파종하여 NFT 시스템하에서 육묘하여 97년 4월 22일에 정식하였다. 정식후 배양액내 pH와 EC는 2일간격으로 측정할 후 pH자동조절기(PET-300A)와 EC자동조절기(CETW-300T)를 사용하여 보정하였다.

배양액내 무기 성분들의 농도변화를 조사하기 위하여 매주 순차적으로 채취하여 분석시료를 준비하였다. 또한 정식 3주후 생육과 수량을 조사하고 각 부위별 식물체내 무기성분 흡수 상태를 보기위해 식물체를 채취하였다. 배양액 무기성분중 $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl^- , $\text{SO}_4\text{-S}$ 등의 음이온은 이온크레마토그래피(IC DX-100, Dionex)로 측정하였으며, 그의 식물체와 배양액내 무기성분 분석 방법은 딜의 배양액 개발 실험과 동일하게 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 양수분 흡수율에 의한 배양액 조성

딜의 수경재배에 적합한 배양액을 조성하기 위하여 일본 야채 시험장표준액을 1/4배액(1/4S), 1/2배액(1/2S), 1배액(1S)으로 3가지 수

준의 농도로 조성하여 딜을 재배하면서 양수분 흡수율(n/w)을 조사하였다(표 1). 영양생장기동안 배양액 농도별 양수분흡수율(n/w), 즉 흡수된 물의 단위부피당(w) 흡수된 무기양분($\text{NO}_3\text{-N}$, P, Ca, Mg)의 값(n)은 배양액 농도가 높을수록 양수분 흡수율도 높아졌으며 식물에 의한 수분흡수량은 농도가 낮은 1/4배액에서 가장 많이 나타났다. 일정기간 동안의 배양액의 농도변화로부터 산출한 n/w가 초기의 이온 농도보다 높으면 초기의 이온농도가 저하하고 있음을 의미하며, 그 반대의 경우는 초기의 농도보다 상승되었음을 의미한다. 배양액내 무기성분중 Ca과 Mg은 초기 공급된 양분의 양과 흡수된 후의 양이 그다지 큰 차이를 나타내지 않았으나 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, K의 함량은 1/4배액과 1/2배액에서 처음의 공급된 양보다 크게 감소되었음을 나타내었다.

배양액 개발기간동안의 근권내 pH와 EC의 변화를 보면, 저농도인 1/4배액에서 pH의 변화폭이 가장 크게 나타난 반면 1배액에서는 비교적 안정된 경향을 나타내었다(그림 1). 이러한 근권의 pH는 양분의 유효도와 흡수에 영향을 주는 가장 중요한 요소로서¹⁾, 근권내 pH의 변화는 음이온과 양이온의 불균형적인 흡수에 의해 기인된다^{7,8,9)}. 저농도인 1/4배액에서 pH의 변화가 크게 나타난 것은 작물에 의한 양분과 수분 흡수가 더 왕성해졌고 일본야채시험장 표준액의 P 급원으로서 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 이 사용되었기 때문으로 보인다. 즉 작물이 NH_4^+ 이온을 우선적으로 흡수하면서 일시적으로 pH가 낮아지지만 NH_4^+ 의 흡수가 이루어지고 나면 NO_3^- 를 급속히 흡수하게 되는데 저농도는 이러한 pH의 상승 효과가 크게 나타났기 때문으로 생각된다^{8,9)}. 山崎¹⁸⁾도 같은 결과를 발표했는데, 일본 야채 시험장 표준액을 1/2배액, 1배액 및 3/2배액으로 조제하여 실험했을 때 배양액의 농도가 낮을수록 pH의 변화가 컸다고 하였다. 근권내 EC는 세 가지 수준의 농도처리 모두 재배기간동안 안정된 경향을 보였지만 저농도인 1/4배액에서 재배 후기에 낮아지는 경향을 보였다. 이것은 생육이 진전되면서 딜의 양수분흡수 특성상 공급

되는 양분의 양보다 작물에 의한 양분의 흡수가 더 왕성하였기 때문인 것으로 보인다(그림 1).

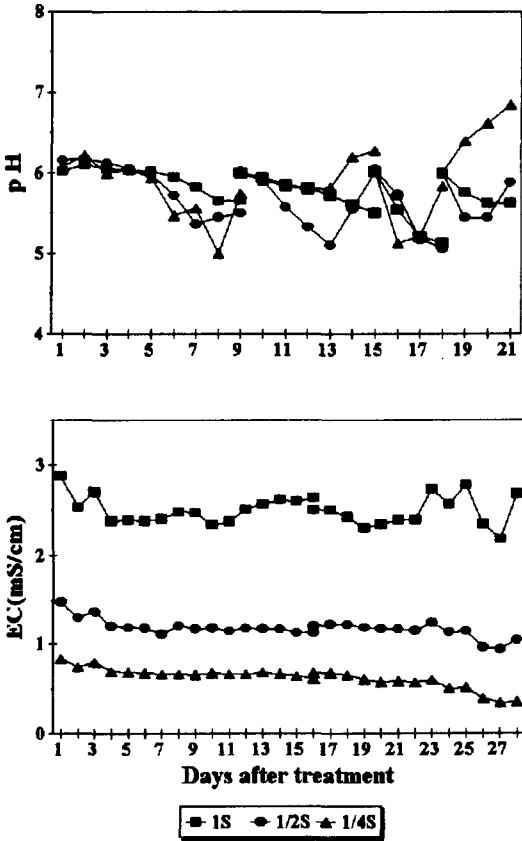


Fig. 1. Changes of pH and EC in root zone on the different nutrient concentration.

일본 야채시험장 배양액 농도가 달의 생육 및 수량에 미치는 영향을 보면 표 2와 같다. 전반적으로 1/4배액에서 가장 낮은 생육을 보인 반면 1/2배액에서 초장, 줄기직경 및 생체중이 높게 나타났다. 이것은 근권내 pH와 EC의 변화폭이 비교적 작았기 때문에 작물의 양수분 흡수패턴에 가깝게 유지된 것으로 볼 수 있다. 池田⁷⁾는 작물의 양수분흡수특성에 적합

한 배양액이 공급되면 양이온과 음이온의 흡수가 균형을 이루게 되어 pH와 EC의 변화가 안정될뿐만 아니라 배양액내 무기성분의 변화가 적어 작물의 생육이 조장되기 때문에 생산성과 고품질을 기대할 수 있다고 하였다.

일본 야채 시험장 표준액을 1/4배액, 1/2배액 1배액의 세 가지 농도로 조성하여 재배한 후 정식 28일 후의 식물체내 무기성분 함량을 측정하였다. 엽내 무기성분을 분석한 결과 전반적으로 배양액 농도가 높아질수록 엽내 무기성분 함량도 높아지는 경향을 보였으나 농도간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다(표 3). 또한 본 실험에서의 식물체 분석값은 상추, 엔디브 등의 엽채류의 식물체내 영양진단기준^{5,10)} 보다 P, Ca, K 등의 다량원소의 함량이 높았을 뿐만 아니라 Fe, Cu의 함량은 6~9배 이상 높게 나타났다. Zhu 등²¹⁾도 일반적으로 sage, spearmint, lemon balm 등의 허브식물이 무기영양분이 풍부한 작물이라고 하여 이를 입증하고 있다. Udagawa¹⁶⁾는 배양액 농도가 달과 thyme(백리향)의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 배양액 농도가 높을수록 달의 잎과 뿌리내의 N, P, K 등의 다량원소의 함량과 정유의 생산량이 높았다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보여주었다.

이상의 결과, 일본 야채 시험장 1/2배액에서 생육과 수량이 가장 높았으며 근권내 pH와 EC의 변화도 안정되었으므로 달의 양분흡수특성에 적합할 것으로 판단되었다.

따라서, 1/2배액의 양수분 흡수율(n/w)을 기준으로 조성한 달의 최적 이온조성은 NO₃-N 8.85, NH₄-N 0.55, P 2.1, K 6.2, Ca 2.8, Mg 1.7 me · L⁻¹이 적합할 것으로 나타났으며 이렇게 조성된 배양액을 서울시립대 달 배양액(SCU)으로 하였다.

2. 개발 배양액의 적합성 검증

달의 양수분 흡수율에 따라 조성하여 순환식 NFT 재배용 배양액으로 개발한 서울시립대 배양액(SCU)의 적합성을 검증하기 위하여 기존 허브배양액 개발에 사용된 일본야채시험

Table 1. Calculated n/w value of dill(*Anethum graveolence* L.) based on the Yamazaki's formula in hydroponics.

Nutrient Conc.	Items measured ^y	Water (ℓ)	Items measured	N	P	K	Ca	Mg
				me · L ⁻¹				
1/4S ^z	a	20.0	y	4.01	0.82	2.84	1.81	0.91
	w	9.41	y ₁	1.56	0.33	0.56	1.57	0.75
	a/w	2.13	n/w ^y	6.76	1.37	5.40	2.07	1.08
01/2S	a	15.0	y	7.96	1.88	4.85	3.06	1.94
	w	7.04	y ₁	5.46	1.45	2.61	3.49	2.39
	a/w	2.13	n/w	9.41	2.12	6.16	2.81	1.67
1S	a	15.0	y	14.64	3.85	10.05	5.18	3.67
	w	7.19	y ₁	17.83	4.11	9.94	7.01	4.88
	a/w	2.09	n/w	23.78	4.60	10.15	10.41	2.63

^zStrength of nutrient solution.

^yThe formula devised by Yamasaki to determine the amount of macronutrients and water uptake at regular intervals during water culture.

$$y > y_1, n/w = \frac{a}{w}(y - y_1) + y_1$$

$$y < y_1, n/w = y_1 - \frac{a}{w}(y_1 - y)$$

where, n=nutrient absorption,

a= initial volume of culture solution in each tray (liter),

w=the amount of water absorbed by plants (liter),

y=the initial concentration of macronutrients in culture solution (me · L⁻¹), and

y₁=the final concentration of macronutrients in culture solution (me · L⁻¹).

Table 2. Effects of different nutrient concentration on the growth of dill(*Anethum graveolens* L.) using the nutrient solution of National Horticultural Research Station in Japan.

Nutrient Conc. ^z	Plant height (cm)	No. of branches	Shoot width (cm)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Dry matter (B/A) (%)
				Shoot(A)	Root	Shoot(B)	Root	
				1/4 S	46.1b ^y	16.4	0.66b	103.3b
1/2S	57.9a	17.6	0.80a	144.0a	22.6	10.3a	1.28	7.19
1S	52.5ab	16.2	0.74a	118.4b	24.4	8.51ab	1.26	7.19

^zConcentration of nutrient solution.

^yThe Values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test at 5% level.

장 표준액(HRS)과 비교실험을 수행하였다. 실험에 사용된 배양액의 무기성분 조성은 표 4와 같다.

새로 개발된 SCU 배양액과 일본 야채 시험장 표준액 1/2배액을 사용하여 딜을 재배했을 때 처리후 23일 동안의 근권내 pH와 EC의 변

여 · 이 : 딜의 水耕栽培에 適合한 培養液 開發

Table 3. Mineral contents in shoot and root of dill grown under different nutrient concentrations at 28 days after transplant.

Nutrient conc. ^z	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	(%)					(mg/kg ⁻¹)			
- Leaf -									
1/4S	4.94	0.63	7.28	1.43	0.39	186.4	20.4	79.6	113.8
1/2S	5.06	0.73	8.41	1.60	0.45	235.4	23.6	100.0	107.4
1S	5.04	0.75	7.82	1.42	0.41	445.2	65.6	129.0	109.0
- Root -									
1/4S	3.83	0.84	6.88	0.63	0.68	1141	26.2	263.2	214.2
1/2S	4.28	0.80	7.19	0.76	0.58	1779	47.0	606.0	113.4
1S	4.35	0.89	7.92	0.88	0.45	1663	64.4	206.0	97.4

^zSee table 2.

Table 4. The composition of HRS and SCU nutrient solutions for dill in hydroponics.

Nutrient solution ^z	concentration (me · L ⁻¹)							
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S	A/C ^y
HRS	16.0	1.33	4.0	8.0	8.0	4.0	4.0	1.26
SCU	8.85	0.55	2.1	6.2	2.8	1.7	1.7	1.12

^zSCU : the nutrient solution devised by Seoul City University.

HRS : the nutrient solution of Horticultural Research Station in Japan.

^yA : Anions (NO₃-N+PO₄-P+SO₄-S).

C : Cations(NH₄-N+K+Ca+Mg).

화는 그림 2, 3과 같다. 근권내 pH는 모든 배양액에서 상승하는 경향을 나타내었는데 저농도인 HES 1/2S와 SCU 1/2S에서 pH 상승폭이 크게 나타났다. pH의 상승은 질산태 질소와 인과 같은 음이온의 흡수가 양이온인 칼륨, 마그네슘, 칼슘의 흡수보다 더 왕성했기 때문이다^{6,11)}. 位田⁶⁾는 몇가지 채소를 Hoagland 1/2배액으로 8일동안 재배하여 경시적인 pH변화와 양분흡수량을 측정하였는데 가지, 토마토는 양액의 pH 상승이 현저했으며 배양액의 농도수준이 낮을수록 그 변화가 커질수가 있다고 하였다. 마찬가지로 山崎¹⁹⁾는 이러한 pH의 상승이 용수의 pH가 7.3~7.5로 높고 배양액 농도가 낮을수록 그 영향이 컸다고 하였는데 이것은 전기전도도가 낮아 용수

의 첨가와 이온의 흡수에 따라 빠른 속도로 pH상승이 유도되었기 때문이라고 하였다.

근권내 EC는 모든 처리구에서 비교적 안정되었으며 생육이 진행되면서 양분 흡수량이 물의 흡수보다 많았기 때문에 차츰 낮아지는 경향을 보였다. 양액재배에서 양분 공급을 조절하기 위한 가장 실제적인 방법은 근권의 EC로 용액의 전체이온농도를 측정하는 것이다⁴⁾. 높은 EC는 염채류와 과채류의 영양학적 상태와 수확량을 저하시키며 양분의 흡수를 저해시켜 생육이 억제된다^{4,7,13)}. 따라서 작물의 양수분흡수율(n/w)을 측정하여 양분조성을 하면 무기성분의 흡수가 균형을 이루어 근권내 EC가 안정되며 양분흡수가 최적화된다.

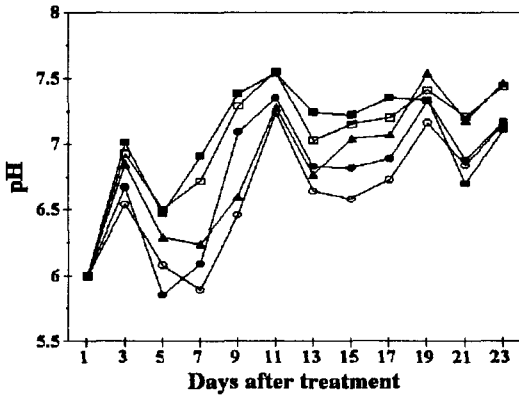


Fig. 2. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations during 21days transplant. [HRS 1/2 S(▲), SCU 1/2 S(■), SCU 1 S(□), SCU 3/2 S (●), and SCU 2 S(○)].

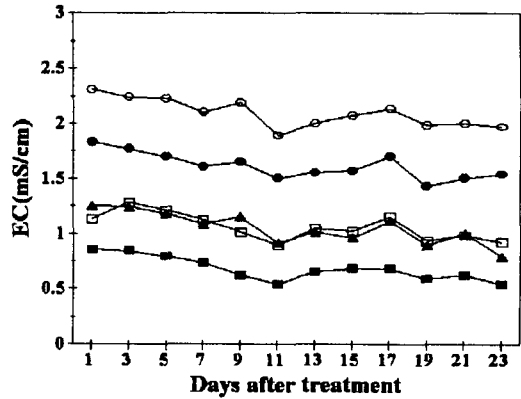


Fig. 3. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations during 21days transplant. [HRS 1/2 S(▲), SCU 1/2 S(■), SCU 1 S(□), SCU 3/2 S (●), and SCU 2 S(○)].

식물의 생장과 발달에 적합한 조건을 유지하기 위해서는 적합한 환경조절과 특정 작물 및 품종의 무기물 요구도를 맞춰준 균형잡힌 급액의 사용이 필요하다. 배양액의 농도를 재배기간 동안 균일하게 유지시켜도 배양액내 각 이온의 농도가 균등하게 유지되는 것은 아니다. 따라서 宇田川¹⁷⁾은 부족한 원소만을 따로 공급해 주는 것이 좋지만 공급되는 원소와 축적된 원소간의 상호작용으로 인해 식물체내로의 흡수에 영향을 미칠 수 있으므로 배양액을 완전 교체해 주어야 한다고 하였다. 최근의 연구에서는 NFT시스템에서 각각의 작물에 흡수되어 부족한 이온을 공급하여 조절하거나 축적되는 이온의 공급을 줄여 배양액내 모든 이온이 최적조건으로 유지될수 있는 재배관리 방법이 강구되고 있다.

일본 야채 시험장 표준액의 1/2배액과 SCU 배양액의 1/2배액, 1배액, 3/2배액 및 2배액으로 NFT시스템하에서 재배하였을 때 처리후 3주동안의 배양액내 다량원소와 미량원소의 농도를 측정하였다(그림 4~7).

전반적으로 전 생육기간동안 근권내 NO₃-N, PO₄-P 및 K의 함량은 생육이 진전됨에 따라 감소하는 경향을 보인 반면, Ca 함량은 상승하는 경향을 보여 근권내에서 축적되었음을 볼수 있었다. 또한 배양액내 Mg함량은 초기의 공급액과 거의 비슷한 수준의 적정농도를 유지하였다. 따라서 음이온중 NO₃-N와 PO₄-P의 흡수가 양이온의 흡수보다 조장되어 모든 처리구에서 근권내 pH가 상승된 것으로 생각된다. 저농도인 SCU 1/2배액내 질소농도는 처리 3주후 10ppm이하로 떨어졌고, 근권내 충분한 질소공급이 이루어지지 않아 생육이 다른 처리구에 비해 떨어진 것으로 보인다(그림 4, 표 5).

Cerdra 등²⁰⁾은 NFT재배 시스템에서 같은 배양액을 장기간 사용할 때 작물생육과 생산량에서 부정적인 영향을 끼칠수 있으며 이것은 급액내의 황산의 집적에 의한 원인이 크다고 하였다. 본 실험에서도 황산이온(SO₄²⁻)은 근권내에서 계속 축적되는 경향을 보였다. 이것은 1가의 음이온인 질산태 질소가 2가의 음

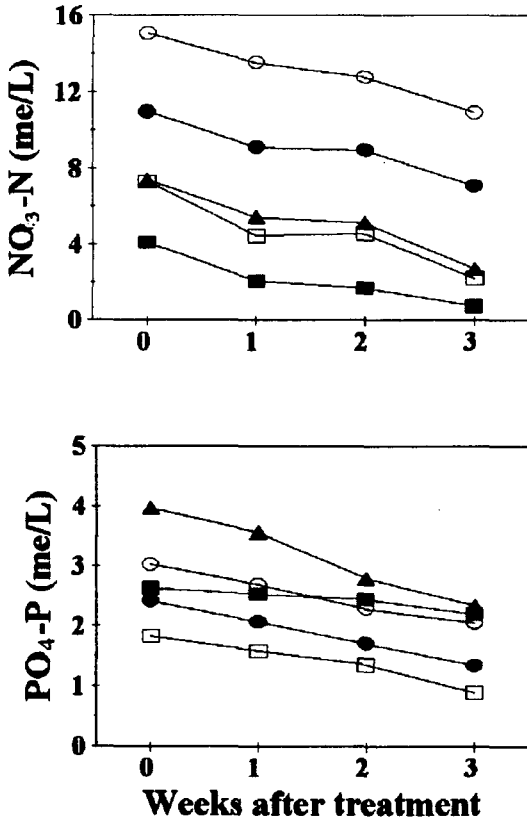


Fig. 4. Changes of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration in the nutrient solutions. [HRS 1/2 S(▲), SCU 1/2 S(■), SCU 1 S(□), SCU 3/2 S(●), and SCU 2 S(○)].

이온인 황산이온의 흡수를 저해한 것으로 생각된다(그림 6).

과채류의 양액재배에서도 일반적으로 N, P 및 K 함량의 저하와 Ca와 Mg의 상승이 나타난다¹⁴⁾. Zekki 등²¹⁾은 토마토의 순환식 NFT재배에서 장기간의 양액순환에 의한 SO_4^{2-} 의 집적은 무기성분 농도의 불균형을 초래하였으며 K 등의 무기성분 흡수에 영향을 주어 결과적으로 과실중과 생산량을 감소시켰다고 하였다. 따라서 본 실험에서 밭의 순환식 수경재배용으로 개발된 추비용배양액은 N, P, K 함

량을 늘려주고 S 함량은 줄여주는 방향으로 연구되어야 한다고 생각된다.

기존의 일본야채 시험장 표준액과 개발된 배양액간의 밭의 생육조사 결과, 일본 야채시험장 1/2S와 저농도인 SCU 1/2S에서 생육량이 낮았던 반면 SCU 1S, 3/2S 및 2S 배양액에서의 지상부 생육은 높게 나타났다. 그러나 이들 SCU 배양액간의 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 따라서, 밭의 생육에 있어서는 SCU 1배액과 2배액 사이의 농도로 EC수준이 1.2~2.4mS/cm 범위가 가장 적합한 것으로 나타났다. Udagawa¹⁰⁾도 밭의 NFT재배에서 지상부와 지하부의 생체중이 고농도에서 높게

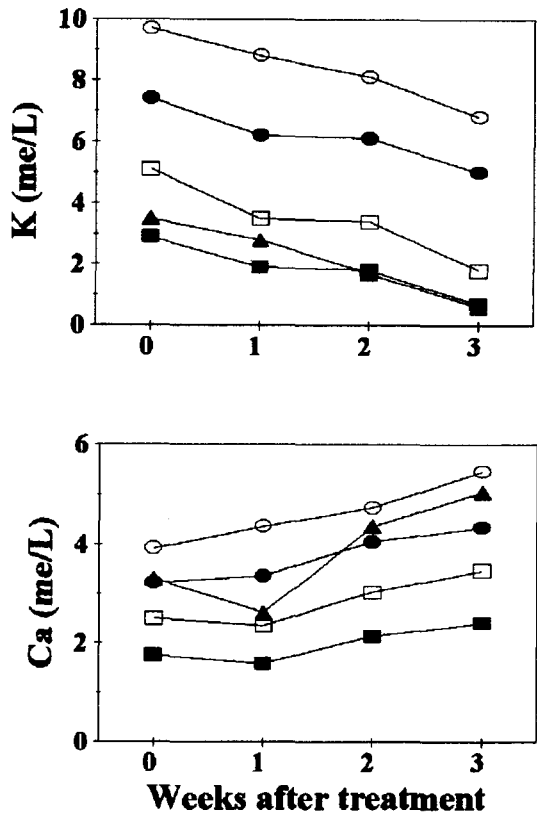


Fig. 5. Changes of K and Ca concentration in the nutrient solutions. [HRS 1 S(▲), SCU 1/2 S(■), SCU 1 S(□), SCU 3/2 S(●), and SCU 2 S(○)].

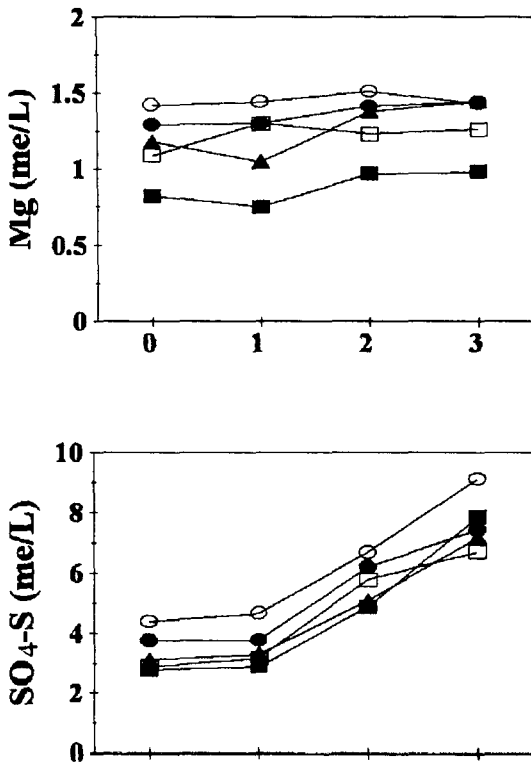


Fig. 6. Changes of Mg and SO_4-S concentration in the nutrient solutions. [HRS 1 S(▲), SCU 1/2 S(■), SCU 1 S(□), SCU 3/2 S (●), and SCU 2 S(○)].

나타났다고 하였지만 배양액 농도간 큰 유의차는 나타나지 않았다(표 5).

배양액의 실증실험에서 엽내 무기성분의 흡수상태를 보면, 배양액간 엽내 다량원소와 미량원소의 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만 SCU 1배액에서의 엽내 Ca, Mg 및 Fe의 함량은 다른 농도에서 보다 높았으며 엽채류의 식물체내 영양진단 기준^{5,10)}보다 높게 나타났다. (표 6). 본 실험에서 엽내 P와 K함량은 배양액 농도가 높아질수록 증가되는 경향을 나타내었고 N함량은 배양액간 차이가 크게 나타나지 않았다. 미량원소의 경우, Fe을 제외한 Cu, Mn, Zn는 배양액의 농도가 높은 처리구에서 엽내 함량도 증가되었음을 볼 수 있었다.

따라서, 딜의 NFT재배에 적합한 배양액의 적합성 검증실험의 결과, 본 실험에서 개발된 SCU배양액은 기존에 허브배양액으로 사용된 일본 야채 시험장 배양액과 비교할 때 생육과 수량면에서 우수하였음을 볼 수 있었다. 또한 근권내 pH와 EC의 변화도 생육에 지장을 줄 정도로 크게 나타나지 않았으며, 근권내 무기성분 농도의 변화도 비교적 적어 딜의 NFT재배에 충분히 이용할수 있는 배양액으로 판단되어졌다. 그러나 본 실험의 결과에서 볼수 있듯이 딜의 추비용 배양액은 N, P, K 함량은 늘려주고, S 함량은 줄여주는 방향으로 조절하는 것이 바람직하며, 앞으로 추비용 배양액 조성시 참고하여야 할 것으로 나타났다.

Table 5. Effects of the nutrient solutions on the growth of dill at 21 days after transplant.

Nutrient solution ^a	Nutrient conc.	Plant height (cm)	No. of bran ches	Shoot diameter (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
						Shoot	Root	Shoot	Root
HES	1/2S	72.3ab ^b	16.5	1.35	56.2a	105.5ab	22.3	8.22ab	1.09
	1/2S	67.2b	15.0	1.28	42.5b	74.9b	19.2	5.59b	0.82
SCU	1S	75.9ab	17.0	1.39	46.1b	128.7a	23.6	9.69a	1.17
	3/2S	80.1a	16.5	1.36	49.4ab	126.0a	23.7	9.25a	1.13
	2S	69.5b	15.8	1.44	46.7b	123.9a	21.0	9.00a	1.00

^aSee table 4.

^bThe values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test at 5% level.

여·이 : 달의 水耕栽培에 適合한 培養液 開發

Table 6. Nutrient contents of dill leaves grown in different nutrient solutions and nutrient concentration at 21days after transplant.

Nutrient solution ^a	Nutrient conc	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
		(%)			(ppm)					
HES	1/2S	4.64	0.65	8.18	1.62	0.43	203.6	27.8	66.8	130.0
	1/2S	4.42	0.55	8.48	1.39	0.35	172.6	24.6	44.0	102.4
SCU	1S	4.54	0.59	7.01	1.48	0.41	210.2	25.0	48.2	121.8
	3/2S	4.59	0.62	9.32	1.37	0.34	192.0	24.4	59.4	104.0
	2S	4.61	0.73	9.17	1.33	0.38	196.2	29.2	83.4	125.0

^aSee table 4.

적 요

본 실험은 수경재배에서 달의 양수분 흡수 패턴을 밝히고 생육과 환경특성에 적합한 배양액을 개발하여 실제 재배에 응용하고자 수행하였다. 이를 위해 달의 양분 흡수율에 의한 배양액을 조성하였으며 그 적합성을 검증하기 위해 기존배양액과 비교실험을 실시하였다.

달의 NFT재배에 적합한 배양액을 개발하기 위해서 일본야채시험장 표준액을 1/4배액, 1/2배액 및 1배액으로 조성하여 재배한 결과, 1/2배액에서 생육과 수량이 가장 높았으며 근권내 pH와 EC의 변화도 안정되었고, 식물체 내 무기이온 함량도 적정치로 나타나 달의 양분흡수특성에 적합할 것으로 판단되었다. 따라서 일본야채시험장 1/2 배액의 양수분 흡수율(n/w)을 기준으로 새로운 배양액을 조성하였으며, 이온의 조성은 NO₃-N 8.85, NH₄-N 0.55, P 2.1, K 6.2, Ca 2.8, Mg 1.7 me · L⁻¹였다.

달의 순환식 NFT 재배용으로 개발한 배양액의 적합성 검증실험 결과, 근권내 pH와 EC는 저농도인 SCU 1/2배액을 제외하고는 변화폭이 크게 나타나지 않았다. 본 실험에서 개발된 SCU 1배액은 기존에 허브 배양액으로 사용된 일본 야채 시험장 배양액과 비교할 때 생육과 수량면에서 우수하였으며, 엽내 무기성분 함량도 적정수준을 나타내었다. 따라서,

본 실험에서 개발된 SCU 배양액은 달의 NFT 재배에 적합한 배양액이라 할 수 있다.

인 용 문 헌

1. Adams, P and A. R. Smith. 1993. Crop nutrition in hydroponics. Acta Hort. 323 : 289-305.
2. Hamilton, A. 1993. Conservation and medicinal plant: present utilization and future products. Acta. Hort. 330 : 43-49.
3. 武川満夫, 武川政江. 1992. 栽培品目. ハイテク農業ハンドブック [植物工場を中心にして]. 日本植物工場學會. pp. 209-225. 東海大學出版社, 東京.
4. Ho, L. C. and P. Adams. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. Acta Hort. 396 : 33-44.
5. 中村 宏, 渡部一郎. 1989. 生育と電子工學. pp. 26-32. 筑波書房, 東京.
6. 位田藤久太郎. 1982. 養液栽培の現況と問題點(1). 水耕液のpH管理. 農業および園藝. 57(2) : 327-331.
7. 池田英男. 1986. 作物の營養特性からみた培養液管理. 農業および園藝. 61 : 205-211.
8. 池田英男. 1992. 野菜の養液栽培における培養液管理, 培養液のpH變化とその調整.

- 農耕と園藝 46 : 94-97.
9. 岩田正利, 谷内武信. 1985. 窒素形態の差異とそ菜の生育. 日園學雜. 22 : 183-192.
 10. Jones, Jr., B. Wolf and H. Mills. Plant analysis handbook. pp. 6-17. Micro-Macro publishing, Inc.
 11. 朴權瑛, 金永植. 1991. 水耕栽培의 理論과 實際. pp. 50-97. 高麗大學敎出版部.
 12. 박권우. 1996. 향신채의 재배 및 이용. pp. 221-224. 고려대학교출판부.
 13. Schwarz, M. 1995. Soilless culture management. Springer-Verlag. pp. 22-25.
 14. 嶋田典司, 河崎利夫, 森次益三. 1989. 養液栽培と植物營養. 博友社, 東京. pp. 29-84.
 15. Takano, T and M. Ohgi. 1994. Effects of anion variations in a nutrient solution on the growth and essential oil content and composition in *Perilla* plants. Proceedings of Sino. International colloquium on soilless culture. 94 : 106-112.
 16. 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 : 203-210.
 17. 宇田川雄二. 1994. ハーブ類の生育, 無機および香氣成分含量に及ぼす培養液溫度の影響. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 63(1) : 372-373.
 18. 山崎肯哉. 1981. 養液栽培の現況と問題點(1). 養液栽培(水耕)における培養液管理. 農業および園藝. 56(4) : 73-78.
 19. 山崎肯哉. 1984. 養液栽培全編. pp. 18-52. 博友社, 東京.
 20. Zekki, H., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1996. Growth, productivity, and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6) : 1082-1088.
 21. Zhu, Yujie., X. Wu, Q. Yuan, S. Song, and Z. Wu. 1997. Analysis and valuation of nutrient components in chineses traditional and wild vegetables. Proceedings 7th International Symposium on Vegetable Quality. pp. 153-156.