

엔디브 양액재배에 적합한 배양액 조성¹⁾

조영렬, 이용범

서울시립대학교 문리과대학 환경원예학과

Composition of Nutrient Solution for Endive(*Cichorium endivia* L.) Hydroponics

Cho, Young Ryul · Lee, Yong Beom

Dept. of Env. Hort. The Univ. of Seoul. Seoul 130-743, Korea

Abstract

This experiment was conducted to composition of nutrient solution for ture of endive hydroponics, and was compared the nutrient solution developed in the Seoul City University(SCUE) with the conventional solution of Proefstation voor Tuinbouw onder Glas. Proper compositions of nutrient solution for endive hydroponics were $\text{NO}_3\text{-N}$ 15.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.0, $\text{PO}_4\text{-P}$ 3.0, K 10.0, Ca 5.0 and Mg 3.5 $\text{me} \cdot \ell^{-1}$, respectively. SCUE and PTG standard nutrient solution showed slightly better yields among nutrient solutions. The SCUE nutrient solution and the PTG nutrient solution had no difference on growth and yield of endive plants.

주 제 어 : 배양액, 양수분 흡수율, 양액재배, 엔디브

Key words : nutrient solution, n/w value, hydroponics, *Cichorium endivia* L.

서 언

우리 나라에서는 엔디브가 1980년대 초부터 시험재배되고 있으며, 근래에는 그 재배면적이 증가되고 있다(박권우, 1986). 특히 네덜란드를

중심으로 한 유럽에서는 엔디브에 적합한 배양액(Sonneveld와 Straver, 1992) 및 재배시기에 따른 엔디브 품종들을 선발해 오고 있지만, 우리 나라에서는 엔디브 양액재배에 대한 연구가 아직까지 미흡한 실정이다. 양액재배에 적합한 배양액 조성은 작물의 종류, 생육단계,

1) 본 연구는 1995학년도 농림수산특정연구사업에 의해 수행된 연구결과임.

재배시기, 재배시스템 및 기상조건 등에 따라 크게 좌우되기 때문에(池田, 1986; Schwarz, 1995; 鈴木, 1985; 宇田川, 1992), 우리나라에 적합한 배양액 개발은 반드시 필요하리라 생각된다. 작물생산에 적합한 배양액을 조성하여 배양액 관리가 적절하게 이루어진다면 원예작물의 높은 생산성과 품질을 확보할 수 있다(池田, 1986). 糠谷(1992)과 篠原(1992)은 토마토와 오이같은 과채류는 생육단계별로 무기성분의 흡수패턴이 다르기 때문에, 육묘·정식후·수확기로 나누어 배양액관리를 하는 반면에, 엽채류는 영양생장만을 위해 재배하는 것으로 생육단계별로 관리하는 것보다 일정한 농도로 관리하는 것이 좋다고 하였다.

배양액을 조성하는 방법으로는 정상적인 생육을 보이는 식물이나 토양을 분석하거나 소모된 배양액이나 이온의 양을 경시적으로 조사하는 방법 등이 있다. 현재 이용되고 있는 방법으로는 山崎가 1979년에 日本野試液을 이용하여 측정된 양수분 흡수율(n/w) 방식이 있다(池田, 1986).

따라서, 본 실험은 양채류중 수요가 급증하고 있는 엔디브의 양수분 흡수율을 토대로 하여 재배에 적합한 배양액을 개발하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 서울시립대학교 환경원예학과 유리온실에서 수행하였으며, 배양액 조성에 사용

된 품종은 Number Five 2-Stratego(네덜란드, Rijk Zwaan)였다. 1996년 5월 3일에 폴리우레탄스폰지에 파종하여 일정 기간동안 1/2배 농도의 日本野試液을 공급해 재배한 후, 7월 12일에 정식하였다. 작물은 120(L)×40(W)×15cm(H)규격의 NFT 베드를 제작하여 재배하였다. 배양액은 日本野試液의 1/2, 1 및 3/2배 농도로 조제하였고, pH는 6.0±0.2로 보정한 후 EC와 pH의 경시적 변화를 1주일 동안 매일 측정하였다. 그리고 엔디브를 스티로폼 정식판에 12개체씩 정식하여 1주일 동안 양수분 흡수율(n/w)을 측정하였다. 가장 생육이 좋은 배양액에서 계산된 양수분흡수율을 가지고 배양액을 조성하였다.

양수분 흡수율 방식으로 새로 조성한 배양액과 기존 배양액간의 비교실험에 사용한 엔디브는 16품종으로 1996년 7월 5일 폴리우레탄스폰지에 파종하여 7월 24일에 정식하였다. 배양액은 유럽의 엔디브액(PTG, 1992)과 본 연구에서 조성된 양수분 흡수율 수치의 1배액을 기준으로 하여 조성하였으며, 1배액은 시립대액(SCUE)이라고 명명하였다. 그리고 SCUE액을 다시 3수준의 농도(1/2, 1, 2배)로 조성하여 실험하였다. 각 배양액의 1배액을 기준으로 조성하였으며, 1주일동안 pH와 EC 변화를 살펴본 후, 3일 간격으로 pH와 EC를 자동보정하여 주었다. 실험이 끝날 때까지 배양액은 교체하지 않았으며, 1주일 간격으로 생육을 조사하였다.

Table 1. Effect of the ionic strength in endive growth at 10 days after treatment.

Ionic strength ^z	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g·plant ⁻¹)		Dry weight (g·plant ⁻¹)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
1/2 S	39.2 b ^y	20.9 a	7.1 a	88.6 a	19.8 a	4.71 a	1.08 a
S	45.8 a	20.8 a	7.4 a	96.4 a	20.1 a	5.16 a	1.07 a
3/2 S	44.6 a	18.9 b	7.0 a	83.1 a	17.9 a	4.95 a	0.98 a

^z The nutrient solution of Horticultural Experiment Station in Japan.

^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

결과 및 고찰

배양액 농도별 엔디브 생육량은 농도에 대한 최대엽장, 지상부와 지하부 생체중 및 건물중간에 유의차는 없었지만, 1배액에서 잎의 분화가 빨랐다(Table 1). 그리고 전반적으로 1배액에서 엽수, 지상부 생체중 및 건물중이 높게 나타났다.

작물 재배기간 동안 배양액내 pH와 EC의 경시적 변화를 살펴보면, 1/2배액과 1배액의 pH가 실험실시 4일 동안 계속해서 하강하여 실험실시 4일째에 수산화나트륨으로 보정하여 주었다. 그리고 EC변화는 세처리 모두 변화가 적었으나 3/2배액에서 후기에 높아지는 경향을 나타냈다(Fig. 1).

日本野試液 배양액 농도별 엔디브의 양수분 흡수율을 보면, 수분흡수량은 농도가 낮은 1/2배액, 1배액과 3/2배액 순으로 많았으며, 배양액내 무기성분 변화는 세처리 모두 배양액내 칼륨의 함량이 처음 공급된 양보다 감소한 반면에 Ca과 Mg의 함량은 증가하였다. 인(P)도 1/2배액을 제외하고는 모두 증가하는 경향을 보였다(Table 2).

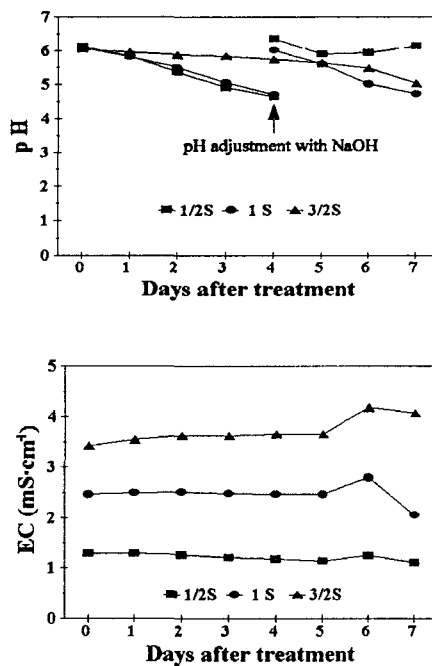


Fig. 1. Changes of pH and EC in the nutrient solutions during one week after treatment.

Table 2. Calculated n/wz value of endive based on the Yamasaki's formula.

Ionic Strength	Measured items	Water uptake (ℓ)	Measured items	Mineral concentration (me · ℓ ⁻¹)			
				PO ₄ -P	K	Ca	Mg
1/2 S	a ^x	15.0	y ^w	1.96	3.55	3.76	2.31
	w	7.18	y ₁	1.80	1.76	3.80	2.53
	a / w	2.09	n / w	2.13	5.50	3.72	2.07
S ^y	a	15.0	y	3.87	7.83	7.25	4.77
	w	6.04	y ₁	4.33	5.92	8.64	5.47
	a / w	2.48	n / w	3.19	10.66	5.19	3.73
3/2 S	a	15.0	y	5.74	10.65	10.51	6.85
	w	5.16	y ₁	7.29	9.69	13.47	7.97
	a / w	2.91	n / w	2.78	12.48	4.86	4.71

^zn/w : The formula devised by Yamasaki to determine the amount of macronutrients and water uptake at regular intervals during water culture

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

^yS : The nutrient solution of Horticultural Experiment Station in Japan

^xa : Initial volume of culture solution in each tray (liter)

^ww : The amount of water absorbed by plants (liter)

^yy : The initial concentration of macronutrients in culture solution (me · ℓ⁻¹)

^yy₁ : The final concentration of macronutrients in culture solution (me · ℓ⁻¹)

이상의 결과에서 엔디브 재배용 배양액의 조성 실험은 日本野試液 배양액 1배액의 양수분 흡수율을 기준으로 하여 조성할 수 있었다. 즉, 엔디브의 이온조성은 N 16.0, P 3.0, K 10.0, Ca 5.0 및 Mg 3.5 me · ℓ⁻¹로 조성할 수 있었다.

새롭게 조성한 배양액과 기존 배양액간의 생육 및 수량을 측정하기 위한 실험을 수행하였는데, 배양액의 pH는 저농도인 SCUE 1/2 배액에서 가장 심했으며, EC 변화는 모든 배양액에서 감소하는 경향을 보였다. SCUE와 PTG 1배액의 pH와 EC 변화는 비교적 안정된 경향이였다. 그러나 SCUE 1배액은 PTG액보다 pH 상승폭이 약간 컸다. 이것은 SCUE 1배액이 PTG액보다 농도가 낮아 이온의 흡수에 따라 빠른 속도로 pH 변화가 유도된 데 기인한 것으로 보인다.

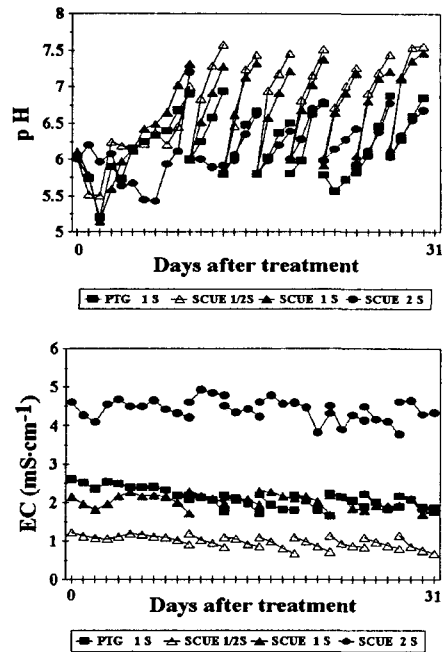


Fig. 2. Changes of pH and EC in the nutrient solutions during 31 days after treatment.

Table 3. Effect of nutrient solutions on the growth of endivesz at 42 days after treatment.

Nutrient solution	No. of leaves (A)	Leaf Length (cm)	Leaf Width (cm)	Shoot fresh weight (g · plant ⁻¹) (B)	Leaf weight B/A (g · leaf ⁻¹)
PTG 1 S	54.5 a ^y	25.8 a	9.0 a	129 a	2.53 a
SCUE 1/2 S	53.1 a	25.5 a	8.9 a	129 a	2.54 a
SCUE 1 S	52.1 a	24.9 a	9.0 a	129 a	2.60 a
SCUE 2 S	48.9 b	25.3 a	8.1 b	106 b	2.10 b

^z Mean of sixteen endive cultivars.

^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

정식후 42일째의 생육은 고농도인 SCUE 2배액에서 낮게 나타났으나 SCUE 1/2배액, SCUE 1배액 및 PTG 1배액간에는 차이가 없었다. 각 배양액 종류간 엽의 분화는 PTG액, SCUE액 순으로 빨랐으며, 지상부 생육량에 대해서 SCUE와 PTG 1배액이 가장 높았던 반면, SCUE 2배액은 가장 낮게 나타났다.

1엽중은 SCUE 1배액, SCUE 1/2배액, PTG액 순으로 무겁게 나타났다(Table 3).

엽내 다량원소와 미량원소의 흡수는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나 배양액내 P, K와 같은 다량원소의 함량은 농도가 높은 배양액에서 식물체내로 많이 흡수되는 경향이였다. 또한 인과 칼슘 함량은 SCUE액보다 PTG액에

Table 4. Effect of nutrient solutions on mineral contents of endives leavesz at 42 days after treatment.

Nutrient solution	Macroelement content (%/D.W.)				Microelement content (ppm/D.W.)			
	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
PTG 1 S	0.71 a ^y	7.58 c	1.42 a	0.35 ab	190 b	25.3 b	23.9 c	74.7 a
SCUE 1/2S	0.56 c	7.66 c	1.17 ab	0.38 a	172 b	32.0 a	33.0 c	83.7 a
SCUE 1 S	0.65 b	8.49 b	1.26 ab	0.40 a	218 a	24.8 b	67.8 b	80.9 a
SCUE 2 S	0.72 a	9.36 a	1.02 b	0.33 b	233 a	27.1 b	78.8 a	80.2 a

^zMean of sixteen endive cultivars.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

서 많이 흡수되었으며, 칼륨과 마그네슘 함량이 PTG액보다 SCUE액에서 많이 흡수되었다. 그러나 엽내 함량이 적거나 많다고 하여 결핍이나 과잉증상을 나타낼 수 있는 수준은 아니었다. SCUE액의 농도별 엽내 무기성분 함량은 배양액 농도가 높아질수록 인, 칼륨, 철 및 망간 함량이 증가되었다. 반면에 엽내 칼슘과 마그네슘 함량은 SCUE 1배액에서 높게 나타났다. 미량원소는 철과 망간 흡수에 있어서 SCUE액이 PTG액보다 많이 흡수된 것으로 나타났다(Table 4). 이것은 배양액내 철과 망간의 함량 변화로 예측할 수 있었다.

여름철 재배로 인해 근권온도가 24~28℃

로 높았음에도 불구하고 뿌리 피해는 전혀 없었으며, 지상부 생육 또한 근권온도의 상승으로 인하여 억제되지도 않았다. 다만 높은 광도와 배양액 온도 상승으로 인해 배양액내 인과 칼륨의 흡수가 급속히 진행되었으며, 칼슘과 마그네슘 흡수도 두 배양액에서 모두 증가된 것으로 나타났다. Adams와 Smith(1993), Adams와 Leoni(1994)은 토마토 양액재배에서 수분, 질소 및 칼륨의 흡수는 광도와 밀접한 관련이 있으며, 인 흡수는 배양액 온도와 밀접한 관련이 있다고 하였다. 그리고 안과李도 광이 강한 봄, 여름 재배시에는 칼륨의 흡수가 증대된다고 하였다. 그리고 근권온도가 상승함에

Table 5. Mineral concentration in the nutrient solution during 32 days after treatment.

Nutrient solution	Macroelement concentration (me · ℓ ⁻¹)						Microelement concentration (mg · ℓ ⁻¹)			
	NO ₃ -N	P	SO ₄ -S	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
PTG 1S	8.79	2.85	1.60	1.20	11.5	3.47	0.92	1.39	0.02	1.00
SCUE 1/2S	4.64	0.13	1.85	0.31	4.45	2.92	1.21	1.06	<0.01	0.86
SCUE 1 S	8.49	0.56	2.51	3.95	7.13	4.63	0.79	1.18	<0.01	1.33
SCUE 2 S	12.2	3.70	3.17	13.7	11.0	8.60	1.24	1.47	0.06	1.64

따라 칼륨의 흡수는 증가하지만, 2가의 양이온인 칼슘과 마그네슘은 흡수가 저하되는 경향이 있다고 하여(山鳥田, 1989), 본 실험과 비슷한 결과를 나타내었다.

실험에 사용된 배양액 모두 다량원소중 질산태질소, 인 및 칼륨의 흡수가 상대적으로 높는데 비하여 칼슘, 마그네슘과 황이 배양액에 계속 축적되었으며, 미량원소중 아연, 구리 및 철 또한 축적되는 경향을 보여, 이 시기(정식후 30일 정도)에 배양액을 완전히 교체해 주는 것이 좋을 것으로 생각된다. 宇田(1992)도 공급되는 원소와 축적된 원소간의 상호작용으로 인해 배양액 조성의 불균형이 초래되어 생육에 영향을 끼칠 수 있으므로 배양액을 완전히 교체해 주는 것이 좋다고 하였으며, 朴과 金도 각 이온이나 전체 이온의 적정 농도는 식물의 종류, 생육단계, 온도, 습도와 재배 방식 등에 의해 변하는데, 배양액 조성이 적절하지 못하면 배양액 관리가 어렵고 품질도 나빠지므로, 보통 배양액을 2~3주 간격으로 교체해야 한다고 하여 근래내 일부 이온의 집적이 문제시 됨을 밝히고 있다.

이상의 결과로 미루어 보면, 엔디브 양액재배를 위해 새로 조성한 배양액은 기존의 유럽 배양액과 비교하여 별다른 차이는 없는 것으로 판단된다. 다만, 앞으로 지속적인 배양액 사용과 환경문제를 고려할 때, 이온센서를 이용한 부족한 이온과 과잉의 이온공급을 자동으로 조절할 수 있는 체계의 도입이 반드시 필요하리라 생각된다.

적 요

본 실험은 엔디브 양액재배에 적합한 배양액을 조성하고, 새로 조성한 배양액(SCUE)의 효과를 검토하고자 수행하였다. 엔디브 재배에 적합한 배양액을 양수분 흡수율에 의해 조성한 결과 NO₃-N 15.0, NH₄-N 1.0, PO₄-P 3.0, K 10.0, Ca 5.0, Mg 3.5 me · ℓ⁻¹가 적당하였다. 새로 조성한 서울시립대 엔디브액(SCUE)과 유럽의 엔디브액간의 재배실험 결

과, 배양액간의 생육 및 수량은 차이가 없었지만, pH와 EC의 변화폭은 새로 조성한 양액에서 적었다.

인용문헌

1. 박권우. 1986. 서양채소론. 고려대학교 출판부. p 263-271.
2. 박권우, 김영식. 1991. 수경재배의 이론과 실제. 고려대학교 출판부. p 30-97.
3. 안우범, 이병일. 1991. 미나리의 수경재배 체계 개발에 관한 기초연구. 한국원예학회지. 32(4) : 425-433.
4. Adams, P. and A. R. Smith. 1993. Crop nutrition in hydroponics. Acta Hort. 323 : 289-305.
5. Adams, P. and S. Leoni. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Hort. 361 : 245-257.
6. 糠谷明. 1992. 野菜の養液栽培における培養液管理. 高品質生産のための培養液管理. 農耕と園藝. 48 : 86-89.
7. 池田英南. 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. Schwarz, M. 1995. Soilless culture management. Israel Univ. Press. p 147-150.
9. Sonneveld, I. C. and N. Straver. 1992. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. Voedingsoplossingen glastuinbouw(8 edition). p 9.
10. 篠原温. 1992. 野菜の養液栽培における培養液管理. 培養液の濃度管理. 農耕と園藝. 42 : 94-97.
11. 鈴木芳夫. 1985. 野菜の養液栽培における培養液管理. 培養液管理-組成と濃度. p 25-30.
12. 宇田川雄二. 1992. 野菜の養液栽培にお

- ける培養液管理. 培養液の交換とイオン濃度管理. 農耕と園藝. 43 : 94-97.
13. 山鳥田典司. 1989. 培地のK, Ca, Mgのバランスと植物の生長. 博友社. p 55-84.
14. 山崎肯哉. 1981. 養液栽培の現状と問題點(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.