

양수분 흡수율과 양이온 비율에 의한 배추과 엽채류 수경 배양액 개발¹⁾

최기영* · 양은영¹ · 박동금¹ · 김영철¹ · 서태철¹ · 윤형권¹ · 서효덕¹
동양대학교 RIS 사업단, ¹원예연구소

Development of Nutrient Solution for Hydroponics of Cruciferae Leaf Vegetables Based on Nutrient-Water Absorption Rate and the Cation Ratio

Ki Young Choi*, Eun-Young Yang¹, Dong-Kum Park¹, Young Chul Kim¹,
Tae Cheol Seo¹, Hyung Kweon Yun¹, and Hyo Duk Seo¹

Northern Kyungbuk Region Bio Industry Innovation Center, Dong Yang Univ., Youngju, Kyungbuk 750-711, Korea
¹Division of Vegetable, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This study was conducted to develop the suitable nutrient solutions for variable Cruciferae leafy vegetables. 1/2, 1 and 3/2 strength of nutrient solution recommended by National Horticultural Research Institute were supplied to plants in deep flow technique systems during 25 days. The growth of pak-choi and leaf mustard 'Asia curled' was highest in the 3/2 strength, and kale 'TBC' in the 1 strength. Mean cation ratio of nutrient solution for pak-choi, leaf mustard and kale was K 49.5%, Ca 35.8% and Mg 14.7%, which was obtained by calculating the uptake rates of water and nutrients. Suitable composition of the nutrient solution for Cruciferae leafy vegetables was N 14, P 3, K 6.8, Ca 4.8, Mg 2 me·L⁻¹. To examine the suitability of nutrient solution developed for Cruciferae vegetables (NSC), plants were grown 4 times from Sep. 2003 to Oct. 2004. When plants were grown in NSC, relative growth rate increased 1.1 to 2.5 times and vitamin C content 1.06 to 1.52 times. The proper plants to apply NSC for functional leaf vegetable production were leaf mustard 'Asia recurled', 'Redcurled' and 'Pamagreen', kale 'TBC', 'Portugal' and 'Manchu collard', leaf broccoli 'New green', pak-choi, baby cabbage 'Red king' and 'Green king', flowering red chinese cabbage and Korean cabbage.

Key words : baby cabbage, flowering red chinese cabbage, functional leaf vegetable production, kale, Korean cabbage, leaf broccoli, leaf mustard, pak-choi, relative growth rate, vitamin C content

*Corresponding author

서 언

참 살기 문화 확산에 따른 신선 채소의 소비 증가는 과거 우리나라 고유의 쌈 채소인 상추, 배추, 쪽갓, 호박잎 등에 국한하지 않고, 서양 채소류인 케일, 엔다이브, 청경채 등 다양한 쌈 채소를 유통시키고 있다. 이들 쌈 채소 재배는 주로 대도시 근교를 중심으로

이루어지고 있으며, 재배 면적도 1990년에는 10 ha 미만이었으나 1998년에는 553 ha, 2003년에는 811 ha로 급증하였다. 국내 쌈 채소의 소비 형태는 신선 상태로 소량 다품목으로 이루어지고 있으며 재배도 적은 면적에서 여러 작물이 동시에 양액재배로 많이 이루어지고 있다.

한편 재배 유통되는 쌈 채소로 상추, 엔다이브, 쪽

¹⁾본 논문은 2003~2004년 농촌진흥청 원예연구소 채소과 기관프로젝트인 '기능성강화수경채소생산시스템개발'과제 중 박사후연구원 계약과제 지원으로 수행된 것입니다.

갓 등은 국화과 작물, 청경채, 케일, 겨자채 등은 십자화과 작물, 셀러리, 미나리, 신선초 등은 미나리과 작물로 같은 쌈 채소라 하더라도 작물의 특성은 상당히 다르게 분포되어 있음에도 불구하고, 쌈 채소를 양액재배 하는 대부분의 농가는 1개 양액 탱크에 한 가지 양액 조성만으로 여러 작물의 채소를 재배하고 있다. 따라서 작물 특성에 따른 부적절한 양액관리로 생육 장애가 발생하고 있으나 엽채류의 이용부위가 영양생장 기관이므로 실제 재배 농가에서는 한가지 배양액으로 일정 농도 관리만으로 재배, 수확함에 따라 배양액의 중요성이 간과되고 있다.

양액재배는 조절된 환경에서 연중 계획적인 관리시스템을 통해 고품질의 산물을 생산할 수 있는 재배 방법으로 작물에 적합한 배양액 조성을 통한 배양액 관리가 생산과 품질을 결정짓는 주 요소라 할 수 있다. 작물에 적합한 배양액을 조성하는 것은 전문적인 지식을 요하는 것으로 이온간의 당량비를 이용한 Steinner(1980) 방법, 식물체의 무기성분 함량 또는 일정기간 식물이 흡수하는 양수분 흡수율을 Yamasaki(1981) 방식으로 얻은 방법 등이 적용되었다. 이들 방법을 적용하여 개발한 배양액으로 벨기에 유럽채소연구소 배양액(Sonneveld와 Straver, 1992)은 순환식 암면재배용으로, 일본 Yamasaki(1982) 배양액은 순환식 순수수경 배양액으로 개발되었으며, 국내에도 이미 1998년 원예연구소에서 과채류 배지경 배양액(Kim, 1998)을, 허브(Yeo와 Lee, 2004) 등의 작물 및 재배 방식 등을 고려한 배양액이 개발되어 사용되고 있다.

따라서 본 실험에서는 국내 유통되는 대표적인 배추과 엽채류인 케일, 겨자채, 청경채 등을 공시하여 작물의 양수분 흡수율과 이온간의 상호 작용을 추적하는 Homes(1955)의 계통적 변량법을 적용한 양이온 분포도를 적용하여 배추과 엽채류 배양액을 개발한 후 개발 배양액의 적합성을 평가하였다.

재료 및 방법

배추과 엽채류로 이용도가 높은 겨자채 'Asia curled'(아시아종묘), 청경채 A(농우종묘), 교배종 케일 'TBC'(아시아종묘) 등 3종을 원예연구소 벨로형 유리온실에서 2003년 3월 11일에 가정원에 베드(100 cm×31 cm×21 cm)에 담액 수경방식으로 재배하였다. 정식

후 뿌리 활착이 완료된 후 원예연구소 표준액(The nutrient solution of National Horticultural Research Institute : NSH액) 1배액(N-P-K-Ca-Mg=16-4-8-8-4 me·L⁻¹)을 기준으로 한 3처리 농도인 1/2배액, 1배액, 3/2배액 농도로 재배하면서 배양액의 pH(JP/MH-20P, TOA)와 EC(JP/OM-21P, TOA)변화를 계속하고, Yamasaki(1981) 방식에 의한 배양액의 양수분 흡수율을 산정하여 정식 25일 후 생육, 상대생장률과 잎의 무기성분 함량을 분석하였다. 식물체 잎의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 80°C에서 2일간 건조한 후 건물중 0.5 g을 ternary 용액(HNO₃:HClO₄:H₂SO₄=10:4:1 v/v) 10 mL을 가해 분해한 후 각 과장별 무기이온 함량을 원자흡광분광기(Model 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

개발 배양액(The nutrient solution of developed for Cruciferae Vegetables : NSC액)의 적합성을 평가하기 위해 2003년 9월부터 2004년 10월까지 4회에 걸쳐 재배하였다. 1회 재배는 2003년 9월 2일, 2회 재배는 2003년 10월 11일, 3회 재배는 2004년 1월 28일, 4회 재배는 2004년 9월 15일에 정식하였고 재배기간 중 배양액의 pH, EC 변화를 계속하였다. 1회, 2회, 4회 재배는 정식 후 25일째, 3회 재배는 정식 20일째 생육 및 상대생장률, 엽록소 함량(SPAD 502, Minolta), 비타민 C 함량을 측정하였다. 배양액의 EC는 1회와 2회 재배시 1.6±0.1 dS·m⁻¹이고, 3회와 4회 재배시는 1.8±0.1 dS·m⁻¹, 재배기간 중 pH는 5.5~6.5 범위로 보정하였다. 또한 4회 재배에서는 배양액 적용 범위를 확대하고자 배양액 개발 당시 사용한 공시작물 외에 겨자채 'Pamagreen'과 'Asia redcurled', 잎브로콜리 'New green', 홍채태, 방울다다기양배추 'Green king'과 'Red king', 케일 'Portugal', 'Manchu collard' 및 'Asia redkale', 씬추, 홀티콜라 (이상 아시아 종묘 또는 아시아 종묘 수입) 등 7작물과 청경채 B(서울종묘)를 추가하여 실험하였다. 비타민 C 함량은 생체 시료 10 g을 2.5% H₂PO₄ 30 mL와 함께 10,000 rpm으로 5분간 미쇄한 후 30,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 10 μl씩 2회 반복 주입하여 HPLC로 분석하였다. HPLC(Waters, USA)의 조건은 UV-detector로 하였고, 컬럼은 symmetry C₁₈ 5 μm(3.9×150 cm)으로 이동상 용매는 KH₂PO₄:Methanol(90:10)을 0.5 mL/min으로 흘려 254 nm에서 측정하였다.

Table 1. Effect of concentration of nutrient solution on the growth of Craciferae vegetables grown with the nutrient solution of National Horticultural Research Institute 25 days after transplant.

Plant	Nutrient strength	Shoot length (cm)	Leaf number (no./plant)	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)
Pak-choi A	1/2S	12.8 c ^z	21.0 b	154.9 c	5.42 b
	1S	18.2 b	25.3 a	202.4 b	5.71 b
	3/2S	25.3 a	25.0 a	244.6 a	7.20 a
Kale 'TBC'	1/2S	18.3 a	18.0 a	97.8 b	7.09 b
	1S	16.8 a	19.7 a	125.3 a	8.75 a
	3/2S	18.0 a	18.3 a	103.0 b	7.27 b
Leaf-mustard 'Asia curled'	1/2S	10.2 a	11.3 a	95.1 a	6.44 b
	1S	12.7 a	11.7 a	100.9 a	5.59 c
	3/2S	10.7 a	11.0 a	109.3 a	8.15 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level.

Table 2. Mineral content in Cruciferae vegetables grown with the nutrient solution of National Horticultural Research Institute 25 days after transplant.

Plant	Nutrient Strength	P	K	Ca	Mg
		----- % -----			
Pak-choi A	1/2S	0.98 a ^z	7.83 b	1.97 a	0.68 a
	1S	0.87 b	8.79 a	1.93 a	0.67 a
	3/2S	0.67 c	8.13 ab	1.72 a	0.47 b
Kale 'TBC'	1/2S	0.69 a	6.58 a	1.87 a	0.69 a
	1S	0.57 a	6.34 a	1.80 a	0.64 a
	3/2S	0.60 a	6.84 a	1.71 a	0.68 a
Leaf mustard 'Asia curled'	1/2S	0.69 a	6.42 b	1.60 a	0.59 a
	1S	0.73 a	5.34 a	1.54 a	0.48 b
	3/2S	0.66 a	7.71 a	1.68 a	0.39 c

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level.

결과 및 고찰

정식 25일째 원예연구소 배양액 3농도 처리(1/2배액, 1배액, 3/2배액)에 따른 생육 결과, 청경채 A는 3/2배액, 교배종 케일 'TBC'는 1배액 농도에서 높았으나 겨자채 'Asia curled'는 처리 농도에 따른 차이가 없었다 (Table 1). Table 2는 농도 처리에 따른 작물의 영양장해 정도를 알아보기 위해 생육 조사 후 엽내 무기성분 함량을 분석한 결과로 처리농도에 따른 작물의 엽내 무기 성분은 차이가 있었으나 재배 기간 중 가시적인 장해 정도가 나타나지는 않았다. 청경채 A의 엽내 인 함량은 농도가 높아짐에 따라 감소하였으며, 칼륨 함량은 1배액에서 가장 높고 칼슘과 마그네슘은 3/2배액인 고농도에서 감소하였다. 그러나 교배종 케일 'TBC'의 엽

내 무기 함량은 농도 처리에 따라 차이가 없었으며, 겨자채 'Asia curled'는 청경채 A와 같이 엽내 인과 마그네슘 함량은 3/2배액에서 낮은 반면 칼륨과 칼슘 함량은 높았다. 작물의 엽내 무기성분 함량 적정여부를 판단하기 위해서는 각 작물의 적정 양분 함량을 알아야 하나 각 작물의 엽내 적정함량 근거 자료가 없어 Lee(1998)가 제시한 대표적인 엽채류인 상추의 적정 무기 성분 함량인 P 0.5~0.8%, K 5~10%, Ca 0.8~1.8%, Mg 0.3~0.9%과 비교해 본 결과 각 공시작물의 엽내 무기 함량이 범위 내에 분포하였다.

재배기간 중 공시 작물의 pH와 EC 변화율을 계속한 결과(Fig. 1) 처리농도에 따른 pH와 EC 변화 범위는 상이하였으나, 청경채 A, 겨자채 'Asia curled', 케일 'TBC' 모두 재배 초기 배양액내 pH는 서서히

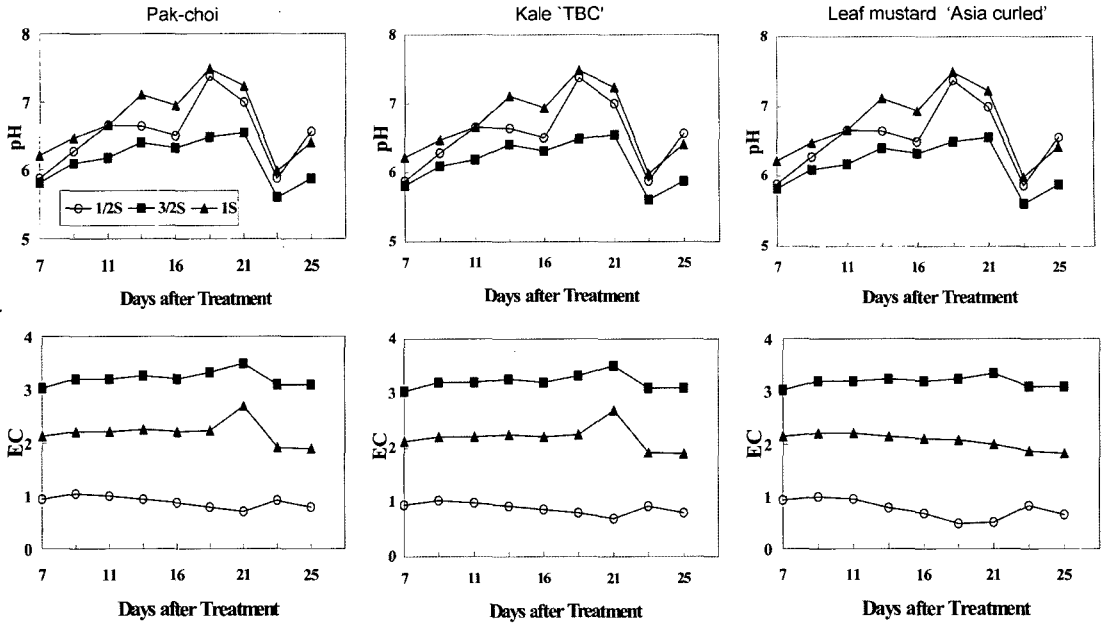


Fig. 1. Changes of pH and EC in Cruciferae vegetables grown with the nutrient solution of National Horticultural Research Institute.

증가하다가 재배 18일을 전후하여 생육이 왕성함에 따라 pH의 급격한 증가 후 감소하는 경향을 보였다. 배양액 EC 변화율도 pH 변화율과 같은 경향을 보였으며, 공시 작물의 생육이 좋았던 처리구 즉 청경채 A와 겨자채 'Asia curled'의 3/2배액과 케일 'TBC' 1

배액의 EC 변화를 보면 작물 생육이 진전됨에 따라 배양액의 EC가 서서히 높아지다가 배양액 pH의 급격한 변화를 보인 정식 20일을 전후하여 EC 농도가 높아진 후 감소하는 경향을 보였다.

Table 3은 각 농도 처리에서의 양수분 흡수율을 산

Table 3. Calculated n/w^2 value of Cruciferae vegetables based on the Yamasaki's formula.

Plant	Nutrient Strength	Amount of absorbed water (L)	me L ⁻¹			
			P	K	Ca	Mg
Pak-choi	1/2S ^y	2.11	2.93	5.77	5.82	2.02
	1S	1.60	4.21	8.10	7.52	3.10
	3/2S	1.76	4.22	7.86	0.77	1.21
Kale 'TBC'	1/2S	1.60	2.23	4.35	5.00	2.09
	1S	1.88	2.31	7.01	6.11	2.68
	3/2S	1.12	1.87	5.90	5.21	0.18
Leaf mustard 'Asia curled'	1/2S	1.66	2.12	4.54	4.94	2.00
	1S	1.46	3.02	5.99	5.92	2.21
	3/2S	1.60	2.42	6.41	4.87	0.36

²n/w indicates the formula devised by Yamasaki to determine the amount of macro nutrients and water uptake at regular intervals during substrate culture.

if $y > y_1$, $n/w = a/w (y - y_1) + y_1$; $y < y_1$, $n/w = -a/w (y_1 - y) + y_1$

[a indicates initial volume of culture solution in each tray (liter).

w indicates the amount of water absorbed by plants (liter).

y and y_1 indicate the initial and final concentration of macronutrients in culture solution (me · L⁻¹)]

²S indicates standard nutrient solution of Horticultural Experiment Station in Japan.

양수분 흡수율과 양이온 비율에 의한 배추과 엽채류 수경 배양액 개발

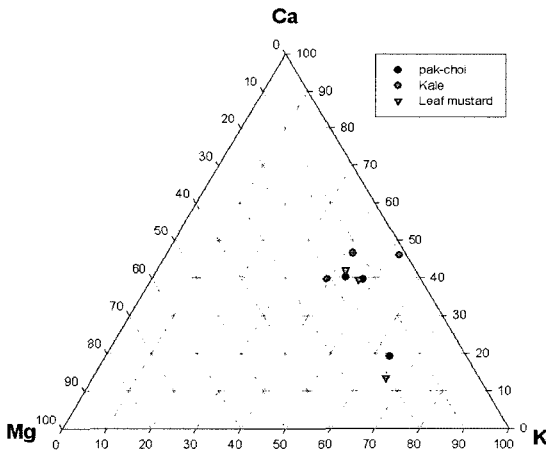


Fig. 2. Cation composition of the nutrient solution for leaf vegetables.

정한 결과로 공시작물 모두 배양액 농도가 높아짐에 따라 수분 흡수율은 감소하는 경향을 보였으며, 무기성분 흡수율 인과 칼륨 함량은 배양액 농도가 높아짐에 따라 흡수량도 많아졌다. 그러나 3/2배액 고농도에서의 청경채의 칼슘과 마그네슘, 케일 ‘TBC’, 겨자채 ‘Asia curled’의 마그네슘 흡수는 거의 이루어지지 않았다.

이와 같이 작물의 영양 요구 특성이 달라 각 작물에 적합한 배양액을 조성하기 위해서는 재배기간 중에 배양액 내 이온조성의 농도 변화가 적으며 고품질의 생산물을 많이 얻으면서 비료의 소실이 적어 실질적인 생산성을 높일 수 있는 특성을 지녀야 한다(Ikeda, 1986). 또한 쌈 채소를 이용할 때는 주로 지상부를 생식함에 따라 생체중이 높고 재배기간 중 양분의 장해를 보이지 않았던 처리구인 청경채 A와 겨자채 ‘Asia curled’는 3/2배액, 케일 ‘TBC’는 1배액 양수분 흡수율을 근간으로 양이온 분포도를 작성하여 배양액을 조성하였다. Yamasaki(1981)의 양수분 흡수율은 일사량, 온도, 습도, 재배 시스템, 생육 단계, 재식 밀도 등에 따라 흡수율이 달라질 수 있으며, 농도의 변화가 있더라도 조성에는 변화를 주지 않는 작물 개개의 흡수조성이 균형 있는 배양액 조성이라 할 수 있다. 한편 양이온 분포도는 Homes(1955)의 계통적 변량법을 적용한 것으로 이온 군내에서 한 군의 균형을 잘 유지시켜 주면 다른 군은 각 군 내에서 자유로이 바뀔 수 있어 군내 이온 간의 상호 작용을 명확히 할 수 있다는 방법으로 본 실험에서는 배추과 쌈용 채소가 단일

작물이 아닌 여러 작물에 적합하도록 조성하기 위해 작물의 양수분 흡수율을 근간으로 한 후 양이온 분포도를 사용하여 오차 범위를 줄이고자 시도하였다. 이상의 도식화를 통해 청경채 A, 케일 ‘TBC’ 및 겨자채 ‘Asia curled’의 평균 양이온 함량으로 칼륨 49.5%, 칼슘 35.8%, 마그네슘 14.7%를 구했으며, 이를 다시 당량으로 환산한 K 6.8, Ca 4.8, Mg 2 me·L⁻¹ 조성비를 얻었다. Takano(1981)는 수경재배에서 음이온과 양이온의 이온 비율은 PO₃³⁻에 의해 1.1~1.25로 하는 것이 좋다는 보고를 근거로 본 배양액 조성에는 음이온과 양이온 비율을 1:1.2로 조정하여 배양액 조성을 N 14, P 3, K 6.8, Ca 4.8, Mg 2 me·L⁻¹으로 하여 NSC 배양액을 개발하였다.

개발 배양액의 적합성을 평가하기 위해 원예연구소 배양액을 대조구로 하여 3회 재배한 결과 공시작물의 생육은 재배시기에 따른 생육량의 차이는 있었으나 개발 배양액인 NSC액에서 재배한 청경채 A, 케일 ‘TBC’ 및 겨자채 ‘Asia curled’ 모두 생체중이 높았다(Fig. 3). 1회 재배시는 1.9~2.5배, 2회 재배시는 1.3~1.4배, 3회 재배시는 1.1~1.6배 높았으며, 개발 배양액에서 재배된 청경채 A, 케일 ‘TBC’ 및 겨자채 ‘Asia curled’의 생육 증가는 생육 초, 중기의 빠른 상대 생장을 유도에 기인 한 것으로 보였다. 그러나 휴대용 엽록소 계측기를 이용한 엽록소 함량인 SPAD 값은 NSC액에서 재배한 작물의 SPAD값이 높은 경향을 보였으나 배양액 종류에 따른 차이는 없었다. 1회와 2회 재배인 2003년 실증 실험에서 배양액의 EC는 1.6 dS·m⁻¹로 NSC액 1배액의 EC 1.8 dS·m⁻¹과 비교해 보면 0.2 dS·m⁻¹ 낮은 농도로 조성되었다. 한편 작물 종류, 생육단계, 기상환경 등에 따른 작물의 적정농도 범위는 다르나 대체적으로 생육이 빠르고 수분의 흡수가 많은 하절기는 생육과 수분 흡수가 낮은 동절기에 비해 저 농도로 관리하여 수분흡수를 촉진시킴으로써 양분 흡수량을 촉진시키는 것이 일반 관리 방법으로 제시되고 있다(Park과 Kim, 1998). 본 실험이 수행된 1회 재배 기간은 늦여름으로 온실 내 온도가 24~28°C 범위에 있어 배추과 엽채류 작물의 적정 온도보다는 높았다. 이 시기 EC 1.6 dS·m⁻¹에서 청경채 A, 케일 ‘TBC’ 및 겨자채 ‘Asia curled’의 생육은 NSC액에서 뚜렷한 증가를 보여 주었다. 그러나 EC 2.0 dS·m⁻¹의 처리에서는 배양액 종류에 따른 차이가

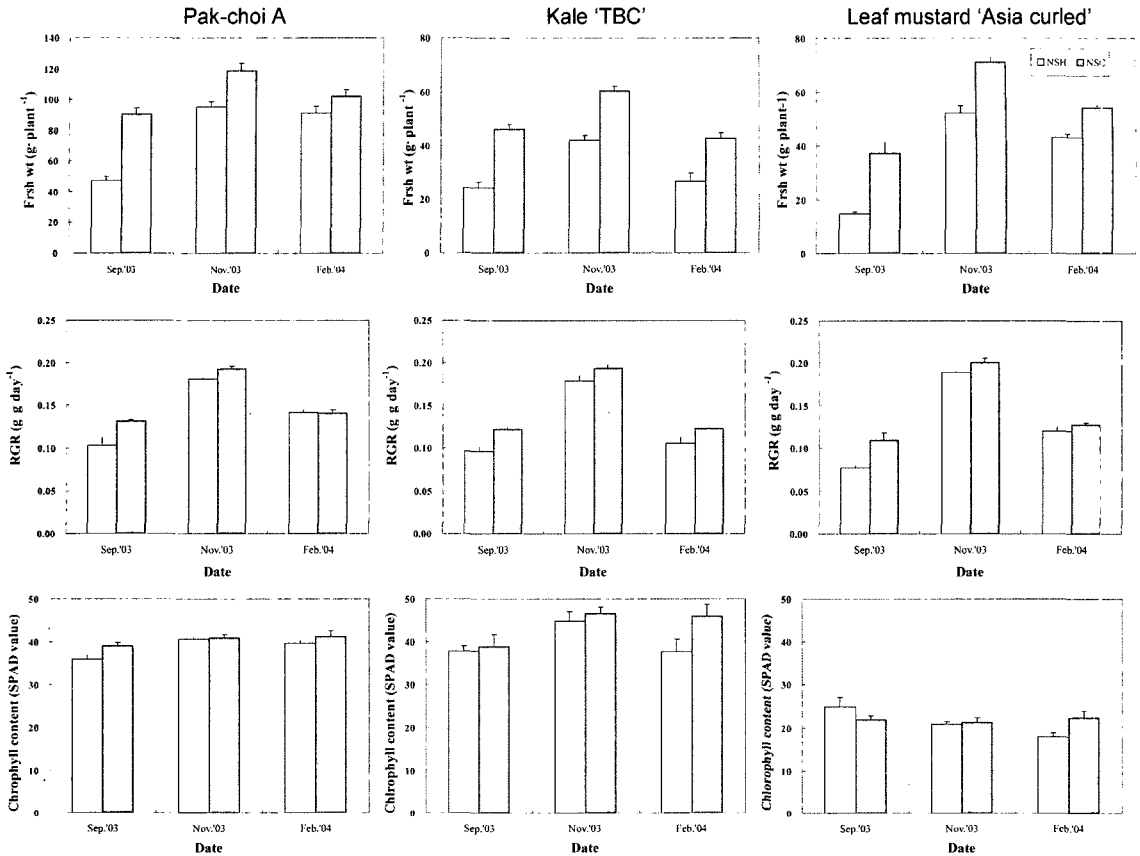


Fig. 3. Fresh weight, relative growth rate (RGR) and chlorophyll content in Cruciferae vegetables grown under different nutrient solutions 25 days after transplant.

NSH : The nutrient solution of National Horticulture Research Institute in Korea

NSC : The nutrient solution of developed for Cruciferae vegetables

크지 않은 것으로 보아(data not shown) 재배 환경이 적합하지 않을 때는 배양액의 농도를 기준보다 높여주는 것이 생육을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

공시 작물 외에 시판되는 다양한 배추과 엽채류 7 작물 15품종을 공시하여 재배한 4회 재배에서 홀티콜라를 제외한 청경채, 케일 'TBC', 'Portugal' 및 'Asia redkale', 겨자채 'Asia curled', 'Asia redcurled' 및 'Pamagreen', 잎브로콜리 'New green', 홍채태, 방울다다기양배추 'Green king'과 'Red king', 싹추 등의 작물에서도 빠른 상대생장과 함께 생육이 높게 나타났다(Fig. 4). 공시작물의 질적 성분을 알아보고자 비타민 C 함량을 분석한 결과, 홍채태, 싹추, 겨자채 'Asia redcurled'와 'Pamagreen', 방울다다기양배추 'Green king'과 'Red king', 케일 'Portugal', 'Asia redkale', 잎브로콜리 'New green', 홀티콜라는 개발

배양액인 NSC액에서 비타민 C 함량이 1.06~1.52배 높아 생육과 함께 항산화 성분인 비타민 C 함량도 향상된 것을 보였다. 그러나 청경채와 케일 'Manchu collard'의 비타민 C 함량은 낮았는데 생육이 좋았음에도 비타민 C 함량이 낮은 이유에 대해서는 추후 면밀한 검토가 필요하리라 본다. 특히 배추과 엽채류 중 청경채의 비타민 C 함량은 다른 작물에 비해 상대적으로 적은 33.8~50.5 mg·100 g Fw⁻¹이었으나, 상추, 엔다이브, 치커리 등 국화과 작물의 비타민 C 함량 10~28 mg·100 g Fw⁻¹와 비교하여 보면 배추과 싹 채소의 항산화 성분인 비타민 C 함량은 작물 특성상 높음을 확인 할 수 있었다(N.R.L.S.I, 2001). 특히 개발한 배추과 배양액에서 재배한 경우 잎 브로콜리 'New green'과 케일 'Portugal', 방울다다기양배추 'Green king', 'Red king'의 ascorbic acid 함량은 뚜렷한 증

양수분 흡수율과 양이온 비율에 의한 배추과 엽채류 수경 배양액 개발

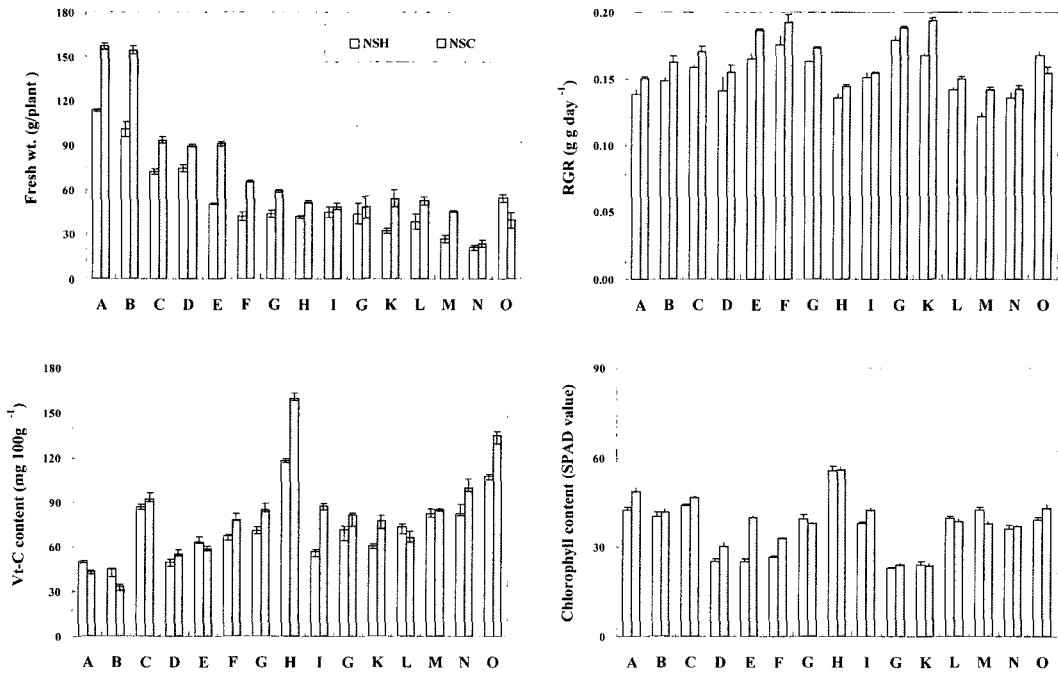


Fig. 4. Fresh weight, relative growth rate (RGR), vitamin C (Vt-C) content and chlorophyll content in Cruciferae vegetables grown under different nutrient solutions 25 days after transplant (A: pak-choi A, B: pak-choi B, C: flowering red chinese cabbage, D: Korean cabbage, E: kale ‘Manchu collar’, F: leaf mustard ‘Asia redcurled’, G: kale ‘Asia redkale’, H: leaf broccoli ‘New Green’, I: kale ‘Portugal’, J: leaf mustard ‘Asia curled’, K: leaf mustard ‘Pamagreen’, L: kale ‘TBC’, M: baby cabbage ‘Red king’, N: baby cabbage ‘Green king’, O: Horticola)
 NSH : The nutrient solution of National Horticulture research in Korea
 NSC : The nutrient solution of developed for Cruciferae vegetables

가를 보였다. 비타민 C 함량과 같은 항산화 성분은 식물의 2차 대사 산물이고 전구 물질인 당 축적 등에 의해 비타민 C 함량은 달라질 수 있어 본 실험을 통해 개발된 배양액은 식물 생육과 함께 채소의 보건의적 기능 향상에도 영향을 주리라 본다. Mozafar(1994)는 채소와 과일 등 품종에 따라 비타민 C 함량이 2~3배 이상 차이가 있으며, 토마토의 경우는 15배 차이가 있다고 보고한 바와 같이 본 실험의 NSC액에서 재배된 배추과 작물의 비타민 C 함량이 33.8~159.4 mg·100 g·Fw⁻¹으로 작물에 따른 차이가 컸으며, 같은 작물이라도 케일의 경우 품종에 따라 59.2~87.2 mg·100 g·Fw⁻¹의 함량을 보였다. 엽록소함량은 배양액 종류에 따른 차이가 없으나 겨자채 ‘Pamagreen’, 케일 ‘TBC’, 방울다다기양배추 ‘Red king’을 제외하고는 NSC에서 높은 경향을 보였다.

적합성 평가 중 배양액의 pH 및 EC 변화율은 1회 재배에서 변화가 크고 배양액간의 차이도 큰 반면

2~4회 재배에서는 배양액간의 변화도 유사한 경향을 보였다(Fig. 5). 1회 재배는 9월 재배로 배양액 종류에 따른 생육의 차이도 컸다. Yamasaki(1981)는 양수분 흡수율에 의해 조성된 배양액은 재배기간 중에 농도가 거의 변하지 않고 약간의 변화가 생겨도 해당 조성성분이나 농도의 배양액을 보충하여 주면 대부분의 경우 다시 안정된다고 하였으나 1회 재배시기인 9월은 2~4회 재배 기간에 비해 온도와 광 등의 변화가 큰 시기로 짐작됨에 따라 공시 작물의 생육 차이도 컸으며, 이것이 배양액의 양분 흡수에 따른 pH와 EC 변화에도 영향을 준 것으로 생각된다. 2~4회 재배 기간 중 배양액의 EC 변화가 완만히 이루어짐에 따라 pH 변화 폭도 적었다. 배추과 엽채류의 배양액 pH는 재배 초기에는 배양액의 pH가 감소하다가 pH가 증가하는 경향을 보이는 데, 이는 다량 성분인 질소 이온 중 NH₄⁺를 중심으로 한 양이온의 우선적인 흡수 양상에 기인하는 것으로 Ikeda와 Osawa(1981)가 언급한

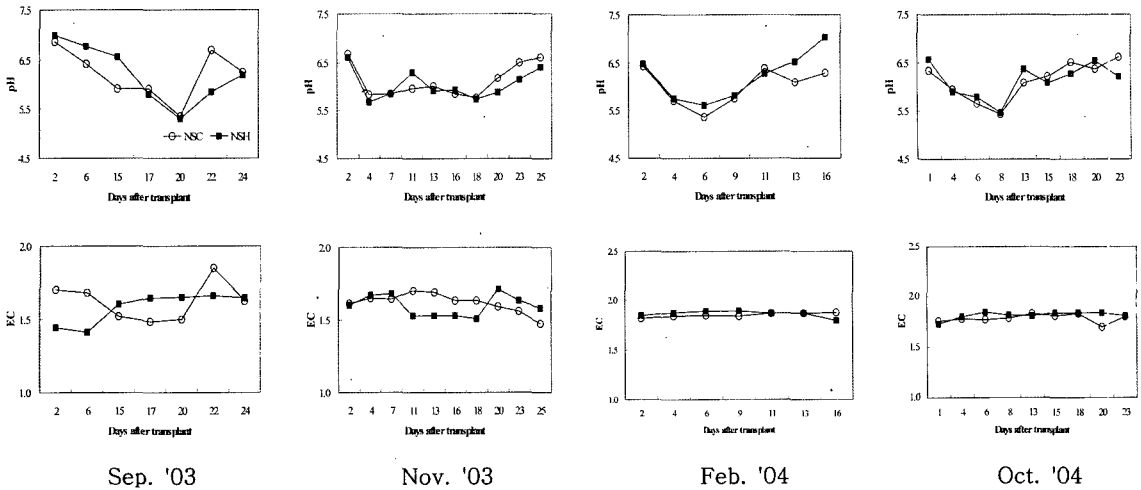


Fig. 5. Changes of pH and EC in Cruciferae vegetables grown in different nutrient solutions during the growing period.
 NSH : The nutrient solution of National Horticulture research in Korea
 NSC : The nutrient solution of developed for Cruciferae vegetables

NH₄⁺를 우선적으로 흡수하는 오이, 상추, 삼엽채, 썩갯 등에 배추과 엽채류도 속함을 알 수 있었다.

이와 같이 겨자채 ‘Asia curled’, ‘Asia redcurled’ 및 ‘Pamagreen’, 케일 ‘TBC’, ‘Portugal’ ‘Asia redkale’ 및 ‘Manchu collard’, 잎브로콜리 ‘New green’, 청경채, 방울다다기양배추 ‘Green king’와 ‘Red king’, 홍채태, 찜추 등 배추과 쌈 채소를 개발 배양액에서 재배했을 때 기존 배양액 재배에 비해 생육과 항산화 성분인 비타민 C 함량을 높일 수 있어 기능성 쌈채소 생산에 적합한 것으로 나타났다.

적 요

본 실험은 작물의 양수분 흡수율에 근거하여 배추과 엽채류 수경재배에 적합한 배양액을 개발하고자 수행 되었다. 원예연구소 배양액(NSH액) 1배액을 기준으로 1/2배액, 1배액, 3/2배액으로 25일간 담액 수경재배 했을 때 청경채와 겨자채는 3/2배액, 케일은 1배액에서 생육이 좋았다. 작물의 양수분 흡수율을 산정하여 얻은 평균 양이온 비는 K 49.5%, Ca 35.8%, Mg 14.7% 였으며, 배추과 작물에 적합한 배양액 N 14, P 3, K 6.8, Ca 4.8, Mg 2 me·L⁻¹을 개발하였다. 개발 배양액을 평가하기 위해 2003년 9월부터 2004년 10월까지 공시 작물을 4회 재배하였다. 개발 배양액에서 작

물을 재배했을 때 빠른 상대생장률과 함께 생육이 1.1~2.5배, 비타민 C 함량은 1.06~1.52배 증가하였다. 개발 배양액에 적합한 작물로는 겨자채 ‘Asia curled’, ‘Asia redcurled’ 및 ‘Pamagreen’, 케일 ‘TBC’, ‘Portugal’ 및 ‘Manchu collard’, 잎브로콜리 ‘New green’, 청경채, 방울다다기양배추 ‘Green king’와 ‘Red king’, 홍채태, 찜추 등으로 생육과 항산화 성분인 비타민 C 함량 증가를 통해 기능성 엽채류 생산이 가능하였다.

주제어 : 겨자채, 기능성 엽채류 생산, 방울다다기양배추, 브로콜리, 비타민 C 함량, 상대생장률, 찜추, 잎청경채, 홍채태, 케일

인 용 문 헌

- Homes, M.V. 1955. A new approach to the problem of plant nutrition and fertilizer requirement. Part 1. Soil and Fertilizers 18:1-4.
- Ikeda, A. 1986. Control of nutrient solution by nutrient absorption characteristic of crops. Agr. and Hort. 61:205-210.
- Ikeda, A. and T. Osawa. 1981. Nitrate- and ammonium-N absorbed by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50:225-230.
- Lee, Y.B. 1998. Development of optimum nutrient management system in a plant factory. The last report

- of Agricultural R&D Promotion Center. Korea.
5. Kim, Y.C. 1998. Development of Korean type nutrient solution, medium and automatic control system in horticultural crops. R.D.A. Suwon. Korea.
 6. National Rural Living Science Institute. 2001. Standard tables of food composition in Korea. R.D.A. Suwon. Korea. p. 112-139.
 7. Mozafar, A. 1994. Plant vitamins: agronomic physiological and nutritional aspects. CRC press. Boca Raton, Florida. USA.
 8. Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. 1st ed. Academy Books, Seoul. p. 76-90.
 9. Steinner, A.A. 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of nutrient solution. *Acta Hort.* 98:87-97.
 10. Sonneveld, C. and N. Straver. 1992. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. *Voedingsoplossingen glastuinbouw.* p. 29.
 11. Takano, T. 1981. States and problems of hydroponics - The nutrient solution formation. *Agr. and Hort.* 7:69-74.
 12. Yamasaki, K. 1981. The problem and present state of hydroponic culture (1). Nutrient solution management of hydroponic culture-nutritive characteristic of each crop by nutrient/water. *Agr. and Hort.* 56(4):563-568.
 13. Yamasaki, K. 1982. A review on solution culture. *Hakuyusha, Toyko.* p. 34-49.
 14. Yeo, K.H and Y.B. Lee. 2004. Development of optimum nutrient solution for sweet basil in a closed systems. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(1):29-36.