

배양액내 NO_3^- , K^+ 및 Ca^{++} 농도가 무등산수박 유묘 생장에 미치는 영향

박순기* · 이범선 · 정순주
전남대학교 농과대학 원예학과

Effects of Concentration of NO_3^- , K^+ and Ca^{++} in Nutrient Solution on the Seedling Growth of 'Mudeungsan' Watermelon

Park, Soon-Gi* · Lee, Beom-Seon · Chung, Soon-Ju
Dept. of Hort., Coll. of Agri., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju, 500-757, Korea

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effects of concentration of NO_3^- , K^+ and Ca^{++} in nutrient solution on the seedlings growth of 'Mudeungsan' watermelon. Seeds were sown on March 16, 1997. NO_3^- , K^+ and Ca^{++} was treated with three different levels, respectively, $\text{NO}_3^- = 106, 206, 406$ ppm; $\text{K}^+ = 150, 200, 400$ ppm; $\text{Ca}^{++} = 150, 200, 400$ ppm. Plant growth was investigated at four-days interval in 10 days after treatment. Increasing N concentration in the nutrient solution increased the plant height, leaf area, number of leaves, fresh and dry weight of shoot while high concentration of K and Ca in the nutrient solution decreased the seedling growth in terms of leaf area, leaf dry weight. The uptake of N, K and Mg in petiole sap was positively affected by the adding of 206 ppm of nitrate, 150 ppm of potassium and 200 ppm of calcium levels, respectively. The P and Ca uptake in petiole sap was not affected by the N and K concentrations in the nutrient solution while K concentration above 200 ppm decreased the N and Mg content in petiole sap. High concentration of Ca in the nutrient solution increased the Ca content in petiole sap while Ca concentration above 200 ppm decreased the N content.

주 제 어 : 묘생장, 양분흡수, 엽병분석

Key words : Seedling growth, Mineral uptake, Petiole analysis

* corresponding author

서 론

이식을 전제로 한 과채류 재배에 있어서 전문화된 양묘 육성은 경제적 손실과 작업노력을 절감하고 적절한 비배관리로 우량묘를 생산함으로써 정식후 활착을 양호하게 하며, 생장 및 발육을 촉진하여 다수 및 품질향상에 기여한다(趙 등, 1996; Chung 등, 1997; 김 등, 1997; 이 등, 1998). 최근 수박의 육묘 방법에 있어서도 공정육묘 시스템을 이용한 프러그 육묘 생산이 이루어지고 있다. 과거에는 분 육묘용 배지에 고품비료를 혼합시켰으나 최근 프러그 육묘에 다량요소와 미량요소가 혼합 처리된 액비를 사용(Chung 등, 1997; 이 등, 1998)하거나 특정이온의 가감, 효소제의 엽면시비 및 배지의 혼합비율을 달리하여 육묘의 합리화를 추구하는 경향이다(김 등, 1997; Schultheis와 Dufault, 1994; 박 등, 1993).

따라서 수박 육묘시 묘의 소질을 결정하는 NO_3^- , K^+ 및 Ca^{++} 을 농도별로 첨가하여 엽병내 다량원소의 흡수경향을 관찰하고 이들 이온 농도가 수박 육묘에 미치는 영향을 구명하여 건묘를 육성하는데 기초자료로 활용코자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 품종은 광주지방의 특산 품종으로 알려져 있는 무등산수박[Citrullus lanatus (Thunb.) Mansf. cv. Mudeungsan]으로 3월 16일에 프러그 트레이(50공)에 파종하여 본엽 2~3매가 되는 3월 28일에 지름 9cm의 육묘포트에 코코피타 : 펄라이트를 8 : 2(v:v)의 비율로 혼합하여 충진하고 가식하였다. 육묘포트를 30×50cm의 수도용 이양상자에 옮겨 상토의 수분상태에 따라 급액량을 500~1000ml/일씩 저면 급수하였다. 처리는

배양액의 처리는 특정이온의 양을 달리한 것으로 Table 1과 같이 처리 A와 B를 기본으로 하여 처리 A에 $\text{NaNO}_3(\text{NO}_3^- \text{N} : 11.7, 111.7 \text{ 및 } 311.7\text{ppm})$ $\text{KCl}(\text{K}^+ : 50, 100 \text{ 및 } 300\text{ppm})$ 및 $\text{CaCl}_2(\text{Ca}^{++} : 70, 120 \text{ 및 } 240\text{ppm})$ 를 첨가시켜 N는 94, 106, 112, 206 및 406ppm이 되게 하고, K는 100, 150, 200 및 400ppm, Ca은 80, 150, 200 및 320ppm이 각각 되게하여 상호 비교하였다. 기타 다른 성분의 양은 동일하였다. 이와 같이 조성된 배양액은 4월 1일부터 저면 급수하였고, 각 처리구는 3반복 완전임의배치법으로 하였다. 이때 급수되는 양액의 pH 범위는 5.6~6.0 내외였다. 생장조사는 처리후 10일부터 4일 간격으로 3개체씩 채취하여 5회에 걸쳐 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 또한 N, P, K, Ca 및 Mg의 흡수농도를 알아보기 위하여 4월 30일 수박묘의 엽병을 1g씩 샘플링한 후 1~2mm로 잘게 잘라 이온교환수 25ml에 넣고 2시간 경과 후 UV-VIS spectrophotometer (Shimadzu, UV-1201, Japan)로 $\text{NO}_3^- \text{-N}$, PO_4^- 및 Mg^{++} 는 540nm에서, K^+ 및 Ca^{++} 는 390nm에서 흡광도를 조사하였다. 발색을 위한 시약의 제조방법으로 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 는 α -naphthylamine 1g, sulfanilic acid 1g 및 아연분말 1.5g의 비율로 혼합, 마쇄한 후 50mg을 분석시료 4ml에 넣어 약 10분간 실온에 방치한 후 측정하였으며, PO_4^- 은 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2g(50ml의 물에 용해)과 농염산 31.5ml(50ml가 되게 물에 희석)를 혼합하여 100ml가 되게 하여 제 1시약으로 하고, $\text{SuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 5g을 10ml의 농염산에 용해시키고 이것에 물로 가해 100ml로 하여 제 2시약으로 하였다. 분석시료 4ml에 제 1시약을 400 μl , 제 2시약을 200 μl 를 가한 후 약 10분간 실온에 방치한 후 540nm에서 흡광도를 비교하였다. K는 $\text{Na}(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{B}$ 의 5% 수용액을 만들어 분석시료 4ml에 시약 200 μl 를

첨가하여 390nm에서 측정하였다. Ca은 0.1g을 물에 녹여 100ml가 되게 하고, NaOH (COONH₄)·H₂O 4g을 1% acetic acid 100ml 10g을 물에 녹여 100ml로 한 것을 각각 400에 용해하여 제조한 시약을 분석시료 4ml에 μ l와 1,000 μ l를 분석시료 4ml에 첨가한 후 5200 μ l를 첨가한 후 5분 방치후 390nm에서 분 방치 후 540nm에서 측정하였다(渡邊, 흡광도를 측정하였다. Mg은 C₂₈H₁₉N₅Na₂O₆S₄ 1986a, 1986b).

Table 1. Mineral composition of nutrient solutions used for the experiment.

Treatment	Macroelement (ppm)								Microelement(ppm)
	Total-N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Mg ⁺⁺	
A	94	88.3	5.6	80.1	100	20.2	32.1	24.3	Fe-EDTA:10, Mn: 1.6, B: 2.9, Zn: 0.2,
B	112	97.4	14.7	80.1	100	20.2	32.1	24.3	Cu: 0.08, Mo: 0.03

결과 및 고찰

처리 A에 NO₃⁻(11.7, 111.7 및 311.7ppm)과 K⁺(50, 100 및 300ppm) 및 Ca⁺⁺(70, 120 및 240ppm)을 각각 첨가하여 처리한 결과 초기 생장은 Table 2와 같이 나타났다. N 농도를 증가시킬수록 초장, 엽면적, 엽수, 엽장 및 엽폭이 증가하였고 생체중과 건물중도 증가하였다. 이러한 결과는 Schultheis와 Dufault(1994)의 N 공급에 따른 초장, 엽수, 엽면적, 지상부 생체중 및 건물중의 성장증가와 유사하였다. 그러나 N의 흡수는 품종과 작형 및 생육단계 등에 따라 흡수량이 다르게 나타나고, 육묘시 지나친 질소원의 공급은 과도한 영양생장을 초래하거나 개화를 지연시킬 수 있다고 사료된다. N의 공급량이 많거나 적어도 영양의 불균형을 초래하여 열과, 공동과 및 기형과의 발생이 많아질 수 있으므로(이 등, 1997) 이온간 불균형을 초래하지 않는 범위 내에서 합리적인 양액관리가 요구되었다.

K의 농도를 증가시켰을 경우 수박 묘의 초장은 206ppm까지는 약간 증가하지만 엽수, 엽장 및 생체중은 206ppm 이상으로 증가시

키면 감소하는 경향이었으며, T/R율에 있어서도 유사한 경향이였다. 鄭 등(1992)은 토마토의 양액재배에 있어서 N 수준을 증가시킬 경우 16me/l까지는 지상부로의 건물분배가 많으며, K수준에 의한 T/R율 반응은 N수준에 의한 영향보다는 둔감하지만 K의 단독 처리에 의해서도 T/R율의 변경이 가능하다고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사한 결과로 나타났으나 한 개의 대형 과실을 목표로 하는 수박과 여러 개의 소형 과실을 수확하는 토마토의 생육과정과는 차이가 많으므로 수박에 대한 보다 상세한 연구의 수행이 필요한 것으로 생각되었다. Ca 처리의 경우 농도의 증가가 생장의 증가로 나타나지는 않았는데 80ppm 처리구의 생장이 양호하였고 T/R율이 높아 지상부 생육에 편중하는 것으로 나타났다. 그러나 고농도의 칼슘 처리는 적용기간이 길어질수록 지나친 엽면적 감소를 초래할 수 있으므로 시용 기간을 단기간으로 하고 질소와 칼륨의 공급도 성장단계에 따라 조금씩 증가시켜 주는 배양액 관리방법이 요청되었다.

Table 2. Growth characteristics of 'Mudeungsan' watermelon seedlings as affected by N, K and Ca concentration in nutrient solution at 28 days after treatment.

Treatment	Plant	Stem	Leaf	No. of	Leaf	Leaf	Root		
Element	Content (ppm)	ht. (cm)	dia. (mm)	leaves (ea)	length (cm)	width (cm)	length (cm)		
N	94	37.3bcde ^{d)}	7.13	379.5c	10b	12.4defg	9.9de	21.2	
	106	40.2bcd	6.68	364.3c	10b	13.3cd	11.4b	22.4	
	112	37.1cde	6.47	376.6c	9.7bc	13.6bc	10.9bcd	20.9	
	206	49.6a	6.83	442.9b	10b	14.5ab	11.2bc	23.9	
	406	51.3a	7.15	545.0a	11.7a	15.4a	13.6a	21.5	
K	100	37.3bcde	7.13	379.5c	10b	12.4defg	9.9de	21.2	
	150	42.3b	6.58	350.9cd	9cd	12.3defg	11.3bc	25.3	
	200	41.0bcd	6.22	304.9de	8e	12.0efg	9.6e	28.5	
	400	32.7e	6.62	290.6e	9.3bc	11.4g	9.7e	17.7	
Ca	80	37.3bcde	7.13	379.5c	10b	12.4defg	9.9de	21.2	
	150	33.7e	6.43	281.4e	9.3bc	11.5g	9.3e	25.1	
	200	41.5bc	6.27	302.4de	8.3de	13.0cde	10.3cde	20.4	
	320	39.1bcd	6.57	307.5de	9.3bc	11.8fg	9.5e	23.0	
K+Ca	200+150	35.9de	6.53	330.8cde	9cd	12.9cdef	10de	21.6	
Treatment	Fresh weight (g)				Dry weight (g)				
Element	Content (ppm)	Leaf	Stem	Root	T/R ratio	Leaf	Stem	Root	T/R ratio
N	94	15.2c	6.0cde	3.7abc	5.73	1.86b	0.54d	0.21	11.43
	106	15.0c	6.7cd	3.3cde	6.58	1.85b	0.73b	0.24	10.75
	112	13.7cde	5.7de	3.1def	6.26	1.45cde	0.44d	0.21	9.00
	206	18.2b	8.6b	4.0a	6.70	1.71bc	0.70bc	0.21	11.48
	406	22.4a	10.3a	2.6g	12.58	2.42a	0.94a	0.21	16.00
K	100	15.2c	6.0cde	3.7abc	5.73	1.86b	0.54d	0.21	11.43
	150	15.3c	6.9c	3.3cde	6.73	1.67bc	0.69bc	0.20	11.80
	200	11.8ef	5.8de	3.9ab	4.51	1.39de	0.58cd	0.20	9.85
	400	10.9f	4.6f	2.9efg	5.35	1.32e	0.49d	0.20	9.05
Ca	80	15.2c	6.0cde	3.7abc	5.73	1.86b	0.54d	0.21	11.43
	150	11.2f	5.1ef	3.5bcd	4.66	1.26e	0.52d	0.19	9.37
	200	11.3f	5.5ef	2.65g	6.34	1.18e	0.45d	0.18	9.06
	320	12.1def	5.2ef	2.73fg	6.34	1.26e	0.45d	0.15	11.40
K+Ca	200+150	13.9cd	5.9de	3.1defg	6.39	1.65bcd	0.58cd	0.17	13.42

^{d)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

N 농도를 증가시킬 경우 엽면적 및 건물중의 증가로 연결된 반면 적정수준 이상의 K 또는 Ca의 증가는 엽면적과 건물중의 감소로 나타났는데 이는 과잉증상으로 인한 생육억제로 사료된다. 특히 배양액내 N나 K의 증가에 의한 성장보다 Ca 증가에 의한 엽면적과 건물중의 감소가 현저하였는데 이러한 성장 감소 경향은 Lamb 등(1993)의 배지내 Ca처리에 의한 건물중 및 엽면적 감소와 유사하였다(Fig. 1). 따라서 수박 묘에 N 농도를 증

가시킬수록 영양생장을 촉진시키지만 Ca의 단독처리에 의해서도 지상부의 생육 조절이 가능하다고 사료된다. 특히 수박묘에 흡수되는 다른 이온들과의 상호관계를 파악하여 이를 근거로 초기생장 뿐만 아니라 정식 후에도 K 및 Ca 등의 특정 이온의 적절한 가감을 통해 지나친 과번무를 제한함과 동시에 과실품질의 향상에도 기여할 것으로 생각되었다. 그러나 양액재배시 배양액의 조성 농도는 식물의 종류, 기상조건, 작형, 고형배지의

유무와 그 성질 또는 배양액의 공급방법 등에 따라 다르므로(竝木, 1986) 그에 따른 체계적인 연구와 구체적인 처방이 요구되었다.

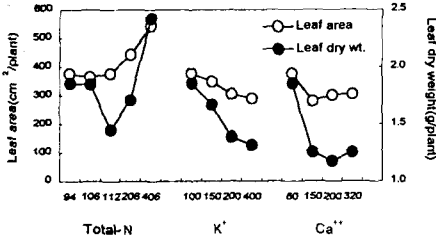


Fig. 1. Changes in leaf area and leaf dry weight of 'Mudeungsan' watermelon seedlings as affected by N, K and Ca concentration in nutrient solution.

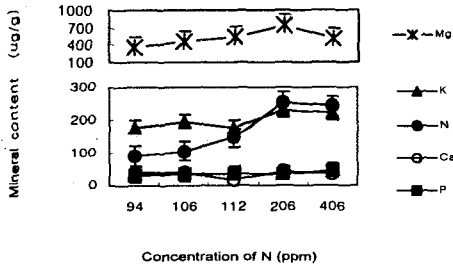


Fig. 2. Comparisons of macro-elements content in petiole as affected by N concentration in nutrient solution.

최근 식물의 영양상태를 측정하는 방법으로 엽이나 엽병에서 즙액을 추출하여 분석하는 페놀유산법, 자외부흡광도법, 원자흡광도법 등이 있는데, 여액을 적당히 희석하여 분석하는 가장 간단한 측정방법인 자외부흡광도법과 샘플의 채취가 용이하고 분석시간이 비교적 짧아 엽보다 엽병의 이용을 권장하고 있다(張과 鄭, 1997; Nukaya 등, 1995; 山崎와 六本, 1992). 본 연구에서도 처리후 30일된 무등산수박 묘의 엽병을 이용하여 무기성분을 분석하였다. N의 첨가에 따른 엽병내 N,

P, K, Ca 및 Mg의 흡수 농도를 보면 배양액에 N의 농도를 206ppm으로 증가시킬 경우 무등산수박 묘의 엽병내 N, K 및 Mg의 함량이 증가하였지만 P 및 Ca의 증가나 감소의 경향은 보이지 않았다. 그러나 406ppm으로 증가시킬 경우 Mg의 농도가 현저히 감소하였다(Fig. 2).

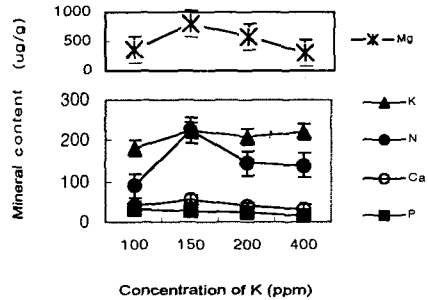


Fig. 3. Comparisons of macro-elements content in petiole sap as affected by K concentration in nutrient solution.

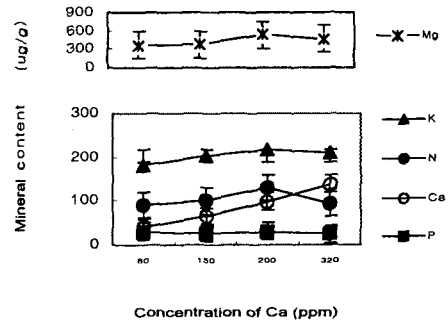


Fig. 4. Comparisons of macro-elements content in petiole sap as affected by Ca concentration in nutrient solution.

K의 첨가에 따른 엽병내 N, P, K, Ca 및 Mg의 흡수 농도를 보면 K의 농도를 150ppm으로 증가시킬 경우 수박 묘의 엽병내 N, K 및 Mg의 함량이 증가하였지만 P 및 Ca의 함량은 차이를 보이지 않았다. 그러나 200ppm

이상으로 증가시킬 경우 N과 Mg의 감소가 나타났는데 이는 칼리의 과잉으로 인한 길항작용으로 생각되며, 특히 어린 묘에 고농도의 K 처리는 엽면적, 지상부 생체중 및 건물중 등 유묘의 성장감소로 연결되었다(Fig. 3). Ca의 첨가에 따른 엽면적 N, P, K, Ca 및 Mg의 흡수 농도를 보면 배양액내 Ca의 농도를 증가시킬수록 엽면적 K와 Ca의 농도가 증가하는 반면 P의 경우 거의 변화가 없었으며, 200ppm 이상의 농도에서 N의 흡수량이 감소하는 경향이였다. Mg의 경우는 150ppm까지는 함량의 변화가 없었지만 200ppm 이상의 처리구에서 급격한 함량증가를 나타내었다(Fig. 4).

N의 경우 처리량을 증가시킴에 따라 지상부의 생체중 및 건물중의 증가로 연결되었지만 과도한 영양생장을 초래할 수 있다고 생각되며 체내 Ca 함량의 변화는 관찰되지 않았다. 배양액내 K 농도를 150ppm 이상으로 높이면 N, P, K, Ca 및 Mg의 체내 흡수량은 감소하는 경향이였다. 그러나 Ca 공급을 증가시킴에 따라 N, K, Ca 및 Mg의 체내 흡수량이 증가하였다. 따라서 수박의 묘생산에 있어서나 정식후 관리에 있어서 Ca의 공급을 기준으로 한 배양액 조성이 이루어진다면 양묘생산은 물론 고품질의 과실생산도 가능할 것으로 생각되었다. Lamb 등(1993)은 Ca 농도를 증가시킬수록 유묘 생장은 감소하지만 지상부 건물의 N농도가 상승한다고 하였는데 본 연구에서도 처리와 분석 방법은 다를지라도 유묘 생장의 감소와 엽면적 N의 증가 경향은 관찰되었지만 고농도로 처리한 경우에는 N의 흡수 농도가 오히려 감소하는 경향이였다. Chung 등(1997)은 수박묘 생산시 배양액 농도를 고농도로 한 경우 왜화증상이 나타나고 저농도로 한 경우 황화증상이 나타난다고 하였다.

따라서 본 실험 기간동안 무등산수박 묘의 생장시 급액 농도를 저농도에서 고농도로 증

가시키는 방법보다 육묘초기에는 N와 K의 농도를 저농도로 하고 Ca의 농도를 높여 관리하다가 성장단계가 진행됨에 따라 N와 K의 농도를 저농도에서 고농도로 높여 주는 양분환경을 조성해 준다면 묘의 생육 향상은 물론 경제적 손실도 줄일 수 있다고 하겠다. 성형묘 육성에 사용하는 배지는 대부분이 인공배지이고 그 양이 매우 적기 때문에 질산화성균 등의 미생물의 작용을 그다지 기대할 수 없고, 암모니아태 질소를 많이 준다는 것은 도장을 초래할 수 있으므로, 성장단계에 따른 이들 이온간의 균형적 배분과 특성이온의 가감을 통한 체내 흡수력 증대를 꾀할 필요가 있다고 사료된다. 특히 작물의 특성에 적합하면서 품질이 안정한 양질의 상토를 구하기가 어려워지고 토양에 비해 경량하고 취급이 용이한 배지의 개발이 절실히 요청되고 있는 상황에서, 과종후 육묘기의 비배관리는 시용하는 비료를 과부족없이 작물에 흡수시키는 일은 고품질·다수확의 기초가 되는 중요한 작업이라 하겠다.

이상의 결과 수박의 프러그묘 생산에 있어서 배양액의 질소, 칼리 및 칼슘의 적정농도 범위는 각각 200ppm, 150ppm 및 200ppm 정도로 생각되지만, 육묘 기간은 본 실험 기간보다 더 짧기 때문에 묘의 소질을 향상시키기 위해서는 이들 이온간의 시용 농도와 기간 및 적용시기 등에 대해서도 구체적으로 연구할 필요가 있다고 사료된다.

적 요

본 실험은 전남대학교 농과대학 연구온실에서 무등산수박의 건묘 생산에 있어 묘의 소질을 결정하는 NO_3^- , K^{++} 및 Ca^{++} 을 농도별(Total-N=94, 106, 112, 206, 406ppm; K^+ =100, 150, 200, 400ppm; Ca^{++} = 80, 150, 200, 320ppm)로 처리하여 분석한 결과 배양

액의 N 농도를 증가시킬수록 초장, 엽면적, 엽수, 지상부의 생체중 및 건물중이 증가하였다. 그러나 K 농도를 증가시켰을 경우 수박 유묘의 초장은 200ppm까지는 약간 증가하지만 200ppm 이상으로 증가시키면 엽면적, 엽수, 엽장, 생체중 및 건물중이 감소하였다. Ca 처리의 경우도 농도의 증가에 따른 엽면적과 엽생체중 및 건물중의 감소가 현저하였다. N의 농도를 206ppm으로 증가시킨 경우 무등산수박 묘의 엽병내 N, K 및 Mg의 함량은 증가하였지만 P 및 Ca의 함량은 차이를 보이지 않았다. K의 농도를 150ppm으로 증가시킨 경우 수박유묘의 엽병내 N, K 및 Mg의 함량이 증가한 반면 200ppm이상으로 증가시킨 경우에는 N와 Mg의 감소가 나타났으며 P 및 Ca의 함량은 차이를 보이지 않았다. 그러나 배양액에 Ca의 농도를 증가시킨 경우 엽병내 N, K, Ca 및 Mg의 농도가 증가하는 반면 200ppm 이상에서는 N의 감소가 관찰되었다.

인용문헌

- 김홍기, 서범석, 정순주. 1997. 바이오효소 (bio-enzyme)의 엽면시비가 오이, 고추 유묘의 생장에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 5(2) : 141-152.
- 박권우, 이정훈, 원재희, 장매희. 1993. 배양토 종류와 관수방법이 고추묘의 생육에 미치는 영향. 韓國生物生産施設環境學會誌. 2 : 110-118.
- 이상규, 김광용, 정주호, 이용범, 배종향. 1997. 窒素施肥水準이 소과종 수박의 수량 및 品質에 미치는 影響. 韓國生物生産施設環境學會誌. 6 : 97-102.
- 이상규, 신영안, 김광용, 정주호, 이용범. 1998. 대목종류가 수박의 생육, 과실품질 및 수확후 과실의 에틸렌 발생에 미치는 영향. 韓國園藝學會誌. 39 : 238-241.
- 張洪基, 鄭淳柱. 1997. 溫室멜론의 養液栽培에 있어서 營養診斷法 確立을 위한 汁液分析. 韓國生物生産施設環境學會誌. 6 : 310-316.
- 鄭淳柱, 徐範錫, 李範宣. 1992. 水耕栽培 토마토의 生長과 發育에 미치는 窒素와 칼리水準 및 相互作用에 關한 研究. 韓國生物生産施設環境學會誌. 33 : 244-251.
- 趙自容, 李範宣, 鄭淳柱. 1996. 育苗期 養液內 NaCl 處理가 噴霧耕栽培 토마토의 生長과 果實品質에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌. 37 : 28-32.
- Chung, S. J., S. G. Park, B. S. Lee and J. Y. Cho. 1997. Effects of ionic strength of nutrient solution on the growth and fruit quality of Mudeungsan watermelon grown in rockwool. Proceedings of the 7th ISHS Symposium on Vegetable Quality(1997, Seoul, Korea) : 286-287.
- Lamb, M. J., G. H. Clough and D. D. Hemphill, Jr. 1993. Pretransplant watermelon nutrition with various nitrate : ammonium ratios and supplemental calcium. HortScience 28 : 101-103.
- Nukaya, A., H. G. Jang, N. Ui, K. Goto and K. Ohkawa. 1995. Changes of mineral concentrations in plant sap during the growth period of muskmelons grown in rockwool. Acta Hort. 396 : 167-172.
- 竝木隆和. 1986. 培養液組成の理論と實際. 農および園. 61 : 197-204.
- Schultheis, J. R. and R. J. Dufault. 1994. Watermelon seedling growth, fruit yield, and quality following pretransplant nutritional conditioning. HortScience 29

: 1264-1268.

13. 渡邊和彦. 1986a. 生理障害の診断法. 農山漁村文化協會. p. 189-209.
14. 渡邊和彦. 1986b. 野菜の要素欠乏と過剰症. タキイ種苗. p. 1-80.
15. 山崎晴民, 六本木和夫. 1992. 葉柄汁液中の硝酸態窒素によるトマトの營養診断. 土肥要旨集 第38集. p. 82.