

Changes of Nutrient Contents of Circulating Solution in Three Different New Hydroponics for Oriental Melons (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.)¹⁾

Jun, Ha Joon* · Ik Hwan Jo

College of Natural Resources, Daegu University, Gyongsan 712-714, Korea

Abstract

A new circulating hydroponic system was invented for oriental melons grown in the greenhouse. For developing nutrient solution management techniques, we examined the changes of nutrient contents of circulating solution in three different types of new hydroponic systems. The yield and fruit quality of oriental melons in hydroponics were better than those in soil culture. The substrate culture was appropriate for hydroponics of oriental melons, and NFT was turned to be the opposite due to the physiological disorder during hot seasons. Yamazaki's melon solution with EC 2.0 dS·m⁻¹ was the most appropriate for oriental melons. The new circulating hydroponic system seemed to be appropriate for oriental melons because of the stable EC, pH and the macro- and micro-element contents. NO₃-N, Ca and Mg contents in the circulating solution kept a good balance in all types of hydroponics. However, P content, compared to other types, decreased by the degree of 1 me·L⁻¹ in perlite medium. K content showed irregular status in perlite but showed the stable status in cocopeat. Generally, microelements, except Mo, showed stable absorption in the substrate culture. However, in NFT, most of the elements showed irregular absorption except B and Mn. Microelement absorption, especially Cu, Zn and Mo, decreased during hot seasons.

Key words: circulating system, cocopeat, NFT, nutrient solution, perlite

*Corresponding author

¹⁾This research was funded by the SGRP/PTDP(Problem-Oriented Technology Development Project for Agriculture and Forestry)in 1998.

서 언

참외는 주요 과채류의 하나로 그 재배면적이 매년 증가하고 있으며, 특히 시설재배참외의 면적증가는 뚜렷하다. 그런데, 참외 시설재배에서는 불합리한 시비와 연작에 의해서 염류집적과 각종 토양병해로 인한 피해가 증가하고 있는데, 그 중에서도 뿌리혹선충의 피해가 심각한 실정이다. 그리고 최근의 시설참외 농가는 대부분 장기재배를 하는데, 장마기에는 침수에 의해 뿌리가 약화되어 장마가 끝나면 급속하게 시들어 버리는 피해가 심각하여 이에 대한 대책도 필요하다. 그래서 참외를 수경재배하면 염류집적과 토양병해 등의 연작장해를 회피할 수 있고 장마기의 침수도 피할 수 있으므로 장기적으로 안정적인 생산이 가능할 것이다. 그러나 멜론의 수경재배에 대한 연구는 보고되어 있으나

(Nukaya와 Jang, 2000; Jun 등, 1999) 참외의 수경재배는 아직까지 실현된 바가 없으므로, 참외에 적절한 수경재배시스템을 개발하여 안정적인 생산기술을 확립하는 것이 필요하다.

과채류의 수경재배방식에는 여러 가지가 있으나 고행배지방식이 가장 많이 이용되고 있다. 그런데, 대부분의 고행배지재배는 비순환식이기 때문에(RDA, 1999) 배양액에 의한 토양 및 지하수 오염이 염려되지만, 순환식의 경우에는 배양액의 조정이나 재처리 기술이 필요하여(Smith, 1987) 재배농가에서는 기피하고 있는 실정이다. 그러나 계속적인 수경재배면적의 확장을 고려한다면 비료와 물을 효율적으로 이용하고(Sonneveld, 1993) 배양액에 의한 환경오염을 없애기 위해서 순환식 수경재배방식을 도입하여야 한다. 순환식 수경재배에서는 재배방식에 따라서 작물의 비료흡

수특성을 정확하게 파악하여 배양액관리기술을 확립하여야만 한다.

본 실험에서는 시설재배 참외를 위한 새로운 방식의 순환식 수경재배시스템을 고안하여 참외 수경재배의 가능성을 검정하고, 순환식 수경재배 시의 배양액 관리기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 세 가지 수경재배방식에서 순환배양액의 무기이온 함량의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

참외 품종 ‘금싸라기 은천’을 1999년 12월 28일에 시판의 육묘용 상토를 충진한 50구 트레이에 파종하고, 대목용 호박 ‘칠성 신토좌’를 2000년 1월 4일에 파종하였다. 1월 18일에 참외와 호박을 호접하여 직경 12 cm의 비닐 포트에 이식하여 육묘하였다. 2월 3일에 접수의 주지를 4마디 남기고 적심하였고, 2월 23일에 자만이 3~4개 정도 발생하였을 때, 길이 30 m, 폭 6 m의 대구대학교 부속농장의 실험용 플라스틱하우스에 처리구별로 주간거리 25 cm 간격으로 정식하였다.

수경재배 시스템은 유량계에 의해 원수와 A, B 원액을 혼합하여 표준 배양액을 만들고, 각 처리별 재배 라인별로 소형의 공급탱크를 부착하여 배양액을 공급

하도록 하였는데 이때, 입력탱크와 플로팅 밸브를 사용하여 배양액 공급탱크에는 상시적으로 표준배양액이 공급되도록 하였다(Fig. 1). 배양액의 EC와 pH의 조절 장치는 사용하지 않았다.

수경재배는 NFT방식, 펄라이트 및 코코피트 고품배지방식으로 처리구 당 20주씩 난괴법 3반복으로 하였으며, 재배방식과 생육시기에 따라 급액량과 급액횟수를 각각 달리하여 배양액을 공급하였다. 3월부터 9월까지의 실험기간 중, 펄라이트배지에서는 일일 주당 1.6 l~3.2 l를 12회에서 16회로, 코코피트배지에서는 1.46 l~3.0 l를 11회에서 15회로 나누어 급액하였다. 그리고 NFT에서는 24시간 타이머로 30분~60분 급액 후 15분 정지, 그리고 7월부터 9월까지는 24시간 연속으로 급액하였다. 고품배지방식은 스티로폼 성형베드에 배지를 충진하여 비닐 멀칭한 토양 위에 설치하였다. 배양액 조성은 아마자키 처방 펄론 배양액을 EC 2.0 dS·m⁻¹로 하여 순환식으로 공급하였다.

각 처리별로 생육시기에 따라 수확을 하여 과중, 과장, 과경, 과육두께 그리고 가용성 고형물 함량을 조사하였으며, 처리별로 착과수, 주당 수확량, 평균과중, 수량을 조사하였다. 과실의 가용성 고형물 함량은 전자식 굴절 당도계(Digital. Refractometer PR-101, Atago, Japan)를 사용하여 태좌부와 과육을 10 g씩 채취하여

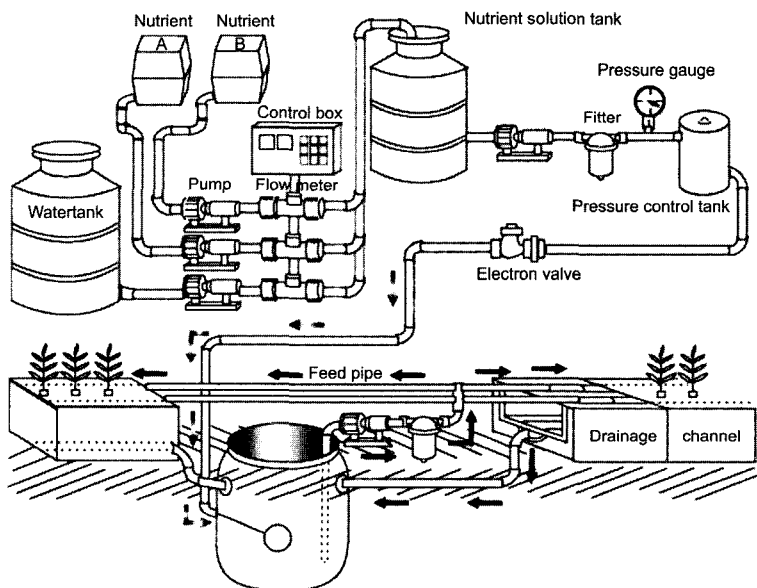


Fig. 1. Schematic diagram of hydroponic system used for oriental melons.

Table 1. Effect of hydroponic types on yield and fruit quality by growth stages of oriental melons.

Growth stage (G)	Hydroponic type (H)	Mean							
		No. of fruit (ea/plant)	Yield (g/plant)	Fruit					
				Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Soluble solids (°Brix)	
								Placenta	Flesh
May	Perlite	5.5	1998	326.6	10.4	7.5	1.7	12.9	12.7
	Coco-peat	5.6	1927	326.0	10.1	7.3	1.7	14.0	14.0
	NFT	5.7	1924	370.9	11.2	7.6	1.8	12.2	12.2
LSD(p<0.05)		NS	NS	33.4	0.65	NS	NS	0.87	0.75
June	Perlite	7.7	2449	315.4	9.4	8.2	1.9	14.8	13.4
	Coco-peat	7.2	2355	339.4	9.3	8.4	2.0	15.4	13.7
	NFT	3.8	772	221.4	8.0	7.8	1.6	15.5	13.9
LSD(p<0.05)		1.20	217	38.0	0.35	0.53	0.09	NS	0.71
August	Perlite	6.5	2456	418.4	12.1	7.9	1.8	13.8	12.5
	Coco-peat	5.6	1872	333.0	11.6	7.6	1.6	13.4	12.5
	NFT	4.0	1330	365.6	11.4	7.8	1.6	15.0	13.3
LSD(p<0.05)		1.36	475	71.6	NS	NS	0.15	0.34	0.35
September	Perlite	6.0	1884	268.5	10.9	7.1	1.5	13.5	11.4
	Coco-peat	6.0	1921	309.5	11.6	7.3	1.5	12.9	12.3
	NFT	3.2	604	189.2	9.1	6.4	1.3	11.2	11.6
LSD(p<0.05)		0.23	134	117.8	0.71	0.78	NS	1.49	NS
Hydroponic type (H)		***	***	*	***	NS	**	NS	*
Growth stage (G)		***	***	***	***	***	***	***	***
H×G		***	***	***	***	*	**	***	**

*, **, *** Mean significant at p < 0.05, 0.01, 0.001.

착즙한 시료를 측정하여 °Brix로 표시하였고, 배양액은 매일 채취하여 EC와 pH를 측정하고 7일 주기로 배양액 순환탱크 내의 배양액의 다량원소와 미량원소의 성분함량을 측정하였다. P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo은 발광분광분석기(ICP: Varian Livity Series II, Australia)를, NO₃-N은 Reflectoquant(Merck, Germany)를 이용하였고, Cl은 Mohr법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

참외의 생육단계에 따라 세 가지 순환식 수경재배의 방식별로 과실의 수량 및 품질을 조사하였는데(Table 1), NFT방식에서는 초기에는 과중이 다른 처리구 보다 크며 수량도 저하지 않았으나, 고온기에 들어서서는 생육이 급격하게 저하하여 착과수가 감소하고 과실의 생육도 불량하여 수량이 떨어졌다. 이는 근권부 환경이 외부온도에 민감하게 반응하는 NFT방식의 특성으로 고온기에 근부온도의 상승에 의한 용존산소의 부족과

뿌리량의 증가에 의한 배양액의 순환불량에 기인하는 것으로 생각되어, 고온기를 거쳐서 장기재배를 해야하는 참외의 수경재배에서는 적절하지 못한 재배방식으로 생각되었다. 그러나 고품배지방식에서는 토양재배와 비교하여 양호한 수량과 품질을 나타내어 참외수경재배의 가능성을 확인할 수 있었는데, 두 종류의 배지간에는 각각의 생육단계에서도 수량 및 과실의 품질에 있어서 유의한 차이를 보이지는 않았다.

참외용 순환식 수경재배시스템은 간편하고 저렴하게 제작할 수 있으며 무엇보다 각 재배라인별로 소형의 탱크를 설치하여 압력탱크와 플로팅 밸브로 배양액을 계속적으로 공급하고 배양액을 순환시킴으로서 배양액의 성분변화를 최소화한 것이 특징이라고 할 수 있다 (Fig. 1).

정식 후 배양액의 농도를 2.0 dS·m⁻¹로 하여 재배 종료까지 급액하였는데, 각각의 라인별 순환탱크내의 배양액의 EC와 pH의 변화(Fig. 2)는 장기간에 걸쳐 안정적인 양상을 나타내어 인위적인 배양액의 EC와

참외용 수경재배시스템에서의 순환배양액의 무기이온 함량의 변화

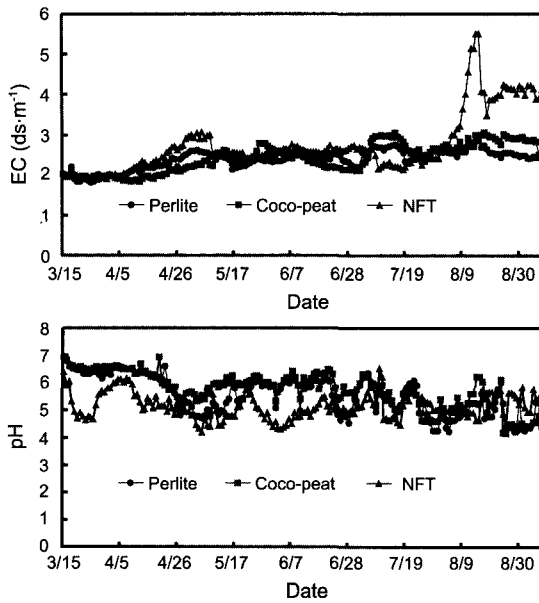


Fig. 2. Changes of EC and pH of the circulating solution in three different types of hydroponics.

pH의 조정이 필요하지 않은 것으로 확인되었다.

순환식 수경재배시스템에서 계속적으로 일정한 EC 로만 배양액을 관리하면 특정성분의 함량이 저하하거나 높아져서 배양액의 조성변화가 발생할 수가 있으나 (Van Os, 1994) 본 실험에서는 다량원소(Fig. 3) 및 미량원소(Fig. 4)의 함량이 계속적으로 공급배양액의 함량에 가깝게 유지되었으며, 참외의 수량과 품질도 양호하여(Table 1) 새로운 방식의 배양액 급여방법이 적절한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 아마자키 조성 멜론배양액이 참외에도 사용가능하며 참외의 적정배양액 농도는 $2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 인 것을 알 수 있었다. 배양액의 EC는 작물이나 배지의 종류에 따라서 적정농도가 달라지는 것을 볼 수 있는데, Choi 등(2001)은 암면과 코코피트배지를 이용한 파프리카의 순환식 수경재배에서 같은 조성의 배양액에서도 배지의 종류에 따라서 적정 EC농도와 최적 수량의 농도가 다른 것을 보고하였다. 그러나, 참외를 이용한 본 실험에서는 배지의 종류에 따른 적정한 EC의 차이는 없는 것으로 나타났다. 그

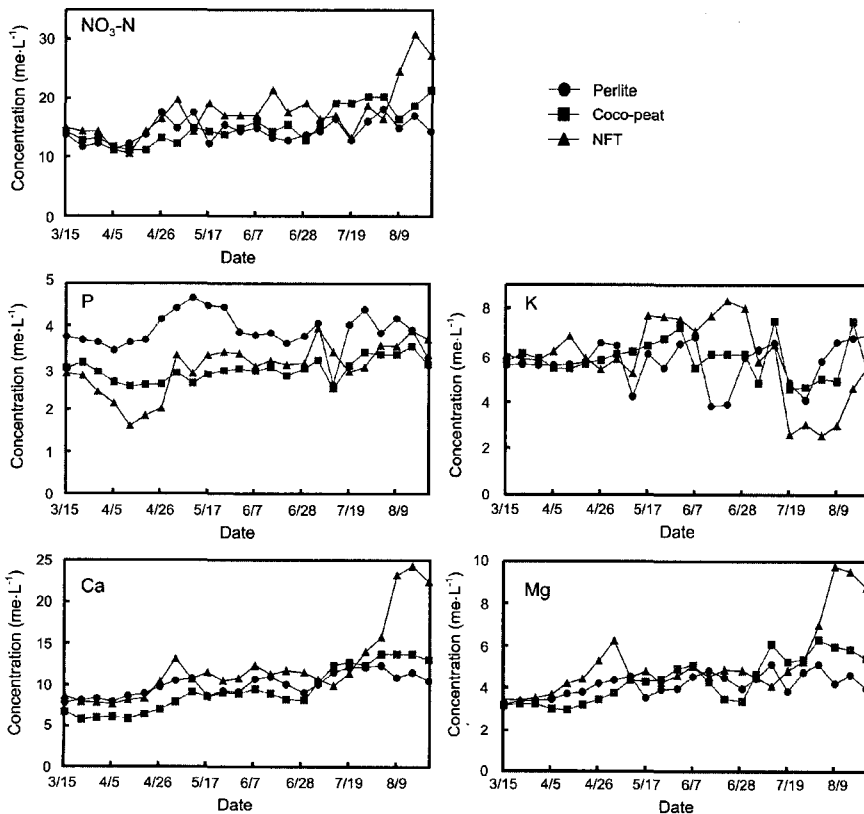


Fig. 3. Changes of macroelement concentration of the circulating solution in three different types of hydroponics.

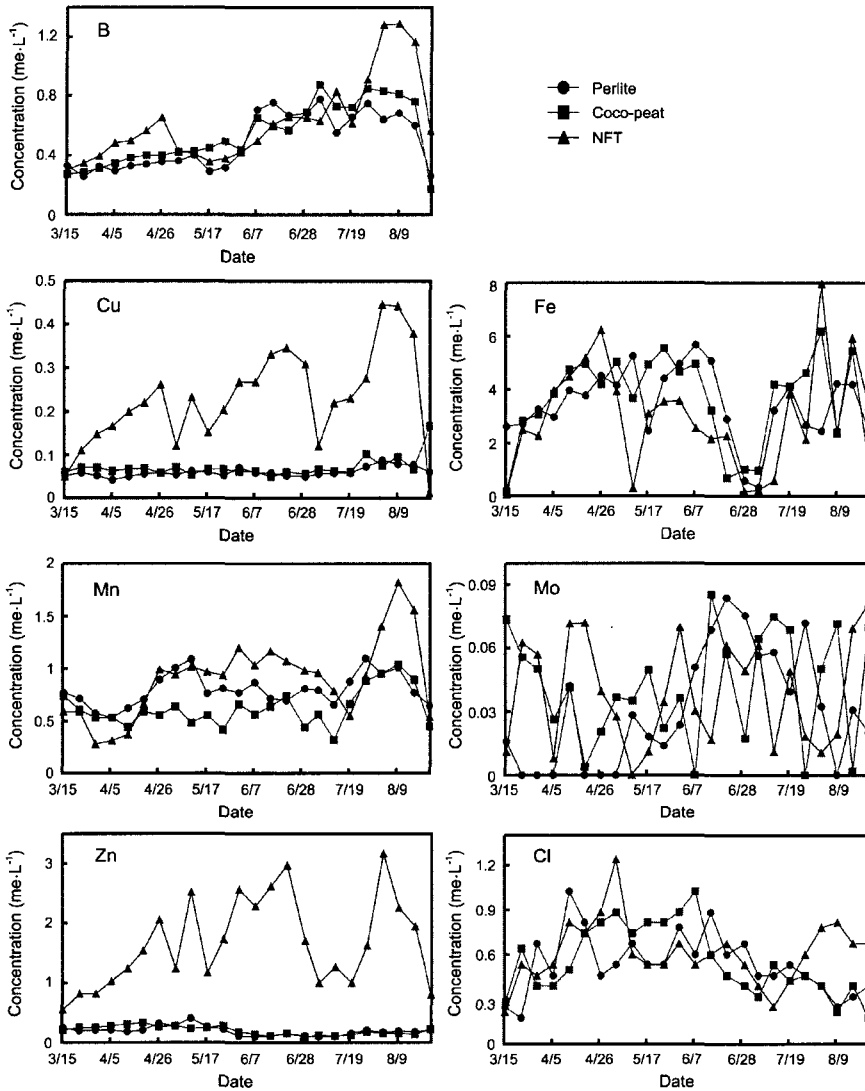


Fig. 4. Changes of microelement concentration of the circulating solution in three different types of hydroponics.

리고, 토마토의 경우에는 생육단계별로 배양액의 농도를 달리하여 관리하는 것이 일반적이나 박과채소의 경우에는 배양액의 농도를 변화시키지 않는 것이 양호한 생육과 수량을 가져올 수 있다고 하였는데 (Itagi 등, 1995), 본 실험의 결과에서도 유사한 경향을 확인할 수 있었다. 그러나, 생육후기에는 고형배지경에서 EC가 약간 상승하였는데, 이는 고온기에 수분의 흡수가 많아졌기 때문으로 생각되며, 한편, NFT에서 고온기에 급격한 EC의 상승을 나타낸 것은 고온기에 근부의 호흡부족으로 뿌리의 발육이 저하하고 양분의 흡수가 원

활하지 못했던 것이 원인이라고 생각되었다. 배양액의 pH는 생육이 진행됨에 따라 낮아지는 경향을 나타내었지만 이것은 박과 채소 특유의 양분흡수 특성을 반영하는 것으로 생각되며 전체적으로 pH의 변화가 크지 않아서 생육에 영향을 미칠 정도는 아니었다. Choi 등 (2001)은 오이의 순환식 배지경에서 pH의 변화는 배지의 종류에 따라 차이가 있어서 펄라이트에 비해 코코피트 배지에서 pH가 낮게 유지된다고 하였는데, 이는 무기배지인 펄라이트는 비교적 안정된 pH를 유지하는 반면 코코피트 배지는 CEC가 높아서 양이온 흡

수가 왕성한 생육시기에 양이온의 치환작용이 왕성해진 결과로 생각된다(Evans, 1996). pH의 변화는 작물과 배양액 조성의 차이 그리고 생육시기의 상이에 의해 달라질 수 있으나, 본 실험의 결과에서는 배지의 종류에 따른 pH의 변화는 큰 차이를 나타내지 않았으며, 일부 생육기간에 펠라이트 배지의 pH가 약간 낮아지는 양상을 나타내었다. 이상의 결과에서 참외를 위한 수경재배관리 시스템의 배양액관리시설에서 EC와 pH의 조절장치는 필요하지 않는 것으로 확인이 되었다.

각 처리구의 라인별로 부착된 탱크내의 순환배양액의 다량원소(Fig. 3)와 미량원소(Fig. 4)의 무기이온함량을 경시적으로 분석 확인함으로써 배양액 공급방식의 적합성을 검증하고자 하였다. 순환배양액내의 다량원소의 함량은, NFT방식에서는 일부시기에서 급격한 증가와 감소를 나타내었으나, 고행배지방식에서는 모든 성분에서 공급배양액의 성분함량과 같은 양이 측정되었다. 질산태질소의 함량은 두 종류의 배지 모두 계속적으로 같은 경향을 나타내다가 7월의 고온기에 코코피트 배지에서 약간 높은 값을 나타내었다. 인산은 다른 두종류의 방식에 비해 펠라이트 배지에서 약 $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 정도 높은 값을 나타내어 펠라이트 배지에서 인산의 흡수가 저하한 것을 알 수 있었다. 칼륨은 펠라이트 배지에서는 불규칙한 양상을 나타내었으나 코코피트 배지에서는 안정적인 함량변화를 나타내었다. 칼슘과 마그네슘은 모든 재배방식에서 유사한 경향으로 안정적인 함량변화를 나타내었으며 생육 후기로 갈수록 배양액내의 함량이 높아졌는데 이는 생육후기에 칼슘과 마그네슘의 흡수가 저하하는 과채류의 일반적인 양분흡수양상과 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 과채류와 같이 생육기간이 긴 채소의 경우에 순환식 수경재배를 하면 환경조건과 생육상의 변화에 따라 작물의 이온흡수의 불균형 또는 배지내의 특정이온의 집적 등으로 인하여 배양액의 성분이 변화하는 것으로 알고 있다. Choi 등(1998)은 토마토의 펠라이트 재배에서 고농도의 배양액 처리구에서 근권 내에 질소와 칼륨이 집적된다고 하였으며, Smith(1987)도 토마토의 순환식 암면재배에서 생육중기 이후에는 배양액내의 인산과 칼륨이 저하하고 칼슘과 마그네슘이 증가한다고 하였는데 본 실험의 결과에서도 유사한 경향을 보이긴 하였으나 현저한 차이는 볼 수 없었다. 또한, Morimoto와 Nishina(1992)는 토마

토에서 배양액내의 칼슘농도가 높은 수준을 보인 반면, 칼륨은 흡수가 빨라서 낮은 농도를 유지하였다고 하였으나, Adams와 Grimmett(1986)는 토마토가 충분한 칼륨을 흡수하여 식물체내의 칼륨농도가 높아지면 배양액내의 칼륨농도가 높아도 흡수를 하지 않는다고 하였다. 그러나 이러한 결과들은 작물과 배지의 종류, 배양액의 순환방식 등에 따라 달라질 것으로 생각된다. 본 실험에서 순환배양액의 EC가 계속적으로 일정하게 유지되면서(Fig. 2), 배양액의 EC에 직접적인 영향을 주는 다량원소들이 항상 일정한 함량으로 유지되었다는 것은 베드내의 식물체가 공급되는 배양액의 성분을 균형있게 일정한 농도로 흡수하고 있다는 것을 의미하는 것으로 본 실험의 배양액 조성과 공급방법이 적절하였다는 것을 알 수 있었다.

재배방식별 순환배양액 내의 미량원소의 함량변화를 Fig. 4에 나타내었다. 고행배지 방식에서는 폴리브덴을 제외한 모든 미량원소에서 대체적으로 안정된 함량의 추이를 나타내어 미량원소의 흡수가 원활하게 이루어진 것을 알 수 있었다. 그러나 NFT방식에서는 붕소와 망간은 비교적 안정된 함량변화를 나타내었으나 다른 원소들은 불규칙적인 변화를 나타내었다. 특히 고온기에 미량원소의 흡수가 저하한 것을 알 수 있었으며, 아연, 폴리브덴의 흡수가 원활하지 않았던 것을 알 수 있었다. 이는 고온기에 뿌리가 외부 온도의 영향을 직접적으로 받았기 때문으로 생각되며, 고행배지외는 다른 뿌리형태의 발달에 의한 영향도 고려할 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 참외수경재배시스템은 베드에서 흡수되는 배양액의 양만큼 각 라인의 탱크에서 같은 양의 배양액이 실시간에 공급되도록 함으로써, 베드내의 식물체가 일시적으로 양분흡수를 불균형하게 하더라도 순환배양액의 조성변화를 최소화 할 수 있는 적절한 방식인 것으로 생각되었다. 그리고 참외의 순환식 고행배지방식에서도 무기이온의 균형적인 흡수에 의하여 양호한 생육, 수량 및 품질을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 실험의 결과는 베드의 길이를 30 m로 한 실험의 결과이므로 일반 농가의 100 m 길이에서의 결과와는 다소의 차이가 발생할 수 있으므로 앞으로 실제 농가규모에서의 실험을 통한 확인이 필요할 것으로 생각되며 적절한 베드의 길이와 탱크의 크기에 대한 실험도 필요할 것으로 생각된다.

Literature cited

1. Adams, P. and M.M. Grimmett. 1986. Some responses of tomato to the concentration of potassium in recirculating nutrient solution. *Acta Hort.* 178:29-35.
2. Choi, K.Y., M.J. Kang, Y.B. Lee, S.H. Yoo, and J.H. Bae. 2001. Development of optimum nutrient solution for sweet pepper substrate culture in closed system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:513-518.
3. Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 2001. Determination of total intergrated solar radiation range for the optimal absorption by cucumber plant in different substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:5271-274.
4. Choi, K.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 1998. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate culture in closed system. *Kor. J. Bio. Fac. Env.* 7:43-54.
5. Evans, M.R., S. Konduru, and R.H. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience* 31:965-967.
6. Itagi, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1955. Practical technics for hydroponics. Noudenkyou. Tokyo.
7. Jun, H.J., D.H. Kim, J.G. Hwang, and S.J. Chung. 1999. Effects of bed shape and foliar application of fertilizers on the growth and fruit quality of hydroponically grown melon (*Cucumis melo* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:1-3.
8. Kim, H.J., J.H. Kim, Y.H. Woo, W.S. Kim, and Y.I. Nam. 2001. Nutrient and water uptake of tomato plants by growth stage in closed perlite culture. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:254-258.
9. Morimoto, T. and Nishina. 1992. Sensor for ion control-An approach to control of nutrient solution in hydroponics. *Acta Hort.* 304:301-305.
10. Nukaya A. and H.G. Jang. 2000. Effect of composition and concentration of nutrient solution on the uptake of mineral elements by muskmelon grown in rockwool in the fall. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69:653-655.
11. RDA. 1999. Statistical data of soilless culture area in Korea. RDA.
12. Smith, D.L. 1987. Rockwool in horticulture. Grower Books, London.
13. Sonneveld, C. 1993. Hydroponic growing in closed systems to safeguard the environment. Australia Hydroponic Conference-Hydroponics and the Environment. p. 21-36. Monash. Univ. Melbourne, Australia.
14. Van Os, E.A. 1994. Closed growing systems for more efficient and environmentally friendly production. *Acta Hort.* 294:49-57.

참외용 수경재배시스템에서의 순환배양액의 무기이온 함량의 변화

전하준* · 조익환

대구대학교 자연자원대학

적 요

시설재배 참외를 위한 새로운 방식의 순환식 수경재배시스템을 고안하여 참외 수경재배의 가능성을 검토하고, 순환식 수경재배 시의 배양액 관리기술을 확립하기 위하여 세 가지 수경재배방식에서 순환배양액의 무기이온 함량의 변화를 조사하였다. 참외의 수경재배에서 토양재배와 비교하여 양호한 수량과 품질을 나타내었다. 참외의 수경재배는 고행배지방식이 적합한 것으로 보였으며 NFT방식은 고온기의 장해발생으로 적합하지 않은 것으로 생각되었다. 참외의 배양액은 아마자키 조성 멜론 배양액을 EC 2.0 dS·m⁻¹로 전생육기간에 동일하게 공급하는 것이 적절한 것으로 밝혀졌다. 순환방식에서도 배양액의 EC와 pH는 비교적 안정적으로 유지되었으며 순환배양액내의 다량원소와 미량원소도 계속적으로 일정한 함량으로 유지되어 참외용 수경재배방식이 적절한 것을 확인할 수 있었다. NO₃-N, Ca, Mg은 모든 재배방식에서 비슷한 양상으로 안정적인 함량변화를 나타내었고, P은 다른 두 방식에 비해 필라이트 배지에서 약 1 me·l⁻¹ 정도 흡수가 저하하였으며, K은 필라이트 배지에서는 불규칙한 양상을 보였으나 코코피트 배지에서는 안정적인 함량변화를 나타내었다. 미량원소는 Mo을 제외하고는 고행배지 방식에서는 대체적으로 안정된 함량의 추이를 나타내어 미량원소의 흡수가 원활하게 이루어진 것을 알 수 있었다. 그러나 NFT 방식에서는 B와 Mn은 비교적 안정된 함량변화를 나타내었으나 다른 원소들은 불규칙적인 변화를 나타내었다. 특히 고온기에 미량원소의 흡수가 저하한 것을 알 수 있었으며 Cu, Zn, Mo의 흡수가 원활하지 않았다. 본 실험의 결과를 통하여 참외를 위한 새로운 순환식 고행배지방식은 참외시설재배에서의 문제점을 해결하는 적절한 방법이 될 것으로 생각되었다.

주제어 : 박막수경법, 배양액, 순환식, 코코피트 배지, 필라이트 배지