순환식 펄라이트 오이 재배의 배액내 이온 농도 변화

Ion-Concentrations of Discharged Nutrient Solution in Closed Perlite Culture for Cucumber

최영수* 유수남*
정회원 정회원
Y. S. Choi S. N. Yoo

1.서론

양액재배에 있어서 환경변화 및 작물 생육단계에 따라 양액 성분의 흡수율을 추적하여 개별 양수분의 혼합 비율과 양액과 배액의 혼입 농도를 자동 조절하는 순환식 양액관리 시스템이 이상적으로 인식되고 있다. 국내에서는 양액재배 면적이 증가하고 있음에도 불구하고 아직까지 완전한 순환식 양액재배 시스템이 사용되는 사례는 거의 없다. 일부 순환식 양액재배 장비를 갖춘 곳에서도 단지 회수된 배액에 양수분을 첨가해 일정한 농도로만 유지시키고 있는 실정이어서 양액내 특정 성분이 저하되거나 높아져서 심한 성분의 불균형을 초래하고 있다. 따라서 무기성분의 과잉축적, 영양의 불균형 등을 해소하기 위해서는 작물의 재배환경이나 생육단계에 따라 양액내 개별 부족성분의 보충과 과잉성분의 배제 등의 관리가 필요하다. 이를 위해서는 양액 배액내의 이온 농도 자동 측정 장치에 의한 순환식 양액 조제 제어가 직접적인 해결책이지만 배액 내 이온 농도 변화 모델에 의한 양액 조제 제어도 간접적 방법이 된다.

본 연구는 농가 실 재배 규모의 순환식 펄라이트 오이 재배에 있어 배액내 이온 농도를 분석하여, 순환식 자동 양액 제어 장치 개발의 기초 자료로 활용하고자 수행되었다. 분석한 이온은 다량원소인 K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NO^{3-}, SO_4^{2-} 등 이였다.

2. 재료 및 방법

가. 배액 이온 농도 측정

실제 양액 재배에 있어 생육단계, 재배 환경에 따른 양액 이온 농도의 변화(배액내 이온 농도의 변화)를 측정하기 위하여 오이를 대상으로 양액 재배를 실시하였다. 재배 실험은 전남 구례에 위치한 오이시험장의 유리온실에서 3,600주/10a의 재배 규모로 수행하였으며, 품종으로는 남부청장오이를 2002년 2월25일에 정식하여 3월27일~6월20일 까지 재배하였다. 양액은 오이전용액(10수염, 원예연구소)을 사용하였고, 베드종류는 성형스티로폼(H600×W950×L1600 cm)이었으며, 급액방법은 누적일사량제어로 실시하였다. 온실 내 온도는 최저 12℃ 이상이 유지 되도록 하였으며, 재배 환경에 따른 배액 이온 농도 분석을 위하여 일사

* 전남대학교 농업생명과학대학 생물산업공학과

량, 온도, 습도 등의 기상 자료도 측정하였다. 표 1은 사용한 오이전용액의 조성을 나타낸 것이다.

Table 1 Ion-concentrations of nutrient solution

macronutrients (me/ℓ)					micronutrients (ppm)				
N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Zn	Cu	Mo
12	2	7	5	2	3	2	0.22	0.05	0.02

배액의 채취는 일주일 간격으로 매일 낮 시간 동안 3회 실시하였으며, 위치는 배액통 그리고 배액통으로 부터 베드내 근거리와 원거리 등 모두 3곳에서 채취하였다. 또한 본 실험은 일주일 동안 2회 양액을 조제하여 공급하였으므로 1회 조제된 양액이 추가 양액 조제 없이 약 3일간 계속해서 순환되어 공급되게 된다. 이는 1회의 양액 조제에 위한 일별 이온 흡수율 변화를 분석하기 위하여 3주 간격으로 실시되었다. 따라서 3주마다 1회 양액 조제에 의한 배액 내 이온농도의 변화를 연속 3일간씩 측정하였다.

Fig. 1 Sampling of discharged nutrient solution.

Fig. 2 View of bed.

나. 배액 이온 농도 분석

오이의 양액재배 실험에서 채취한 배액의 이온농도를 실내에서 DIONEX사의 이온크로마토그래프(양이온: DX-100, 음이온: DX-120)를 이용하여 분석하였다. 이는 실제 양액재배에 있어 배액에 포함된 이온의 정확한 농도를 분석하기 위하여 실시하였으며, 분석 항목은 K. Ca, Mg, NO_3-N, NO_4-N, PO_4-P, SO_4-S, Na, Cl, pH, EC 이었다. 본 연구에서 목적으로 하는 다량원소 K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NO^3, SO_4^{2} 이외의 이온 농도도 분석한 이유는 추후 다량

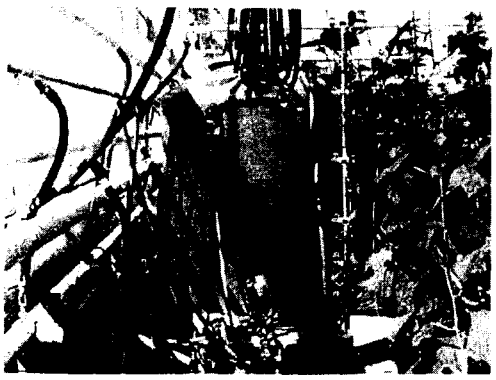


Fig. 3 View of nutrient solution tank.

Fig. 4 Overall view of greenhouse.

원소 이온 농도의 변화에 따른 미량 원소 이온 농도 변화도 분석과 아울러 pH, EC와 이온 농도 변화와의 상관관계도 분석하고자 하였기 때문이다.

시료전처리로는 시료채취 즉시 pH, EC를 먼저 측정하고 0.45㎛ pore size에 직경 25mm의 Membrane filter로 여과후 30배 희석후 양이온 및 음이온 컬럼이 장착된 이온크로마토그래프를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

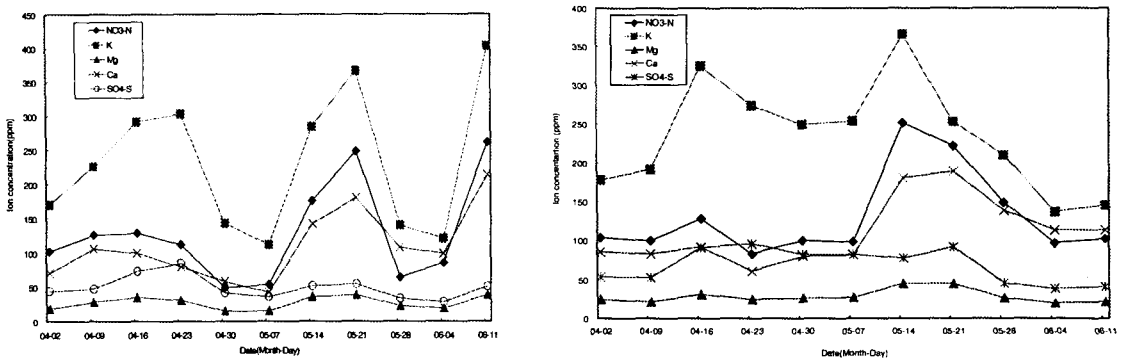
가. 주간 이온 농도의 변화

주간 간격으로 이온 농도 변화를 분석하였다. 그림 5의 (a)는 배액통에서 채취한 양액의 이온 농도이며, (b)는 베드내 양액통으로부터 원거리에 위치한 곳에서 채취한 양액의 농도이다. 매주 월요일에 양액을 조제하여 3일간 공급하고, 다시 목요일에 양액을 조제하여 공급하였으므로 일주일에 두 번 양액을 조제·공급하였다. 이들 양액 채취는 모두 양액 조제일의 다음날(화요일) 오전 10시에 이루어졌으며, 조제일 다음날에 샘플을 채취한 이유는 어느 정도 이온이 흡수된 상태의 농도를 분석하고자 했기 때문이었다.

그림에서와 같이 모든 이온이 1달을 주기로 이온 농도가 변하는 것으로 나타났으며, 전체적으로 위치 C에서의 농도가 위치 A(배액통내)의 모든 이온에 대해 농도가 다소 높게 나타났다. 초기 양액조제 시 이온의 농도는 각각 NO_3-N:33.6ppm, K:273ppm, Ca:100ppm, Mg:24.3ppm 인 것에 비교해 보면 초기 양액 내의 이온보다는 모두 높게 나타났다. 이것은 이온보다 물의 흡수 속도가 빠른 것으로 판단되며, 실제로 실시간 양액 이온 농도 제어에서는 양액내 물의 농도도 고려하여 물과 이온의 흡수율도 분석해야함을 확인할 수 있었다.

Mg 이나 SO_4-S 이온 농도의 경우는 전 재배기간 동안 농도의 변화는 거의 보이지 않았으나 K의 경우는 상대적으로 심한 농도의 변화가 관찰되었다. N나 Ca 의 경우는 전반적으로 농도가 일정하게 나타났으나 5월 14일과 5월 20일의 5월 중순경에 높게 나타났다. 이러한 현상은 작물의 생육 특성과 재배환경과 관련이 있을 것으로 보이며, 통계분석 등을 통한

보완이 필요한 것으로 판단되었다.



(a) position: tank (b) position: bed end

Fig. 5 Ion-concentrations in discharged nutrient solution.

나. 1회 양액 조제에 의한 일별 이온 농도 변화

1회 조제 양액이 순환 흡수되는 동안 양액내 이온 농도를 분석하기 위하여 3주 간격으로 조제일로 부터 3일간 채취한 배액을 분석하였다. 이는 한번 조제된 양액을 부족 성분의 첨가 없이 재 순환하여 사용했을 때 배액내 이온 농도를 분석하기 위해 실시되었다. 그림 6은 그 결과를 나타내었으며, 4월2일~4월4일 사이의 3일간 배액에서의 각 이온 농도이다. 배액 채취 부위는 배액통이었고, 채취 시간은 09~10(Time 1), 12~13(Time 2), 16~17시(Time 3) 의 하루 3회였다. 모든 이온에 있어 날이 갈수록 농도가 낮아지는 것으로 나타났으며, SO_4-S의 경우는 오히려 증가하는 현상을 보였으나 그 차이는 크지 않은 것으로 판단되었다. 또한 5월에는 4월에 비해 모든 이온에 있어 시간의 경과에 따라 농도가 감소하는 경향은 동일하였으나 그 농도는 SO_4-S와 PO_4-O를 제외하고는 2배 이상 높게 나타났다.

Adam(1994)이나 김(2001) 등은 오이를 대상으로 EC에 따른 무기이온의 흡수량에 관한 연구 결과를 보고하였는데 전체적으로 본 연구 결과와 유사하였다. NO_3-N의 흡수율은 생육 초기 이후 처리간 차이가 커졌으며, 각 수준에서 일정 수준을 유지하다가 후반기에 작은 폭으로 감소하였다. K의 흡수율은 생유 기간 동안 내내 높은 흡수율을 보였으며 모든 처리에서 6월 12일 까지 증가되다가 이후 감소되는 경향을 보였다. Ca의 흡수율도 처리간 차이가 나타났으며 생육 중기 이후에 감소되는 경향을 보였다. Mg의 흡수율은 생육 초기와 후기에서는 처리간 차이를 보이지 않았으며 생육 중기에는 처리간 흡수율의 차이를 보이지 않았으며 생육 중기에는 일정 수준으로 유지되었다. S의 흡수율은 생육기간 내내 처리간 차이가 크지 않았으며, 생육 중기 이후에는 모든 처리에서 감소하였다. 오이의 Ca와 Mg의 흡수량은 처리 간 차이가 생육 후기까지 지속되었다. 또한 N, P 및 K의 흡수량도 생육기간 동안 처리간 차이를 유지하였는데 N과 K는 생육 중기 이후 일정 수준을 유지하였다. S의 흡수량은 생육 중기 이후 모든 처리에서 급격한 감소를 보였으며 생육 후기에는 처리간에 차이가 없었다.

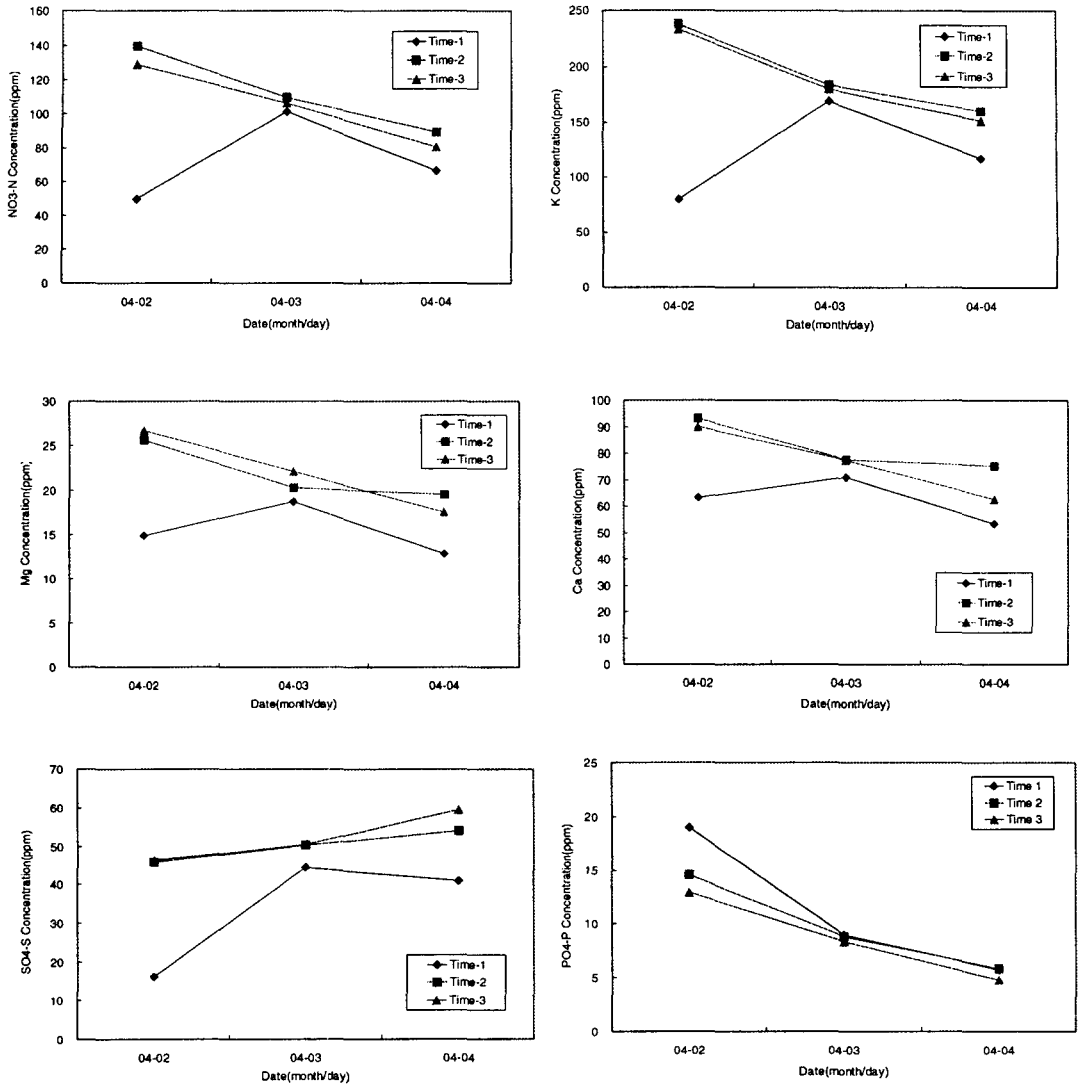


Fig. 6 Ion-concentrations according to recirculation of nutrient solution.

일반적으로 시설내 양액에 의한 오이 재배에 있어 다량 원소의 농도 변화는 표 2와 같이 알려져 있다. 본 연구에서 측정된 배액내 이온 농도는 한번 조제된 양액을 3일 동안 이온의 보충 없이 사용한 경우에도 기준이 되는 최소 농도보다는 높게 나타났다. 또한 그림 6에 나타난 바와 같이 전체적으로는 시간이 경과함에 따라 이온 농도는 감소하지만 특정 이온은 시간에 따라 오히려 증가하는 현상이 나타나기도 하였다. 이는 양액내 이온의 흡수율과 수분 흡수율의 관계가 선형적이지 않다는 것을 보여주는 현상으로, 보다 장확한 이온 농도 변화를 분석하기 위해서는 배액내 이온 농도와 더불어 물의 흡수율도 함께 분석이 필요한 것으로 판단되었다.

Table 2 Typical ranges of ion-concentrations in nutrition solution for cucumber (unit: ppm)

NO_3-N		K		Ca		Mg		SO_4-S	
min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
36	219	117	780	48	424	12	121	6	53

4. 요약 및 결론

본 연구는 3,600주/10a 규모의 순환식 펄라이트 오이 재배에 있어 배액내 이온 농도를 분석하여, 순환식 자동 양액 제어 장치 개발의 기초 자료로 활용하고자 수행되었다. 분석한 이온은 다량원소인 K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NO^{3-}, SO_4^{2-} 등을 대상으로 채취된 배액으로부터 이온크로마토그래프를 이용하여 분석되었으며, 사용된 양액은 오이전용액이었다.

주간 이온 농도의 변화와 1회 양액 조제에 의한 일별 이온 농도 변화를 분석하였으며, Mg, N, Ca 그리고 SO_4-S 이온 농도의 경우는 전 재배기간 동안 농도의 변화는 거의 보이지 않았으나 K의 경우는 상대적으로 심한 농도의 변화가 관찰되었다. 1회 양액 조제에 의한 일별 이온 농도 변화는 모든 이온에 있어 날이 갈수록 농도가 낮아지는 것으로 나타났으며, SO_4-S의 경우는 오히려 증가하는 현상을 보였으나 그 차이는 크지 않은 것으로 판단되었다. 또한 5월에는 4월에 비해 모든 이온에 있어 시간의 경과에 따라 농도가 감소하는 경향은 동일하였으나 그 농도는 SO_4-S와 PO_4-O를 제외하고는 2배 이상 높게 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김형준, 우영희, 김완순, 조삼증, 남윤일. 2001. 순환식 펄라이트재배에서 전기전도도와 양액흡수량을 이용한 오이 양분 흡수 모델링. 생물환경조절학회지. 10(3):133-140.
2. 노미영, 이용범, 김회상, 이경복, 배종향. 1997. 오이 순환식 고형배지경에 적합한 배양액 개발. 생물생산시설환경 6(1):1-14.
3. 손정익, 이동근, 김문기. 1993. 식물생산시스템의 다목적 환경 예측 모델의 개발.(기본 시스템의 구축 및 응용). 생물생산시설환경. 2(2).
4. Adams, P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Hort. 361:245-257.
5. Kim, H.J., J.H. Kim, Y.H. Woo and Y.I. Nam. 2001. Nutrient and water uptake of cucumber plant by growth stage in closed perlite culture. J. of Bio-Environment Control 10(2):125-131.