

오이 코이어 자루재배시 배액분석을 통한 생육단계별 적정 양분흡수패턴 구명

김성은^{1*} · 이재은¹ · 심상연² · 김영식^{1†}

¹상명대학교, ²경기도 농업기술원

Nutrient Absorption Pattern by Analysis of Drainage through Growth Stages in Cucumber Coir Bag Culture

Sung Eun Kim^{1*}, Jae Eun Lee¹, Sang Youn Sim², and Young Shik Kim^{1†}

¹Department of Plant and Food Sciences, Sangmyung Univ. Cheonan Campus, 31, Sangmyeongdae-gil,
Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 330-720, Korea

²GyeongGi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-300, Korea

Abstract. We analyzed drainage water from coir substrate in which cucumber plants were grown in winter and elucidated changes in pH, EC, and major nutrients according to the growth stages to recommend nutrient solution management appropriate to each growth stage. From the analysis of drainage solution the growth stages of cucumber were desirable to be divided into two, planting to fruit setting and fruit setting to harvest in case of nutrient solution management. The time required was about 3 weeks from planting to the first fruit setting and thereafter 7~10 days more until the first harvest. Approximately every 3~4 days were needed until the upper flowers bloomed. The time required from fruit setting to harvest was not different much among flowers as cucumber plants grew. From the experimental results, EC of supplied solution was recommended to maintain a little high to $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ until before fruit setting and lower a little to $2.0\text{--}2.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ after that. Of course, the amount of solution supply should be increased as plants grew. In case of each nutrients, the recommendation of concentrations of nitrogen, phosphorus and calcium were 700, 60, and $110\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ each until before fruit setting, and then 660, 50, and $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ each after fruit setting. The concentrations of potassium and magnesium are recommended to start from 400 and $80\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ until fruit setting and lower a little after that.

Additional key words : cucumber coir culture, growth stage, nutrient absorption characteristics, nutrient solution management

서 론

우리나라 오이재배 면적은 1993년에 8,744ha로 가장 많았고, 이후 점차 재배면적이 감소하고 있다. 2012년 노지오이의 주생산지는 경기, 충북, 강원으로 약 76%인 1,062ha이며, 시설오이는 충남이 22%, 경기도가 21% 등으로 3,478ha의 면적을 차지한다. 특징적인 것은 노지재배 면적이 크게 감소하는 반면 시설재배 면적은 증가세를 나타내고 있다는 것이다. 또한 오이는 시설재배로 주년 생산이 가능한 장점이 있다. 최근 3년간(2008-2011) 오이의 평균생산량은 660톤/ha이며, 이 중 노지재배 생산량은 400톤/ha, 시설재배 생산량은 760톤/ha으로 단위면

적당 생산량은 노지재배에 비해 시설재배가 약 2배에 달하는 것으로 조사되었다(RDA, 2012).

오이의 노지재배에서는 적정 양수분관리가 어려우며, 물과 양분의 손실이 커서 오이농가의 경영에도 부담을 주므로(Lee 등, 2011), 수경재배로의 전환이 요구되고 있다. 수경재배는 작물에게 제공되는 양분과 수분을 재배자의 의도에 따라 자유롭게 조절이 가능하며, 작물의 양수분 요구도에 적극적인 대응이 가능한 재배방법이다(Hutchon 등, 1991; Schnitzler 등, 2004; Sung 등, 2010). 또한 수경재배는 양수분의 이용효율이 매우 높고, 정밀한 관리가 가능한 재배법이다(Bradley와 Marulanda, 2000; Grewal 등, 2011; Parks 등, 2009; Sheikh, 2006). 특히 고형배지경은 여러 가지 수경재배법 중에서도 가장 양분 이용효율이 높은 재배법으로 알려져 있다(Valenzano 등, 2008).

*Corresponding author: youngskim77@gmail.com
Received July 22, 2014; Revised August 12, 2014;
Accepted September 11, 2014

오이는 생장속도가 빠르며, 천근성으로 불량한 환경에 민감하여 영향을 많이 받는 경향을 가졌으며, 토마토에 비해 비료요구도가 낮으며, 양분 및 수분의 흡수양상도 다른 것으로 알려져 있다(Ward, 1967). 양분에 대한 작물의 반응은 주로 양액의 EC, pH 및 양분간의 비율로 결정되는데(Steiner, 1961; De Rijck와 Schrevens, 1998), 오이의 생육단계별 양분에 대한 반응을 분석하여 양수분 흡수패턴을 구명한다면 양수분 이용효율을 높일 수 있으며, 세계적 추세인 순환식 수경재배를 구현하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다(Carmassi 등, 2005; Bar-Yosef, 2008).

따라서 본 실험은 오이 고품배지경에서 배액을 분석하여 생육단계에 따른 pH, EC 변화와 주요 영양소의 흡수 변화를 구명하고, 이를 적용하여 오이의 생육단계에 적절한 양분관리방안을 제시함으로써 순환식 수경재배에 적용할 수 있는 기초자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2013년 9월 23일부터 2014년 1월 20일까지 세론농기술실용화센터(충남 천안시 서거읍 석교리 260)의 플라스틱 온실에서 수행되었다. 공시재료로는 시중에 판매되는 ‘백봉다다기(농우바이오, 한국)’를 사용하였다. 육묘상토(튼튼이, 농우바이오)가 담긴 40공 트레이에 종자 1립씩 파종하여 주야온도 28/22°C로 관리한 경기도 농업기술원 벤로형 유리온실에서 25일간 육묘하였다. 육묘기간 중에는 1일 1회(오전 11시30분) 급액 했으며, 비료는 시비하지 않았다. 본업 1~2매 전개한 2013년 10월 17일에 재식간격 0.3m, 줄 간 간격 1.8m로 배지당 3주씩 정식하였다. 배지는 코이어 자루배지(Chip:dust=70:30, 코코믹스, 서원양행)를 이용하였으며, 배양액은 아마자키 오이배양액으로 급액하였다. 배양액의 공급은 자동공급장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였고, 급액제어는 타이머 제어법으로 1회 급액량 150mL, 11회/1일로 급액하였다. 전체 실험기간동안 시설내 온도는 주야간 18-28/12-20°C로 제어되었다.

오이의 생육단계별 양수분 흡수양상에 대한 조사 및 분석은 다음과 같다. 정식 1주일 후부터 9주 동안 매일 오전 10시-11시에 채집한 급액과 배액의 양과 pH 및 EC를 조사하였다. 그리고 매주 목요일 오전 10시-11시에 발생한 첫 배액을 채취하여 배액분석에 사용하였다. 배액채집 방법은 Warncke(1986)의 방법을 이용하였다. 분석한 원소는 NO₃-N, P, K, Ca, Mg, Fe, B 등이었다. pH 측정은 pH-meter(Toledo S20 Seven Easy pH Meter, Mettler, 미국), EC 측정은 EC-meter(HI-8733N Multi-Range Conductivity Meter, Hanna, 이탈리아)를 사

용하였고, 이온분석은 유도결합플라즈마 발광광도기(ICP-9000, Shimadzu, 일본)를 사용했다. 원수에는 Ca 14.1, K 5.02, Na 8.7, Mg 5.62mg·L⁻¹가 포함되었다.

조사된 데이터는 사분위수 범위(IQR: InterQuartile range)를 검사하여 오차범위 내의 값을 SAS 패키지를 이용하여 통계처리 하였으며, 표현은 시그마플롯 ver.10(Systat Software Inc, UK)을 이용하였다.

결과 및 고찰

저온기에 가온시설 내에서 오이를 재배한 본 실험에서는 정식 후부터 첫 번째 꽃의 개화까지는 15일, 착과되기까지는 약 3주의 시간이 소요되었고, 착과 후부터 첫 수확까지 소요일수는 약 7~10일로 조사되었다. 개화속도는 약 3~4일정도 차이였고(data not shown), 착과와 수확에 소요되는 일수는 대체로 일정했다(Table 1).

오이는 영양생장과 생식생장을 동시에 하는 작물이므로 생육과 개화, 착과 및 수확이 재배기간 중에 계속 반복되는 것을 고려하여 생육단계의 분류에 주의가 필요하다. 본 실험에서는 배액의 pH와 EC 변화양상 및 배액 분석을 통하여 오이의 생육단계는 정식 후부터 착과기, 착과 후부터 수확기로 분류하는 것이 적당한 것으로 판단하였다(Fig. 1, Fig. 2와 Table 2).

급액과 배액의 pH는 착과기까지는 0.3~0.4 정도 차이가 있다가 이후에 급액에 비해 배액의 pH가 약 1.0 이상 낮아지는 것으로 나타났다(Fig. 1). 오이 배지경에서 생육단계별 pH 관리기준을 서울시립대에서 제안하였는데, 이에 따르면 육묘기에는 5.5~6.5, 정식 후부터 수확기까지는 6.0~7.0, 수확기 이후에는 5.5~6.5로 관리하는 것이 적합하다고 하였다(Lee 등, 1996; Choi 등, 2000). 본 실험에서도 급액의 pH는 6.0-7.0 수준에서 공급하였고, 배액은 5.0-7.0 수준으로 나타나, 다른 연구자들의 결과와 유사한 양상을 나타내었다.

EC의 변화도 pH와 비슷한 시기에 나타났다(Fig. 2). 정식 후부터 착과기 사이에는 급액과 배액의 EC값이 0.1~0.3dS·m⁻¹ 정도의 차이를 보이며 급액보다 배액의 EC가 낮게 나타났으나, 첫 수확일인 11월29일 이후부터 상위 마디로 수확이 진행되는 기간 동안에는 배액의 EC가 0.3~0.5 dS·m⁻¹ 정도 높게 조사되었다. 오이는 1번 암

Table 1. Average number of days needed in flowering, fruit setting, and harvest of cucumber in the winter season.

Growth Stage	Planting	Flowering	Fruit setting	Harvest
Number of days	35	15	6~8	7~10

Each value is the mean of 36 plants.

꽃의 과실이 착과하기 전까지는 영양생장을 주로 하고, 이후에는 영양생장과 생식생장을 동시에 한다. 또한 영양생장기에는 양분 요구도가 매우 높고, 이 시기가 지나면 양분 요구도가 낮아져 배액의 EC가 증가하는 경향을 보인다고 알려져 있는데(Kim 등, 1997; Kim 등, 1997),

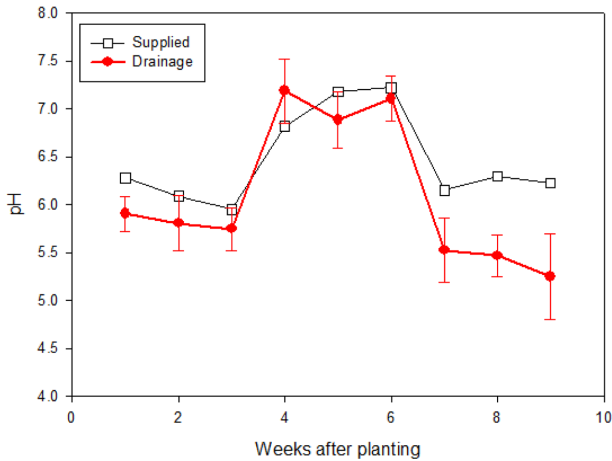


Fig. 1. pH of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

본 실험에서도 같은 경향을 보였다. 따라서 정식 후부터 1~2번 암꽃의 착과 전까지는 EC를 서서히 증가시켜 3.0dS·m⁻¹까지 높였다가, 초기수확 이후부터 서서히 감소시켜 2.0~2.5dS·m⁻¹ 정도로 관리하는 것이 양분이용효율 (FUE)을 높이는 적정 EC관리방법으로 사료된다.

작물의 양분 흡수양상은 EC의 변화와 비슷한 경향을 나타냈다(Table 2). 오이는 양분의존성이 크지 않은 작물로 분류되기는 하지만 질소는 결핍이 잘 발생하며, 칼륨과 마그네슘의 결핍도 자주 발생하는 것으로 알려져 있다. 또한 과채류 작물이므로 칼슘, 붕소, 철의 결핍현상도 종종 나타난다는 보고가 있다(Lee 등, 1996; Choi 등, 2000).

최 등(2000)은 오이의 암면재배에서 근권을 대상으로 무기이온을 조사한 결과, 영양생장기에는 질소가 30~100mg·L⁻¹ 정도 소요되고, 생식생장기 이후 수확기까지는 60~100mg·L⁻¹ 정도 소요되었다고 보고하였다. 그러나 배액을 분석하여 질소의 흡수양상을 확인한 본 실험에서는 정식 후 첫 개화까지는 배액의 질소농도가 5~50mg·L⁻¹ 정도로 낮다가, 1번 암꽃의 착과 전후로 급액에 비해 배액의 질소농도가 100mg·L⁻¹까지 높아지며 급액과 배액의 질소농도가 역전되고 그 차이도 커지는 것으로 조사되었다(Fig. 3). 이는 착과 전 영양생장기에는 질소의 필

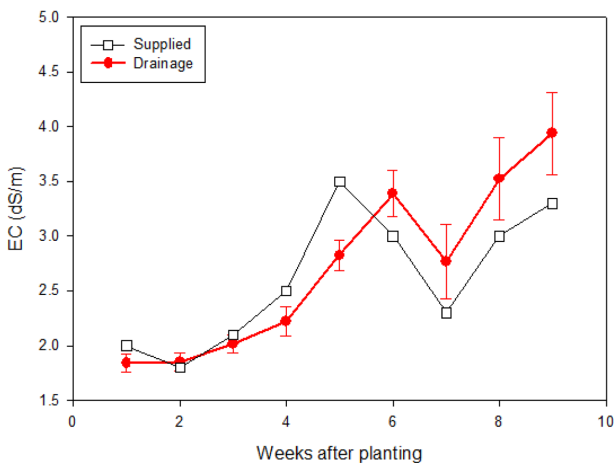


Fig. 2. EC of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

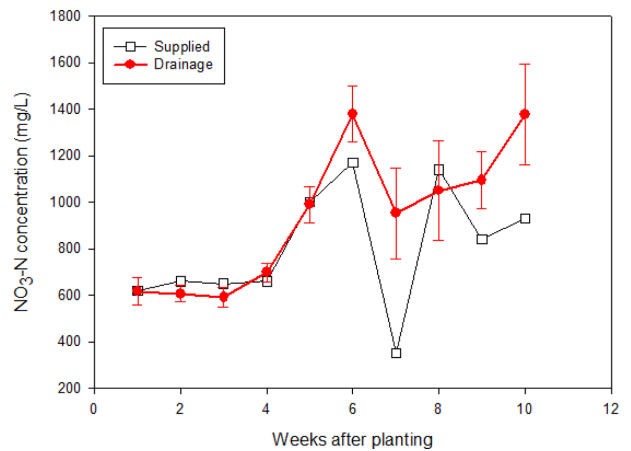


Fig. 3. The NO₃-N concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

Table 2. The nutrient concentrations contained in supplied and drained nutrient solutions in two growing stages of cucumber.

Growth stage		NO ₃ -N	P	K	(mg·L ⁻¹)			
					Ca	Mg	Fe	B
Planting ~ Fruit setting	Supplied	523-660	36.2-62.4	255-336	92.2-111	43.3-88.3	4.3-4.3	1.2-1.2
	Drained	616-698	44.0-52.9	336-367	49.8-106	49.6-76.3	3.2-3.8	1.1-1.4
Fruit setting ~ Harvest	Supplied	1000-1170	72.5-57.4	466-424	190-162	96.9-50.8	7.7-7.0	1.7-1.3
	Drained	953-1380	54.0-66.2	432-507	158-227	75.2-126	5.0-8.0	1.3-1.7

Each value is the average of 12 coir bags.

요도가 높았으나, 착과 이후 과실이 비대하는 시기에는 수분 요구도가 높아지는 것으로 판단된다. 따라서 질소 이용효율을 높이려면 착과기 전후로 급액의 질소농도를 조정하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

본 실험에서 인(P)과 칼슘(Ca)은 질소(N)와 비슷한 흡수경향으로 조사되었다(Fig. 4). 즉 착과기 전에는 공급보다 흡수가 많다가 착과 후 과실 비대기에는 역전되는 양상을 나타냈다. 인(P)과 칼슘(Ca)도 영양생장기에 필요량이 많은 것으로 판단된다. 따라서 생육단계에 따른 양액조성을 조정할 때에는 질소와 칼슘 및 인의 균형을 고려하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

칼륨(K)은 전 실험기간동안 급액보다 배액에서 같거나 높은 농도인 것으로 조사되었다(Fig. 5). 또한 다른 양분들과 같이 착과기를 전후로 흡수패턴의 변화가 구분되어진다. 착과 전에는 급액에 비해 배액의 칼륨농도가 같거나 약 20~30mg/L 정도 높았고, 착과기 이후에는 차가 급격히 커져서 100~400mg·L⁻¹까지 높게 나타났다. 따라서 칼슘과의 균형을 고려하여 칼륨농도는 조정하는 양액조성이 필요할 것으로 사료된다.

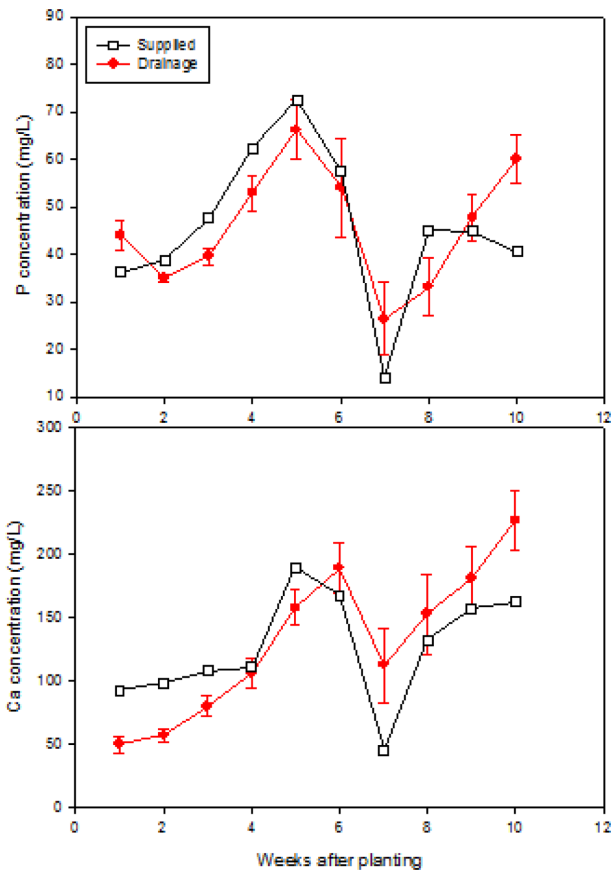


Fig. 4. The P and Ca concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

마그네슘(Mg)은 칼륨과 비슷한 경향으로 급액보다 배액의 비슷하다가 높아지며 큰 차이를 보였는데, 특이한 점은 급액과 배액의 농도차가 다른 양이온보다 1주일 빨리 나타났다(Fig. 6). 이는 배양액 속에 마그네슘보다 상대적으로 많은 질소와 칼륨 및 칼슘 등과 길항작용으로 흡수량이 저하된 것으로 판단된다.

미량원소인 철은 급액에 포함된 양이 소량이기 때문에 급액과 배액의 차이는 0.5~2mg·L⁻¹정도이며, 흡수량상은 양이온 다량원소와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 8). 오이 수경재배에서 철의 영양장해는 큰 문제가 되지 않는 것으로 알려져 있으며, 농도조성을 조절하는 것이 필요치 않을 것으로 판단된다.

붕소는 세포막을 만드는 펙틴의 구성 물질로 미량원소 중에서는 결핍증상이 뚜렷하게 나타나며, 생육에 주요한 영향을 주는 원소로 알려져 있다. 붕소는 수분과 칼슘의

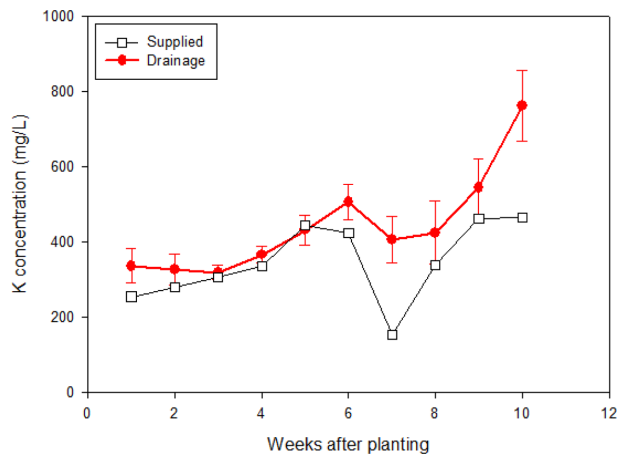


Fig. 5. The K concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

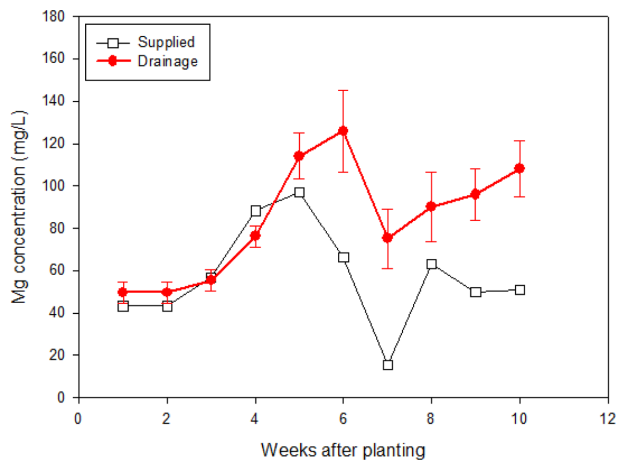


Fig. 6. The Mg concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

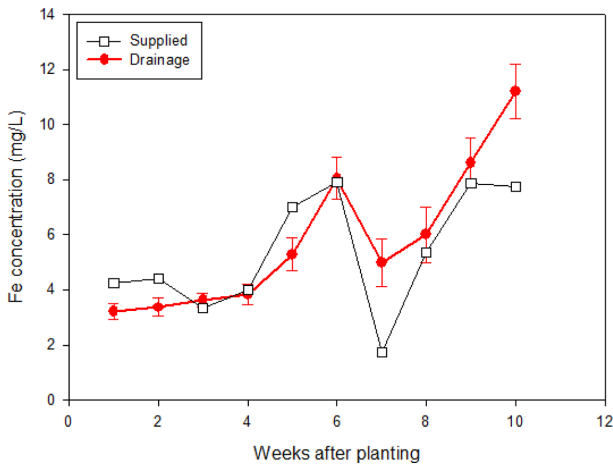


Fig. 7. The Fe concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

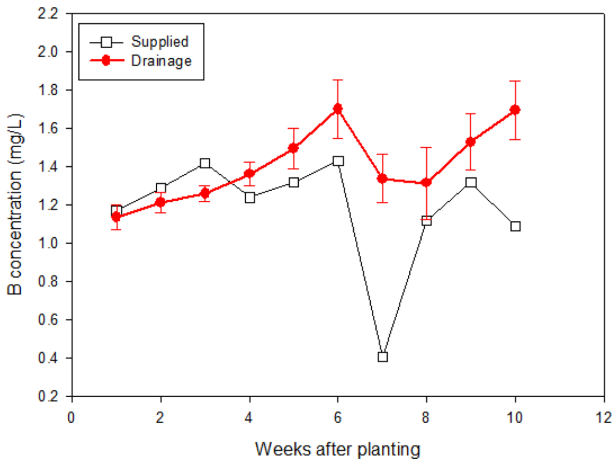


Fig. 8. The B concentration of supplied and drained nutrient solutions. Each value is the average of 12 coir bags. The vertical bars are standard deviations.

흡수와 체내이동을 돕는 기능을 하므로 작물이 어릴 때 많이 필요한 양분이다(Cho 등, 2004; Choi 등, 2000). 본 실험에서도 작물이 어린 정식 후 한 달 동안은 붕소의 흡수가 많은 것으로 분석되었다(Fig. 9). 붕소는 다량 원소 양이온과 길항작용을 하므로, 배액으로 인한 손실이 발생하더라도 충분히 공급하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

정식후 5~6주 후부터 양분의 흡수량상이 크게 변화하는 것을 확인하였다. 따라서 영양생장과 생식생장을 함께 하는 오이에서 양분의 흡수량상의 분석 결과, 착과기를 전후로 생육단계를 구분하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 오이의 코이어 자루재배 시, 전체 재배기간 중에서 착과 전에는 EC 농도를 3.0dS·m⁻¹ 정도로 높게 관리하다가 착과 후에는 2.3dS·m⁻¹ 정도로 낮추어 관리

하고, 과실이 비대하면서 수분요구도가 증가하므로 일일 급액량을 늘려주는 급액 스케줄 관리가 필요할 것으로 사료된다. 원소별로는 질소(N), 인(P), 칼슘(Ca)은 착과 전에는 공급량보다 흡수량이 많고, 후에는 공급량보다 흡수량이 적어졌으므로 착과 전에 공급 농도를 높여주는 양액농도조절이 필요할 것으로 사료된다. 칼륨(K)과 마그네슘(Mg)은 착과 전기에는 현재의 공급양이 적당하나, 후기에는 공급을 조금 줄여주는 것이 비료이용효율(FUE)을 높일 수 있는 방법이 될 것이다.

적 요

오이 고품배지경에서 배액을 분석하여 생육단계에 따른 pH, EC 변화와 주요 영양소의 흡수변화를 구명하고, 이를 적용하여 오이의 생육단계에 적절한 양분관리방안을 제시하기 위하여 본 실험을 수행하였다. 배액의 pH와 EC 변화양상 및 배액분석을 통하여 오이의 생육단계는 정식 후부터 착과기, 착과 후부터 수확기로 분류하는 것이 적당한 것으로 판단하였다. 저온기에 가온시설 내에서 오이를 재배한 본 실험에서는 정식 후 첫 화방이 착과되기까지 약 3주의 시간이 소요되었고, 착과 후부터 첫 수확까지 소요일수는 약 7~10일로 조사되었다. 상위 화방으로 생육이 진행되는 속도는 약 3~4일정도 차이였고, 착과와 수확에 소요되는 일수는 대체로 일정했다. 오이의 코이어 자루재배 시, 전체 재배기간 중에서 착과 전에는 EC 농도를 3.0dS·m⁻¹ 정도로 높게 관리하다가 착과 후에는 2.0-2.3dS·m⁻¹ 정도로 낮추어 관리하고, 과실이 비대하면서 수분요구도가 증가하므로 일일급액량을 늘려주는 급액 관리가 적절한 것으로 사료된다. 원소별로는 질소, 인, 칼슘은 착과 전에는 N 700mg·L⁻¹, P 60mg·L⁻¹, Ca 110mg·L⁻¹ 수준으로 공급하고, 착과 후에는 N 660mg·L⁻¹, P 50mg·L⁻¹, Ca 100mg·L⁻¹ 수준으로 조절이 필요할 것으로 사료된다. 칼륨과 마그네슘은 착과 전기에는 각각 400mg·L⁻¹과 80mg·L⁻¹으로 공급하고, 후기에는 공급을 조금 줄여주는 것이 비료이용효율을 높일 수 있는 방법이 될 것이다.

추가주제어 : 생육단계, 오이 코이어 자루재배, 양분흡수 특성, 양액농도조절, 비료이용효율

Literature Cited

- Bar-Yosef, B. 2008. Fertigation management and crops response to solution recycling in semi-closed greenhouses. In: Raviv, M. and H. Lieth (Eds), *Soilless Culture, Theory and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 341-424.

- Bradley, P. and C. Marulanda. 2000. Simplified hydroponics to reduce global hunger. *Acta Hort.* 554:289-295.
- Carmassi, G., L. Incrocci, R. Maggini, F. Malorgio, F. Tognoni, and A. Pardossi. 2005. Modelling salinity build-up in recirculating nutrient solution culture. *J. Plant Nutr.* 28:434-445.
- Cho, K.C., H.K. Kim, Y.T. Chun, K.S. Jung, J.H. Bang, and S.J. Chung. 2004. Effect of alginate bead with functional microorganisms strengthening plant root on the growth of hydroponically grown cucumber. *Kor. J. Hort. Sci.* 22:53-54.
- Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 2000. The control of mineral nutrients in the root zone for cucumber plants in the substrate closed system. *Kor. J. Hort. Sci.* 18:179-180.
- De Rijck, G. and E. Schrevels. 1998. Distribution of nutrients and water in rookwool slabs. *Scientia Horticulturae* 72:277-285.
- Grewal, H.S., B. Maheshwari, and S.E. Parks. 2011. Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: An Australian case study. *Agricultural Water Management* 98:841-846.
- Hitchon, G.M., R.A.K. Szmidt, and D.A. Hall. 1991. A low-technology hydroponic crop production system based on expanded perlite. *Acta Hort.* 287:431-434.
- Kim, Y.C., K.Y. Kim, T.C. Seo, J.W. Lee, K.W. Park, Y.B. Lee, and B.W. Moon. 1997. New nutrient solution for perlite medium culture of cucumber. *Kor. J. Hort. Sci.* 15:228-229.
- Kim, Y.C., K.Y. Kim, T.C. Seo, S.K. Lee, K.W. Park, Y.B. Lee, and B.W. Moon. 1997. Seasonal optimum EC of nutrient solution for perlite medium culture of cucumber. *Kor. J. Hort. Sci.* 15:226-227.
- Lee, J.Y., S.Y. Lee, H.S. Park, S.J. Jung, C.S. Lee, and S.C. Kim. 2011. Transient changes in mineral nutrients of cucumber and soil. *Kor. J. Soil Sci.* 44:215-220.
- Lee, Y.B., M.Y. Roh, H.S. Kim, K.B. Kim, and E.Y. Choi. 1996. Development of nutrient solution for cucumber substrate culture in a closed growing system. *J. Bio-Env. Con.* 5:67-70.
- Parks, S.E., R.J. Worall, C.T. Low, and J.A. Javis. 2009. Initial efforts to improve the management of substrates in greenhouse vegetable production in Australia. *Acta Hort.* 819:331-336.
- Schnitzler, W.H., A.K. Sharma, N.S. Gruda, and H.T. Heuberger. 2004. A low-tech hydroponic system for bell pepper (*Capsicum Annuum* L.) production. *Acta Hort.* 644:47-53.
- Sheikh, B.A. 2006. Hydroponics: key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. *Pak. J. Agric. Agril. Eng. Vet. Sci.* 22:53-57.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15:134-154.
- Rural Development Administration(RDA). 2012. Hydroponic culture dissemination present status 2008. Suwon, Korea(in Korean)
- Sung, J.K., S.Y. Park, S.Y. Lee, Y.J. Lee, J.Y. Lee, and B.C. Jang. 2010. *Kor. J. Soil Sci.* 43:83-89.
- Valenzano, V., A. Parente, F. Serio, and P. Santamaria. 2008. Effect of growing system and cultivar on yield and water-use efficiency of greenhouse grown tomato. *J. Hort. Sci. Biotech.* 83:71-75.
- Ward, G.M. 1967. Greenhouse cucumber nutrition: A growth analysis study. *Plant and Soil* 26:324-332.