

Nutrient and Water Uptake of Cucumber Plant by Growth Stage in Closed Perlite Culture

Hyung Jun Kim^{1*} · Jin Han Kim² · Young Hoi Woo¹ · Youn Il Nam¹

¹Protected Cultivation Div., National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

²Dept. of Horticulture, Chungbuk National University, Cheongju 360-240, Korea

Abstract

The objective of this study was to estimate the amount of nutrient and water taken up at different growth stages by cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Eunsung Backdadagi) grown in a closed substrate culture system. The amount of nutrient solution absorbed increased in proportion to days from planting at the first stage of growth and depended on the level of radiation after the mid stage of growth. After the mid growth stage, the amount of nutrient solution absorption was maintained at 80-100 mg · MJ⁻¹. Total amount of absorbed inorganic ions except S increased since the nutrient solution absorption increased with the level of radiation, although the absorption rate of each inorganic ion declined. A highly significant correlation ($R^2 > 0.9$) was found between amount of inorganic ion absorbed and days after planting, LAI, total dry weight and leaf dry weight, but not with CGR. Correlation coefficient between days after planting and the amount of nutrient solution absorbed per unit radiation level was 0.92. Correlation coefficient between leaf area and the amount of nutrient solution absorbed per unit radiation level was 0.97. Regression of the amount of nutrient solution absorbed per unit radiation level and nutrient ions uptake showed a high significance ($R^2 > 0.9$).

Key words: Cucumber, hydroponics, closed culture, perlite, nutrient ion, modeling

* Corresponding author

서 언

우리나라 수경재배 면적(99, 648.4 ha)중 펄라이트와 암면 등을 이용한 고행배지 재배면적이 전체의 89%를 차지하고 있으며 대부분 비순환 방식이다(RDA, 1999). 비순환식 고행배지 재배에서 공급한 양액의 일정 비율이 배액되지 않으면 배지 내에 염류가 집적되고, 양액의 조성비가 달라지는데 이중 SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} Cl^- 등의 이온이 집적되어 작물생육을 억제시킨다(Noordwijk, 1990). 이러한 배액에는 다량의 NO_3^- 가 포함되어 있으며 이것이 토양이나 하천으로 버려지면 환경오염의 원인이 될 수도 있다(Smith, 1988; Bellert et al., 1998; Erik, 1998). 따라서 국내외적으로 수경재배는 순환식으로 전환이 불가피 할 것으로 보인다. Sonneveld(1993)는 수경재배시 비순환식에 비하여 순환식에서 물의 소비량을 64% 정도 감소시킬 수 있고, N과 K는 44%와 50%씩 각각 절감할 수 있다고 하였

다. 이와 같이 환경오염과 경제적 측면을 고려할 때 배액을 재사용해야 하지만 배액 재사용은 미생물의 오염, 양액의 재조정 및 pH의 교정 등 어려운 문제점을 가지고 있다(Vincent and Kay, 1990). 배양액의 양액 조성을 재조정하려면 배액의 이온 성분량을 파악하여야 하는데 실험실적 분석 방법은 실시간 및 실용적이지 못하여 배액내 이온성분량을 예측할 수 있는 모델을 개발하고 이를 실용화하여야 한다. Böhme(1996)도 암면과 펄라이트를 이용한 오이의 순환식 수경재배에서 순환 양액중의 SO_4^{2-} 농도가 지속적으로 증가되었으나 K^+ 농도는 일정수준으로 유지되었다고 하였으며, 순환식과 비순환식 수경재배에서 오이의 수량은 차이가 없지만 배액을 재사용할 경우 배액을 최소화하고 작물의 양분요구도에 맞도록 배액의 성분을 재조정해 주어야 한다고 하였다. 그러나 수질이 좋지 않은 원수를 사용하면서 배액량을 감소시킬 경우에 Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- 등의 무기이온이 집적되므로 배액 재사용시

이들 이온의 농도를 재조정하여 새로운 양액을 만들어 주어야 한다(Böhme, 1995).

이와 같이 오이의 이온별 흡수량은 생육단계에 따라 다르므로 배액의 이온성분도 생육단계에 따라 달라진다. 따라서 순환식 수경재배에서 양액제어 알고리즘에 사용이 가능한 오이의 이온별 흡수 모델자성을 위하여 생육단계별 양수분 흡수 특성을 구명하였다.

재료 및 방법

본 실험은 ‘은성백다다기’ 오이(*Cucumis sativus* L. cv. Eunsung Backdadagi)를 시험재료로 사용하여 수원 원예연구소 PC 온실에서 수행하였다. 2000년 3월 6일 육묘용 상토가 들어있는 50공 플러그 트레이에 파종하였다. 파종 후 15일까지는 지하수로 관수하고, 15일 이후에는 전기전도도(EC) 1.0 dS · m⁻¹의 배양액으로 공급하였다. 정식하기 전에 작물의 뿌리 활착과 배지내 수분 평형을 유지하기 위해 EC 1.5 dS · m⁻¹의 오이재배용 양액으로 배지를 포수시켰다. 파종 후 32일에 재배용기 25개의 포트에 각각 2주씩 정식하였다.

수경재배용 용기는 폭 27 cm, 길이 27 cm, 높이 20 cm의 투명 플라스틱 통을 이용하였고, 배지는 대립 펄라이트를 사용하였다. 원활한 배수를 위하여 용기바닥에 요철로 된 판을 깔았으며 모서리에 지름 1.5 cm의 구멍을 내고 고무 파이프(지름 2 cm × 길이 3 cm)를 부착하였다. 아랫 부분의 양액 저장용기는 윗 부분의 재배용기와 동일한 용기를 사용하였으며, 재배용기에는 배지내 팽윤 및 근권온도 유지를 위하여 알투미늄 접착스폰지를 부착하였다. 윗 부분의 재배용기를 고정하기 위하여 아연도금 파이프로 지주를 설치하였다. 저장용기의 양액을 재배용기로 공급시키는 펌프는 수족관에서 사용하는 소형 순환모터를 사용하였다. 양액공급량(900~1000 mL · min⁻¹)이 같도록 하기 위하여 5~7개의 구멍(지름 1 mm)을 뚫은 공급관(직경 13 mm 연질파이프)을 배지 위에 배열하여 양액을 공급하였다. 양액 저장용기의 무게를 측정하기 위해 공급관과 저장용기를 분리할 수 있는 커플링을 사용하여 착탈이 용이하도록 하였다. 양액공급의 1회 공급시간은 재배용기의 배지와 양액저장 용기내 양액이 충분히 섞이도록 10분으로 조절하였다. 배양액은 Yamazaki 오이액(N 13, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me · L⁻¹)으로 사용하였

다(Yamazaki, 1984). 양액 공급 및 소모량 측정은 일주일 단위로 수행하였다. 재배기간 중의 배양액 농도는 정식 후 35일까지는 1.6 dS · m⁻¹로 관리하였고 그 후에는 각각 1.8 dS · m⁻¹로 관리하였으며 6월 8일 이후 하엽을 2주일 단위로 제거하였으며 제거후 엽면적을 측정하여 전체 엽면적에 포함시켰다.

오이의 무기이온별(NO₃⁻, PO₄³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻) 흡수 특성을 일주일 단위로 조사하였다. 일주일 단위로 동일한 양액을 양액 저장용기에 4/5 정도 채우고 무게를 측정후 양액을 채취하였으며, 7일 후에 남아있는 양액을 포트별로 무게를 측정하고 양액을 채취하였다. 양수분 흡수율은 n/w식을 이용하여 계산하였다(Yamazaki, 1984). 생장해석을 위하여 2주 간격으로 생육조사를 위하여 오이를 제거한 후 잎, 줄기와 뿌리의 생체중과 건물중을 측정하였으며 엽면적도 측정하였다. 생장해석은 작물생장률(CGR, crop growth rate; g · m⁻² · day⁻¹)과 엽면적 지수(LAI, leaf area index; m² · m⁻²)를 구하였다.

채취한 양액은 실험실에서 51배 희석하고 희석한 액을 ionchromatography(DX500, Dionex)를 이용하여 양이온 및 음이온을 분석하였다. 이온 분석에 사용된 양이온 컬럼은 CG12A 4 mm, CS12A 4 mm이였으며 음이온 컬럼은 AG11 4 mm, AS11 4 mm이었다. 서프레시는 양이온으로는 CSRS-ULTRA 4 mm와 음이온으로는 ASRS-ULTRA 4 mm를 사용하였다. Eluent 조제시 오차를 막기 위하여 eluent 자동조제기(EG40, Dionex)를 사용하였는데 eluent 자동조제기의 양이온 cartridge는 EGC-KOH, 음이온 cartridge는 EGC-MSA를 사용하였다.

결과 및 고찰

수경재배에서 오이의 양액흡수는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 정식 후 일수 및 일사량에 따라 변화하여 전체 양액의 흡수량은 일사량의 영향을 크게 받았다. 일사량과 증산량과는 높은 상관관계가 있기 때문에 작물의 흡수량과 일사량과는 밀접한 관계가 있다(Smith, 1988). 본 실험에서도 6월 19일 이후에는 전체 양액의 흡수량이 일사량에 민감하게 반응하여 생육후기 수분 요구도에 영향을 미치는 주요 요인은 일사량임을 알 수 있었는데 이것은 작물의 엽면적이 거의 최대한

순환식 펄라이트재배에서 생육단계에 따른 오이의 양수분 흡수 특성

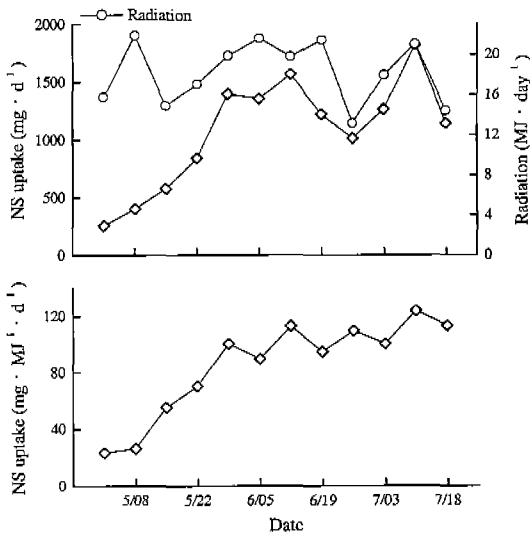


Fig. 1. Weekly change in nutrient solution uptake of cucumber plant. NS : nutrient solution

도달하여 일사량에 따른 증산량의 변화가 일정해졌기 때문이라고 생각된다. 그러나 단위일사량당 양액의 흡수량은 일사량 변화에 따라 변하지 않는 것으로 보인다. 6월 19일 이후에도 단위일사량당 흡수량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 일사량 변화에 따라 변화하지 않고 지속적으로 100~120 mg · MJ⁻¹의 흡수량을 유지하였다.

Ho and Adams(1994)는 오이의 급액량은 적산 일사량이 1 MJ · m⁻²일때 최대 150 mL로 급액해야 한다고 보고하여 배액율을 감안한다면 본 실험에서의 흡수량과 일치하는 결과를 보였으며 생육 후기에 단위일사량당 흡수량의 변화가 있었던 것은 노화된 하엽을 주기적으로 제거하여 엽면적의 변화가 있었기 때문이다. 따라서 작물의 양액 흡수지표는 전체 양액흡수량보다 단위일사량당 양액흡수량이 더 적합하다고 생각하였다.

단위일사량당 양액흡수량의 증가와 양액 내 무기이온의 흡수속도 간에는 상호 독립적인 것으로 알려져 있다(Sonneveld and Voogt, 1990; Jemaa, 1995). Fig. 2에서 보는 바와 같이 생육이 진전됨에 따라 단위일사량당 양액흡수량은 지속적으로 증가되지만 양액내 무기이온의 흡수속도는 일정하게 유지되거나 감소되는 경향을 보였다. 생육일수가 증가됨에 따라 오이에서는 생육일수 증가에 따라 NO₃⁻-N의 흡수율은 10~11 me · L⁻¹에서 일정하게 유지되었으며, K도 전 생육기간동안

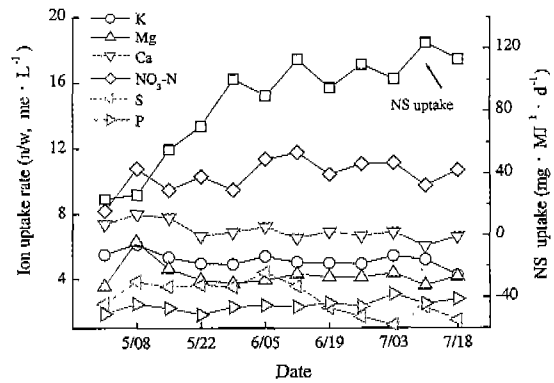


Fig. 2. Weekly changes of nutrient ion uptake rate on cucumber plant. NS: nutrient solution
n/w : The formula devised by Yamazaki (1982) to determine the amount of macronutrient and water uptake at regular intervals

n : nutrient absorption

a : Initial volume of culture solution in each container (L)

w : The amount of nutrient solution absorbed by plants (L)

y : The initial concentration of macronutrient in culture solution (me · L⁻¹)

y_i : The final concentration of macronutrient in culture solution (me · L⁻¹)

4.5~5.5 me · L⁻¹로 유지되었다. Mg의 흡수율은 생육이 진전됨에 따라 다소 증가하였으나 생육 후반기에는 3.5~4.3 me · L⁻¹로 유지되었으며 P는 초기에 1.8 me · L⁻¹에서 후기에 2.7 me · L⁻¹ 정도로 다소 증가 추세를 보였다. Ca의 흡수율은 초기에 7.9 me · L⁻¹에서 후기에 6.6 me · L⁻¹ 정도로 다소 감소되었으며 S의 흡수율은 초기에 3.8 me · L⁻¹에서 후기에 1.5 me · L⁻¹ 정도로 감소되어 가장 변화가 심하였다. Böhme(1996)도 오이의 순환식 수경재배시 S의 농도가 지속적으로 증가하였다고 하였는데 이것은 재배후기에 S의 흡수량이 감소되었기 때문으로 보였다.

작물체내로 무기이온이 흡수되는 단위 일사량당 이온 흡수량의 모델은 다음과 같이 작성하였다.

$$U_i = U_r \times U_w \times U_a \quad (1)$$

U_i : 단위일사량당 이온 흡수량 (mg · MJ⁻¹)

U_r : 이온흡수율 (me · L⁻¹)

U_w : 단위일사량당 양액흡수량 (L · MJ⁻¹)

U_a : 당량중 (mg · me⁻¹)

모델식 (1)을 이용한 이온흡수량은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 흡수속도가 감소되더라도 단위일사량당 양

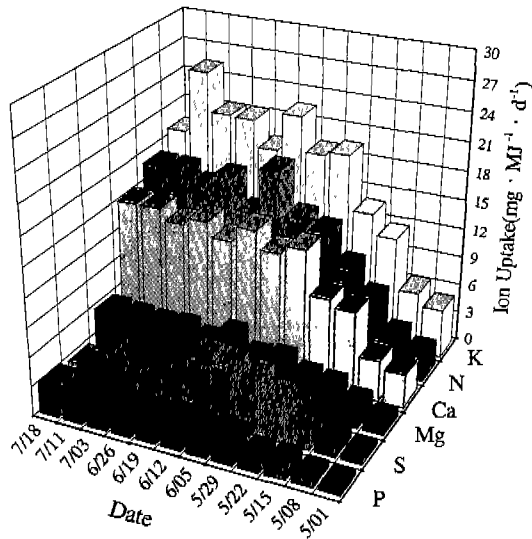


Fig. 3. Weekly change in nutrient ion uptake of cucumber plant. N : NO₃⁻-N

액흡수량이 증가되므로 전체적으로 증가되었는데, S는 흡수속도가 감소하여 이온 흡수량은 증가하지 않았다.

생육일수 증가에 따라 NO₃⁻-N의 흡수량은 초기에 3 mg · MJ⁻¹에서 후기 16 mg · MJ⁻¹로 상승하였고 Ca는 초기에 3 mg · MJ⁻¹에서 후기에 14 mg · MJ⁻¹로, Mg는 초기에 1 mg · MJ⁻¹에서 후기에 5 mg · MJ⁻¹로 증가되었으나, 6월 5일 이후의 증가세가 둔화되었다. K는 초기에 5.0 mg · MJ⁻¹에서 후기 18 mg · MJ⁻¹로 증가되었으나 지속적인 증가를 보여주지 못하였는데 이것은 오이의 하엽 제거로 인한 결과로 생각되어진다.

그러나 P는 초기에 0.5 mg · MJ⁻¹에서 후기에 3.2 mg · MJ⁻¹로 지속적으로 증가되었다. S는 초기에 0.5 mg · MJ⁻¹에서 중기에 6.5 mg · MJ⁻¹까지 증가되다가 후기에 2.7 mg · MJ⁻¹로 감소되었다. P가 지속적으로 증가된 이유는 여름철 생육기간 중 근권온도가 상승되었기 때문이라 생각된다(Adams, 1994).

오이의 무기이온 흡수량과 작물의 생육량과의 관계는 Table 1에서 보는 바와 같이 정식일수, 엽면적 지수, 총건물중 및 엽건물중 간에는 r²=0.9 이상의 고도의 정의상관이 인정되었다. Chi 등(1991)은 작물생장률과 엽중 질소 함량과는 높은 상관관계가 있다고 하였으나 본 실험에서는 작물생장률 및 일사량과 작물 생육량과는 정의 상관이 인정되지 않았다. 과채류 장기 재배에서 작물생장률과 일사량은 생육일수의 경과에 따라 지속적인 증가하지 못하고 변화하기 때문에 상관관계가 인정되지 않은 것이라고 생각된다. 또한 작물생장률과 각각의 무기이온의 흡수량과의 상관관계도 없어 작물생장률은 무기이온 흡수량 추정 변수로는 부적합한 것으로 나타났다. 따라서 Table 1에서 보는 바와 같이 모든 무기이온 흡수량과의 r² 값이 낮아 변수 선택에서 제외되었다.

그러나 상관관계가 인정된 정식일수, LAI, 총건물중 및 엽건물중과 모든 무기이온 흡수량과는 정의상관이 인정되었다. 생육일수와 NO₃⁻-N, P, K, Ca, Mg의 흡수량과는 가장 높은 상관을 보여 작물의 무기이온 흡수량을 추정하는 요소로 가능하였으나 생육일수는 계절 및 생육환경에 따라 차이가 있기 때문에 실제로

Table 1. Correlation of days after planting, growth rate and radiation on nutrient ion uptake in cucumber plant.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	K	Mg	Ca	NO ₃ -N	S	P
V1	-	0.910**	0.977**	0.956**	0.219ns	0.208ns	0.832**	0.836**	0.791**	0.840**	0.175ns	0.916**
V2	-	-	0.918**	0.916**	0.417*	-0.009ns	0.724**	0.727**	0.713**	0.752**	0.144ns	0.796**
V3	-	-	-	0.993**	0.353ns	0.089ns	0.723**	0.733**	0.678**	0.733**	0.024ns	0.830**
V4	-	-	-	-	0.400*	0.018ns	0.667**	0.681**	0.619**	0.681**	-0.037ns	0.783**
V5	-	-	-	-	-	-0.396ns	-0.055ns	-0.012ns	-0.025ns	0.023ns	-0.286ns	-0.003ns
V6	-	-	-	-	-	-	0.524**	0.500*	0.531**	0.486*	0.560**	0.482*

ns, *, ** Nonsignificant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, respectively

V1 : Days after planting (day)

V2 : LAI (leaf area index, m² · m⁻²)

V3 : Total dry weight in cucumber plant (except fruits)

V4 : Dry weight of leaves (g)

V5 : CGR (crop growth rate, g · m⁻² · day⁻¹)

V6 : Radiation (MJ · day⁻¹)

작물의 무기이온 흡수량을 추정하는 데는 안정성이 떨어지는 것으로 생각되었다.

작물의 무기이온을 측정할 수 있는 가장 적합한 요소는 직접적인 관측에 의한 실측치가 적합할 것으로 생각되었다. 또한 총 건물중 및 엽건물중과 무기이온 흡수량도 높은 정의 상관을 보였으므로 추정이 가능한 요소로 생각되었으나 실측치의 파악이 어려워 추정요소에서 배제시켰다. 일사량도 실측이 가능하고 무기이온 흡수량과 상관관계가 인정되었으나 상관계수가 다른 요소보다 낮았다. 오이의 수경재배에 있어서 무기이온 흡수량과 유의성 있게 실측치로 추정할 수 있는 가장 적합한 요인은 엽면적이었다.

그러나 엽면적에 의한 무기이온 흡수량 예측은 실용적이지 못하여 오이의 무기이온 흡수와 가장 상관성이 높았던 정식일수와 엽면적과 관계가 깊은 단위일사량당 양액흡수량을 그 추정 요소로 판단하였다. Jemaa (1995)는 온실내 물과 비료의 효과적인 사용을 위해서는 작물의 증산량과 양분소모량을 재배자가 정확히 알고 있어야 하며, 증산에 대한 여러 모델식이 있으나, 이것이 농협현장에서 사용되지 못하는 이유는 작물의 생육적 요소(엽면적 지수 등)가 쉽게 포함되지 못하기 때문이라고 하였다. 수경재배에서 작물의 흡수량을 측정하는 것은 토양재배에 비하여 쉬우나 다만 양액 자동공급 장치에 배액량을 측정할 수 있는 장치가 있어야 한다. 양액 자동공급 장치에서는 양액공급량을 설정치에 입력되어 있기 때문에 양액공급량에 배액량을 감하면 작물의 흡수량을 파악할 수 있으며 일사량은 양액 자동공급 장치에 부착되어 있으므로 일일 작물 양액 흡수량을 일일 적산일사량으로 나누어주면 단위일사량당 양액흡수량을 자동적으로 알 수 있다.

무기이온 흡수량과 가장 상관관계가 높았던 정식일수와 단위일사량당 양액흡수량과의 관계는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 상관계수가 $r^2=0.92$ 로 높게 나타나 정식일수와 양액흡수량은 상호 연관이 있었다.

생육일수가 경과할수록 지속적으로 양액의 흡수량이 증가되어 단위일사량당 양액흡수량이 정식일수를 대신하여 무기이온을 추정할 수 있는 요소라고 생각되었다. 또한 정식일수 다음으로 오이의 무기이온 흡수량과 상관성이 높은 요소인 엽면적과 단위일사량당 양액흡수량과의 상관관계를 알아보았다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 엽면적과 단위일사량당 양액흡수량과 상관역시

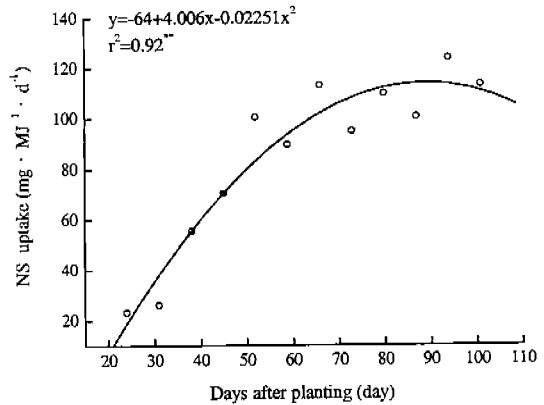


Fig. 4. Regression of nutrient solution uptake and days after planting on cucumber plant. NS : nutrient solution

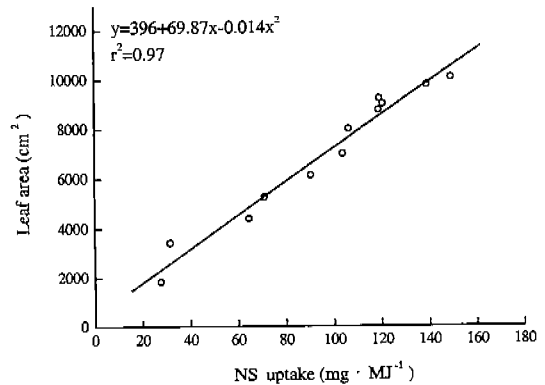


Fig. 5. Regression of leaf area and nutrient solution uptake on cucumber plant. NS : nutrient solution.

$r^2=0.97$ 로 높게 나타나 작물의 엽면적 증가는 양액흡수량의 증가를 유도한다고 생각되었다. 그러므로 작물의 무기이온 흡수량과 상호 연관이 있는 정식일수 및 엽면적과 단위일사량당 양액흡수량과는 상호 연관이 인정되므로 단위일사량당 양액흡수량으로 작물의 무기이온의 흡수량을 추정하였다.

양액흡수량과 각각의 무기이온 흡수량과의 회귀식은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 $r^2=0.9$ 이상으로 높은 상관관계를 나타내었다. 각각의 무기이온의 흡수량은 단위일사량당 양액흡수량의 증가와 함께 증가 경향을 보였으나, 양액흡수량이 $90 \text{ mg} \cdot \text{MJ}^{-1}$ 로 증가된 이후에 S의 흡수량의 증가 추세는 둔화되었는데 이것은 S의 이온흡수율이 생육 후반기에서 감소되었기 때문이다. P의 흡수량은 생육 후반기에 증가속도가 더욱 커졌다.

Table 2. Growth and yield of cucumber plants at 110 day after planting.

Plant height (cm)	Leaf area (cm ²)	No. of leaves	Fresh weight (g)			Dry weight (g)			Average fruit weight (g)	Total yield (g)	No. of total fruits
			Leaves	Root	Stem	Leaves	Root	Stem			
702.4 ± 39.6 ^z	23,177 ± 2,687	33.9 ± 3.5	1058 ± 130	27.6 ± 5.8	429.3 ± 33	100.7 ± 14.5	2.9 ± 0.65	41.1 ± 9.8	185.6 ± 15.9	3,487 ± 727	18.6 ± 2.9

^z Numbers represent mean and standard error.

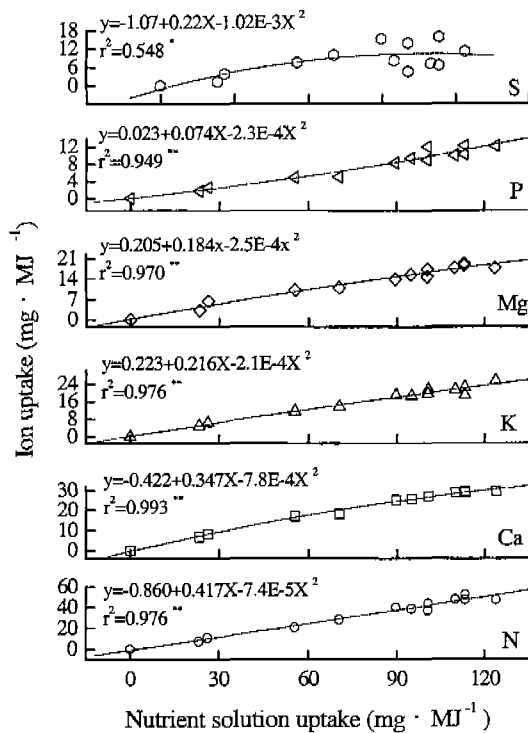


Fig. 6. Regression of nutrient solution and nutrient ion uptake on cucumber plant.

본 실험에서 재배된 오이의 최종 생육 및 수량은 Table 2와 같다. 오이의 생육 및 수량은 포트재배에 따른 근권 제한에도 불구하고 일반 베드에서 재배한 오이의 생육 및 수량과 차이가 없으므로 도출된 양액 내 무기이온 흡수율 및 흡수량에 대한 회귀식을 일반 베드 재배에서 적용하는 것이 가능하다고 생각되었다.

Literature cited

1. Bellert, C., J. Le Bot, M. Dorais, J. Lopez, and A. Gosselin. 1998. Nitrogen accumulation and growth of

fruiting tomato plants in hydroponics. *Acta Hort.* 458:293-301.

2. Böhme, M. 1995. Evaluation of organic, synthetic and mineral substrates for hydroponically grown cucumber. *Acta Hort.* 401:209-217.

3. Böhme, M. 1996. Influence of closed systems on the development of cucumber. *ISOSC Proceedings.* p. 75-87.

4. Chi, S.H., Y. Shinohara, and Y. Suzuki. 1991. Effect of concentration of nutrient solution and aeration on growth and dry matter partitioning in hydroponically grown tomato plant. *Environ. Control in Biol.* 29(1): 27-33.

5. Ho, L.C. and P. Adams. 1994. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. *Ann. Bot.* 73:539-545.

6. Jemaa R., T. Boulard, and A. Baille. 1995. Some results on water and nutrient consumption of a greenhouse tomato crop grown in rockwool. *Acta Hort.* 408:137-145.

7. Noordwijk, M. V. 1990. Synchronisation of supply and demand is necessary to increase efficiency of nutrient use in soilless horticulture. *Plant nutrition-physiology and application, Netherlands,* p. 525-531.

8. RDA. 1999. Statistical data of soilless culture area in Korea.

9. Smith D.L. 1988. *Rockwool in horticulture.* Grower Books, London. p. 25-27.

10. Sonneveld, C. 1993. Hydroponic growing in closed system to safeguard the environment. *Australia Conference hydroponics and the environment.* Monash university melbourne, Australia. p. 21-36.

11. Sonneveld, C. and W. Voogt. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. *Plant and Soil* 124:251-256.

12. Vincent, P.G. and L.E. Kay. 1990. Nonrecirculation hydroponic system suitable for uptake studies at very low nutrient concentration. *Plant Physiol.* 95:1125-1130.

13. Yamazaki, K. 1982. *Soilless culture.* Hakuyu press, Tokyo. p. 34-40.

순환식 펠라이트재배에서 생육단계에 따른 오이의 양수분 흡수 특성

김형준^{1*} · 김진한² · 우영희 · 남운일¹

¹원예연구소 시설재배과, ²충북대학교 원예학과

적 요

순환식 펠라이트 재배에서 오이의 양액흡수는 일사량 변화와 관계없이 단위일사량당 흡수량이 80~100 mg·MJ⁻¹까지 증가 후 일정하게 유지되어 양액흡수 지표는 전체 양액흡수량보다 단위일사량당 양액흡수량이 더 적합하였다. NO₃⁻-N의 흡수량은 초기에 3 mg·MJ⁻¹에서 후기 16 mg·MJ⁻¹로 상승하였고 Ca는 초기에 3 mg·MJ⁻¹에서 후기에 14 mg·MJ⁻¹로, Mg는 초기에 1 mg·MJ⁻¹에서 후기에 5 mg·MJ⁻¹로 증가되었으나, 정식 후 62일 이후의 증가세가 둔화되었다. K는 초기에 5.0 mg·MJ⁻¹에서 후기 18 mg·MJ⁻¹로 증가되었으나 지속적인 증가를 보여주지 못하였는데 이것은 오이의 하엽 제거로 인한 결과로 생각되어진다. 그러나 P는 초기에 0.5 mg·MJ⁻¹에서 후기에 3.2 mg·MJ⁻¹로 지속적으로 증가되었다. S는 초기에 0.5 mg·MJ⁻¹에서 중기에 6.5 mg·MJ⁻¹까지 증가되다가 후기에 2.7 mg·MJ⁻¹로 감소되었다. 오이의 각각의 무기이온 흡수량과 가장 상관이 높았던 요소는 정식일수와 열면적이었으며 이 두 요소와 단위일사량당 양액흡수량과는 r²=0.92, 0.97로 높은 상관을 보였다. 단위일사량당 양액흡수량을 이용한 각각의 무기이온 흡수량 회귀식은 r²=0.9 이상으로 높은 상관관계를 보여 실용적 이용이 가능할 것으로 보였다.

주제어 : 오이, 순환식 수경재배, 펠라이트, 무기이온, 모델링