

반촉성 관비재배 오이의 생육단계별 시비관리를 위한 일일시비량 및 엽병즙액의 농도 기준 설정

김기덕* · 이재욱¹ · 조일환 · 김태영 · 우영희² · 남은영 · 문보흠³
원예연구소, ¹난지농업연구소, ²한국농업전문학교, ³고양선인장시험장

Determination of Daily Amount of N and K Required in Various Growth Stages and Establishment of Diagnostic Criteria Using Petiole Sap Analysis in the Semi-Forcing Culture of Cucumber

Ki Deog Kim*, Jae Wook Lee¹, Il Hwan Cho, Tae Young Kim, Young Hoe Woo²,
Eun Young Nam, and Bo Heum Mun³

National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

¹National Institute of Subtropical Agriculture, RDA, Jeju 690-150, Korea

²Korea National Agriculture College, RDA, Suwon 445-893, Korea

³Goyang Cactus Experiment Station, GARES, Goyang 411-809, Korea

Abstract. This study was conducted to determine the daily application rate and amount of N and K with fertigation during different growth stages in semi-forcing culture of cucumber plants (*Cucumis sativus* L. cv. Eunseongbaekdadagi). The diagnostic criteria for N and K also investigated based on petiole sap analysis. The dry weight increased slowly until 30 days after transplanting. The highest dry weights were observed at 60 days after planting, then it decreased. As the plant grew, the contents of N and K in the petiole sap and fruit of cucumber decreased. The daily uptake of N and K were highly correlated with the growing days. The NO₃ concentrations in petiole sap were in the range from 3,500 to 4,500 mg · L⁻¹ in the early growth stage, but those were in the range from 2,000 to 3,000 mg · L⁻¹ after then. However, K concentration in petiole sap were in the range from 5,000 to 7,000 mg · L⁻¹. The fluctuation in petiole sap concentration of K was severe in the monthly fertigation and moderate in the daily fertigation. The fertigation by petiole sap diagnosis forced EC of soil to be low and yield to increase compared to the control.

Key words : fertilizing amount, fertigation, protected cultivation

*Corresponding author

서 언

시설토양은 강우가 차단되어 있기 때문에 염류가 집적되기 쉽다. 집적된 염류는 작물에 염류장해를 일으킬 뿐 아니라 토양의 물리적인 성질을 악화시켜 생산력을 저하시키는 등 작물생산의 불안정한 요인으로 작용하고 있다(Jung과 Yoo, 1975).

최근 시설재배에서의 시비방법은 기비를 사용하고 그 이후에는 관비방법으로 추비하고 있다. 이때 일정한 기준없이 농가마다 경험에 의존하여 관비하기 때문에 토양의 화학성은 점점 나빠지고 있는 실정이다. Park

등(1994)에 따르면, 전국 채소재배농가의 시비량은 질소가 1.5~1.8배, 인산은 1.6~4.3배, 칼리는 1.4~2.2배로 기준보다 많은 양을 사용하고 있어, 염류집적에 의한 생산성 감소는 심각한 것으로 보인다. 최근들어 시설토양의 염류를 제거하기 위해 담수하거나 흡비작물을 심어 제염하는 농가가 늘고 있다.

시설토양의 화학성을 안정적으로 유지하기 위해서는 노지작물과는 다른 수준으로 시비관리해야 하며(Park과 Hong, 2000), 토양의 양분을 실시간으로 분석하여 시비관리를 필요가 있다(Lim 등, 2001). 한번 사용된 비료가 많은 물로 제염되지 않는 작물에 의해 흡수

되지 않은 엽류는 대부분 토양에 집적될 것이므로 시비를 할 때는 작물에 따라 적정량을 시비해야 한다.

이러한 차원에서 시설토양의 엽류집적을 경감하고 작물의 생산성 및 품질 저하를 예방하기 위해서는 정밀진단을 통한 시비체계가 마련되어야 하는데, 이를 위하여 엽병증액진단이나 토양용액진단 등 진단시비에 관한 기초연구가 진행되었다(Chang, 2002).

따라서 본 연구는 반축성오이 재배시의 생육단계별 양분흡수특성을 검토하여, 관비재배시에 일일 시비기준을 설정하고, 엽병증액 영양진단 시비의 기초 자료를 얻기 위하여 수행되었다.

자료 및 방법

실험 1. 관비간격에 따른 작물생육과 엽병증액 농도 및 양분흡수량

관비간격에 따른 작물생육과 엽병증액의 농도 및 작물의 건물증가량에 따른 양분흡수량을 파악하기 위해, 관수시마다 관비하는 방법과 주간 간격으로 관비하는 방법 및 월간 간격으로 관비하는 방법 등 3개의 처리를 두고, 오이(은성백다다기)의 생육반응과 엽병증액의 질산태질소와 칼륨농도, 그리고 작물에 의한 양분흡수량을 경시적으로 조사하였다. 50공의 플러그판에서 육묘된 오이묘를 주간을 40 cm 간격으로, 두줄로 정식하였다.

관비에는 N-P-K-Ca-Mg(12-2-7-5-2 me·L⁻¹)의 조성으로 된 원예연구소의 오이전용양액을 사용하였다. 이 양액을 100배로 농축하여 제조하여 두고 관비할 때마다 동일한 물량에 희석하여 공급하였다.

양분흡수량의 분석은 정식 후 15일 간격으로 작물의 잎과 과실 등을 부위별로 채취하여 건조시킨 후 건물중을 측정하였고, 건물당 N, K 함량을 분석하여 전체 N, K 흡수량으로 환산하였다. 식물체의 T-N 및 K의 분석은 농촌진흥청의 표준분석법에 준하였다. 엽병증액의 분석(Fig. 1)은 맑은 날 오전 9시경에 채취한 오이

개화부위의 전개엽의 엽병을 이용하였다. 채취한 엽병을 착즙한 후 즙액을 기기로 측정할 수 있는 적정 범위로 희석하여 간이 무기성분 분석기(RQ flex, Merck)로 분석하였다.

실험 2. 관비재배시 엽병증액 영양진단에 의한 시비량 조절효과

실험 1의 결과로부터 도출된 일일시비량을 기초로 하여 엽병증액 영양진단에 의한 시비량 조절의 토양엽류집적 경감 및 작물생육반응을 검토하기 위하여 오이(은성백다다기)를 반축성재배하면서 관행시비방법과 엽병진단에 기초한 시비조절방법간 작물의 생육과 토양 화학성을 비교하였다. 시비관리는 Table 4를 기초로 하여 생육단계별로 엽병증액의 N, K 측정값이 설정범위 중간값을 중심으로 상하 70% 이내일 때에는 설정된 일일시비량을 관수때마다 관비하고, 그 이상일 때는 20%씩 기준량보다 감비하고, 그 이하일 때는 증비하였다. 토양수분장력계(muldaeso-tensio, ultra-tech)를 이용해서 -15 kPa의 관수개시점에 이르면 주당 500 ml의 물이 자동관수되도록 하였다.

결과 및 고찰

실험 1. 관비간격에 따른 작물생육과 엽병증액의 N, K의 농도 및 양분흡수량

관비간격에 따른 작물생육과 엽병증액의 N, K 농도 및 작물의 건물증가량에 대한 양분흡수량을 파악하기 위해 매일 관비할 때와 주간 및 월간 간격으로 관비했을 때 작물의 생육반응과 엽병증액의 질산태질소와 칼륨농도 및 작물의 양분흡수량을 경시적으로 조사한 결과는 Table 1-3 및 Fig. 2와 3과 같다.

관비간격별 생육을 보면, 정식 30일 후인 5월 16일까지는 월간관비가 빨랐으나 그 이후에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 주당 건물중의 증가도 착과기 이전까지는 월간관비에서 많았으나, 정식 30일 후인 5월 16

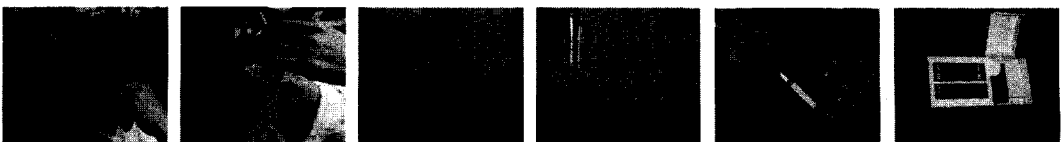


Fig. 1. Diagnostic procedures of NO₃⁻ and K concentrations in the petiole sap of cucumber plant with RQ flex.

Table 1. Changes of growth characteristics of cucumber as affected by fertigation frequency in the protected cultivation.

Date	Plant height (cm)			Number of leaves			Dry wt. (g/plant)		
	D ²	W	M	D	W	M	D	W	M
May 2	28	29	38	4.8	5.5	6.3	5.4	5.9	8.5
May 16	100	100	116	15.3	15.3	16.7	30.0	32.5	42.5
May 31	252	250	260	29.6	29.3	30.2	69.6	69.8	70.1
July 15	520	523	526	46.5	46.0	46.5	100.8	100.5	100.9
July 30	685	680	683	52.9	52.9	52.8	132.4	132.0	132.8

²Fertigation intervals : D = daily, W = weekly, M = monthly.

Table 2. Yields of cucumber as affected by fertigation frequency in the protected cultivation.

Harvest time	Fertigation interval	No. of fruits/plant	Fresh wt./ fruit (g)	Fruit wt./ plant (g)
Early	Daily	4.2	160	673
	Weekly	3.9	156	608
	Monthly	5.2	168	875
Middle	Daily	9.3	165	1,530
	Weekly	9.0	166	1,491
	Monthly	9.0	171	1,538
Final	Daily	6.6	147	969
	Weekly	6.4	144	920
	Monthly	6.4	151	971
Total	Daily	20.1	472	3,172
	Weekly	19.3	465	3,019
	Monthly	20.7	489	3,383

- Harvest time: Early = May 21 to Jun. 3; Middle = Jun. 4 to 17; Final = after Jun. 30

일부터 6월 30일까지의 수확기간 동안에는 처리간 차이를 보이지 않았다. 한편 생육진전에 따른 건물중의

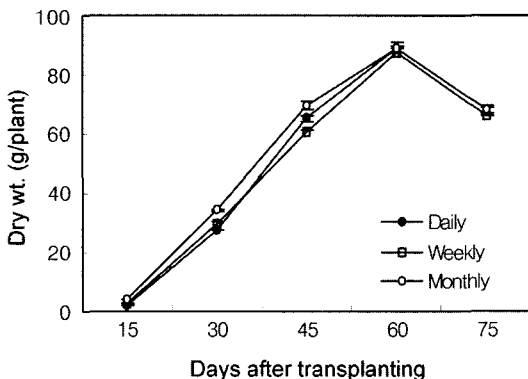


Table 3. Contents of N and K in the selected plant tissue of cucumber in various growth stages.

Days after transplanting	N (%)		K (%)	
	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit
15	4.11	-	6.12	-
30	3.94	-	5.85	-
45	3.71	3.72	5.70	4.94
60	3.63	3.54	5.25	4.71
75	3.54	3.36	4.70	4.47

증가는 정식 후 30일까지 다소 완만하였으나, 그 후 급속히 증가하여 정식 후 60일경에 peak에 달하였고, 그 후부터 점차 둔화되었다. 경엽 및 과실의 N, K 함량은 공히 생육이 진전될수록 감소하는 경향을 보였으며, 정식 후 경과일수와 N, K의 일일흡수량은 고도의 상관을 나타내었다(Fig. 2). 한편 엽병즙액의 NO₃⁻ 농도는 생육초기에는 3,500~4,500 mg·L⁻¹ 범위였으나 생육이 진전됨에 따라 다소 낮아져 처리에 따라 2,000~3,000 mg·L⁻¹ 범위를 나타내었다. 한편 K의 농도는 5,000~7,000 mg·L⁻¹의 범위였는데, 생육이 진전

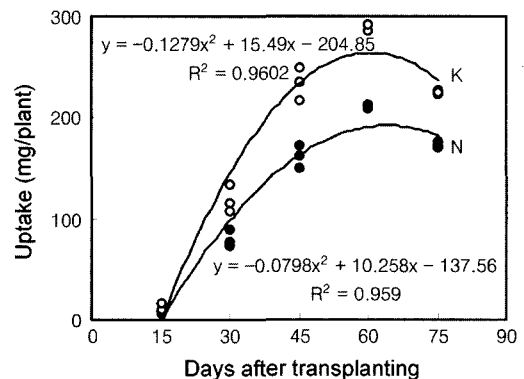


Fig. 2. Changes of dry weight (left) and amounts of N and K in various growth stages (right) of cucumber as affected by fertigation frequency.

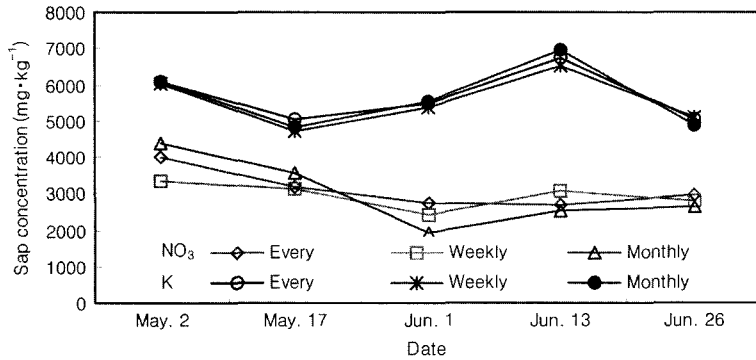


Fig. 3. Change of NO₃⁻ and K concentrations in the petiole sap of cucumber as affected by fertigation frequency.

됨에 따라 높아졌다가 수확후기에는 낮아지는 경향을 보였다. 월간관비의 경우 생육단계별 엽병즙액의 농도 차가 컸으며, 일간 관비에서는 단계별 엽병즙액의 농도 변화가 적었다. 처리별 수량은 초기에는 월간 관비구에서 다소 높았으나 중기와 후기 과실수량은 큰 차이를 보이지 않았다.

Roppongi(1989)는 오이재배시 재배초기의 엽병즙액의 질산태질소 농도를 3,500~4,500 mg·L⁻¹이고, 후기로 갈수록 낮아져 500~1,500 mg·L⁻¹이 적절한 범위라고 하였는데, 본 실험에서도 같은 경향을 나타내었다.

토양의 적정 시비량을 조절하는 방법으로 토양용액 중의 질산태질소 농도를 300 mg·L⁻¹ 수준에서 관리(Lim 등, 2001) 하더라도 1회 관비할 때 어느 정도의 비료를 사용할 것인가를 결정해야 한다. 따라서 토양에 항상 일정 양의 비료를 유지하는 조건에서 작물의 흡수로 인해 감소되는 양만큼 양분을 추가로 공급하는 방식으로 관비하는 것이 좋을 것으로 판단하여 일일 시비량을 결정하고자 하였다. 즉, 건물의 증가량과 건물중당 양분 함량을 토대로 평균 일일 흡수량을 계산하여 생육단계별 일일시비기준을 설정하였다(Table 4).

실험 2. 관비재배시 엽병즙액 영양진단에 의한 시비량 조절효과

정밀한 시비관리를 위해서는 토양중의 비료성분을 분석하여 시비하여야 한다. 최근에는 토양을 검정하여 부족한 비료성분만을 공급하기 위해 토양용액을 직접 채취하여 분석하여 확인하기도 하며(Cabrera, 1998), 한편으로는 정상적으로 생육하는 작물의 엽병즙액 농도를 분석함으로써 토양의 화학성을 간접적으로 판단하기도 한다. 엽병즙액 진단에 의한 시비량 조절효과를 검토하기 위하여 반축성 오이를 재배하면서 일반적인 시비방법과 엽병진단에 기초한 시비조절방법간 작물의 생육과 토양화학성을 조사한 결과는 Table 5와 6과 같다.

재배후의 토양화학성을 살펴보면, 일반구에 비해 엽병즙액진단에 의한 시비조절구에서 무기성분의 함량이 다소 더 낮았으며, 토양의 EC도 다소 낮아졌음을 알 수 있었다. 그러나 두처리 공히 처음보다는 토양의 EC가 다소 증가하는 경향을 보였다. Kim 등(1999)은 고추 관비재배에서 표준시비량의 75% 수준에서 생육과 수량이 양호하였다고 보고하였는데, 본 실험에서도

Table 4. Guidelines of N and K dose for the fertigation and optimum concentration of NO₃⁻ and K in the petiole sap during various growth stages of semi-forced cucumber.

Fertilizer	Days after transplanting					
		0~15	16~30	31~45	46~60	60~
Application dose ² (mg/day/plant)	N	9	87	173	227	187
	K	13	133	253	313	247
Concentration in the petiole sap (mg·kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻	3,800~4,300	3,500~4,000	3,300~3,800	3,000~3,500	2,500~2,800
	K	4,800~5,100	4,800~5,000	4,500~4,800	4,200~4,500	4,000~4,300

²The amount of fertilizers applied to one plant everyday.

Table 5. Growth and yield of cucumber plants fertigated from Mar. 16 to Jun. 28, 2002 by the simple diagnosis of the petiole sap (SDPS).

Fertigation method	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/10 leavs. ²)	Leaf area ² (cm ² /plant)	No. of fruits (/plant)	Fruit weight (g/plant)
Control	811 b ^y	7.5	85.3 b	2,550 b	17.0 b	3,091 b
SDPS	841 a	6.6	93.7 a	2,835 a	18.4 a	3,320 a

²Leaves unfolded from apex.

^yMean separation within treatment by LSD test at 5% level.

Table 6. Chemical properties of soil as affected by fertigation methods.

Fertigation method	pH	EC (d·Sm ⁻¹)	NO ₃ (mg·kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	K	Mg	Ca
					(cmol ⁺ /kg)		
Before treatment	6.16	1.26	122.8	179.5	1.13	1.63	5.24
Control	6.13	2.28	217.6	184.6	0.93	1.48	5.70
SDPS ²	6.11	2.12	188.5	181.0	1.01	1.41	5.32

²See the Table 5.

일반구보다 20% 정도 비료가 감량되어, 관비재배를 통해 관행방식보다 비료량을 절감하면서 염류집적도 경감시킬 수 있음을 보여주는 것으로 판단되었다. 한편 Jung과 Yoo(1975)의 보고처럼 시설재배토양에서 염류가 주로 연작에 의해 집적된다는 사실에 비추어 볼 때, 염류의 용탈이 이루어지지 않는 시설재배토양에서는 재배횟수가 증가할수록 염류가 더욱 집적될 우려가 있음을 보여주는 것으로, 엽병증액 진단시비는 염류집적을 최소화하면서 작물의 생산성을 유지할 수 있는 방법이라고 생각된다.

요 약

시설오이 관비재배시 토양의 염류집적 경감을 목적으로 작물의 생육단계별 일일시비량 및 엽병증액 간에 진단기준을 설정하기 위하여 수행되었다. 오이 건물의 증기는 정식 후 30일까지는 완만하나 그 후 급속히 증가하여 60일 경에 최고에 달하였고 그 후 점차 둔화되었다. 오이 경엽 및 과실의 N, K 함량은 공히 생육이 진전될수록 감소하는 경향을 보였으며, 정식 후 경과일수와 N, K의 일일흡수량 사이에 고도의 상관관계를 나타내었다. 엽병증액의 질산태질소 농도는 생육초기에는 3,500~4,500 mg·L⁻¹이었으나 생육이 진전됨에 따라 다소 낮아져 처리에 따라 2,000~3,000 mg·L⁻¹이었으며, K 이온의 농도는 5,000~7,000 mg·L⁻¹의 범위였는데, 생육이 진전됨에 따라 높아졌다가 수확후기에

떨어지는 경향을 보였다. 월간관비의 경우 생육단계별 엽병증액의 농도차가 컸으며, 일간 관비에서 단계별 엽병증액의 농도변화가 적었다. 또한 관비횟수가 적을수록 토양양분의 편차가 컸다. 그리고 관행보다 엽병증액 영양진단에 의한 시비구에서 토양의 EC가 낮았으며, 수량도 다소 증가하였다.

주제어 : 시비량, 관비, 시설재배

인 용 문 헌

- Cabrera, R.I. 1998. Monitoring chemical properties of container growing media with small soil solution samplers. *Sci. Hort.* 75:113-119.
- Chang, B.C. 2002. Diagnostics of nutrient disorder of crops. *Soil & Fert.* 9:19-39 (in Korean).
- Choi, K.H. 2000. Scientific fertigation. *Soil & Fert.* 1:27-31 (in Korean).
- Coltman, R.R. 1988. Yields of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate levels. *Hort. Science* 23(1):148-151.
- Jung, S.Y. and S.H. Yoo. 1975. Effect of watering on eluviation of soluble salt in the vinyl house soils. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 8(2):53-60 (in Korean).
- Kim, K.D., B.Y. Lee, C.K. Park, S.E. Won, and C.J. Yoo. 1999. Effects of fertigation of piggery waste water on the growth, the yield of red pepper and the chemical properties of soil under protected cultivation. *J. Org. Agr.* 7(2):115-124 (in Korean).
- Lee, S.E. and C.S. Lee. 1994. Nutrient balance and

- application efficiency of nitrogen and potassium in salt-accumulated greenhouse soil. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 27(2):78-84 (in Korean).
8. Lee, Y.H., Y.K. Shin, K.N. Hwang, and K.S. Rhee. 1993. Studies on chemical properties of soils under the plastic house cultivation of vegetables. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 26(4):236-240 (in Korean).
 9. Lim, J.H., I.B. Lee, and H.L. Kim. 2001. A criteria of nitrate concentration in soil solution and leaf petiole juice for fertigation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under greenhouse cultivation. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 34(5):316-325 (in Korean).
 10. Park, B.G., T.H. Jeon, Y.H. Kim, and Q.S. Ho. 1994. Status of farmer's application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 27(3):238-246 (in Korean).
 11. Park, H.T. and S.D. Hong. 2000. Optimum level of nitrogen fertilizer based on content of nitrate nitrogen for growing chinese cabbage in greenhouse. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 33(6):384-392 (in Korean).
 12. RDA. 1988. Handbook of soil chemical analysis.
 13. Roppongi, K. 1989. Nutrient diagnosis of nitrate content in the petiole sap of cucumber. Agr. & Hort. 64(8):60-64.