

Criteria of Nitrate Concentration in Soil Solution and Leaf Petiole Juice for Fertigation of Cucumber under Greenhouse Cultivation in Gyeonggi region

Jung-Soo Park*, Ahn-Sung Roh, Jae-Eun Jang, Chang-Sung Kang, and Hee-Dong Kim

Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong, 18388, Korea

(Received: October 8 2013, Revised: July 31 2015, Accepted: August 13 2015)

To develop a technique for efficient management of fertility for cucumber in greenhouse, a quick test method to quantify nitrate (NO_3^-) content in soil solution and leaf petiole juice using a simple instrument that are easy to use for farmers was investigated. N fertilizer (urea) was applied at 0, 50, 100 and 200% levels of the recommended application rate from 30 days after transplanting to harvest by soil fertigation treatments. Stable results were obtained from analysis of nitrate (NO_3^-) using top 10th or 11th leaf petioles collected between 10 to 11 am in the morning. Under the semiforcing culture, NO_3^- content of leaf petiole juice was highest at 60 days after transplanting (DAT) at all fertigation treatments. Appropriate NO_3^- content of leaf petiole juice was 2,418±78 ~ 2,668±118 at 45 DAT, 3,032±90 ~ 3,332±63 at 60 DAT, 2,709±50 ~ 3,158±155 at 75 DAT, 2,535±49 ~ 2,907±83 at 90 DAT, and 2,242±48 mg L⁻¹ at 105 DAT. In addition, appropriate NO_3^- content of soil solution was 167±9 ~ 212±15 at 45 DAT, 83±10 ~ 112±12 at 60 DAT, 49±3 ~ 92±6 at 75 DAT, 71±9 ~ 103±9 at 90 DAT, and 73±9 mg L⁻¹ at 105 DAT. The cucumber yield at 100% N level of fertigation was 7,770 kg 10a⁻¹ and no difference in yield was found at 200% N level of fertigation. However, there was 12% decrease in yield at 50% N fertigation and, 17% decrease at 0% N fertigation. Under retarding culture, NO_3^- concentration of leaf petiole juice was highest at 55 days after transplanting (DAT) at all fertigation treatments. Appropriate NO_3^- content of leaf petiole juice was 2,464±102 ~ 2,651±33 at 45 DAT, 3,025±71 ~ 3,314±84 at 55 DAT and 2,488±92 mg L⁻¹ at 65 DAT, respectively. Appropriate NO_3^- content of soil solution was 111±10 ~ 155±14 at 45 DAT, 93±7 ~ 147±14 at 55 DAT, 67±4 mg L⁻¹ at 65 DAT, respectively. The cucumber yield at 50% N fertigation was not different from 1,697 kg 10a⁻¹ of 100% N fertigation level and even with that of the 200% N fertigation. However, there was 21% decrease in yield at 0% N fertigation.

Key words: Cucumber, Leaf petiole juice, Soil solution, Nutrient diagnosis

NO_3^- concentration of petiole juice and soil solution by different nitrogen application rates for fertigation during the cucumber semi-forcing cultivation in greenhouse.

Survey items	Treatments	45DAT [†]	60DAT [†]	75DAT [†]	90DAT [†]	105DAT [†]
Petiole juice (NO_3^- , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	2,077±37	2,376±97	2,142±105	1,847±159	1,798±51
	Soil testing N 0.5 [‡]	2,223±50	2,609±31	2,413±46	2,136±116	2,033±66
	Soil testing N 1.0 [‡]	2,418±78	3,032±90	2,709±50	2,535±49	2,242±48
	Soil testing N 2.0 [‡]	2,668±118	3,332±63	3,158±155	2,907±83	2,641±46
	LSD [§]	149.0	159.5	184.3	224.6	116.2
Soil Solution (NO_3^- , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	90±7	21±3	33±5	39±3	34±5
	Soil testing N 0.5 [‡]	121±12	40±5	49±3	54±3	44±2
	Soil testing N 1.0 [‡]	167±9	83±10	61±7	71±9	73±9
	Soil testing N 2.0 [‡]	212±15	112±12	92±6	103±9	137±10
	LSD [§]	26.2	14.8	11.9	10.8	17.1

[†]Days after transplanting(Apr. 9).

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

[§]Least significant difference at 5% level of significance.

Introduction

경기도 과채류 재배면적 (2010년)은 3,173 ha로 전국 (48,296 ha) 대비 6.5% 점유하고 있으며 이중 시설오이는 854 ha로 도내 과채류 재배면적의 26.9%를 차지하고 있다. 오이는 시설 원예작물 중에서도 시비량이 많고 연중 재배되어 염류집적 등 연작장해 발생이 많다 (Jung et al., 1994; Jung et al., 1996).

오이 양분 불균형시 나타나는 이상증상에 대한 기존의 식물 영양진단법은 오이 잎을 건조시켜 그 안에 있는 영양 원소의 함량을 측정 후 건조무게 기준으로 표현하는 방법이다 (NIAST, 2003). 이러한 정밀분석 방법은 분석에 1~2 주 소요되므로 농가 생산현장에서는 피해 발생시기에 즉시 해결방법이 없어 곤란을 겪고 있다. 오이는 적기에 필요한 양분이 부족하면 구부러지거나 끝이 가늘어 지는 등 기형과 발생으로 상품가치가 크게 떨어지기 때문에 (JARES, 2003), Hong과 Park (2000)은 염류집적에 대한 근본적인 방안으로서 토양비옥도를 고려한 시비조절이 필요하다고 하였으며, 외국에서는 작물 생산성을 유지하는 동시에 환경오염 경감을 위해서 토양중 적정 양분상태를 유지하는 방법 또는 작물자체의 양분상태를 기준으로 시비량을 결정하는 방안 (Hayashi, 1990; Roppongi, 1998) 등이 검토되어 왔다. 이중 Test strip을 이용한 질산이온 분석법은 그 측정값이 비교적 정확할 뿐 아니라 (Hong and Park, 2000) 농민과 같이 비전문가도 현장에서 실시간 편리하게 토양과 작물의 질소 양분상태를 확인할 수 있어 그 활용가능성이 높다고 알려져 있다 (Lim et al., 2001). 그러나 토양과 작물중 양분의 과부족을 진단하기 위한 질산이온 농도 기준설정에 대한 국내 연구는 아직 미미한 실정이다. 따라서 본 시험은 오이 시설 재배시 농가에서 손쉽게 사용 가능한 토양 및 식물체의 간 이 질소 실시간 진단기술을 개발하여 과학적인 양분이용으로 토양내 염류집적을 완화하고 고품질 친환경 안정생산을 통해 친환경농업 확산에 기여하고자 실시하였다.

Materials and Methods

본 시험은 2010년부터 2년간 경기도농업기술원에서 시험 품종을 반촉성 재배는 백침계인 양명 백다다기, 억제 재배는 청장계인 오성낙함으로 하여 비닐하우스 내에서 수행하였다. 정식은 반촉성 재배는 4월 9일, 억제 재배는 9월 5일에 재식거리 80×40 cm, 2조식으로 하였으며 시험구는 각각 난괴법 3반복으로 배치하였다. 질소는 토양검정 질소시비량을 기준으로 표준시비량의 50%는 20 cm 작토층과 충분히 혼합하여 시험구 모두 정식전 기비로 사용하였고, 나머지 50%는 각 처리별 사용량에 따라 추비로 분시하였다.

처리내용은 토양검정 질소 추비량에 대해 무시용, 표준

사용량의 0.5배, 1배, 2배량의 4수준으로 하였으며, 정식 후 30일부터 일주일에 2회씩 수확종료시까지 관비로 균등 사용하였다. 기타 인산은 전량 기비, 칼리는 기비 30%, 추비 70% 비율로 하여 추비는 정식 후 30일부터 일주일에 2회씩 수확 종료시까지 질소와 함께 관비로 균등 사용하였다.

토양 화학성 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 (NIAST, 2000)의 토양분석법에 준하였으며, 정식 후 45일부터 15일 간격으로 토양중 질산이온 (NO_3^-) 분석을 위해 각 처리내 생육이 균일한 오이 5주를 대상으로 관수 1일후 오이 줄기에서 10 cm 떨어진 지점에서 지하로 10 cm 지점인 오이의 근권 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 고르게 혼합한 후 5 ml 플라스틱 용기를 이용하여 생토용적침출법 시료로 일부 이용하고 나머지 잔량은 풍건한 후 2 mm체를 통과시켜 토양 화학성 분석시료로 사용하였다. pH는 초자전극법, 전기전도도 (Electrical Conductivity, EC)는 포화용액침출법, NO_3^- -N은 Kjeldahl 증류법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-NaOAc로 추출하여 Inductively Coupled Plasma (GBC Integra XL Australia) 분석법으로 분석하였다.

오이 엽병즙액 중 질산이온 함량 분석을 위하여 정식 후 45일부터 15일 간격으로 각 처리내 생육이 균일한 오이 5주를 선발하여 엽위치별로 엽병을 채취하여 마늘착즙기로 착즙하였으며, 토양 및 엽병즙액 중 질산이온 함량은 휴대용 Reflectometer (RQflec, Merck Co., Jer)를 이용하여 Test strip법으로 측정하였다. 오이 수량은 재배기간 중의 수량과 상품율을, 오이 수확완료 후에는 초장, 마디수, 줄기의 굵기를 조사하였다. 시험전 토양 화학성은 반촉성 재배는 Table 1과 같이 pH는 6.3, EC는 2.1~2.6 dS m^{-1} , 억제 재배는 pH는 6.0~6.3, EC는 1.8~2.4 dS m^{-1} 인 토양조건이었다.

Results and Discussion

가. 반촉성 재배

재배기간중 기상 및 정식 후 시기별 토양 화학성 재배기간 중의 하우스내 평균기온, 지중온도, 강우량 및 일조시간은 Fig. 1과 같다. 하우스내 평균기온은 5월 하순 부터 20°C이상, 지중 10 cm의 평균지온은 5월 상순 부터 20°C 이상을 나타내었다.

질소 관비처리에 따른 정식 후 시기별 pH, EC변화는 Table 2, 치환성 칼리 및 질산태질소 함량은 Table 3과 같다. pH는 5.9~6.7 정도로 처리간 뚜렷한 경향이 없었으나 EC는 0.8~2.4 dS m^{-1} 정도로 정식 후 시기별 질소 관비량 증가에 따라 높아지는 경향이였으며, 질소관비 2.0배 처리에서는 정식후 45일 2.4에서 생육이 진전됨에 따라 감소하였으나 수확종료기인 정식 후 105일에는 시설재배토양의 적

Table 1. Chemical properties of soils before experiment.

Cultivation type	Year	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. Cation			NO ₃ -N
						K	Ca	Mg	
		(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	mg kg ⁻¹
Semi-forcing culture	2010	6.3	2.1	11.3	402	0.29	7.3	2.3	75.4
	2011	6.3	2.6	16.1	375	0.64	7.5	2.4	94.8
Retarding culture	2010	6.0	2.4	10.0	387	0.34	7.5	0.5	56.6
	2011	6.3	1.8	14.1	404	0.49	6.9	2.2	50.7

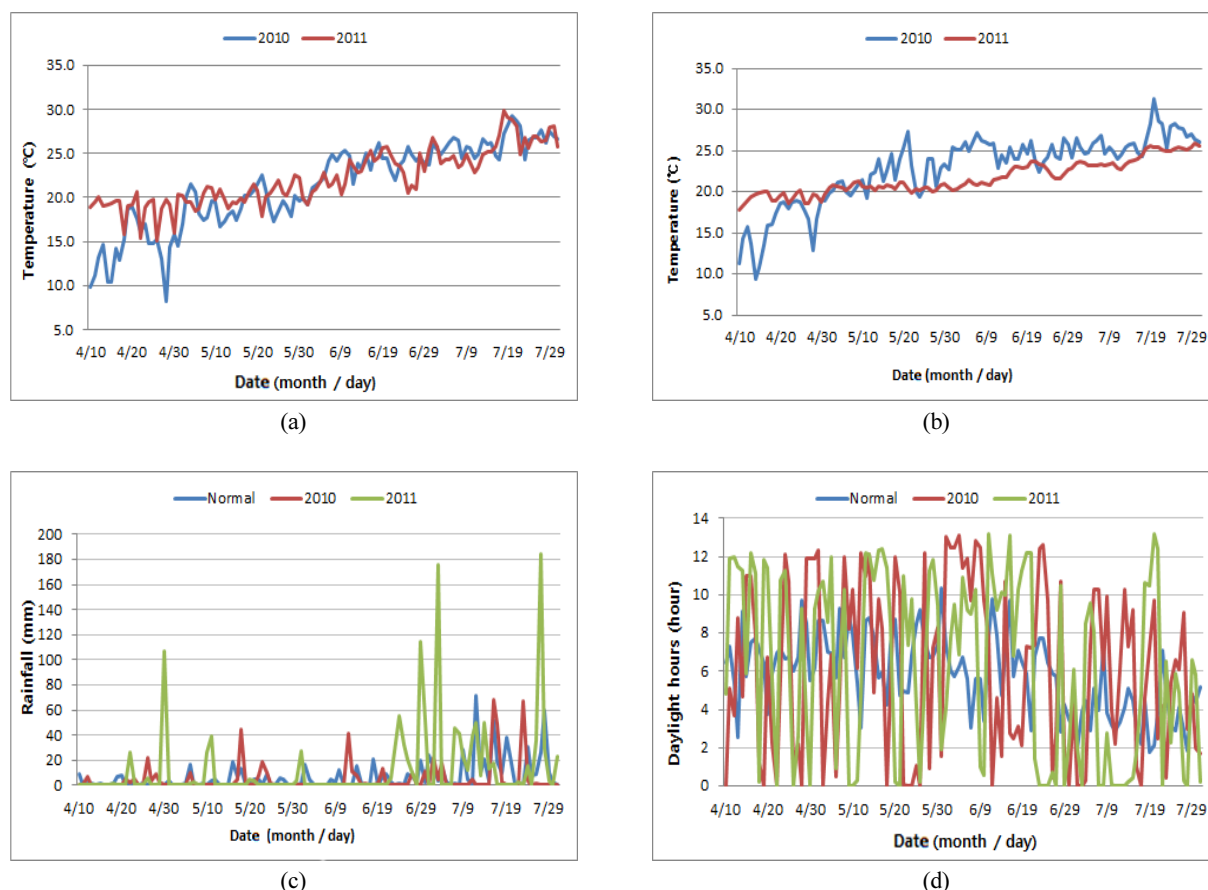


Fig. 1. Meteorological phenomena during the cucumber semi-forcing cultivation. (a) Daily mean temperature inside greenhouse. (b) Daily mean temperature under ground of 10cm inside greenhouse. (c) Amount of rainfall. (d) Duration of sunshine.

Table 2. Changes of soil pH and EC during the cucumber semi-forcing cultivation by different nitrogen application rates.

Treatments	pH					EC				
	45 [†]	60 [†]	75 [†]	90 [†]	105 [†]	45 [†]	60 [†]	75 [†]	90 [†]	105 [†]
	----- (1:5) -----					----- dS m ⁻¹ -----				
Soil testing N 0 [‡]	6.4	6.7	6.7	6.5	6.4	1.6	1.0	1.2	0.9	0.8
Soil testing N 0.5 [‡]	6.2	6.6	6.7	6.6	6.4	2.0	1.3	1.3	1.1	1.3
Soil testing N 1.0 [‡]	6.2	6.5	6.4	6.5	6.2	2.1	1.5	1.6	1.4	1.7
Soil testing N 2.0 [‡]	6.0	6.4	6.3	6.1	5.9	2.4	1.7	1.8	1.5	2.2

[†]Days after transplanting.

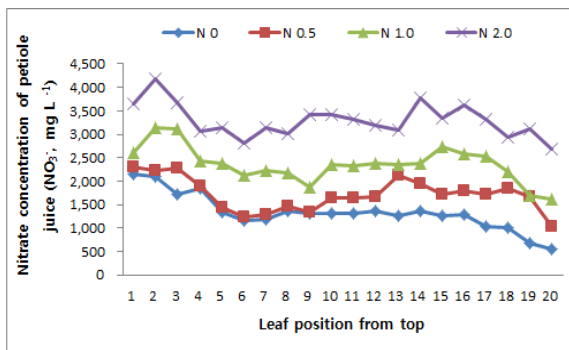
[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

Table 3. Changes of Ex.-K and NO₃-N concentration for soil during the cucumber semi-forcing cultivation by different nitrogen application rates.

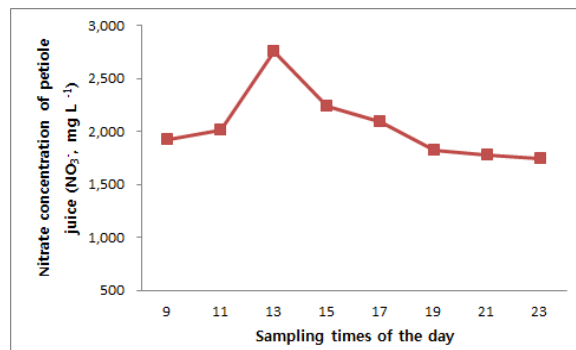
Treatments	Ex.-K					NO ₃ -N				
	45 [†]	60 [†]	75 [†]	90 [†]	105 [†]	45 [†]	60 [†]	75 [†]	90 [†]	105 [†]
	----- cmolc kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
Soil testing N 0 [‡]	0.41	0.54	0.54	0.53	0.45	42.1	25.9	26.5	19.6	21.1
Soil testing N 0.5 [‡]	0.48	0.52	0.54	0.47	0.38	55.5	29.1	28.5	25.4	24.3
Soil testing N 1.0 [‡]	0.43	0.47	0.44	0.39	0.36	73.3	48.0	36.2	34.8	36.6
Soil testing N 2.0 [‡]	0.44	0.40	0.40	0.34	0.30	79.9	66.7	47.4	50.7	52.6

[†]Days after transplanting.

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.



(a)



(b)

Fig. 2. (a) NO₃⁻ concentration of petiole juice collected at the different leaf position of cucumber. (b) NO₃⁻ concentration of petiole juice collected at the different times of cucumber from 11th leaf petiole.

정기준 (EC 2.0 dS m⁻¹ 이하)보다 높은 2.2로 나타났다. 정식 후 시기별 질산태질소 함량도 EC와 같은 경향을 나타내 EC값과 질산태질소 함량간에는 상호 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 치환성 칼리는 0.30~0.54 cmol kg⁻¹ 정도로 처리간 일정한 경향이 없었다.

엽면수서 및 엽병채취 시간대별 NO₃⁻ 함량 작물의 체내 영양원소 농도에 대해 Kim과 Kim (2003)은 엽의 위치, Scaife와 Stevens (1983)은 하루 중 채취시간에 따라 다르다고 하였다. 따라서 본 시험에서도 즙액측정에 이용될 엽병의 적정위치와 채취시간대를 결정하기 위하여 엽병위치와 채취시간대별로 NO₃⁻ 함량변화를 조사하였다 (Fig. 2).

엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준이 증가할수록 증가하는 경향이었으며, 같은 관비수준내에서도 엽병 위치에 따라 현저한 차이를 보였다. 엽병 위치별로는 3번 이상의 상위엽병이 19번 이하의 하위엽병에 비해 엽병즙액내 NO₃⁻ 함량이 높았으나 질소 관비수준간에는 일정한 경향이 없어 질소 관비수준에는 비의존적인 반면, 엽병위치 4~18번 사이의 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 질소관비 수준에 의존적인 변화를 나타내었다. 또한 4~9번, 12~18번 사이의 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 엽병 위치에 따라 변화가 심하여 이 위치의 엽병들은 간이 양분진단 시료로 이용하기가 곤란하

였으나 상위 10~11번째 엽병은 다른 위치의 엽병들에 비해 질소 관비수준간 함량 차이가 뚜렷하였다. 따라서 엽병즙액을 이용한 간이 양분진단을 위한 엽병 위치는 질소관비 수준별 엽병즙액내 NO₃⁻ 함량 차이가 뚜렷하고 안정적인 상위 10~11번째 엽병을 대상으로 하는 것이 가장 적절하다고 판단되었다.

하루 중 엽병 채취시간대를 결정하기 위하여 상위 11번째 엽병을 시간대별로 채취하여 NO₃⁻ 함량 변화를 조사하였다. NO₃⁻ 함량은 오전 9시~11시까지의 완만히 증가하는데 비해 오전 11시부터 급격히 증가 후 오후 1시에 최대값을 나타냈고 이후 감소하는 것으로 나타났다. 오이 영양진단을 위한 엽병 채취시간은 야간인 19시 이후도 비교적 안정적이었으나 관비는 농가에서 주로 오전에 이루어지므로 양분진단 후 바로 질소 관비량 조절, 시용을 위해서는 오전 10~11시 사이에 엽병을 채취하여 분석하는 것이 가장 적당하다고 생각된다.

정식 후 시기별 생토 추출액, 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 및 오이 수량 정식 후 시기별 생토 추출액 및 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 정식 후 시기별 생토 추출액 중 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준 모두 정식 후 45일에 가장 높았으며 이후 관비 무시용과 0.5배는 정식 후

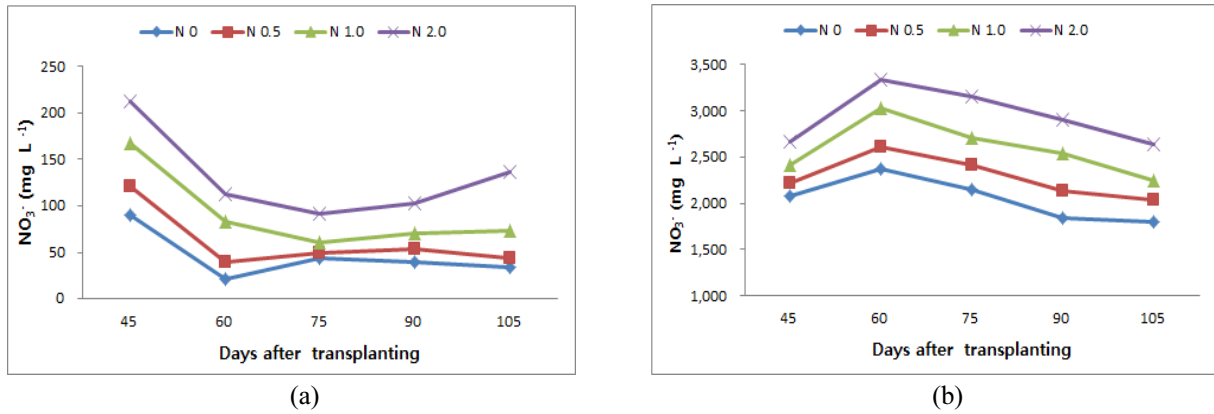


Fig. 3. Changes of NO₃⁻ concentration for soil solution and leaf petiole juice according to days after transplanting during the cucumber semi-forcing cultivation. (a) NO₃⁻ concentration of soil solution (soil : water = 1:5, v/v). (b) NO₃⁻ concentration of leaf petiole juice.

Table 4. Growth properties and yields of the cucumber by different rates of nitrogen application during semi-forcing cultivation under greenhouse.

Treatments	Plant length cm	No. of node plant ⁻¹	Stem diameter mm	Ratio of marketable fruit			Marketable yield of fruit			
				2010	2011	Mean	2010	2011	Mean	Index
				----- % -----			----- f.w. kg 10a ⁻¹ -----			
Soil testing N 0 [†]	611	66	10.1	77.5	66.0	75.3	6,552	6,375	6,463	83
Soil testing N 0.5 [†]	637	68	10.3	81.0	67.3	76.8	6,927	6,829	6,878	88
Soil testing N 1.0 [†]	647	69	10.5	82.2	71.3	78.6	7,781	7,759	7,770	100
Soil testing N 2.0 [†]	666	70	10.5	77.3	68.2	75.7	7,340	7,520	7,430	96
LSD [‡]							- 473.1	- 777.4		
C.V(%)							--- 3.31	-- 5.46		

[†]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

[‡]Least significant difference at 5% level of significance.

60일까지, 관비 1.0배와 2.0배는 정식 후 75일까지 감소하였으나, 정식 후 75일 이후에는 관비 0.5배와 무시용구는 같거나 감소하는 경향이었고 관비 1.0배와 2.0배는 증가하였다. 특히 관비 2.0배는 정식 후 75일 이후 증가폭이 컸는데 이는 작물이 흡수하고 남은 잉여량이 토양중에 잔류하기 때문으로 생각되었다. 정식 후 시기별 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준 모두 정식 후 60일까지 증가 후 감소하였고, 관비수준이 증가할수록 엽병즙액내 NO₃⁻ 함량이 높았다. 또한 생토액내 NO₃⁻ 함량에 비해 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량이 10배 이상 차이를 보이고 관비수준별로도 차이가 뚜렷하여 농업현장에서 간이 양분진단시 생토 추출액보다는 엽병즙액 진단이 보다 변별력이 뛰어난 것으로 생각된다.

질소관비 수준별 오이 생육 및 수량은 Table 4와 같다. 오이 상품과 수량은 질소 관비 1.0배 (7,770 kg 10a⁻¹) 대비 질소 관비 2.0배는 차이 없었으나, 질소 0.5배는 12%, 질소 관비 무시용은 17% 감소하였다. 생토 추출액 중 NO₃⁻ 함량과 수량간, 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량과 수량간 2차 회귀식은 모두 고도의 유의성이 인정되었으며, 생토 추출액중 105 mg

L⁻¹ NO₃⁻ 농도 수준과 엽병즙액 중 2,700 mg L⁻¹ NO₃⁻ 농도 수준에서 최대의 수량을 나타내었다 (Fig. 4).

정식 후 시기별 엽병즙액 및 생토 추출액의 NO₃⁻ 적정함량 질소 관비수준 및 정식 후 시기별 엽병즙액과 생토 추출액의 NO₃⁻ 함량은 Table 5와 같다. 정식 후 시기별 NO₃⁻ 적정함량은 오이 상품과 수량이 많고 유의차가 없었던 질소관비 1.0배와 2.0배 처리 중에서 EC가 정식 후 105일에 2.0이상으로 증가된 질소관비 2.0배 처리의 엽병즙액과 생토 추출액은 제외하고, 생토 추출액의 NO₃⁻ 함량이 질소관비 1.0배와 유의차가 없었던 정식 후 75일의 질소관비 0.5배는 추가한 범위로 설정하였다. 이와 같이 설정된 엽병즙액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일 2,418±78~2,668±118, 60일 3,032±90~3,332±63, 75일 2,709±50~3,158±155, 90일 2,535±49~2,907±83, 105일 2,242±48 mg L⁻¹ 이었으며, 생토 추출액중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일 167±9~212±15, 60일 83±10~112±12, 75일 49±3~92±6, 90일 71±9~103±9, 105일 73±9 mg L⁻¹ 로 나타났다.

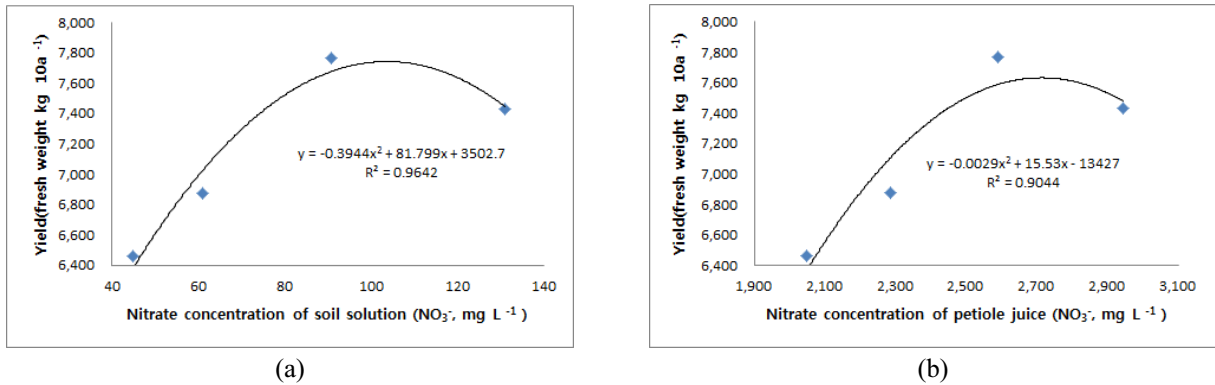


Fig. 4. (a) Relationship between the total fresh weight of cucumber and the NO₃⁻ concentration of soil solution during semi-forcing cultivation. (b) Relationship between the total fresh weight of cucumber and the NO₃⁻ concentration of leaf petiole juice during semi-forcing cultivation.

Table 5. NO₃⁻ concentration of petiole juice and soil solution by different nitrogen application rates for fertigation during the cucumber semi-forcing cultivation in greenhouse.

Survey items	Treatments	45DAT [†]	60DAT [†]	75DAT [†]	90DAT [†]	105DAT [†]
Petiole juice (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	2,077±37	2,376±97	2,142±105	1,847±159	1,798±51
	Soil testing N 0.5 [‡]	2,223±50	2,609±31	2,413±46	2,136±116	2,033±66
	Soil testing N 1.0 [‡]	2,418±78	3,032±90	2,709±50	2,535±49	2,242±48
	Soil testing N 2.0 [‡]	2,668±118	3,332±63	3,158±155	2,907±83	2,641±46
	LSD [§]	149.0	159.5	184.3	224.6	116.2
Soil Solution (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	90±7	21±3	33±5	39±3	34±5
	Soil testing N 0.5 [‡]	121±12	40±5	49±3	54±3	44±2
	Soil testing N 1.0 [‡]	167±9	83±10	61±7	71±9	73±9
	Soil testing N 2.0 [‡]	212±15	112±12	92±6	103±9	137±10
	LSD [§]	26.2	14.8	11.9	10.8	17.1

[†]Days after transplanting(Apr. 9).

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

[§]Least significant difference at 5% level of significance.

나. 억제 재배

재배기간 중 기상 및 정식 후 시기별 토양 화학성
재배기간 중 하우스내 평균기온, 지중온도, 강우량 및 일조 시간은 Fig. 5와 같다. 하우스내 평균기온과 지중 10 cm의 평균지온은 모두 9월 하순부터 20°C이하로 경과되었다.

질소 관비처리에 따른 정식 후 시기별 pH, EC변화는 Table 6, 치환성 칼리 및 질산태질소 함량 변화는 Table 7과 같다. pH와 치환성 칼리는 질소 관비처리간 뚜렷한 경향이 없었으나 정식후 시기별 EC와 질산태질소 함량은 질소 관비량 증가에 따라 높아지는 경향이였다. 특히 질소 관비 2.0배 처리에서는 정식 후 65일에 EC가 2.3 dS m⁻¹ 으로 나타나 시설재배토양의 적정 EC기준인 2.0 dS m⁻¹ 이하를 벗어나는 것으로 나타났다.

정식후 시기별 생토 추출액, 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 및 오이 수량 정식 후 시기별 생토 추출액 및 엽병즙액

중 NO₃⁻ 함량 변화는 Fig. 6과 같다. 생토 추출액 중 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준 모두 정식 후 45일부터 65일까지 감소하였고 질소 관비수준이 높을수록 많았다. 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량도 질소 관비수준 모두 정식 후 55일까지 증가 후 감소하였고 질소 관비수준이 높을수록 많았다.

질소 관비수준별 오이 생육 및 수량은 Table 8과 같다. 오이 상품과 수량은 질소 관비 1.0배 (1,697 kg 10a⁻¹) 대비 질소 관비 0.5배, 2.0배는 차이 없었으나, 질소 관비 무시용은 21% 감소하였다. 생토 추출액 중 NO₃⁻ 함량과 수량간, 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량과 수량간 2차 회귀식은 모두 고도의 유의성이 인정되었으며, 생토 추출액 중 115 mg L⁻¹ NO₃⁻ 농도 수준과 엽병즙액 중 2,700 mg L⁻¹ NO₃⁻ 농도 수준에서 최대의 수량을 나타내었다 (Fig. 7).

정식 후 시기별 엽병즙액, 생토 추출액의 NO₃⁻ 적정 함량 질소 관비수준 및 정식 후 시기별 엽병즙액과 생토

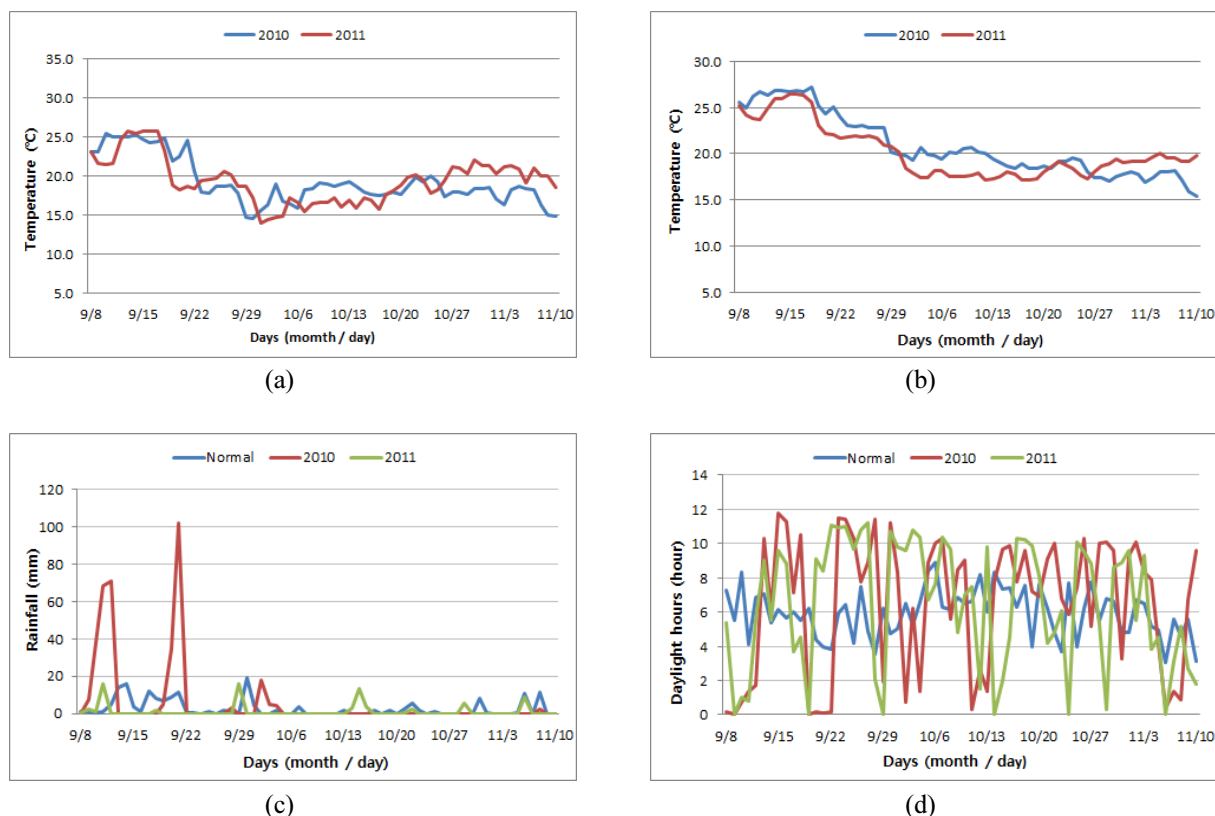


Fig. 5. Meteorological phenomena during cucumber retarding cultivation. (a) Daily mean temperature inside greenhouse. (b) Daily mean temperature under ground of 10cm inside greenhouse. (c) Amount of rainfall. (d) Duration of sunshine.

Table 6. Changes of soil pH and EC during the cucumber retarding cultivation by different nitrogen application rates.

Treatments	pH			EC		
	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]
	(1:5)			dS m ⁻¹		
Soil testing N 0 [‡]	6.6	6.7	6.5	1.4	1.3	1.5
Soil testing N 0.5 [‡]	6.7	6.6	6.5	1.5	1.6	1.7
Soil testing N 1.0 [‡]	6.5	6.4	6.3	1.8	1.8	1.9
Soil testing N 2.0 [‡]	6.3	6.2	6.1	2.0	1.9	2.3

[†]Days after transplanting.

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

Table 7. Changes of Ex-K and NO₃-N concentration for soil during the cucumber retarding cultivation by different nitrogen application rates.

Treatments	Ex-K			NO ₃ -N		
	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]
	cmol _c kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
Soil testing N 0 [‡]	0.41	0.41	0.39	27.0	37.8	31.3
Soil testing N 0.5 [‡]	0.44	0.40	0.39	34.0	50.2	41.6
Soil testing N 1.0 [‡]	0.38	0.46	0.35	57.2	62.9	56.1
Soil testing N 2.0 [‡]	0.34	0.39	0.33	67.8	80.5	94.6

[†]Days after transplanting.

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

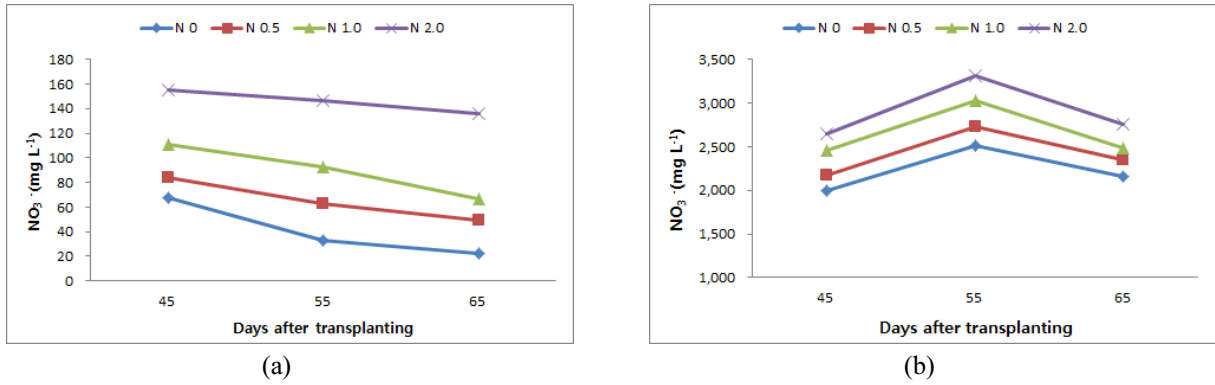


Fig. 6. Changes of NO₃⁻ concentration for soil solution and leaf petiole juice according to days after transplanting during the cucumber retarding cultivation. (a) NO₃⁻ concentration of soil solution(soil : water = 1:5, v/v). (b) NO₃⁻ concentration of leaf petiole juice.

Table 8. Growth properties and yields of the cucumber by different rates of nitrogen application during retarding cultivation under greenhouse.

Treatments	Plant length cm	No. of node plant ⁻¹	Stem diameter mm	Ratio of marketable fruit			Marketable yield of fruit			
				2010	2011	Mean	2010	2011	Mean	Index
				----- % -----			----- f.w. kg 10a ⁻¹ -----			
Soil testing N 0 [†]	328	40	10.7	77.5	67.8	75.3	1,310	1,361	1,335	79
Soil testing N 0.5 [†]	331	40	11.1	81.0	69.1	76.8	1,536	1,610	1,573	93
Soil testing N 1.0 [†]	333	41	11.2	82.2	73.3	78.6	1,677	1,717	1,697	100
Soil testing N 2.0 [†]	336	41	11.3	77.3	72.0	75.7	1,630	1,773	1,701	100
LSD [‡]							- 190.6	- 112.7		
C.V(%)							---6.20	--- 3.49		

[†]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

[‡]Least significant difference at 5% level of significance.

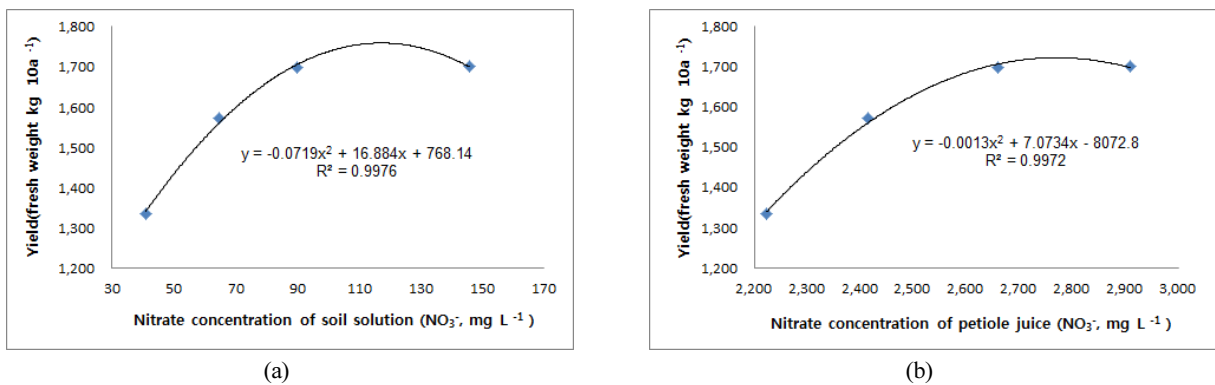


Fig. 7. (a) Relationship between the total fresh weight of cucumber and the NO₃⁻ concentration of soil solution during retarding cultivation. (b) Relationship between the total fresh weight of cucumber and the NO₃⁻ concentration of leaf petiole juice during retarding cultivation.

추출액의 NO₃⁻ 함량은 Table 9와 같다. 정식 후 시기별 NO₃⁻ 적정함량은 오이 상품과 수량이 많고 유의차가 없었던 질소 관비 0.5배, 1.0배, 2.0배 처리 중에서 엽병증액과 생토 추출액의 NO₃⁻ 함량이 질소 관비 1.0배, 2.0배 처리와 유의차가 있었던 질소 관비 0.5배의 정식 후 45일, 55일, 65일과 질소 관비 2.0배의 정식 후 65일을 제외한 범위로 설

정하였다. 이와 같이 설정된 정식 후 시기별 엽병증액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일은 2,464±102~2,651±33, 55일 3,025±71~3,314±84, 65일 2,488±92 mg L⁻¹이었으며, 생토 추출액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일은 111±10~155±14, 55일 93±7~147±14, 65일 67±4 mg L⁻¹로 나타났다.

Table 9. NO₃⁻ concentration of petiole juice and soil solution by different nitrogen application rates for fertigation during the cucumber retarding cultivation under greenhouse.

Survey items	Treatments	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]
Petiole juice (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	1,988±30	2,510±89	2,158±53
	Soil testing N 0.5 [‡]	2,172±74	2,727±79	2,347±55
	Soil testing N 1.0 [‡]	2,464±102	3,025±71	2,488±92
	Soil testing N 2.0 [‡]	2,651±33	3,314±84	2,760±77
	LSD [§]	133.4	151.2	138.4
Soil solution (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	Soil testing N 0 [‡]	68±4	33±4	22±2
	Soil testing N 0.5 [‡]	84±6	63±8	49±3
	Soil testing N 1.0 [‡]	111±10	93±7	67±4
	Soil testing N 2.0 [‡]	155±14	147±14	136±10
	LSD [§]	15.0	16.0	9.5

[†]Days after transplanting (Sep. 9).

[‡]0, 0.5, 1.0, 2.0 times of recommended nitrogen fertilization rate based for fertigation on soil testing.

[§]Least significant difference at 5% level of significance.

Table 10. A simple diagnostic criteria of NO₃⁻ concentration of leaf petiole juice and soil solution according to days after transplanting during the cucumber cultivation under greenhouse.

Survey items	Semi-forcing cultivation					Retarding cultivation		
	45DAT [†]	60DAT [†]	75DAT [†]	90DAT [†]	105DAT [†]	45DAT [†]	55DAT [†]	65DAT [†]
Petiole juice (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	2,300~2,800	2,900~3,400	2,600~3,300	2,400~3,000	2,100~2,300	2,300~2,700	2,900~3,400	2,300~2,600
Soil solution (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	150~230	70~130	40~100	60~120	60~90	100~170	80~160	60~80

[†]Days after transplanting (Semi-forcing cultivation : Apr. 9, Retarding cultivation : Sep. 9).

이상과 같이 시설오이 반축성 재배와 억제 재배를 통하여 설정된 엽병즙액과 생토 추출액의 질산이온 (NO₃⁻) 적정 기준 농도를 종합하여 Table 10에 나타내었다. 오이 시설재배시 본 기준표를 참고로 하여 재배방법 및 정식 후 시기별로 엽병즙액과 생토 추출액의 질산이온 (NO₃⁻)을 NO₃⁻ 테스트 스트립으로 측정 후 기준치보다 농도가 높거나 낮을 때 질소시비량을 가감하여 관비함으로써 질소 과부족이 없는 오이 친환경 안정생산이 기대되었다.

Conclusion

오이 시설재배시 고품질 안정생산을 위해 농가에서 손쉽게 사용 가능한 질산이온 (NO₃⁻)의 토양 및 식물체 간이 실시간 진단기술을 개발코자 2010년부터 2년간 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다. 반축성 재배에서는 질산이온 (NO₃⁻) 간이분석을 위한 시료채취는 하루 중 오전 10~11시에 식물체 상위로부터 10~11번째 엽병을 채취, 분석시 측정값이 안정적이었다. 엽병즙액의 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준 모두 정식 후 60일까지 증가 후 감소하였다. 엽병즙액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일은 2,418±78~2,668±118,

60일 3,032±90~3,332±63, 75일 2,709±50~3,158±155, 90일 2,535±49~2,907±83, 105일 2,242±48 mg L⁻¹ 이었다. 생토 추출액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일은 167±9~212±15, 60일 83±10~112±12, 75일 49±3~92±6, 90일 71±9~103±9, 105일은 73±9 mg L⁻¹ 이었다. 오이 상품과 수량은 질소 관비 1.0배 (7,770 kg 10a⁻¹) 대비 질소 관비 2.0배는 차이 없었으나, 질소 관비 0.5배는 12%, 무시용은 17% 감소하였다. 억제 재배에서는 엽병즙액의 NO₃⁻ 함량은 질소 관비수준 모두 정식 후 55일에 증가 후 감소하였다. 엽병즙액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일 2,464±102~2,651±33, 55일 3,025±71~3,314±84, 65일 2,488±92 mg L⁻¹ 이었다. 생토 추출액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식 후 45일 111±10~155±14, 55일 93±7~147±14, 65일 67±4 mg L⁻¹ 이었다. 오이 상품과 수량은 질소 관비 1.0배 (1,697 kg 10a⁻¹) 대비 질소 관비 0.5배, 2.0배는 차이 없었으나 무시용은 21% 감소하였다.

References

Hayashi. I. 1990. New technique for cut-flower cultivation:

- Part 2. Rose. Sungmundang. Tokyo. p.23-48.
- Hong, S. D. and H. T. Park. 2000. The test strip reflectometer method as a quick procedure for nitrate nitrogen. Kor. J. Soil Sci. Fert. 33:369-375.
- JARES (Jeonnam Agricultural Research & Extension Services). 2003. Cultivation techniques for Cucumber under greenhouse. Naju, Korea. p.148-174.
- Jung, G.B., I.S. Ryu and B.Y. Kim. 1994. Soil Texture, Electrical and Chemical Components of Soils under the Plastic Film House Cultivation in Northern Central Areas of Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 27:33-40.
- Jung, G.B., J.S. Lee and B.Y. Kim. 1996. Survey on Ground-water Quality under Plastic Film House Cultivation Areas in Southern Part of Gyeonggi Province. Korean J. Soil Sci. Fert. 29:389-395.
- Kim K.R. and K.H. Kim. 2003. Rapid Nutrient Diagnosis of Cucumber by Test Strip and Chlorophyll Meter. Korean J. Soil Sci. Fert. 36:272-279.
- 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. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:316-325.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical methods of soil and plant. RDA. Suwon, Korea.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2003. Investigation and standard for agricultuew experiment. RDA. Suwon, Korea.
- Roppongi, K. 1998. Study on nutrient management in vegetable greenhouse soil by real time diagnosis. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 69:235-238.
- Scaife, A., and K. L. Stevens. 1983. Monitoring sap nitrate in vegetable crops: comparison of these strips with electrode methods, and effects of time of day and leaf position. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 14:761-771.