

시설재배지에 질소관비 농도가 오이생육과 질산태 질소에 미치는 영향

강성수¹ · 김명숙¹ · 공명석¹ · 김유학¹ · 오택근² · 이창훈^{1*}

¹농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과, ²충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과

Effects of nitrogen fertigation on cucumber growth and nitrate in Soil under plastic film house

Seong Soo Kang¹, Myung Sook Kim¹, Myung Seok Kong¹, Yoo Hak Kim¹, Taek-Keun Oh², Chang Hoon Lee^{1*}

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju-gun, 565-851, Republic of Korea

²Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Republic of Korea

Received on 10 November 2014, revised on 24 November 2014, accepted on 1 December 2014

Abstract : To evaluate the impact of nitrogen fertigation on crop growth and NO₃-N concentration in the soil solution, field experiment for cucumber cultivation during spring and fall season were carried out in on-farm located in Byeongcheon-myeon, Chunan-si, Chungcheonnam-do. Supplying nitrogen of 120-150 mg/L by fertigation device into soil per week reached to maximum yields of cucumber fruits. However, cucumber growth did not show any significant difference between nitrogen levels. Nitrogen supply of 400 mg/L, highest N levels, did not affect cucumber growth. Difference between green values of cucumber leaves using RGB scores were closely related with cucumber yields, and therefore, this results suggests that green values of cucumber leaves could be used as a way of determining the application rates of nitrogen for cucumber cultivation period under fertigation system.

Key words : Fertigation, Soil solution, Nitrate, Color difference meter, Cucumber leaves

I. 서론

최근 시설재배는 토양수분과 양분공급을 위해 관비재배를 이용하고 있다(Hedge, 1997). 관비재배는 작물생육에 알맞은 물과 양분을 필요한 시기에 공급할 수 있는 장점이 있는데, 이는 일시적인 과량의 관수보다는 적정량의 잦은 관수가 물의 이용효율을 높이고, 적절한 비료의 분시를 통해 비료이용효율 향상과 작물의 수량 및 수량을 향상시킨다(Miller et al., 1976; Cook and Sanders, 1995). 그러나 토양 비옥도 상태에 따라 작물의 수량효과는 현저한 차이가 있으나, 경험적으로 관비하고 있는 실정이다. 이로 인해 시설재배지내에 및 토양 EC와 더불어 가용성 NO₃-N 함량이 축적되고 있으며, 작물체내에 NO₃-N 함량이 축적되는 결과를 초래하고 있다(Lee et al., 2001). 따라서 시설재배지에서 작물생육에 맞은 적정 관비농도의 조절은 토양염류

집적을 완화할 수 있는 근본적인 대책이 될 수 있다.

토양용액은 하층으로 이동하는 무기태 질소의 침투 및 용탈량 평가에 활용되어 왔다(Lee et al., 1995; Han et al., 1998; Roh et al., 1999). Lim 등(2001)은 시설오이 재배 농가에서 토양용액 중 NO₃-N 농도와 수량과는 밀접한 관계가 있다고 보고한바 있다. 또한 Hong 등(2001)은 작물의 NO₃-N 축적은 질소시비량과 유의적인 정역상관관계가 있다고 보고하였다. 이러한 토양용액의 적정 NO₃-N 농도 관리의 작물생육에 알맞은 적정 질소공급의 유도가 가능하여 시설재배지 염류집적 완화에 기여할 것으로 예상된다. 그룹에도 불구하고 표준시비량이나 농가에서 습관적으로 비료를 사용하고 있으며, 특히 작물 수량을 위해 토양 EC에 영향력이 가장 높은 질소원을 무분별하게 사용하고 있다(Lee et al., 2001; Jung et al., 1994). 그러므로 시설재배지 양분과다집적 및 양분용탈을 예방하기 위해 토양검정 및 작물이 필요로 하는 양분의 양을 고려한 합리적인 시비가 이루어져야 한다. 이를 위한 토양용액의 NO₃-N 농도

*Corresponding author: Tel: +82-63-238-2453

E-mail address: chlee915@korea.kr

Table 1. Chemical properties of soil used in field experiment.

Soil Texture	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cation (cmol _c /kg)				Extractable N (mg/kg)	
					K	Ca	Mg	Na	NH ₄ -N	NO ₃ -N
SiL	5.65	0.58	9.4	14.5	0.24	4.03	1.65	0.21	7.7	19.9

평가는 시설재배지에서 적정 질소시비를 위한 대안이 될 수 있다. 본 연구에서 토양용액의 NO₃-N 농도와 오이생육 특성에 대한 질소관비 농도의 영향을 조사하여 작물재배 기간 중 실시간으로 웃거름 질소시비량을 조절할 수 있는 기준을 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 포장시험구 및 시비량

2013년 1월부터 12월까지 충남 천안시 병천면의 오이 시설재배 농가에서 봄과 가을작기에 2회의 재배시험을 하였다. 처리수준은 웃거름 질소관비농도를 0, 30, 60, 90, 120, 150 mg L⁻¹의 6 수준으로 하여 4반복 난괴법으로 배치하였고, 각 처리구의 크기는 1×10 m로 하였다. 봄 작기 재배는 오이품종 백다다기로 하여 1월 25일에 정식하였으며 7월 중순까지 재배하였다. 오이 정식 한달 전에 원예용 복합비료 800 kg ha⁻¹와 상용퇴비 48 Mg/ha을 밑거름으로 사용하였다. 가을 작기 시험에는 봄 작기 시험의 두둑과 멀칭을 그대로 이용하여 오이 품종 취청을 밑거름 처리없이 8월 23일에 정식하여 12월초까지 재배하였다.

Table 1과 같이 시험 전 토양은 전기전도도(EC)가 0.58 dS/m로 작물별 시비처방 기준에서 추천하는 EC 2.0 이하를 나타내었고(NAAS, 2000), 가용성 질소함량은 19.9 mg/kg으로 일반적인 시설재배지 평균 NO₃-N 함량의 155 mg/kg에 비해 상당히 낮았다(Jung et al., 1998). 웃거름 질소 관비는 일주일에 1회씩 NO₃-N 기준으로 NK비료를 이용하여 오이수확 종료시점까지 9-11 L/m²을 공급하였다. 시설재배지 물관리는 토양수분장력을 30 kPa 이하로 관리하였다(Chung, 1998).

2. 토양 및 토양용액 분석

시설오이 재배 기간 중 토양용액 채취는 길이 60 cm, 직경 2 cm인 다공성 세라믹 컵을 이용하였다. 오이 정식 20 일 후에 다공성 세라믹 컵을 오이 주간으로부터 20cm 떨어진

지점에 수직으로 25 cm 깊이로 설치하여(Roppongi, 1998), 다공성컵에 60 kPa 감압으로 매주 1회씩 토양용액을 채취하였다. 토양용액은 0.45 μm membrane filter로 여과하여 pH와 EC를 측정하였고, 질소자동분석기로 토양용액의 NH₄-N과 NO₃-N 농도를 측정하였다. 오이 수확 후 토양시료를 채취하여 풍건한 다음 2 mm체로 여과하여 토양을 분석하였다. 토양 pH와 EC는 시료와 증류수를 1:5 (v/wt) 진탕하여 pH와 EC meter로 측정하였다. 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1 M ammonium acetate (pH 7.0)로 침출하여 ICP로 K, Ca, Mg, Na 함량을 분석하였다. 전탄소(T-C)와 전질소(T-N) 함량은 건조시료를 막자사발에서 곱게 갈은 후, 원소분석기를 이용하여 정량하였다(NAAS, 2000).

3. 오이생육 특성

오이 수확기 90일 동안 단위면적당 개수와 무게를 조사하였고, 오이수량은 상품과 개수를 합산하여 산정하였다. 오이생육에 웃거름질소 관비가 미치는 영향을 조사하고자 2 주일 간격으로 오이줄기의 마디수, 마디길이와 두께를 측정하였고, 오이 잎 성장점을 기준으로 6-9번째 오이 잎의 엽색을 색차계로 측정하였다. 오이의 길이와 두께를 측정하여 품위를 측정하였다.

4. 통계처리

오이수량 및 토양특성의 처리간 차이는 SAS (version 9.2)프로그램으로 유의수준 0.05에서 Duncan 다중검정하였고, 회귀분석을 통해 수량, 토양용액의 평균 NO₃-N 농도, 그리고 오이엽색과의 관계를 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 질소 관비농도수준별 오이수량 및 생육특성

시설오이의 질소 관비농도에 따른 오이 수량은 Fig. 1과

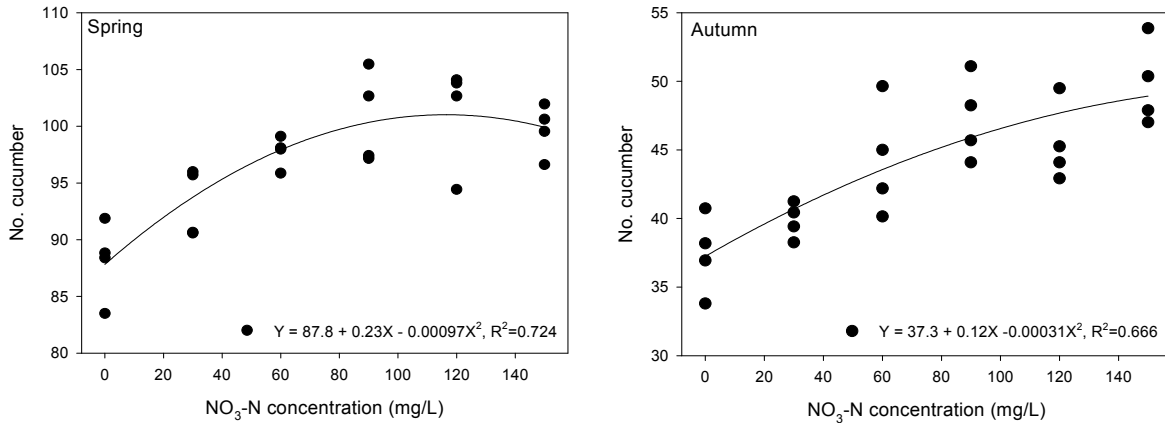


Fig. 1. Responses of cucumber yield by levels of nitrogen fertigation in plastic film house.

Table 2. Characteristics of cucumber growth by levels of nitrogen fertigation in plastic film house.

Treatment	Spring season					Fall season				
	Stem knuckle			Cucumber		Stem knuckle			Cucumber	
	Number (No./plant)	length (cm/joint)	thickness (mm/joint)	length (cm/No.)	thickness (mm/No.)	Number (No./plant)	length (cm/joint)	thickness (mm/joint)	length (cm/No.)	thickness (mm/No.)
N 0	67.5	8.90	7.82	28.6	37.3	22.90	9.30	9.00	29.48	36.4
N 30	65.9	9.08	7.82	28.8	38.3	22.10	10.30	9.30	29.12	35.2
N 60	68.3	8.76	7.82	29.0	37.0	22.45	10.08	8.90	29.60	35.8
N 90	66.5	8.65	7.79	28.5	37.0	22.05	9.85	8.95	29.71	37.0
N 120	67.3	8.78	7.61	29.4	38.1	22.50	9.85	8.95	29.91	35.0
N 150	62.8	8.03	7.08	28.7	37.2	22.40	9.90	8.85	29.73	35.9

Note) All data were not significant by Duncan test at 5% probability level.

같다. 질소의 관비 농도를 NO₃-N 기준으로 봄과 가을 작기에 각각 120 mg/L와 150 mg/L 농도로 관비한 처리구에서 최고 수량을 나타냈다. 이때 질소 관비를 위해 사용된 질소의 총 사용량은 봄과 가을이 각각 256과 195 kg/ha로 평가되었다. 이로부터 시설오이 재배를 위해 일주일에 최대 사용할 수 있는 질소의 사용량은 13-16 kg/ha로 산정되었다. 본 시험에 사용된 토양의 토양검정 질소시비량은 250 kg/ha이었고, 밀거름 대 웃거름 비율은 47:53으로 추천된다. 따라서 웃거름 시비량은 133 kg/ha로 추천된다. 본 시험에서 시설오이의 최대수량을 위한 웃거름 질소처리 수준은 토양검정 질소 웃거름 시비량 대비 봄작기 1.9배, 가을작기 1.5배 더 시비한 것으로 평가되었다.

질소관비농도에 따른 시설오이 생육특성을 조사하여 질소관비 농도를 결정할 수 있는 간접적인 지표로의 사용 가능성을 평가하고자 하였다. 질소관비 농도에 따른 줄기 마디수, 줄기의 길이와 두께, 오이의 길이와 두께는 Table 2와 같다. 봄과 가을 작기 모두 오이줄기 특성 및 오이 품위

는 질소의 관비농도에 따라 처리간 통계적인 유의차를 나타내지 않았다. 따라서 시설오이 재배 기간 동안 질소 관비 농도를 결정하기 위한 측정 지표로 Table 2의 오이생육특성은 이용하기 어려운 것으로 평가되었다.

2. 질소관비농도에 따른 토양용액의 NO₃-N 농도와 염색의 변화

봄 작기에서 오이정식 40일까지 토양용액 중 EC는 4.5-5.5 dS/m 범위에 있었고, 시설오이의 수확시점에서 토양용액의 EC 값은 급격하게 감소되는 경향을 나타내었다. 가을 작기를 시작한 시점에서 토양용액 중 EC는 0.5-1.0 dS/m 범위이었지만, 수확시점을 기준으로 토양용액 중 EC 값은 봄 작기와 유사하게 감소되었다. 밀거름 없이 재배된 가을 작기는 토양용액 중 EC 값은 봄작기에 비해 낮은 결과를 나타내는데, 이는 봄작기에 사용한 밀거름과 오이 양분 흡수, 품종이 다른 것 때문인 것으로 생각된다. 시설오이의

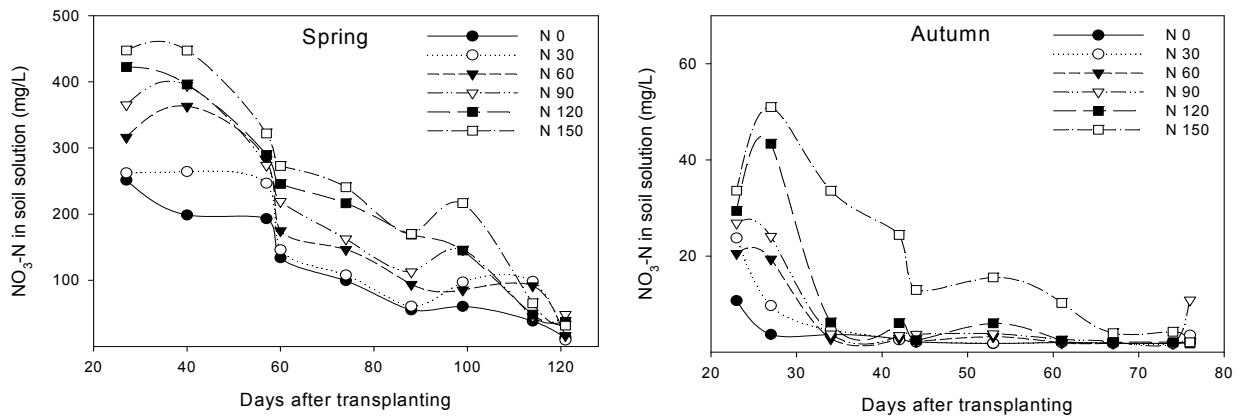


Fig. 2. Changes of $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration in soil solution by levels of nitrogen fertigation during cucumber cultivation in plastic film house.

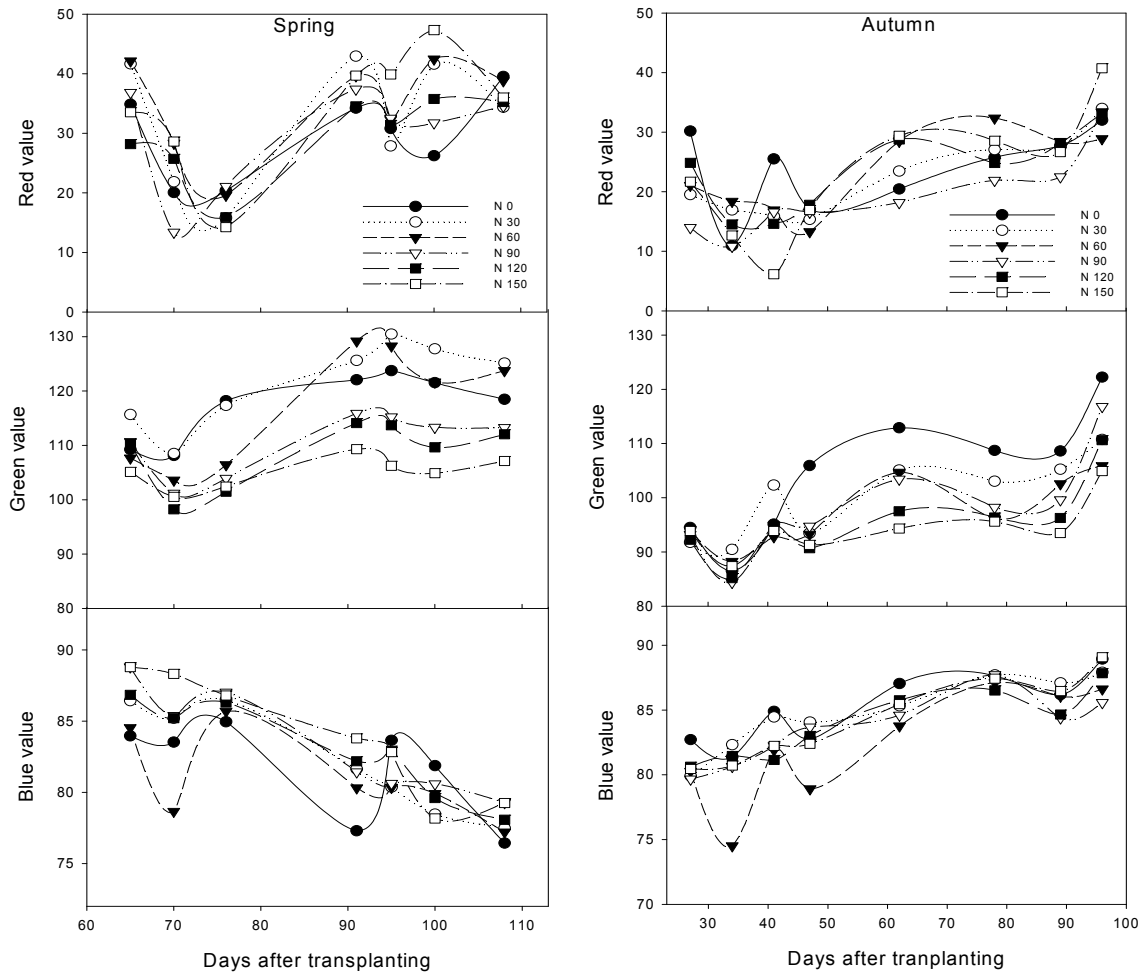


Fig. 3. Changes of RGB values in leaves by levels of nitrogen fertigation during cucumber cultivation in plastic film house.

안정적인 생산을 위해서는 토양용액의 EC를 5 dS/m 이하가 되도록 웃거름 질소를 관비하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

시설오이 생육 기간 중 토양용액 내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 450

mg/L 이상일 때, 시설오이 생육은 약간 저해를 받았으나, 토양용액의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 350-450 mg/L 범위에서 오이의 생육과 수량이 가장 높았다(Fig. 2). 밑거름의 추가사용이 없이 시설오이를 재배한 가을 작기에 웃거름 질소 13

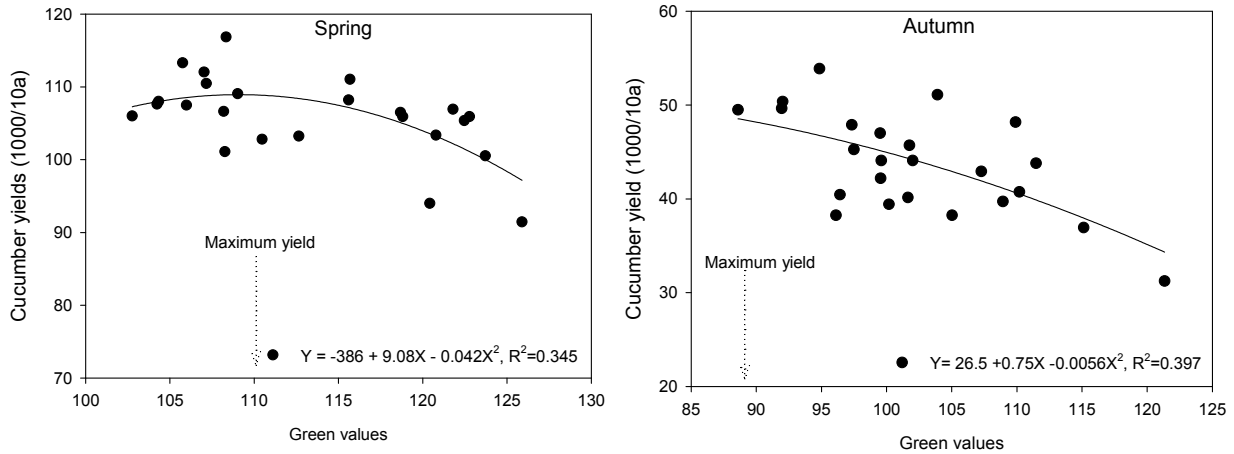


Fig. 4. Relationship between the cucumber yields and green value of leaves by levels of nitrogen fertigation in plastic film house.

kg/ha를 매주 1회씩 관주하였을 때 시설오이 최고수량을 나타내었고, 토양 용액의 최고 NO₃-N 농도는 55 mg/L로 평가되었다(Fig. 2). 그러나 가을 작기의 시설오이 최고수량을 나타내는 토양용액의 NO₃-N 농도는 회귀식으로 찾을 수 없었다. 이상의 결과로 시설오이 최고수량을 고려한다면, 토양용액의 NO₃-N 농도를 400 mg/L 이하로 관리할 수 있도록 웃거름 질소시비가 필요한 것으로 평가되었다.

시설오이 생육에 웃거름 질소 관비농도가 오이 엽색에 미치는 영향을 평가하고자 오이 재배기간 동안 색차계의 RGB 값을 측정하였다(Fig. 3). 오이엽색의 Red, Green, Blue 값은 오이 잎의 측정 위치와 노화의 정도에 따라 차이가 있었지만, 대체로 웃거름질소의 관비농도에 영향을 받았다. 그럼에도 불구하고 시설오이 생육기간 동안 오이엽색의 Red와 Blue 값은 관비농도에 따른 질소수준 사이에 통계적인 유의차가 없었다. 오이 생육에 따른 오이 잎의 Green 값은 오이 잎의 위치(생장점 기준으로 6-9번 사이)에 따라 약간의 차이가 있지만(Fig. 3), 질소관비 농도와 뚜렷한 부의 상관관계를 나타내었다(p<0.05). 그리고 오이 수확을 기점으로 오이엽색의 Green 값은 질소관비 농도가 증가함에 따라 질소 처리구 간에 통계적인 유의차가 있었다(p<0.05).

Fig. 4에서 웃거름질소 관비농도에 따른 시설오이 수량과 색차계 Green값 간에는 고도의 상관관계가 있었다. 봄과 가을 작기에 최고수량을 나타내는 색차계 Green 값은 각각 105와 110으로 평가되었다. 이상으로 오이 엽색을 색차계로 측정한 Green 값은 신속하게 웃거름 질소 관비농도를 결정하기 위한 합리적인 지표가 될 수 있었다. 그러므로

오이 시설재배지에서 색차계 RGB 값의 이용은 안정적인 작물생산과 토양양분 관리를 위한 합리적인 방안이 될 것으로 기대된다.

IV. 결론

시설재배에서 질소관비농도가 작물수량 및 생육특성, 토양용액의 NO₃-N 농도에 미치는 영향을 평가하고자 봄과 가을 작기에 시설오이로 백다다기와 취청 품종을 재배하였다. 웃거름질소 관비농도를 일주일에 120-150 mg/L 토양에 공급함으로써 시설오이의 최대수량을 얻을 수 있었다. 그러나 웃거름질소 관비농도에 따른 오이생육 및 품위특성은 질소관비 농도 간에 뚜렷한 차이가 없었다. 최고오이수량을 나타낸 웃거름질소 관비농도는 토양용액의 NO₃-N 농도를 최대 400 mg/L 부근에 도달시켰지만, 오이 생육에는 영향을 미치지 않았다. 또한 색차계에 의한 오이엽색의 Green 값은 시설오이의 수량과 고도의 상관관계를 나타내었다. 이상의 결과 토양용액의 NO₃-N 농도와 색차계의 Green 값은 시설오이 재배 기간 동안 웃거름질소 관비농도를 신속하게 결정할 수 있는 합리적인 대안이 될 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호:PJ008596032014)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

- Chung J B. 1998. Thchnique for soil solution sampling using porous ceramic cups. *Agricultural chemistry & biotechnology* 41(8):583-586.
- Cook WP, Sanders DC. 1991. Nitrogen application frequency for drip-irrigation tomatoes. *Horticultural Science* 26:250-252.
- Han K W, Cho JY, Son JG. 1998. Losses of chemical components by infiltration water during the rice cultivation at silt loam paddy soil. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 17(3):268-273.
- Hedge DM. 1997. Nutrient requirement of solanaceous vegetable crops. *Extension Bulletin ASPAC, FFTC, No. 441, 9.*
- Hong S D, Kim KI, Park HT, Kang SS. 2001. Relationship between leaf chlorophyll reading value and soil N supplying capability of tomato in green house. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 34:85-91.
- Jung GB, Ruy IS, Kim BY. 1994. Soil texture, electrical conductivity abd chemical fertilzer and farm manure for major crop. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 27:238-246.
- Jung BG, Choi JW, Yun ES, Yoon JH, Kim YH, Jung GB. 1998. Chemical properties of the horticultural soils in the plastic film houses in Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 31:9-15.
- Lee GJ, Kang BK, Kim HJ, Park SK, Min KB. 2001. Effect of nitrogen fertilizers on soil pH, EC, NO₃-N and Lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 34:122-128.
- Lee SM, Yoo SH, Kim KH. 1995. Changes in concentrations of Urea-N, NH₄-N and NO₃-N in percolating water during rice growing season. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 28(2):160-164.
- Lim JH, Lee IB, Kim HL. 2001. A criteria of nitrate concentration in soil solution and leaf petiole juice for fertigation of cucumber (*cucumis sativus* L.) under greenhouse cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 34(5):316-325.
- Miller RJ, Rolstam DE, Rauschkolb RS, Walfe DW. 1976. Drip irrigation of nitrogen is efficient. *California agriculture* 30:16-18.
- NAAS. 2000. *Methods of soil and plant analysis.* National of Agricultural and Academy Science, RDA, Suwon, Korea.
- Roh KA, Kim PJ, Kang KK, Ahn YS, Yun SH. 1999. Reduction of nutrient infiltration by supplement of organic matter in paddy soil. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 18(4):196-203.
- Roppongi, K. 1998. Study on nutrient management in vegetable greenhouse soil by real time diagnosis. *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition* 69:253-238.