CNU Journal of Agricultural Science Vol. 42, No. 4, pp. 319-324, December 2015
DOI: http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.4.319

시설애호박 관비재배 시 생육단계별 질소요구량 산정

하상건 · 손연규 · 정강호 · 이예진 · 조민지 · 윤혜진 · 성좌경*

국립농업과학원 토양비료과

Estimation of growth stage-based nitrogen supply levels for greenhouse semi-forcing zucchini cultivation

Sang-Keun Ha, Yeon-Kyu Sonn, Kang-Ho Jung, Ye-Jin Lee, Min-Ji Cho, Hye-Jin Yun, Jwa-Kyung Sung*

Soil and Fertilizer Division, NASS, RDA, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Korea

Received on 24 September 2015, revised on 7 October 2015, accepted on 26 October 2015

Abstract : An estimation of the requirement of minerals based on growth stage and cropping pattern is very important for greenhouse zucchini. This study was performed at farmer's field which was applied with a fertigation system and a semi-forcing cultivation from Feb. to July in 2014, and nitrogen levels were set up with x0.5, x0.75, x1.0 and x1.5 of the NO_3-N-based soil-testing recommendation for zucchini cultivation. Top dressing of nitrogen (basal : top = 4 : 6) and potassium (basal : top = 3 : 7) was applied with an interval of every two weeks from two and six weeks after transplanting, respectively, and phosphorus was totally supplied with basal dressing. The nitrogen uptake was the order of x1.0, x0.75, x1.5 and x0.5, phosphorus, x1.0, x0.75, x0.5 and x1.5, and potassium, x0.75, x1.0, x1.5 and x0.5. From these results, it was suggested that highest mineral uptake could be reached between x0.75 and x1.0 of the NO_3-N-based soil-testing recommendation. In conclusion, nutrient management based on the growth stage was proven to be better method for favorable growth and yield of zucchini.

***Key words* :** Zucchini, Nitrogen, Growth stage, Mineral uptake

I. 서 론

시설재배는 작물의 연중 생산이 가능하여 재배면적이 매년 증가하고 있으며, 특히 시설애호박의 시설재배 면적은 2,650 ha (MAFRA statistics, 2013)에 이르는 것으로 보고되어 있다. 그러나 화학비료 및 가축분퇴비의 과다 사용은 농경지 토양의 염류집적과 지하수 오염의 가장 큰 원인으로 나타나(Pang et al., 1997), 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 토양의 양분공급능력과 완충능력을 이용하여 작물의 필요한 시기에 필요한 양의 양분을 공급하는 관비재배가 대두되어 왔다(Hedge, 1997).

토양 중 용탈, 휘산 또는 탈질작용은 작물의 질소이용율을 현저히 감소시키는 요인이다. 일반적으로 작물 생산에 이용되는 질소이용율은 약 33%이고, 나머지는 다양한 경로를 통해 손실되고 있다(Raun et al., 1999). 비료의 적절한 분시는 작물재배기간 중 비료의 이용율을 높임으로써 토양 염류집적 감소, 안정적 작물생육 및 수량을 증가시킨다(Miller et al., 1976). 시설작물 재배 시 정식 전 전량 밑거름보다는 작물의 생육양상을 고려하여 분시하는 것이 유리한데, 시설참외의 경우 정식 후 20일부터 10 – 15일 간격으로 질소를 관비의 형태로 나누어 줄 때 토양검정 질소공급량의 50% 수준에서 가장 높은 생육과 수량을 얻을 수 있었으며(Jung et al., 2010), 시설토마토는 토양검정 질소공급량의 80%를 공급하였을 때 최대수량을 나타낸다(Lee et al., 2007)고 보고되었다. 따라서 작물생산을 위한 비료사용량을 토양검정공급량에 준하여 사용한다할지라도 관비재배 시 양분 이용율이 상승한다는 점을 고려할 때, 토양검정공급량에 상응하는 비료 전량을 관비하는 것은 비료자원의 낭비를 초래할 것이다.

최근 우리나라 시설재배의 비료공급방법은 밑거름을 일

***Corresponding author:** Tel: +82-63-238-2445
E-mail address: jksung@korea.kr

정비율 공급하고, 작물재배과정 중에 질소, 칼리 및 미량원소 등을 관비형태로 공급하고 있으나, 작물별 적정 비료공급량에 준하지 않고 농가마다 경험에 의존하여 관비를 하고 있는 실정이다. 이러한 결과로 우리나라 시설재배 토양의 화학성은 지속적으로 악화되고 있는데, 토양전기전도도(EC), 유기물함량 및 양이온함량이 적정범위 대비 48 – 80%에서 초과하는 것으로 알려져 있다(NAAS, 2012). 이는 우리나라 시설재배농가의 비료공급량이 질소는 1.5 – 1.8배, 인산은 1.6 – 4.3배, 칼리는 1.4 – 2.2배로 기준보다 많은 양을 공급하고 있다는 것을 반증한다.

시설재배토양의 화학성을 안정적으로 유지하기 위해서는 노지와는 다른 방법으로 비료사용량을 설정해야하고(Park and Hong, 2000), 토양의 양분을 실시간으로 분석하거나(Lim et al., 2001), 작물의 생육단계별로 나누어 공급(Jung et al., 2010; Lee et al., 2007)하는 것이 작물생육은 물론 토양화학성 개선에도 크게 유효할 것으로 생각된다. 본 연구는 토양검정공급량에 준하는 질소량을 기준으로 처리량을 가감하여 관비하였을 때, 반촉성 시설애호박의 생육과 수량에 미치는 영향을 분석하고 애호박 생육단계별 양분흡수특성을 검토하여 관비재배 시 생육단계별 질소비료공급량을 산정하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료 및 시험방법

본 실험은 2014년부터 2015년까지 경기도 평택시 서탄면에 위치한 시설애호박을 재배하는 농가포장에서 수행하였다. 실험에 사용된 애호박 품종은 “진안애호박”으로, 실험포장은 단동 2중 PE필름 하우스로 폭 6 m, 길이 100 m로 조성된 시설하우스이다. 정식은 2월 하순에 100(휴간거리) × 50(주간거리) cm의 재식밀도로, 각 처리구의 면적은 50 m^2(3반복)로 하였다. 시험 전 토양분석결과는 Table 1과 같다. 대부분의 화학성은 시설애호박 재배를 위한 적정범위에 속해있으나, 토양전기전도도(Electric conductivity, EC), 수용성 칼리 및 수용성 칼슘함량이 약간 높은 토양이었다. 토양검정 질소시비량은 국립농업과학원 작물별 시비처방기준(NAAS, 2010)을 바탕으로 y = 32.77 – 0.108x (y: 질소시비량, x: 토양 중 질산태 질소함량) 식을 통해 계산하였으며, 밑거름과 웃거름의 비율은 각각 50%로 하였다. 질소수준은 토양검정 질소시비량을 1.0 N으로, 50%(0.5 N), 75%(0.75 N) 및 150%(1.5 N)으로 설정하였다. 웃거름 질소 (요소비료)는 재배기간 동안 2주 간격으로 총 9회에 나누어 관비형태로 공급하였으며 1회는 전체 공급량의 5%, 2 – 3회는 전체 공급량의 15% 및 4 – 9회는 전체 공급량의 80%로 하였으며, 웃거름 칼리(염화가리)는 3회부터 질소와 섞어서 공급하였다. 본 실험을 위한 토양의 토성은 양토이고 수분함량은 토양수분장력 33 kPa를 기준으로 하였다.

2. 생육조사, 식물체 및 토양분석

시설애호박의 양분함량, 양분흡수량 및 토양 중 질산태 질소함량의 경시적인 변화를 알아보기 위하여 정식 후 2주부터 2주 간격으로 식물체 및 토양시료를 채취하였다. 시설애호박의 수량(상품과 기준)은 처리 당 30주의 누적생산량을 통해 계산하였다. 양분흡수량을 분석하기 위하여 식물체 시료채취 시 잎, 줄기 및 과실 등 부위별로 나누어 건조시킨 후 건물중을 측정하고, 건물 당 양분함량을 분석하여 전체 양분흡수량으로 환산하였다. 식물체 시료는 80℃에서 48시간 동안 건조시킨 후 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 시료(0.5 g)를 추출용액(377 mM H_2SO_4 + 36% perchloric acid) 5 ml로 습식 분해하여 여과(Whatman No. 6)한 후(NAAS, 2010), 증류수로 10배 희석하여 질소는 질소자동분석기(Auto analyzer 3, BRAN+LUEBBE, Germany)을 이용하여 660 nm 에서 측정하였고, 인산은 UV-Spectrometer (Hitachi, Japan)를 이용하여 880 nm에서 측정하였다. 양

Table 1. Chemical properties used in this experiment

Chemical properties	pH (1:5)	EC (1:5)	T-N (g/kg)	Inorganic N (mg/kg)	OM (g/kg)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. Cations ($cmolc^+ kg^{-1}$)			
							K	Ca	Mg	Na
Soil	6.0	2.2	2.1	95	27.2	364	1.2	6.3	1.9	0.8
Recommend	6.0 ~6.5	< 2.0	-	70 ~200	20 ~30	350 ~450	0.7 ~0.8	5.0 ~6.0	1.5 ~2.0	-

이온 함량은 ICP (GBC, Intergra XL, Australia)를 이용하여 측정하였다. 토양 일반성분 분석은 토양을 음건한 후 2 mm 체로 쳐서 분석시료로 사용하였다. 토양 및 식물체 분석법(RDA, 2000)에 준하여 NO_3-N는 생토 5 g에 침출액(2 M KCl) 25 ml를 넣고 30분간 진탕한 후 여과지(Whatman No. 2)에 여과한 후, 질소자동분석기로 440 nm에서 측정하였다. 토양의 pH와 EC는 토양시료와 증류수를 1 : 5의 비율로 혼합하여 측정하였다. 유효인산은 토양시료 5 g에 침출액(333 mM Acetic acid + 1.5 N Lactic acid + 30 mM Ammonium Fluoride + 213 mM Sodium Hydroxide + 50 mM Ammonium Sulfate, pH 4.25) 20 ml를 넣고 10분간 진탕하여 여과(Whatman No. 2)한 후, 증류수로 희석하여 UV-Spectrometer를 이용하여 720 nm에서 측정하였다. 양이온 분석은 건토 5 g에 단일침출액(1 N CH_3COONH_4, pH 7.0) 25 ml을 넣고 30분간 진탕하여 Whatman No. 2 여지로 여과하여 ICP로 측정하였다.

3. 시험구 배치 및 통계분석

본 실험의 시험구 배치는 완전임의배치법(Completely randomized design) 3반복으로 하였으며, 각각의 실험결과는 엑셀프로그램을 평균치와 표준편차를 산출하였고, 처리 간 평균을 비교하기 위하여 SAS (ver. 9.01, SAS Institute Inc., Cary, NC) 프로그램으로 분산분석(ANOVA) 후, 유의성이 인정되는 경우 최소유의차검정(LSD)를 수행하였다. 또한 실험결과의 그래프는 Sigma plot (ver. 11.0)을 이용하여 작성하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양 중 질산태 질소함량, 애호박 생육 및 수량

질소수준별 토양 중 질산태 질소함량의 경시적인 변화를 알아보기 위하여, 정식 후 2주부터 2주 간격으로 질산태 질소함량을 분석하였다(Fig. 1). 토양 중 질산태 질소는 질소공급량에 비례하는 경향을 보이지 않았으며, 공급수준에 관계없이 정식 후부터 정식 후 12주까지는 60 – 140 mg kg^{-1}의 범위를 보이다가, 생육후기인 정식 후 14주부터 현저히 감소하여 2 – 55 mg kg^{-1}의 범위로 낮아졌다. 이러한 결과는 애호박의 생육양상과 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타났는데(Fig. 2), 애호박의 생육은 정식 후 8주까지는 영양생장위주의 생육(lag phase)을 보이다가 정식 후 8주부터 영양생장과 생식생장이 동시에 진행되는 생육단계(exponential phase)로 양분의 요구량이 극대화되는 시기가 정식 후 16주까지로 나타났다. 그 이후에는 애호박의 영양생장과 생식생장의 증대에 변화가 거의 없는 생육단계(lag phase)로 나타났다. 본 연구결과 토양 중 질산태 질소함량과 애호박 생육양상은 약 2주 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양검정 질소공급량의 0.5 – 1.5배로 처리한 시설참외의 생육에서도 질소공급수준 간에 유의적인 차이가 없었다(Jung et al., 2010)는 연구결과가 본 연구에서

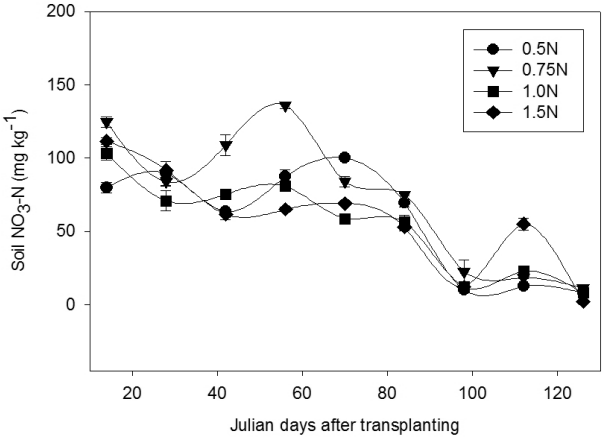

Fig. 1. Temporal changes in soil NO_3-N concentrations in greenhouse zucchini by N supply levels. Greenhouse zucchini seedlings were transplanted at late-February in 2014 and 2015. Each data indicate an average of three repeats and an error bar means the standard deviation.

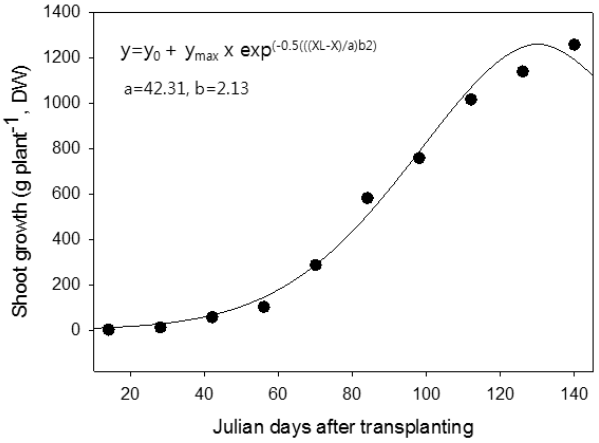

Fig. 2. Shoot growth of greenhouse zucchini predicted by modified-Gaussian equation during the whole growth season. Each point indicates an average of four treatments (0.5, 0.75, 1.0 and 1.5 N) (n=3).

Table 2. Yields of greenhouse zucchini by nitrogen supply levels during the whole growth season.

N level	Growth parameter				Yields
	Node length (cm)	Node width (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	(Mg ha^{-1}, fresh fruit)
0.5 N	13.4 ± 1.5	9.4 ± 1.6	26.2 ± 2.0	27.7 ± 3.2	74.9 (94)b
0.75 N	13.2 ± 1.3	9.2 ± 0.9	27.1 ± 1.9	27.8 ± 3.4	84,8 (106)a
1.0 N	13.2 ± 1.7	8.8 ± 1.3	26.1 ± 1.9	27.6 ± 2.9	79,7 (100)ab
1.5 N	12.8 ± 1.2	8.8 ± 1.6	27.1 ± 2.1	27.4 ± 2.8	81,4 (102)a
F-value	0.71	0.88	1.74	0.04	4.92*

Table 3. N, P and K-partitioning of greenhouse zucchini by nitrogen supply levels at final harvesting stage.

Mineral	Tissue	0.5N	0.75N	1.0N	1.5N
		---------- g, DW ----------			
N	Leaf	3.5 (16)†	5.0 (17)	4.5 (15)	5.2 (18)
	Stem	1.4 (7)	1.4 (5)	1.6 (5)	1.1 (4)
	Fruit	16.1 (74)	22.0 (76)	22.8 (77)	21.7 (75)
	Root	0.6 (3)	0.7 (2)	0.8 (3)	0.9 (3)
P	Leaf	2.1 (17)	2.5 (19)	2.5 (17)	1.9 (15)
	Stem	1.6 (13)	0.9 (7)	1.2 (8)	0.8 (6)
	Fruit	8.4 (65)	9.2 (70)	10.3 (69)	9.0 (71)
	Root	0.6 (5)	0.6 (4)	0.8 (6)	0.9 (7)
K	Leaf	6.3 (16)	10.1 (20)	7.2 (15)	7.0 (15)
	Stem	6.6 (16)	5.5 (11)	5.6 (12)	4.2 (9)
	Fruit	26.6 (66)	33.3 (66)	33.4 (70)	33.5 (72)
	Root	1.1 (3)	1.3 (3)	1.5 (3)	1.8 (4)

†The parenthesis indicates the relative percentage (%) of each tissue to total concentrations.

도 동일하게 나타난 것으로 볼 때, 우리나라 시설재배토양의 양분집적이 매우 높고 및 관비를 이용한 양분공급 시 표층시비에 비해 양분이용율이 높아 양분공급량을 줄여야 할 것으로 생각된다. 애호박 생육최성기(정식 후 10 – 16주)에 질소수준별로 경장, 경폭, 엽장, 엽폭 및 수량(상품과 기준)을 측정한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 경장은 12.8 – 13.4 cm, 경폭은 8.8 – 9.4 mm, 엽장은 26.1 – 27.1 cm 및 엽폭은 27.4 – 27.8 cm로 질소수준 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면 질소수준 간 애호박의 단위면적(ha)당 상품과 수량은 토양검정 질소공급량의 0.75배에서 84.8 Mg으로 가장 많았으며, 1.5배(81.4 Mg), 1.0배(79.7 Mg) 및 0.5배(74.9 Mg)의 순으로 처리간에 유의적인 차이가 나타났다(F-value : 4.92, $p<0.05$). Jung 등(2005)에 따르면, 오이 관비재배 시 질소효율을 40%까지 증진된다고 보고한바 있다. 본 연구결과에서는 토양검정 질소공급량의 0.75배 수준에서 애호박 수량이 가장 높은 것으로 볼 때, 관비를 이용한 질소의 이용효율을 25%가량 증가시키는 것으로 생각된다. 다만 관비를 이용한 질소이용효율은 토양의 토성, 유효토심, 양분집적양상 및 작물에 따라 다소 차이가 있을 것으로 판단된다.

2. 애호박 부위별 분배특성 및 양분흡수양상

애호박 최종수확기 부위별(잎, 줄기, 과실, 뿌리)의 질소, 인산 및 칼리의 흡수량과 분배특성을 분석하였다(Table 3). 질소공급수준에 관계없이 질소, 인산 및 칼리의 분배는 과실에서 65 – 77%로 가장 높았고, 잎에서 15 – 20%, 줄기에서 4 – 16% 및 뿌리에서 2 – 7%를 차지하였다. 질소공급수준별로 볼 때, 토양검정 질소공급량의 0.75 – 1.5배에서 잎과 과실의 질소, 인산 및 칼리흡수량이 0.5배에 비해 상대적으로 높았으나, 줄기의 흡수량은 0.5배에서 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 질소공급수준 및 생육단계별 애호박의 질소, 인산 및 칼리의 흡수양상을 분석한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 생육단계별 양분흡수량은 질소공급

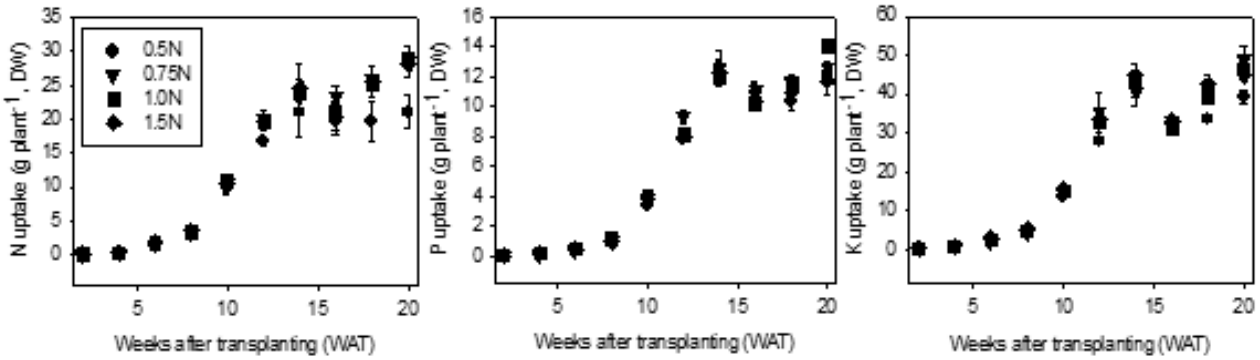

Fig. 3. Growth stage-based mineral (N, P, K) uptake of greenhouse zucchini during the whole growth season. Each point indicates an average of three repeats.

수준에 관계없이 애호박 생육양상(Fig. 2)과 동일한 양상을 보였다. 질소, 인산 및 칼리의 흡수량은 정식 후 10주까지는 질소공급수준 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 정식 후 12주부터 토양검정 질소공급량의 0.75 – 1.5배에서 질소(172 – 256 kg/ha)와 칼리(272 – 433 kg/ha)으로 0.5배의 질소(148 – 186 kg/ha)와 칼리(245 – 368 kg/ha)로 각각 22와 12% 높은 것으로 나타났다. 특히 토양검정 공급질소량의 0.5배에 해당하는 질소를 웃거름 관비로 공급하는 경우, 애호박 생육후기 질소흡수량을 현저히 감소시켜 생육과 애호박 수량에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

3. 애호박 생육단계별 양분요구량

생육단계별 생육양상, 양분흡수량 및 수량을 고려할 때, 토양검정 질소공급량의 0.75배가 가장 좋은 것으로 나타나 이를 바탕으로 시설애호박 봄작형 재배 시 각 생육단계별로 요구되는 질소와 칼리의 관비공급량을 산정하였다(Table 4). 정식 후 8주까지는 질소와 칼리의 흡수량이 높지 않아(Fig. 2), 단위면적당(ha) 1 – 8 kg의 질소를 2주 간격으로 관비하고, 생육최성기인 정식 후 10 – 14주에는 21 – 47 kg, 생육후기에는 6 – 12 kg의 질소를 관비형태로 공급하면 애호박의 최적생육과 수량을 얻을 것으로 생각된다. 또한 칼리의 경우, 생육초기에는 토양 중에 존재하는 양으로도 애호박이 생육하기에 충분한 것으로 생각되며 생육최성기에 71 – 94 kg을 생육후기에 10 – 14 kg을 관비로 공급하면 충분한 것으로 나타났다. 시설재배작물의 질소요구량은 토양양분함량과 재배작형에 크게 달라질 수 있는데, 애호박의 생육시기가 길어질수록 질소의 흡수량이 증가한다(Jung et. al., 2005)고 하였으나, 본 연구에서는 생육최성기 이후에는 애호박의 질소흡수량은 크게 변화하지 않는 것으로 나타나 재배작형에 따른 작물의 양분요구량 산정이 필요할 것으로 생각된다. 또한 생육시기에 따라 관비농도와 관비주기가 작물생육과 수량에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 토양양분상태와 작물의 양수분흡수특성을 고려한 관비공급시스템의 적용이 필요하며(Lee et al., 2006), 일시에 다량의 관비보다는 5 – 10일 간격의 소량관비가 토양 중 양·수분 균형과 작물의 양분흡수증진을 위해 효과적이므로(Park et al., 1997) 토양 중 양·수분특성 및 작물별 재배작형을 고려한 관비량 및 관비주기의 설정이 필요할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구는 토양검정 질소공급량을 기준으로 질소공급량을 가감하여 관비하였을 때, 시설애호박 봄작형 재배 시 애호박의 생육, 양분흡수특성 및 수량에 미치는 영향을 분석하여 이를 바탕으로 시설애호박의 생육단계별 최적 질소공급량을 산정하기 위하여 수행하였다. 토양 중 질산태질소의 농도가 50 mg/kg 이상이면 정상적인 애호박 생육이 가능할 것으로 나타났다. 애호박 생육은 생육초기, 생육최성기 및 생육후기로 나뉘어졌으며 질소공급수준에 의해 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 애호박 상품과 수량은 토양검정 질소공급량의 0.75배에서 가장 높았다. 애호박의 질소, 인산 및 칼리흡수량은 생육최성기(정식 후 16주)까지 급격히 증가하다가 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 결과적으로 토양검정 질소공급량의 0.75배에 해당하는 질소(150 kg/ ha)를 관비형태로 애호박의 생육양상을

Table 4. Growth stage-based N and K requirement of greenhouse zucchini for the Spring-Summer cultivation. Mineral requirement was estimated on the basis of uptake and use efficiency of minerals.

Growth stage (Weeks after transplanting)	N	K
	------ kg ha^{-1} ------	
2	-	-
4	1	-
6	7	-
8	8	-
10	40	89
12	47	94
14	21	71
16	12	14
18	8	12
20	6	10
Total requirement	150	290

고려하여 공급하였을 경우 생육 및 수량에 가장 효과적인 것으로 판단된다. 향후 재배작형 및 토양조건에 따른 시설애호박의 생육단계별 최적 관비질소농도범위를 설정을 위한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 시험연구과제 “과제명: 점적관개를 이용한 시설재배지 및 간척지 정밀 양수분 관리기법 개발 (과제번호: PJ010058)”의 연구비 지원을 통해 수행하였습니다.

참 고 문 헌

Hedge DM. 1997. Nutrient requirement of *Solanaceous* vegetable crops. Extension Bulletin ASPAC, FFTC. No. 411. 9.

Jung BG, Jun HJ, Song YS, Lee KS. 2005. Establishment of optimum nitrogen application rates in fertigation system for vegetable cultivation. Annual report of National Academy of Agricultural Science pp. 270-289. [in Korean]

Jung KS, Jung KH, Park WK, Song YS, Kim KH. 2010. Establishment of the optimum nitrogen application rate for Oriental Melon at various growth stages with a fertigation system in a plastic film house. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 43:349-355. [in Korean]

Lee IB, Lim JH, Park JM. 2007. Effect of reduced nitrogen fertigation rates on growth and yield of tomato. Korean Journal of Environmental Agriculture 26:306-312. [in Korean]

Lee ST, Kim YB, Lee YH, Lee SD. 2006. Effect of fertigation concentration on yield of tomato and salts accumulation in soils with different EC level under PE film house. Korean Journal of Environmental Agriculture 25:64-70.

Lim JH, Lee IB, Kim HI. 2001. A criteria of nitrate concentration in soil solution and leaf petiole juice for fertigation of cucumber under greenhouse cultivation. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 34:316-325. [in Korean]

Miller RJ, Rolstan DE, Rauschkolb RS, Walfe DW. 1976. Drip irrigation of nitrogen is efficient. California Agriculture 30: 16-18.

NAAS. 2010. Fertilizer recommendation for crop production pp. 82-83. [in Korean]

NAAS. 2012. Monitoring project on agro-environmental quality pp. 50. [in Korean]

Pang XP, Letey J, Wu L. 1997. Irrigation quantity and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. Soil Science Society American Journal 61:257-261.

Park DK, Kwon JK, Lee JH, Um YC, Kim HT. 1997. Effects of fertigatin on yield and quality of Oriental Melon. Horticulture abstracts. pp. 207.

Raun WR, Johnson GV. 1999. Review and interpretation: improving introgen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91:357-362.