

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
시설과채류 양분 현장진단 및 처방기술 개발 연구		농업환경	'10~'12	농업기술원 환경농업연구과	원태진
토마토 재배토양 및 식물체 간이진단에 의한 질소 처방기술 개발		농업환경	'12	농업기술원 환경농업연구과	원태진
색인용어	토마토, 엽병즙액, 습토 추출액, 질소진단				

ABSTRACT

This study was carried out to establish the simple diagnosis standard of realtime soil and plant to manage the effective fertilizer application in growing site of tomato crop in 2012. N fertilizer(urea) were applied at 0, 50, 100 and 200% levels of the recommended application rate from 30 days after transplanting to harvest by soil fertigation treatments. Simple analysis of nitrate(NO_3^-) using 3 and 4th little leaf petioles of top 10 or 11th leaf petioles collected between 10 to 11 o'clock in the morning showed stable results.

Under the semiforcing culture, NO_3^- content of leaf petiole juice was lowest at 90 days after transplanting(DAT) at all fertigation treatments. Appropriate NO_3^- content of leaf petiole juice was $2,680 \pm 104 \sim 2,980 \pm 125$ at 60 DAT, $2,337 \pm 86 \sim 2,472 \pm 210$ at 75 DAT, $984 \pm 106 \sim 986 \pm 121$ at 90 DAT, $998 \pm 117 \sim 1,362 \pm 131$ at 105 DAT, and $626 \pm 130 \sim 891 \pm 41 \text{mg}/\ell$ at 120 DAT, respectively. In addition, appropriate NO_3^- content of soil solution was $40 \pm 11 \sim 65 \pm 6$ at 60 DAT, $21 \pm 2 \sim 41 \pm 15$ at 75 DAT, $20 \pm 1 \sim 33 \pm 2$ at 90 DAT, $58 \pm 11 \sim 62 \pm 4$ at 105 DAT, and $89 \pm 14 \sim 118 \pm 15 \text{mg}/\ell$ at 120 DAT, respectively. The tomato yield at 100% N level of fertigation was 4,942kg/10a and no difference in yield was found at 50%, 200% N level of fertigation. However, there was 9% decrease in yield at 0% N fertigation.

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

1. 연구목표

2011년 경기도 과채류 재배면적은 1,998ha로 전국(36,713ha) 대비 5.4% 점유하고 있으며 이중 시설토마토는 566ha로 도내 과채류 재배면적의 28.3%를 차지하고 있다. 토마토는 시설 원예작물중에서도 시비량이 많아 염류집적이 많으며 일반적으로 윤작

이 이루지지 않아 연작장해 발생이 많다. 토마토 양분 불균형시 나타나는 이상증상에 대한 현재까지의 식물 영양진단법은 토마토 잎을 건조시켜 습식분해한 후 함량을 측정하여 정상잎과 비교하는 방식으로 이루어져왔다(농촌진흥청, 2003). 그러나, 이러한 정밀분석 방법은 분석기간이 1~2주 소요되므로 농가 생산현장에서는 피해 발생시기에 즉시 해결방법이 없어 영양진단에 어려움을 겪고 있다. 토마토는 적기에 필요한 양분이 부족하면 엽의 생육이 정지되고, 상위 엽은 작아지며 하위엽은 황화증상을 보이고 착과수가 적어진다. 염류집적에 대한 근본적인 방안으로서 토양비옥도를 고려한 시비조절이 필요하며, 외국에서는 작물 생산성을 유지하는 동시에 환경오염 경감을 위해서 토양중 적정 양분상태를 유지하는 방법 또는 작물자체의 양분상태를 기준으로 시비량을 결정하는 방법(Roppongi, 1998) 등이 검토되어 왔다. 이 중 Test strip을 이용한 질산이온 분석법은 그 측정값이 비교적 정확할 뿐 아니라 농민과 같이 비전문가도 현장에서 실시간으로 편리하게 토양과 작물의 질소 양분상태를 확인할 수 있어 그 활용가능성이 높다고 알려져 있다(임 등, 2001). 그러나 토양과 작물중 양분의 과부족을 진단하기 위한 질산이온 농도 기준설정에 대한 국내 연구는 아직 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 토마토 시설재배시 농가에서 손쉽게 사용 가능한 토양 및 식물체의 간이 질소 실시간 진단기술을 개발하여 과학적인 양분진단과 합리적 시비로 토양내 염류집적을 완화하고 고품질 생산기술 개발을 위하여 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2012년 경기도농업기술원에서 방울토마토(유니콘)를 비닐하우스내에서 재배하였다. 3월 27일에 재식거리 80×40cm, 2조식으로 정식하였으며 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 질소는 토양검정시비량을 기준으로 표준시비량의 50%는 20cm 작토층과 충분히 혼합하여 시험구 모두 정식전 기비로 시용하였고, 나머지 50%는 각 처리별 시용량을 추비로 분시하였다.

처리내용은 질소 추비량을 무시용, 표준시용량의 0.5배, 1배, 2배량의 4수준으로 하였으며, 정식후 30일부터 일주일에 2회씩 수확종료시까지 관비로 균등 시용하였다. 인산은 전량 기비로 시용하였고 칼리는 기비 30%, 추비 70% 비율로 하여 추비는 정식후 30일부터 일주일에 2회씩 수확종료시까지 질소와 함께 관비로 균등 시용하였다.

토양 화학성 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원(2000)의 토양분석법에 준하여 실시하였다. 정식후 45일부터 15일 간격으로 토양중 질산이온(NO_3^-) 분석을 위해 각 처리별 생육이 균일한 토마토 5주를 대상으로 관수 1일후 줄기에서 10cm 떨어진 지점에서 지하로 10cm 지점에 근권 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 고르게 혼합한 후 5ml 플라스틱 용기를 이용하여 생토용적침출법 시료로 일부 이용하고 나머지 잔량은 풍건한 후 2mm체를 통

과시커 토양 화학성 분석시료로 사용하였다. 토마토 엽병증액 중 질산이온 함량 분석은 정식후 60일부터 15일 간격으로 각 처리내 생육이 균일한 토마토 5주를 선발하여 엽위치별로 엽병을 채취하여 마늘착즙기로 착즙하였다. 토양 및 엽병증액 중 질산이온 함량은 휴대용 Reflectometer (RQflec, Merck Co., Jer)를 이용하여 Test strip법으로 측정하였다. 시험전 토양 화학성은 표 1과 같이 pH는 5.3, EC는 4.7dS/m인 토양조건이었다.

표 1. 시험전 토양의 화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cations (cmol kg ⁻¹)			NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg	
시험전	5.3	4.7	12.3	205	0.51	7.7	3.0	188

3. 결과 및 고찰

가. 재배기간중 기상 및 정식후 시기별 토양 화학성

재배기간 중 하우스내 평균기온, 지중온도 및 일조시간은 그림 1과 같다. 방울토마토 생육적온인 20℃에 도달하는 하우스내 평균기온은 5월 중순부터 였으며, 지중온도는 5월 상순부터 20℃이상을 나타내었다. 일조시간은 정식후 30일 동안 일조시간이 평년에 비해 적었으나 이후 평년보다 일조시간이 많게 경과하였다.

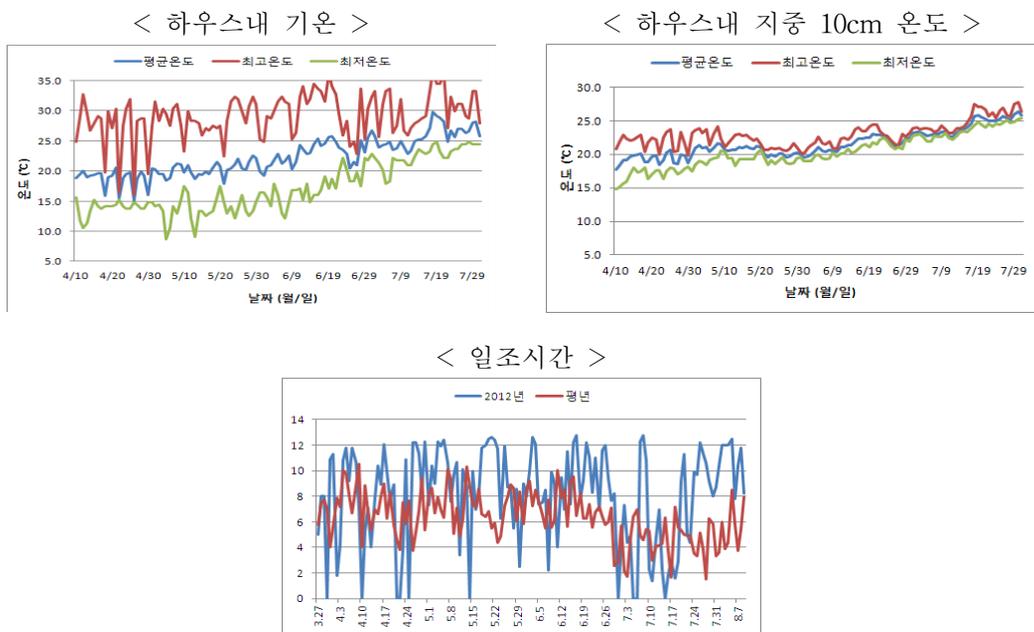


그림 1. 재배기간 중 기상

질소 관비처리에 따른 정식후 시기별 EC, NO₃-N변화는 표 2와 같다. EC는 1.4~3.1dS m⁻¹ 정도로 정식후 시기별 질소 관비량 증가에 따라 높아지는 경향이었으며, 정식후 시기별 질산태질소 함량도 EC와 같은 경향을 나타내 EC값과 질산태질소 함량간에는 상호 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

표 2. 시기별 EC, NO₃-N 변화

번호	처리내용	EC (dS m ⁻¹)					NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)				
		45일 [↓]	60	75	90	105	45일	60	75	90	105
1	관비 N 0	1.4	1.4	1.5 b	2.0 c	2.0 b	22	29	14 c	28 c	46 b
2	관비 N 0.5	1.5	1.5	1.6 b	2.2bc	2.2 b	22	31	18 b	42 b	52 b
3	관비 N 1.0	1.6	1.6	1.8ab	2.6ab	2.9 a	25	35	23 b	50ab	69 a
4	관비 N 2.0	1.8	1.8	2.1 a	2.8 a	3.1 a	29	37	35 a	56 a	77 a

↓ 정식후 일수

나. 엽위순서 및 엽병채취 시간대별 NO₃⁻ 함량

작물의 체내 영양원소 농도에 대해 김 등(2003)은 엽의 위치, Scaife 등(1983)은 하루 중 채취시간에 따라 다르다고 하였다. 따라서 본 시험에서도 즙액추정에 이용될 엽병의 적정위치와 채취시간대를 결정하기 위하여 엽병위치와 채취시간대별로 NO₃⁻ 함량변화를 조사하였다(그림 2). 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 상위 선단으로부터 6~14 번째는 하위 엽병으로 갈수록 증가하는 경향이었고, 1~5번, 15~20번 사이 엽병즙액의 NO₃⁻ 함량은 엽병 위치에 따라 변화가 심하며 감소하는 경향으로 이 위치의 엽병들은 간이 양분진단 시료로 이용하기가 곤란하였다. 그러나 상위 10~11마디 엽병은 전체 엽병즙액내 NO₃⁻ 평균함량이며 강 등(2009)의 완숙토마토 엽병채취위치와 동일하여 가장 적절하다고 판단되었다. 토마토의 상위 10~11번째 엽병을 절단하여 시료 이용을 위한 제거시 과실 양분공급에 불리할 것으로 판단되어 소엽병의 3~4번째 엽병이 평균함량을 보였고 강 등(2009)의 채취위치와도 동일하였다. 하루 중 엽병 채취시간은 강 등(2009)은 오전 9시~11시까지는 완만히 증가하고 오전 11시부터 급격히 증가후 오후 1시에 최대값을 나타냈다고 하였는데 엽병채취는 오전 10~11시 사이에 채취하였다.

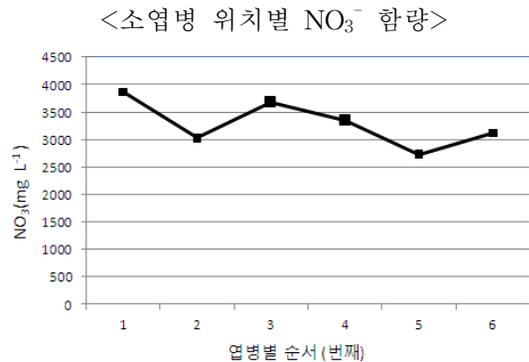


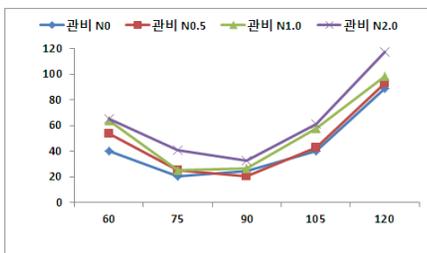
그림 2. 오이 엽병 채취부위, 채취시간별 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량

다. 정식후 시기별 생토 추출액 및 엽병즙액의 NO₃⁻의 적정함량

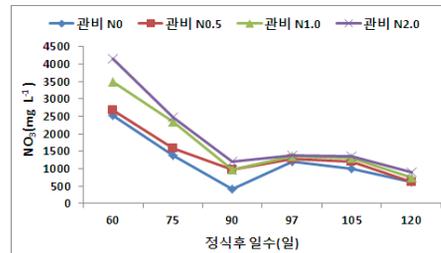
정식후 시기별 생토 추출액 및 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량은 그림 3과 같다. 생토 추출액의 NO₃⁻함량은 질소 관비수준 모두 정식후 90일까지 감소하였고 이후 정식후 120일까지 증가하는 경향이였다. 엽병즙액의 NO₃⁻함량은 질소 관비수준 모두 정식후 60일부터 90일까지 급격히 감소하다가 이후 120일까지 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 관비수준이 증가할수록 엽병즙액내 NO₃⁻함량이 높았다.

정식후 시기별 엽병즙액과 생토 추출액의 NO₃⁻ 함량범위는 표 3과 같다. 농가 현장에서 질소 과부족이 의심될 때 간이진단을 위한 정식후 시기별 적정 NO₃⁻ 농도범위를 설정하였다. 엽병즙액 중 NO₃⁻ 적정함량은 정식후 60일 2,680±104~2,980±125, 75일 2,337±86~2,472±210, 90일 984±106~1,213±87mg L⁻¹이었으며, 생토 추출액중 NO₃⁻ 적정함량은 모든 처리에서 유의차가 없었다.

< 생토 추출액 중 NO₃⁻ 함량 >



< 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 >



※ 생토 추출법 (생토:물 = 1:5)

그림 3. 정식후 시기별 생토 추출액 및 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 변화

표 3. 질소 관비수준 및 시기별 엽병즙액, 생토 추출액의 NO₃⁻ 함량

조사 항목	처리내용	60일 [↓] (5월 하순)	75일 (6월 상순)	90일 (6월 하순)	105일 (7월 상순)	120일 (7월 하순)
엽병 즙액 (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	관비 N 0	2,574±134	1,387±157	424± 33	998±117	626±130
	관비 N 0.5	2,680±104	1,589± 82	984±106	1,216±112	631±190
	관비 N 1.0	2,980±125	2,337± 86	986±121	1,313± 95	760±113
	관비 N 2.0	4,153±263	2,472±210	1,213± 87	1,362±131	891± 41
	LSD(0.05)	--381.0--	--227.1--	--199.8--	--NS--	--NS--
습토 추출액 (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹)	관비 N 0	40±11	21± 2	20±1	40± 5	89±14
	관비 N 0.5	53±19	26±10	25±6	43±12	93±10
	관비 N 1.0	64±10	26±10	27±8	58±11	99±12
	관비 N 2.0	65± 6	41±15	33±2	62± 4	118±15
	LSD(0.05)	--NS--	--NS--	--NS--	--14.7--	--19.7--

↓ 정식후 일수, 정식일 : 3월 27일

라. 질소관비 수준별 토마토 생육 및 수량

질소관비 수준별 토마토 생육 및 수량은 표 4와 같다. 질소관비 처리결과 토마토 생육과 누적 수량에 있어서는 질소 관비 0.5와 1.0 처리구간에 큰 차이가 없었으며, 이때 평균과중에 있어서도 큰 차이가 없었고 정식후 60일 엽병 즙액 NO₃⁻ 함량도 대등하여 생육초기 엽병 즙액 NO₃⁻ 함량이 수량에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 반면 질소관비 농도가 높았던 질소 관비 2.0 처리구에서는 정식후 75일, 90일의 엽병즙액 중 NO₃⁻ 함량 증가로 인해 수량이 5% 감소하였고, 질소 관비 무시용은 9% 감수하였다.

표 4. 질소 관비수준별 토마토 생육 및 수량

번호	처리내용	초 장 (cm)	마디수 (개/주)	경 경 (mm)	평균과중 (g/10개)	수량	
						kg 10a ⁻¹	지수
1	관비 N 0	218	35.5	11.4	118.1	4,510	91
2	관비 N 0.5	218	36.5	11.4	122.9	4,792	97
3	관비 N 1.0	223	36.6	11.5	126.0	4,942	100
4	관비 N 2.0	217	36.4	11.2	120.8	4,725	95
LSD(0.05)						-----	200.9
C.V(%)						-----	2.1

4. 적 요

본 시험은 시설 방울토마토 봄재배시 고품질 안정생산을 위해 농가에서 손쉽게 사용 가능한 질산이온(NO₃⁻)의 토양 및 식물체 간이 실시간 진단기술을 개발코자 2012년에 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 질산이온(NO_3^-) 간이분석을 위한 시료채취는 하루 중 오전 10~11시에 식물체 상위로부터 10~11번째 엽병의 3~4번째 소엽병을 채취, 분석시 측정값이 안정적이었다.
- 나. 엽병즙액의 NO_3^- 함량은 질소 관비수준 모두 정식후 90일까지 감소 후 증가하였다.
- 다. 엽병즙액 중 NO_3^- 적정함량은 정식후 60일 $2,680 \pm 104 \sim 2,980 \pm 125$, 75일 $2,337 \pm 86 \sim 2,472 \pm 210$, 90일 $984 \pm 106 \sim 1,213 \pm 87 \text{mg L}^{-1}$ 이었으며 105일 이후는 유의차이가 없었으며, 생토 추출액 중 NO_3^- 적정함량은 모든 처리에서 유의차이가 없었다.
- 라. 토마토 상품과 수량은 질소 관비 1.0배($4,942 \text{kg } 10\text{a}^{-1}$) 대비 질소 관비 0.5배는 대차없었으나, 질소 관비 2.0배는 5%, 무시용은 9% 감소하였다.

5. 인용문헌

- 강석범, 이인복, 강윤임, 박진면. 2009. 토마토 재배를 위한 실시간 식물체 간이진단 기준설정. 농촌진흥청 영농활용기술자료
- 김권래, 김계훈. 2003. Test Strip과 Chlorophyll Meter를 이용한 오이의 신속한 영양 진단. 한토비지. 36(5): 272-279.
- 임재현, 이인복, 김홍립. 2001. 시설오이 관비재배를 위한 토양용액과 엽병즙액 중 질산태 농도기준 설정. 한토비지. 34(5):316-325.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석 기준.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
- 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.
- Roppongi. K. 1998. Study on nutrient management in vegetable greenhouse soil by real time diagnosis. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 69:235-238.

6. 연구결과 활용제목

- 시설방울토마토 봄 재배시 엽병 및 토양 질산이온 간이진단기준(영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
토마토 재배토양 및 식물체 간이진단에 의한 질소 처방기술 개발	책임자	농업기술원 환경농업연구과	농업연구사	원태진	세부과제총괄	'12
	공동연구자	"	농업연구사	노안성	생육조사	'12
		"	농업연구사	장재은	생육조사	'12
		"	농업연구관	박중수	결과검토	'12
		"		김순재	시험자문	'12