

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
화학비료 사용저감을 위한 시비기술 개발		농업환경 ES 0101	'09~'10	환경농업연구과	강안석
2) 시설하우스 시비저감을 위한 관비 재배기술 연구		"	'09~'10	"	임수정
색인용어	시설하우스, 관비, 토마토, 토양화학성				

ABSTRACT

This experiment was performed to select optimum fertilizer type in plastic house in order to reduce salt accumulation in the soil. Treatments were non-fertilizer, based on soil-testing, 80% of based on soil-testing, farming practice 1, 2 respectively. The height of plant was the best 194cm at treatment of farming practice 2. The best response yield of tomato was 3,467kg/10a at 80% of based on soil-testing. After the experiment, pH of soil was 6.0, 5.6 at treatment of based on soil-testing, farming practice 1 respectively. EC was the heigtest 3.2dS/m at treatment of farming practice 1. Water-soluble nutrients was maintained at an appropriate level during the cultivation.

1. 연구목표

시설재배는 작물의 연중생산이 가능하여 재배면적이 점차 증가 하고 있는 추세이다 그러나 화학비료 및 퇴구비의 과다 시용은 토양내 염류집적 지하수 오염의 원인이 되고 있다 (Pang et al., 1997). 이러한 문제를 해결하기 위해 관비재배가 확대되고 있는데, 관비재배는 토양의 고유기능인 양분공급 능력과 토양의 완충능력을 이용 하면서 필요한 시기에 필요한 양의 작물의 양분을 비료와 물을 과부족 없이 공급해주는 재배법이다(Hedge., 1997). 일반적으로 곡물생산에 이용되는 질소 이용률은 33% 수준이고, 나머지 67%는 다양한 경로를 통해서 손실되고 전 세계적으로 손실되는 질소비료의 손실액은 159억 달러에 이르는 것으로 알려져 있다(Raun et al., 1999). 따라서 관비 재배시 토양 양분함량과 작물의 생육상황을 고려한 적절한 시비는 비료량 감축과 작물생산량의 증대를 기대 할 수 있을 것이다 국내에서 실시되는 관비처방 중에는 토양내 양분의 적정치를 양액재배의 기본 처방으로 하고 토양분석을 하여 적정치 보다 낮은 경우 양액처방의 농도를 높이고, 적정치 보다 높은 경우 농도를 낮추고 있다. 이 경우 토양의 EC가 지속적으로 상승하기 때문에 EC를 주기적으로 측정하여 적정치 이상 상승하면 물만 주는 방식을 취하고 있다. 이 방식에서 EC가 상승할 수밖에 없는 이유는 양액처방은 양분이 전혀 없다는 가정하게 만들어진 것이므로 낮은 농도 라 해도 이미 토양 내 존재하는 양분과 합쳐져 토양의 염류 집적을 야기 시키는 원인이 된다

한편 토양분석 없이 양액처방을 그대로 토경에 이용하는 농가가 많은데 대부분 첫해에는 생육이 좋으나, 다음해부터 점점 이상이 발생하는 사례가 많다. 양액처방전은 토양에 비료가 하나도 없는 경우에만 적합한 것이기 때문에 결국 양액처방을 가지고 토경에 이용함은 맞지 않은 처방이다. 물론 토양을 분석하여 양액을 처방하는 경우도 최근 많은데 여기서 사용되는 비료는 KNO_3 , KH_2PO_4 등 화공 약품이다. 이러한 비료 재료들은 일반 토경재배에 사용되는 요소, 용과린, 황산칼리에 비해 판매가격이 비싸서 농경영비 측면에서 불리하다. 대개의 농민들은 토양자체의 양분을 고려하지 않고 매 작기 마다 관행적인 시비에 의존 함으로써 염류 과잉축적에 의한 피해가 자주 발생한다. 우리나라 시설채소 재배지의 토양화학성을 조사한 결과 많은 장소에서 염류농도가 작물의 피해 한계농도 보다 높고 특히 인산과 칼리가 과잉 축적되어 있는 것으로 보고 되고 있다(이 등, 1987; 신 등, 1988; 손 등 1991; 정 등 1994). 따라서 본 연구는 토마토를 대상으로 하여 일반비료인 요소, 인산, 황산칼리를 이용하여 농가에서 많이 사용하는 양액비료와 비교검토 합리적인 시설재배지 시비법을 구명하고자 수행 하였다.

2. 재료 및 방법

비료 종류에 따른 시설토마토의 생육반응과 토양환경에 미치는 영향을 검토하고자 2009~2010까지 강원도농업기술원내 시설하우스에서 수행 하였다 토마토의 품종은 슈퍼도테랑이었고, 시험전 토양의 화학성질은 표 1과 같다. 비료를 사용하지 않은 무비구, 검정시비구, 검정시비80%구, 농가관행 I, 농가관행 II를 두었으며, 인산질 비료는 전량 기비 하였고, 질소와 칼리질 비료는 웃거름으로 관수시 해당량을 관비 하였다 관수시기는 농업과학기술원 물관리 요령에 따라 정식 후 10일은 4.4mm, 관개간격은 2일, 정식 후 40일은 8.7mm, 관개간격은 2~3일, 그 이후에는 11.6mm, 관개간격 3일로 하였다. 농가관행 I구는 농가에서 많이 사용하는 14-7-21-2)를 사용하여 질소 검정시비량에 맞추어 웃거름으로 관비 하였으며 농가관행 II구의 비료는 KNO_3 등 양액용 비료를 이용하여 생육시기별로 EC 0.8~1.4로 맞추어 관비 하였다.

표 1. 시험전 토양의 화학적 성질

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cation(cmol+/kg)			NO ₃ -N (mg/kg)
				K	Ca	Mg	
5.5	2.2	27.1	648	0.9	5.2	1.2	151

토마토의 생육 및 수량 조사는 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하였고, 토양과 식물체 분석은 토양화학분석법(농촌진흥청, 2000)에 준하였다. 시험구의 면적은 4.8m²로 3반복 하였으며, 조사결과는 SAS를 이용하여 통계분석 하였고, 유의성 검정은 Duncan 다중 검정법으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

토마토의 처리에 따른 생육과 수량은 표 2, 3과 같다. 생육의 경우 초장은 무비구 에서 178cm로 가장 작았고, 농가관행 II에서 194cm로 가장 높았다. 경경의 경우 무비구를 제외 하고 11.1mm~11.3mm로 거의 비슷하였다. 수확기 토마토의 생육은 비료 종류별 큰 차이를

표 2. 처리별 토마토의 생육특성(정식후 70일)

처 리	초장(cm)	경경(mm)	절간장(cm)	엽수(매)	엽장(cm)	엽폭(cm)
무시비	178	9.4	24.2	31	53.1	56.4
검정시비	192	11.2	24.3	31	57.2	57.1
검정시비80%	192	11.1	24.3	30	57.3	57.0
농가관행 I	192	11.3	24.8	31	57.4	56.8
농가관행II	194	11.3	24.5	31	57.4	56.9

보이지 않았다. 다만 검정시비 80% 처리시 수량이 3,467kg/10a로 가장 많아, 김 등(2004)이 보고한 관비 재배시 적정 시비수준은 검정시비의 0.7~0.8배 라고 하는 기존 보고와 일치 하였으며, 재배 농가에서도 값비싼 외산 복합비료, 양액용 비료 대신에 일반비료를 시용함이 옳을 듯하다.

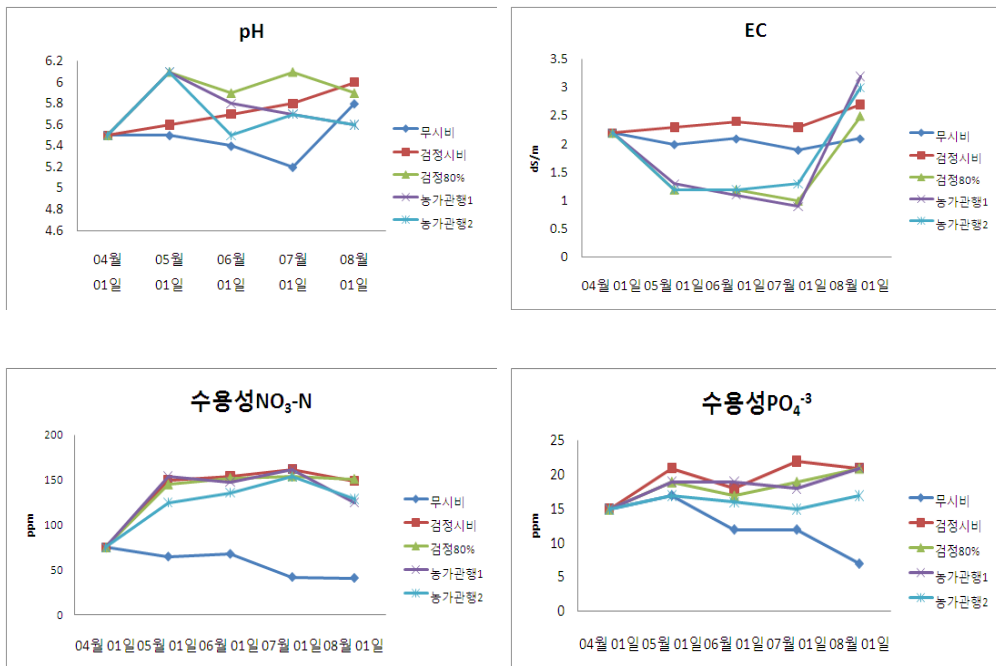
표 3. 수확기 토마토의 생육 및 수량

처 리	과 중(g)	과 장(cm)	과 경(cm)	수 량(kg/10a)
무시비	166	6.37	7.7	2,945 ab
검정시비	172	7.23	7.6	3,194 ab
검정시비80%	172	7.3	7.5	3,467 a
농가관행 I	160	6.2	6.8	3,171 ab
농가관행II	173	7.0	7.1	3,386 a

시기별 토양내 주요성분의 변화는 그림 1과 같다. pH는 5.5로 시작하여, 처리별로 5.2~6.1 까지 오르내리다, 검정시비는 6.0, 농가관행1, 2는 5.6으로 시험이 종결 되었다. 일부 농가에 서 일반 화학비료를 사용하였을 때 pH의 저하를 우려 하였는데 이는 시험결과와 반대였다. EC는 검정시비 처리를 제외하고 2.2dS/m에서 시작하여 점차 감소하다, 시험후 상승하여 검 정시비 80%처리는 2.5, 농가관행은 각각 3.0, 3.2였다, 관비를 공급 하였음에도 시험중 EC가 감소한 이유는 계속되는 관수로 인해 토양양분이 수직 배수와 함께 용탈되었기 때문으로 생 각되며, 김 등(2001)의 시험결과 와 일치 하였다. 시험후 공통적으로 EC가 상승 한 이유는 시험후 토양이 건조 하면서 모세관 현상에 의해 토양 하층부의 수분의 상승과 함께 토양양 분이 작토층으로 이동하였기 때문이며, 특히 농가관행1, 2에서 EC가 높은 이유는 농가관행1 의 경우 복합비료의 특성상 질소 기준으로 시용하였기 때문에 인산과 칼리의 양이 많아졌음 이며, 양액용 비료도 EC를 기준으로 시용하였기에 검정시비량 보다 많은양의 양분이 공급

되었기 때문에 사료된다. 작물이 자라기 위한 토양내 수용성 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 PO_4^{3-} 의 함량은 150, 20ppm 이다(김 등. 2010). 시기별 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 함량은 무시비를 제외하고 거의 150ppm 근처로 측정되어 토마토가 자라기 적절한 수준을 유지 하였다. PO_4^{3-} 의 경우도 비료량과 비중에 관계없이 20ppm 근처로 유지 되었다.

시험전·후 토양의 화학적 성질 비교는 표 4와 같다. 토양 pH, 유기물, 양이온은 처리별로 큰 차이를 나타내지 않았으나, 전기전도도의 경우 농가관행으로 시비할시 시험전 2.2dS/m 에서 3.2, 3.0으로 상승 하였고, 농가관행에 의한 시비는 현재 이스라엘이나 유럽에서 사용되는 관비재배의 기준을 따르기 때문인 것으로 사료된다. 이스라엘, 유럽의 관비처방은 양액재배에 적용하기 위한 처방으로 우리나라에 그대로 적용 하면 질소, 칼리의 양이 비교적 많아, 계속해서 적용할 경우 염류집적의 원인이 된다.



<그림 1> 시기별 토양내 주요성분 변화

표 4. 시험전·후 토양의 화학적 성질 비교

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P_2O_5 (mg/kg)	Exch. Cation(cmol+/kg)		
					K	Ca	Mg
시험전	5.5	2.2	27.1	648	0.9	5.2	1.2
무시비	5.8	2.3	24.9	648	0.9	4.3	1.0
검정시비	6.0	2.7	24.9	616	0.9	5.9	1.4
검정시비80%	5.9	2.5	25.0	604	1.0	5.4	1.4
농가관행 I	5.6	3.2	26.1	642	1.1	5.2	1.1
농가관행 II	5.6	3.0	27.7	611	1.2	5.4	1.2

4. 적 요

- 가. 토마토의 초장은 무비구에서 178cm로 가장 작았고, 농가관행 II에서 194cm로 가장 높았으며, 경경의 경우 전체적으로 11.1mm~11.3로 비슷 하였다.
- 나. 수확기 토마토의 생육은 비료 종류별 큰 차이를 보이지 않았으나 검정시비 80%처리시 수량 3,467kg/10a로 가장 많았다.
- 다. 재배기간 동안 pH는 5.2~6.1까지 오르내리다, 시험 후 검정시비는 6.0, 농가관행은 5.6 이었다
- 라. EC는 2.3 dS/m 로 시작하여 점차 감소하다 시험후 검정시비 80%처리는 2.5, 농가관행은 각각 3.0, 3.2 였다
- 마. 토양내 수용성 양분은 무시비를 제외하고 적정 수준을 유지 하였다.

5. 인용문헌

- 강원도농업기술원. 2008. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서
- 김권래, 김계훈. 2003. Test strip과 Chlorophyll meter를 이용한 오이의 신속한 영양진단. 한국토양비료학회지 36:272-279.
- 김기덕, 이재욱, 조일환, 김태영, 우영희, 남은영, 문보흠. 2004. 반축성 관비재배 오이의 생육단계별 시비관리를 위한 일일시비량 및 엽병즙액의 농도 기준설정 한국생물환경 조절학회지 13:96-101.
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준.
- 농촌진흥청. 2000. 토양화학 분석법
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술연구조사분석기준
- Raun, W. R and G. V. Johnson.1999. Review and interpretation improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91; 357-362
- 손상목, 한도희, 김영호. 1996. 관행농법, 시설재배 및 유기농법 재배지 토양의 화학적 특성과 배추, 상추의 NO₃⁻ 집적량 차이. 한국유기농업학회지 5: 149~165.
- 손상목, 한도희. 2000. 한국 토착유기농업의 토양비옥도 증진책에 대한 환경보전적 기능 평가. 한국토양비료학회지 33: 193~204.
- 신원교, 박중춘. 1988. 시설재배지 토양의 염류효과에 관한 연구 농사시험연구보고 30(1) : 209-222.
- 이용환, 이상계, 김승환, 신재훈, 최두희, 이윤정, 김한명. 2006. 국내 유기농재배지 유기물 시용실태 및 토양의 화학적 특성. 한국유기농업학회지 14: 55~67.
- 이상은, 박준규, 윤정희, 김만수. 1987. 비닐하우스 토양의 화학적특성에 관한 연구. 농사시험연구보고 29(1) : 166-171.
- 조현준, 황선웅, 한경화, 조희래, 신재훈, 김이열. 2009. 유기농 밭토양의 물리화학적 특성. 한국토양비료학회지 42: 98~102.
- 정구복, 유인수, 김복영. 1994. 중북부지역 시설원예지 토양의 토성 염농도 및 화학성분의

조성. 한국토양비료학회지. 27(1) : 33-40.

Pang, X. P., J. Letey, and L. Wu. 1997. Irrigation quantity and Uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61:257-261.

Hedge, D. M. 1997. Nutrient requirement of solanaceous vegetable crops. Extension Bulletin ASPAC, FFTC. No. 44,. 9.

6. 연구결과 활용

시설토마토 관비 재배시 적합한 시비방법(2010. 영농활용)

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'09	'10
책임자	환경농업연구과	농업연구사	임수정	과제 총괄	○	○
공동연구자	"	농업연구관	안문섭	연구협조	○	○
"	"	농업연구사	최승출	"	○	○
"	"	"	김세원	"	○	○
"	"	연구원	김남호	"	○	○
"	"	"	최용범	"	○	○
"	"	"	정윤환	"	○	○
"	"	농업연구관	강안석	연구방향 설정	○	○