

사업구분 : 기본연구	Code 구분 : LS00902	농산물안전성(전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자 및 참여연구원(☎)
유기농업 토양 및 작물영양관리 연구	'03~'07	경기도원 환경농업연구과 원태진(229-5823)
고칼슘 천연액비 시용에 의한 토마토 생육 및 저장력 평가 시험	'06	경기도원 환경농업연구과 원태진(229-5823) (참여연구원) 노안성, 강창성
색인용어	유기농업, 유기자재, 고칼슘 천연액비, 토마토	

ABSTRACT

This study was conducted to confirm the foliar application effect of high calcium-containing liquid nutrients(HCLN) made from crab shell and jade stone powder on the growth and storage characteristics of tomato(super momotaro) cultivated in plastic film house. In both spring and autumn experiments, application of liquid nutrients brought no differences among treatments in CaO and vitamin C content, percentage of blossom-end rot, soluble solids content, yield of tomato fruits and Hunter's color value(a) of tomato fruit skin.

In spring experiment, the contents of Ca contained in cell wall structure became higher by the application of crab shell and jade stone powder extract compare with that of control plot and resultant to the decreased weight loss of tomato fruit.

Key words : High Calcium-containing Liquid Nutrients(HCLN), Crab shell, Kindney stone powder, Tomato

1. 연구목표

원예작물은 일반적으로 칼슘(Ca^{2+})이 부족하면 여러 가지 생리적 장애가 발생하여 (Bennett, 1993; Shear, 1975) 수량감소와 품질저하를 초래한다. 그 대표적인 예가 토마토의 배꼽썩음병(blossom-end rot, BER)이라고 할 수 있다(Kinet and Peet, 1997). 토양에 충분한 석회 존재하여도 토양의 건조(Marschner, 1995; Pill and Lambeth, 1980) 또는 염류집적(Adam and Ho, 1993) 등에 의해서 뿌리의 흡수력이 저하되면 Ca^{2+} 결핍은 쉽게 발생한다.

뿌리로부터 흡수된 Ca^{2+} 는 목부를 통하여 이동하며 이동속도가 매우 느리고 조직간 전류도 잘 일어나지 않는 것으로 알려져 있다(Chiu and Bould, 1976; Jeschke and Pate,

1991). 작물에 Ca 결핍이 나타났을 때는 이미 토양 또는 대기 환경이 Ca^{2+} 흡수에 부적당한 상태에 놓여 있으므로 토양시비에 의해서는 그 부족증상을 해결하기 어렵다. 그래서 양분을 엽면으로부터 흡수시키기 위한 엽면시비가 수행되고 있다.

칼슘을 처리한 토마토는 숙성이 진행되는 동안 연화와 과피의 착색이 지연되는 현상을 보인다(Poovaiah, 1986; Wils 등, 1977). 또한 칼슘의 처리는 호흡과 ethylene의 발생 억제, 노화 지연, 기타 생리적인 상해를 감소시키며, 곰팡이나 박테리아의 침입에 대한 내성을 증가시킨다(Faust and Shear, 1972; Tingwa and Young, 1974).

토마토의 배꼽썩음병 예방과 조직연화 지연을 위해 과실속의 칼슘함량을 높이는 것이 매우 중요하며, 이러한 문제점을 개선하기 위하여 열화칼슘염 등을 생육기간 동안 엽면시비 등의 방법으로 행하여 왔으나, 최근에는 굴껍질로부터 액상석회비료가 개발되어 효과가 인정되고 있다(Moon 등, 1998).

따라서, 과실의 세포벽에 칼슘함량이 증가되면 수확된 과실의 경도나 저장성이 향상될 것으로 사료되어, 본 시험은 2004년부터 2005년까지 “천연액비 원료별 성분평가시험”에서 칼슘의 함량이 높은 계껍질과 옥분말로부터 추출한 천연액비를 이용하여 토마토의 생육 및 저장성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2006년에 경기도농업기술원의 시설재배지(비가림 하우스)에서 실시하였다.

시험포장의 토양화학성은 표 1과 같이 봄시험의 경우 Electrical Conductivity(EC)는 2.3으로 경기도 평균 $\text{EC } 4.2\text{dS m}^{-1}$ (RDA, 2004)에 비해 낮은 토양이었으며 $\text{Av.P}_2\text{O}_5$ 은 783mg kg^{-1} 로 다소 높은 토양이었다. 가을 시험은 동일 하우스에서 시험구를 혼합하여 로터리를 한 토양으로 화학성은 EC가 2.0dS m^{-1} , $\text{Av.P}_2\text{O}_5$ 은 640mg kg^{-1} 로 낮아졌다.

처리내용은 화학비료 3요소구를 대조로 무시용구, 혼합유기질비료 토양검정질소해당량 시용구와 여기에 각각 계껍질 추출액비와 옥분말 추출액비 그리고 계껍질/옥분말 혼합 추출액비 500배액 엽면시비구의 총 6처리를 두었다. 혼합유기질비료와 시험액비 화학성은 표 2, 3 같으며 시험액비 시용량은 500배액을 생육단계에 따라 식물체에 충분히 묻도록 엽면시비하였으며 살포횟수는 정식 2주후부터 주당 1회 사용하여 봄시험 12회, 가을시험 11회였다.

시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 혼합유기질비료는 시험작물 정식 1주 전에 포장에 전면 살포한 후 경운 및 정지하였다. 시험에 사용한 토마토 품종은 슈퍼도태랑으로 1차 봄시험은 3월 14일부터 6월 26일까지, 2차 가을시험은 8월 8일부터 11월 13일까지 재배하였으며, 재식거리는 $60 \times 40\text{cm}$ 이었다. 화학비료 3요소 시용량은 작물별 시비처방기준(NIAST, 1999)에 의거 토양검정에 의한 추천량을 주었다(표 4).

표 1. 시험전 토양의 화학성

구분	pH (1 : 5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cations(cmol kg ⁻¹)			SO ₄ (mg kg ⁻¹)	Cl (mg kg ⁻¹)
						K	Ca	Mg		
봄시험	6.8	2.3	19.3	22	783	0.6	8.5	2.3	663	20
가을시험	6.1	2.0	16.6	17	640	0.9	5.2	1.9	272	347

표 2. 유기질비료의 화학성

시험재료	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	OM (%)	OM/N	수분 (%)
혼합유기질비료	4.56	2.34	1.43	75.2	16.5	16.5

※ 혼합유기질비료 : 아미노산부산비료(박) 15, 미강유박 15, 아주까리박 70%

표 3. 시험액비의 화학성

(단위 : mg ℓ⁻¹)

액 비	pH	T-N	P	K	Ca	Mg
계 겹 질	5.3	2500	558	1149	6436	904
옥 분 말	5.8	1100	10	232	8393	3543
계겹질+옥분말	5.0	1700	523	557	6497	1220

※ 시험액비조제 : 시험원료 1kg+죽초액 5ℓ (w : v = 1 : 5) 혼합액

표 4. 토마토 재배시기별 화학비료 사용량

재배시기	화학비료 사용량(kg 10a ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
봄 시험	18.8	2.7	29.2
가을시험	20.2	6.9	17.7

관개방법은 시험구의 중앙에 토마토 정식 1일전 Tensiometer(Daiki-3161)를 토심 15cm 지점에 묻고 토마토 정식 당일에는 시험구 모두 충분히 관개하고 그 후부터는 -33kPa을 관개를 시작하여 -10kPa시 종료하였다.

토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)에 준하였다. 토양은 시료를 음건시킨 후 고무망치로 조심스럽게 분쇄하여 2mm 체를 통과시킨 것을 분석시료로 하였다. 분석방법으로 EC는 건토와 증류수를 1 : 5(w/v) 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 여액을 EC meter(ATI orion 170)로 측정하였으며, NO₃-N는 2 M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로, pH는 시료와 증류수를 1 : 5(w/v) 비율로 혼합하여 pH meter(ATI orion 370)로 측정하였으며, Av.P₂O₅ 함량은 Lancaster법에 따라 분광분석기(GBC Cintra 40)로 비색 정량하였고, Exchangeable Cations는 1N-NH₄OAC(pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 ICP(GBC

Integra XMP)로 정량하였다. Cl는 EC를 조사한 후 0.01N-AgNO₃로 적정하였으며, Av.SO₄는 비탁법으로 정량하였다. 토마토와 유기물의 전질소는 시료를 습식분해하여 Kjeldahl법으로 분석하였고, 기타는 농촌진흥청 농업기술연구소 토양화학분석법(IAS, 1998)에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 봄시험

1) 토마토 생육특성 및 수량

고칼슘천연액비 처리별 토마토 생육특성 및 수량은 표 5와 같다. 정식 60일후 초장, 경경, 마디수를 조사하였을 때 무처리를 제외한 모든 처리에서 차이를 보이지 않았다. 배꼽 썩음과율은 칼슘액비에 의한 경감효과는 없었으며, 상품수량은 토양검정시비와 비교하여 처리간 차이를 보이지 않았다.

2) 토마토의 저장특성

고칼슘천연액비 처리별 토마토 저장특성은 표 6과 같다. 중량감모율을 저장 15일후 조사한 결과 처리간 차이는 1% 이내로 적었고, 20일후 무름현상이 나타났다. 처리간 비교를 하면 옥분말액보다 계껍질액이 적었고 계껍질/옥분말 혼합액에서 가장 중량감모가 적었으며, 혼합유기질비료만 시용시 감모가 제일 심하였다. 과실표면 적색도 변화율은 색차계로 저장전과 저장후를 비교한 차이로 저장 15일후 조사한 결과는 통계적 유의성은 없으나 평균적으로 계껍질/옥분말 혼합액에서 과실숙성 진행이 지연되는 것으로 생각되어진다. 과실경도는 저장후 과실경도계도 측정하였을 때 옥분말액과 계껍질/옥분말 혼합액에서 각각 2.03, 2.08kg ø 5mm⁻¹로 토양검정시비 1.62kg ø 5mm⁻¹에 비해 높았다. 따라서, 계껍질/옥분말 혼합액 처리는 토마토 저장성과 과피경도 향상에 효과가 있는 것으로 생각된다.

표 5. 토마토 생육특성 및 수량

처 리	정식 60일후			상품과율 (%)	배꼽 썩음과율 (%)	상품수량 (kg 10a ⁻¹)	수량 지수
	초장	경경	마디수				
1) 무처리	92.1	14.0	18.8	93.2	10.6 a	6,224 c	88
2) 토양검정시비	100.6	15.2	20.0	92.5	10.6 a	7,109abc	100
3) 혼합유기질비료	101.5	14.1	20.0	91.9	14.1 a	7,071abc	99
4) 3)+계껍질액	99.7	14.8	19.4	94.0	12.3 a	7,867 a	111
5) 3)+옥분말액	97.4	14.4	18.9	93.4	15.0 a	6,764 bc	95
6) 3)+계껍질/옥분말액	101.2	14.9	20.0	93.2	13.2 a	7,331 ab	103

LSD(0.05) 1.032

CV(%) 8.03

표 6. 토마토 저장특성

처 리	감 모 율(%)			적색도 변화율(%) [↓]			과실경도 (kg ϕ 5mm ⁻¹)
	5일후	10일후	15일후*	5일후	10일후	15일후*	저장후*
1) 무처리	1.40	2.19	2.88abc	40.4	45.8	46.4 a	1.50 c
2) 토양검정시비	1.25	1.95	2.56 bc	46.7	52.6	48.6 a	1.62bc
3) 혼합유기질비료	2.04	2.82	3.48 a	42.0	47.7	45.1 a	1.83ab
4) 3)+계껍질액	1.36	2.19	2.81 bc	49.4	55.4	53.5 a	1.73bc
5) 3)+옥분말액	1.48	2.33	2.99 ab	48.1	54.6	53.9 a	2.03 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	1.16	1.78	2.29 c	39.0	45.2	42.8 a	2.08 a

- 저장온도 : 10°C, 저장방법 : 골판지 상자 보관

[↓] : 색차계(Minolta CR-200) Hunter value중 a(적색도)value의 저장전과 비교한 변화율

* : DMRT at 5% level

3) 식물체중 CaO 함량과 흡수량

식물체중 CaO 함량과 흡수량을 조사한 결과는 표 7과 같다. 토마토 CaO 함량은 4%정도로 모든 처리에서 차이가 없었으며, CaO 흡수량은 모든 처리에서 17~22kg 10a⁻¹로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표 7. 식물체의 건물중, CaO함량 및 CaO흡수량

처 리	건물중* (kg 10a ⁻¹)	CaO함량* (%)	CaO흡수량* (kg 10a ⁻¹)
1) 무처리	407 a	4.20 a	17.15 a
2) 토양검정시비	449 a	3.99 a	17.62 a
3) 혼합유기질비료	467 a	4.44 a	20.99 a
4) 3)+계껍질액	460 a	4.96 a	22.80 a
5) 3)+옥분말액	436 a	4.82 a	20.89 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	451 a	4.68 a	21.06 a

* DMRT at 5% level

4) 토마토 과실 및 세포벽 CaO함량

토마토 과실 중 CaO함량을 조사한 결과는 표 8과 같다. 과실 생체중과 건물중 CaO함량은 처리간 차이를 보이지 않았으나, 세포벽내 CaO함량은 무처리, 토양검정시비 그리고 혼합유기질비료는 같은 경향이었으나 액비처리구가 다소 높은 경향이었고 그 중 계껍질액이 0.48%로 가장 높은 함량을 보여 세포 안정성 증가효과가 기대되는 결과로 판단되었으며 과실중 Ca는 세포벽에 상대적으로 높은 함량으로 존재하였다.

표 8. 과실중 CaO함량

처 리	생체중 함량* (mg kg ⁻¹)	건물중 함량* (%)	세포벽 함량* (%)
1) 무처리	47.3 a	0.13 a	0.35 b
2) 토양검정시비	46.3 a	0.14 a	0.38 bc
3) 혼합유기질비료	37.9 bc	0.15 a	0.38 bc
4) 3)+계껍질액	40.6abc	0.13 a	0.48 a
5) 3)+옥분말액	42.7 ab	0.12 a	0.41abc
6) 3)+계껍질/옥분말액	34.7 c	0.13 a	0.46 ab

* DMRT at 5% level

5) 토마토의 당도와 비타민C

토마토의 당도와 비타민C을 조사한 결과는 표 9와 같다. 토마토의 당도는 6°Brix정도로 모든 처리에서 처리간 차이를 보이지 않았으며, 비타민C는 14~15mg 100g⁻¹로 모든 처리에서 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표 9. 당도와 비타민C

처 리	당도* (°Brix)	비타민C* (mg 100g ⁻¹)
1) 무처리	5.96 b	14.7 a
2) 토양검정시비	6.39 a	13.9 a
3) 혼합유기질비료	6.11ab	13.8 a
4) 3)+계껍질액	5.95 b	14.9 a
5) 3)+옥분말액	6.35 a	14.9 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	6.21ab	15.2 a

* DMRT at 5% level

나. 가을시험

1) 토마토 생육특성 및 수량

고칼슘천연액비 처리별 토마토 생육특성 및 수량은 표 10과 같다. 정식 60일후 초장, 경경, 마디수를 조사하였을 때 무처리를 제외한 모든 처리에서 차이를 보이지 않았다. 배꼽 썩음과울은 봄시험에 비해 거의 발생하지 않았으며, 칼슘액비에 의한 효과도 없었다. 상품 수량은 토양검정시비와 비교하여 처리간 차이를 보이지 않았다.

표 10. 토마토 생육특성 및 수량

처 리	정식 60일후			상품과율 (%)	배깅 씩음과율 (%)	상품수량 (kg 10a ⁻¹)	수량 지수
	초장	경경	마디수				
1) 무처리	142.3	15.7	25.1	97.5	0.3	8743	97
2) 토양검정시비	150.2	16.0	26.5	98.6	1.7	9057	100
3) 혼합유기질비료	144.9	14.5	25.3	98.6	1.0	9079	100
4) 3)+계껍질액	147.3	15.8	25.9	98.6	0.6	9637	106
5) 3)+옥분말액	148.9	14.8	24.2	98.5	0	9499	105
6) 3)+계껍질/옥분말액	145.5	14.8	25.2	97.8	0.4	9159	101

LSD(0.05) NS
 CV(%) 10.01

2) 토마토의 저장특성

고칼슘천연액비 처리별 토마토 저장특성은 표 11과 같다. 중량감모율을 저장 5일, 10일, 15일 조사한 결과 1% 이내로 적었으며 처리간 차이를 보이지 않았다. 과실표면 적색도 변화율은 색차계로 저장전과 저장후와 비교한 차이로 저장 15일후 조사한 결과는 통계적 유의성은 없었다. 과실경도는 저장후 과실경도계도 측정하였을 때 처리간 통계적 차이를 보이지 않았다.

표 11. 토마토의 저장특성

처 리	감 모 율(%)			적색도 변화율(%) [↓]			과실경도(kg/ø 5mm)
	5일후	10일후	15일후*	5일후	10일후	15일후*	
1) 무처리	0.26	0.51	0.77 a	33	35	46 a	1.89 a
2) 토양검정시비	0.19	0.40	0.54 a	47	57	63 a	1.96 a
3) 혼합유기질비료	0.23	0.47	0.64 a	39	43	50 a	1.82 a
4) 3)+계껍질액	0.45	0.73	0.80 a	27	35	46 a	1.77 a
5) 3)+옥분말액	0.16	0.24	0.38 a	40	46	55 a	1.90 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	0.20	0.31	0.67 a	39	47	54 a	1.95 a

- 저장온도 : 10℃, 저장방법 : 골판지 상자 보관, * : DMRT at 5% level
[↓] : 색차계(Minolta CR-200) Hunter value중 a(적색도)value의 저장전과 비교한 변화율

3) 토마토 식물체와 과실 중 CaO 함량

식물체중 CaO 함량과 흡수량을 조사한 결과는 표 12와 같다. 토마토 식물체 건물중과 CaO 함량과 흡수량은 토양검정시비와 액비처리구의 차이를 보이지 않았다. 또한 토마토 과실 중 CaO함량을 조사한 결과는 표 13과 같다. 과실 건물과 세포벽내 CaO함량은 처리간 차이를 보이지 않았다. 이와같은 결과는 액비시용으로 CaO함량이 증가했던 봄시험과는 상이한 결과로서 금후 검토과제라고 생각된다.

표 12. 식물체의 건물중, CaO함량 및 CaO흡수량

처 리	건물중*(kg 10a ⁻¹)	CaO함량*(%)	CaO흡수량*(kg 10a ⁻¹)
1) 무처리	195 a	5.71 a	11.2 ab
2) 토양검정시비	235 a	4.92 bc	11.6 ab
3) 혼합유기질비료	277 a	5.57 ab	15.6 a
4) 3)+계껍질액	261 a	5.10abc	13.4 ab
5) 3)+옥분말액	247 a	4.85 c	11.9 ab
6) 3)+계껍질/옥분말액	233 a	4.41 c	10.5 b

* DMRT at 5% level

표 13. 토마토 과실중 CaO함량

처 리	건물중 함량*(%)	세포벽 함량*(%)
1) 무처리	0.25 a	0.67 a
2) 토양검정시비	0.22 a	0.57 a
3) 혼합유기질비료	0.25 a	0.67 a
4) 3)+계껍질액	0.22 a	0.64 a
5) 3)+옥분말액	0.25 a	0.62 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	0.23 a	0.64 a

* DMRT at 5% level

4) 토마토의 당도와 비타민C

토마토의 당도와 비타민C을 조사한 결과는 표 14와 같다. 토마토의 당도는 5°Brix정도로 봄시험에 비해 1°Brix 낮아졌으며, 모든 처리에서 처리간 차이를 보이지 않았으며, 비타민 C는 10~11mg 100g⁻¹로 역시 봄시험에 비해 4mg 100g⁻¹ 낮아졌으며, 모든 처리에서 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표 14. 토마토의 당도와 비타민C

처 리	당도*(°Brix)	비타민C*(mg 100g ⁻¹)
1) 무처리	4.70 a	10.4 a
2) 토양검정시비	4.75 a	10.5 a
3) 혼합유기질비료	5.00 a	10.7 a
4) 3)+계껍질액	4.85 a	10.6 a
5) 3)+옥분말액	4.65 a	9.9 a
6) 3)+계껍질/옥분말액	4.60 a	11.9 a

* DMRT at 5% level

4. 적 요

본 시험은 2004년부터 2005년까지 “천연액비 원료별 성분평가시험”에서 칼슘함량이 높은 계껍질과 옥분말로부터 추출한 천연액비를 이용하여 토마토의 생육 및 저장성에 미치는 영향을 검토하고자 3요소 토양검정시비를 대조로 하여 무시용구, 토양검정질소해당 유기질비료, 토양검정질소해당 유기질비료에 각각 계껍질 추출액, 옥분말 추출액, 계껍질/옥분말 혼합액을 500배액 엽면시비 등 6처리를 두어 시설토마토재배를 위해 포장시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 식물체 CaO함량, 과실중 CaO함량, 배꼽썩음과울을 조사한 결과는 토양검정시비와 비교하여 고칼슘천연액비에 의한 효과가 없었음
- 나. 세포벽내 CaO함량은 봄시험시 무처리, 토양검정시비, 혼합유기질비료 시용구는 같은 경향이었고, 계껍질액 등 액비처리구가 다소 높은 경향이었으나, 가을시험에서는 처리간 차이가 없었음
- 다. 봄시험시 저장특성중 중량감모율은 계껍질/옥분말 혼합액에서 가장 적었고 혼합유기질비료처리에서 가장 높았으며, 과실경도는 옥분말액과 계껍질/옥분말 혼합액에서 높았으나 가을시험에서는 처리간 차이가 없었으며, 과피적색도변화는 봄, 가을시험 모두 처리간 차이가 없었음
- 라. 토마토 수량, 당도, 비타민C는 봄시험, 가을시험 모두 처리간 차이를 보이지 않았음

5. 인용문헌

- Bennet, W.F. 1993. Nutrient deficiencies & Toxicities in crop plantal. APS. Press. St paul. MN. USA
- Faust, M. and C.B. Shear. 1972. The effect of Calcium on respiration of apples. J. Amer. Soc Hort. Sci. 97 : 437-439
- Hong, J.H and S.K. Lee. 1999. Effect of calcium treatment on tomato fruit ripening. J.Kor. Soc. Hort. Sci. 40(6) : 638-642
- Kinet, J.M and M.M. Peet. 1997. Tomato. P. 227-229. Inc. H.C. Physiology of vegetable crops. CAB. Inter. NY
- Marschner, H. 1995. mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ect. AP Limit. San Diago. USA.
- Moon, B.W., J.S. Choi, and M.Y. Park. 1998a. Effect of treatment of calcium compound extracted from oyster shell on calcium content of apple fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39 : 454-459
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. HortScience 10 :

361-365

- Pill, W.G. and V.N. Lanbeth. 1980. Effect of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relation, and elemental composition of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 730-734
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technol. 40 : 86-89
- Tingwa, P.O. and R.E. Young. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado(*Persia americana* Mill.) fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 540-542
- Wils, R.B.H., S.I.H. Tirmazi, and K.J. Scott. 1977. Use of calcium to delay ripening of tomatoes. Hortscience 12 : 551-552
- 문병우, 최종승, 김기홍. 1999. 굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 세포벽 칼슘함량, 세포벽 분해효소 및 세포구조의 변화. 한국원예학회지. 40(3) : 345-349
- 박세원. 1999. 칼슘이 원예산물의 세포벽대사 및 숙성에 미치는 영향. 한국원예학회 심포지엄 17(3) : 377-380
- 농촌진흥청. 2004. 농업환경변동 조사사업 보고서 : 8
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준 : 55-56
- 농촌진흥청. 1998. 토양화학분석법.

6. 연구결과 활용제목

- 고칼슘 천연액비의 토마토 Ca공급 특성(2006, 기초활용)