

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code	F	RIMS Code		2006B00110000063	
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
고품질 관비재배 기술 연구		농업환경 ES0203	'06~'08	환경농업연구과	서영호
1) 관비재배의 염류집적 경감 시비기술 개발		농업환경 ES0203	'06~'08	환경농업연구과	서영호
색인용어	관비, 황산칼리, 시설재배지, 염류집적, 토마토, 오이				

ABSTRACT

This study was conducted to select optimum potassium fertilizer for fertigation (application of fertilizer-dissolved water) in green house in order to reduce salt accumulation in the soil. Soil electronic conductivity, a measure of salt level in soil, for potassium sulfate was less than that for potassium chloride, while productivity of tomato and cucumber was increased by 17% and 12%, respectively, as compared with potassium chloride. Determination of fertilizer application rate using hydroponic program resulted in excess amendment of plant nutrient, especially potassium. As a result, a considerable amount of nutrients may be left after crop harvest, which can lead to salt accumulation in green house soil.

1. 연구목표

시설하우스에서는 온도와 토양 수분 등 작물 재배 환경에 대한 조절이 상대적으로 쉬워서 계절과 기상 환경의 한계를 넘어 작물을 연중 재배할 수 있다. 이와 같이 한 해에 여러 번 수확할 수 있는 장점이 있는 반면, 과량의 가축분뇨 비료와 화학비료를 매년 사용하는 경우 토양에 염류가 단기간에 다량 집적될 위험성도 높아진다. 더구나 강우 차단과 관수에 의한 인위적인 토양 수분 제어는 시설재배지 토양의 염 농도를 높이는 데 일조하게 된다. 그 결과 시설재배지 토양의 염 농도는 대체로 높아져서, 전기전도도가 2.8~2.94dSm⁻¹(농촌진흥청, 2004; 정 등, 1998)로 적정 범위인 2dSm⁻¹보다 높은 수준이다. 과다한 염류의 집적은 재배 작물의 수량과 품질의 저하뿐만 아니라 지하수질 등 환경에 대한 악영향을 초래할 우려가 있다. 토양 용액의 염 농도가 높으면 삼투압 작용에 의해 작물의 뿌리가 물을 흡수하는 것을 저해할 수 있으며, 특정 영양분이 과다할 경우 길항 작용에 의해 미량 원소 등 다른 영양분의 식물체 흡수를 방해할 수 있고, 염류가 집적되면 작물의 발아와 생육을 저해할 수 있다(정과 유, 1975; 강 등, 1996). 최근 이 등(2008)의 연구에 따르면 염 스트레스를 받은 토마토 잎은 광합성능이 떨어지며, 총 질소와 질산 함량이 낮아졌고, 전기전도도가 6dSm⁻¹

에서는 수용성 당과 전분 함량이 감소하였다. 또한 영양 염류의 과다에 의해 병원균이 증식될 수 있고(전과 박, 2001), 지하수의 질산태 질소 함량이 높아질 수 있다(이와 이, 1994).

시설재배지 토양의 여러 화학성분 가운데 염소 이온이 토양의 염 농도와 가장 상관관계가 높고($r=0.77^{**}$) 기여도가 가장 높은 것(45%)으로 보고되어 있어(박 등, 2004), 염소 이온이 시설재배지의 염 농도를 증가시키는 주요인인 것으로 여겨진다. 칼리질 비료로 가장 많이 쓰여 온 염화칼리의 염소는 토양중의 석회 등 양이온과 결합하여도 물에 아주 잘 녹기 때문에 토양의 염 농도를 높이는 반면, 황산칼리의 황산은 석회나 탄산석회와 결합하여 물에 녹기 어려운 황산석회를 생성한다. 또한 염화칼리에 비해 황산칼리를 사용하면 마늘의 향기성분이 2~3배 증가되고(박 등, 1997), 감자의 괴경 건물율이 크게 증가되어(오 등, 1985; 김 등, 1993) 괴경 비중이 높아진다(Berger 등, 1961; Hart와 Smith, 1966; Iritani, 1981).

관비농법은 비료를 녹인 물을 작물에 공급하여 관수와 시비를 동시에 하는 농법으로, 시비 노동력을 줄일 뿐만 아니라 작물 생육단계에 맞추어 작물이 필요로 하는 양분을 시공간적으로 조절하여 공급함으로써 시비 효율을 높일 수 있다. 일찍이 김(1970)은 관비농법이 양분과 수분의 흡수를 촉진시켜 배추, 상추, 시금치, 고구마, 무 등 작물의 생산성을 높인다고 보고한 바 있다. 최근 시설재배지에서 관비 재배하는 농가는 급격히 증가하는 추세이나, 일반 화학비료와 양액재배용 비료의 혼용과 과다 시용에 의하여 작물에 여러 생리장해가 발생되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 시설하우스 토양의 염류 집적을 경감하기 위하여 관비 재배시 적합한 칼리질 비료의 선발에 있으며 2006년부터 2008년까지 3년간 수행되었다.

2. 재료 및 방법

비료 종류에 따른 시설재배지 토양의 염류 집적과 원예작물의 생육 및 수량을 살펴보고자 2006년부터 2008년까지 3년간 강원도농업기술원내 시설하우스에서 토마토와 오이를 표준 재배법에 따라 재배하였다. 토양은 용계통으로 양토이며, fine loamy, mixed, mesic Typic Dystrudepts에 속하고, 시험 전의 화학성을 표 1에 나타내었다. 비료를 사용하지 않는 무비 처리와 요소와 칼리질 비료로 염화칼리, 황산칼리, 질산칼리를 각각 이용한 처리, 질산암모늄과 황산칼리를 이용한 처리, 양액재배용 비료를 이용한 처리 등 6처리를 두었다. 인산질 비료와 석회질 비료는 검정시비량을 밑거름으로 주었으며, 질소와 칼리는 전량 웃거름으로 관비하였다. 시용량은 임 등(1999)과 정 등(2005)의 결과를 참고하여 토마토는 검정 시비량의 80%, 오이는 검정 시비량의 60%를 사용하였다. 단 양액재배용 비료(요소, 질산칼리, 일인산칼리, 질산석회, 황산고토, 붕산 등)는 진주시 농업기술센터 황종현 지도사가 개발한 프로그램을 사용하여 시비량을 결정하였다.

표 1. 시험 전 토양의 화학성

산도	전기전도도 dS/m	유기물 g/kg	유효인산 mg/kg	치환성 양이온, cmol/kg		
				칼리	석회	고토
5.1	1.1	13	327	0.19	4.8	1.2

토마토와 오이의 생육 및 수량 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하였고, 토양과 식물체 분석은 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)에 준하였다. 시험구의 면적은 7.8m²로 4반복하였으며, 조사 결과는 SAS를 이용하여 통계 분석하였고, 처리 사이의 유의성 검정은 Duncan 다중검정법으로 하였다.

칼리질 비료의 종류에 따른 토양 염류 집적 양상을 구명하고자 유저 라이시미터에 2007년부터 2008년까지 2년간 토마토와 오이를 표준재배법에 따라 재배하였다. 비료를 사용하지 않는 무비 처리와 칼리질 비료로 염화칼리, 황산칼리, 질산칼리를 각각 이용한 처리 등 4처리를 두었다. 시험구의 면적은 1.8m²였으며, 비료 사용량과 사용방법, 원예작물의 생육과 수량, 토양과 식물체 분석, 통계 분석은 전술한 바와 같다.

3. 결과 및 고찰

3년간 시험한 다음의 토양 화학성은 표 2와 같다. 토양 산도와 유기물, 유효인산, 치환성 양이온은 비료 종류에 관계없이 비슷한 반면, 전기전도도는 염화칼리를 사용하였을 때 가장 높았으며 양액재배용 비료가 그 다음으로 높았다. 염화칼리가 황산칼리에 비하여 토양의 전기전도도 즉 염 농도를 높이는 이유는 표 3에서 보는 바와 같이 염도지수가 2배 이상 높기 때문이다. 염도지수는 비료 사용으로 초래된 토양 용액의 삼투압의 증가 비율을 상대적으로 나타낸 값이다(박, 1984). 비록 염화칼리가 칼리 함량이 60%로 황산칼리보다 다소 높아 단위면적당 사용량이 비교적 적지만, 분자량이 74.6으로 상대적으로 작아 칼리 1kg 상당량이 22.6몰이 되어 황산칼리의 약 2배가 되기 때문이다. 또한 황산칼리의 황산은 토양에 있는 석회와 결합하여 용해도가 매우 낮은(물 100g에 0.064g 녹음) 황산석회를 형성하기 때문이다. 신 등(2005)은 간척지에서 황산칼리를 사용했을 때 토양 염류도가 염화칼리에 비해 낮았다고 보고하였다.

표 2. 시험 후 토양 화학성

처 리	산도	전기전도도 dS/m	유기물 g/kg	유효인산 mg/kg	치환성 양이온, cmol/kg		
					칼리	석회	고토
무비구	5.5a	0.6a	12a	260a	0.11a	4.6a	1.2a
요소+ 염화칼리	5.1a	1.4c	14a	398b	0.25b	5.6a	1.3a
요소+ 황산칼리	5.2a	1.0b	12a	354b	0.22b	4.9a	1.2a
요소+ 질산칼리	5.4a	1.0b	13a	381b	0.22b	5.3a	1.3a
질산+ 황산칼리	4.9a	1.1b	13a	363b	0.29b	5.0a	1.3a
양액재배용 비료	5.5a	1.3c	14a	387b	0.32b	5.3a	1.2a

표 3. 염화칼리와 황산칼리의 비교

비 중	칼리(%)	K ₂ O 1kg	염도지수	용해도(20℃)
염화칼리	60	1.67kg (22.6)	1	34g/100g
황산칼리	52	1.92kg (11.0)	0.44	10g/100g

* 분자량: 염화칼리(KCl) 74.6, 황산칼리(K₂SO₄) 174.3

한편 양액재배용 비료의 처리에서 전기전도도가 높았던 이유는 비료 사용량을 프로그램을 이용하여 결정한 결과 다른 시비구에 비해 질소와 칼리의 사용량이 각각 1.3~1.6배와 1.5~2.5배 높았던 것이 한 원인인 듯하다. 특히 칼리의 사용량이 높았는데, 이는 이스라엘과 유럽에서의 시비 기준의 특징이다. 이스라엘에서는 토양 특성 때문에, 유럽은 일사량이 적어 칼리 시비량이 높는데, 외국의 자료나 시비 처방 프로그램을 우리나라에 적용할 때에는 주의해야 할 것으로 판단된다. 최근 이 등(2005)은 관비 재배지의 78%가 칼리가 적정 수준보다 높다고 하였는데, 칼리 사용량의 결정에 있어 신중한 판단이 요구된다.

토양 깊이별 전기전도도를 보면(그림 1), 황산칼리를 처리했을 때 염화칼리나 질산칼리에 비해 30cm 이하에서도 낮았다. 박(1984)에 따르면 음이온 종류에 따른 칼리의 용탈 정도는 염화칼리=질산칼리>황산칼리 순이다. 이는 염화칼리나 질산칼리에 비해 황산칼리는 용해도가 낮아 심토로의 이동성이 상대적으로 낮기 때문인 듯하다. 또한 황산은 시설재배지에 다량 존재하는 석회 이온과 결합하였을 때에도 용해도가 매우 낮은 황산석회를 형성하는 데 비해, 염소와 질산은 용해도가 매우 높은 염화석회와 질산석회를 생성한다. 김과 김(1983)은 황산칼리를 처리했을 때 칼리, 석회, 고토, 암모늄 등 양이온의 용탈이 염화칼리에 비해 낮다고 하였다. 시설재배지에서는 노지와는 달리 빗물의 차단에 의해 토양 염류가 심토에서 표토로 이동하여 집적되는 경향을 고려해 보았을 때, 장기적인 관점에서 황산칼리의 대체 사용은 토양 염 농도의 상승을 억제하는 효과가 있을 것으로 기대된다. 박(1984)은 칼리질 비료를 다량 사용하거나 계속 사용할 때에는 염화칼리보다 황산칼리를 쓰는 것이 토양 염류가 집적될 위험이 적다고 하였다.

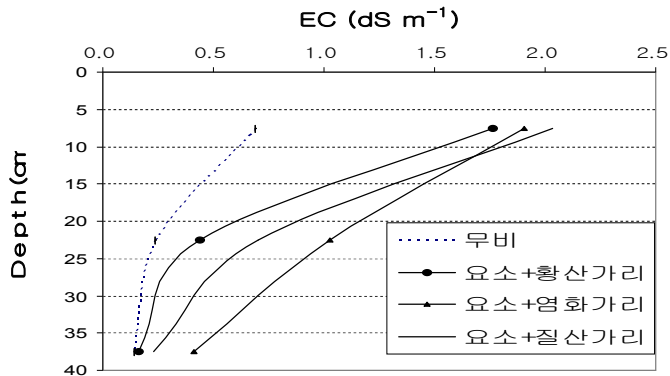


그림 1. 토양 깊이별 전기전도도 (라이시미터)

토마토와 오이의 생육은 비료 종류의 영향을 크게 받지 않았다(표 4, 표 5). 수량에 있어서는 비록 통계적인 유의성이 없었지만, 황산칼리의 사용은 염화칼리에 비해 토마토는 17%, 오이는 12% 높았다. 황산칼리가 염화칼리에 비해 감자(오 등, 1985), 벼(김 등, 1989), 카사바(Howeler와 Spain, 1980), 배추, 무(오, 1983), 사료작물(신 등, 2005) 등 작물의 수량을 증가시키는 효과는 다수 보고된 바 있다. 황의 사용은 단옥수수과 알팔파의 수량에도 관여한다(Daigger와 Fox, 1971; Sorensen 등, 1968). 이는 염소 이온에 비해 황산

은 수화도가 낮아서 세포 교질의 팽윤도와 삼투압을 낮추고 호흡량과 건물 생산량을 늘리고 (Saurat와 Boulay, 1985), 유향 시비에 의해 경엽의 질소 농도와 엽록소 함량이 높아져 광합성이 증대되며 인산 흡수가 높아지기(Berger 등, 1961) 때문인 듯하다. 토마토와 같은 과채류는 일반적으로 황 요구량이 많고 염소를 기피한다고 하며, 토마토가 견딜 수 있는 관개용수 중 최대 염소 농도는 4,000 mg L⁻¹라고 한다(박, 1984). 오(1986)는 딸기즙의 환원당과 전당의 함량이 염화칼리보다 황산칼리에서 높았음을 보고하였고, 박(1984)은 염화물이 토마토의 당류 및 아스코르빈산 함량을 저하시키는 반면 황산칼리는 당 함량을 증가시킨다고 하였으나, 본 연구에서는 그러한 경향을 보이지 않았다.

표 4. 토마토의 엽색도, 당도 및 상품 수량

처 리	엽색도	당도, Brix	상품수량, kg/10a	수량지수
무비구	51.4a	4.7a	8,085 a	63
요소+염화칼리	58.7b	6.1b	12,784bc	100
요소+황산칼리	58.4b	5.4b	14,935 c	117
요소+질산칼리	58.2b	5.3b	14,173 c	111
질안+황산칼리	58.5b	5.9b	14,675 c	115
양액재배용 비료	57.4b	5.3b	14,230 c	111

표 5. 오이의 엽색도와 상품 수량

처 리	엽색도	상품수량, kg/10a	수량지수
무비구	38.1a	2,823a	57
요소+염화칼리	45.6b	4,917b	100
요소+황산칼리	45.5b	5,531b	112
요소+질산칼리	45.5b	4,806b	98
질안+황산칼리	45.4b	5,268b	107
양액재배용 비료	45.9b	4,758b	97

토마토의 잎과 과실, 줄기의 질소, 인산, 칼리 등 양분의 함량에 대한 비료 종류의 영향이 크지 않았다(표 6~8). 오이도 같은 경향을 나타내었다(표 9~11). 박(1984)은 염소 함량이 증가함에 따라 토양용액의 pH가 낮아지고 알미늄 이온이 생겨서 인산 흡수가 감소한다고 하였는데, 뚜렷한 경향을 얻지 못했다. 잎과 과실의 칼리 함량도 낮아진다고 하였으나(박, 1984), 그러한 경향은 나타나지 않았다.

표 6. 토마토 잎의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	2.3	3.2	1.1	1.7	0.025
요소+염화칼리	2.8	3.6	1.1	2.0	0.025
요소+황산칼리	2.8	3.3	1.1	1.9	0.028
요소+질산칼리	2.9	3.4	1.2	1.6	0.023
질안+황산칼리	2.8	3.0	1.3	2.0	0.030
양액재배용 비료	2.9	2.9	1.2	1.8	0.028

표 7. 토마토 과실의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	2.1	0.21	0.21	3.1	0.12
요소+염화칼리	2.5	0.23	0.20	3.5	0.10
요소+황산칼리	2.8	0.20	0.24	3.5	0.10
요소+질산칼리	2.7	0.21	0.21	3.2	0.11
질안+황산칼리	2.5	0.20	0.22	3.3	0.15
양액재배용 비료	2.8	0.22	0.23	3.2	0.13

표 8. 토마토 대(줄기)의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	1.2	2.0	0.59	1.8	0.013
요소+염화칼리	1.5	2.2	0.58	2.7	0.021
요소+황산칼리	1.7	2.1	0.65	2.6	0.028
요소+질산칼리	1.6	1.9	0.60	2.1	0.035
질안+황산칼리	1.8	2.2	0.63	2.5	0.023
양액재배용 비료	1.6	2.2	0.71	2.2	0.013

표 9. 오이 잎의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	2.7	2.7	0.6	1.8	0.59
요소+염화칼리	3.4	2.7	0.7	1.9	0.58
요소+황산칼리	3.2	2.6	0.5	2.1	0.60
요소+질산칼리	3.3	2.5	0.7	2.1	0.57
질안+황산칼리	3.4	2.7	0.6	2.1	0.61
양액재배용 비료	3.4	2.8	0.7	2.1	0.59

표 10. 오이 과실의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	2.1	0.39	0.29	3.3	0.72
요소+염화칼리	2.4	0.40	0.27	3.4	0.71
요소+황산칼리	2.5	0.39	0.29	3.4	0.71
요소+질산칼리	2.4	0.39	0.31	3.3	0.70
질안+황산칼리	2.4	0.40	0.31	3.3	0.75
양액재배용 비료	2.4	0.36	0.31	3.4	0.73

표 11. 오이 대(줄기)의 양분 함량 (%)

처 리	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
무비구	1.5	1.7	0.87	3.7	0.28
요소+염화칼리	1.9	1.9	0.95	4.3	0.39
요소+황산칼리	1.9	1.8	0.92	4.9	0.40
요소+질산칼리	1.9	1.8	0.93	4.4	0.39
질안+황산칼리	1.9	1.9	0.97	4.6	0.35
양액재배용 비료	1.9	1.8	0.90	4.7	0.37

토마토와 오이의 질소와 칼리의 이용율은 양액재배용 비료를 처리했을 때 다른 처리에 비해 낮았다(그림 2). 전술한 바와 같이 양액재배용 비료는 다른 처리보다 질소와 칼리의 시용량이 많은 데에 따른 이용율의 저하에 기인한 듯하다. 이용율이 낮아지면 작물 수확 후 잔류하는 양분이 많아질 수 있으므로, 재배 후 토양의 염 농도를 높아질 위험이 있다. 이는 표 1에서 보는 바와 같이 양액재배용 비료의 처리에서 토양 전기전도도가 비교적 높은 결과와 부합한다.

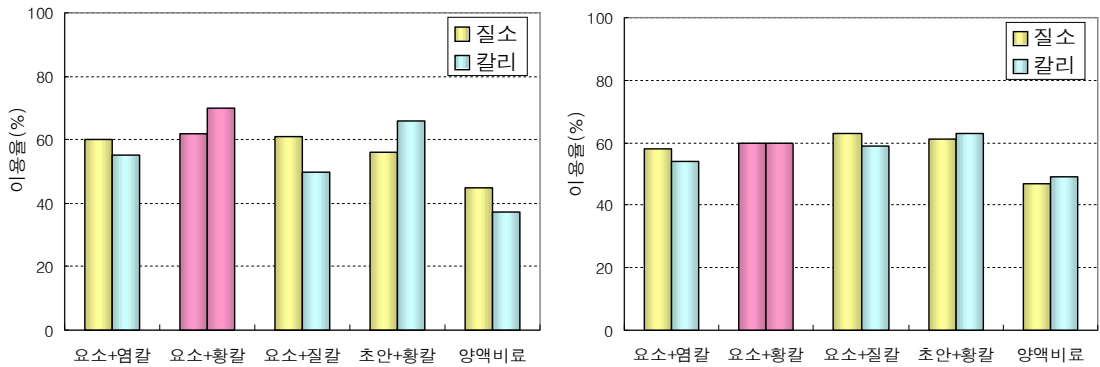


그림 2. 토마토(왼쪽)와 오이(오른쪽)의 양분 이용률 (%)

황산칼리나 질산칼리를 시용했을 때 토마토의 황산화활성이 염화칼리에 비해 다소 높았다(그림 3). 오이에서는 토마토에 비해 황산화활성도 낮고 비료 종류 사이의 차이도 크지 않았다.

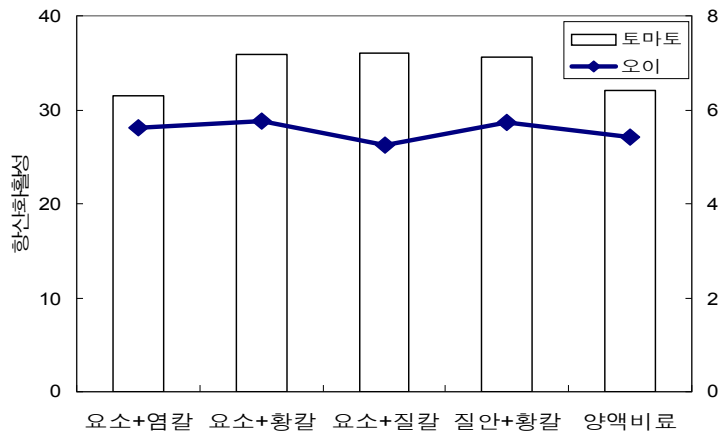


그림 3. 토마토와 오이의 황산화활성(전자공여능)

4. 적 요

시설재배지 토양의 염류 집적을 경감하기 위해 관비재배에 적합한 칼리질 비료를 선별하고자 3년간 시설하우스에서 관비재배 시험을 수행하였다. 황산칼리를 웃거름으로 관비하였을 때 염화칼리에 비하여 토양 염류 집적은 경감되었으며, 토마토와 오이의 수량은 각각 17%와 12% 증가하였다. 양액재배 프로그램에 의한 시비량 결정과 양액재배용 비료의 사용은 양분의 과다 공급(질소 1.3~1.6배, 칼리 1.5~2.5배)으로 인한 양분 이용율의 저하와 이에 따른 염류 집적을 초래할 우려가 있으므로 주의가 필요하다.

5. 인용문헌

- Berger, K.C., Potterton, P.E., Hobson, E.L. 1961. Yield, quality, and phosphorus uptake of potatoes as influenced by placement and composition of potassium fertilizers. *Am. Potato J.* 38: 272~285.
- Daigger, L.A., Fox, R.L. 1971. Nitrogen and sulfur nutrition of sweet corn in relation to fertilization and water composition. *Agron. J.* 63: 729~730.
- Hart, T.G., Smith, O. 1966. Effect of levels and sources of potassium on absorption of phosphorus by potato plants. *Am. Potato J.* 43: 217~235.
- Howeler, R.H., Spain, J.M. 1980. The effects of potassium manuring on some crops in the tropical climate. *Potash Review*. Subject 16, 83rd Suite.
- Iritani, W.M. 1981. Growth and preharvest stress and processing quality of potatoes. *Am. Potato J.* 58: 71~80.
- Saurat, A., Boulay, H. 1985. Sulphate of potash fertilizer. *Potash Review*. Subject 16, Potash fertilizers and manuring, 103rd Suite.
- Sorensen, R.C., Penas, E.J., Alexander, U.U. 1968. Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. *Agron. J.* 60: 20~22.
- 강보구, 정인명, 민경범, 김재정. 1996. 염류집적이 상추의 발아 및 생육에 미치는 영향. *한국토양비료학회지* 29: 360~364.
- 김광식, 김용웅. 1983. 논 토양성분의 용탈에 관한 연구. 1. 논 토양성분의 용탈에 미치는 가리움의 영향. *한국토양비료학회지* 16: 36~41.
- 김승열, 김정간, 한병희, 채제천. 1993. 질소 및 칼륨 시비가 감자의 생육, 수량 및 건물율에 미치는 영향. *농업논문집*. 35: 550~559.
- 김용철. 1970. 관비농법에 의한 농지자원 개발에 관한 연구. 1. 관비농법의 생산성과 관비 조성에 관한 연구. *한국원예학회지* 8: 93~105.
- 김종구, 이종식, 유철현, 박건호. 1989. 간척지 토양에서 가리비종별 염해발현양상 차이 구명시험. *호남작물시험장 시험연구보고서*. 518~521.

농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청

농촌진흥청. 2004. 농업환경 변동조사사업 보고서. 농촌진흥청.

박양호, 이연, 김석철, 노재승, 박광래, 이주영. 2004. 시설재배작물에 대한 양분의 종합관리. 2004 농업환경연구. pp459~476. 국립농업과학원.

박천서 역. 1984. 영화가리와 황산가리. 가리연구회.

박향미, 김정옥, 강위금, 강항원, 박경배. 1997. 마늘품종별 황 및 황산가리의 시용이 수량과 향기성분에 미치는 영향. 농업환경논문집 39: 35~39.

신재순, 이승현, 김원호, 김종근, 윤세형, 임근발. 2005. 간척지에서 수수 X 수단그라스에 대한 유안 및 황산칼리비료 시용효과. 한국초지학회지 25: 245~250.

오왕근. 1983. 채소 다수확 재배를 위한 토양관리와 비료. 가리연구회.

오왕근. 1986. 딸기복비, 영화가리, 황산가리 및 질산암모늄이 딸기의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 19: 9~13.

오왕근, 최병운, 박창규. 1985. 감자에 대한 영화가리, 황산가리 및 감자용 시제복비의 비효에 관한 연구. 한국토양비료학회지 18: 201~207.

이상은, 이춘수. 1994. 염류가 축적된 시설재배 토양에서 질소와 가리의 시비효과 및 양분수지. 한국토양비료학회지 27: 78~84.

이영한, 이성태, 이상대, 김영봉. 2005. 시설하우스 관비재배 토양과 지하수의 화학성. 한국환경농학회지 24: 326~333.

이주영, 장병춘, 이수연, 박재홍, 최근형, 김삼권, 김태완. 2008. 염 스트레스에 의한 토마토 성장반응과 식물체내 Nitrate 및 Sucrose 변화. 한국토양비료학회지 41: 164~169.

임재현, 박진면. 1999. 토마토 관비재배시 적정 시비기준 설정. 원예시험연구보고서. 281~285.

전한식, 박우철. 2001. 성주지역 시설참외 연작지의 토양특성 및 토양선충 변화. 한국환경농학회지 20: 127~132.

정병간, 전희중, 송요성, 이기상. 2005. 관비 재배시 질소시비효율 증진 연구. 2005 농업환경연구. pp270~289. 국립농업과학원.

정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설원에 재배지 토양 화학적 특성. 한국토양비료학회지 31: 9~15.

정영상, 유순호. 1975. 관수에 의한 비닐하우스내 토양의 제염. 한국토양비료학회지 8: 53~60.

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2008년도 (3년차)	영농활용	시설재배지 관비재배시 황산칼리를 이용한 염류집적 경감

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					06	07	08
책 임 자	환경농업연구과	농업연구사	서영호	과제 총괄	○	○	○
"	"	"	문윤기	"	○		
공동연구자	"	"	조병욱	연구 협조			○
"	"	"	최준근	"	○	○	
"	"	농업연구관	강안석	연구방향 설정		○	○
"	"	"	김승경	"	○		
연구보조원	"	-	김장수	포장 관리	○	○	○