

최 종
보 고 서

유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에
관한 연구

Studies on Establishment of Fertigation System by the
Liquid Manure in Fruit Vegetables

충청북도농업기술원음성시설농업시험장

상 지 대 학 교

건 국 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2003 년 8 월 1 일

주관연구기관명 : 음성시설농업시험장

총괄연구책임자 : 노 창 우

세부연구책임자 : 김 태 일

연 구 원 : 노 재 관

연 구 원 : 홍 성 택

연 구 원 : 정 재 현

연 구 원 : 이 경 희

연 구 원 : 김 미 훈

협동연구기관명 : 상지대학교

협동연구책임자 : 임 상 철

연 구 원 : 이 명 규

협동연구기관명 : 건국대학교

협동연구책임자 : 김 재 영

연 구 원 : 금 송 연

요 약 문

I. 제 목

“유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구”

II. 연구개발의 목적 및 필요성

화학비료가 풍부하지 못하던 과거에는 축산분뇨 뿐만 아니라 인분뇨까지도 농경지에 뿌려지었다. 소규모의 가축을 사육할 때는 축산분뇨가 자가농경지에 직접 투여되어 커다란 문제점이 없었으나 국민소득의 향상과 경제성장으로 국민 생활 수준이 크게 향상되면서 식생활에 크게 변화를 가져왔으며 특히 육류의 소비량의 증가는 축산농가의 증가, 대규모화, 집단화를 촉진시켜 환경문제를 일으키는 단계에 이르렀을 뿐만 아니라 사회 문제화되고 있는 실정이다.

환경오염 및 자원 재활용에 관심이 고조되면서 가축분뇨의 자원화에 관한 연구가 심화되고 있는 실정이다. 가축분뇨는 우분, 돈분, 계분이 주가 되고 있으며 특히, 돈분뇨의 경우 수분함량 95% 이상의 슬러리 형태로 배출되기 때문에 악취와 더불어 혐오성 폐기물로 인식되고 있다.

우리나라 축산업의 특징은 외국의 축산농가와 달리 협소한 지역에서 집단사육 위주로 사육되고 있으며 가축사료의 거의 대부분도 외국에서 수입하여 고기, 우유, 계란 등 축산물을 생산하지만 다량으로 발생하는 분뇨는 오염물질로 집적되어 환경오염의 주범으로 인식되어있다.

축산분뇨의 농업적 이용은 양축농가의 분뇨처리 비용 절감 효과, 화학비료 대체에 따른 영농자재 절감, 각종 영양분 골고루 공급, 토양염류 집적 경감, 토양입단 구조 형성, 중소미생물의 다양성 증대, 물질순환 기능, 토양중 생물상의 활성 유지 증진 효과가 있다.

가축분뇨의 부적절한 관리는 물, 토양 그리고 대기 자원에 심각한 영향을 미칠 수 있는데, 작물에 필요한 양보다 과대하게 시용 할 경우 생산량이 증수되지 않고 오히려 해가되는 용해성 염수준을 높게 하며 토양중의 질소와 인산을 증가시켜 지하로 용탈과 유거(runoff)에 의한 지하수 오염 및 호수 등의 부영양화를 야기 시킨다(신 등, 1998). 축산분뇨가 화학비료와 다른 점은 ① 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 각종 영양소를 공시에 공급한다 ② 각종 요인에 따라 그 성분이나 품질에 차이가 있다 ③ 운송과 사용이 불편하다 ④ 사용할 때 마다 성분 분석을 하여야 한다는 차이가 있다.

축산분뇨의 퇴비화는 고형폐기물 처리에 효과적이고, 가축분뇨의 장거리 수송 및 분뇨의 상품화가 가능하다. 액비화는 액상분뇨 처리에 효과적이고 처리비용이 절감되며 대기오염 경감, 메탄가스 회수, 지구온난화 방지 등 여러 가지 효과가 있으나 액비화는 장거리 수송제한, 살포시 취급 불편, 분뇨의 상품화가 어려운 점이 있다.

축산에서 생성된 가축분뇨의 고액을 분리시키면 액상물은 건물 함량이 낮아짐과 동시에 인산, 칼륨, 마그네슘의 성분의 함량도 낮아진다. 고액분리 액상분뇨는 인산 등 고형분이 함유된 비료 성분 함량이 적절히 낮아져 장기 연용에 의한 토양 염류 집적 문제를 초래하지 않고 접착력이 낮아 토양 흡수력이 높고 작물에 피해를 초래하지 않는 장점이 있다(류, 1996). 시설원예작물 재배의 관계자동화, 관비, 방제 종합시스템의 제어장치 등에 마이크로 컴퓨터를 이용한 연구가 보고된 바 되었다(김과 김, 1989; 1991; 1993; 1995). 축산분뇨 및 액비화를 위한 연속발효시스템 CARB(Continuously Aerated Bio-reactor)가 개발되었고('96. 농림부), 고온호기성발효처리 방법인 TAO(Thermophilic Aerobic Oxidation) system이 개발되어 악취제거 및 감량화가 되었다('98. 이명규)

시설하우스 재배기술의 발달과 가온 및 보온 시설의 확충으로 연중 생산체계가 확립되어 있다. 연중 피복상태에 있는 하우스는 자연적인 강우를 받아 토양의 염류를 제거나 용탈이 곤란할 뿐 만 아니라 지속적인 화학비료와 각종 다량의 부산물 투여로 토양은 염류집적 문제가 심각하게 발생하여 생산이 중단되는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 축산분뇨를 액비화하여 직접 농경지에 살포하는 것은 지금까지는 크게 실용화되지 못하고 있는 실정이나 가축분뇨를 유기액비로 활용하여 화학비료 대체 효과와 지속농업을 하기 위해 가축분뇨의 처리기술 및 사용 방법, 시용시의 효과 등의 연구가 점진적으로 되고 있다. 완전히 썩은 가축분뇨는 3요소(질소, 인

산, 칼리)을 모두 포함하고 있어 가축분뇨의 화학비료 대체 가능성이 제기되고 있다.

돈분뇨의 발효액상물을 전처리 및 조제과정을 통하여 관비재배용 액비로 안전하고 저렴하게 활용할 수 있도록 하여 사회적으로는 환경오염원을 원천적으로 해결하고 농업적측에서는 경영안정과 소득증대에 기여하고자 하는데 목적이 있다.

경제 산업적인측면에서는 우리나라에서도 최근 화학비료 사용량이 감소되는 경향이긴 하지만 화학비료 소비량은 '90년 1,103,983톤으로 최고조에 달하였으나 그 후 비료소비량이 점차 감소되는 경향이며 '01년 현재의 비료 소비량은 716,603톤으로 그중 질소비료가 374,555톤이다. '01년 현재 가축분뇨의 연간 발생량은 31,862 천톤이며 이를 비료 성분량으로 환산하면 질소 179 천톤, 인산 164 천톤, 칼륨 164 천톤, 3요소 비료성분 총량으로는 576 천톤이 되며 우리나라 총 시비량의 약 79%에 해당되는 가치가 있다.

오염원으로만 인식되는 가축분뇨는 농사현장에서 고효율 에너지 공급원으로 전환과 유도가 필요하며 가축분뇨의 자원화는 고품질 안전 시설채소 생산으로 국민 보건 향상과 환경친화적 농산물 생산을 통한 생활 환경 개선에 기여되리라 생각된다.

본 연구의 궁극적인 목적은 축산업과 경종업을 연계한 자원순환형 농업을 통하여 우리나라 농업의 국가 경쟁력 제고와 환경 부담금을 경감시키는데 목적을 두고 있다. 이러한 목적 달성을 위한 방법 중의 하나로서 축산분뇨를 비료자원으로 재처리하여 경지에 환원시켜 경종농가의 비료 사용량을 줄이고 화학비료 위주의 사용에 의한 토양 산성화도 상당량 예방할 수 있다고 생각된다.

따라서 축산분뇨의 과학적이고 합리적인 시용 기준을 설정하여 가축분뇨의 자원화, 화학비료 대체 가능성, 환경오염 해소 뿐 만 아니라 유기액비 실용화를 통한 고품질 다수확 재배기술 확립으로 농가 소득 증대에 기여하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 제1세부과제 : 시설채소 유기액비 시용 기술 개발

- 가. 유기액비 시용 효과 구명 연구
- 나. 시설채소 유기액비 적정 관비량 구명
- 다. 유기액비 관비재배시 화학비료 적정 혼용 방법 구명
- 라. 시설채소 작물별 유기액비성분 흡수량 구명
- 마. 시설채소 생육단계에 따른 관비방법 개발
- 바. 토양조건과 작물에 따른 관비용 액비 시용 기준 설정
- 사. 품질향상을 위한 기능성 성분 첨가방법 개발
- 아. 과채류 관비재배 시스템 개발

2. 제2세부과제 : 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술개발

- 가. 처리시스템별 현황자료 분석
 - 유기폐자원 처리물량현황조사(현존량, 가능량)
- 나. 저비용 고효율 여과방법 검토
 - 다단계 여과에 의한 고순도 고·액분리장치 개발
- 다. 2차발효방법 개발
 - 호기발효와 혐기발효조건하의 물성 검토
 - 첨가제처리의 효과 검토
- 라. 숙성방법 확립
 - 균질한 액비조성
- 마. 최종산물의 제품화
 - 작물별 표준액비 조제
 - 작물별 시용시기, 표준 시용방법 모델 작성

3. 제3세부과제 : 시설재배지 유기액비 시용 영향

- 가. 염류농도가 가장 심각하다고 생각하는 시설재배지와 염류집적이 안된 신설 재배지를 선정하고 토마토를 재배하여 그 토양의 이화학적 특성을 조사.
- 나. 시설토양에 영향을 미치는 유기액비의 농도별 시험과 토양 미생물을 조사.
- 다. 토양개량제 시용으로 인한 염류집적 절감효과.
- 라. 시설하우스 토양의 이화학적 특성.
- 마. 시설하우스 토양의 중금속 함량.
- 바. 유기액비 연용으로 인한 식물체 영양상태.
- 사. 유기액비 연용으로 인한 토양 미생물상.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

제 1절 제1세부과제 : 시설채소 유기액비 시용 기술 개발

1. 유기액비와 화학비료 혼용이 고추의 생육에 미치는 영향

초장은 유기액비1.5배+N, K 처리에서 265cm로 가장 컸고 유기액비 0.5배+N, K 처리가 264cm로 두 번째 비슷하였으며 화학비료 단용에 비하여 유기액비처리구에서 대부분 크게 나타났다.

분지수도 초장이 큰 유기액비 1.5배+N, K 처리구에서 25.1개로 가장 많았으며 나머지 처리구에서는 큰 차이 없이 유사하게 나타났다. 화학비료 단용 처리구의 초장에 비해 유기액비 1.5배+N, K 처리가 약 7.3% 더 컸다

고추의 줄기 굵기를 나타내는 경경은 유기액비 50%와 화학비료 50% 처리구인 유기액비 표준비 처리와 유기액비 2배+N, K 처리에서 20.5mm로 가장 컸다. 생체중은 초장이 컸던 처리구에 비례해서 무겁게 나타났다.

주당 착과수는 유기액비 1.5배+N, K 처리구에서 114개/주 로 가장 많았고 화학비료 단용의 113개/주와는 차이가 없었으며 유기액비 표준비 처리구에서 90개/주 로 가장 적게 나타났다.

과실 1개의 무게인 1과중은 유기액비 표준비 처리구에서 13.6g/개 으로 가장 무거웠고 1.5배액비+N,K 처리구에서 12.2g/개 으로 가장 가벼웠으며 과수가 많아지면 과중은 다소 떨어지는 것으로 생각된다. 전체적인 수량은 화학비료 단용구와 1.5배액비+N,K 처리구에서 각각 3,487kg, 3,447kg/10a으로 높게 나타났으며 화학비료를 25% 수준까지 낮추어도 화학비료와 유사한 99%의 생산성을 보인 것으로 보아 액비시용 효과는 상당히 높은 것으로 사료된다.

2. 유기액비와 화학비료 혼용이 방울토마토의 생육에 미치는 영향

당도는 유기액비+N,P,K 처리구에서 8.1°Bx로 가장 높았고 7.2~8.1°Bx 범위를 나타냈으며 화학비료의 가감은 당도 향상에는 영향을 주지 못하였다. 수량은 유기액비+0.5N+1.5(P, K) 처리서 4,545kg/10a으로 가장 많았으나 화학비료 단용처리도

4,460kg/10a 으로 큰 차이없는 약 2% 차이만 보였으며 나머지 모든 유기액비 처리구에서 화학비료 단용에 비해 15~7% 낮았다.

3. 돈분발효 유기액비가 수박에 미치는 영향

가. 돈분발효액비의 효과 구명

돈분발효액비간 분시비율에 따른 총 만장은 20-20-30-30 처리를 제외하고는 분시비율 간 큰 차이를 보이지 않았고 엽장과 엽폭도 처리간에 이렇다할 경향은 나타내지 않았으며 범위는 엽장 30.3~31.3cm, 엽폭 32.5~34.5cm로 엽장 보다 엽폭이 더 크게 나타났다. 엽수는 분시비율 20-20-30-30 처리에서 60.7매로 가장 적었으며 20-10-40-30 처리에서 68.5매로 가장 많았다. 경경의 범위는 12.1~12.9mm로 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으며 생체중과 건물중은 20-10-40-30 처리에서 2.4kg/주, 200.8g/주 으로 가장 높게 나타났다.

과장과 과폭은 20-10-40-30 분시비율에서 26.5cm, 23.0cm로 가장 컸고 과중도 8.7kg으로 가장 무거웠으며 10a당 수량도 6,920kg로 가장 많았다. 당도는 11.2~11.6°Bx 범위로 나타났으며 30-10-30-30 처리에서 가장 낮은 11.2°Bx 이었다.

나. 돈분발효액비의 화학비료 대체 가능성 검토

화학비료에 비해 만장, 엽장, 엽폭 등의 생육은 돈분발효액비 처리구에서 비교적 크게 나타났다. 화학비료에서 만장이 615cm 인 것에 비해 액비처리구에서는 11~23cm 정도 더 컸으며 엽장과 엽폭도 화학비료구에서는 25.4cm와 25cm로 같은 비율인 반면에 액비처리구에서는 엽장보다 엽폭이 더 크게 나타났다.

과경경은 화학비료가 7.8mm 가장 작았고 20-10-30-40 분시비율에서 8.5mm로 가장 컸다. 만장, 엽장, 엽폭 같은 생육이 화학비료보다 좋다고 해서 과실 특성에 직접적인 관계는 없는 것으로 나타났다. 과장과 과폭은 화학비료구에서 31.6cm, 25.4cm로 가장 컸으며 과중도 8.7kg으로 돈분발효액비에 비해서 0.2~0.5kg 더 큰 것으로 나타났는데 이는 돈분발효액비구가 약간의 과번무가 된 것으로 추정된다. 10a 당 총 수량을 보면 화학비료에 비해 3~6% 정도의 수량은 적지만 8kg 이상의 과는 매우 시장성이 있는 것으로 판단되며 이는 돈분발효액비의 화학비료 대체 가능성을 시사한다고 사료된다. 당도는 화학비료에 비해 돈분발효액비 처리에서 비교적 높게 나

타났는데 이는 돈분발효액비의 기타 미량요소 등이 작용한 것으로 추정되며 처리간의 큰 차이는 없이 10.6~10.8°Bx 범위이었다.

4. 돈분발효 액비의 종류가 시설고추 생육에 미치는 영향

초장은 호기성 액비가 198.0cm로 가장 컷고 혐기성 액비가 182cm로 화학비료 단용보다 작았다. 분지수도 호기성액비에서 24.3개로 처리중 가장 많았으며 화학비료, 혐기성액비 순으로 많았다. 고추 줄기의 두께는 화학비료가 20.2mm, 호기성 액비가 19.2mm로 혐기성 액비 18.3mm 보다는 두껍게 나타났다. 주당 생체중은 초장이 큰 호기성 액비가 1,229g으로 가장 무거웠고 화학비료와 혐기성 액비는 큰 차이를 보이지 않았다.

총 수량은 호기성 액비에서 2,746kg/10a으로 가장 많았고 혐기성 액비가 2,361kg/10a으로 가장 적었으며 화학비료 대비 88.3% 수준으로 혐기성 액비의 효과는 나타나지 않았다. 총수량면에서는 떨어진 혐기성 액비가 상품율에서는 다른 처리구에 비해 다소 우수한 결과를 보였고 비상품과율은 13.3~14.5% 수준이었으며 화학비료 처리구에서 가장 높은 비상품과율을 나타내었다. 중품이상의 상품비율은 호기성 액비가 90%로 가장 높게 나타났다.

Glucose 함량은 화학비료 단용에서 1.3%로 가장 높았고 호기성 액비 1.19% 보다는 혐기성 액비에서 1.27%로 다소 높았다. Sucrose 는 화학비료 등 3처리 모두에서 검출되지 않았다. Fructose의 함량은 혐기성 액비에서 1.46%로 가장 높았고 호기성 액비에서 0.81%로 낮았으나 화학비료 처리구는 혐기성액비와 비슷한 1.41% 이었다.

5. 돈분발효 유기액비 희석 배율이 방울토마토 생육에 미치는 영향

가. 저농도 희석배율

방울토마토의 초장은 254~290cm로 기본적인 생육은 하였으며 유기액비 100배액에서 290cm로 가장 길었다. 줄기의 두께도 유기액비 처리간에 차이가 없었으며 화학비료 20.5mm 보다는 다소 작은 19mm 수준이었다. 잎수도 초장과 비슷하게 나타났으며 화학비료 처리구가 36.2매로 가장 많았고 100배액에서 33매로 가장 적었다. 특히 엽장과

엽폭은 화학비료 처리구가 47.4cm, 51.9cm 인 것에 비해 유기액비 처리구는 현저히 작게 났으며 엽장 42.3~44cm, 엽폭 43.2~44.4cm 수준이었다.

생체중 또한 화학비료 처리구에서 무겁게 나타났으며 전체적인 생육은 화학비료 처리구에 비해 다소 떨어지는 경향이였다.

당도는 7.2~7.5°Bx이었으며 유기액비 100배액에서 7.5°Bx로 가장 높았고 200배액은 화학비료와 같은 7.2°Bx이었다. 방울토마토의 주당과수는 화학비가 62.9개인 것에 비해 모든 유기액비처리구에서 많았으며 특히 200배액에서 73.1개로 가장 많았으나 농도 변화에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다. 1과당 무게인 1과중은 유기액비 100배 처리구에서 18.4g 으로 가장 높았고 유기액비 처리가 화학비료15.7g에 비해 높게 나타났으며 10a 당 수량은 화학비료 처리구 2,702kg/10a에 비해 유기액비 100배 처리구에서 3,114kg/10a 로 약 15% 증수되었다.

돈분발효액비의 희석농도별 시용 후 방울토마토의 당분석 결과 Sucrose 함량은 27~31% 수준이었고 유기액비 10배 처리에서 가장 높았으며 유기액비 200배액에서 27.0%로 가장 낮았다, 또한 Fructose 함량은 유기액비 100배액에서 31.1% 높게 나타났으나 처리간에 일정한 경향은 나타나지 않았고 유기액비 200배액에서 26.8% 가장 낮게 나타났으며 전체량은 유기액비 10배액과 100배액에서 61.4%, 61.6%로 다소 높게 나타났다.

돈분발효액비의 희석농도별 시용 후 방울토마토 시험포장 토양검정 결과 pH는 시험전과 큰 변화는 없으나 유기액비 100배 처리구에서만 7.8로 변화가 없었으나 화학비료, 유기액비 10배, 100배 처리에서는 다소 상승한 8.0~8.2 범위로 나타났다. EC는 유기액비 처리구가 화학비료에 비해 모두 높게 나타났으나 시험전 2.1dS/m에 비해 모든 처리구에서 떨어진 것으로 나타났다. 그중 화학비료 처리구가 1.28dS/m로 가장 낮았고 희석배율이 높을수록 EC는 떨어지는 것으로 나타났으며 유기액비 10배 처리구만이 시험전과 비슷한 2.04dS/m 이었다.

인산의 함량은 처리전 421ppm 보다 화학비료 처리구를 비롯 모든 처리구에서 높게 나타났고 희석배율이 높아질수록 많아지는 것으로 나타났으며 유기액비 200배액에서 1,039.6ppm으로 가장 높았다. 질소함량은 화학비료에 비해 유기액비 처리구에서 높게 나타났으며 전체 질소함량은 유기액비 200배액에서 70.1ppm으로 높았고 화학비료는 43.1ppm으로 가장 낮은 수준이었다. 양이온

치환용량은 모든 원소들이 처리전보다 높아졌고 화학비료 처리에 비해서는 모두 높았다

나. 고농도 돈분발효 유기액비의 희석배율이 고추와 방울토마토에 미치는 영향

1) 고추

초장은 유기액비 50배액 시용 처리에서 137cm로 가장 컸고 25배액에서 116.8cm로 작게 나타났다. 경경도 유기액비 50배액에서 12.7mm로 가장 굵었고 25배액에서 11.1mm로 가늘었다. 분지수는 50배액에서 12.5개, 25배액에서 11.4개, 유기액비 100배액에서 11.1개로 나타났다. 엽장이나 엽폭은 유기액비 50배액과 100배액에서는 큰 차이가 없었으나 25배액과는 다소 차이가 나타났다.

고추과실의 길이인 평균과장은 100배액에서 11.8cm로 가장 길었고 농도가 진할수록 짧아고 1과중은 일정한 경향은 없었으나 100배액에서 20.6g으로 가장 무거웠고 주당 수량은 50배액에서 1.19kg으로 가장 많았으나 100배액과 큰 차이가 없었으며 25배액에 비해서는 50배액이 35% 증수되었다

2) 방울토마토

초장은 유기액비 50배액 시용 처리에서 236cm로 다소 컸으나 25배액과 100배액에 비해 큰 차이는 없었다. 경경도 유기액비 50배액에서 20.1mm로 가장 굵었으나 큰 차이를 볼 수 없었으며 처리간 일정한 경향은 나타나지 않았다. 엽수는 25배액에서 33.3개, 50배액에서 33.5개, 100배액에서 33.2개로 차이가 없었다. 엽장은 유기액비 25배액에서 44.9cm로 가장 넓었으며 50배액에서 43.2cm로 다소 좁았다. 엽폭은 50배액에서 44.6cm, 100배액에서 44.2cm로 처리간에는 큰 차이가 없었으며 생체중은 초장이 큰 50배액에서 1397g으로 가장 무거웠다

당도는 3처리 모두 큰 차이 없이 7.5°Bx로 비슷하였다. 과실 하나의 무게인 1과중은 25배액에서 21g으로 가장 좋았으나 다른 처리구에 비해 큰 차이를 나타내지 않았고 주당 수량은 50배액에서 0.6kg으로 가장 많았으며 10a 당 수량도 1,640kg으로 다소 많았다.

6. 돈분발효 유기액비 원액 시용시 부작용 구명

원액과 1/2액 모두 생육에는 지장을 주지 않았고 방울토마토와 고추 두 품목 모두 원액보다 1/2액에서 생육이 우수한 것으로 나타났다. 방울토마토 경우 원액의 초장이 91.6cm 인 것에 1/2배액은 96.1cm로 다소 컷고 화방수도 원액이 4.7단에 비해 1/2배액은 5.6단으로 많았다.

고추의 경우도 원액을 시용한 처리구는 54.5cm 임에 비해 1/2배액 시용구는 69.3cm로 약 27% 신장하였고 분지수도 원액 5.2개에 비해 1/2액은 7.1개로 많았으며 착과수도 원액이 7.2개 인 것에 비해 1/2원액은 9.4개로 약 30.1% 더 착과되었다. 잎, 줄기, 절간신장 등 정상적으로 성장을 하였고 표에는 표시하지 않았으나 잎색은 다소 진하게 보였다.

7. 돈분발효 유기액비와 기능성 물질 혼용이 고추에 미치는 영향

가. 휴민산

휴민산의 혼합비율이 증가할수록 초장은 다소 작아지는 경향을 나타냈으며 대조구인 액비 단용구에 비해서는 모든 처리구에서 작게 나타났다. 분지수도 대조구가 11.0개인 반면에 모든 휴민산 처리구에서 적게 나타났고 8.8~9.9개/주 수준이었으며 휴민산 20% 혼합처리는 대조구에 비해 2.3개나 적었다. 과장은 액비단용구에 비해 휴민산 혼합의 비율이 10%까지는 대조구가 10.5개로 다소 길었지만 15%이상의 혼합처리에서는 다소 길게 나타났다 과정은 휴민산 10% 처리구까지는 대조구와 비슷한 결과로 나타났으나 15% 이상 처리는 대조구에 비해 작게 나타났다. 과중(10개)은 휴민산 5% 혼합비율에서 179.5g 가장 무거웠고 20% 처리에서 139.8g으로 가장 가벼웠다.

나. 활성탄

활성탄을 토양과 혼합한 후 정식한 고추에 돈분발효액비를 시용한 결과는 표 27과 같다. 초장은 활성탄이 혼합된 모든 처리구에서 대조구에 비해 작아졌으며 비율의 증가에 따라 현저히 작아지는 경향이였다. 특히 첨가율이 높은 20% 처리구는 대조구 대비 약 74% 수준으로 크게 차이를 보였다. 분지수도 대조구가 11개인 반면에 활성탄 처리

구에서는 8.4~9.6개 사이로 초장에 비례하여 분지수도 적었다. 과장은 활성탄이 첨가되지 않은 액비 단용구와 5% 처리에서 10.5cm로 같았고 10% 이상 혼용한 처리는 10.9~11.0cm로 다소 컸다. 고추 과실의 직경을 나타내는 과경은 15%의 활성탄이 첨가된 처리구에서 16.7mm로 가장 두꺼웠고 5% 처리에서 16.0mm로 가장 가늘었다. 과중(10개과)은 대조구에 비해 모든 처리구에서 떨어졌으며 활성탄 처리구간에는 과장과 과경의 결과에 따라 15% 혼합 처리구에서 142.5g으로 가장 높게 나타났다.

다. 목초액

목초액과 돈분발효 유기액비의 혼용 처리결과는 표 28과 같다. 초장과 분지수는 대조구인 액비 단용구에 비해 떨어지는 것으로 나타났고 처리구간에 생육은 100배액에서 다소 생육이 왕성한 것으로 나타났다. 과실의 길이는 200배액에서 10.7cm로 가장 길었으나 50배액과 100배액은 대조구에 비해 다소 작게 나타났다. 과경은 50배액 처리에서 18.5mm로 가장 가늘었고 100배액과 200배액은 20.4mm와 20.3mm로 대조구에 비해 좋았다. 과중(10개과)은 50배액은 대조구와 비슷한 수준이었으나 100배액과 200배액 처리구는 대조구에 비해 3.3~12.8% 이상 무거운 것으로 나타났다.

라. 맥반석

맥반석을 돈분발효유기액비와 혼용 처리한 결과는 표 29와 같다. 대조구에 비해 맥반석 처리구가 다소 작았고 분지수는 대조구가 11개에 비해 0.6% 맥반석이 혼용된 처리에서 11.8개로 가장 많았다. 과장은 대조구에 비해 처리구에서 모두 작게 나타났으나 큰 차이는 보이지 않았다. 과중은 0.6% 맥반석 혼용처리구가 20.5mm로 가장 두꺼웠으며 과중(10개과)도 과경이 두꺼운 0.6% 맥반석 혼용 처리구에서 178.5g 으로 가장 무거웠으며 대조구에 비해 7.1% 더 무거웠다.

제 2절 제2세부과제 : 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술 개발

본 연구의 결과 돈분뇨를 저비용으로 대량 관비재배용 액비로 안정되게 사용할 수 있다는 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유기성 폐자원의 처리물량 및 현황조사

2001년 현재 축산분뇨의 연간 총 발생량은 31,862 천 톤으로 축분이 19,077, 슬러리가 12,785 천 톤이다. 음식물 잔반폐기물은 4,102 천 톤이며 공영농수산물도매시장에서 처리되는 원예 폐기물량은 325,642 톤 이었다.

전체 분뇨발생량의 42%(13,368천 톤)가 돈분뇨에 해당되며 특히 전체 슬러리 발생량(12,785천 톤)의 64.7%가 돼지 슬러리에 해당된다.

전국에서 운영되는 공영농수산물도매시장 30곳에서 연간 거래되는 청과물량은 5,905 천 톤이며 그중 40%에 해당되는 2,337 천 톤이 서울가락농수산물시장에서 거래되고 있었다.

채소와 과일의 거래 구성비는 87.4 : 12.6이며 청과물 처리물량은 325,642톤으로 대부분 탈수식으로 처리되었다.

2. 저비용 고효율 여과법

다단여과기는 인산의 함량이 저하되는 경향이며 U.F는 유효성분의 손실과 더불어 고가이므로 농업적 이용에는 제한요인이 된다.

일반적으로 여과방법간에는 큰 차이가 없었으며 진동스크린 여과기를 통과시킨 후 2차 여과를 하면 여과 효율이 제고되는 이점이 있으며 38~70 μ m 정도로 여과하면 관비재배용으로 안전사용이 가능하므로 농가용 multi micro filter 시작품을 제작하였다.

Tao 시스템의 반응기 조건은 폭기를 병행시키면서 Thermophilic 온도(50~60 $^{\circ}$ C)에서 처리하면 휘발성 저급지방산(VFAs)농도를 0~50ppm 범위로 98%까지 감소되고 4일 이내에 완전 부숙된 액비생산이 가능하였다.

3. 유기 액비화를 위한 제품 개발

Tao pilot 시스템을 이용하여 관비재배용 3종의 Tao액비를 조제하였으며 N : P : K의 구성비는 3.0 : 0.1 : 2.0을 기준으로 하였다. A액비는 고 질소 저 칼륨으로 주로 시설재배용이며 B액은 노지재배에 적합하도록 하였으며 C액은 고 농축액이다. 농진청의 작물별 시비처방자료를 토대로 하여 Tao액비의 작물별 표준 처방표를 작성하였다. 시설재배고추의 경우 Tao A액비를 5톤 시용할 경우, 인산 부족분 1.4 kg/10a 만 보충해 주면 표준시비량과 동일한 비료량이 된다. Tao 액비는 상품화하여 시험 판매 중에 있으며 향후 개선된 액비 사업화가 가능할 것으로 예상된다. 관비재배용 표준 처방기술을 농가에 보급할 계획이며 Tao액비는 관비재배 농가에 보급할 계획이다.

4. 활용에 대한 건의

돈분뇨 처리액의 액비자원화는 화학비료의 대체라는 경제적 효과와 더불어 환경오염원의 원천적 해결이라는 환경개선 효과가 극히 크다. 액비자원화를 촉진시키기 위하여 고려되어야 할 다음 사항을 건의한다.

- 가. 축분뇨의 자원화 처리량을 극대화하기 위하여서는 액비생산비의 지원과 보급의 활성화를 위한 국가적 지원이 있어야한다. 액비 생산을 지방자치단체가 직영하거나 위탁 관리하는 방법도 고려의 대상이라고 생각된다.
- 나. 축산분뇨로 재처리된 액비로 작물을 재배하는 농가를 친환경농가로 지정하여 재정적으로 지원하는 방법이 강구되어야한다.
- 다. 돈분뇨 처리 액상물(액비)을 지속적이며 경제적인 액비로 사용하기 위하여서는 관비재배용 장치화가 연구되어야하며 고가장비인 양액공급기의 시스템을 단순화하고 개량한 저비용 관비재배 전용 시스템이 개발보급 되어야 한다.
- 라. 축분뇨를 포함한 유기성 폐자원의 경우는 다량의 처리액이 친환경적 방법으로 농지에 환원될 수 있도록 근본적인 의식의 전환이 필요하다. 유기성 폐기물의 자원화를 위하여서는 지금까지 수행되어온 격리된 시스템에서의 고비용 재처리 기술에서 탈피하여 자연(농지)시스템을 최대한 활용하는 저비용 처리기술로 전환되어야한다.

제 3절 제3세부과제 : 시설재배지 유기액비 시용 효과

1. 유기액비 시용이 시설토양의 이화학적 특성의 효과.

재배 7년된 시설토양의 NPK처리구의 pH는 7.21로 재배 1년된 시설토양의 pH 5.33보다 높았다.

재배 1년된 토양의 유기물의 함량은 $5.38\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 매우 낮은 수준으로 조사되었다. 반면 재배 7년된 시설토양의 유기물 함량은 $53.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 많았다.

인산의 경우, NPK처리구 재배 1년 시설토양의 인산함량은 $940.44\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 낮았고 재배 7년된 시설토양의 인산함량은 $2205.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 높았다. 전반적으로 액비의 처리는 시설토양 인산의 함량을 높인 것으로 생각된다.

NPK처리구에서 재배 1년 시설토양의 치환성 Ca, Mg, K의 함량은 11.48, 3.36, $0.48\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년 시설토양의 치환성 Ca, Mg, K의 함량은 각각 16.90, 6.25, $3.99\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년의 시설토양이 치환성 양이온이 많았다. 액비의 처리는 치환성 양이온의 증감에 영향을 미치지 못하였다.

2. 유기액비 연용이 시설토양 환경오염의 효과.

2001년 5월 10일 1차 조사보다 2003년 6월 17일 2차 조사의 모든 처리구에서 pH가 낮아졌다. EC는 1차 조사가 2차 조사보다 그 수치가 높았다. 유기물의 함량은 NPK 대조구 2년후 더 함량이 적었다. 그러나 액비 2배, 액비 3배에서는 2차 조사에서 유기물의 함량이 증가하였다.

인산의 경우 액비 시용 2차 조사에서 액비단용 처리구 $1138.15\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 2배 $1523\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 3배 $1583.33\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 액비의 증가에 따라 증가하였다. 질산태 질소의 함량도 1차 조사시 보다는 2차 조사시 더 많았다. 따라서 지속적인 액비의 시비는 유효인산과 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량의 증가를 가져온다고 생각한다.

액비시비배율이 증가함에 따라 치환성 석회, 고토, 가리의 함량도 증가하였다. 치환성 석회, 고토, 가리는 1차 조사시보다 2차 조사시가 그 함량이 감소하였다.

1차 조사시 보다 2차 조사시에 철, 망간, 구리, 아연의 함량이 적었다. 액비의 비율에

따라 2차 조사시 아연의 함량이 액비 $47.59\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 2배 $55.33\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 3배 $57.24\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였다.

토마토 잎의 무기원소 수준은 전질소의 경우 대조구보다 액비처리구가 그 함량이 많았고 2차 조사시 그 함량도 증가하였다. 그러나 인산의 경우 액비단용구, 액비 2배, 3배의 1차 조사에서 인산의 결핍이 나타났고 K의 경우는 2차 조사시 액비 2배 윗잎만 제외하고 대부분 적정수준 미달로 나타나 보였다.

철의 경우 1차 조사시 대조구 및 액비 처리구 모두 윗잎에서 적정함량미달을 보였다.

세균 및 방선균 밀도는 2001년 5월 10일 1차 조사의 액비+퇴비처리구에서 가장 많았다. B/F비는 1차 조사시에는 액비+퇴비구가 높았고 2차 조사시에는 액비+석회구가 높았다. 액비단용구, 액비 2배, 액비 3배에서는 액비단용구의 B/F비가 가장 높았다.

토양미생물의 좋은 조건으로 액비 비율이 증가하는 것보다는 액비단용처리를 사용함이 좋고, 액비단용보다는 액비+퇴비, 액비+석회를 시용함으로 세균의 밀도를 높이는 것이 좋다.

3. 유기액비연용에 의한 토양개량제의 효과.

각 처리들간 Bluemin[®]을 처리한 처리구가 2차 조사시 pH가 높았다. 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 처리구에서 2차 조사시 Bluemin[®]처리구가 Control, NEO처리보다도 유기물의 함량이 많았다. 액비단용구에서 인산의 감소율이 Control 25%, NEO 33%, Bluemin[®] 36%의 감소율을 나타냈다.

치환성 가리의 경우 NEO처리가 Bluemin[®]보다 그 증가율이 더 크다. 액비+퇴비 처리구에서 NEO는 62%의 함량증가를 보였다.

철의 경우 NEO처리에 있어 액비, 액비 2배, 액비 3배의 경우는 Bluemin[®]보다 더 감소를 보였다. 아연의 경우 Bluemin[®]은 NEO보다 더 아연함량을 감소시켰다.

NEO, Bluemin[®] 처리구에서는 납의 함량을 감소시켰다.

SUMMARY

The first subject : Development of liquid manure method in protected horticulture

This experiment was carried out to establishment of the swine liquid manure application method in protected horticulture.

1. The effect of swine liquid manure with the chemical fertilizer application on the growth and fruit in red pepper.

The growth characteristics such as plant height, no. of branching and fresh weight on swine liquid manure application with chemical fertilizer was better than chemical fertilizer only.

Yield show the better in control(chemical fertilizer) and liquid manure 1.5x + N, K fertilizer treatment.

2. The effect of the application of swine liquid manure with the chemical fertilizer on growth and fruit in cherry tomato

Yield of cherry tomato were the highest by the liquid manure 0.5x + 1.5(P, K fertilizer) but others treatments were lower than that of chemical fertilizer.

Soluble solids was the highest as 8.1°Bx in the liquid manure 1.0x + N, P, K treatment and there are in the range of 7.2~8.1°Bx.

3. The effect of swine liquid manure application on the growth and fruit of watermelon.

We have four times of fertilizer application treatments of planting time, growing time, fruit setting time, corpulent time and four split application ratio, respectively. Soluble solids were

higher as 11.6°Bx and yield was higher as 6,920kg/10a in 20-10-40-30% treatment than other treatment of the split application ratio in only swine liquid manure.

In comparison with chemical fertilizer and wine liquid manure, fruit fresh weight was heavier as 8.7kg/fruit in chemical fertilizer treatment than that of swine liquid manure and soluble solids were higher as 10.8°Bx in 20-20-30-30% treatment of swine liquid manure.

4. The effect of the kind of the swine liquid manure on the growth and fruit of red pepper

Plant height was shown the longest in aerobic liquid manure as 198cm. Also number of branching was shown the highest as 24.3 in aerobic liquid manure.

Stem diameter was shown the thickest as 20.2mm in chemical fertilizer. Total yield were the highest by the aerobic liquid manure as 2,746kg/10a.

In sugar analysis, glucose content were the highest by the chemical fertilizer as 1.3% but sucrose was not shown all treatment. Fructose content were highest by the anaerobic liquid manure as 1.46%.

5. The effect of the low dilution ratio on the growth and development of cherry tomato.

Plant height was shown the longest in liquid manure 100x as 290cm. Stem diameter was shown the thickest as 20.5mm in chemical fertilizer. Yield were the highest by the liquid manure 100x as 3,114kg/10a. soluble solids were higher as 7.5°Bx in swine liquid manure 100x.

Sucrose content were the highest by swine liquid manure 10x as 31% and fructose content were highest by the swin liquid manure 100x as 31.1%.

In soil test after experiment, With the increase of dilution ratio of liquid manure,

pH value increased but EC was lowered.

Total nitrogen content were the highest in liquid manure 200x as 70.1ppm and exchangeable ⁺K, ⁺Ca and ⁺Mg content increased compared to before experiment

6. The effect of the higher dilution ratio on the growth and development of red pepper and cherry tomato.

The first : red pepper

Plant height was shown the longest as 137cm also stem diameter was shown the thickest as 12.7mm in swine liquid manure 50x.

Number of branching was shown the highest in swine liquid manure 50x. Fruit length were the longer by swine liquid manure 100x and the higher concentration of dilution ratio, the smaller became the fruit length.

Yield per plant were the highest by the liquid manure 50x as 1.19kg.

The second : Tomato

Plant height was shown the longest at 50x as 236cm also stem diameter showed the thickest as 20.1mm in liquid manure. Yield per plant were the highest by the liquid manure 50x as 0.6kg.

7. The effect of stock solution on growth and development in red pepper and cherrt tomato.

Application of stock solution and 0.5x were harmless on growth and development in red pepper and cherrt tomato. Growth and development were better at 0.5x than stock solution.

Leaf, stem and node elongation were normal all of them but leaf color was a little deep green.

8. The effect of function material such as humic acid, activated charcoal, pyroligneous liquor and barley stone(Diabase porphyrite) with the liquid manure in red pepper. The results obtained are summarized as follows.

① Humic acid

Plant height length shown the longest in control, and short in humic acid 20%. Also, fruit diameter was shown the thickest in humic acid 5%, and thin in humic acid 20%. Fruit weight was shown the weightiest in humic acid 5%.

② Activated charcoal

Plant height and no. of branching were good in control. Fruit length was shown the longest in activated charcoal 15 and 20%. Fruit diameter was shown the thickest in activated charcoal 15%.

③ Pyroligneous liquor

Plant height shown the longest in control, and short in pyroligneous liquor 200x. Also, Fruit length was shown the longest in pyroligneous liquor 200x. Fruit weight was shown the weightiest in pyroligneous liquor 200x. Fruit diameter was shown the thickest in activated charcoal 100x.

④ Barley stone

Plant height shown the longest in control, and short in barley stone 0.3%. Fruit diameter and fruit weight were good in barley stone 0.6%.

The second subject

Manufacture and Development of Homogenization Technology of Swine Waste Efflux for Fertigation

The results of present study showing utilization of swine waste efflux for fertigation at low cost are as follows;

1. Handling Amounts of Organic Wastes

Total amounts of livestock wastes in 2001 were 31,862 thousand tons including 19,077 thousand tons of livestock dung and 12,785 thousand tons of livestock slurry. Food wastes were 4,102 thousand tons and horticultural wastes were 325,642 tons in 2001.

Swine waste amounts (13, 368 thousand tons) were consisted of 42% of total livestock wastes. In particular, swine slurry amounts (12, 785 thousand tons) were 64.7% of total slurries.

Annual amounts of fruits and vegetables at 30 different agricultural wholesale market places were 5,905 thousand tons, 40% of which were traded at Garak Agri-Fishery Market at Seoul.

Trading ratios between vegetables and fruits were 87.4 to 12.6. Fruit and vegetable wastes, generated 325,642 tons in 2001, were mainly treated by drying method.

2. Low Cost - High Efficiency Filtering Method

Muti-step filtering tended to reduce the phosphate contents and ultra-filtration caused to lose fertilizer concentrations, suggesting the limited application for agricultural purposes.

There were not different in fertilizer concentrations between filtering methods. Filtering efficiency was increased by the secondary filtration using vibrating screen filter. Multi micro filter with 38-70 μm particle size, which was shown optimal for fertigation, were manufactured for agricultural purposes.

The thermophilic (50-60°C) treatment in combination with air blowing in reactor of Tao system caused to decrease concentration of VFAs to 98% (0-50 ppm) and to produce well fermented liquid fertilizer within 4 days.

3. Product Development for Organic Liquid Fertilizer

3 kinds of Tao liquid fertilizer (Solution A, B and C) for fertigation were manufactured using Tao pilot system in which the ratios of N:P:K were 3.0:0.1:2.0. Solution A was high in nitrogen and low in potassium, thus designed for controlled cultivation. Solution B was manufactured for open-field cultivation. Solution C was highly concentrated solution. Standard formula of Tao liquid fertilizer for individual crop were made based on the RDA standard fertilizing formula. Supplementation with 1.4 kg/10a of phosphate when 5 tons of Solution A is applied to pepper in green house cultivation would be allowed to meet the standard formula.

Tao liquid fertilizer is manufactured and now being sold for trial purpose. It is expected that this liquid fertilizer would be more improved in the future. Tao liquid fertilizer with standard application method will be distributed to each agriculture farm.

Suggestion for Utilization of The Liquid Fertilizer

Utilization of swine wastes for liquid fertilizer showed the economic effects as their replacement of chemical fertilizer as well as the environmental effects as their

removal of environmental pollutants.

For increasing the application for swine liquid fertilizer, the followings are suggested;

1. The production cost and distribution of liquid fertilizer should be supported at the level of government. Also direct or trust management of liquid fertilizer production by local governments be recommended.
2. The farm which has been using livestock wastes for liquid fertilizer should be named as friendly environmental farm and financially supported.
3. The fertigation apparatus for continual and economic utilization of swine liquid efflux should be simplified in system and cost-down in price.
4. It should be necessary to bear the mind that the livestock organic wastes be resued to farmland using friendly environmental methods.

The third subject :

Effect of application on protected film house of liquid manure

1. The effects of fertigation on the chemical properties of soil in the plastic film house.

After cultivation for 7 years and treatment with NPK, the pH of plastic film house soil changed to 7.21, which was higher than that of soil cultivated for 1 year (pH 5.33). Organic contents in the 1-year cultivated soil was found to be $5.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, while those in the 7-year cultivated soil was shown to be $53.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

The 1-year cultivated soil after NPK treatment showed lower P content of $940.44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. However, 7-year cultivated soil showed substantially higher P content of $2205.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. It was found that treatment of fertigation increased the P content in soil.

The contents of exchangeable cations, Ca, Mg, K, in 1-year cultivated soil with NPK treatment were 11.48, 3.36, $0.48 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. In 7-year cultivated soil, they were higher and 16.90, 6.25, $3.99 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. In other words, treatment with fertigation showed no effects on the contents of exchangeable cations.

Fe and Cu contents were higher in the 1-year cultivated soil than in the 7-year cultivated soil. But, Mn, Zn and Cd contents were higher in the 7-year cultivated soil. Also, we found that fertigation treatment showed no effects on the Mn and Cd contents while fertigation treatment increased Zn content in soil.

The 8-month investigation on the heavy metal contents in 7-year cultivated soil revealed that Cd and Cu contents decreased and Mn and Pb contents increased during the research period (2000/12/10~2002/8/8).

2. The effect of continuous application of fertigation on the environmental contamination of soil in the plastic film house.

Analyses of two soils, sampled at 2001/5/10 and 2003/6/17, showed that pH increased, while EC decreased. Organic contents in soil with NPK treatment decreased. However, treatment of double and triple level of fertigations resulted in increase of organic contents.

P content was increased up to $1138.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ with the amount of fertigation. The amount of nitrate-N was also increased at 2nd investigation compared to the first one. Therefore, continuous treatment with fertigation may result in the increase of effective P and nitrate-N contents.

As the amount of fertigation treatment increased, exchangeable Ca, Mg, and K contents increased.

The 2nd research period on 2003/6/17 showed decreased contents of Fe, Mn, Cu and Zn compared to the 1st research on 2001/5/10. Also, Zn contents were changed from $47.59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ after single level of fertigation treatment, to 55.33 and 57.24 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively after double and triple level of treatments with fertigation .

The concentration of total N in the tomato leaves was higher in case of samples with single level of fertigation treatment compared with the control samples and the

concentration increased at the 2nd investigation. However, P deficiency was observed from the single, double and triple level of fertigation treatment samples at the 1st investigation. The concentration of K was found lower than the optimal level of concentration except double level of fertigation on the upper leaves during the 2nd investigation. In case of Fe concentration contained in upper leaves, all samples, fertigation treated and non-treated, showed lower than normal content at the 1st investigation.

1st investigation at 2001/5/10 showed that density of bacteria and actinomycetes was high in soil with combined fertigation and compost treatment. B/F ratio was high in samples with combined fertigation and compost treatment at the 1st investigation, but in samples with combined fertigation and lime treatment at the 2nd investigation. B/F ratio of single level of fertigation was highest among the single, double, and triple level of fertigation at the both investigations.

To increase the density of bacteria and improve the condition for the soil microbial combined fertigation and compost, or lime was more advantageous than the single level of fertigation, which was better than increasing the fertigation ration.

3. The effect of soil conditioner with the continuous treatment of organic fertigation.

It was revealed that treatment with Bluemin[®] increased pH during the 2nd investigation.

The 2nd investigation on the soils treated with combined fertigation and compost, fertigation and lime, and fertigation, compost and lime showed higher content of organic matter for Bluemin[®] treatment than control or Neo treatment.

Phosphorus was most decreased by 36 % in soils with fertigation and Bluemin[®] treatment followed by Neo 33 % and control 25 %.

Neo treated samples showed relatively higher increase ration than Bluemin[®] trated ones in case of exchangeable K

K content increased by 62 % in case of samples with combined treatment of fertigation and compost.

Fe content increased in the control samples at the 2nd investigation, but decreased for Neo or Bluemin[®] treated samples.

Neo or Bluemin[®] treated soil showed decreased Pb content.

CONTENTS

The first subject	39
Development of liquid manure method in protected horticulture	39
1. The effect of swine liquid manure with the chemical fertilizer application on the growth and fruit in red pepper	39
2. The effect of the application of swine liquid manure with the chemical fertilizer on growth and fruit in cherry tomato	42
3. The effect of swine liquid manure application on the growth and fruit of watermelon	44
4. The effect of the kind of the swine liquid manure on the growth and fruit of red pepper	48
5. The effect of the low dilution ratio on the growth and development of cherry tomato	51
6. The effect of the higher dilution ratio on the growth and development of red pepper and cherry tomato	55
7. The effect of stock solution on growth and development in red pepper and cherrt tomato	59
8. The effect of function material such as humic acid, activated charcoal, pyroligneous liquor and barley stone(Diabase porphyrite) with the liquid manure in red pepper	60
The second subject	65
Manufacture and Development of Homogenization Technology of Swine Waste Efflux for Fertigation	65
1. Development of Pre-Treatment Technology for Liquid Fertilizer	66

a. Handling Amounts of Organic Wastes	66
b. Low Cost – High Efficiency Filtering Method	72
2. Development of Homogenization Technology for Liquid Fertilizer	76
3. Product Development for Organic Liquid Fertilizer	80
a. Manufacture of Standard Liquid Fertilizer by Crops	80
b. Establishment of Application Time and Standard Model	82
The third subject	85
Effect of application on liquid manure in the plastic film house	85
1. The effects of fertigation on the chemical characteristics of soil in the plastic film house	85
2. The effect of continuous application of fertigation on the environmental contamination of soil in the plastic film house	99
3. The effect of soil conditioner with the continuous treatment of organic fertigation	118

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	33
제 1절 연구개발의 목적 및 필요성	33
제 2절 연구범위	34
제 2 장 국내·외 기술 개발 현황	36
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	39
제 1절 제1세부과제 : 시설채소 유기액비 시용 기술 개발	39
1. 서언	39
2. 유기액비와 화학비료 시용효과 구명	39
가. 유기액비와 화학비료 혼용이 고추의 생육에 미치는 영향	39
나. 유기액비와 화학비료 혼용이 방울토마토의 생육에 미치는 영향	42
다. 돈분발효 유기액비가 수박에 미치는 영향	44
1) 돈분발효액비의 효과 구명	44
2) 돈분발효액비의 화학비료 대체 가능성 검토	46
라. 돈분발효 액비의 종류가 시설고추 생육에 미치는 영향	48
마. 돈분발효 유기액비 희석 배율이 방울토마토 생육에 미치는 영향	51
1) 저농도의 희석배율	51
2) 고농도 희석배율	55
바. 돈분발효 유기액비 원액 시용시 부작용 구명	59
사. 돈분발효 유기액비와 기능성 물질 혼용 효과	60
제 2절 제2세부과제 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술 개발	65
1. 서언	65
2. 유기 액비화를 위한 전처리 기술개발	66

가. 유기성 폐자원의 처리물량 현황 조사(현존량 및 가능량)	66
나. 저비용 고효율 여과법(다단여과에 의한 고순도 고액분리장치)	72
3. 유기 액비화를 위한 균질화 기술개발	76
4. 유기 액비화를 위한 제품 개발	80
가. 작물별 표준 액비 조제	80
나. 작물별 시용시기, 표준 시용방법 모델 작성	82
제 3절 제3세부과제 : 시설재배지 유기액비 시용 영향	85
1. 유기액비 시용이 시설하우스 토양의 이화학적 특성에 미치는 효과	85
가. 시설하우스 토양의 이화학적 특성	87
나. 시설하우스 토양의 중금속 함	94
2. 유기액비 연용이 시설하우스 토양의 환경오염의 효과	99
가. 시설하우스 토양의 이화학적 특성	102
나. 시설하우스 토양의 중금속함량	107
다. 유기액비 연용으로 인한 식물체 분석	111
라. 유기액비 연용으로 인한 토양 미생물상	115
3. 유기액비 연용에 따른 토양개량제의 효과	118
가. 시설하우스 토양의 이화학적 특성	122
나. 시설하우스 토양의 중금속 함량	128
제 4장. 목표달성도 및 관련분야의 기여도	134
제 5장. 연구개발 결과의 활용계획	135
제 6장. 참고문헌	136

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적 및 필요성

국민소득의 향상과 경제성장으로 국민 생활 수준이 크게 향상되면서 식생활에 크게 변화를 가져왔으며 특히 육류의 소비량의 증가는 축산농가의 증가, 대규모화, 집단화를 촉진시켜 환경문제를 일으키는 단계에 이르렀다. 축산분뇨의 농업적 이용은 양축농가의 분뇨처리 비용 절감효과, 화학비료 대체에 따른 영농자재 절감, 각종 영양소 골고루 공급, 토양염류 집적 경감, 토양입단 구조 형성, 중소미생물의 다양성 증대, 물질순환 기능, 토양중 생물상의 활성 유지 증진 효과가 있다.

가축분뇨의 부적절한 관리는 물, 토양 그리고 대기자원에 심각한 영향을 미칠 수 있는데, 작물에 필요한 양보다 과대하게 시용 할 경우 생산량이 증수되지 않고 오히려 해가되는 용해성 염수준을 높이고 하며 토양중의 질소와 인산을 증가시켜 지하로 용탈과 유거(runoff)에 의한 지하수 오염 및 호수 등의 부영양화를 야기 시킨다(신 등, 1998). 축산분뇨가 화학비료와 다른 점은 ① 각종영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 각종 영양소를 동시에 공급한다 ② 각종 요인에 따라 그 성분이나 품질에 차이가 있다 ③ 운송과 사용이 불편하다 ④ 사용할 때 마다 성분 분석을 하여야 한다는 차이가 있다.

축산분뇨를 액비화하여 직접 농경지에 살포하는 것은 지금까지는 크게 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 축산분뇨의 퇴비화는 고품폐기물 처리에 효과적이고, 가축분뇨의 장거리 수송 및 분뇨의 상품화가 가능하다. 액비화는 액상분뇨 처리에 효과적이고 처리비용이 절감되며 대기오염 경감, 메탄가스 회수, 지구온난화 방지 등 여러 가지 효과가 있으나 액비화는 장거리 수송제한, 살포시 취급 불편, 분뇨의 상품화가 어려운 점이 있다.

시설원예에서 양액재배나 관비재배에 많은 연구가 보고되어 왔으나 토양에 유기액비를 관비하는 연구는 미미한 실정이다.

관비재배는 물에 녹인 질소, 칼륨, 칼슘 등의 비료염을 근권부에 직접 공급하고 노동력을 줄이며 비료의 효율성을 높이는 것이 특징이다. 보통 액비성 비료를 혼입하기 위하여 벤츄리관의 차압원리를 이용하는 방법과 급수유량 변화에 따라 직접 회전밸브를 통하여 일정비율로 정량 혼입하는 방법, 펌프를 사용하여 직접 가압하는 방법 등이 있다(박 등, 1999). 축산에서 생성된 가축

분뇨의 고액을 분리시키면 액상물에는 건물 함량이 낮아짐과 동시에 인산, 칼륨, 마그네슘의 성분의 함량도 낮아진다. 고액분리 액상분뇨는 인산 등 고형분이 함유된 비료성분 함량이 적절히 낮아져 장기 연용에 의한 토양 염류 집적 문제를 초래하지 않고 접착력이 낮아 토양 흡수력이 높고 작물에 피해를 초래하지 않는 장점이 있다(류, 1996). 시설원예작물 재배의 관개자동화, 관비, 방제 종합시스템의 제어장치 등에 마이크로 컴퓨터를 이용한 연구가 보고된 바 되었다(김과 김, 1989; 1991; 1993; 1995).

시설하우스 재배기술의 발달과 가온 및 보온 시설의 확충으로 연중 생산체계가 확립되어 있다. 연중 피복상태에 있는 하우스는 자연적인 강우를 받아 토양의 염류를 제거나 용탈이 곤란할 뿐 만 아니라 지속적인 화학비료와 각종 다량의 부산물 투여로 토양은 염류집적 문제가 심각하게 발생하여 생산이 중단되는 토양이 빈번히 발생하고 있다. 최근에는 가축분뇨를 유기액비로 활용하여 화학비료 대체효과와 지속농업을 위해 가축분뇨의 처리기술 및 사용방법, 시용시의 효과 등의 연구가 구체적으로 요구받고 있는 실정이다. 완전히 썩은 가축분뇨는 3요소(질소, 인산, 칼리)을 모두 포함하고 있어 가축분뇨의 화학비료 대체 가능성이 제기되고 있다. 축산분뇨의 과학적이고 합리적인 시용 기준을 설정하여 가축분뇨의 자원화와 환경문제 해소를 위해 우리나라 여름철 대표적 과채류인 수박과 방울토마토, 양념채소의 대명사인 고추를 시험재료로 돈분발효액비의 효과와 대체 가능성을 확인하고 연용에 의한 토양 환경 특성을 분석하여 농업적 이용도를 극대화하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

제 2절 연구범위

따라서 본 연구는 돈분 발효액비의 농업적 이용 검토, 유기물 연용에 따른 토양 분석 및 식물체 분석, 유기액비 생산을 위한 여과방법 및 발효방법 등을 개발하고자 한다.

※ 년차별 연구목표 및 내용

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2000)	1. 시설채소 유기액비 시 용효과 구명 2. 액비화를 위한 전처리 기술개발 3. 유기물거름 연용에 따 른 토양특성 진단	- 유기액비 시용 효과 구명 연구 - 시설채소 유기액비 적정 관비량 구명 - 유기액비 관비재배시 화학비료 적정 혼용 방 법 구명 - 처리시스템별 현황자료 분석 · 유기폐자원 처리물량현황조사(현존량, 가능량) - 저비용 고효율 여과방법 검토 · 다단계 여과에 의한 고순도 고·액분리장치 개발 - 시설재배지방문 및 설문조사 - 토양 이화학성 분석 및 변이도 분석
2차년도 (2001)	1. 작물특성에 맞는 유기 액비 관비방법 구명 2. 액비화를 위한 균질화 연구 3. 유기성 액비 연용에 따른 토양특성 진단	- 시설채소 작물별 유기액비성분 흡수량 구명 - 시설채소 생육단계에 따른 관비방법 개발 - 2차발효방법 개발 · 호기발효와 혐기발효조건하의 물성 검토 · 첨가제처리의 효과 검토 - 숙성방법 확립 : 균질한 액비조성 - 시설재배지 토양 및 식물체 분석
3차년도 (2002)	1. 환경보전형 유기액비 관비시스템 확립 2. 액비화를 위한 제품 개발 3. 유기액비 연용이 토양 환경 및 과채류 생리 에 미치는 영향	- 토양조건과 작물에 따른 관비용 액비 시용 기준 설정 - 품질향상을 위한 기능성 성분 첨가방법 개발 - 과채류 관비재배 시스템 개발 - 최종 산물의 제품화 · 작물별 표준 액비 조제 · 작물별 시용시기, 표준 시용방법 모델 작성 - 연용에 따른 토양환경특성 분석 - 식물체 성장 및 연작장해 조사

제 2 장 국내 · 외 기술 개발 현황

년간 가축분뇨배설량은 31,862천톤(분 59%, 뇨 41%)이며, 한육우와 돼지의 배설량 비중이 높으며 자원화(퇴비화)처리가 주종을 이루고 있다. 축종별 분뇨 생산비율은 한육우 23.5%, 젓소 22.4%, 돼지 42%, 닭 12.1%이고 가축분뇨 처리 형태는 자원화 80.3%(퇴비화>깔짚축사>저장액비화), 정화방류 19.7% 이다(농촌진흥청, 2002).

유기물 농도가 높은 축분뇨를 비료로 사용하기위하여서는 고농도 유기물이 안정화되도록 하는 퇴비화가 이루어져야하며 양질의 퇴비를 만들 때 축분을 이용하면 토양의 물리화학적 성이 좋아지고 미생물상이 개선되어 작물생육 촉진 및 화학비료사용량이 감소되어 농가생산비가 절감되는 등 유익한 점이 많다고 하였으나 퇴비화를 위한 수분 조절제를 첨가할 때 왕겨나 톱밥은 난분해성 물질이기에 퇴비화에 소요되는 기간이 길어지며 또한 미숙된 퇴비를 사용할 경우에는 유기물의 급속한 분해로 인하여 작물의 생육장해현상을 일으키는 등 문제점도 있다. 톱밥의 경우 사용 가능한 자원량에 문제가 있고 또한 가격이 고가이므로 수분조절제로의 사용은 극히 제한적인 것이 현실이다. 일본은 연간 발생하는 하수오니의 약 33%를 이용하고 있으며 그중 41%는 녹지와 농지 등에 재활용하고 있는 실정이다.

농축수산 유통집하장의 폐기물의 처리시스템(한국에너지기술연구소, 농림부, 1999)은 고속 발효퇴비화 연구이며 유기성 액비활용 고품질채소류 생산 실용화 기술개발이 수행중에 있다(농림부). 또한 혐기성부패조를 거친 오수가 흡수성 여재인 바투 바이오 필터가 충전된 조상부에서 노즐을 통하여 간헐적으로 살수되면, 자연유하에 의해 통과되면서 바이오 필터 여재층에 형성된 호기성미생물들에 의해 유기물질의 산화분해 및 부유물질이 제거되는 살수여상방식의 오수처리기술. 음식물쓰레기, 도축폐기물 등 유기성폐기물을 생석회와 혼합·교반하여 토지개량제를 제조하는 기술이 소개되었다.

또한 왕겨를 여재로 활용한 바이오필터 시스템 시험에서는 여재의 수명과 발열상태를 조사하였고 여재층의 온도는 처리 12일 이후 급격히 떨어지는 현상이 나타났는데 이 현상은 여재층에 부착된 유기물의 분해가 원활히 이루어지지 못하여 적체된 유기물이 여재입자간의 공극율을 저감시키기 때문이라고 하였으며 향후 바이오필터의 운영을 적절히 개선할 경우 처리수의 온도를

40-50℃ 이상의 될 경우에는 돈분뇨 내에 함유된 미생물의 사멸효과가 기대된다고 하였다. 유기성 돈분발효액비를 사용하여 관비재배한 결과는 다수의 연구기관에서 수행하여 수량 및 품질 개선 효과가 인정되고 있으며 일부 수행 중에 있다.

관비재배 면적은 1990년 23,968ha에서 2002년 현재 52,189ha로서 급격히 확대되고 있다. 관비재배 면적의 확대는 액비 시장이 확대된다는 의미로 해석이 가능하며 액비의 다양화와 더불어 유기성 액비의 사용량이 증가되는 추세이다

현재 국내의 작물별 가축분뇨 액비사용의 연구 및 이용 실태를 보면 초지 및 사료작물, 닭근 먹이용 옥수수, 수수+수단그라스, 호밀, 귀리, 벼, 보리, 고추, 파, 배추, 생강, 마늘, 수박, 사과, 배, 포도, 감, 감귤 등 많은 작물에서 시용 효과가 보고된바 있다(농촌진흥청, 2002). 방 등은 호기성 돈분발효액비를 오이, 호박에 시용한 결과 오이에서는 10%, 호박에서는 48% 증수되었다고 보고하였다(강원도 농업기술원, 2002). 원 등(1999)은 돈분퇴비의 시용이 배추재배지 토양의 미생물 및 화학성을 연구한 결과 *Bacillus*속을 제외한 모든 미생물이 시용량에 비례하여 증가하고 세균(*Bacillus*속 포함)의 경우 배추의 생육초기에 정점에 도달하였으나 형광성 *Pseudomonas* 속은 생육 후기에, 사상균과 방선균은 수확기에 최고의 밀도를 나타냈다고 보고하였다. 신 등(1998)은 젖소와 돼지분뇨에 물 첨가수준과 부숙기간에 따른 성분함량의 변화와 성분간의 관계를 연구 보고하였는데 그 결과에 따르면 젖소 액비의 건물 함량과 질소함량간에는 고도의 정의 상관($r=0.86^{**}$) 관계가 있고 돼지 액비의 건물 함량과 질소 함량간에도 고도의 상관($r=0.92^{**}$) 관계가 있다고 하였다. 민 등(1995)은 톱밥발효 퇴비가 하우스 재배 토마토의 수량 및 양분 흡수에 미치는 영향을 조사한 결과 수확기의 식물체중 CaO 흡수량은 흡수량이 높을수록 수량이 증가를 가져오는 정의 상관관계($r=0.94^{**}$)라고 보고하였다.

외국의 가축분뇨 사용 관리 기준을 살펴보면 독일은 농경지에 시용시 질소는 170kg/ha/년 이하로 정하고 있고 인산과 칼리도 제한하고 있으며 매년 11월 15일부터 이듬해 1월 15일까지는 살포를 금지한다. 프랑스는 질소의 최대살포량을 2000년부터 210kg/ha/년, 2003년부터 170kg/ha/년으로 삭감할 계획이며 분뇨 저장시설 설치가 의무로 부과되어 있다. 네덜란드는 인산환산으로 125kg/ha 이상의 분뇨가 발생할 경우에는 과세 대상이며 분뇨의 시용량에 대해서는 인산환산으로 목초지에 대해 150kg/ha/년, 농경지에서는 110kg/ha/년 이하로 제한하고 있다. 덴마크는 번식돈 300두 이하의 농가에서는 분뇨의 25% 상당면적, 750두 이상에서는 60%, 기업양돈에서는

100%를 살포할 수 있는 농지의 확보가 의무로 되어 있다. 미국의 경우는 Clean water 법에 의하여 수질 오염원을 점 오염원과 비점오염원 나누고 있으며 비점오염원의 경우 기준은 1,000 가축단위(AU) 이상을 말하며 비육우라면 1,000두, 돼지면 2,500두, 닭이면 10만수에 상당하는 규모이며 이들 축산농가는 정부가 발행하는 허가증을 필요로 한다(농촌진흥청, 2002). 위에서 언급한 것 이외에도 외국의 경우는 복잡하고 까다로운 규제가 이루어지기 때문에 이에 대한 연구도 한층 더 깊게 추진될 것으로 추정된다.

돈분뇨 슬러리의 고액분리의 효율성을 촉진시키기 위하여 사용되는 응집제시험에서 정 등은 Nalco사의 양이온성 Poly-acryl amide계통의 E-851이 가장 우수하였고 이때 최적 주입량은 슬러리의 농도에 따라서 260 - 5000ml/1라고 하였다.

최근 생활오폐수처리기술에 이용되는 생물학적 처리시스템인 ASP(Activated Sludge Process)와 SBR(Sequencing Batch Reactor)등을 고농도 가축분뇨 처리에 적용하는 실험이 수행되었으나 아직까지 고농도의 유기물과 영양염류를 복합적으로 처리하기에는 미흡하였으며 더욱이 과도한 시설비와 가동비 및 고도의 처리기술이 요구되는 단점이 있기에 축산분뇨처리기술로 확대 적용하기에는 부적합하다는 판단이다.

이 등은TAO시스템에서 처리된 액비 시작품을 출품하여 최근에 시험 판매 중에 있으며. 또한 유기성 돈분발효액비를 사용하여 관비재배한 결과는 다수의 연구기관에서 수행하여 수량 및 품질 개선 효과가 인정되었으며 일부 수행 중에 있다.

시설채소 주년생산에 따른 과비재배로 양분의 불균형, 가스장해, 토양 병해 유발되고 있으며 시설재배시 추비는 주로 요소 등의 화학비료 형태로 공급되고 있어 생리 장애 및 염류집적 유발되고 있으며 소비자들의 식품에 대한 안전성, 기능성, 고품질에 대한 요구도가 증대될 것이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 제1세부과제 : 시설채소 유기액비 시용 기술 개발

1. 서언

노지재배를 주로하던 과거에는 어느 정도 화학비료를 많이 사용하더라도 염류집적의 문제점이 발생하지 않았지만 비닐하우스를 이용하여 재배하면서 화학비료의 과다사용으로 염류집적으로 수량감소와 품질 저하가 현실로 나타나고 있다. 그래서 일부농가에서는 작물을 재배하지 않는 동안 물을 가두어 염류를 제거하거나 하우스 비닐을 제거하여 자연 강우를 맞게 하는 등 여러 가지 방법을 사용하고 있다. 이와 같이 지나친 화학비료의 사용과 유기물의 부족으로 불과 몇 년 사이에 우리농업은 지속농업으로 가기에는 너무 많은 문제점이 발생하고 있는 실정이다.

따라서 본시험은 돈분발효 유기액비를 고추, 방울토마토, 수박을 이용하여 농업적 이용과 화학비료 대체 가능성을 검토하기 위해서 실시하였다.

2. 유기액비와 화학비료 시용효과 구명

가. 시험 1 : 유기액비와 화학비료 혼용이 고추의 생육에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

시설고추 재배시 돈분발효 유기액비 시용에 의한 품질향상 및 수량 증대 효과를 구명하기 위해 본 시험을 실시하였다. 시험재료는 '녹광' 고추를 이용하였고 일반 시중에서 시판되는 상토에 파종하여 128cell plug tray에 파종하여 야간온도가 20℃로 유지되는 전열온상에서 육묘 관리한 후 7cm 포트에 가식하여 4월 28일 음성시설농업시험장내 비닐하우스에 정식하였으며 재식거리는 100×40cm로 하였다.

처리내용은 ① 화학비료 단용 ② 유기액비 0.5배 + 화학비료 N, K 보충, ③ 유기액비1.0 + 화학비료 N, K 보충 ④ 유기액비 1.5배 + 화학비료 N, K 보충 ⑤ 유기액비 2.5배 + 화학비료 N, K 보충 등 5처리로 하였으며 인산 필요량은 전량 기비로 사용하였다.

시비량 기준은 토양검정을 통한 진단 시비량으로 하였으며 ③ 유기액비 1.0 + 화학비료 N, K

처리를 기준으로 질소기준 50%로 나머지 50%는 유기액비로 사용하였다. 관비재료로 사용된 호기성 돈분발효액비의 화학성분은 표 1과 같다(표 1). 분석결과를 보면 암모니아태 질소가 2927mg/kg이고 질산태질소 37mg/kg으로 비교적 낮은 농도의 질소가 포함되어 있었고 나머지 성분들도 가리를 제외하고는 인산, 칼슘 및 마그네슘 등의 성분들도 낮았다. 유기액비 사용은 전체량을 생육 단계별로 나누어 사용하였으며 관리는 일반 고추 재배법에 준하여 하였다.

Table 1. Chemical properties of the swine liquid manure (mg/kg)

N				P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
NH ₄ -	NO ₃ -	O-M	Total				
2,927	37	258	3,222	550	2,200	114	35

2) 결과 및 고찰

시험에 사용된 액비의 희석농도별 pH와 EC의 변화를 조사한 결과는 그림 1과 같다. 희석배율이 높아질수록 EC의 농도는 배율에 비례하여 현저하게 떨어졌으나 pH의 변화는 거의 없었다.

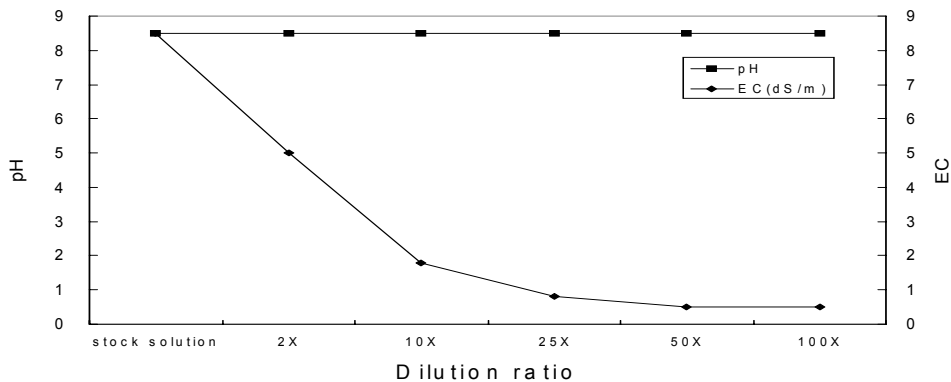


Fig. 1 pH and EC changing by the dilution ratio of swine liquid manure

시험포장은 토양 분석 결과 EC 1.67dS/m, P 135.41mg/kg, K 0.74, Ca 5.28, Mg 1.8cmol+/kg

이었다. 유기액비농도별 시용에 따른 녹광고추의 생육은 표 2와 같다. 초장은 유기액비1.5배+N, K 처리에서 265cm로 가장 컸고 유기액비 0.5배+N, K 처리가 264cm로 두 번째 비슷하였으며 화학비료 단용에 비하여 유기액비처리구에서 대부분 크게 나타났다. 분지수도 초장이 큰 유기액비 1.5배+N, K 처리구에서 25.1개로 가장 많았으며 나머지 처리구에서는 큰 차이 없이 유사하게 나타났다. 화학비료 단용 처리구의 초장에 비해 유기액비 1.5배+N, K 처리가 약 7.3% 더 컸는데 이 같은 결과는 분지수에서도 유기액비 1.5배+N, K 처리가 6.4% 많게 나타난 것으로 보아 절간이 길어져 도장한 것이 아니라 정상적인 생육을 한 것으로 사료된다. 고추의 줄기 두께를 나타내는 경경(지면으로부터 20cm 위)은 유기액비 50%와 화학비료 50% 처리구인 유기액비 표준비 처리와 유기액비 2배+N, K 처리에서 20.5mm로 가장 컸고 화학비료 단용이 19.0mm, 유기액비 0.5배+N, K 19.1mm로 비교적 낮게 나타났으며 생체중은 초장이 컸던 처리구에 비례해서 무겁게 나타났다(표 2).

Table 2. Growth characteristics by the application of swine liquid manure with chemical fertilizer in red pepper.

Treatment	Plant height (cm)	No. of lateral shoot (ea)	Shoot diameter (mm)	Fresh weight (g)
chemical fertilizer	247	23.6	19.0	945
liquid manure 1+N,K	260	23.3	20.5	1,034
liquid manure 0.5x+N,K	264	23.8	19.1	1,140
liquid manure 1.5x+N,K	265	25.1	19.8	1,055
liquid manure 2+N,K	249	23.9	20.5	1,025

유기액비 농도별 시용에 따른 녹광고추의 생육은 표 3과 같다. 식물체 당 수량은 유기액비 1.5배+N, K 처리구에서 114개/주 로 가장 많았고 화학비료 단용의 수량도 113개/주 차이가 없었으며 유기액비 표준비 처리구에서 90개/주 로 가장 적게 나타났다. 과실 1개의 무게인 1과중은 유기액비 표준비 처리구에서 13.6g/개 으로 가장 무거웠고 1.5배액비+N,K 처리구에서 12.2g/개 으로 가장 가벼웠으며 과수가 많아지면 과중은 다소 떨어지는 것으로 생각된다.

전체적인 수량은 화학비료 단용구와 1.5배액비+N,K 처리구에서 각각 3,487kg,

3,447kg/10a으로 높게 나타났으며 화학비료를 25% 수준까지 낮추어도 화학비료와 유사한 99%의 생산성을 보인 것으로 보아 액비사용 효과는 상당히 높은 것으로 사료된다 (표 3).

Table 3. Fruit characteristics by the application of swine liquid manure with chemical fertilizer in red pepper.

Treatment	No. of fruit/plant (ea/plant)	Fruit weigh (g/ea)	Yields	
			kg/10a	Index
chemical fertilizer	113	12.4	3,487	100
liquid manure1+N,K	90	13.6	3,046	87
liquid manure 0.5x+N,K	105	12.5	3,284	94
liquid manure 1.5x+N,K	114	12.2	3,447	99
liquid manure 2+N,K	97	13.4	3,232	93

나. 시험 2 : 유기액비와 화학비료 혼용이 방울토마토의 생육에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

방울토마토 재배시 돈분발효 유기액비 사용에 의한 품질향상 및 수량 증대 효과를 구명하기 위해 본 시험을 실시하였다. 시험재료는 ‘꼬꼬’를 이용하였고 일반 시중에서 시판되는 상토로 128cell plug tray 과중하여 야간온도가 20℃로 유지되는 전열온상에서 육묘 관리한 후 4월 28일 음성시설농업시험장내 비닐하우스에 정식하였으며 재식거리는 100×40cm로 하였다.

처리내용은 ① 화학비료 표준비 ② 유기액비 + 화학비료 N+P, K, ③ 유기액비 + 화학비료 0.5N+0.5(P, K) ④ 유기액비 + 화학비료 0.5N+1.5(P, K) ⑤ 유기액비 + 화학비료 1.5N+1.5(P, K) 등 5처리이고 시비량 기준은 토양검정을 통한 토양 진단 시비량으로 하였다. 유기액비량은 질소 시비량을 기준으로 70%는 액비로 사용하고 나머지 30%는 화학비료로 사용하였으며 혼용비율을 가감하였다. 필요한 인산은 전량 기비로 사용하였다. 관비재료로 사용된 호기성 돈분발효액비의 화학성분은 시험 1과 같다. 유기액비 사용은 전체량을 생육 단계별로 나누어 사용하였으며 관리는 일반 방울토마토 재배법에 준하여 하였다.

2) 결과 및 고찰

유기액비와 화학비료 혼용에 의한 방울토마토의 생육을 조사한 결과는 표 4와 같다. 초장은 유기액비 모든 처리구에서 관행의 화학비료 단용 132cm에 비해 떨어졌고 특히 유기액비 + 0.5N + 1.5(P, K) 처리구가 119cm로 가장 작았다. 엽수는 22.6개에서 24.9개의 분포이었고 처리간에 큰 차이는 보이지 않았으나 화학비료 단용처리에서 24.9개로 가장 많았다. 엽장은 유기액비 + 0.5(N, P, K) 처리구가 43.9cm로 가장 컷고 유기액비 + N, P, K 처리구가 41.3cm로 가장 짧았으나 처리간 일정한 경향은 나타나지 않았다. 엽폭도 유기액비 + 0.5(N, P, K) 처리구가 38.4cm로 가장 컷고 유기액비 + N, P, K 처리와 유기액비 + 0.5N + 1.5(P, K) 처리에서 35.8cm 로 좁았으나 큰 차이는 없었다.

방울토마토의 착과절위인 화방수는 대부분 처리구가 5.8단에서 5.9단 이었으며 유기액비+0.5N+1.5(P, K)처에서 5.6단으로 가장 적었다(표 4).

Table 4. Growth characteristics by the application of swine liquid manure with chemical fertilizer in cherry tomato.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of flower truss(ea)
chemical fertilizer	132	24.9	42.4	37.7	5.9
liquid manure+N,P,K	127	24.0	41.3	35.8	5.9
liquid manure+0.5(N,P,K)	125	24.8	43.9	38.4	5.8
liquid manure+0.5N+1.5(P,K)	119	22.6	42.7	35.8	5.6
liquid manure+1.5(N,P,K)	125	22.6	42.6	37.3	5.9

유기액비와 화학비료 혼용에 의한 방울토마토 과실 특성을 조사한 결과는 표 5와 같다. 당도는 유기액비+N,P,K 처리구에서 8.1°Bx로 가장 높았고 7.2~8.1°Bx 범위를 나타냈으며 화학비료의 가감은 당도 향상에는 영향을 주지 못하였다. 수량은 유기액비 +0.5N+1.5(P, K) 처리서 4,545kg/10a으로 가장 많았으나 화학비료 단용처리도 4,460kg/10a 으로 큰 차이없는 약 2% 차이만 보였으며 나머지 모든 유기액비 처리구에

서 화학비료 단용에 비해 15~7% 낮았다. 아래 표에서 보는 바와 같이 pH와 EC는 화학비료에 비해 모든 처리구에서 높았으나 수량 증대에는 영향을 주지 못하고 오히려 대부분 처리에서 떨어지는 것으로 나타났다(표 5).

Table 5. Yield and soluble solids by the application of swine liquid manure with chemical fertilizer in cherry tomato.

Treatment	liquid manure		Soluble solids (°Bx)	Yield	
	pH (1:5)	EC (dS/m)		kg/10a	Index
chemical fertilizer	7.83	1.52	7.5	4,460	100
liquid manure+N,P,K	8.17	2.18	8.1	4,082	92
liquid manure+0.5(N,P,K)	8.76	1.90	7.8	3,809	85
liquid manure+0.5N+1.5(P,K)	8.72	2.33	7.8	4,545	102
liquid manure+1.5(N,P,K)	8.80	2.45	7.2	4,134	93

다. 시험 3 : 돈분발효 유기액비가 수박에 미치는 영향

1) 시험 3-1 : 돈분발효액비의 효과 구명

가) 재료 및 방법

돈분발효 유기액비를 이용한 수박 관비재배시 적정 분시비율을 구명하기 위해 대목은 참박(FR-장군)을 최아시켜 9cm 흑색비닐 포트에 2000년 2월 29일 파종하였고 수박은 ‘삼복꿀수박’을 최아시켜 3월 6일에 128셀 프리그트레이에 파종하였으며 3월 15일에 삽접을 하였다.

접목묘는 소형 전열온상 속에 넣고 접목부위에 물이 묻지 않도록 주의 깊게 관수하였다. 온도는 28°C±2, 습도는 95% 정도 유지시켰으며 접목 후 3일까지는 전열온상위를 약 50% 차광하였고 접목 후 10일 뒤부터는 일반 관리하여 4월 14일 250×50cm 간격으로 비닐하우스에 정식하였다. 시험포장은 토양 분석 결과 EC 1.67dS/m, P 135.41mg/kg, K 0.74, Ca 5.28, Mg 1.8cmol+/kg 이었다.

관비시기는 정식기-신장기-착과기-비대기 등으로 나누어 ①30-10-30-30 ②20-10-40-30 ③

20-10-30-40 ④20-20-30-30 등 4처리를 하였다. 관비재료로 사용된 돈분발효액비의 화학성분은 표 6과 같다.

Table 6. Chemical properties of the swine liquid manure

water (%)	O-M (%)	pH (1:5)	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O	Ca (mg/kg)	Mg
98.77	0.38	8.35	2.26	0.04	1,440.2	259.1	97.9

돈분발효 유기액비에는 수박재배에 필요한 전량이 들어있지 않기 때문에 토양을 검정하여 진단시비량 기준으로 부족분에 대해서는 N(요소), K(황산카리)로 보충하였으며 총 관비량은 500 리터(물+돈분발효액비)로 시기별로 동일하게 처리하였고 정식기와 신장기에는 총 관비량을 일주일 간격으로 두 번 나누어 사용하였다. 생육 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 준하였고 당도는 굴절당도계로 측정하였다(농촌진흥청, 1995).

나) 결과 및 고찰

돈분발효액비간 분시비율의 차이를 알아보기 위해 처리한 결과는 표 7과 같다. 총 만장은 20-20-30-30 처리를 제외하고는 분시비율 간 큰 차이를 보이지 않았고 엽장과 엽폭도 처리간에 이렇다할 경향은 나타내지 않았으며 범위는 엽장 30.3~31.3cm, 엽폭 32.5~34.5cm로 엽장 보다 엽폭이 더 크게 나타났다. 엽수는 분시비율 20-20-30-30 처리에서 60.7매로 가장 적었으며 20-10-40-30 처리에서 68.5매로 가장 많았다. 경경의 범위는 12.1~12.9mm로 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으며 생체중과 건물중은 20-10-40-30 처리에서 2.4kg/주, 200.8g/주 으로 가장 높게 나타났다(표 7).

Table 7. Growth characteristics by the split application ratio of the swine liquid manure in watermelon.

Treatment	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)
30-10-30-30	780	31.3	34.3	63.5	12.9	2.2	185.2
20-10-40-30	803	30.3	33.5	68.5	12.8	2.4	200.8
20-10-30-40	793	30.8	34.5	62.0	12.5	2.3	192.7
20-20-30-30	763	31.3	32.5	60.7	12.1	2.0	179.0

또한 돈분발효액비간의 분시비율에 따른 과실의 특성은 표 8과 같다. 과장과 과폭은 20-10-40-30 분시비율에서 26.5cm, 23.0cm로 가장 컷고 과중도 8.7kg으로 가장 무거웠으며 10a 당 수량도 6,920kg/10a로 가장 많았다. 당도는 11.2~11.6°Bx 범위로 나타났으며 30-10-30-30 처리에서 가장 낮은 11.2°Bx 이었다(표 8).

Table 8. Fruit characteristics by the split application ratio of the swine liquid manure in watermelon.

Treatment	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit weight (kg/fruit)	Soluble solids (°Bx)	Yield (kg/10a)
30-10-30-30	26.3	22.9	8.2	11.2	6,544
20-10-40-30	26.5	23.0	8.7	11.6	6,920
20-10-30-40	26.0	21.9	7.6	11.4	6,048
20-20-30-30	25.8	21.8	7.2	11.5	5,720

2) 시험 3-2 : 돈분발효액비의 화학비료 대체 가능성 검토

(1) 재료 및 방법

돈분발효액비가 화학비료를 대체할 수 있는지를 평가하기 위해 대목은 참박(FR-홍련)을 최아시켜 9cm 흑색비닐 포트에 파종하였고 수박은 ‘삼복꿀수박’을 최아시켜 128셀 프러그트레이에

과중하였으며 접목방법은 편엽합접을 하였다.

접목묘 관리는 시험 1과 같고 비닐하우스에 4월 23일에 250×50cm 간격으로 정식하였다. 시험 포장은 토양 분석 결과 EC 1.875dS/m, P 453.4mg/kg, K 1.29, Ca 8.86, Mg 0.93cmol+/kg 이었다. 분시비율은 ① 화학비료(30-10-30-30) ② 20-10-40-30 ③ 20-10-30-40 ④ 20-20-30-30 등 화학비료 1처리, 유기액비 3처리 등 4처리를 하였고 기타 처리내용은 시험 3-1과 같다.

(2) 결과 및 고찰

화학비료와 돈분발효액비의 비교시험은 표 9, 10과 같다. 화학비료에 비해 만장, 엽장, 엽폭 등의 생육은 돈분발효액비 처리구에서 비교적 크게 나타났다. 화학비료에서 만장이 615cm 인 것에 비해 액비처리구에서는 11~23cm 정도 더 컸으며 엽장과 엽폭도 화학비료구에서는 25.4cm와 25cm로 같은 비율인 반면에 액비처리구에서는 엽장보다 엽폭이 더 크게 나타났다(표 9).

Table 9. Growth characteristics by the split application ratio of the swine liquid manure in watermelon.

Treatment	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
chemical fertilizer	615	25.4	25.0
20-10-40-30	637	26.2	26.5
20-10-30-40	628	26.4	28.3
20-20-30-30	626	27.6	28.6

화학비료와 돈분발효액비의 분시비율에 따른 과실의 특성은 표 10과 같다. 과가 달린 줄기의 굵기인 과경경은 화학비료가 7.8mm 가장 작았고 20-10-30-40 분시비율에서 8.5mm로 가장 컸다. 만장, 엽장, 엽폭 같은 생육이 화학비료보다 좋다고 해서 과실 특성에 직접적인 관계는 없는 것으로 나타났다(표 10). 과장과 과폭은 화학비료구에서 31.6cm, 25.4cm로 가장 컸으며 과중도 8.7kg으로 돈분발효액비에 비해서 0.2~0.5kg 더 큰 것으로 나타났는데 이는 돈분발효액비구가 약간의 과변무가 된 것으로 추정된다. 10a 당 총 수량을 보면 화학비료에 비해 3~6% 정도

의 수량은 적지만 8kg 이상의 과는 매우 시장성이 있는 것으로 판단되며 이는 돈분발효액비의 화학비료 대체 가능성을 시사한다고 사료된다. 신 등, 1999)은 고액분리된 돈분 액비 시용구의 목초 수량은 화학비료구 대신에 돈분 액비를 질소기준으로 100%, 75%, 50%로 처리한 결과 화학비료구에 비해 94%, 91% 그리고 75%로 낮아졌지만 화학비료 50%와 돈분액비 50% 혼합구에서는 대등하였다고 하였다. 당도는 화학비료에 비해 돈분발효액비 처리에서 비교적 높게 나타났는데 이는 돈분발효액비의 기타 미량요소 등이 작용한 것으로 추정되며 처리간의 큰 차이는 없이 10.6~10.8°Bx 범위이었다(표 10).

이상의 결과로 보아 돈분발효액비를 주로 하고 부족분에 대한 N, K의 보충으로 화학비료 정도의 수량이 생산될수 있음이 확인되었다. 원 등, 2000)은 시설고추에 대한 가축우분뇨의 관비재배 시험결과 질소표준시비량의 75% 해당량만 관비하여도 고추의 생육 및 수량은 양호하여 화학비료 100% 절감, 토양염류 집적 방지가 가능하다고 보고하였다.

Table 10. Fruit characteristics by the split application ratio of the swine liquid manure in watermelon.

Treatment	Stem	Fruit	Fruit	Soluble	Fruit	Yield	
	diameter (mm)	length (cm)	width (cm)	solids (°Bx)	weight (kg/fruit)	kg/10a	Index
chemical fertilizer	7.8	31.6	25.4	10.4	8.7	6,960	100
20-10-40-30	8.0	31.0	25.2	10.7	8.5	6,811	97
20-10-30-40	8.5	30.9	25.1	10.6	8.3	6,640	95
20-20-30-30	8.2	30.9	24.9	10.8	8.2	6,560	94

라. 시험 4 : 돈분발효 액비의 종류가 시설고추 생육에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

돈분 발효액비의 종류에 따른 시설고추의 생육 특성을 조사하기 위하여 본 시험을 실시 하였다. 시험재료는 ‘녹광’ 고추를 사용하여 162셀 plug tray에 파종한 후 직경 9cm 포트에 이식 육묘 관리한 후 음성시설농업시험장 단동형 비닐하우스에 정식하였으며 이후 관리는 일반 고추재배에 준하였다.

처리내용은 ① 화학비료 단용 ② 호기성 발효액비 ③ 혐기성 발효액비 등 3처리 하였다. 관비량은 토양 진단 시비량으로 질소기준 100%로 하였으며 유기액비 분석후 부족분은 화학비료로 보충하였다. 시험포장은 토양 분석 결과 pH(1:5) 6.98, EC 1.1dS/m, P 185mg/kg, K 0.91, Ca 8.8, Mg 1.34cmol+/kg 이었고 관비시기는 정식 후 활착시부터 2회/1주 시용하였으며 시험에 사용된 유기액비의 성분은 표 11와 같으며 냄새는 혐기성이 적었다.

Table 11. Chemical properties of the swine liquid manure

Kind	Water (%)	O-M (%)	pH	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
aerobic	99.03	0.04	9.00	1.32	0.01	934.9	43.6	19.2
anaerobic	98.77	0.38	8.35	2.26	0.04	1,440.2	259.1	97.9

Kind	Smell	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
aerobic	strong	0.25	ND	ND	10.3
anaerobic	light	2.32	14.3	1.38	34.9

2) 결과 및 고찰

호기성액비 등 액비종류별로 시용한 결과는 표 12와 같다. 초장은 호기성 액비가 198.0cm로 가장 컷고 혐기성 액비가 18.2cm로 화학비료 단용보다 작았다. 분지수도 호기성액비에서 24.3개로 처리중 가장 많았으며 화학비료, 혐기성액비 순으로 많았다. 고추 줄기의 두께(지상 10cm 위)는 화학비료가 20.2mm, 호기성 액비가 19.2mm로 혐기성 액비 18.3mm 보다는 두껍게 나타났다. 생체중은 초장이 큰 호기성 액비가 1,229g으로 가장 무거웠고 화학비료와 혐기성 액비는 큰 차이를 보이지 않았다(표 12).

Table 12. Growth characteristics by the kind of the swine liquid manure in red pepper

Treatment	Plant	No. of	Stem	Fresh
	height(cm)	branching(ea)	diameter(mm)	weight(g)
chemical fertilizer	187.3	23.2	20.2	1,038
aerobic	198.0	24.3	19.2	1,229
anaerobic	182.0	22.8	18.3	1,049

돈분발효액비 종류별 시용에 따른 과실 수량 및 상품성 조사 결과는 표 13과 같다. 총 수량은 호기성 액비에서 2,746kg/10a으로 가장 많았고 혐기성 액비가 2,361kg/10a으로 가장 적었으며 화학비료 대비 88.3% 수준으로 혐기성 액비의 효과는 나타나지 않았다. 총수량면에서는 떨어진 혐기성 액비가 상품율에서는 다른 처리구에 비해 다소 우수한 성적을 보였고 비상품과율은 13.3~14.5% 수준이었으며 화학비료 처리구에서 가장 높은 비상품과율을 나타내었다. 아래의 표에서 보는바와 같이 중품이상의 상품비율은 호기성 액비가 90%로 가장 높게 나타났다.

Table 13. Yield characteristics by the kind of the swine liquid manure in red pepper

Treatment	Yield (kg/10a)	Marketable ratio (%)	Nonmarketable ratio (%)	Marketability(%)			
				Upper	Top	Middle	Low
				chemical fertilizer	2,675	85.5	14.5
aerobic	2,746	86.1	13.9	36	34	18	10
anaerobic	2,361	86.7	13.3	33	34	19	14

표 14는 돈분발효액비 종류별 시용에 따른 시설고추 생과중과 건과중 및 건과율이다. 생과중은 관행 처리구인 화학비료 단용처리구에서 232로 가장 컷고 호기성에서 165.2로 가장 작았다. 건과중은 화학비료 단용 처리와 혐기성 액비 처리구는 62.7과 62.5로 비슷 하였으며 호기성액비에서 58.2로 다소 적었으나 생과중에 비하면 건과율이 35.2로 가장 높게 나타났다(표 14).

Table 14. Percent of dry fruit by the kind of the swine liquid manure in red pepper
(Unit : 10fruits. g)

Treatment	Fresh fruit(A)	Dry fruit(B)	B/A(%)
chemical fertilizer	232	62.7	27
aerobic	165	58.2	35.2
anaerobic	207	62.5	30.2

돈분발효액비 종류별 시용에 의한 시설고추 '녹광'의 당 분석 결과는 표 15와 같다. Glucose 함량은 화학비료 단용에서 1.3%로 가장 높았고 호기성 액비 1.19 보다는 혐기성 액비에서 1.27%로 다소 높았다. Sucrose 는 화학비료 등 3처리 모두에서 검출되지 않았다. Fructose의 함량은 혐기성 액비에서 1.46%로 가장 높았고 호기성 액비에서 0.81%로 낮았으나 화학비료 처리구는 혐기성액비와 비슷한 1.41% 이었다.

Table 15. Sugar analysis by the kind of the swine liquid manure in red pepper
(Unit : %)

Treatment	Glucose	Sucrose	Fructose	Total
chemical fertilizer	1.30	0	1.41	2.70
aerobic	1.19	0	0.81	2.58
anaerobic	1.27	0	1.46	2.72

마. 시험 5 : 돈분발효 유기액비 희석 배율이 방울토마토 생육에 미치는 영향

1) 시험 5-1 : 저농도의 희석배율

가) 재료 및 방법

돈분발효액비의 희석비율을 찾기 위해 방울토마토 '꼬꼬'를 128 cell plug tray에 파종

후 5cm 포트에 가식하였으며 가운데 하우스 건전 육묘하여 비가림하우스에 100×40cm로 정식하였다. 시험에 사용된 하우스 토양의 이화학적 특성은 pH(1:5) 7.08, EC(dS/m) 2.1, Av P₂O₅ 421mg/kg, K 0.86, Ca 5.69, Mg 1.22Cmol(+)/kg 이었다.

유기액비 10배, 100배, 200배 등 유기액비 3처리와 화학비료 처리를 대조구로 하여 시험하였다.

토양검정을 실시하여 진단 시비량 기준으로 하여 관비량을 설정하였으며 유기액비 분석후 부족분의 비료성분은 화학비료로 보충하였다. 시험에 사용된 유기액비의 성분은 표 11의 호기성 액비와 같다. 관비량은 전체 생육기간중에 나누어 시용하였으며 배율이 낮은 처리구에는 200배액 관비시에 같은 량의 물을 관수하여 총 관수량은 같게 하였다.

나) 결과 및 고찰

돈분발효액비 희석비율에 따른 방울토마토의 생육을 조사한 결과는 표 16과 같다. 방울토마토의 초장은 254cm~290cm로 기본적인 생육은 하였으며 유기액비 100배액에서 290cm로 가장 길었다. 줄기의 두께도 유기액비 처리간에 차이가 없었으며 화학비료 20.5mm 보다는 다소 작은 19mm 수준이었다. 잎수도 초장과 비슷하게 나타났으며 화학비료 처리구가 36.2매로 가장 많았고 100배액에서 33매로 가장 적었다. 특히 엽장과 엽폭은 화학비료 처리구가 47.4cm, 51.9cm 인 것에 비해 유기액비 처리구는 현저히 작게 났으며 엽장 42.3~44cm, 엽폭 43.2~44.4cm 수준이었다.

생체중 또한 화학비료 처리구에서 무겁게 나타났으며 전체적인 생육은 화학비료 처리구에 비해 다소 떨어지는 경향이였다(표 16).

Table 16. Growth characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in cherry tomato.

Treatment	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g)
Chemical fertilizer	258	20.5	36.2	47.4	51.9	1,375
liquid manure 10x	254	19.1	34.2	44.0	44.4	1,372
liquid manure 100x	290	19.1	33	43.7	44.0	1,317
liquid manure 200x	288	19.0	33.1	42.3	43.2	1,287

돈분말효액비 희석비율에 따른 방울토마토의 과실특성을 조사한 결과는 표 17과 같다. 당도는 7.2~7.5°Bx이었으며 유기액비 100배액에서 7.5°Bx로 가장 높았고 200배액은 화학비료와 같은 7.2°Bx이었다. 방울토마토의 주당과수는 화학비가 62.9개인 것에 비해 모든 유기액비처리구에서 많았으며 특히 200배액에서 73.1개로 가장 많았으나 농도 변화에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다. 1과당 무게인 1과중은 유기액비 100배 처리구에서 18.4g 으로 가장 높았고 유기액비 처리가 화학비료15.7g에 비해 높게 나타났으며 10a 당 수량은 화학비료 처리구 2,702kg/10a에 비해 유기액비 100배 처리구에서 3,114kg/10a 로 약 15% 증수되었다(표 17).

Table 17. Fruits characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in cherry tomato.

Treatment	Soluble solids (°Bx)	No. of fruits/plant (ea)	Fruit weight (g/fruit)	Yield (kg/10a)
Chemical fertilizer	7.2	62.9	15.7	2,702
liquid manure 10x	7.3	66.3	16.0	2,967
liquid manure 100x	7.5	63.9	18.4	3,114
liquid manure 200x	7.2	73.1	17.4	3,107

돈분발효액비의 희석농도별 시용 후 방울토마토의 당분석 결과는 표 18과 같다. 방울토마토에서는 Glucose 성분은 검출되지 않았고 Sucrose와 Fructose 성분만 조사되었다. Sucrose 함량은 27~31% 수준이었고 유기액비 10배 처리에서 가장 높았으며 유기액비 200배액에서 27.0%로 가장 낮았다, 또한 Fructose 함량은 유기액비 100배액에서 31.1% 높게 나타났으나 처리간에 일정한 경향은 나타나지 않았고 유기액비 200배액에서 26.8% 가장 낮게 나타났으며 전체량은 유기액비 10배액과 100배액에서 61.4%, 61.6%로 다소 높게 나타났다.

Table 18. Sugar analysis by dilution ratio of the swine liquid manure in cherry tomato
(Unit : %)

Treatment	Glucose	Sucrose	Fructose	Total
Chemical fertilizer	0	29.4	29.3	58.7
liquid manure 10x	0	31.0	30.4	61.4
liquid manure 100x	0	30.5	31.1	61.6
liquid manure 200x	0	27.0	26.8	53.8

돈분발효액비의 희석농도별 시용 후 방울토마토 시험포장 토양검정 결과는 19와 같다. pH는 시험전과 큰 변화는 없으나 유기액비 100처리구에서만 7.8로 변화가 없었으나 화학비료, 유기액비 10배, 100배 처리에서는 다소 상승한 8.0~8.2 범위로 나타났다. EC는 유기액비 처리구가 화학비료에 비해 모두 높게 나타났으나 시험전 2.1dS/m에 비해 모든 처리구에서 떨어진 것으로 나타났다. 그중 화학비료 처리구가 1.28dS/m로 가장 낮았고 희석배율이 높을수록 EC는 떨어지는 것으로 나타났으며 유기액비 10배 처리구만이 처리전과 비슷한 2.04dS/m 이었다.

인산의 함량은 처리전 421ppm 보다 화학비료 처리구를 비롯 모든 처리구에서 높게 나타났고 희석배율이 높아질수록 많아지는 것으로 나타났으며 유기액비 200배액에서 1,039.6ppm으로 가장 높았다. 질소함량은 화학비료에 비해 유기액비 처리구에서 높게 나타났으며 전체 질소함량은 유

기액비 200배액에서 70.1ppm으로 높았고 화학비료는 43.1ppm으로 가장 낮은 수준이었다. 양이온 치환용량은 모든 원소들이 처리전보다 높아졌고 화학비료 처리에 비해서는 모두 높았다(표 19).

Table 19. Chemical properties of soil after experiment with the swine liquid manure in cherry tomato soil.

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	O-M (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	NO ₃ -N NH ₄ -N		K	Ca	Mg
					(mg/kg)				
chemical fertilizer	8.1	1.28	1.4	954.2	38.9	4.2	1.7	11.8	2.2
liquid manure 10x	8.2	2.04	1.7	958.8	61.8	3.9	2.1	14.4	3.0
liquid manure 100x	8.0	1.94	1.7	1016.6	40.8	2.3	1.8	18.1	3.3
liquid manure 200x	7.8	1.70	1.9	1039.6	66.4	3.7	1.9	14.3	4.0

시험 5-2 : 고농도 돈분발효 유기액비의 희석배율이 고추와 방울토마토에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

가) 고추

돈분 발효액비의 농도가 비교적 낮은 경향이어서 적정 희석배율을 알아보기 위하여 본 시험을 실시하였다. 시험재료는 ‘녹광’ 고추를 사용하여 2003년 3월 10일에 162셀 plug tray에 파종한 후 3월 20일 직경 9cm 포트에 이식 육묘 관리한 후 5월 14일에 음성시설농업시험장 단동형 비닐하우스에 정식하였으며 이후 관리는 일반 재배법에 준하였다.

처리내용은 ① 25배액 ② 50배액 ③ 100배액 등 3처리 하였다. 관비량은 토양 진단 시비량으로 질소기준 100%로 하였으며 유기액비 분석 후 부족분은 화학비료로 보충하였다. 시험포장은 토양 분석 결과 pH(1:5) 6.2, EC 0.15dS/m, NH₄-N 4.25mg/kg, NO₃-N 4.57mg/kg, P 13mg/kg, K 0.16, Ca 5.8, Mg 2.2cmol+/kg 이었고 관비시기는 정식 후 활착시부터 2회/1주 시용하였다. 시험에 사용된 유기액비 분석결과 다량원소는 T-N 0.12%, P₂O₅ 0.023%, CaO 0.001%, MgO 0.002%, K₂O 0.085% 이었고 미량원소의 Fe 9.1mg/kg, Mn 0.3mg/kg, Zn 2.3mg/kg, Cu 0.3mg/kg, Cd 0.2mg/kg, Pb 4.6mg/kg 이

었다. 조사방법으로 초장은 지면부로부터 가장 큰 줄기 끝까지 측정하였고 경경은 방아다리 1cm 밑 측정, 분지수는 방아다리부터 가장 큰 줄기의 끝까지 계산, 엽장과 엽폭은 두 번째 방아다리 앞은 기준으로 엽병을 제외한 최장거리를 측정하였다. 주당수량은 완전히 성숙한 상태인 홍풋고추를 수확하여 계산하였고, 1과중은 개개의 무게를 측정하여 평균하였으며 주당 수량은 2회 수확한 수량이다.

나) 방울토마토

돈분발효 유기액비를 방울토마토 ‘꼬꼬’에 정식기와 과실 착과비대기에 사용하였다. 육묘 및 관리는 상기의 고추와 같으며 처리내용은 ① 100배액-25배액(정식기-과실착과비대기) ② 100배액-50배액 ③ 100배액-100배액) 이었다. 관비량은 토양 진단 시비량으로 질소기준 70%로 하였고 유기액비 분석 후 부족분은 화학비료로 보충하였으며 시험포장의 토양분석과 사용된 액비의 성분은 고추와 같다. 토마토 수확은 과실의 전체색이 적색으로 되었을 때 수확하여 개개의 과실을 계량한 후 평균으로 하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 고추

희석비율에 따른 ‘녹광’ 고추의 생육을 조사한 결과는 표 20과 같다. 초장은 유기액비 50배액 사용 처리에서 137cm로 가장 컷고 25배액에서 116.8cm로 작게 나타났다. 경경도 유기액비 50배액에서 12.7mm로 가장 굵었고 25배액에서 11.1mm로 가늘었다. 분지수는 50배액에서 12.5개, 25배액에서 11.4개, 유기액비 100배액에서 11.1개로 나타났다. 엽장이나 엽폭은 유기액비 50배액과 100배액에서는 큰 차이가 없었으나 25배액과는 다소 차이가 나타났다.(표 20)

Table 20. Growth characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of Lateral shoot(ea)	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
liquid manure25x	116.8±6.9	11.1±0.6	11.4±0.5	14.5±1.2	6.7±0.5
liquid manure50x	137.0±11.4	12.7±0.8	12.5±0.7	16.2±0.6	7.6±0.6
liquid manure100x	125.2±6.3	11.3±0.8	11.1±0.6	16.1±1.4	7.3±0.4

돈분발효액비의 희석비율에 따른 시설고추 ‘녹광’의 과실 특성은 표21과 같다. 고추 과실의 길이인 평균과장은 100배액에서 11.8cm로 가장 길었고 농도가 진할수록 짧아고 1과중은 일정한 경향은 없었으나 100배액에서 20.2g으로 가장 무거웠고 10a당 수량은 50배액에서 5,667kg으로 가장 많아 25배액에 비해 35% 증수 되었다(표 21).

Table 21. Fruits characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Fruit length (cm)	Fruit weight (g)	Yield (kg/10a)
liquid manure25x	11.3±1.7	18.4±3.8	4,191
liquid manure50x	11.5±1.4	18.2±5.4	5,667
liquid manure100x	11.8±1.5	20.2±4.9	5,000

나) 방울토마토

희석비율에 따른 방울토마토 ‘꼬꼬’의 생육을 조사한 결과는 표 22와 같다. 초장은 유기액비 50배액 시용 처리에서 236cm로 다소 컷으나 25배액과 100배액에 비해 큰 차이는 없었다. 경경도 유기액비 50배액에서 20.1mm로 가장 굵었으나 큰 차이를 볼 수 없었으며 처리간 일정한 경향은 나타나지 않았다. 엽수는 25배액에서 33.3개, 50배액에서

33.5개, 100배액에서 33.2개로 차이가 없었다. 엽장은 유기액비 25배액에서 44.9cm 로 가장 넓었으며 50배액에서 43.2cm로 다소 좁았다. 엽폭은 50배액에서 44.6cm, 100배액에서 44.2cm로 처리간에는 큰 차이가 없었으며 생체중은 초장이 큰 50배액에서 1397g 으로 가장 무거웠다(표 22).

Table 22. Growth characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in cherry tomato.

Treatment	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g)
liquid manure 25x	227±6.6	18.1±0.4	33.3±1.3	44.9±0.9	43.4±1.0	1,352±23.1
liquid manure 50x	236±6.8	20.1±1.0	33.5±1.1	43.2±0.9	44.6±0.7	1,397±8.8
liquid manure 100x	229±5.4	19.2±0.5	33.2±1.5	43.6±1.0	44.2±0.8	1,377±6.8

방울토마토에 돈분발효액비를 희석비율별로 사용한 결과는 표 23과 같다. 당도는 3처리 모두 큰 차이 없이 7.5°Bx로 비슷하였다. 과실 하나의 무게인 1과중은 25배액에서 21g으로 가장 좋았으나 다른 처리구에 비해 큰 차이를 나타내지 않았고 주당 수량은 50배액에서 0.6kg으로 가장 많았으며 10a 당 수량도 6,564kg으로 25배액에 비해서 20% 증수되었다(표 23).

Table 23. Fruit characteristics on dilution ratio of swine liquid manure in cherry tomato.

Treatment	Soluble solids (°Bx)	Fruit weight (g)	Yield	
			Plant(kg)	kg/10a
25X	7.8	21.0	0.5	5,470
50X	7.4	20.9	0.6	6,564
100X	7.4	20.5	0.54	5,908

바. 시험 6 : 돈분발효 유기액비 원액 시용시 부작용 구명

1) 재료 및 방법

방울토마토 ‘꼬꼬’와 ‘녹광’ 고추로 돈분발효 유기액비의 과다시용시 부작용을 조사하기 위하여 원액과 1/2배액으로 처리하였다. 액비가 토양으로 유실되는 것을 막기 위하여 와그너포트(1/5000)를 사용하였고 1주씩 정식하여 활착후부터 원액과 1/2액을 풋트가 마를 때 마다 시용하여 부작용 여부를 조사하였다. 초장은 줄기의 최전단 부위까지 측정하였고 분지수는 육안으로 식별가능한 곳까지 계산하였으며 고추의 착과수는 1cm 이상인 것을 계산하였으며 잎, 줄기, 마디의 생육상은 육안으로 관능 조사하였다. 시험에 사용된 액비의 성분은 표 11의 호기성 액비와 같다.

2) 결과 및 고찰

아래 표에서 보는 바와 같이 원액과 1/2액 모두 생육에는 지장을 주지 않았고 방울토마토와 고추 두 품목 모두 원액보다 1/2액에서 생육이 우수한 것으로 나타났다. 방울토마토 경우 원액의 초장이 91.6cm 인 것에 1/2배액은 96.1cm로 다소 컸고 화방수도 원액이 4.7단에 비해 1/2배액은 5.6단으로 많았다(표 24).

고추의 경우도 원액을 시용한 처리구는 54.5cm에 비해 1/2배액 시용구는 69.3cm로 약 27% 신장하였고 분지수도 원액 5.2개에 비해 1/2액은 7.1개로 많았으며 착과수도 원액이 7.2개 인 것에 비해 1/2원액은 9.4개로 약 30.1% 더 착과되었다. 잎, 줄기, 절간 신장 등 정상적으로 생장을 하였고 표에는 표시하지 않았으나 잎색은 다소 진하게 보이는 것으로 보아 병충해 방제에 유의하여야 할 것으로 사료되었다(표 25).

Table 24. Effect of stock solution application on the swine liquid manure in cherry tomato.

Treatment	Plant height (cm)	No. of truss (ea)	Leaf	Stem	Node length
1/2X	96.1±4.3	5.6±0.5	normal	normal	normal
1X	91.6±1.4	4.7±0.48	normal	normal	normal

Table 25. Effect of stock solution application on the swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Plant height (cm)	No. of fruits (ea)	No. of branching (ea)	Leaf	Stem	Node length
1/2X	69.3±4.3	9.4±1.7	7.1±0.6	normal	normal	normal
1X	54.5±1.4	7.2±0.9	5.2±0.6	normal	normal	normal

사. 시험 7 : 돈분발효 유기액비와 기능성 물질 혼용 효과

1) 재료 및 방법

돈분발효 유기액비와 기능성 물질간의 혼용 시용시 고추의 생육특성을 조사하기 위해 '녹광' 고추를 이용하여 시판되고 있는 humic acid, activated charcoal, 맥반석, 목초액 등 4가지를 사용하였다.

고추묘종은 잎수가 10매 정도 자란 묘종을 사용하였고 외부로의 액비 유실을 막기 위해 직경 15cm 포트를 사용하였으며 상토는 일반 시판용을 사용하였다. 액비는 정식 후 활착시부터 1/2원액으로 하여 관수 요구시 마다 시용하였다. 조사내용 중 초장은 지면부로부터 가장 가지의 끝까지를 측정하였고 분지수는 첫 번째 방아다리부터 육안으로 식별가능한 곳까지 계산하였다. 사용된 액비의 화학적 성분은 표 11의 호기성 액비와 같다.

가) 휴민산과 활성탄

휴민산과 활성탄이 혼합된 토양에 돈분발효액비의 시용효과를 조사하기 위해 배지와 휴민산, 배지와 활성탄의 부피비율(v/v)로 하여 무처리(액비만 사용), 5, 10, 15, 20% 등 5처리를 각각 하였고 반복당 5포트씩 처리하였다. 시험에 사용된 휴민산은 부식산의 함량이 60% 이상이었고 활성탄은 시중에서 유통되는 것을 구입하여 사용하였다.

나) 목초액과 맥반석

농가에서 많이 이용하고 있는 목초액과 많은 연구가 진행중인 맥반석을 돈분발효액비와 혼용하였을 때 고추에 미치는 영향을 조사하였다. 목초액의 농도는 무처리(액비만 사용), 목초액의 25배 유기액비, 50배, 100배액으로 유기액비를 만들어 사용하였고, 맥반석의 농도는 액비만 사용하는 무처리와 0.3%, 0.6%로 만들어 사용 하였다.

시험에 사용된 목초액은 보매비중($^{\circ}\text{Be}$) 1.011, 산량(%) 3.6, pH(20 $^{\circ}\text{C}$) 3.3, 용해타르(%) 0.2, 굴절율(% Brix) 3.6, 색은 적갈색/투명 인 제품을 이용하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 휴민산

휴민산의 혼합비율이 증가할수록 초장은 다소 작아지는 경향을 나타냈으며 대조구인 액비 단용구에 비해서는 모든 처리구에서 작게 나타났다. 분지수도 대조구가 11.0개인 반면에 모든 휴민산 처리구에서 적게 나타났고 8.8~9.9개/주 수준이었으며 휴민산 20% 혼합처리는 대조구에 비해 2.3개나 적었다. 과장은 액비단용구에 비해 휴민산 혼합의 비율이 10%까지는 대조구가 10.5개로 다소 길었지만 15%이상의 혼합처리에서는 다소 길게 나타났다 과경은 휴민산 10% 처리구까지는 대조구와 비슷한 결과로 나타났으나 15% 이상 처리는 대조구에 비해 작게 나타났다.과중(10개)은 휴민산 5% 혼합비율에서 179.5g 가장 무거웠고 20% 처리에서 139.8g으로 가장 가벼웠다.(표 26). 이상의 결과로 미루워 보면 휴민산 15% 혼합비율 까지는 과실의 생산성이 증가시키는 것으로 나타났으나 가격이 비싸 경제성을 고려해야 될 것으로 사료된다.

Table 26. Growth and fruit characteristics on humic acid with the application of swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Plant height(cm)	No. of branching(ea)	Fruit length(cm)	Fruit diameter(mm)	Fruit weight(g)/10ea
Control	107.7±11.4	11±0.67	10.5±0.79	19.6±2.40	166.6
5%	99.9±2.4	9.9±0.74	10.1±0.29	20.2±1.43	179.5
10%	98.8±11.2	9.8±0.63	10.1±0.85	19.9±2.44	171.8
15%	97.7±9.1	9.9±0.57	11.2±0.81	18.9±2.62	176.1
20%	95.1±4.7	8.8±0.79	11.1±1.00	16.5±1.94	139.8

나) 활성탄

활성탄을 토양과 혼합한 후 정식한 고추에 돈분발효액비를 시용한 결과는 표 27과 같다. 초장은 활성탄이 혼합된 모든 처리구에서 대조구에 비해 작아졌으며 비율의 증가에 따라 현저히 작아지는 경향이였다. 특히 첨가율이 높은 20% 처리구는 대조구 대비 약 74% 수준으로 크게 차이를 보였다. 분지수도 대조구가 11개인 반면에 활성탄 처리구에서는 8.4~9.6개 사이로 초장에 비례하여 분지수도 적었다. 과장은 활성탄이 첨가되지 않은 액비 단용구와 5% 처리에서 10.5cm로 같았고 10% 이상 혼용한 처리는 10.9~11.0cm로 다소 컷다. 고추 과실의 직경을 나타내는 과경은 15%의 활성탄이 첨가된 처리구에서 16.7mm로 가장 두꺼웠고 5% 처리에서 16.0mm로 가장 가늘었다. 과중(10개과)은 대조구에 비해 모든 처리구에서 떨어졌으며 활성탄 처리구간에는 과장과 과경의 결과에 따라 15% 혼합 처리구에서 142.5g으로 가장 높게 나타났다. 이 등(2001)은 황금(*Scutellaria baicalensis*)의 생육과 생산성에 미치는 활성탄의 효과를 조사한 결과 활성탄이 30% 첨가된 처리구에서 수량이 증가되었다고 보고하였으나 고추에서는 대조구에 비해 생육 및 수량이 떨어지는 것으로 나타났다(표 27).

Table 27. Growth and fruit characteristics on activated charcoal with the application of swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Plant height(cm)	No. of branching(ea)	Fruit length(cm)	Fruit diameter(mm)	Fruit weight(g)/10ea
Control	107.7±11.35	11±0.67	10.5±0.79	16.2±2.40	166.6
5%	102.8±7.08	9.6±1.51	10.5±0.51	16.0±0.74	125.7
10%	98.7±6.80	9.2±1.23	10.9±0.54	16.2±0.90	127.7
15%	87.7±7.45	9.0±0.67	11.0±0.91	16.7±0.46	142.5
20%	79.7±7.72	8.4±0.52	11.0±0.53	16.3±2.1	135.1

다) 목초액

목초액과 돈분발효 유기액비의 혼용 처리결과는 표 28과 같다. 초장과 분지수는 대조구인 액비 단용구에 비해 떨어지는 것으로 나타났고 처리구간에 생육은 100배액에서 다소 생육이 왕성한 것으로 나타났다. 과실의 길이는 200배액에서 10.7cm로 가장 길었으나 50배액과 100배액은 대조구에 비해 다소 작게 나타났다. 과경은 50배액 처리에서 18.5mm로 가장 가늘었고 100액과 200배액은 20.4mm와 20.3mm로 대조구에 비해 좋았다. 과중(10개과)은 50배액은 대조구와 비슷한 수준이었으나 100배액과 200배액 처리구는 대조구에 비해 3.3~12.8% 이상 무거운 것으로 나타났다.

Table 28. Growth characteristics on pyroligneous liquor with the application of swine liquid manure in red pepper

Treatment	Plant height(cm)	No. of branching(ea)	Fruit length(cm)	Fruit diameter(mm)	Fruit weight(g)/10ea
Control	107.7±11.35	11±0.67	10.5±0.79	19.6±2.40	166.6
50X	94.2±1.32	10.5±0.53	10.3±0.52	18.5±2.89	165.8
100X	102.0±7.89	10.6±0.70	10.3±0.45	20.4±1.98	172.1
200X	89.3±6.17	9.8±0.79	10.7±0.55	20.3±2.83	187.9

라) 맥반석

맥반석을 돈분발효유기액비와 혼용 처리한 결과는 표 29와 같다. 대조구에 비해 맥반석 처리구가 다소 작았고 분지수는 대조구가 11개에 비해 0.6% 맥반석이 혼용된 처리구에서 11.8개로 가장 많았다. 과장은 대조구에 비해 처리구에서 모두 작게 나타났으나 큰 차이는 보이지 않았다. 과경은 0.6% 맥반석 혼용처리구가 20.5mm로 가장 두꺼웠으며 과중(10개과)도 과경이 두꺼운 0.6% 맥반석 혼용 처리구에서 178.5g 으로 가장 무거웠으며 대조구에 비해 7.1% 더 무거웠다(표 29).

Table 29. Growth and fruit characteristics on barley stone(Diabase porphyrite) with the application of swine liquid manure in red pepper.

Treatment	Stem length(cm)	No. of branching(ea)	Fruit length(cm)	Fruit diameter(mm)	Fruit weight(g)/10ea
Control	107.7±11.35	11±0.67	10.5±0.79	19.6±2.40	166.6
0.3%	95.7±9.26	10.2±1.23	10.2±0.52	19.3±2.32	168.1
0.6%	104.5±9.58	11.8±1.32	10.1±0.57	20.5±1.81	178.5

제 2절 제2세부과제 : 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술 개발

1. 서 언

우리나라 축산업의 특징은 외국의 축산국가와는 달리 협소한 지역에서 집단사육 위주로 사육되고 있으며 가축사료의 거의 대부분도 외국에서 수입하여 고기, 우유, 계란 등 축산물을 생산하지만 다량으로 발생하는 분뇨는 오염물질로 집적되어 환경오염의 주범으로 인식되어 있다. 환경오염 및 자원 재활용에 관심이 고조되면서 가축분뇨의 자원화에 관한 연구가 심화되고 있는 실정이다. 가축분뇨는 우분, 돈분, 계분이 주가 되고 있으며 특히, 돈분뇨의 경우 수분함량 95% 이상의 슬러리 형태로 배출되기 때문에 악취와 더불어 혐오성 폐기물로 인식되고 있다.

화학비료 소비량은 '90년 1,103,983톤으로 최고조에 달하였으나 그 후 비료소비량이 점차 감소되는 경향이며 '01년 현재의 비료 소비량은 716,603톤으로 그중 질소비료가 374,555톤이다. '01년 현재 가축분뇨의 연간 발생량은 31,862 천 톤이며 이를 비료 성분량으로 환산하면 질소 179 천 톤, 인산 164 천 톤, 칼륨 164 천 톤, 3요소 비료성분 총량으로는 576 천톤이 되며 우리나라 총 시비량의 약 79%에 해당되는 가치가 있다.

시설원에 토양의 특징은 비료분의 축적이 심하며 일부지역에서는 염류집적의 장애가 발생되고 있는 실정이다. 특히 인산의 경우는 전국 시설토양의 평균 함량이 1,092mg/kg으로서 과도하게 집적되어 있으며 '70년대 평균함량 811mg/kg에 비하여 34.6% 가 증가되었다. 밭 토양의 경우도 '60년대 114mg/kg에서 '70년대는 201mg/kg, '90년대는 538mg/kg으로 시설과 노지 밭토양 모두 인산 함량은 많이 축적되어 있다.

반면에 밭 토양의 유기물 함량은 '80년대 2.0%에서 '90년대에는 2.4%, 시설 토양에서는 '70년대 2.2%에서 '90년대 3.5%로 아직도 유기물 함량은 절대적으로 부족한 실정이다.

본 연구는 돈분뇨의 비료자원화를 위하여 생산되는 액상물을 관비재배용 액비로 안정하게 사용할 수 있도록 촉진하기 위하여 유기액비를 균질하게 조제하는 방법을 확립하고자 하였다. 돈분뇨의 발효액상물을 전처리 및 조제과정을 통하여 관비재배용 액비로 안전하고 저렴하게 활용할 수 있도록 하여 사회적으로는 환경오염원을 원천적으로 해결하고 농업적측에서는 경영안정과 소득증대에 기여하고자 하는데 목적이 있다.

이러한 목적 달성을 위한 방법 중의 하나로서 축산분뇨를 비료자원으로 재처리하여

경지에 환원시켜 경종농가의 비료 사용량을 줄이고 화학비료 위주의 사용에 의한 토양 산성화도 상당량 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 유기성 액비화를 위한 전처리 기술개발

가. 유기성 폐자원의 처리물량 현황 조사(현존량 및 가능량)

1) 재료 및 방법

농업적으로 재활용이 가능한 축분뇨와 원예폐기물에 한하여 조사하였다. 축분뇨는 축종별, 농가형태별 발생량 및 처리량을, 원예부산물은 가락농수산시장에서 거래되는 품목별 물량을 조사하여 월별로 집계하였으며 폐기율은 환산하여 산출하였다.

2) 결과 및 고찰

유기성 물질은 자연생태계에서는 분해자인 미생물에 의하여 무기화 과정을 거쳐 무기물로 다시 환원되고 토양의 비옥도 향상의 원천이 되어왔다. 그러나 급격한 도시화와 산업화로 인하여 폐기물 발생량이 현저히 증가되고 그 종류도 다양화되어 자연생태계가 이를 수용할 수 있는 한계용량이 초과됨으로 이들 성분의 축적에 의한 환경오염이 발생되고 있다.

이는 산업화 사회에서 문제시되는 환경오염 즉, 수질오염, 토양오염, 대기오염의 오염물질들은 산업화과정에서 필연적으로 수반되는 부정적 결과이며 자연생태계의 순환 고리가 폐쇄되는 것에서 연유하는 환경문제이다.

유기성 폐자원의 종류는 무척이나 다양하다. 가정에서 배출되는 유기성 폐자원은 분뇨, 생활하수, 음식물 잔반 등, 도축장에서 발생하는 도축폐기물, 양축농가에서 발생하는 유기성 폐자원으로서 가축분뇨(우분, 돈분, 계분), 경종농가의 원예산물 폐기물, 농수산 시장의 원예산물 폐기물 등이 포함되며 유기성 폐기물의 현존량은 표 1에서 보는바와 같다.

2001년의 축산분뇨 총 발생량은 31,862 천 톤이며 오수 슬러지는 1,901 천 톤, 음식물 잔반폐기물은 4,102 천 톤이나 된다. 농수산 도매시장에서 거래되는 청과물량 5,649 천 톤 중에 폐기율을 약 3%로 가정할 경우에 폐기물량은 169.5천 톤이 된다.

Table 1. Generation of Organic Waste in Korea (10³Ton/Year)

	Livestock			Sewage Sludgy	Horticultural*		Food Waste
	Dung	Slurry	Total		Total ¹⁾	Waste ²⁾	
1999	20,266	12,815	33,081		4,867	146.0	4,226
2000	19,459	12,590	30,049	1,757.1	5,273	158.2	4,173
2001	19,077	12,785	31,862	1,901.0	5,649	169.5	4,102
2002	-	-	-	-	5,642	169.3	-

* 1) Total amount of Whole sale at Agricultural Market.

2) Estimated amount of Wastes calculated by 0.3%

이러한 다양한 유기성 폐기물 중에서도 비료자원으로 재활용하기 위하여서는 우선적으로 다음과 같은 조건이 고려되어야 하겠다.

1) 비료로서의 가치가 충분하여야한다. 2) 발생원이 집단적이거나 수거체계가 용이하여야한다. 3) 중금속이나 기타 유해물질이 함유되지 말아야한다. 4) 처리비용이 경제적이며 환경부담을 경감시키는 효과가 커야한다.

상기와 같은 조건을 고려해 볼 때 환경측면에서 가장 문제가 되는 폐기물은 축산분뇨이며 비료로서의 자원가치가 가장 큰 폐기물 역시 축산분뇨임은 틀림이 없는 사실이다. 또한 원예부산물은 거의 대부분이 전국에 설치 운영중인 공영농수산물도매시장에서 거래되는 관계로 인하여 수집이 용이한 조건이다. 이러한 측면에서 축산분뇨와 농수산물도매시장의 원예 폐기물 발생량을 보다 세밀히 구분하여보면 다음과 같다.

① 가축 사육 두수 및 축산분뇨 발생량

국내에 사육중인 축종별 사육두수는 표 2에서와 같이 비육우의 사육두수가 계속 감소추세이며 젓소는 1995년 이후 현재까지 550만두 정도로 일정한 추세를 나타내고 있으나 닭과 돼지 사육두수는 매년 증가되는 추세에 있다. 특히 돼지의 경우는 1990년

4,528천두에서 2001년 현재 8,719,851마리로 1990년 대비 192,6%로 증가되었으며 특히 1985년 사육두수2,852,799마리에 비하면 3배 이상 증가되었다. 이러한 사육두수의 급격한 증가는 필연적으로 논분뇨 발생량의 급격한 증가로 이어지게 됨은 당연한 귀결이다.

Table 2. Livestock (unit : head)

	1985	1990	1995	1997	1999	2000	2001
Beef Cattle	2,553,499 (157.5)	1,621,654 (100)	2,594,027 (160)	2,735,432 (168.7)	1,951,989 (120.4)	1,590,020 (98.0)	1,405,849 (86.7)
Dairy Cattle	390,135 (77.4)	503,947 (100)	553,467 (109.8)	544,417 (108.0)	534,506 (106.1)	543,708 (107.9)	548,176 (108.9)
Pig	2,852,799 (63.0)	4,528,008 (100)	6,461,179 (142.7)	7,095,852 (156.7)	7,863,655 (173.7)	8,214,369 (181.4)	8,719,851 (192.6)
Chicken	51,081,237 (68.4)	74,463,090 (100)	85,799,729 (114.9)	88,251,130 (118.2)	94,587,267 (126.7)	102,546,783 (137.4)	102,392,943 (137.2)

농가형태별 분뇨발생량은 표 3에서 보면 허가신고 대상 축산농가수가 증가되면서 발생량의 증가는 완화되는 경향으로 나타나고 있다. 축산 분뇨의 1일 발생량은 1997년 206,386톤으로 최고치를 나타냈으나 2001년 현재는 130,912톤으로서 1997년 대비 63.4%만이 배출되고 있다.

Table 3. Livestock Waste Generation by Farm

Classification	Licensed Farm (house hold)	No. of Noticed Farm (house hold)	Generation (m ³ /day)
1995	2,437	21,804	168,228
1996	3,743	24,118	197,017
1997	5,307	24,590	206,386
1998	6,667	25,347	202,260
1999	8,047	36,525	128,461
2000	8,806	39,273	125,100
2001	9,569	39,915	130,912

또한 축종별 분뇨발생량은 표 4에 표시하였으며 돼지의 분뇨 발생량은 전체 분뇨 발생량의 36.4%~42.0%를 차지하고 있으며 특히 돈뇨의 발생량은 총 발생량의 59.2%~64.7%에 해당된다. 비료자원으로 환산하면 2001년 총 발생량 31,862천 톤에는 N, P, K 3요소 성분량이 567천 톤이며 그중 35.6%인 202천 톤이 돈분뇨에 해당된다. 이는 축산분뇨 중에서도 가장 시급히 해결하여야 할 문제가 바로 돈 분뇨임을 명확히 알 수 있다.

Table 4. Generation of Livestock Waste and Fertilizer Valuation (10³M/T/Year)

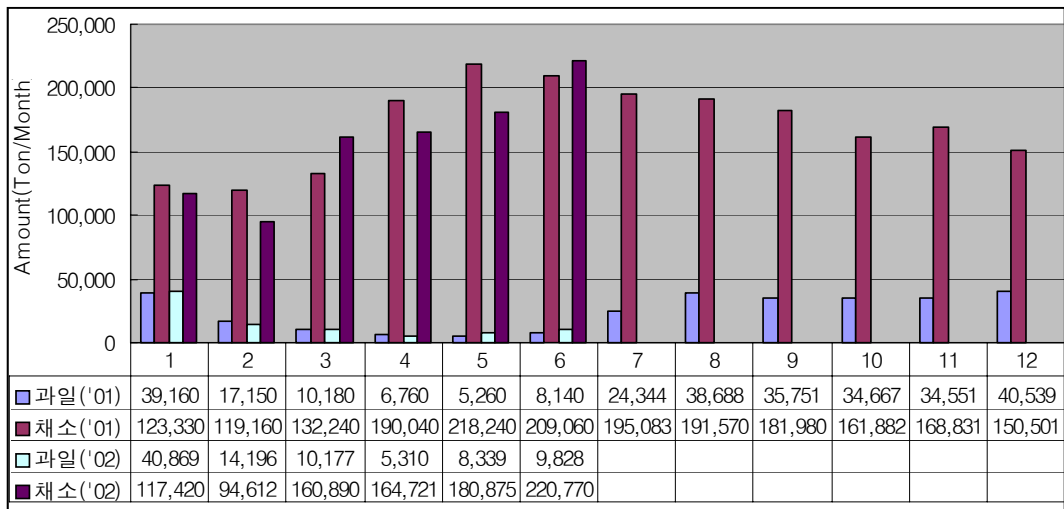
Year	Kinds	Amount of Waste Generation			Fertilizer(Amount by Elements)			
		Dung	Slurry	Total (%)	N	P	K	Total
1999	Beef Cattle	7,1996	3,206 (25.0)	10,402 (31.4)	62	44	55	160
	Dairy Cattle	4,799	2,146 (16.7)	6,945 (21.0)	41	29	76	147
	Pig	4,592	7,463 (58.2)	12,055 (36.4)	79	72	31	182 (31.3)
	Poultry	3,678	-	3,678 (11.1)	42	39	12	94
	Total	20,266	12,815 (100.0)	33,081 (100.0)	224	184	174	582 (100.0)
2000	Beef Cattle	5,862	2,612 (20.7)	8,473 (26.4)	50	36	44	130
	Dairy Cattle	4,882	2,183 (17.3)	7,065 (22.0)	42	30	78	149
	Pig	4,797	7,795 (61.9)	12,593 (39.3)	83	75	32	190 (33.8)
	Poultry	3,919	-	3,919 (12.2)	41	39	12	92
	Total	19,459	12,590 (100.0)	32,049 (100.0)	216	179	167	562 (100.0)
2001	Beef Cattle	5,183	2,309 (18.1)	7,492 (23.5)	44	32	39	115
	Dairy Cattle	4,922	2,201 (17.2)	7,123 (22.3)	42	30	78	150
	Pig	5,092	8,275 (64.7)	13,368 (42.0)	88	80	34	202 (35.6)
	Poultry	3,880	-	3,880 (12.2)	40	38	12	90
	Total	19,077	12,785 (100.0)	31,862 (100.0)	214	179	164	567 (100.0)

②. 원예산물 거래량 및 폐기물 발생량

서울특별시 농수산물공사(가락농수산물시장)에서 2001년도에 거래된 청과물량은 약 2,337 천 톤으로서 전국 공영도매시장에서 거래된 전체물량 5,905 천 톤의 약 40%가 서울 가락동 농수산물시장에서 거래되었다. 표 5에 나타난 바와 같이 채소와 과일의 거래 구성비는 87.4 : 12.6으로서 채소가 절대적으로 많이 거래되고 있었으며 계절별로는 4월부터 9월 사이에 집중되어 거래되고 있다.

Table 5 Amount of Vegetables and Fruits at Garak Agri-Market

(Unit : m³/month)



전국에 설치 운영되고 있는 공영농수산물도매시장 30개소에서 연간 처리되는 청과물 쓰레기 처리량은 약 325,642톤이며(표 6), 서울에서 처리되는 물량은 전체 처리량의 38.9%였다. 처리방식은 대부분 탈수식으로 처리되고 있으며 처리비용은 87억 7천 300 만원이었다. 가락시장과 몇 개 시장을 제외하고는 대부분 위탁처리를 하고 있는 실정이다.

Table 6 Treatment of Horticultural Waste Generated at Agri-markets

(unit : ton/year)

Seooul	Busan	Daegu	Incheon	Gwanggju	Daejeon	Ulsan	Gyeonggi
126,737 (38.9)	29,279	45,666	19,003	16,602	18,615	4,550	36,876
Gangwon	Chungbuk	Chungnam	Gyeongbuk	Gyeongnam	Jeonbuk	Jeonnam	Total
5,842	4,182	4,269	1,133	5,215	3,576	4,097	325,642 (100.0)

나. 저비용 고효율 여과법

1) 재료 및 방법

본 시험에 사용된 여과방법은 진동스크린여과기, Disk 여과기, Ultra filter, 자체제작의 시험용 여과기(pilot multi filter)를 이용하여 시험하였다(그림 1,2,3,4). 진동스크린여과기(Model : DSTS 1000)의 분당 진동수는 1750rpm이며, Disk filter는 스페인제(Model : Lama)를, Ultra Filter(Model : GUF 3050)의 사양은 1시간당 유량은 2.2ton/2kg/cm², 20℃, 여과막은 Polysulfone로 여과면적은 4.4m²로 구성된 것이었다. 자체 제작한 여과기는 직조 스텐레스 여과망을 종류별로 구입하여 만들어 사용하였다.



Sand filter



Vibration filter



Ultra filter



Pilot Multi filter

Figure 1, 2, 3, 4 Apparatus of Filtering used in this Trials

2) 결과 및 고찰

관비재배에 있어서 노즐과 밸브 및 관의 막힘을 예방하기 위하여서는 반드시 여과과정을 거쳐야 한다. 또한 여과비용이 저렴한 여과법 일수록 경제적으로 운용이 가능하게 된다.

수중의 여과방법을 활용하여 시험한 결과 처리액의 화학적 특성을 표 7, 8, 9에 나타내었다. 다단계 여과기를 통과한 액은 인산의 경우 저하되는 경향으로 나타났을 뿐 일반적인 화학성에는 차이가 없었다. 진동여과기는 48mesh, 120mesh, 200mesh의 3단계 분리층으로 구성하였으며 고형물과 액상물을 동시에 분리하는 효과가 크다. 처리결과 48mesh층에서 대부분의 고형물이 분리되었으며 200mesh층에서는 총 고형물 함량은 12.2%였다.

Ultra Filter로 처리한 액은 PH가 약간 상승하였으며 성분함량은 급감하는 경향이였다. 특히 P, Mg, Ca 이온을 전부 여과시키는 결과를 나타내었다.

처리액의 결과를 토대로 상호 비교해 보면 관비재배용(농업적)으로 사용하는 데에는 특히 무기이온 함량의 감소가 적은 것이 유리하고 관비재배 장치의 막힘 현상이 염려되지 않는 70 μ m정도로 여과하면 경제적이며 Ultra Filter의 경우는 유효성분의 손실과 더불어 여과기가 고가인 점이 단점이라고 판단되었다. 전 처리 단계에서는 진동스크린 여과기를 통과시킨 후 여과시키는 것이 여과효율을 제고시킬 수 있다고 사료된다.

Table 7. Chemical Characteristics of Treated Efflux by Multi-step Filter

Items	Non treated Sol.	500 μ m	100 μ m	70 μ m	38 μ m	26 μ m
pH	8.64	8.61	8.61	8.61	8.63	8.63
TS(%)	4.83	4.64	4.35	4.21	4.07	3.90
VS(%)	38.92	40.08	42.23	43.05	43.10	42.55
NO ₂ ⁻ -N	<7.2	<7.2	<7.2	<7.2	<7.2	<7.2
NO ₃ ⁻ -N	10	12.8	14.4	10.9	11.7	9.1
PO ₄ ⁻ -P	539	561	575	551	482	464
SO ₄ ²⁻	274	267.4	269.0	281.8	267.5	275.1
NH ₄ ⁺ -N	1,649	1,540	1,493	1,537	1,436	1,452
Ca	1,946	1,842	1,753	1,756	1,742	1,713
Cu	5.0	4.8	4.1	3.8	4.1	4.4
Fe	45.9	45.2	41.6	37.1	38.4	37.9
K	2,909	2,863	2,796	2,884	2,876	2,620

Table 8. Chemical Characteristics of Treated Efflux by Vibrating Filter

Items	pH	EC (mS)	TS (%)	VS (%)	T-N T-P K Na Ca Mg (mg/L)						
					T-N	T-P	K	Na	Ca	Mg	
Non treated sol.	8.69	19	4.6	64.1	2,504	1,347	208	63	173	58	
efflux	25→120mesh	8.84	20	3.5	60.3	2,074	995	200	61	120	47
	25→200mesh	8.81	19	3.3	59.6	2,210	988	199	62	98	33
	48mesh	-	-	10.4	85.6	-	-	-	-	-	-
solid	120mesh	-	-	12.0	86.7	-	-	-	-	-	-
	200mesh	-	-	12.2	85.5	-	-	-	-	-	-

Table 9. Chemical Characteristics of Treated Efflux by Ultra-Filter

Items		Screen Efflux	U · F
	pH	9.05±0.27	9.11±0.28
	EC(mS)	19.07±1.10	18.87±1.10
	TS(%)	3.43±0.67	1.24±0.09
	VS(%)	61.57±3.23	37.31±2.77
	BOD5(ppm)	3,900±453	
	CODcr(ppm)	39,003±7,577	28,027
N	T-N(ppm)	5,949±344	4,869±430
P	T-P(ppm)	929±391	71±42
Salts (ppm)	K	223±45	205±37
	Mg	32±29	1±0.4
	Ca	125±36	6±3

3. 유기 액비화를 위한 균질화 기술개발

1) 재료 및 방법

반응기(Reactor)의 운전 조건을 달리하여 그 반응결과를 조사하였으며 처리액의 제품화를 위하여 화학비료로 그 부족분을 보충하는 방법을 선택하였다.

2) 결과 및 고찰

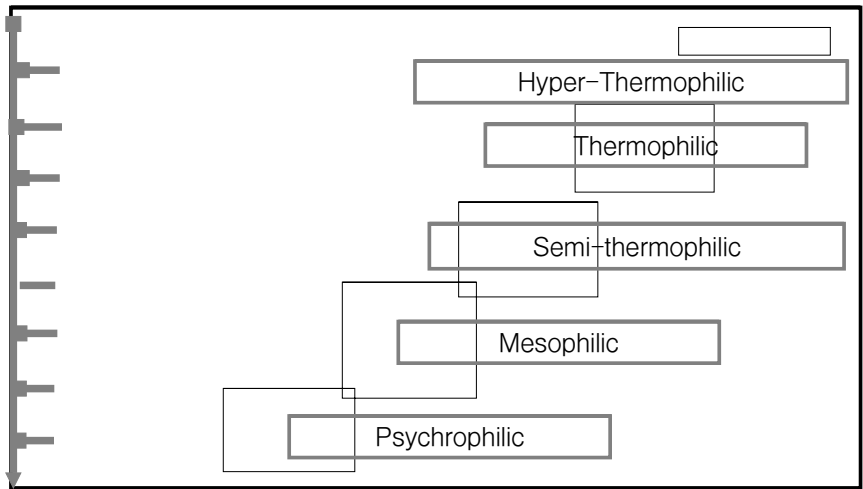
돈분 처리액비를 안정적으로 관비재배에 사용하기 위하여서는 성분의 보증이 중요하다. 본 시험에서는 시스템의 가동조건을 보다 개선하여 처리액의 화학성이 균질화되는 조건을 검토하였다. 또한 Tao 처리액의 균질화 및 부숙 촉진을 위하여서 반응기의 운전 조건을 달리하여 조제된 액상물의 화학성을 검토하였다. 그 결과(표 10) 산도는 8.5~9.0 범위였으며 고형물 함량은 4.1~5.5%였다. 또한 돈분뇨 처리 중에 발생하는 대표적인 악취물질인 VFAs는 부숙도를 평가하는 지표로 활용되기도 하는데 처리액의

VFAs농도는 0~50ppm의 범위에 있었으며 반응기 투입 전에 비하여 98%정도까지 감소되어 악취제거 효과가 탁월하였다.

Table 10. Property of Treated Efflux by Running Conditions

Items		Case B		Case A	
		T1	T2	T1	T2
pH		8.65	8.90	8.58	8.70
TS(%)		4.1	5.5	3.8	4.9
VS(%)		2.65	3.56	1.26	3.25
VFAs(ppm)		0~30	5~50	42	5~30
VFAs (ppm)	Raw	3,930	4,644	3,830	4,823
	after 30 min.	509	400	610	661
	after 4hr.	205	92	308	159
	finished time	ND~30	5~50	42	5~30

폭기를 병행하면서 짧은 반응 시간에 Thermophilic 온도(50~60℃, 그림 5)로 반응조의 온도를 유지시키며 축산분뇨를 부숙시켜 액비로 재활용하기 위한 시스템 운전 조건에서는 반응시간이 4일 이내에 완전히 부숙된 액비의 생산이 가능하게 된다. 또한 관비 재배용 액비는 1차 농축액을 사용할 수 있으며 2차 농축액은 고부가 액비를 조제하는데 활용할 수 있다. 1차 농축단계에서는 30%의 수분이 감소되고 2차 농축단계에서는 50%의 수분이 감량 되었다.



70℃
60℃
50℃
40℃
30℃
20℃
10℃
0℃

Figure 5. Thermophilic Digestion Temperature

처리 시스템별 처리액비의 질소농도는 총 유기물 함량은 혐기성 처리액에서는 0.04%였으나 호기성 처리액에서는 0.38%였다. 또한 질소함량은 혐기성 처리액은 호기성 처리액에 비하여 월등히 높았다. 질소 형태별로는 질산태 질소함량이 적은 반면에 암모니아태 질소가 대부분으로서 이는 특히 시설재배에서 다량으로 사용하면 암모니아성 과잉장해가 나타날 가능성이 염려되며 재배작물이 어린 유식물에 사용할 경우에는 회석 농도를 낮추거나 환기를 철저히 할 필요성이 있다고 사료된다.

Table 11. Chemical Property of TAO Treated Efflux

Items	TAO Treat		Accumulated (MF Reactor)		RO Permeate	
	Total	Soluble	Total	Soluble	20 bar	40 bar
Protein	10,194	4,762	23,677	7,628	ig	
T - S (mg/l)	42,160		66,080		N.D	
VS(mg/l)	20,480		35,870		N.D	
pH	8.7		8.7		8.5	8.2
PO ₄ -P(mg/l)	940.0		986.0		4	1.5
TKN(mg/l)	4,867	4,000	5,590	4,270	320	220
NH ₄ -N(mg/l)	1,647		1,684		269	30
NO ₂ -N(mg/l)	20.0		20.4		ig	
T-N(mg/l)	4,915	4,040	5,640		319.0	41.0 TAO C액비

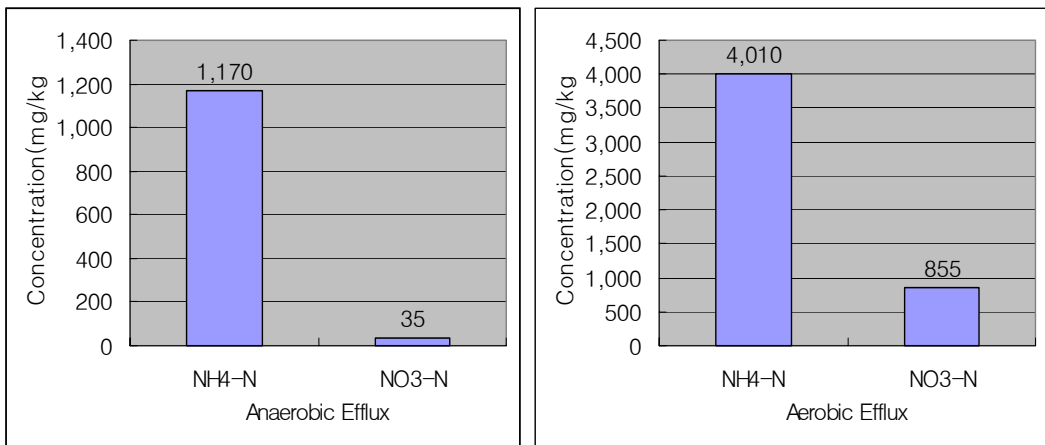


Figure 6, 7 Nitrogen Concentration of Efflux by Anaerobic and Aerobic system

4. 유기 액비화를 위한 제품 개발

가. 작물별 표준 액비 조제

1) 재료 및 방법

본 시험에 사용하여 온 TAO Pilot Plant를 이용하여 제조하였다.

액비의 농도는 농촌진흥청의 “작물별 시비처방기준“ 자료를 기본으로 열매채소, 잎채소, 뿌리채소에 공통적으로 사용이 가능하도록 조성물의 함량을 조절하였으며 N의 조절제로는 요소를 사용하고 K의 조절제로는 염화가리를 사용하였다.

2) 결과 및 고찰

시스템에서 처리 단계별로 나온 액에 비료 첨가제를 처리하여 3종의 액비를 조제하였으며 화학적 조성은 표 12와 같다. 비료 성분별 구성비는 B액의 질소함량(1)을 기준으로 A액은 1.5이며 C액은 3.0이 되도록 조정하였고, B액의 칼리함량(1)을 기준할 경우에는 A액은 1.0이고 C액은 3.0이 되도록 하였다. 즉 결과적으로 A액은 저 칼리액비로서 시설재배용 고추와 토마토 등의 재배에 적합하며 B액은 노지재배용 고추와 토마토, 무, 배추 등의 재배에 적합하도록 하였다. C액은 B액을 3배 정도로 고농축 시킨 액비이며 취급이 용이하고 물류비가 절감되는 효과가 있다.

Table 12. Formula of Tao Efflux for Fertigation

Kinds of solution	Water Conc. (%)	Nitrogen (kg/ton)	Phosphorus (kg/ton)	Potassium (kg/ton)
TAO A Solution	97% ↑	4.5	1.0	2.0
TAO B Solution	97% ↑	3.0	0.1	2.0
TAO C Solution	97% ↑	10.0	0.3	6.0

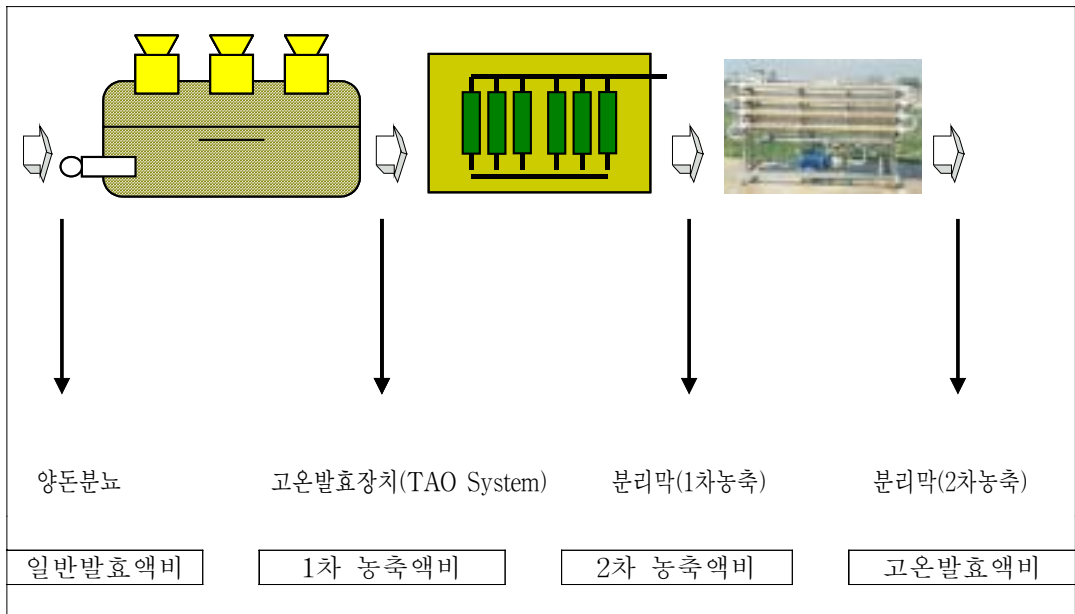


Figure 8 Manufacturing Scheme of Tao Solution

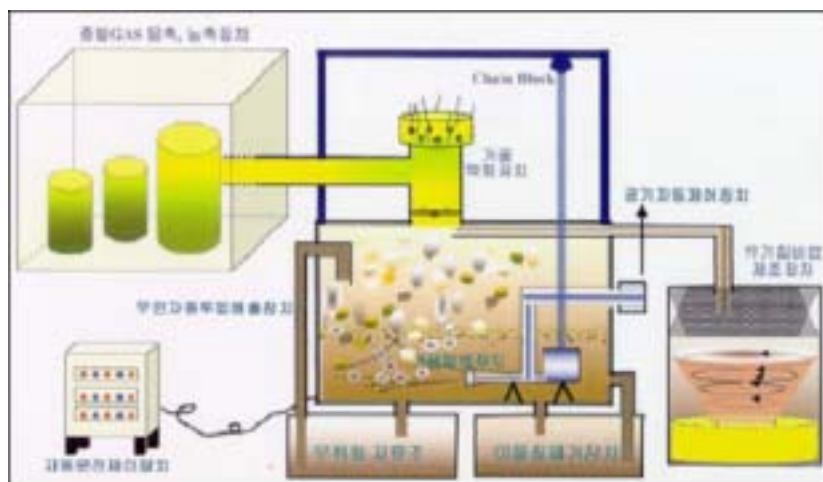


Figure 9. Diagram of Ideal System.

나. 작물별 시용시기, 표준 시용방법 모델 작성

1) 재료 및 방법

기준 시비량은 농촌진흥청의 토양검정에 의한 표준시비량을 기준하여 주요 작물별 사용기준을 작성하였다.

2) 결과 및 고찰

돈분뇨 처리물은 양질의 질소함량이 다량 함유되어있으며 각종의 무기물과 미량요소들이 함유되어있는 양질의 유기성 비료이다. 그러나 각 작물이 요구하는 비료성분량과 비교하여보면 과부족분이 발생되게 마련이다. 본 시험에서는 이러한 측면을 고려하여 농촌진흥청의 작물별 표준시비량을 기준으로 Tao액비의 사용 권장량을 설정하였다(표 13).

비료성분은 N, P, K 3요소에 한정하였으며 부족분은 농가에서 사용할 때 직접 보충해 주어야한다. 예를 들어 고추 시설재배용 표준시비량은 22.5-6.4-10.1이므로 10a당 Tao A액을 5톤 사용하면 공급되는 3요소 성분량은 22.5-5.0-10.0이 되고 인산 부족분 1.4kg/10a 을 보충해 주어야하며, 또한 토마토 시설재배용 표준시비량은 20.4-10.3-12.2로서 10a당 Tao B액을 6.5톤 사용하면 공급되는 3요소 성분량은 19.5-0.7-13이 되어 인산 부족분 9.6kg/10a 을 보충해주어야 한다. 우리나라의 경지비옥도(표 14)를 보면 시설재배지의 인산함량은 평균 1,092ppm으로 인산이 과잉 축적되어있는 실정이다. 관비량은 작물과 환경조건 등의 여러 요인에 따라서 다르지만 고추 시설재배시 관비량을 1mm/일, 관비기간을 100일이라고 하면 총 관비량은 100톤/10a 이 되므로 Tao액비 5톤을 20배로 희석하여 사용하면 된다.

실질적으로는 3요소 구성비는 액비를 생산할 때 각각의 비료성분을 첨가하면 정확히 조절이 가능하지만 저비용의 대량생산과 취급 및 관리의 용이성을 고려할 때 액비의 종류를 단순화 하는 것이 유리하다.

시비량은 (작물의 양분 흡수량 - 토양으로부터 자연 공급되는 량) ÷ 작물의 양분 흡수율로 계산이 가능하며, 관수량은 증발산량에서 자연강우량을 빼어주면 되지만 비료 흡수량과 관수량은 여러 가지 요인의 영향을 받아서 차이가 발생된다.

즉, 토양환경(지온, 토성, 비옥도 등)과 기상환경(온. 습도, 증발산량 등), 관수조건(관수 장치, 급액간격 및 일회 급액량 등), 재배 작물의 종류 및 생육 기간, 목표수확량 등에 따라서 조건이 상이하게 되므로 실제에는 개별적인 조건을 고려하여 정확한 시비처방을 수립하여야 안전생산이 가능하게 된다.

Table 13. Application Standard of Tao Solution for Fertigation

Crops	Condition	RDA	Tao liquid fertilizer			Supplementation (kg/10a)
		Standard	Type	Amount (ton/10a)	Amount by elements(N,P,K : kg/10a)	
pepper	F	19.0-11.2-14.9	B	6.5	19.5-0.6-13.0	0 - 10.6 -1.9
	C	22.5-6.4-10.1	A	5	22.5-5.0-10.0	0 - 1.4 - 0
pimento	C	21.6-8.7-10.4	A	5	22.5-5.0-10.0	0 - 3.7- 0
tomato	F	24.0-16.4-23.8	(A)	5.5	24.8-5.5-11.0	0 -11.0 - 12.8
	C	20.4-10.3-12.2	B	6.5	19.5-0.7-13	0 - 9.6 - 0
mini tomato	C	22.6-10.6-11.9	A	5	22.5-5.0-10.0	0 - 5.6 - 1.9
cucumber	F	24.0-16.4-23.8	A	5.5	24.8-5.5-11.0	0 - 11 - 12.8
	C	19.7-10.3-12.2	B	6.5	19.5-0.6-13.0	0 - 10.6 -1.9
water melon	F	20.0-5.9-12.8	A	4.5	20.3-4.5-9.0	0 - 1.4 - 3.8
	C	13.8-4.9-8.7	A	3	13.5-3.0-6.0	0 - 1.9 - 2.7
chinese cabbage	F	32.0-7.8-19.8	B	10	30.0-1.0-20.0	0 - 6.7 - 0
	C	22.2-6.4-11.0	A	5	22.5-5.5-10.0	0 - 1.0 - 1.0
cabbage	F	32.0-9.0-21.8	B	11	33.0-1.1-22	0 - 8.0 - 0
	C	22.2-7.1-12.1	A	5	22.5-5.5-10.0	0 - 1.6 - 2.1
lettuce	F	20.0-5.9-12.8	B	6.5	19.5-0.7-13.0	0 - 5.2 - 0
	C	10.2-4.9-8.7	B	3.5	10.5-0.4-7.0	0 - 4.5 - 1.7
radish	F	28.0-5.9-15.4	A	6	27.0-6.0-12.0	1.0 - 0 - 3.4
	F	28.0-5.9-15.4	B	9	27.0-0.9-12.0	1.0 - 5.0 - 3.4

* F : Open field, C : controlled cultivation

Table 14. Average Soil Fertility of Farm Land in Korea

Soil	pH	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex.K	Ex.Ca	Ex.Mg	CEC	EC	Av.SiO ₂	Ca. demanded
	(1:5)	(%)	(mg/kg)	(cmol/kg)	(cmol/kg)	(cmol/kg)	(cmol/kg)	(dS/m)	(mg/kg)	(kg/10a)
Paddy	5.6	2.5	128	0.32	4.0	1.2	10.0	1.0	72	200
Upper Field	5.5	2.4	538	0.64	4.5	1.4	10.0	1.0		300
Green house	6.0	3.5	1,092	1.27	6.0	2.5	10.0	2.9		200

source : RDA

제 3절 제3세부과제 : 시설재배지 유기액비 시용효과

1. 유기액비 시용이 시설하우스 토양의 이화학적 특성에 미치는 효과.

가. 서언

시설재배에서는 주년 생산체계로 바꾸어감에 따라 동일 포장에서 화학비료와 가축분뇨 등 유기질 비료가 연속적으로 다량 시용 되므로 염류장해와 연작장해의 문제점들이 드러나고 있다.(이 와 이, 1985) 가축분뇨는 적정하게 관리하지 못하면 지표수나 지하수의 오염을 일으킬 수 있다. 가축분뇨는 풍부한 영양원을 갖고있는 부패성 물질이기 때문에 정화되지 않고 인근 수계에 유입되면 수질오염을 유발한다. 또한 잘 알려진 사실이지만 가축분뇨가 자연계에 방치되면 고형물은 수계에 침전되고 부영양화 물질인 질소와 인은 용존되어 지하수 오염원이 된다.

시설재배는 폐쇄된 상태에서 작물을 재배하는 관계로 내부환경과 근권 토양의 이화학성이 불량해져 생육장해가 빈번하게 발생하고 수량과 품질이 저하되는 경우가 많다. 이러한 생육장해의 원인은 염류집적, 병해충발생, 미기상변화, 광합성불량 등을 들수 있다. 염류가 집적되면 삼투압이 높아져 뿌리로부터 양, 수분의 흡수가 저해되고 토양 양분이 불가급태로 되기 때문에 작물이 양분을 흡수할 수 없게 된다.(相馬,1985) 무기성분간 농도 불균형, 토양입단분산 등의 토양 이화학성의 악화뿐만 아니라 작물체내 $(Ca+Mg)/K$ 염기비 불균형(松口,1987) 등 작물안전 다수확의 저해요인이 되고 있다. 따라서 재배년수가 경과할수록 작물의 생장은 염류에 의한 농도장해로 불량해지고 품질 저하에 따른 수익성 감소는 시설을 다른 경작지로 바꾸게 된다. 또한 토양 중에 다량으로 함유되고 있는 비료성분들은 강우시 유실수로 혹은 토양하층으로 용탈된 지하수에 포함되어 있으므로 토양 환경오염을 일으키기 쉽다. 특히 가리와 인산 등의 염은 우리나라 밭 토양 평균함량보다 (박 등,1986) 상회하는 시설 재배지가 거의 대부분으로서 유기인산의 축적은 토양 유기태질소의 무기화 작용과 질산화성작용을 조장하여 탈질작용을 촉진 한다고 보고되고 있다(松口,1987). 가축분뇨의 자원화 방법에는 퇴비제조 및 액비제조 이용기술이 있다. 가축분뇨 퇴비화는 제조공정에 투입되는 에너지 비용이 높기 때문에 유통제품의 가격도 상대적으로 높은 문제점을 안고 있다. 경종농가에서

도 가축분뇨 퇴비의 효용성을 알고 있으나 단위면적당 소득율이 적은 작물에 대하여 가축분뇨퇴비를 이용하기는 곤란한 측면이 있다. 따라서 생산된 가축분뇨퇴비는 시설재배지나 일부원예작물 재배지에 집중되고 있다. 그 결과 일반 밭작물과 논에는 퇴비가 부족한 반면에 시설재배지 등은 화학비료와 가축분뇨퇴비 과다사용으로 토양의 염류집적이 문제가 되고 있다.

가축분뇨의 액비화는 퇴비화가 불가능한 분뇨에 대하여 제한적으로 적용할 경우 가장 이상적인 가축분뇨 퇴비화의 단점을 보완하는 자원화 기술이 될 수 있다고 판단하고 있다. 돈분뇨는 액비상태로 발생하는 양이 80%정도 차지하고 있고, 액비는 수분함량이 95%이상 되기 때문에 퇴비화가 곤란하여 축산농가에서는 액비화하여 농경지에 직접이용하기를 희망하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 가축분뇨 액비화를 적극 자원화할 필요성이 있고 또 환경오염원을 줄일 수 있다.(정 등, 1999)

유기액비의 연용으로 인한 시설 토양의 이화학성에 미치는 영향을 조사하는데 그 목적이 있다.

나. 시설하우스 토양의 이화학적 특성

1) 재료 및 방법

가) 시험설계

재배 7년차인 시설하우스 토양과 새로 신설된 시설하우스 토양에 한 처리당 가로×세로 1.5m²의 처리구를 시설하여 5처리 난괴법 3반복으로 시험설계를 하였다.

나) 시험 I

(1) 표준시비처리구로 시비는 질소, 인산, 가리로 20.4-10.3-12.2kg/10a, 퇴비 3000kg/10a, 석회 120kg/10a 붓소 1kg/10a을 시비하였다.

(2) 표준액비처리구에서 표준액비는 공급받은 액비를 매 시료시 마다 전질소를 분석하여 평균질소함량이 0.25%이 되게 그 액비를 량으로 조절하였고 질소의 양으로 계산하면 평균 토양 10a당 질소 1.67kg로 되게 하였다.

(3) 표준액비+퇴비 처리구

(4) 표준액비+석회 처리구

(5) 표준액비+퇴비+석회 처리구로 하였다.

다) 토양분석

시설 안의 토양을 표토(0-15cm)와 심토(16-30cm)로 구분하여 작은 polyethylene bag 속에 채취 토양을 넣고 질산태질소와 암모니아아태 질소의 분석을 위해 실험실 냉장고 속에 보관시킨다. 토양의 특성을 조사하기 위해 pH와 EC는 토양:증류수 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법 및 전기전도도법으로 분석하였고, 질산태 질소는 Copperized cadmium method로(ASA.1982), 암모니아태 질소는 Indophenol blue method로, 총질소는 Kjeldahl증류법으로, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 칼리, 석회, 마그네슘은 원자흡광분광계를 이용하여 분석하였다. (농촌진흥청, 1988) 시설 토양의 중금속을 분석하기 위하여 10g의 토양시료를 삼각 flask에 평량하여 0.1N-HCl용액을 가하여 상온에서 1시간 진탕 후 여과하여 그 여액을 원자 흡광 분광기로 Cd, Cu, Pb, Zn,을 분석하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 시설하우스 토양의 이화학적 특성

Table 1. Chemical properties of plastic film house soil before experiment.

Year of cultivation		pH	EC (dS · m ⁻¹)	OM (g · kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg · kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N (mg · kg ⁻¹)	NH ₄ ⁻ -N (mg · kg ⁻¹)
1 year	top ^x	6.19	4.02	34.4	750.09	123.39	97.36
	sub ^y	5.47	2.93	38.2	693.21	102.94	85.53
7 year	top	7.58	3.86	54.5	1556.42	61.26	98.27
	sub	7.32	2.86	38.3	1562.19	42.69	70.16

x: top soil
y: sub soil

표1은 실험 전 시설하우스 토양의 화학적 특성을 나타낸 것이다. 새로 신설된 1년차 시설하우스 토양의 표토에서 pH는 6.19인데 반해 7년 동안 계속해서 재배된 시설하우스 토양 표토의 pH는 7.58로 표토 및 심토의 pH는 중성에 가까운 토양이었다.

전기전도도는 1년차 시설토양의 표토가 $4.02\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 7년 된 시설토양의 $3.86\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 보다 전기 전도가 높았다. 이와 같은 이유는 재배 1년차 시설토양 질산태질소의 함량이 재배 7년차 시설토양보다 더 함량이 많기 때문으로 생각된다.

유기물의 수준은 표토에서 재배 1년차 시설토양은 34.4로 적정수준이라 생각되나 재배 7년차 시설토양에서는 54.5로 매우 높은 편으로 생각된다. 오랫동안 재배된 토양으로 유기물이 축적된 것으로 보인다. 유기물의 적정함량이 $30\text{-}35\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (박 등, 1988)으로 생각하면 오래된 시설토양에서는 매우 높은 수준인 토양으로 실험을 시작하였다. 특히 표토에서 인산 함량은 매우 높은 편으로 1년차 및 7년차 인산의 함량은 $750.09\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1556.46\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년차 시설토양 인산의 함량이 매우 높게 조사되었다. 질산태질소의 함량은 재배 1년차 시설토양이 $123.39\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 7년차 시설토양보다 더 높게 조사되었다.

Table 2. Exchangeable cations of plastic film house soil before experiment.

Year of cultivation		Exchangeable cations($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)			
		Ca	Mg	K	Na
1 year	top ^x	4.19	1.94	0.93	0.84
	sub ^y	3.61	1.91	0.73	0.75
7 year	top	14.61	2.96	1.50	0.96
	sub	8.25	2.20	1.53	0.72

x: top soil

y: sub soil

실험 전 재배토양의 치환성 양이온의 함량을 나타낸 것이 표 2이다. 치환성 양이온 석회, 고토, 가리의 함량은 재배 7년차 표토의 시설토양이 재배 1년차 시설토양보다 훨씬 그 함량이 많다. 석회는 $14.61\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 1년차 시설토양은 $4.19\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$

으로 약 4배정도 많은 함량이며 고토 및 가리는 약 1.5배정도 7년차 토양이 그 함량이 많은 토양이었다.

Table 3. Chemical properties of fresh cultivating and 7 year old cultivating plastic film house soil.

treatments	year of cultivation	pH	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	OM ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	P_2O_5 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NH}_4\text{-N}$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
NPK	1 year	5.33±0.34 ^x	2.48±1.42	5.3±2.0	960.44±135.05	20.37±12.27	78.60±5.93
	7 yrar	7.21±0.08	5.31±3.37	53.2±2.7	1943.45±240.63	19.62±6.38	85.01±8.81
Fertigation	1 year	5.51±0.35	0.83±0.18	9.6±5.6	1137.96±149.09	5.76±2.31	74.23±3.92
	7 yrar	7.24±0.16	2.56±0.49	48.4±1.4	1841.31±137.03	11.91±7.74	111.17±18.14
Ferti.+Comp. ^y	1 year	5.69±0.60	1.18±0.69	8.3±3.9	1214.65±224.53	6.29±6.86	70.89±0.32
	7 yrar	7.29±0.12	3.07±1.07	48.6±2.3	2073.58±141.22	11.03±9.21	88.37±3.02
Ferti.+Lime	1 year	5.58±0.75	1.71±1.30	6.0±1.0	1066.09±165.98	3.89±1.17	58.37±2.42
	7 yrar	7.33±0.21	2.88±0.81	50.3±4.6	2199.64±217.14	11.73±3.05	91.80±25.98
Ferti.+Comp.+	1 year	5.76±0.30	1.81±0.65	11.6±3.3	1211.70±65.04	2.41±0.50	38.27±1.75
Llime	7 yrar	7.23±0.25	5.02±3.19	51.3±5.2	2205.50±242.19	29.04±16.87	90.92±11.45

x: standard deviation.

y: Fertigation and Compost

재배 1년된 시설토양과 7년된 시설토양의 화학적 특성을 나타낸 것이 표 3이다. 대조구에서 재배 1년된 시설토양의 pH는 5.33이며, 7년된 시설토양의 pH는 7.21로 7년 재배된 시설토양에서 pH가 월등히 높았다. 특히 액비단용구는 처리구에서 재배 1년된 시설토양의 pH는 대조구의 1년 시설토양보다도 높았고, 액비+퇴비+석회 처리구는 그 중 pH가 높았다. 대조구의 재배 7년된 시설토양에서는 pH가 높았으며 액비+석회 처리구의 pH가 7.33으로 그 중 높았다. 전기전도도는 재배 1년된 시설토양이 대조구에서 $2.48\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 였으며 재배 7년된 시설토양에서는 $5.31\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 시설토양의 전기전도도가 2배 가량 높았다. 오히려 재배 1년된 시설토양은 액비가 시여된 전기전도도는 일반적으로 낮아졌다. 액비 처리구에서는 $0.83\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 낮아졌고, 액비+퇴비+석회 처리구에서는 $1.81\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 액비 처리구중 높았다. 반면 재배 7년된 시설토양의 액비 처리구

에서도 전기전도도가 일반적으로 대조구보다 낮았다. 재배 1년된 시설토양과 같은 경향을 보였다. 다만 액비+퇴비+석회 처리구에서만 $5.02\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되었다. 액비의 전질소 함량이 0.25%로 전질소의 함량이 낮으므로 대조구보다 액비 처리구가 낮아진 것으로 생각된다.

시설내 전기전도도의 적정수준은 $4\text{--}8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (강 등, 1995)으로 보고하였다. 본 실험에서 대조구의 전기전도도는 재배 1년된 시설토양에서 $2.48\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 낮은 수준으로 생각된다. 반면 재배 7년된 시설토양에서는 액비+퇴비+석회 처리구만 $5.02\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되어 전반적으로 낮은 수준으로 생각되었다.

유기물의 경우, 대조구에서 재배 1년된 시설토양의 유기물함량은 $5.3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 매우 낮은 함량이며 액비를 시여한 처리구, 액비, 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 9.6, 8.3, 6.0, $11.6\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 전반적으로 대조구보다 높은 경향을 보였다.

대조구의 재배 7년된 시설토양의 유기물 함량은 $53.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 높은 수준의 유기물 함량을 보였다. 재배가 오랫동안 이루어진 시설토양에서는 액비를 시여했다 하여도 유기물의 함량이 높아지지 않았다. 재배 1년된 시설토양은 유기물을 지속적으로 공급해주는 것이 좋으며 유기물의 적정함량은 $30\text{--}35\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (박 등, 1988)로 신설된 시설하우스의 토양은 주기적으로 유기물을 공급해 주는 것이 바람직하다고 생각한다.

우리 나라의 기후조건하에서는 좀처럼 유기물의 함량을 증대시키기가 어렵고 더욱이 짧은 기간 내에 유기물 함량을 높이기는 어렵기 때문에 지속적으로 유기물을 공급해야 한다. 유기물의 함량은 토양의 비옥도의 지표가 될 만큼 그 영향이 크다 할 수 있다. (박 등, 1988)

1년 재배된 시설토양의 유효인산의 함량은 대조구에서는 $960.44\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었으며 재배 7년된 시설토양의 유효인산의 함량은 $1943.45\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 2배 이상 1년 재배대조구보다도 유효인산의 함량이 높다.

채소재배지 토양 인산 진단기준인 $150\text{--}300\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (이 등, 1987)에 비해 재배 1년된 시설토양은 3배가 많은 함량이며, 재배 7년된 시설토양은 6-7배가 넘는 많은 함량을 시설토양에 함유하고 있다. 김(2002)의 충주, 괴산 지역의 조사에 의하면 그 평균인산함량이 $1102.55\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1093.04\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 각각 조사 보고한 평균함량보다 재배 1년

된 시설토양은 함량이 낮고, 재배 7년된 시설토양은 평균치보다 약 2배가 넘는 유효인산을 포함하고 있는 토양이었다. 재배 1년된 시설토양의 액비 처리구에서는 대조구보다 유효인산의 함량이 많으며 퇴비가 시비된 액비+퇴비, 액비+퇴비+석회 처리구에서는 1214.65, 1211.70mg · kg⁻¹으로 퇴비가 시비된 처리구가 그 함량이 많았다. 재배 7년된 시설토양은 액비를 시여한 처리구가 재배 1년의 시설토양 경우와 같이 액비를 처리한 처리구가 유효인산의 함량이 높은 편으로 조사되었다. 즉 액비+퇴비, 액비+퇴비+석회의 경우는 2073.58, 2205.50mg · kg⁻¹으로 각각 그 함량이 높게 조사 되었다. 이런 경우에는 액비를 계속적으로 시비할 경우에는 시설토양에 인산의 축적되므로 인산의 시비를 금해야 한다고 생각된다. 유효인산의 경우 토양에서 고정이 크고 이동이 적으며 그 함량이 높을지라도 그 피해가 적기 때문에 인식을 못하고 있으며 과잉시비는 경제적으로도 손실이 되므로 경영비를 조금이라도 줄이는 차원에서 인산의 시비를 금해야 된다.

질산태질소의 함량은 재배 1년된 시설토양의 대조구에서 20.37mg · kg⁻¹이며 재배 7년된 시설토양에서는 19.62mg · kg⁻¹으로 미미한 차이를 보였다. 액비를 시비한 처리구의 재배 1년된 시설토양에서는 오히려 그 함량이 낮아졌다. 즉 액비, 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 처리구에서는 그 함량이 각각 5.76, 6.29, 3.89, 2.41mg · kg⁻¹으로 대조구보다도 그 함량이 낮아졌다. 재배 7년된 시설토양의 액비 처리구에서는 질산태질소의 함량은 재배 1년된 시설토양의 경우와 같은 경향을 보였다. 액비+퇴비+석회 처리구에서는 그 함량이 29.04mg · kg⁻¹으로 많았다.

호기성인 발조건 하에서 무기태질소는 NO₃-N의 상태로 존재하며 재배작물의 적절한 함량은 100-250mg · kg⁻¹(박 등, 1982)이다. 조사된 대조구나 액비 처리구의 질산태질소의 함량이 아주 낮다고 생각된다. 시설하우스 재배에서는 250mg · kg⁻¹ 이상을 함유했을 때 작물의 생육장애와 토양침투에 의한 지하수 오염원이 될 수 있으므로 매우 중요하다고 생각된다.

Table 4. Exchangeable cations of fresh cultivating and 7 year old cultivating plastic film house soil.

treatments		Exchangeable cations($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)			
		Ca	Mg	K	Na
NPK	1 year	11.48±0.27 ^x	3.36±0.54	0.84±0.32	2.34±2.23
	7 yrar	16.90±0.28	6.25±0.20	3.99±0.92	1.67±0.91
Fertigation	1 year	10.34±0.40	3.14±0.27	3.45±1.45	2.83±0.54
	7 yrar	13.42±0.75	4.66±0.18	2.64±0.42	1.19±0.58
Ferti.+Comp. ^y	1 year	10.52±0.23	3.21±0.42	1.20±1.08	2.56±0.88
	7 yrar	14.08±0.56	4.96±0.55	3.38±1.26	1.58±0.83
Ferti.+Lime	1 year	10.52±0.72	2.90±0.22	1.57±0.49	3.30±0.77
	7 yrar	14.78±1.28	6.20±0.69	3.70±1.09	1.58±1.10
Ferti.+Comp. +Lime	1 year	12.27±2.74	3.35±0.86	1.07±0.57	2.34±0.37
	7 yrar	13.55±2.18	4.99±0.83	2.90±0.67	0.86±0.44

x: standard deviation.

y: Fertigation and Compost

표 4는 1년 재배된 시설토양과 7년 재배된 시설토양의 치환성 양이온의 함량을 나타낸 것이다.

재배 1년 된 시설토양의 대조구에서 치환성 석회의 함량은 $11.48\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년 된 토양에서 $16.90\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년 된 시설토양이 치환성 석회 함량이 높게 조사되었다. 그 이유는 대조구의 1년 재배토양의 pH가 5.33으로 7년 재배 토양 pH 7.21보다도 낮았기 때문으로 생각된다. 전반적으로 액비를 시비한 처리구에서 대조구보다 치환성 석회의 함량이 낮아졌고 재배 7년 된 시설토양에서의 액비, 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 처리구에서는 13.42, 14.08, 14.78, $13.55\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대조구의 $16.90\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 그 함량의 낮았다. 어떤 처리든간 재배 1년 시설토양의 치환성 석회의 함량은 재배 7년 시설토양의 치환성 석회 함량보다 낮았다.

우리나라 치환성 석회의 적정수준인 $3.4\text{--}6.4\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ (이 와 이, 1985)보다도 2-3배 많은 함량을 시설토양이 함유하고 있다. 김(2002)의 충주지역 시설토양의 조사에 의하면 치환성석회 평균함량이 $8.30\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 본 실험토양 대조구 1년재배 토양이 충

주지역 평균보다 그 함량이 높다.

치환성 고토의 경우는 재배 1년 된 시설토양 대조구의 경우 그 함량이 $3.36\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년 된 시설토양에서 $6.25\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대체로 재배 7년 된 시설토양이 치환성 고토의 함량이 많은 경향을 보였다. 액비를 시비한 처리구에서도 7년 재배된 시설토양이 재배 1년 시설토양보다 치환성 고토의 함량이 더 많았다. 그러나 액비를 시비한 처리구에서는 대조구보다도 뚜렷하게 그 함량의 증감이 보이지 않았다. 치환성 고토의 우리 나라 평균적정수준은 $1-1.5\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ (이 와 이, 1985)으로 보고되었다. 대조구의 재배 1년 시설토양과 재배 7년의 시설토양의 함량은 우리 나라 평균 치환성 고토 적정수준보다도 3-6배가 더 많은 함량이었다.

채소의 생리장애는 토양양분의 과잉축적이나 양분의 불균형, 재배환경들의 복합요인으로 발생하는 경우가 많은데 예를 들어 과잉의 해중 K는 Mg과 Ca으로 인하여, 과잉의 Mg은 K, Ca의 흡수저해를 야기시키기 때문에 토양중 적정성분을 고려해야 한다고 생각되며 그러므로 품질과 환경보전을 위하여 토양의 화학성을 정확하게 파악하고 알맞은 비료시용을 해야만 한다. 치환성 가리의 경우 재배 1년된 시설토양의 대조구 경우는 그 함량이 $0.84\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년된 시설토양은 그 함량이 $3.99\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년된 시설토양이 약 4배 정도 많게 함유하고 있다.

액비를 시비한 처리구 재배 1년 시설토양에서 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회의 처리구에서는 각각 그 함량이 1.20, 1.57, $1.07\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대조구와 별 차이를 느끼지 못했다. 재배 7년 액비 처리구에서도 대조구와 비교하면 미미한 정도로 차이가 있다.

우리 나라 치환성 가리의 적정수준인 $0.32-0.47\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ (이 등, 1984)으로 재배 7년 시설토양대조구에서는 약 10배 정도 많은 치환성 가리의 함량을 내포하고 있다.

치환성 가리와 고토의 경우는 액비를 계속 시비하였어도 그 함량 변화가 눈에 띄게 증감이 없었으며 평균적으로 우리 나라 적정수준에 비하여 치환성 석회, 가리, 고토의 함량이 높다고 생각한다. 이상의 결과를 종합해보면 대조구와 액비 처리구의 차이는 미미하며 오히려 재배 1년 시설토양과 재배 7년 시설토양의 그 함유성분은 뚜렷하게 차이가 있다고 본다. 만약 토양의 길항작용에 의해 한 성분이 부족하다면 수량저해요인이

될 수 있으므로 모든 성분이 적정수준에 있는 토양의 화학적 특성에 알맞은 시비처방으로 환경농업이 이루어져야 할 것이다.

나) 시설하우스 토양의 중금속 함량

Table 5. Heavy metal contents of fresh cultivating and 7 year old cultivating plastic film house soil.

treatments		Fe	Mn	Zn	Cd	Cu	Pb
		-----($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)-----					
NPK	1 year	155.83±15.46 ^x	79.83±22.48	37.75±1.73	0.27±0.01	2.28±0.88	3.09±0.14
	7 yrar	39.92±1.53	104.75±4.63	55.75±2.84	0.32±0.01	0.92±0.26	3.29±0.26
Fertigation	1 year	159.33±12.90	91.75±18.59	38.75±5.73	0.27±0.02	1.75±0.46	3.16±0.12
	7 yrar	54.33±5.36	107.17±9.50	68.42±0.88	0.35±0.02	1.44±0.09	2.69±0.27
Ferti.+Comp. ^y	1 year	155.67±3.39	75.92±14.56	38.92±5.43	0.27±0.03	2.61±1.03	3.00±0.07
	7 yrar	54.33±8.00	102.25±1.89	69.00±0.75	0.35±0.02	1.27±0.20	2.79±0.17
Ferti.+Lime	1 year	158.50±6.75	74.08±3.61	39.92±3.75	0.31±0.03	2.28±0.56	2.95±0.25
	7 yrar	59.17±10.69	108.50±9.50	67.00±1.39	0.33±0.02	1.21±0.58	2.97±0.19
Ferti.+Comp. +Lime	1 year	164.42±1.76	80.17±11.63	48.17±4.89	0.30±0.0	1.81±0.88	2.76±0.27
	7 yrar	69.42±18.30	104.00±4.92	68.50±4.88	0.33±0.02	1.36±0.52	2.96±0.10

x: standard deviation.

y: Fertigation and Compost

표 5는 재배 1년 된 시설토양과 재배 7년 된 시설토양의 철 및 망간 그리고 중금속 함량을 나타낸 것이다.

재배 1년 된 시설토양의 철의 함량은 대조구에서 $155.83\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년 된 시설토양의 철의 함량 $39.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 더 그 함량이 높았다. 이러한 이유는 pH가 1년 재배된 시설토양에서 pH 5.33으로 7년 재배된 토양 pH 7.21보다 매우 낮았기 때문으로 생각된다.

액비를 시비한 1년 재배된 처리구들에서는 ,즉, 액비, 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회에서 철의 함량이 각각 159.33, 155.67, 158.50, $164.42\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대조구에 비

해 별 차이가 없었다. 다만 재배 7년된 시설토양의 액비 처리구 중 액비+석회, 액비+퇴비+석회의 처리구들에서 각각 $59.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $69.42\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 약간 높았다.

Mn의 경우는 대조구 재배 1년된 시설토양에서 그 함량이 $79.83\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년된 시설토양의 경우는 $104.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년된 시설토양에서 높게 조사되었다. 액비를 시비한 처리구에서 재배 1년차 시설토양에서는 액비, $91.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $75.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $74.08\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비+석회 $80.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 액비 시비를 한 처리구가 조금높게 함량의 차이를 보였다. 반면 재배 7년된 액비 시비처리구에서는 액비 $107.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $102.25\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $108.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비+석회 $104\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 처리구들간 함량의 큰 변화가 없었다. 그러나 Mn의 함량은 액비 시비를 한 처리구나 대조구나 다같이 재배 7년된 시설토양에서 그 함량이 많았다. Mn의 경우 김(2002)이 충주지역을 조사한 결과에 의하면 용두동 $162\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 용관동 $151.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 달천동 $138.90\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 칠금동 $135.15\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었으며 본 실험의 시설토양의 Mn함량은 이들 지역의 평균함량보다도 낮은 함량이다.

아연의 경우 1년 재배된 시설토양의 대조구는 그 함량이 $37.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 7년 재배된 시설토양에서는 $55.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 높았다. 액비를 시비한 처리구들 중에서도 재배 1년된 시설토양의 아연 함량보다도 재배 7년된 시설토양의 함량이 많았다.

같은 재배 7년 시설토양인데도 대조구의 함량이 $55.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 데 반해 액비 처리 $68.42\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $67\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비+석회 $68.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 액비 처리구들이 아연함량이 높았다. 이 등(1991)은 호남 및 충남지역의 시설재배지 토양중 아연의 함량은 $10.1\text{--}22.3\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 의 범위에 있다고 하였다. 또 김(2002)의 충주지역조사에 의하면 평균 $54.15\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 괴산 $34.53\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 그 함량이 높았다고 조사하였다. 그렇다면 본 실험에서는 아연의 함량이 충남의 아연함량보다 높고 김(2002)이 조사한 충주 함량보다 높다고 생각한다.

카드뮴의 경우 재배 1년된 시설토양의 대조구에서 그 함량이 $0.27\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배

7년된 시설토양의 카드뮴의 함량은 $0.32\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년된 시설토양에서 그 함량이 높다. 우리나라 시설재배지 토양의 평균함량 $0.208\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (정 등, 1997)보다 높으며 재배 7년된 시설토양은 1.5배 정도 높은 수준이다. 이것은 퇴비 및 산업폐기물에서 유래가 되었을 것으로 추정된다. 액비 시용구에서 재배 7년된 처리구들은 그 함량이 대조구보다 많으며 또한 액비시용 재배 1년된 처리구들보다도 그 함량이 높다. 재배 7년 시설토양의 액비처리구는 $0.35\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $0.35\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $0.33\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비+석회 $0.33\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대조구의 재배 1년 시설토양의 카드뮴 함량보다도 높다. 김(2002)의 충주지역 조사에 의하면 칠금동 $0.4\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 용두동 $0.08\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 달천동 $0.03\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 용관동 $0.11\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었다. 액비 시용구의 재배 7년 된 시설토양의 $0.35\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 은 칠금동 $0.4\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다는 적으나 용두동, 달천동, 용관동보다는 높은 함량을 보였다.

구리의 경우에는 재배 1년 된 시설토양의 대조구에서 그 함량이 $2.28\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 재배 7년된 시설토양에서 그 함량은 $0.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 신설된 시설토양에서 그 함량이 2배 이상 많았다.

액비 시용구의 액비, 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회의 각 처리구에서는 재배 1년된 시설토양 구리의 함량 각각 1.75, 2.61, 2.28, $1.81\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 재배 7년 된 시설토양의 구리함량 1.44, 1.27, 1.21, $1.36\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 더 높은 함량을 보였다. 이러한 원인은 pH가 재배 1년된 시설토양이 더 낮으므로 함량이 많은 것으로 생각된다. 2001년 토양측정망 운영결과(환경부, 2002)에서 조사한 충주 새한미디어 주변 토양에서 구리의 함량이 $2.53\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 대조구의 재배 1년된 시설토양 2.28보다 새한미디어 주변 토양에서 구리의 함량이 많았다. 우리나라 시설 재배지 토양의 평균 구리의 함량은 $3.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (정 등, 1997)으로 우리나라 시설평균함량이 대조구 재배 1년, 재배 7년 시설토양보다 더 높았다.

납의 경우 대조구에서 재배 1년된 시설토양의 납의 함량은 $3.09\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고 재배 7년된 시설토양의 함량은 $3.29\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이다. 오래된 토양에서 납의 함량이 더 높게 조사되었다. 그러나 액비를 시용한 처리구들 중에는 재배 1년된 시설토양과 7년된 시설토양간의 오래된 시설토양이 납의 함량이 많다는 일정한 경향이 없었다.

액비단용구에서 재배 1년 시설토양의 납의 함량은 $3.16\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 인데 반해 재배 7년 된 토양 $2.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 낮게 조사되었다.

우리나라 시설재배지 토양의 납 평균함량이 $2.49\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (정 등, 1997)로서 우리나라 시설재배지 평균 납함량보다 대조구의 시설토양들이 더 높게 그 함량이 조사되었다.

Table 6. Mn and Heavy metal contents of 7 year old cultivating plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
		-----($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)-----				
NPK	1 ^Y	104.75±4.63 ^X	55.75±2.84	0.92±0.26	0.32±0.01	3.29±0.26
	2 ^Z	168.50±41.11	50.27±5.42	5.54±0.46	0.26±0.03	4.44±0.19
Fertigation	1	107.17±9.50	68.42±0.88	1.44±0.09	0.35±0.02	2.69±0.27
	2	244.15±41.38	62.77±5.91	0.67±0.41	0.24±0.03	4.85±0.24
Fertigation +Comp.	1	102.25±1.89	69.00±0.75	1.27±0.20	0.35±0.02	2.79±0.19
	2	261.96±15.70	88.83±11.35	0.63±1.14	0.28±0.03	4.74±0.31
Fertigation +Lime	1	108.50±9.50	67.00±1.39	1.21±0.58	0.33±0.02	2.97±0.19
	2	218.69±21.33	71.98±11.16	0.39±0.86	0.25±0.03	4.65±0.23

X: Standard deviation

Y: Sampling time 1 : December 10. 2000

Z: Sampling time 2 : August 8. 2001

표 6은 2000년 12월 10일부터 2001년 8월 8일까지 처리별 7년 재배된 토양에서 액비 처리를 달리했을때의 중금속 함량을 조사한 표이다.

Mn의 경우 대조구의 2000년 12월 조사시 그 함량은 $104.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 8개월이 지난 2001년 8월의 조사에서는 그 함량이 $168.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 높아졌다. 액비를 사용한 처리구에서는 2000년 12월의 조사에서는 $107.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었

으나 2001년 8월에는 $244.15\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 많아졌다. 액비+퇴비, 액비+석회
 2001년 8월 조사시에는 각각 $261.96\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $218.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 높아졌다.
 액비를 시비한 처리구들은 2001년 12월 조사시 $218\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이상 토양에 함유되었다.
 아연의 경우 2000년 12월 대조구의 함량은 $55.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 2001년 8월 조사시
 에는 $50.27\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 크게 변하지 않았으며 액비를 시비한 처리구들에서는 처음 조
 사시에는 $68.42\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 2001년 12월 조사시에는 $67.77\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 역시 아
 주 미미한 차이를 보였다. 액비+퇴비, 액비+석회 처리구에서는 88.83 , $71.98\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으
 로 각각 함량이 증가함을 보였다.

카드뮴의 경우는 주로 아연광석에 함유되어 아연광에서 산출되고 농경지에서는 카드
 뮴 오염은 아연과 복합적으로 나타나는데 토양중 카드뮴의 함량은 $0.06\text{--}1.10\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
 정도이며 토양중 $0.5\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이상이 되면 오염원에 영향을 받는 것으로 간주되고 있
 다. (정 등, 1997)

대조구에서 2000년 12월에 조사한 카드뮴의 함량은 $0.32\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고 2001년 8월에
 조사한 함량은 $0.26\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 약간 낮게 조사되었다. 액비를 시용한 처리구에서도
 2000년 12월에 조사한 함량보다도 대조구의 경우와 마찬가지로 조금씩 낮게 조사되었
 다. 우리 나라 밭토양의 적정 카드뮴 함유량은 $0.157\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (김 등, 1995)으로 이 적
 정수준보다 높은 함량으로 재배 7년된 시설토양으로 실험을 시작하였으며 유 등(1991)
 이 보고한 시설재배지 $0.315\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 과 유사하며 김 등(1993)이 보고한 과수재배지
 $0.216\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 높은 함량이다.

대조구에서 구리의 경우는 2000년 12월 조사시 $0.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 낮았는
 데 2001년 8월 조사에서는 $5.54\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 크게 증가하였다. 그러나 액비를 시비한
 처리구에서는 대조구와 반대로 2000년 12월 조사에서 액비, 액비+퇴비, 액비+석회 처리
 는 각각 그 함량이 $1.44\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.61\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.21\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 2001년 8월 조사시
 에는 각각 $0.67\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.63\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.39\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 낮아졌다. 김
 (2002)이 조사한 충주지역의 지역별 구리의 함유량을 살펴보면 시설재배단지에서
 $4.25\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 농공단지 $4.10\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 도로변 $0.23\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 하천변 $6.01\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 미
 오염이라 생각하는 지역 $3.07\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 실험 토양은 낮은 함유량을 보였다.

액비를 사용한 처리구에서만 구리 함유량이 감소되었다.

납의 경우는 대조구에서 2000년 12월 조사시 그 함량은 $3.29\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 2001년 8월 조사시에는 $4.44\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 증가하였다. 액비를 사용한 처리구에서 12월 조사시에 $2.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $2.79\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $2.97\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 각각의 처리구 함유량이 비슷하였는데 2001년 8월 조사시에는 대조구와 같이 그 함량이 증가하였다. 즉 액비 $4.85\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+퇴비 $4.74\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비+석회 $4.65\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였다. 김(2002)이 조사한 충주지역 비역별 납의 함량은 시설단지 $1.36\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 농공단지 $5.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 도로 $0.58\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 하천 $3.51\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 미오염 지역 $2.23\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 실험토양은 농공단지 주변 납의 함량이 많은 토양과 매우 흡사하였다.

2. 유기액비 연용이 시설하우스 토양의 환경오염의 효과.

가. 서언

인구 도시 집중 및 산업의 대량생산 체제로, 각종 폐기물이 한정된 지역내 증가되는 현상이 유발하고 있다. 이들 폐기물을 처리할 시설이 미미한 관계로 도시하수 및 산업 폐수의 배출량이 증가하고 있어 수질과 토양이 오염되고 있는 실정이다. 모든 생물의 생활기반인 토양에 중금속 오염이 크게 우려되고 있다. 토양오염이란 인간의 활동에 의하여 만들어지는 여러 가지 물질들이 토양에 유입축적되어 토양의 성질이 동·식물의 생육에 나쁜 영향을 주는 상태로 악변되는 것을 말한다. 토양은 본래 어느 한계까지는 토양에 유입된 물질을 물리적, 화학적 및 생물학적 작용을 통하여 효율적으로 정화시키는 능력이 있지만 그 정도가 지나치면 안전한 농산물을 생산하는 기반으로서의 기능을 상실하게 된다. 즉 토양오염물질은 토양미생물의 활동을 저해하여 토양이 가진 생태계 순환의 역할을 감퇴시키고 농작물에 흡수되어 생육장해를 일으킨다. 때로는 농작물의 수량을 감소시키지 않는 오염수준에서도 작물에 흡수되어 집적되거나 또는 지하수 혹은 기타의 식수원으로 이행하여 결국 인체에 집적됨으로서 우리의 건강에 위해를 가한다는 점에서 농업상 중요시되고 있다.

토양오염의 원인물질로는 유기물, 무기물, 중금속류, 농약 등 여러 가지가 있다. 이

들 물질중 유기물은 토양에 존재하는 미생물에 의하여 분해되고, 무기염류는 식물에 의하여 흡수되거나 강우에 의하여 용탈 유실되어 감소될 수 있다. 그러나, 중금속류는 일단 토양에 유입되어 식물체가 미량을 흡수하여도 독성을 나타내기 쉽고, 또한 토양 중에서 분해되지 않기 때문에 인위적으로 제거하지 않는 한 거의 영구적으로 토양에 잔류하게 되는 것으로 알려져 있다.

토양에 유해한 중금속류는 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 크롬(Cr) 등을 들 수 있다. 이들 중금속류의 주요 오염원은 공장폐수, 분진, 자동차배기가스나 전지, 형광등, 도료 등의 일상생활폐기물, 농약 등 매우 다양하다.

중금속에 의한 농경지 오염은 중금속을 다량 함유한 각종 폐기물과 폐수 및 대기분진이 주요 원인으로 알려지고 있다. 특히 시설재배의 경우 노지에 비해 폐수나 분진보다도 중금속함량이 높은 도시 및 산업폐기물 등으로 만들어진 불량퇴비유입과 퇴비의 과다 시용이 토양 및 재배작물의 중금속 오염의 주요인이라 할 수 있다.(정 1995 a,b)

토양에 오염된 중금속 원소들은 농산물에 흡수 이행되어 인체에 섭취 축적되고 장기간 섭취로 인체에 특수한 병해를 유발한다. 1955년 일본 도야마현 지역주민들의 중금속이 오염된 물과 쌀 등을 먹어서 신체 중 뼈가 구부러진다거나 기침으로도 뼈가 갈라지는 이따이 이따이 병이 발생되었다. (김, 1995) 우리나라는 급격한 산업화에 따라 중금속을 포함한 각종 오염물질이 공장굴뚝의 매연, 자동차의 배기가스와 타이어의 마모 먼지와 공장에서 흘러나오는 각종 산업폐기물 때문에 물과 토양이 오염되어 지역에 따라서는 농작물에 심각한 피해를 주어 문제가 되고 있는 실정이다. 또한, 생활수준이 높아짐에 따라 농촌의 생활폐기물의 종류도 다양하게 늘어나고, 자동차보유대수가 늘어남에 따라 도처에 토양을 오염시킬 수 있는 요인이 늘어 나고있다. 최근에는 환경농업 및 유기농업에 대한 관심이 고조되면서 축분 퇴비등 유기질 비료의 사용량이 많아지고 있지만 토양에 대한 정밀한 검정 없이 작물의 질소 요구량 만 고려하여 유기질 비료를 투입함으로써 질산태 질소, 토양인의 축적을 가중시키고 있다.

유기액비의 연용이 시설 토양의 중금속 오염 문제에 대해 국민건강 차원에서 지속적인 연구가 필요하며 시설토양의 오염정도는 국민건강 차원에서 매우 중요하다고 본다.

아울러 시설하우스 토양의 중금속 함량을 분석 조사함으로써 앞으로의 오염 상태를 알고 더 나아가 분석한 지난 자료로 비교 검토하여 중금속 오염 정도를 진단하여 토양환경을 지속적인 토양보전 환경으로 유지시키는데 이 연구의 목적이 있다고 생각한다.

나. 재료 및 방법

1) 시험설계

재배 7년차인 시설하우스 토양과 새로 신설된 시설하우스 토양에 한 처리당 가로×세로 1.5m²의 처리구를 시설하여 5처리 난괴법 3반복으로 시험설계를 하였다.

2) 시험 I

가) 표준시비처리구로 시비는 질소, 인산, 가리로 20.4-10.3-12.2kg/10a, 퇴비 3000kg/10a, 석회 120kg/10a 붕소 1kg/10a을 시비하였다.

나) 표준액비처리구에서 표준액비는 공급받은 액비를 매 시료시 마다 전질소를 분석하여 평균질소함량이 0.25%이 되게 그 액비를 량 으로 조절하였고 질소의 양으로 계산하면 평균 토양 10a당 질소 1.67kg로 되게 하였다.

다) 표준액비+퇴비 처리구

라) 표준액비+석회 처리구

마) 표준액비+퇴비+석회 처리구로 하였다.

3) 시험 II

1/5000 해당하는 pot에 가) 표준시비 처리구, 나) 표준액비 처리구,

다) 표준액비 2배처리구, 라) 표준액비 3배처리구로 만들어 4처리 난괴법 3반복으로 시험을 수행하였다.

4) 토양분석

시설 안의 토양을 표토(0-15cm)와 심토(16-30cm)로 구분하여 작은 polyethylene bag 속에 채취 토양을 넣고 질산태질소와 암모니아아태 질소의 분석을 위해 실험실 냉장고

속에 보관시킨다. 토양의 특성을 조사하기 위해 pH와 EC는 토양:증류수 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법 및 전기전도도법으로 분석하였고, 질산태 질소는 Copperized cadmium method로(ASA.1982), 암모니아태 질소는 Indophenol blue method로, 총질소는 Kjeldahl증류법으로, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 칼리, 석회, 마그네슘은 원자흡광분광계를 이용하여 분석하였다. (농촌진흥청, 1988) 시설 토양의 중금속을 분석하기 위하여 10g의 토양시료를 삼각 flask에 평량하여 0.1N-HCl용액을 가하여 상온에서 1시간 진탕 후 여과하여 그 여액을 원자 흡광 분광기로 Cd, Cu, Pb, Zn,을 분석하였다.

5) 식물체 분석

식물체를 채취하여 건조기에서 80℃로 건조하였다가 Willy mill로 식물체 부위별로 구분 분쇄하여 식물체 분말 3g씩 100ml 삼각flask에 취하여 식물체 분해액인 三酸용액 ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4 = 10 : 4 : 1$)을 30ml씩 가하여 Hot plate에서 분해하고(농촌진흥청, 1980) 여과지 NO.6 여지를 여과하여 그 용액을 Atomicabsorption Spectrophotometer로 함량을 측정하여 표준용액과 비교하여 각각의 함량을 산출한다.

6) 미생물 분석

삼각 flask에 270ml의 멸균한 증류수를 채운 후 토양시료 30g을 취해 진탕한 후 희석 평판법을 이용하여 계수한다. 세균은 Yeast glucose agar, 사상균은 Rose bengal agar, 방선균은 Starch casein agar에 접종하여 30℃로 조절된 항온기내에서 배양하였다. 각 시료별 미생물의 수는 콜리니형성수(cfu)로 표시하였다. 계수는 접종 후 세균은 7일, 방선균은 3일경 1차 계수하고 5일 후 2차 계수하였으며 방선균은 접종 10일까지 계수하였다(농촌진흥청,2000).

다. 결과 및 고찰

1) 시설하우스 토양의 이화학적 특성.

Table 7. Chemical properties of 8 year cultivating plastic film house soil

Treatments	Sampling time	PH (1:5)	EC (dS · m ⁻¹)	OM (g · kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg · kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · kg ⁻¹)
NPK	1 ^Y	7.34±0.12 ^X	2.75±0.73	44.6±2.1	1650.57±45.91	14.06±5.27	54.37±4.64
	2 ^Z	6.52±0.18	0.66±0.19	31.4±2.2	1055.27±43.12	22.64±1.16	24.72±1.76
Fertigation	1	7.67±0.07	2.77±1.00	53.1±13.1	1817.91±77.67	5.80±3.53	49.34±6.51
	2	7.07±0.08	0.47±0.01	37.9±0.6	1138.15±9.44	30.59±2.45	26.29±1.29
Double level Fertigation	1	7.63±0.20	3.16±0.73	34.6±5.8	1665.62±109.28	15.99±4.50	77.24±10.90
	2	7.04±0.04	0.65±0.17	43.8±1.6	1523.94±27.06	46.79±1.76	37.26±1.20
Triple level Fertigation	1	7.65±0.08	2.38±0.50	52.7±8.6	1307.24±83.46	15.88±2.23	69.59±15.34
	2	6.97±0.13	1.10±0.41	53.4±2.6	1583.33±27.36	63.03±1.34	36.78±4.05

X: Standard deviation

Y: Sampling time 1 : May 10. 2001

Z: Sampling time 2 : June 17. 2003

표 7은 2001년 5월 10일부터 2003년 6월 17일까지 각각의 처리를 하였을 때 토양의 화학적 특성을 나타낸 표이다.

pH는 대조구의 경우 2001년 5월 10일(1차 시료채취)의 조사에서 pH 7.34이었으나 2003년 6월 17일(2차 시료채취)에서는 6.52로 pH가 낮아졌다. 액비를 사용한 액비처리구의 1차 시료조사에서 pH 7.67로 중성으로 매우 높게 조사되었으나 2차 조사에서는 pH 7.07로 낮아졌다. 액비를 2배로 사용한 처리구에서도 pH 7.63에서 pH 7.04로 낮았고 액비를 3배로 사용한 처리구(액비3배)에서도 pH 7.65에서 pH 6.97로 더 낮아졌다. 액비 처리구, 대조구 모든 처리에서 시간이 지남에 따라 pH가 낮아졌다.

전기전도도의 경우 대조구의 1차 조사에서 2.75dS · m⁻¹이었으나 2차 조사에서는 0.66으로 낮아졌다. 액비사용 처리구에서는 2.77로 1차 조사되었으나 액비1배 액비2배 액비3배를 사용한 처리구에서는 각각 0.47, 0.65, 1.10dS · m⁻¹으로 조사되었다. 적정수준 0.4-0.8mS · cm⁻¹(강 등, 1995)로 매우 낮은 수준이라고 생각된다. 전기전도도가 높으면

치환성加里, 고토, 석회 등 화학성분간 불균형을 일으켜 이것들 때문에 다른 이온의 흡수가 방해를 일으켜 생리장해의 원인이 되고 계속 되면 연작장해 요인의 하나가 아닌가 생각된다. 농가에서의 매작기 때마다 많은 양의 비료사용, 축분, 유기물의 사용으로 인한 결과라 생각된다.

유기물은 대조구의 1차 시료 채취시 $44.6\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 2차 조사에서는 $31.4\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 낮아졌다. 이 경우는 표준퇴비량만을 사용하고 계속 화학비료만 주었기 때문으로 생각된다. 액비사용 처리구에서 액비 2배 처리구는 1차 $34.6\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 2차 $43.8\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로, 액비 3배 처리구는 1차 시료 채취시 $52.7\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 2차 시료채취에는 $53.4\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 액비를 사용한 경우 대조구와 달리 유기물이 증가됨을 볼 수 있다. 액비사용의 경우 $37.9\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이나 액비 2배의 경우는 $43.8\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 액비 3배는 $53.4\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 액비의 사용비율이 증가함에 따라 함께 유기물의 함량도 증가됨을 본다.

인산의 경우 대조구 1차 조사에서 $1650.57\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 매우 높은 함량이었으나 2차 시료에서는 $1055.27\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 감소하였다. 표준시비로만 시비하였고 계속적인 관수로 인하여 유효인산의 함량이 감소한 것이 아닌가 생각한다. 액비시비의 경우는 대조구와 마찬가지로 감소하였다. 즉 액비 2배인 경우 1차 조사인 경우 $1665.62\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으나 2차 조사인 경우 $1523.94\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 감소하였다. 액비 3배의 경우도 2차 조사 때 감소하였다. 그러나 액비 처리구는 $1138.15\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고 액비 2배 처리구는 $1523.94\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였고 액비 3배 처리구는 $1583.33\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 액비 2배구보다 더 함량이 증가하였다. 지속적인 액비시비는 유효인산 함량의 증가를 가져온다고 생각한다. 그러나 본 실험에서는 처음부터 아주 많은 함량의 인산이 있었으므로 더 이상의 처음 1차 시료때와 같은 인산의 함량 증가는 없었다.

질산태질소의 경우 대조구 1차 조사에서는 그 함량이 $14.06\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 2차 시료 조사에서는 $22.64\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 증가하였다.

액비를 시비하였을 경우 1차 조사에서는 $5.80\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며, 2차 조사에서는 $30.59\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었다. 액비 2배와 액비 3배인 경우는 1차 조사에서 15.99 와 $15.88\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었는데 2차 조사에서는 $46.79\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 과 $63.03\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 증가하였다. 액비에서 전질소의 함량은 매번 축사에서 나오는 전질소의 함량이 다르므로 매

번 전질소의 함량을 0.2%로 액비의 양을 고정하여 시용하였다.

Table 8. Exchangeable cations of 8 year cultivating plastic film house soil.

Treatment	Sampling time	Exchangeable cation (cmol · kg ⁻¹)			
		Ca	Mg	K	Na
NPK	1 ^Y	11.81±0.38 ^X	3.07±0.22	2.37±0.62	0.32±0.14
	2 ^Z	8.07±0.19	2.84±0.06	0.83±0.05	0.26±0.01
Fertigation	1	11.99±0.99	3.33±0.39	1.68±0.31	0.29±0.07
	2	8.75±0.22	2.99±0.16	0.61±0.02	0.34±0.01
Double level Fertigation	1	11.39±1.37	3.39±0.48	1.61±0.75	0.30±0.07
	2	9.41±0.16	3.27±0.23	0.92±0.10	0.39±0.03
Triple level Fertigation	1	10.14±1.12	3.81±0.27	1.54±0.54	0.31±0.07
	2	13.86±1.19	5.30±0.25	1.08±0.18	0.55±0.06

X: Standard deviation

Y: Sampling time 1 : May 10. 2001

Z: Sampling time 2 : June 17. 2003

표 8는 2001년 5월 10일부터 2003년 6월 17일까지 액비, 액비2배, 액비 3배의 처리를 하였을 때 토양의 치환성 양이온들의 함량을 표시한 것이다.

치환성 석회의 경우 1차 시료조사 때 대조구는 11.81cmol · kg⁻¹이었고 2차 조사 때 그 함량은 8.07cmol · kg⁻¹이었다. 치환성 석회의 함량이 감소하였다. 액비 처리구의 경우 1차 조사 때 11.99cmol · kg⁻¹으로 그 함량이 조사되었으나 2차 조사시에는 8.75cmol · kg⁻¹으로 대조구와 같은 경향으로 그 함량이 낮았다. 액비 2배의 경우도 액비 1배의 경우와 같은 경향이였다. 그러나 액비 3배의 경우는 1차 조사때 10.14cmol · kg⁻¹으로 그 함량이 조사되었으나 2차 조사시에는 13.86cmol · kg⁻¹으로 함량의 증가를 보였다. 액비만 시비하였을 경우는 대조구와 같은 경향이나 액비의 배율이 증가할수록 치환성 석회의 함량도 증가함을 보였다. 즉 액비 8.75cmol · kg⁻¹, 액비 2배 9.41cmol · kg⁻¹, 액

비 3배 $13.86\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가함을 보였다.

치환성 고토의 경우 대조구의 1차 조사 때에는 그 함량이 $3.07\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이나 2차 조사시에는 $2.84\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 감소되었다. 액비처리구 1차 조사에서는 $3.33\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 2차 조사시에는 치환성 고토의 함량이 $2.99\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 조사되었다. 치환성 칼슘과 같이 치환성 고토의 경우도 같은 경향이였다. 액비 2배의 경우 1차 조사시에는 $3.39\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이나 단용, 2배의 처리와 달리 오히려 2차 조사시에는 그 함량이 $5.30\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였다. 또한 액비 처리구의 비율로 그 함량을 조사하여 볼 때 액비 단용구는 $2.99\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 2배 $3.27\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 액비 3배 $5.30\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 점차 증가하였다. 액비의 비율이 증가할수록 그 함량이 증가됨을 볼 수 있다.

치환성 가리의 경우 1차 조사의 대조구에서 그 함량이 $2.37\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고 2차 조사시에는 $0.82\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었다. 치환성 가리의 함량이 감소하였다. 액비단용처리의 1차 조사에는 $1.68\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며, 2차 조사에는 $0.61\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 감소되었다. 액비 2배의 1차 조사시에는 $1.61\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 2차 조사시에는 $0.92\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량이 역시 감소하였다. 액비 3배의 경우 1차 조사시 $1.54\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 2차 조사시에는 $1.08\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 계속 같은 경향으로 감소하였다. 그러나 액비의 비율이 증가할수록 치환성 가리의 함량이 $0.66\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.92\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.08\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였다. 그러므로 치환성 양이온들이 액비 단용구에서부터 그 비율이 증가할수록 치환성 양이온들의 함량들은 증가하였고 액비 단용구와 대조구의 경우는 각각의 치환성 양이온들의 함량들과 별 차이를 느끼지 못했다.

2) 시설하우스 토양의 중금속함량

Table 9. Fe, Mn and heavy metal contents of soil from May 10. 2001, through June 17. 2003 with different level of fertigation.

treatment	Sampling time	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
		------(mg · kg ⁻¹)-----					
NPK	1 ^Y	124.40±56.17 ^X	110.42±15.57	52.88±5.66	8.46±1.43	0.33±0.09	2.32±0.43
	2 ^Z	55.48± 3.19	95.26± 5.98	42.78±3.51	3.77±0.36	0.34±0.02	2.00±0.56
Fertigation	1	119.04±61.38	128.79±14.93	67.42±7.97	11.33±2.51	0.34±0.03	1.85±0.33
	2	40.35± 1.92	89.47± 9.11	47.59±5.32	3.50±0.23	0.30±0.03	1.93±0.36
Double level Fertigation	1	187.17±57.90	139.73±12.84	73.94±4.47	11.63±1.54	0.30±0.03	2.13±0.50
	2	45.87± 2.34	96.43± 5.63	55.33±6.23	3.86±0.20	0.34±0.02	2.18±0.36
Triple level Fertigation	1	139.92±47.88	112.33± 8.46	64.00±6.37	10.19±1.52	0.32±0.03	1.80±0.50
	2	46.92± 3.56	97.58±12.35	57.24±3.32	3.90±0.32	0.35±0.03	2.30±0.41

X: Standard deviation

Y: Sampling time 1 : May 10. 2001

Z: Sampling time 2 : June 17. 2003

표 9은 2001년 5월 10일부터 2003년 6월 17일까지 시설토양의 철, 망간 그리고 중금속 함량을 나타낸 것이다.

철의 경우 대조구의 1차 조사시 그 함량은 124.40mg · kg⁻¹으로 그 함량이 높았으나 2차 조사시에는 55.48mg · kg⁻¹으로 함량이 낮았다. 이러한 경향은 액비처리구들에서도 같은 경향을 보였다. 즉 1차 조사시 액비 단용구는 119.04mg · kg⁻¹ 액비 2배 187.17mg · kg⁻¹, 액비 3배 139.92mg · kg⁻¹으로 높게 조사되었는데 2차 조사시에는 각각 40.35mg · kg⁻¹, 45.87mg · kg⁻¹, 46.92mg · kg⁻¹으로 조사되었다. 해가 거듭될수록 철의 함량이 감소됨을 확인할 수 있었다.

Mn의 경우는 철과 같이 그 함량이 많이 감소하지는 않았다. 대조구 1차 조사시 그 함량은 110.42mg · kg⁻¹이며 2차 조사시에는 95.26mg · kg⁻¹이었다. 또한 액비 단용처리구의 1차 조사에서는 그 함량이 128.79mg · kg⁻¹이며 2차 조사에서는 그 함량이

89.47mg · kg⁻¹이었다. 액비 2배의 1차 조사시는 139.73mg · kg⁻¹이며 2차 조사에서는 96.43mg · kg⁻¹이었다. 액비 3배의 2차 조사에서도 97.58mg · kg⁻¹으로 액비 2배와 액비 3배는 그 함량이 아주 미미하게 차이가 있었다. 대조구의 2차 조사함량과 액비 3배구의 마지막 조사의 함량이 미미한 차이를 볼 수 있었다.

아연은 식물 생육에 있어서 탄수소효소 및 펩타이드 가수분해효소 등에 필수적인 요소이다. 보통 토양중 아연의 함량은 10-30mg · kg⁻¹이고 토양중 농작물 피해농도는 150-500mg · kg⁻¹(김, 1993)이다. 2001년 5월 조사한 아연함량은 대조구에서 52.88mg · kg⁻¹으로 과수재배지 24.6mg · kg⁻¹(김 등, 1993) 일반 밭토양 8.5mg · kg⁻¹(김 등, 1990), 논토양 3.9mg · kg⁻¹(김 등, 1995), 시설재배지토양 23.3mg · kg⁻¹보다 상당히 높은 함량을 보였다.

대조구 1차 조사시의 아연의 함량은 52.88mg · kg⁻¹이며 2차 조사에서 그 함량은 42.78mg · kg⁻¹으로 감소하였다. 액비단용처리구의 1차 조사에는 67.42mg · kg⁻¹로 대조구보다 더 많은 함량이며 2차 조사에서는 47.59mg · kg⁻¹으로 그 함량이 감소하였다. 액비 2배, 액비 3배의 1차 조사시에는 각각 73.94mg · kg⁻¹와 64.00mg · kg⁻¹으로 2차 조사의 55.33mg · kg⁻¹, 57.24mg · kg⁻¹보다 높은 함량이었다. 그러나 액비 시비의 비율이 증가할수록 그 함량도 같이 증가함을 알 수 있었다. 시설재배 토양에서 아연토양이 논토양 및 일반 밭토양보다 매우 높은 것은 과거에 미량요소비료를 사용한 적이 있었고 현재도 퇴비, 액비의 주재료인 가축분의 아연함량이 높고 다량의 퇴비 및 불량퇴비를 시용한 것에 원인이 있다고 생각한다(정, 1994 : 김, 1993).

이 등(1991)은 호남 및 충남지역의 시설재배지 토양중 아연함량은 10.1-22.3mg · kg⁻¹으로 심토보다 표토가 높으며 시설연작의 경우 경작년수가 증가할수록 아연이 축적되는 것으로 보고하였으나 본 실험에서는 경작년수가 증가할수록 그 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

구리의 경우는 대조구의 1차 조사시 그 함량이 8.46mg · kg⁻¹이었고 2차 조사시에는 3.77mg · kg⁻¹으로 그 함량이 감소하였다. 이는 원래의 시설토양에 NPK의 표준시비 그리고 관수를 하였기 때문으로 생각된다. 액비단용구의 1차 조사에는 그 함량이 11.39mg · kg⁻¹으로 매우 높게 조사되었다. 조사된 구리의 평균함량은 시설재배지

3.69mg · kg⁻¹(정 등, 1997) 호남지역시설재배지 1.49-1.50mg · kg⁻¹(이 등, 1991), 일반 밭토양 3.05mg · kg⁻¹(김 등, 1992), 과수재배지 3.59mg · kg⁻¹(김 등, 1995) 등으로 액비 단용구의 구리함량은 높게 조사되었다. 그러나 액비단용구의 2차 조사에서는 3.50mg · kg⁻¹으로 조사되었고 액비 2배, 액비 3배의 경우는 각각 3.86mg · kg⁻¹, 3.90mg · kg⁻¹으로 미미한 차이로 조사되었다.

토양중 구리의 함량이 높은 경우 식물이 미량요소를 흡수하는데 영향을 주고 질소 대사 및 뿌리의 생육을 저해하는데 토양환경보전법의 토양오염기준의 대책기준 125mg · kg⁻¹, 우려기준 50mg · kg⁻¹으로 규제하고 있다(환경부, 1996). 본 조사에서 액비단용구의 2차조사시 구리평균함량은 3.50mg · kg⁻¹으로 토양오염기준의 우려기준의 1/14 함량 수준으로 낮았다.

카드뮴의 경우 대조구의 1차 조사와 2차 조사에서 각각 그 함량이 0.33mg · kg⁻¹, 0.34mg · kg⁻¹으로 조사되었다. 액비단용구에서는 0.35mg · kg⁻¹에서 0.30mg · kg⁻¹으로, 액비 2배 및 액비 3배의 1차 조사에서는 각각 0.30mg · kg⁻¹, 0.32mg · kg⁻¹이며 2차 조사에서는 각각 그 함량이 0.34mg · kg⁻¹, 0.35mg · kg⁻¹으로 감소나 증가의 별 차이를 느끼지 못하였다.

액비단용구의 1차 조사시 평균함량 0.35mg · kg⁻¹을 우리나라 시설재배지 0.208mg · kg⁻¹(정 등, 1997) 채소재배지 토양 0.128mg · kg⁻¹(김 등, 1992), 일반 밭토양 0.157mg · kg⁻¹(김 등, 1990), 일반 논토양 0.133mg · kg⁻¹(김 등, 1995) 보다는 높게 조사되었다. 또한 유 등(1991)이 보고한 시설재배지 0.315mg · kg⁻¹와는 비슷하였고 김 등(1993)이 보고한 과수재배지 0.216mg · kg⁻¹보다는 다소 높았다. 토양중 카드뮴의 함량은 0.06-1.10mg · kg⁻¹정도이며 토양중 함량이 0.5mg · kg⁻¹이상이 되면 오염원에 영향을 받을 것으로 간주하고 있다.

이 등(1991)은 시설재배지 토양중 카드뮴 함량이 시설 경작년수가 증가할수록 높아진다고 하였으나 본 결과와는 상반되는 경향을 보였다. 이는 시설 재배지 완속퇴비 및 액비의 종류에 기인한다고 생각된다.

납의 경우 대조구의 1차 조사에는 함량이 2.32mg · kg⁻¹이며 2차 조사에는 2.00mg · kg⁻¹이다. 액비 단용구의 경우 1차 조사시의 함량은 1.85mg · kg⁻¹에서 2차 조사시

함량은 $1.93\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 미미한 차이로 증가하였고 액비 2배 및 3배의 1차 조사에는 함량이 각각 $2.13\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.80\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 2차 조사시에는 함량이 $2.18\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 과 $2.30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 별 차이가 없었다. 액비의 비율이 증가한다해도 그 함량이 증가되지 않았다. 또 경작연수가 증가한다 하여도 납의 함량에는 같거나 혹은 뚜렷한 증가를 볼 수 없었다.

납은 자동차 매연, 광산 폐수 및 제련소 분진 등이 주요 오염원으로 토양중 총 납의 자연함량은 평균 $10\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 정도이고 그 분포는 $2\text{-}200\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 농작물보다 가축에 중독성이 큰 것으로 알려져 있다(정 등, 1997). 본 실험 대조구의 2차 조사시 그 함량은 $2.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 이는 우리나라 시설재배지 평균함량 $2.49\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (정 등, 1997) 보다는 낮고 채소재배지 $1.93\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 과수재배지 $1.81\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (김 등, 1993) 보다는 높은 함량이다.

우리나라 논토양 $4.62\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (김 등, 1995)과 시설 원예지 토양 $3.48\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다는 낮은 함량을 보였다. 토양중 납에 대한 토양환경보전법의 토양오염 우려 및 대책기준은 각각 100 , $300\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (환경부, 1996)으로 규제하고 있는데 본 실험의 액비단용구 $1.93\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 은 토양 우려기준의 1/21수준으로 낮았다.

3) 유기액비 연용으로 인한 식물체 분석

Table 10. Nutrient contents of tomato leaves with different level of fertigation.

Treatments	Sampling time	Total N		P		Ca		Mg		K	
		------(%)-----									
		Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves
NPK	1 ^Y	2.22d ^X	1.53d	0.14c	0.15e	4.87a	5.56b	0.93ab	1.28c	1.24d	0.93e
	2 ^Z	2.63d	1.71c	0.28b	0.31c	3.20c	4.42d	0.81bc	1.24c	2.19c	1.83c
Fertigation	1	2.56d	1.86bc	0.13c	0.22d	4.79a	5.92b	1.05a	1.65a	1.20d	1.08d
	2	3.24b	1.80bc	0.27b	0.23d	3.80b	4.23d	0.77bc	1.46abc	2.44b	1.87c
Double level Fertigation	1	2.86c	1.73bc	0.14c	0.22d	4.74a	6.53a	0.93ab	1.67a	1.22d	0.85e
	2	3.54a	1.83bc	0.37a	0.52a	2.78b	4.47cd	0.69c	1.55ab	3.14a	2.42a
Triple level Fertigation	1	2.62d	2.00a	0.14c	0.31c	4.55a	6.53a	0.84abc	1.35bc	1.30d	1.19d
	2	3.66a	1.86b	0.26b	0.37b	2.25e	4.70c	0.49d	1.30bc	2.47b	2.16b

X : Mean separation within treatment by DMRT at 5% level

Y : Sampling time 1 : May 10

Z : Sampling time 2 : August 8

표 10은 각 처리별 토마토 잎의 무기원소 함량이다. 대조구의 2001년 5월 10일 1차 조사 토마토 잎의 전질소 함량은 2.22%이고 2001년 8월 8일 2차조사시에는 그 함량이 2.63%로 그 함량이 증가하였다. 액비 시비의 경우 1차 조사시 윗잎의 전질소 함량은 2.56%이며 2차 조사시에는 3.24%로 증가함을 보였다. 2차 조사시 액비 2배, 3배구에서도 각각 3.54%, 3.66%, 로 증가함을 보였다.

액비 시비처리구는 대조구의 윗잎 전질소 함량보다 액비처리구가 그 함량이 많았고 액비 시비비율이 증가함에 따라 2차 조사시 그 함량도 증가하였다. 일반적으로 전질소는 아랫잎이 많아지는 것이 보통이나 이 경우는 아랫잎의 질소함량이 윗잎으로 이동한 것으로 추측한다.

인산의 경우 대조구의 1차 조사시에 아랫잎 0.15% 윗잎 0.14%로 조사되었는데 2차 조사시 아랫잎 0.31%, 윗잎 0.28%로 조사되었다. 액비처리구의 액비 단용시 1차 조사나 2차 조사시 아랫잎의 인산함량은 각각 0.22%, 0.23%로 2차 조사시 그 함량이 증가하였다.

액비 3배의 처리구에서 1차 조사시 아랫잎은 0.31%, 윗잎은 0.14%로 조사되었는데 2차 조사시에는 아랫잎 0.37%, 윗잎 0.26%로 그 함량의 차이를 보였다.



Fig 1. Phosphorous deficiency in tomato leaves.

Eysinga (1981)에 의하면 토마토잎 인산의 적정수준은 $0.4-0.65\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이라 하였다. 본 실험의 결과 대조구 및 액비단용구에서 인산의 결핍을 초래하였다. 액비 2배, 3배의 1차 조사시에도 윗잎, 아랫잎 다같이 결핍수준을 나타냈고(그림1) 다만 액비 2배구의 2차 조사시 및 액비 3배구의 2차 조사 아랫잎 정도가 적정수준내 그 함량을 보였다.

Mg의 토마토 잎의 함량을 대조구 1차 조사시 아랫잎은 1.28%, 윗잎 0.93%로 조사되었고 2차 조사시 그 함량이 아랫잎 1.24%, 윗잎 0.81%로 조사되었다. Eysinga(1981)에 의하면 Mg의 적정수준은 $0.36-0.85\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 보고하였다. 대조구의 아랫잎, 윗잎의 1, 2차 조사함량은 적정수준 이상으로 판정되었다. 액비시용구의 액비 2배 처리구에서

1차 조사시 아랫잎 1.67%, 2차 조사시 아랫잎 1.55%로 최고함량으로 조사되었고 유의성이 인정되었다.

K의 함량은 대조구의 1차 조사시 아랫잎에서 0.93%, 윗잎 1.24%로 조사되었고 2차 조사시에는 아랫잎 1.83%, 윗잎 2.19%로 조사되었다. 1차 조사시보다 2차 조사시가 그 함량이 더 많았으며 이러한 경향은 액비시용 처리구에서도 같은 경향을 보였다.

액비단용구의 1차 조사시 아랫잎 1.08%, 윗잎 1.20%이며 2차 조사시에는 아랫잎 1.87%, 윗잎 2.44%로 조사되어 윗잎에서 더 높은 유의성이 인정되었고 액비 3배 처리구의 윗잎(1, 2차)함량보다도 더 많은 함량을 보였다. Eysinga(1981)에 의하면 토마토 잎의 K의 적정수준은 2.7-5.9%라고 하였는데 본 실험에서는 액비 2차 조사시 액비 2배 윗잎만 제외하고 대부분 K의 결핍수준을 나타내 보였다. 즉 엽내 Mg의 함량은 과다이고 K의 함량은 결핍으로 길항작용의 결과로 나타난 것으로 추측한다.

Table 11. Fe, Mn, Zn and Cu contents of tomato leaves with different level of fertigation.

Treatments	Sampling time	Fe		Mn		Zn		Cu	
		------(%)-----							
		Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves	Upper leaves	Lower leaves
NPK	1 ^Y	19.20 ^x	27.60d	78.80de	104.00g	43.80ab	57.20f	10.20a	7.00d
	2 ^Z	212.10a	241.69a	81.47c	116.96f	39.48c	66.96d	9.98ab	8.41cd
Fertigation	1	20.60e	16.80e	80.20cd	119.40f	43.20b	69.00c	6.80e	1.00b
	2	142.38d	241.25a	77.57e	127.88e	29.97d	60.26e	9.22bc	7.76d
Double level Fertigation	1	19.00e	33.60c	95.20a	153.40c	41.40bc	70.40bc	7.80d	9.40bc
	2	159.07d	234.65b	91.45b	174.06a	39.98c	61.22e	8.52cd	6.98d
Triple level Fertigation	1	20.20e	18.00e	91.60b	138.60d	46.40a	71.20b	9.00c	10.60ab
	2	146.44c	237.92ab	79.90cd	159.86b	38.43c	75.26a	7.98d	11.87a

X : Mean separation within treatment by DMRT at 5% level

Y : Sampling time 1 : May 10

Z : Sampling time 2 : August 8

표 11은 액비 처리시 토마토 잎의 철, 망간 및 중금속 함량을 나타낸 표이다. 대조구의 1차 조사시 철의 함량은 아랫잎 $27.60\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $19.20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 2차 조사시에는 아랫잎 $241.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $212.10\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었다. Eysinga(1981)가 제시한 토마토잎의 철의 적정함량은 $101\text{--}301\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이라 보고하였는데 1차 조사시 대조구 및 액비 1, 2, 3배의 함량은 적정수준 미달로 결핍으로 조사되었다.

망간의 경우 1차 조사시 아랫잎 $104\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $78.80\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 2차 조사시에는 아랫잎 $116.96\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $81.47\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 아랫잎이 더 높게 조사되었다. 액비 시용구의 액비 단용 1차 조사시의 아랫잎 $119.40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 윗잎 $80.20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고 2차 조사시 아랫잎 $127.8\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $77.57\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었다. 액비 2배구에서는 2차조사시 아랫잎 $174.06\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이 액비 3배구 2차 조사 아랫잎 $159.86\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 함량이 더 높게 나타났다. 액비 2배구 2차 조사시의 아랫잎, 윗잎의 함량이 제일 높게 조사되었다.

Eysinga(1981)가 보고한 망간의 적정수준은 $55\text{--}220\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 본 실험에서는 대조구나 액비 처리구나 다같이 망간의 적정수준을 유지하였다.

아연의 경우는 대조구 1차 조사에서 아랫잎 $52.20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $43.80\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었고 2차 조사에서는 아랫잎 $66.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $39.48\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 아랫잎이 더 높게 조사되었다. 이러한 경향은 액비처리구에서도 같은 경향을 보였다. 액비단용구의 1차조사시 아랫잎 $69.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 윗잎 $43.20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며 2차 조사시에는 아랫잎 $60.26\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 윗잎 $29.97\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 1차 조사시가 더 많은 함량을 보였고 아랫잎의 경우 1차, 2차 조사시 차이는 아주 미미한 함량을 보였다. 최고의 함량은 액비 3배의 경우 아랫잎은 2차 조사시 75.26 이며, 윗잎의 경우는 $46.40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 각각 최고의 함량을 나타내보였다. 토마토잎내 아연의 적정함량은 Eysinga(1981)가 제시한 $20\text{--}85\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 본 실험의 1차 및 2차 조사시 아연의 함량은 아주 적정 수준으로 나타났다.

김 등(1992)이 보고한 채소류 아연의 평균함량은 배추 $72.67\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 시금치 $93.52\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 상추 $62.86\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 파 $54.13\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 고추 $21.38\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 가지 $25.41\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 그 함량의 차이가 다양하였다.

구리의 함량은 대조구 1차 조사시 아랫잎 $7.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $10.20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 2차 조사시 아랫잎 $8.41\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $9.98\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 윗잎이 그 함량이 많았다. 그러나 액비 단용, 2배구의 처리에서는 아랫잎이 그 함량이 많았다. 액비 3배의 경우 1차 조사시 아랫잎 $9.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $10.60\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 낮았으며 2차 조사시에는 아랫잎 $7.98\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 윗잎 $11.87\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 아랫잎이 그 함량이 많았다.

Eysinga(1981)가 보고한 구리의 적정수준은 $10\text{--}16\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 본 실험에서는 적정수준을 유지하였다. 김 등(1992)은 토마토(과일)의 평균 구리의 함량은 $9.76\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이라 하였는데 그 범위는 최저 $5.57\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서부터 $14.64\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 까지 다양하게 조사하였다.

4) 유기액비 연용으로 인한 토양 미생물상.

Table 12. Soil microbial number at 7year old cultivating plastic house soil with treatment of fertigation, lime and compost.

Treatments	sampling time	Bacteria ($\times 10^7\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$)	Antinomycetes ($\times 10^6\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$)	Fugi ($\times 10^5\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$)	B/F
NPK	1 ^X	4.78	5.48	2.43	196.71
	2 ^Y	0.91	2.90	1.72	52.91
Fertigation	1	4.30	5.44	2.48	173.39
	2	2.67	1.11	1.25	53.60
Ferti.+Comp.	1	6.85	5.74	2.05	334.15
	2	2.67	3.60	2.61	102.30
Ferti.+Lime	1	6.59	5.59	2.85	231.23
	2	2.29	2.49	1.71	133.92

X: Sampling time 1: May 10, 2001

Y: Sampling time 2: August 8, 2001

표 12는 재배 7년된 시설토양에서 다른 처리에 의한 토양 미생물의 수(밀도)를 나타낸 것이다. 2001년 5월 10일 토양시료를 채취한 대조구에서 세균은 $4.78 \times 10^7 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었으며 액비단용구에서는 대조구보다 세균의 밀도가 적었다. 액비+퇴비 처리구에서는 $6.85 \times 10^7 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었고 액비+퇴비 처리구에는 $6.59 \times 10^7 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었다. 세균의 밀도는 액비+퇴비의 처리구에서 가장 많았고 액비+석회, 대조구 액비의 순으로 많았다. 표 12의 3개월이 지난 2차 조사에서는 세균 밀도의 경우 대조구에서 $0.91 \times 10^7 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었고 액비+퇴비 처리구가 $2.67 \times 10^7 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 세균이 가장 많았다. 세균의 밀도는 3개월 전과 같은 처리의 순으로 조사되었고 다만 세균의 밀도가 대조구와 액비 단용처리구에서 감소되었음을 알 수 있었다.

방선균의 경우 1차 조사에서 대조구에서 $5.48 \times 10^6 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 의 순이며 3개월이 지난 2차 조사시에는 액비+퇴비구에서 가장 수가 많았고 액비 단용처리구가 방선균의 밀도가 적었다. B/F비는 1차 액비+퇴비 처리구에서 가장 높았고 2차 조사시에는 액비+석회 처리구에서 가장 높았다. 2차 조사 NPK 대조구에서는 B/F비가 52.91로 가장 낮았다. 遮邊(1979)은 각 미생물의 절대량의 차이보다는 B/F의 구성비의 차이가 병발생에 재대한 영향을 미친다고 하였다. 즉 B/F가 높을수록 수량이 증가도 볼 수 있다(황 등, 1989). 竹內(1980)는 사상균이 증가되고 있는 토양에서는 발병률이 높고 세균이 많은 토양은 발병률이 낮아진다고 하였다. 小林(1985)은 미숙, 완숙퇴비 등이 각각 세균, 방선균, 사상균의 구성비가 다르다고 하였는데 연작지 토양에는 세균과 방선균의 함유비율이 높은 완숙퇴비 시용이 병발생 억제에 유리한 것으로 판단된다고 하였고, 석회질시용 또는 B/F비를 높게 해줌으로써 역병의 발병률을 감소시켜 수량이 증대되었던 것으로 생각된다.

Table 13. Soil microbial number at 7 year old cultivating plastic house soil with different level of fertigation treatment.

Treatments	sampling time	Bacteria ($\times 10^7$ CFU \cdot g $^{-1}$)	Antinomycetes ($\times 10^6$ CFU \cdot g $^{-1}$)	Fugi ($\times 10^5$ CFU \cdot g $^{-1}$)	B/F
NPK	1 ^X	5.19	5.13	2.03	255.67
	2 ^Y	1.92	4.99	1.52	126.32
Fertigation	1	4.50	5.16	1.97	228.43
	2	4.05	3.34	1.75	231.43
Double level Fertigation	1	4.50	4.48	2.08	216.35
	2	2.78	7.92	2.82	98.58
Triple level Fertigation	1	5.30	5.85	2.72	194.85
	2	2.72	8.08	3.34	81.44

X: Sampling time 1: May 10

Y: Sampling time 2: August 8

표 13은 재배 7년된 시설토양에서 액비 비율에 따른 토양미생물의 수(밀도)를 나타낸 것이다.

대조구의 1차 조사시 B/F비는 255.67로 높았으나 3개월이 지난 2차 조사시에는 126.32로 점점 낮아졌다. 액비단용구의 1차 조사에서 B/F비는 228.43이었으나 반대로 3개월이 지난 2차 조사에서는 231.43으로 오히려 높아졌다. 액비 2배, 액비 3배 보다는 액비단용처리구에서 사상균의 수는 적지만 세균의수가 많아져 B/F비가 액비 단용구보다 낮아진 것으로 생각된다. 정 등(1989)은 토양 미생물지표의 하나인 B/F치가 연작연수의 증가에 따라 낮아졌다하였다. 이는 연작함으로 토양중 미생물상이 세균형 flora는 감소하고 사상균형 flora가 증가하여 식물에 병을 유발하기 쉬운 병원성 사상균의 증가를 의미하고 있다.

鈴木 등(1967)은 오이의 만할병은 B/F치가 높을수록 발병율이 줄었다고 하였고 Mitchell(1962)은 작물 근부의 미생물에 있어 세균 쪽이 우세할 때 작물의 생육이 좋다고 하였다.

김 등(1982)은 B/F치가 큰 토양은 사상균에 의한 토양병해의 발생이 적으며 B/F치가 가장 작은 토양은 사상균에 의하여 병이 발생한다고 하였다.

그러므로 본 실험의 토양미생물의 좋은 조건으로는 액비비율이 증가하는 것 보다는 액비 단용처리를 사용함이 좋았고, 액비단용보다는 액비+석회, 혹은 액비+퇴비를 사용함으로 세균의 밀도를 높이는 것이 중요하다고 생각한다.

3. 유기액비 연용에 따른 토양개량제의 효과.

가. 서언

우리나라 토양의 대부분은 산성암인 화강암과 화강편마암에서 유래된 사질, 사양질이 많아서 양수분의 보유력이 낮고, 치환성양이온의 함량이 낮고, 비료의 유실이 심해 작물의 생산성 향상을 위해서는 비배관리의 개선이나 토양개량이 요청되고 있다. 그러나 시설토양은 재배년수가 경과할수록 염류에 의한 농도장해로 작물의 생장은 불량해 지고 품질 저하에 따른 수익성 감소는 시설을 다른 경작지로 바꾸게 된다. 또한 토양중에 다량으로 함유되고 있는 비료성분들은 강우시 유실수로 혹은 토양하층으로 용탈된 지하수에 포함되어 있으므로 토양 환경오염을 일으키기 쉽다.

특히 이러한 토양의 성질을 개량하기위한 방법으로서 우량 점토광물이 토양개량제로서 사용되어 왔다. Zeolite 광물은 양이온 치환용량 및 염기함유량이 타 광물에 비해 높다고 알려져 있다. Zeolite는 보비력이 크고 입체망상구조로 공동을 형성하는 특성이 있고 이러한 zeolite 의 공동 및 표면 하전부위(荷電部位)에 흡착 보유된 비료성분은 서서히 방출되는 것으로 알려져 있다.(장 등,1978) 특히 가리와 인산 등의 염은 우리나라 밭 토양 평균함량보다 (박 등,1986) 상회하는 시설 재배지가 거의 대부분으로서 적정수준을 유지할 필요가 있다. 토양 개량제란 토양에 첨가했을 때 물리적 성질과 화학적 성질을 개선하여 작물생육에 적합하도록 해줄 수 있는 물질을 말하며 이중에서도 토양구조를 인위적으로 형성시켜 보수력과 통기성을 개선해주는 인공적인 합성제를 말한다.

최초로 미국에서 토양 입단화를 촉진시킬 수 있는 유기화합물을 합성한 것이 1950년대이다. (Gardener, 1976)

물리성이 불량한 토양에서 구조개선제의 사용은 안정성이 큰 토양입단을 형성시켜 작물을 밭아 (Callebaut 등, 1976), 착근, 배수개선 및 풍식 (風蝕) 과 수식에 의한 토양 유실방지 (조, 1987) 와 표토로부터 수분증발 억제 (DeBoodt, 1978)등 그 효과가 높아 그 중요성이 강조되고 있다. 우리나라의 경우는 급속한 공업 발달로 노동력이 부족하여 퇴비와 같은 토양 개량제의 자가생산이 점점 감소되고 시설재배는 연중 다작에 따른 토양 교란과 과다 시비 재배 등의 원인으로 토양 중 양분 과부하에 따른 EC상승, 물리성 악화 미생물상의 이상, 지하수 오염 등의 역기능이 나타나고 있다. (김,1996. 권,1998)

대부분의 하천부지의 사질토양에 분포하고 있는 시설 하우스는 생산력이 그다지 높지 않기 때문에 토양개량제의 중요성이 강조되고 있다.

우리나라의 경우는 급속한 공업발달로 노동력이 부족하여 퇴비와 같은 토양개량제의 자가 생산이 점점 감소되고, 시설재배는 연중 다작에 따른 토양교란과 과다시비 재배 등의 원인으로 토양 중 양분 과부하에 따른 EC의 상승, 물리성 악화 미생물상의 이식, 지하수 오염 등의 역기능이 나타나고 있다. 현재까지 제시되는 시설재배 토양 개량방법은 담수재배, 제염작물, 객토, 환토 등의 토양 물리성 개선, 토양 검정시비 등 다양 (김, 1996;이, 1987; 황, 1993) 하지만 과다한 시설투자 및 임차료 때문에 쉽게 실천되지 못하고 있다. 시설재배 토양은 점차 악화되기 쉬운 현실이다. 염류집적지에 대한 토양 개량 대책으로 많이 거론되고 있는 환토, 심토 반전, 객토, 담수제염, 흙비작물의 재배 등(곽. 1997; 이, 1994)이 보고되었으며 성공적인 시설재배를 위해서는 배수를 포함한 물 관리와 시비기술 등의 합리적인 토양관리가 중요하다고 널리 인식되고 있다.(김, 1998; 이, 1986)

다수확 작물품종의 육성 및 집약농업의 규모화에 따른 화학비료와 유기질 비료의 과다 투입으로 질소와 인 등 영양물질이 토양에 과량 축적이 되고 있으며 축적된 인은 토양 침식이 일어날 경우 입자에 흡착된 상태로 주변 수계로 유입되어 부영양화를 야기시킬 수 있다고 알려져 있다.

인산질 비료는 토양 중에서 시비 효율이 낮기 때문에 (Mccollum, 1991) 일반적으로 과비되는 경향이 있는데 박 등(1994)에 의하면 일반작물의 경우 기준 시비량에 비해

평균 7%, 채소작물에 대해서는 138%까지 과량 시비되는 것으로 보고된 바 있다. 인산 질 비료는 당해 시비 효율이 낮은 반면 토양에 시비된 인은 장기간에 걸쳐 식물에 이용 될 수 있기 때문에 축적된 인의 경시적 변화를 예측하는 것이 필요하다. 국내 천연 제오라이트는 음이온인 인의 최대흡착량이 $1\text{me} \cdot \text{g}^{-1}$ (최, 1982)로서 하동, 삼청, 합천 및 전남 등지에 부존하고 있고, 경북 영일만 일대에 다량 부존하고 있는 것으로 알려져 있다. (김 등, 1996) 한편 제오라이트 종류별 질소, 인 제거능력을 보면 인공제오라이트에 포트랜드 시멘트를 33% 혼합하여 입상화한 결과 암모니아 이온제거 능력은 96%, 인 제거 능력은 83.1%를 나타냈다.(이등, 1998) 천연 제오라이트의 토양개량제로서 부가가치 향상(최 등, 1995) 중금속 흡착제합성(장 등, 1996) 인공제오라이트의 묘생산용 상토 제조(이, 1998)등이 있다.

경제발전과 생활수준 향상으로 축산물의 수요가 매년 증가하여 가축 사양 두수가 증가되고 이에 따라 축산 분뇨가 양산 방치되어 토양 및 수질오염을 가속화하고 있다. 유기액비와 토양개량제를 이용하여 보다 경제적이고 과학적으로 집약적인 시설재배를 할 필요성이 있다. 토양개량제를 이용하여 환경보전적으로 재배하는 일에서 연구개발의 필요성이 있다.

나. 재료 및 방법

1) 시험설계

재배 7년차인 시설하우스 토양과 새로 신설된 시설하우스 토양에 한 처리당 가로×세로 1.5m^2 의 처리구를 시설하여 5처리 난괴법 3반복으로 시험설계를 하였다.

2) 시험 I

가) 표준시비처리구로 시비는 질소, 인산, 가리로 20.4-10.3-12.2kg/10a, 퇴비 3000kg/10a, 석 회 120kg/10a 붕소 1kg/10a을 시비하였다.

나) 표준액비처리구(Neo, Bluemin[®])에서 표준액비는 공급받은 액비를 매 시료시 마다 전질소를 분석하여 평균질소함량이 0.25%이 되게 그 액비를 양으로 조절하였고 질소의 양으로

계산하면 평균 토양 10a당 질소 1.67kg로 되게 하였다.

다) 표준액비+퇴비 처리구(Neo, Bluemin[®])

라) 표준액비+석회 처리구(Neo, Bluemin[®])

마) 표준액비+퇴비+석회 처리구(Neo, Bluemin[®])로 하였다.

3) 시험 II

1/5000 해당하는 pot에 가) 표준시비 처리구, 나) 표준액비 처리구(Neo, Bluemin[®]),

다) 표준액비 2배 처리구(Neo, Bluemin[®]), 라) 표준액비 3배 처리구(Neo, Bluemin[®])로

만들어 4처리 난괴법 3반복으로 시험을 수행하였다.

4) 공시점토물질

본 연구에 사용한 Neo peat는 강원도 평창에 있는 동양 그린 비료, Bluemin[®]은 경남 진해에 있는 (주)비비테크노에서 분양받아 사용하였다. Neopeat는 10a당 3000Kg으로 처리하였고 Bluemin[®]은 1000L당 250배로 희석하여 처리하였다.

5) 토양분석

시설 안의 토양을 표토(0-15cm)와 심토(16-30cm)로 구분하여 작은 polyethylene bag속에 채취 토양을 넣고 질산태질소와 암모니아아태 질소의 분석을 위해 실험실 냉장고 속에 보관시킨다. 토양의 특성을 조사하기 위해 pH와 EC는 토양:증류수 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법 및 전기전도도법으로 분석하였고, 질산태 질소는 Copperized cadmium method로(ASA.1982), 암모니아태 질소는 Indophenol blue method로, 총질소는 Kjeldahl증류법으로, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 칼리, 석회, 마그네슘은 원자흡광분광계를 이용하여 분석하였다. (농촌진흥청, 1988) 시설 토양의 중금속을 분석하기 위하여 10g의 토양시료를 삼각 flask에 평량하여 0.1N-HCl용액을 가하여 상온에서 1시간 진탕 후 여과하여 그 여액을 원자 흡광 분광기로 Cd, Cu, Pb, Zn,을 분석하였다.

6) 미생물 분석

삼각flask에 270ml의 멸균한 증류수를 채운 후 토양시료 30g을 취해 진탕한 후 희석평판법을 이용하여 계수한다. 세균은 Yeast glucose agar, 사상균은 Rose bengal agar, 방선균은 Starch casein agar에 접종하여 30℃로 조절된 항온기내에서 배양하였다. 각 시료별 미생물의 수는 콜리니형성수(cfu)로 표시하였다. 계수는 접종 후 세균은 7일, 방선균은 3일경 1차 계수하고 5일 후 2차 계수하였으며 방선균은 접종 10일까지 계수하였다(농촌진흥청, 2000).

다. 결과 및 고찰

1) 시설하우스 토양의 이화학적 특성

Table 14. pH, electric conductivity, organic matter contents in plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	pH (1:5)			EC dS · m ⁻¹			OM (g · kg ⁻¹)		
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	7.46±0.02 ^X	7.38±0.10	7.28±0.06	1.09±0.08	1.09±0.15	0.99±0.09	32.50±1.50	35.20±2.70	31.80±1.80
	2 ^Z	6.99±0.07	7.03±0.07	7.14±0.09	0.65±0.05	0.80±0.32	0.71±0.11	34.10±3.90	40.60±2.30	35.90±2.30
Fertigation	1	7.48±0.08	7.38±0.06	7.22±0.05	1.44±0.04	1.07±0.06	1.59±0.06	32.70±2.00	31.30±1.80	32.30±1.80
	2	7.14±0.10	7.17±0.05	7.18±0.06	0.67±0.08	0.60±0.50	1.24±0.20	38.50±9.30	42.20±3.90	41.40±2.70
Ferti.+Comp. ^W	1	7.54±0.03	7.36±0.03	7.18±0.03	1.74±0.10	1.25±0.03	2.20±0.07	40.20±1.40	41.40±2.70	38.00±1.60
	2	7.20±0.06	7.18±0.06	7.19±0.09	1.11±0.09	0.99±0.07	1.18±0.20	41.10±2.80	38.00±6.90	52.20±2.00
Ferti.+Lime	1	7.64±0.02	7.43±0.03	7.30±0.03	1.37±0.14	1.16±0.04	2.67±0.16	39.00±1.00	36.50±1.30	36.70±2.00
	2	7.28±0.02	7.29±0.07	7.40±0.06	0.72±0.02	0.78±0.07	1.11±0.13	30.00±2.20	45.30±5.00	55.30±4.20
Ferti.+Comp. +Lime	1	7.61±0.02	7.51±0.07	7.35±0.03	1.76±0.11	1.84±0.26	2.01±0.02	38.50±2.00	39.00±1.30	40.90±1.80
	2	7.31±0.06	7.33±0.03	7.43±0.03	1.08±0.05	1.08±0.07	1.29±0.06	45.80±2.10	31.00±4.70	55.30±1.30

W: Fertigation and compost

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

표 14는 토양개량제를 처리하였을 때의 시설토양의 화학적 특성을 나타낸 표이다. pH의 경우 NPK처리구의 1차 조사에서 Control은 pH 7.41, NEO는 pH 7.38, Bluemin[®]은 pH 7.28로 조사되었다. 그러나 2 달후의 2차 조사에서는 Control 6.99, NEO는 7.03, Bluemin[®]은 7.14로 각각 pH가 떨어졌다.

액비처리구의 2차 조사에서 NEO는 pH 7.17, Bluemin[®]은 pH 7.18로 별 차이가 없었으나 Control에서는 7.14로 pH가 떨어졌다. 액비+석회, 액비+퇴비+석회를 처리한 구에서는 Control이나 NEO나 Bluemin[®] 모두 pH가 액비, 액비+퇴비 처리구들보다 pH가 상대적으로 높았다. Control, NEO, Bluemin[®]을 처리한 처리구 중에서 Bluemin[®]을 처리한 구가 1차 조사시에서는 pH가 낮았으나 반대로 2차 조사시에는 Bluemin[®]을 처리한 구가 대조구, NEO보다 pH가 상대적으로 높았다. 기간이 지날수록 Control보다는 NEO처리가 pH가 높고, NEO보다는 Bluemin[®]처리가 pH가 높아졌다.

전기전도도는 대조구의 Control에서 1차 조사때는 $1.09\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, Bluemin[®]은 $0.99\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되었고 2차 조사시에는 각각 $0.65\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, $0.71\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 감소하였다.

액비+석회의 처리구에서 1차 조사시 Control은 $1.37\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, NEO는 $1.16\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, Bluemin[®]은 $2.67\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되었는데 2차 조사시에는 각각 0.72, 0.78, $1.11\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 감소하는 경향이였다.

유기물의 경우는 1980년대 우리나라 밭토양의 유기물의 평균함량은 $10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (농진청, 1989)이라고 보고하였는데 박 등(1989)은 마늘, 양파 및 고추재배지 유기물 평균함량은 $24\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이라고 보고하였다. 80년대 말까지는 토양중 유기물의 함량이 계속적으로 증가하였으나 그 이후는 낮아져서 90년대 초, 중반에는 적정수준을 유지하는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 유기물의 함량이 대조구의 1차 조사에서 Control $32.5\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $35.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $31.8\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 80년대 평균함량보다 많았다. Bluemin[®]과 Control과 비교하면 액비+퇴비의 처리에서 2차 조사 Control $41.10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $52.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 Bluemin[®]처리가 많았고 액비+퇴비+석회의 2차 조사시에도 유기물의 함량이 각각 $45.8\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $55.3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 Bluemin[®]처리구와 액배, 퇴비, 석회 처리구에서 그 함량이 많았다. 액비시용 처리구에서는 NEO 처리구보다 Bluemin[®]처리구의 유기물함량이 2차 조사시에 많았다.

Table 15. Phosphorous, nitrate nitrogen and ammonium nitrogen contents in plastic film house soil .

Treatments	Sampling time	P ₂ O ₅			NO ₃ -N			NH ₄ -N		
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	1348.05±28.69 ^X	1397.82±19.80	1289.67±60.49	28.96±1.33	28.13±0.80	26.56±4.37	46.68±0.48	45.07±3.21	46.64±1.77
	2 ^Z	1132.04±32.76	1013.92±150.13	960.56±57.58	25.58±1.32	25.88±1.38	21.26±3.45	31.77±3.24	30.09±0.81	29.43±0.94
Fertigation	1	1563.09±111.78	1391.06±35.50	1417.48±30.59	33.67±1.43	28.37±1.15	31.90±0.41	49.29±0.50	44.61±0.52	49.34±0.51
	2	1174.87±22.44	936.37±24.08	914.24±39.34	25.07±0.87	23.82±1.50	26.27±2.11	26.76±0.98	36.86±0.90	33.44±1.93
Ferti.+Comp. ^W	1	1622.69±98.98	1505.95±59.71	1577.24±39.44	36.24±0.77	29.24±0.79	44.41±3.47	43.73±0.59	42.71±0.99	49.04±0.22
	2	1529.32±22.60	1439.67±17.57	1377.90±21.24	33.51±0.91	29.43±1.23	39.06±1.07	23.33±1.80	32.60±0.82	36.90±0.93
Ferti.+Lime	1	1569.24±105.96	1496.73±44.36	1599.68±93.81	37.91±0.76	27.88±0.93	40.16±2.35	46.24±0.51	40.77±0.84	46.36±0.59
	2	1318.04±51.30	1106.59±26.41	1170.44±19.65	31.26±2.17	28.33±1.10	37.37±1.09	33.63±1.14	38.29±1.42	40.61±1.19
Ferti.+Comp.+Lime	1	1545.27±43.10	1603.64±64.10	1592.60±51.12	43.01±2.36	47.08±2.23	45.02±2.61	44.80±0.76	33.25±1.73	47.22±0.42
	2	1143.45±31.17	1414.88±55.01	1405.71±41.09	39.13±2.09	44.86±1.12	42.38±1.91	25.12±1.92	25.82±1.29	42.00±1.73

W: Fertigation and compost

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

우리나라 밭토양의 1980년대 인산의 평균함량은 114mg · kg⁻¹이었고 치환성 가리, 석회, 고토는 각각 0.30, 4.2, 1.2cmol · kg⁻¹이라고 보고(농진청, 1989)된 바 있다. 그 후 유효인산 715mg · kg⁻¹ 치환성가리, 석회, 고토는 각각 0.97, 5.1, 1.4cmol · kg⁻¹이라고 보고하였다(박 등, 1989). 그러나 시설토양에서는 계속하여 인산을 시비한 결과 시설내 과다시비로 인산의 함량이 매우 높다. 이러한 이유 중 하나는 인산비료는 비이동성으로 고정성이 많으므로 유실이 적고 과다사용해도 피해가 별로 없기 때문에 다량의 인산을 시비한다고 생각한다.

토양개량제를 처리한 큰 원인중 하나는 시설하우스 토양에 다량으로 함유하고 있는 인산을 효과적으로 감소시키는 일이다. 그러므로 기존의 토양에 Neo peat(상표명)와 Bluemin[®](상표명)을 처리하여 그 절감을 확인하고자 하였다.

인산의 경우 NPK대조구의 1차 조사에서 Control은 $1348.05\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $1397.82\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $1289.67\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 여전히 인산의 함량이 높았다 그러나 2차 조사에서는 Control, NEO, Bluemin[®]의 처리는 각각 $1132.04\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1013.94, 960.56\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 감소하였다. 그러므로 각각의 감소율을 확인한 결과 Control은 16%, NEO는 27%, Bluemin[®]은 26%의 감소율을 얻었다. 액비단용처리구에서 인산의 감소율은 대조구 25%, 33%였고 Bluemin[®] 36% 등으로 Bluemin[®]이 그 감소율이 높았다. 액비+석회 처리구에서 감소율은 Control 16%, NEO 26%, Bluemin[®] 27로 인산의 경우 액비시용구에서는 NEO와 Bluemin[®]은 서로 비슷한 감소율로 나타났다.

질산태질소의 경우 NPK대조구의 1차 조사시 Control $28.96\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $28.13\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $26.56\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었는데 2차 조사에서는 각각 $25.58\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $25.88\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $21.26\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었다. 액비+퇴비처리구의 1차 조사시 Control $36.24\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $29.24\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $44.41\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 2차 조사시에는 그 함량이 각각 $33.51, 29.43, 39.06\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었다. Bluemin[®] 처리에서는 특히 액비처리구들이 질산태질소의 함량이 NEO보다 높았다.

Table 16. Exchangeable cation contents in plastic film house soil.

Treatments	Sam- pling time	Ca			Mg			K			Na		
		----- (cmol · kg ⁻¹) -----											
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	8.75±0.23 ^X	8.84±0.24	8.45±0.26	3.22±0.13	3.19±0.17	3.07±0.19	0.49±0.07	0.44±0.02	0.43±0.09	0.44±0.03	0.42±0.05	0.39±0.09
	2 ^Z	8.98±0.10	8.82±0.15	8.71±0.27	3.03±0.05	3.13±0.08	3.14±0.14	0.81±0.04	0.82±0.02	0.82±0.03	0.28±0.02	0.34±0.05	0.28±0.02
Fertigation	1	9.08±0.06	8.80±0.08	8.17±0.07	3.33±0.09	3.09±0.08	2.98±0.11	0.47±0.02	0.28±0.02	0.39±0.02	0.52±0.03	0.37±0.01	0.45±0.04
	2	9.07±0.19	9.77±0.16	8.81±0.11	3.24±0.12	3.21±0.08	3.03±0.06	0.97±0.04	0.81±0.03	0.47±0.04	0.46±0.05	0.48±0.02	0.43±0.05
Ferti.+Comp. ^W	1	9.07±0.11	9.01±0.08	8.41±0.08	3.63±0.07	3.48±0.13	3.39±0.09	0.62±0.04	0.31±0.02	0.45±0.03	0.56±0.04	0.44±0.03	0.47±0.06
	2	9.23±0.22	9.81±0.31	9.09±0.15	4.07±0.11	4.13±0.15	3.93±0.28	1.05±0.03	0.82±0.03	0.89±0.04	0.39±0.02	0.46±0.06	0.41±0.04
Ferti.+Lime	1	9.13±0.09	9.19±0.04	9.08±0.05	2.92±0.23	3.35±0.14	3.64±0.09	0.41±0.03	0.31±0.03	0.56±0.04	0.42±0.03	0.45±0.08	0.48±0.03
	2	11.16±0.27	10.17±0.10	11.47±0.17	3.63±0.07	3.32±0.14	3.91±0.12	0.69±0.03	0.57±0.03	0.70±0.05	0.50±0.02	0.42±0.06	0.47±0.04
Ferti.+Comp. +Lime	1	9.33±0.09	9.23±0.06	9.15±0.08	3.52±0.06	3.73±0.07	3.49±0.11	0.57±0.05	0.47±0.03	0.55±0.03	0.54±0.03	0.53±0.04	0.51±0.04
	2	9.90±0.31	10.79±0.12	10.51±0.19	4.16±0.06	3.96±0.14	4.30±0.13	0.91±0.04	1.00±0.02	1.04±0.03	0.49±0.02	0.53±0.03	0.49±0.07

W: Fertigation and compost

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

표 16은 토양개량제를 처리했을 때 시설토양의 치환성양이온 함량을 나타낸 표이다. 치환성석회의 경우 NPK대조구의 1차 조사에서 Control, NEO, Bluemin[®]처리의 각각의 함량은 8.75, 8.84, 8.45cmol · kg⁻¹이었고 2차 조사에서는 Control 8.98cmol · kg⁻¹, NEO 8.82cmol · kg⁻¹, Bluemin[®] 8.71cmol · kg⁻¹으로 별 차이를 보이지 않았다. 액비단용처리 구에서도 별 차이를 조사할 수 없었다. 그러나 액비+석회처리구에서는 1차 조사시 Control 9.13cmol · kg⁻¹, NEO 9.19cmol · kg⁻¹, Bluemin[®] 9.08cmol · kg⁻¹에서 2차 조사시 그 함량이 각각 11.16, 10.17, 11.47cmol · kg⁻¹으로 증가되었다. 그러나 NEO 처리와 Bluemin[®]처리간 눈으로 보이는 차이가 없는 것 같았다. 치환성 석회 역시 적정함량 3.4~6.4cmol · kg⁻¹보다 높은 함량을 보였다.

치환성 고토의 경우 대조구의 1차 조사시 Control 3.22 cmol · kg⁻¹이고 NEO 3.19cmol · kg⁻¹, Bluemin[®] 3.07cmol · kg⁻¹으로 조사하였다. 2차 조사시에는 Control과 NEO처리는 각각 3.03cmol · kg⁻¹, 3.13cmol · kg⁻¹으로 감소하였는데 Bluemin[®] 처리에서는 3.14cmol · kg⁻¹으로 증가하였다.

액비시용구중 액비+퇴비, 액비+퇴비+석회 처리구의 NEO에서만 2차 조사에서 증가함을 보였고 Bluemin[®] 처리구의 액비시비 전처리구가 그 함량은 1차 조사때 보다도 2차 조사시에 증가를 보였다. 치환성고토의 경우 우리나라 평균적정수준이 1-1.5cmol · kg⁻¹으로 3배 이상 높게 조사되었다.

치환성 가리의 경우 NPK 대조구의 경우 1차 조사시에는 Control 0.49cmol · kg⁻¹, NEO 0.44cmol · kg⁻¹, Bluemin[®] 0.43cmol · kg⁻¹이였고 2차 조사시에는 그 함량이 증가하였다. 즉 Control, NEO, Bluemin[®]은 각각 0.81, 0.82, 0.82cmol · kg⁻¹으로 증가하였다. 액비시비구의 전 액비처리구에서 증가하였는데 액비+퇴비처리구에서 K의 함량이 Control에서는 40%증가하였고 NEO처리에서는 62%, Bluemin[®] 처리구에서는 49% 1차 조사시보다 그 함량이 증가하였다. 또한 액비+퇴비+석회 처리구에서 2차 조사시 그 함량이 Control 0.91cmol · kg⁻¹, NEO 1.00cmol · kg⁻¹, Bluemin[®] 1.04cmol · kg⁻¹으로 1차 조사시보다 Control은 30% 증가하였고 NEO는 53%증가하였다. NEO가 Bluemin[®]보다 치환성 가리에 있어서는 그 증가율이 더 크다고 할 수 있다.

나. 시설하우스 토양의 중금속 함량

Table 17. Iron and zinc contents in plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	Fe			Zn		
		------(mg · kg ⁻¹)-----					
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	34.58±1.65 ^X	31.79±2.20	36.73±2.63	69.88±1.88	78.68±0.67	63.70±3.94
	2 ^Z	61.28±2.98	55.46±3.47	57.99±2.35	34.67±3.59	40.38±4.26	36.52±4.64
Fertigation	1	37.90±0.94	51.81±3.06	61.20±4.75	92.37±5.18	74.26±2.68	79.43±1.50
	2	57.60±5.66	45.45±2.39	48.16±5.49	45.61±6.98	36.81±5.23	43.88±8.49
Ferti.+Comp. ^W	1	29.28±1.72	42.06±1.81	44.56±2.56	101.34±2.26	98.41±2.46	98.48±6.59
	2	35.87±2.41	30.29±2.00	41.39±3.35	73.54±6.59	68.54±3.05	71.12±8.15
Ferti.+Lime	1	26.94±1.00	35.33±2.04	35.62±2.13	82.58±3.70	79.98±0.82	89.93±1.17
	2	30.48±3.55	29.29±2.64	26.27±1.53	43.32±2.36	40.25±5.64	42.19±2.67
Ferti.+Comp +Lime	1	29.48±2.17	43.42±3.07	39.65±4.05	89.83±1.47	78.29±2.09	82.10±1.60
	2	39.48±2.67	30.98±2.65	23.49±3.81	56.67±4.65	50.28±3.45	67.49±2.88

W: Fertigation and compost

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

표 17은 토양개량제 처리를 하였을때 시설토양의 Fe 및 망간 함량을 나타낸 표이다. Fe의 경우 NPK대조구 1차 조사에서 Control 34.58mg · kg⁻¹, NEO 31.79mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 36.73mg · kg⁻¹이었고 2차 조사에서는 Control, NEO, Bluemin[®] 각각 그 함량이 61.28mg · kg⁻¹, 55.46mg · kg⁻¹, 57.99mg · kg⁻¹으로 증가하였다.

그러나 액비 시비구의 액비단용처리구 1차 조사시에는 Control 37.90mg · kg⁻¹, NEO 51.81mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 61.20mg · kg⁻¹에서 2차 조사시에는 Control은 57.60mg · kg⁻¹으로 대조구와 같은 증가하였다. 그러나 NEO와 Bluemin[®] 처리구에서는 45.45mg · kg⁻¹, 48.16mg · kg⁻¹으로 각각 그 함량의 감소를 보였다. 이러한 경향은 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 처리구에서도 같은 경향을 나타내 보였다. 즉 Control의 2차

조사에서도 그 함량이 증가하였고 반면에 NEO, Bluemin[®] 처리에서는 그 함량이 감소하였다.

아연의 경우 대조구 1차 조사시 그 함량이 Control 69.88mg · kg⁻¹, NEO 78.68mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 63.70mg · kg⁻¹이었고 2차 조사시 Control 34.67mg · kg⁻¹, NEO 40.38, Bluemin[®] 36.52mg · kg⁻¹으로 그 함량이 낮아졌다. 이러한 경향은 액비를 시비한 액비 처리구에서도 같은 경향을 보였고 대조구, NEO, Bluemin[®] 처리간 뚜렷한 차이를 확인할 수 없었다. 점토광물은 양이온 치환용량과 표면적이 크기 때문에 농업적으로는 보수력 및 보비력을 증진시키는 토양개량제로서(정 등, 1978) 공업적으로는 중금속이나 방사선 물질의 흡착제(Garcia, 1977)로서 이용되어왔다.

그러나 본 실험에서는 토양개량제로서 입자가 작다고 생각하는 NEO 처리를 하였을 때 아연 절감효과는 이루어지지 못하였다.

Table 18. Copper, cadmium, and lead contents in plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	Cu			Cd			Pb		
		----- (mg · kg ⁻¹) -----								
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	1.53±0.08 ^X	1.65±0.05	1.68±0.09	0.25±0.02	0.31±0.02	0.30±0.01	1.59±0.08	2.22±0.10	2.45±0.13
	2 ^Z	3.80±0.35	3.85±0.53	3.66±0.56	0.30±0.02	0.27±0.03	0.30±0.04	1.74±0.52	1.83±0.34	2.00±0.68
Fertigation	1	2.12±0.03	2.51±0.54	2.74±0.04	0.27±0.01	0.30±0.01	0.33±0.02	1.70±0.14	2.04±0.11	2.55±0.05
	2	3.94±0.28	4.12±0.26	4.56±0.94	0.28±0.02	0.31±0.03	0.30±0.01	1.69±0.61	1.94±0.36	1.77±0.25
Ferti.+Comp. ^W	1	1.50±0.06	2.21±0.07	2.15±0.14	0.29±0.01	0.33±0.01	0.35±0.01	2.04±0.41	2.29±0.10	2.27±0.18
	2	3.28±0.24	3.33±0.25	4.01±0.54	0.34±0.05	0.34±0.03	0.32±0.03	1.53±0.33	1.97±0.61	1.90±0.16
Ferti.+Lime	1	1.24±0.07	1.37±0.12	1.52±0.09	0.28±0.02	0.31±0.01	0.34±0.01	2.13±0.08	2.18±0.26	2.15±0.08
	2	2.96±0.28	3.12±0.57	2.95±0.64	0.29±0.01	0.30±0.01	0.33±0.03	1.59±0.24	2.04±0.61	2.18±0.51
Ferti.+Comp. +Lime	1	1.70±0.12	1.46±0.08	1.33±0.09	0.29±0.02	0.30±0.02	0.34±0.01	2.01±0.13	2.55±0.04	2.62±0.10
	2	3.34±0.96	3.26±0.61	3.00±0.21	0.30±0.03	0.33±0.03	0.35±0.03	2.21±0.13	2.31±0.46	2.37±0.18

W: Fertigation and compost

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15, 2003

Z : Sampling time 2 : June 17, 2003

구리의 경우 NPK대조구 1차 조사시 Control $1.53\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $1.65\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $1.68\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 2차 조사시 Control, NEO, Bluemin[®]은 각각 3.80, 3.85, $3.66\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가되었다. 액비단용구에서 1차 조사시 Control $2.12\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $2.51\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $2.74\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 2차 조사시 Control $3.94\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $4.12\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $4.56\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 2차 조사시 그 함량이 증가되어 NEO 그리고 Bluemin[®]을 처리했을 때 그 감소를 볼 수 없었다.

카드뮴의 경우 대조구 1차 조사에서 Control $0.25\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $0.31\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $0.30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 2차 조사시에는 Control, NEO, Bluemin[®] 각각 0.30, 0.27, $0.30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 1차에 비해 2차 조사시 다소의 증감을 보였다.

액비단용구에서도 Control, NEO, Bluemin[®] 각 처리간 다소 증감을 보여 뚜렷한 차이가 없었다. 이러한 경향은 액비+퇴비, 액비+석회, 액비+퇴비+석회 처리구들도 같은 경향을 보였다.

납의 경우 NPK 대조구의 1차 조사시 Control의 함량은 $1.59\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었고 NEO와 Bluemin[®]의 함량은 각각 $2.22\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.45\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었다. 그러나 2차 조사시에는 Control의 경우는 $1.74\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가하였고 NEO 및 Bluemin[®] 처리는 각각 $1.83\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.00\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 감소함을 보였다. 액비단용구에서 Control은 1차와 2차 그 함량의 변화가 없었으나 2차 조사시 NEO처리구와 Bluemin[®] 처리구에서는 그 함량이 1차 조사시에 비해 감소하였다. Control의 경우 액비+퇴비, 액비+석회의 경우에는 다소 그 함량이 감소하였는데 액비+퇴비+석회 처리구에서는 함량의 증가를 보였다. 그러나 NEO 처리구에서는 1, 2차 조사시 대조구나 액비처리구간 전부 그 함량은 감소로 조사되었다. 대체로 Bluemin[®]도 NEO와 같이 납을 감소시키는 경향을 보였다.

Table 19. Iron and zinc contents of in plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	Fe			Zn		
		-----($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)-----					
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	45.07±1.52 ^X	42.86±5.56	40.78±1.72	79.91±2.59	78.87±4.95	87.92±10.08
	2 ^Z	55.48±3.19	55.27±4.69	50.78±5.62	42.78±3.51	39.88±5.61	35.21±3.26
Fertigation	1	44.68±1.08	55.73±3.48	46.67±6.05	88.83±10.88	94.68±6.24	90.22±10.95
	2	40.35±1.92	33.58±4.93	45.36±3.91	47.59±5.32	45.69±5.32	42.19±2.67
Double level	1	41.77±2.22	60.45±6.73	47.15±4.30	93.95±9.45	97.46±2.70	97.63±3.18
Fertigation	2	45.87±2.34	44.31±4.61	45.74±2.33	55.33±6.23	49.85±5.69	45.33±4.59
Triple level	1	42.64±3.97	59.93±10.60	33.97±4.02	94.21±1.31	99.10±10.64	97.07±6.04
Fertigation	2	46.92±3.56	44.92±11.23	46.87±6.51	57.24±3.32	52.89±10.54	51.29±5.46

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

표 19은 토양개량제를 액비, 액비2배, 액비3배구에 처리했을 때 시설토양의 Fe 및 망간 함량을 나타낸 표이다.

철의 경우 대조구 1차 조사에서 Control 45.07mg · kg⁻¹, NEO 42.86mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 40.78mg · kg⁻¹이었으나 2차 조사에서는 그 함량이 Control, NEO, Bluemin[®]이 각각 55.48mg · kg⁻¹, 55.27mg · kg⁻¹, 50.78mg · kg⁻¹으로 1차 때보다 그 함량이 각각 증가되었고 NEO와 Bluemin[®] 처리간 뚜렷한 차이가 없었다. 액비 단용구의 1차 조사에서 Control 44.68mg · kg⁻¹, NEO 55.73mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 46.67mg · kg⁻¹이었으나 2차 조사에서는 Control 40.35mg · kg⁻¹, NEO 33.58, Bluemin[®] 45.36mg · kg⁻¹으로 각각 그 함량의 감소를 보였다. 특히 NEO처리에서 40%의 감소율을 보였다. 이러한 경향은 액비 2배, 액비 3배에서도 같은 경향이였다. 그 중 NEO 처리가 특히 액비 2배, 액비 3배에서 각각 27%, 25%의 감소율을 보여 Bluemin[®]보다 더 감소하였다.

아연의 경우 NPK 대조구 1차 조사시 Control 79.91mg · kg⁻¹, NEO 78.87mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 87.92mg · kg⁻¹이었고 2차 조사시 그 함량은 Control 42.78mg · kg⁻¹, NEO 39.88mg · kg⁻¹, Bluemin[®] 35.21mg · kg⁻¹으로 조사되었다. 아연의 대조구에 감소율은

Control 46%, NEO 49%, Bluemin[®] 60%로 Bluemin[®]이 제일 감소율이 높았다. 액비시 용처리구에서 1차 조사시 액비 단용의 경우 Control 88.83mg · kg⁻¹이고 2차 조사의 함량은 47.59mg · kg⁻¹으로 46% 감소하였다. 반면 NEO의 경우는 1차 94.68mg · kg⁻¹에서 2차 조사시 45.69mg · kg⁻¹으로 그 감소율이 51%이었고 Bluemin[®]은 1차 조사시 90.22mg · kg⁻¹에서 2차 조사의 42.19mg · kg⁻¹으로 감소율은 53%로 나타나 Bluemin[®]이 그중 감소하였다. 이러한 경향은 액비 2배, 액비 3배에서도 같은 경향을 나타내 보였다.

Table 20. Copper, cadmium, and lead contents in plastic film house soil.

Treatments	Sampling time	Cu			Cd			Pb		
		Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]	Control	NEO	Bluemin [®]
NPK	1 ^Y	1.74±0.22 ^X	1.56±0.22	1.53±0.15	0.35±0.02	0.32±0.02	0.29±0.01	2.73±0.25	2.53±0.14	2.40±0.14
	2 ^Z	3.77±0.36	3.56±0.99	3.42±0.86	0.34±0.02	0.33±0.02	0.30±0.03	2.00±0.56	1.83±0.56	1.94±0.26
Fertigation	1	1.64±0.12	2.45±0.30	1.85±0.11	0.31±0.01	0.32±0.03	0.27±0.01	2.21±0.23	2.64±0.18	2.70±0.15
	2	3.50±0.23	3.49±0.87	3.83±0.51	0.30±0.03	0.32±0.01	0.30±0.04	1.93±0.36	1.75±0.34	1.86±0.34
Double level Fertigation	1	1.62±0.10	2.87±0.24	2.30±0.34	0.32±0.01	0.33±0.02	0.31±0.01	2.53±0.33	2.63±0.21	2.57±0.10
	2	3.86±0.20	3.97±0.94	4.19±1.03	0.34±0.02	0.36±0.04	0.31±0.02	2.18±0.36	2.19±0.46	1.93±0.28
Triple level Fertigation	1	1.50±0.15	3.40±0.18	1.90±0.27	0.34±0.03	0.34±0.03	0.33±0.01	2.51±0.28	2.76±0.19	2.44±0.06
	2	3.90±0.32	3.87±0.46	3.76±0.52	0.35±0.03	0.37±0.02	0.35±0.02	2.30±0.41	2.26±0.43	2.14±0.19

X : Standard Deviation

Y : Sampling time 1 : April 15. 2003

Z : Sampling time 2 : June 17. 2003

구리의 경우는 Control, NEO, Bluemin[®]등 다같이 함량의 증가를 보였다. 1차 조사시 대조구 Control의 경우 $1.74\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이나 2차 조사시에는 $3.77\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 함량의 증가를 보였다. 액비시용구의 액비단용처리에서 1차 조사시 Control, NEO, Bluemin[®]의 구리함량은 각각 $1.64\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.45\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.85\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이였고 2차 조사에서는 Cu의 함량이 각각 $3.50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3.49\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3.83\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로서 그 증가율이 Control 53%, NEO 30%, Bluemin[®] 52%로 Bluemin[®]보다도 NEO가 그 증가율이 제일 낮았다. NEO에서 액비 2배의 경우와 액비3배의 경우도 그 증가율이 각각 28%와 12%로 제일 낮았다. 반대로 Control이 경우 구리의 함량 증가율이 액비 2배 58%, 액비 3배 61%로 높았다. 증가율이 낮다는 것은 그만큼 토양속의 구리의 함량이 낮아진다는 것이다.

납의 경우 대조구 NPK의 1차 조사시 Control은 $2.73\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $2.53\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $2.40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었으며 2차 조사시에는 Control이 $2.0\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO의 경우는 $1.83\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®]은 $1.94\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 증가되었다. 액비단용처리의 경우 1차 조사시 Control $2.21\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, NEO $2.64\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bluemin[®] $2.57\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되었다. 2차 조사에서는 Control, NEO, Bluemin[®]은 그 함량이 각각 $1.93\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.86\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 감소하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구 초기에 설정된 목표를 달성하였으며 관련분야에 돈분뇨 발효액비의 활용도가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 또한 액비의 상품화 촉진에 크게 기여할 것으로 예상된다.

농업분야에서 소비하는 화학비료의 상당량을 유기성 액비로 대체할 수 있기에 비료대를 경감시키며 축산분야는 오염원 발생이라는 혐오감에서 탈피할 수 있다.

무엇보다 중요한 것은 유기성 오폐물인 돈분뇨를 자원 재순환용 액비로 활용하므로 오염원을 원천적으로 경감시키는데 크게 기여할 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구 결과는 농가에 유기성액비의 중요성과 사용효과 등을 보급할 계획이다. TAO 시스템에서 최종 조제한 액비는 상품화하여 시험 판매 중에 있으며 본 결과를 토대로 향후 개선된 액비 사업화가 가능할 것으로 예상된다. 돈분뇨 액비를 포함한 유기성 폐자원의 경우는 다량의 처리액이 농지에 환원될 수 있도록 근본적인 의식이 전환되어야 한다. 농도의 문제이며 방법의 문제이기에 격리된 시스템에서의 고비용 재처리 기술에서 탈피하여 자연(농지)시스템을 최대한 활용하는 저비용 실용화 기술로 전환되어야 한다. 남북교류 협력차원에서 북한의 식량증산을 위한 기술이전을 고려할 필요성도 있다

제 6장 참고문헌

제1절 제1세부과제

- 강보구, 김현주, 이경자, 최관순. 1998. 시설오이에 대한 관비기준 설정 시험. 충북농업기술원 시험연구보고서 pp. 363-369.
- 김용철. 1970. 관비방법에 의한 농지자원개발에 관한 연구-관비농법의 생산성과 관비조성에 관한 연구. 한원지 8:93-105.
- 농림부. 1996. 축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효 시스템 개발. 농림수산특정보고서 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준.
- 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨 액비 사용 기술
- 류종원. 1996. 가축분뇨의 액비화 기술, 가축분뇨의 자원화에 관한 국제 심포지엄. 한국축산학회지 61-84.
- 민경법, 조현숙, 이진일, 남윤규. 1995. 톱밥돈분 발효퇴비가 하우스 재배 토마토의 수량 및 양분 흡수에 미치는 영향. 한토비지. 28(1):88-94
- 박순기, 이범선, 정순주. 1999a. 무등산수박과 달고나수박의 관비재배와 양액재배에 있어서 생육 및 과실 품질의 비교. 생물환경조절학회지 8(1):19-29.
- 박순기, 정순주, 박화성. 1997a. 엽수 및 줄기수. 제한이 무등산 수박의 생장 및 과실 품질에 미치는 영향. 전남대학교 농업과학기술연구소 32:35-40.
- 박순기, 정순주, 박화성. 1997b. 재배방법 및 재식밀도가 무등산 수박의 생장 및 과실 품질에 미치는 영향. 한원지 38:608-613.
- 방순배, 임상현, 함봉주, 정병찬, 이명규. 2000. 유기성 액비활용 과채류 관비재배 연구. 2000시험연구보고서. 강원도 농업기술원. p167-173
- 신동은, 김동암, 신재순, 서성, 김원호, 김정갑, 육완방, 정재록. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 연구 1. 생육특성 및 사초 수량에 미치는 영향. 한국초지학회지 18(3):235-242.
- 신재순, 신동은, 이혁호, 조영무, 김정갑, 류종원. 1998. 물 첨가수준과 부숙기간에 따른 액비의 성분 변화와 성분함량간의 관계 구명. 농업환경논문집. 40(1):80-84
- 신재순, 이혁호, 류종원, 최기준, 임용우, 김원호, 김기용, 이기중. 1999. 돈분뇨 고액분리액 시용에

따른 혼파초지의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 한축지 41(4):479-486.

원선이, 박육규, 조광래, 양장석. 2000. 가축 slurry를 이용한 시설고추의 관비재배 효과에 관한 연구. 경기농업연구 10:95-100.

원향연, 권장식, 서장선, 최우영. 1999. 돈분퇴비의 시용이 배추 재배지 토양의 미생물상 및 화학성에 미치는 영향. 한토비지. 32(1):76-83

이명규. 1998. 환경친화형 가축분뇨 처리기술. 심포지엄

이상규, 김광용, 정주호, 이용범, 배중향. 1997. 질소시비수준이 소과중 수박의 수량 및 품질에 미치는 영향. 생물생산시설환경 6:97-102.

이종일, 최성규, 윤경원. 2001. 황금(*Scutellaria baicalensis*)의 생육과 생산성에 미치는 활성탄의 효과. 한국자원식물학회지. 14(2):148-151

제2절 제2세부과제

Christoph Emmerling. 2003. Sewage Sludge and compost application in agriculture, and its effects on Soil Quality.

강석진, 이명규, 임상철 외. 1996. 축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효시스템 개발, 농림부 특정과제 보고서

국립환경연구원. 2001. 음식물 쓰레기 자원화 정책의 정착을 위한 심포지움자료집. 국립환경영연구원.

김시욱, 이인화, 전영남 외. 1999. 유기물 쓰레기의 메탄발효에 의한 유리온실 난방시스템 개발. 농림부 특정연구과제 보고서.

楠田哲也 . 1994. 自然の浄化機の構強化と制御. 技報堂出版.

농업과학기술원. 2003. 유기성 폐자원의 농업적 활용과 환경오염 평가.

농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준. 농촌진흥청

배재근. 2003. 선진국가의 오염토양에 대한 위해성 평가법 및 연구동향. 유기성 폐자원의 농업적 활용과 환경오염 평가 국제학술세미나 자료. 농촌진흥청.

육완방, 윤창 외. 2002. 돈분액비(Slurry)에 의한 담리작 사료작물생산과 환경보전적 이용기술 개발. 농림부 특정과제 보고서.

尹昨燮. 2000. 東和技研. 廢棄物處理技術.

이희선, 감강식 외. 1999. 폐기물 자원화 기술의 고급화 방안 - 유해폐기물을 중심으로 -. 한국환경정책·평가연구원.

임동규. 2003. 국내 유기성 폐자원의 현황, 특성 및 농업적 활용 전망. 유기성 폐자원의 농업적 활용과 환경오염 평가 국제학술세미나 자료. 농촌진흥청.

임상철, 이명규, 김원배 외. 2000. 유기성 액비를 활용한 고품질 채소류 생산 실용화 기술개발. 농림부 특정과제 연구 보고서.

임재욱. 2003. 경기지역의 시설원에 관비재배 기술 현황과 발전방향. 고품질 원예산물 생산을 위한 관비재배 현황과 발전방향 심포지엄자료집, pp. 27-70. 한국시설원예연구회.

정운진, 김강희 외. 2000. 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발. 농림부 특정연구과제 보고서.

한국시설원예연구회. 2003. "고품질 원예산물 생산을 위한 관비재배 현황과 발전 방향" 심포지엄 자료집. 한국시설원예연구회.

환경부. 환경관리공단. 2003. 환경 신기술 요약집.

제3절 제3세부과제

Callebaut F., D. Gabriels and M. De Boodt, 1981. Time responses of sugarbeet germination, oxygen diffusion and redox potential to crust formation, polyacrylamide stabilization and peroxide fertilization. *Geoderma*, 29:275~283

Cochran, V. L., L. F. Elliot, and R. I. Papendict. 1982. Effect of crop residue management and tillage on water use efficiency and yield of winter wheat. *Agron. J.* 74:929-932.

De Boodt. M., R. Hartman and H. Verplaneke. 1978. Effect of soil conditioners on hydrophysical properties of sandy soil and its relation to water conservation. *Egypt. j. soil. sci.* 61~73.

Foller, R. F., D. R. Keeny and R. M. Curse. 1991. Managing nitrogen for ground water quality and farm profitability. *Soil Sci. Soc. Am. Ins. wis.* p357

- Gardner W.H. 1972. Use of synthetic soil conditioners in the 1950's and some implication to their further development. proc. symp. on the fundamentals of soil conditioning. E.D.W. De Boodt, Men ded. FLU. RUG. Gent 37(3):1047~1061
- Hoyt. P.B and A.W.Henning. 1982. Soil acidification by fertilizers and longevity of line application in the Peace River Region. Can. J. Soil. 62:155-163.
- Lee,D.B., K.B.Lee, S.B.Lee, J.G.Kim and T. Henmi. 1998. sorption of heavy metals by artificial zeolite. J. Kor. soro, sci. and Fer. 31(1)
- Mccollum R.E. 1991. Building and decline in phosphorus 30year trends on typic Umprabuult. Agron. J. 8:77~85
- Mitchell R., 1962. Microbiological Changes in flooded Soils. Soil Science.93 : 413-419.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L. and Smilde, K. W. (1981) Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers and Lettuce. Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen.
- Yoo,S.H., and Y.S. Jung. 1972. Soil manegement for sustainable agriculture in Korea. FFTC.EB355:p13
- 강보구, 정인명, 이제홍, 이종태, 진윤갑. 1995. 충북지역 주요작물 재배 토양의 화학적 특성 조사. 충북 농업과학 논문집 1:125~34.
- 강보구. 1996. 염류집적이 상추의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한토비지 29(4):360~364
- 谷山鐵郎 1979. 作物の環境汚染をめぐる諸問題(9)-重金屬汚染 實態 農業及園藝 54(5):111-114
- 권장식. 1998. 염류집적 시설재배지의 토양 미생물상 평가. 한토비지, 30(4):351~356.
- 김복영, 김규식, 이종식, 유순호. 1993. 과실류와 그 재배토양중 중금속 자연함유량에 관한 조사 연구. 농시논문집(토양비료편). 35(2):280~290
- 김복영, 김규식, 조재현, 이민호, 김선실, 박영선, 김복진. 1982. 한국 논토양 및 현미중 중금속의 천연부재량에 관한 조사연구. 농시연보(토비).24:51-57.
- 김복영, 소규호, 김규식, 우기대, 유순호. 1992. 채소작물과 그 재배토양중 중금속 자연 함유량에 관한 조사연구. 농시논문집(토양비료편) 32(2): 56~70
- 김복영, 정병간, 최정원, 윤을수, 최선, 1995. 우리나라 논 토양중 중금속 자연함량. 한토비

지.28(4)295-300.

김원출, 봉원애, 황광남, 박영대. 1990. 시설원예지 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 文準研究官 停年 記念 論文集 p.57-61.

김재영 2002. 충주호 주변 지역 시설하우스내 중금속 오염도 조사. 건국대학교 자연과학연구지. 제13집 29-39

농림수산부. 1995. 농림수산통계연보

농림수산부. 1997. 농림수산통계연보

농업과학기술원. 1999. 농업환경 변동 대책연구(제3차년도 완결보고서). p19.

농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체분석법.

농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.

류홍일, 서윤수, 이민효. 1988. 우리나라 논토양 및 현미중 중금속 자연함량에 관한 연구.국 립 환경연구소.

박권우, 최진호. 1986. 점토광물을 이용한 완효성비료(K비료)개발 및 응용에관한 연구 II. 비료의 합성과 응용. 한국환경농학회지. 5(2) : 135-140.

박백균, 전태화, 김유학, 호교순. 1994. 주요 논 밭 작물에 대한 농가시비 실태. 한토비지. 27(3):238~246.

박양호, 유인수, 김영남, 허범량. 1982. 신개척지 사질토에서의 콩-보리에 대한 인산 전면살포 시 용의 효과.

相馬曉. 1985. 菜蔬の連作障害の實態と對策(2) 農業 園藝 60(3):413-417.

相馬曉. 1985. 菜蔬の連作障害の實態と對策(2) 農業 園藝 60(3):413-417.

石川格可,中村毅. 1985. 하우스土壤 における 集積鹽類 除去 の たぬの 湛水效果, 農業 およひ 園藝60(1):49-52.

小林連治. 1985. 根の活力と根圈微生物. 農山漁村文化協會.

松口龍彦. 1987. 土壤微生物の根圈定 研究ツメル 10(2) : 34-38.

신원교, 박중춘. 1988. VIII시설재배 토양의 염류집적과 제염효과에 관한 연구. 農研報 22(1) : 209-222.

鈴木達彦. 1967. 農研土微年報 : 1-15.

位田騰久太郎. 1971. 施設園藝の環境と土壤. 195-224.

유순호, 정영상, 신용하. 1974. 비닐하우스내 토양의 이화학적 성질에 관하여 한토지.7(4):227-234.

유순호. 1991. 농업환경오염 실태파악. 농업환경오염대책 종합기술개발. 농촌진흥청. 단행본:3-44

육창수, 김재정, 홍순달, 강보구. 1993. 충북지역 시설원예지 토양의 염류집적 실태조사. 한토비지.

26(3):172-179.

이경수, 정병간, 박백균, 황기성, 김유학, 김동수. 1992. 딸기 오이 재배지 토양의 화학적 특성 조사연구. 농시논문집 (토비편) 34(2): 48-55.

이덕배, 이경보, 한상수, 일견장담. 1998. 질소, 인 동시제거용 입상 인공제오라이트제조. 한토비지 vol.31(1):67~71.

이상은, 박준규, 윤정희, 김만수. 1987. 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 농시논문집 29(1):166-171.

이상은, 이강만, 신철우, 윤정희. 1984. 인산의 흡수력이 다른 배추 재배지 토양의 인산함량과 인산 시용량과의 상관연구. 농사시험연구보고서. 농기연. 389-93.

이상은, 이강만. 1985. 시설원예지 염류집적 토양에 대한 화학적 특성조사 농사시험연구보고서. 농기연. 1985:318-329.

이상은. 1986. 염류집적 토양에서 염류제거 촉진연구. 농사시험연구보고서 (농업기초연구소). p25 5~267.

이용환, 신용광, 황광남, 이경수. 1993. 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 한토비지. 26(4):236-240.

이종식, 유철현, 강조국, 신기호, 소재돈. 1991. 경작년수에 따른 시설재배 토양의 미량성분 집적 양상에 관한 조사. 농시논문지(토양비료편) 33(3) : 81~83.

이한생. 1987. 하우스 토양염류 과잉피해 경감대책 시험 농사시험연구보고 경남 진흥원 1987:409-412.

장남일, 최훈, 장순덕. 1978. 한국산 자연불석의 토양개량제로서의 이용. 농촌과 과학 1 : 47-56.

장용성, 정필균, 조인상, 신제성. 1996. 천연제오라이트를 이용한 중금속흡착제 합성. 한토비 춘계 학술 발표 요지. 전남대. p18.

정광용. 1995. 유기성폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지엄. 한국토양비료학회.17-45

- 정구복, 정기열, 조국현, 정병간, 김규식. 1997. 시설재배지 토양 및 채소류중 중금속 조사. 한토비지 30(2):152~160.
- 정구복,유인수,김복영. 1994. 중북부지역 시설원예지 토양의 토성,염농도 및 화학 성분의 조성. 한토비지 27(1)33-39.
- 정영상, 유순호. 1975. 관수에 의한 비닐하우스내 토양의 제염, 한토비지. 8(2):53-60.
- 정이근, 박백균, 정운채, 이상민, 정광용, 1999, 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비, 액비 제조와 이용, 농업과학기술원. p 149-160.
- 조인상, 허봉구. 유관식, 엄기태, 조성진. 1987. 토양개량제 처리가 토양물리성과 대두 수량에 미치는 영향. 한토비지 20(1):29~34.
- 竹内昭士郎. 1980. 野菜の連作と土壤 病害. 農業および園藝55 : 149-154
- 최병주,이종호,박훈. 1990. 시설원예작물의 생리장해유발 주요연구 규명. 1. 토마토, 무우, 배추 한토비지. 23(2):128-134.
- 최정,최충열,이동훈. 1995. polyvinyl Alcohol 첨가에 의한 제오라이트 미분의 입상화. 한토비지 28(2):123~129.
- 최정. 1982. 토양개량제인 Zeolite에 의한 인의 흡착. 한국농화학회지 25(2):99~104.
- 平野曉. 1977. 作物の連作障害一原因, 機構對策の研究. 農山漁村文化協會.
- 환경부. 1996. 토양오염 대책기준 및 우려기준. 토양환경보존법. 제14
- 환경부. 2002. 2001 토양측정망 운영결과 pp.221.
- 황남열, 류 정, 나종성, 김진기. 1989. 고추의 연장 장애 요인과 토양개량제 시용효과. II. 연작지 토양개량제 시용효과. 한토비지.22(3) : 205-214.
- 황선웅. 1993. 몇가지 제염방법에 의한 비닐하우스내 토양의 염류제거 효과, 농시논문집(토양 비료 편) 35(1):276-280.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.