

축분 발효액의 액비화 제조공정 확립과 액비시용효과구명

문창열* · 문국이* · 조용경* · 정한택** · 오상석*** · 서영국***

(*사천시 용현농협 · **신안그로(주) · ***경상대학교 원예학과)

Effects on Plug Seedling Growth and Production Processing of Liquefied Fertilizer of Domestic Animal Feces.

Chang-Yeol Moon* · Gook-Yi Moon* · Yong-Gyeong Cho* · Han-Taek Chung**
· Sang-Seog O*** · Young-Gook Seo***

*Yong-Hyun Agricultural Cooperative, **Shin-An Grow Co., ***Dept of Horticulture, Gyeong-Sang National, University

적 요

퇴비 제조공정에서 생겨나는 침출수의 액비화 제조공정을 확립하고, 제조된 액비를 사용하여 채소류의 육묘에 미치는 효과를 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다.

1. 축분 발효액의 액비화 제조공정 확립

퇴비의 제조공정에서 원료의 종류와 혼합비는 계분, 우분, 돈분 등 3종 80%와 톱밥 20%로 하였다. 퇴비 제조공정의 1차 발효과정에 투입되는 미생물 제제의 구성과 혼합비는 미강 60%, 톱밥 38%, 아제론과 크린백 2%로 하였다. 악취 제거를 위해 오존수를 분무하고, 환풍기를 이용한 통풍과 공기교반을 실시하였다. 발생하는 침출수는 지하 저장조로 유입되도록 하였고 저장 중 악취 제거를 위해 강제 공기공급과 교반을 하고 미생물 제제를 투입하였다. 침출수를 최소 30일 이상 저장 후 지상부에 있는 2차 저장조의 잔여량에 따라 펌프를 이용하여 이동하도록 하였다. 2차 저장조에서 약 50일간 저장하며 안정화되게 하였고, 다시 미생물 제제를 투입하고, 성분분석을 하였다. 이후 3차 저장조로 보내어 성분분석 후 부족원소를 첨가하였다. 이상의 과정으로 축분 발효액의 액비화를 위한 제조공정을 확립하였다.

2. 축분액비의 채소류 공정육묘 시용효과 검정

1차 육묘실험에서 토마토 묘에 대한 액비시용의 효과를 인정할 수 있었고, 또 N과 P의 추가의 효과도 인정할 수 있었다. 20배 희석처리구를 제외하고는 그 처리간 차이가 뚜렷하지는 않았지만 고추, 배추, 그리고 상추 등의 작물에서도 희석 비율별로 생육이 더 나아 시용효과가 있는 것으로 판단되었다.

2차 육묘실험에서 고추나 토마토 육묘에서 축분액비 시용의 효과가 확실하였고, 또 양액의 대체가능성을 인정할 수 있었다. 액비시용에 의한 특별한 피해 증상도 없어 제조된 축분액비를 여러 용도로 다양하게 활용 가능할 것으로 판단된다. 적절한 액비 시용농도는 원액 20배와 40배 희석처리였고, N과 P를 혼합한 500배 처리는 희석농도가 높아 적절치 못한 것으로 판단된다.

3차 육묘실험에서 용현육묘장 실험에서는 대조구의 생육이 가장 좋았으며 액비처리구간에는 20배 희석처리구가 그중 양

호하였고 대조구와 유의차는 없었다. 대조구는 생육 후반기에 하위 엽이 황화되는 양분부족현상을 보였다. 경상대학교 농장 온실실험에서는 고추 묘가 파종 후 45일 때에는 대조구인 상토처리구의 생육이 가장 양호하였고, 액비처리구는 시비농도순으로 생육이 좋았다. 토마토 묘는 파종 후 60일 때에는 20배와 40배 희석처리구의 생육이 대조구들보다 양호하였다. 500배 희석처리구는 모든 작물에서 생육이 아주 불량하여 재배에 적절하지 못한 농도로 판단되었다.

I. 서론

국내의 가축분뇨의 발생량은 1997년 현재 약 47,000톤으로 추산되고 있다. 이러한 축산폐기물은 수질과 토양을 오염시키는 환경공해물질로 지적되고 있으며, 이들은 하천과 지하수 오염 등으로 농작물의 병해충 발생원인일 뿐만 아니라 유해 농산물의 근원이 되고 있는 실정이다. 이에 따라 가축분뇨의 양을 줄이거나 자원화하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다.

여러 가지 방법들 중에서 가축분뇨의 퇴비화는 농지환원에 의한 화학비료의 절감뿐 아니라 지구 온난화를 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 평가되고 있다. 이에 여러 가지 다양한 가축분뇨의 퇴비화 방법에 대한 연구가 이미 수행되어졌으나 아직 체계적인 제조공정의 확립은 미흡한 수준이다(김, 1998; 장과윤, 1999). 또 이러한 퇴비화 제조공정의 체계화가 필요함과 동시에 퇴비의 제조과정에서 자연 발생하는 침출수는 그대로 방치될 때 수질 및 토양의 2차 오염원이 될 뿐 아니라 이 침출수의 처리가 미흡할 경우 퇴비제조장은 더욱 심각한 오염원이 될 수 있으므로 이러한 침출수의 처리나 이용방안 역시 동시에 모색되어야 한다.

일반적으로 가축분뇨의 사용은 토양으로의 유기물 환원과 식물생육을 위한 무기양분의 공급원이 되므로 토양비옥도의 증진에 크게 기여한다(Long과 Gracey, 1990; Wilkinson, 1979). 그러나 가축분뇨의 지나친 사용은 토양에서의 염기간 불균형, 염해 및 토양으로부터의 양분유실을 초래할 수 있으므로 생산성 향상을 위한 비료자원으로서의 이용과 환경오염원을 감소시킬 수 있는 유효한 방법으로서 적절한 가축분뇨의 사용기술체계의 확립이 요구된다고 한다(Buchgraber, 1983; Schechtner, 1978). 현재 우리나라에서 축분액비살포에 필요한 농경지 면적은 돈분의

경우, 두당 논 900m²로 규정하고 있다. 따라서, 우리나라 벼 재배면적 105만 ha에 필요한 돼지분뇨는 1167만두 분량이다. '98년 현재 국내 돼지사육 두수는 750만 두 정도이다. 또 우리나라 '99 채소재배면적은 375,000ha 정도이며(농림부, 2000), 여기에 이용되는 주요 과채류와 일부 엽채류의 묘는 plug 묘로 공급되고 있다. 이런 plug 묘 재배에 사용하고 있는 비료는 대부분 화학성 무기액비를 사용하고 있다. 김(2000)은 축분을 발효시킨 액비의 주요 성분별 화학비료에 대한 시비효과가 N, P, K 모두에서 75%~100%의 효과가 있다고 하였다. 이에 우리가 사용하고자 하는 퇴비화 과정 중의 침출수 역시 발효시켰을 때 무기액비를 대체할 수 있는 효과를 볼 것으로 기대할 수 있다.

퇴비장에서 발생하는 침출수들은 매우 심한 악취를 풍겨 혐오감을 유발한다. 가축분뇨는 적당한 환경에서는 생물성장을 위한 대체재 역할을 하지만 광범위한 수분과 온도 조건하에서 혐기적인 분해를 하게 된다. 이 과정에서 휘발성 혼합물의 냄새를 휘산시키는 것이 일반적인 악취의 원인이다. 그러나 호기적인 상태에서는 냄새의 생성을 감소시킨다. 가축분에서 일어나는 생물학적 변화는 Miner(1973)에 의해 설명되었다. 악취를 내는 물질은 암모니아, hydrogen sulfide, volatile fatty acid, indols, phenols, mercaptans, alchols 그리고 carbonyls(Curtis, 1983) 등이다. 냄새의 농도와 휘산율 및 돈사 내 암모니아 가스는 축분의 취급방법, 환기율, 관리경험, 바닥구조 및 다른 요인의 기능에 따라 다르다(송, 1997). 악취를 감소시키기 위한 연구 중 온도와 수분함량 차이에 따른 돈분 중의 유화수소와 암모니아의 감소가 보고된 바 있다(Chung 등, 1996).

따라서 이러한 침출수를 체계적인 제조공정을 도입하여 액비화할 수 있다면 여러 가지 공해와 환경오염의 방지뿐만 아니라, 화학비료를 대체할 수 있는

유기질 액비로의 이용가능성을 검토할 수 있다. 이러한 가축분뇨의 퇴비화와 그 침출수의 액비화를 위해서는 제조공정과 필요시설의 결정, 미생물제제 등의 첨가물질과 발효를 위한 필요저장기간 파악, 악취 제거방안, 비료 기준규격에 맞는 액비성분의 결정 및 제조방안, 실제 작물에 대한 시용방법과 시용량 결정 등이 필요하다.

이런 여러 가지 조건들을 감안하여 퇴비 제조공정에서 생겨나는 침출수의 액비화 제조공정을 확립하고, 제조된 액비를 사용하여 채소류의 육묘에 미치는 효과를 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 축분 발효액의 액비화 제조공정 확립

본 실험에서 이용하고자 하는 축분 발효액의 제조는 사천시 용현농업협동조합 퇴비장의 퇴비제조 과정에서 수행되었다. 용현농협 퇴비장의 퇴비제조공정은 대체적으로 ① 원료 분뇨의 수거 ② 원료의 혼합 ③ 발효조 투입 ④ 1차 발효 ⑤ 2차 발효 ⑥ 퇴비생산의 순서로 이루어지며, 이 중 1차 발효 과정에서

상당량의 침출수가 발생한다. 이상의 축분퇴비 제조공정을 그림으로 보면 다음과 같다(그림1).

본 연구에서 이용한 축분액비는 퇴비제조공정에서 발생된 침출수를 지하 저장조에 1차로 집수하고, 1차 저장조에서 일정기간 경과 후 지상부의 2차 저장조로 이동시킨 후 다시 일정기간 경과시키고, 다시 3차 저장조로 이동시켜 악취제거, 성분분석 그리고 성분안정화를 시켜 체계적인 제조공정을 확립하고자 하였다. 본 과제에서는 이런 제조공정의 체계화 가능성과 공정과정에서 발생할 수 있는 문제점을 조사하고, 3차에 걸친 저장조 내의 저장과정 중에서 적절한 발효 저장기간과 악취 제거방법을 모색하고 저장 중인 침출액의 성분분석을 통해 유용성분의 농도와 유해물질의 함량 등을 검정하여 활용가능성을 구명하고자 하였다.

발효 중 발생하는 악취의 제거를 위해 ① 통풍조와 공기교반기의 도입, ② 호기성 발효제의 투입, ③ 오존수 분무처리 등의 방법을 각각 적용하여 그 효과를 알아보았고, 3차 저장조 내의 침출액을 채취하여 성분분석을 실시하여 비료로서의 적정성 여부를 판단하였다.

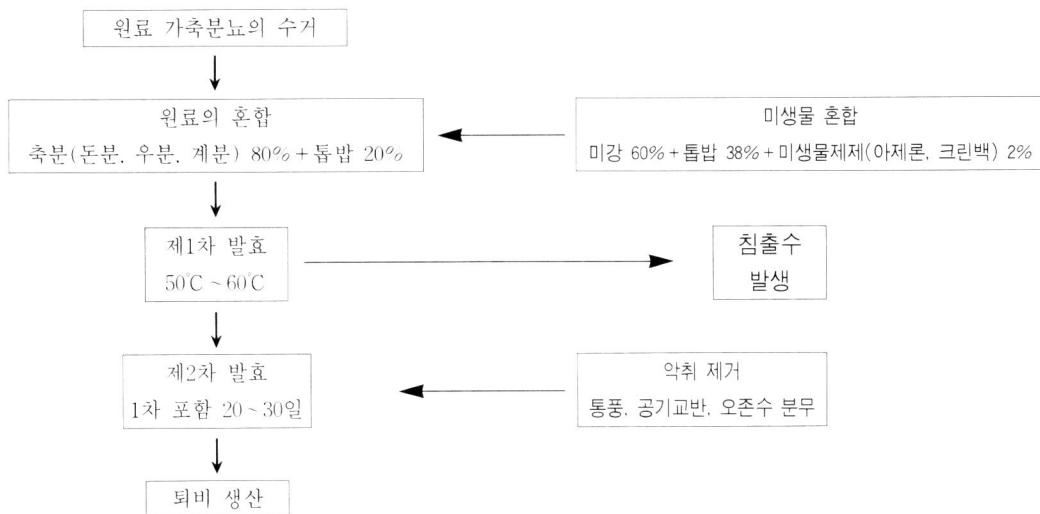


그림 1. 축산 분뇨를 이용한 퇴비의 제조공정

2. 축분액비의 채소류 공정육묘 시용효과 검정

1999년 8월부터 2000년 5월까지 3회에 걸쳐 채소류의 공정육묘시 축분액비의 희석비율에 따른 시용효과를 검정하였다.

가. 1차 육묘실험

실험은 1999년 8월 24일 과중하여 11월 6일 생육조사까지 75일간 용현농협 육묘장에서 수행되었다. 공시작물은 고추 '녹광', 토마토 '모모타로', 배추 '가락신', 상추 '적측면'의 4가지로 하였으며, 상토는 용현농협 조제상토를 사용하였고 대조구로 '토실이' 유비상토((주)신안그로)를 사용하였다. 공시된 축분액비는 상기된 제조공정에서 생산된 액비를 사용하였고, 시용방법은 원액 20배 희석, 100배 희석, 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 100배 희석, 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 500배 희석, 무시비의 5가지로 하였다. 10월 5일부터 주 1회씩 트레이당 2l의 액비를 공급하였다. 각 처리마다 3반복으로 반복당 고추와 토마토는 50구 tray를, 배추와 상추는 128구 tray를 1개로 하였으며 완전임의배치법으로 실험구를 배치하였다. 실험 종료 후 식물체를 채취하여 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 절간장, 경직경, 지상하부의 생체중과 건물중을 각각 조사하였다.

나. 2차 육묘실험

공시작물은 고추 '금탑', 토마토 '서건', 오이 '장형 흑진주', 수박 접목묘(대목 '강세', 접수 '단비')의 4종으로 하였으며, 상토는 액비 처리구는 Vapo Peatmoss 50%, Vermiculite 30%, Perlite 20%의 비율로 조제된 혼합상토를 사용하였고, 대조구와 일반구는 용현농협 육묘장에서 사용하고 있는 조제 상토를 사용하였다. 실험기간은 1999년 11월 10일 과중하여 2000년 1월 4일 중간 생육조사를 실시하였고, 오이는 1월 19일, 고추, 토마토, 수박은 2월 11일 최종 생육조사를 실시하였다.

액비의 시용방법은 중간조사기까지 원액 20배 희석, 원액 40배 희석, 원액 80배 희석, 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 100배 희석, 원액에 N 0.06%, P

0.04% 추가 후 500배 희석의 5처리와 대조구로 양액 무시비구와 용현농협의 관행 양액 시비구의 2처리로 총 7처리구로 실시하였고, 중간조사 이후 액비를 사용하였으며 양액 시비구는 다시 양액 시비구와 무시비구로 나누어 총 8개 처리구로 하였다.

전 작물 공히 50구 tray를 사용하였으며, 반복당 1tray 처리당 3반복으로 완전임의배치법으로 실험구를 배치하였다. 조사항목은 중간조사와 최종조사마다 작물에 따라 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 절간장, 직경, 엽록소 농도, 지상하부의 생체중과 건물중 등을 각각 조사하였다.

다. 3차 육묘실험

실험은 2000년 3월 16일 과중하여 4월 29일 중간조사를 하였으며, 5월 12일 최종조사 후 완료하였다. 실험장소는 용현농협 육묘장과 경상대학교 부속농장 유리온실의 2곳에서 동시에 실시하여 환경과 관리방법에 따른 차이를 보고자 하였다. 공시작물은 고추 '금탑'과 토마토 '서광'을 사용하였으며, 공시상토는 각각 액비처리구에서는 Vapo Peatmoss 70%, Perlite 20%, Vermiculite 10%의 비율로 조제된 혼합상토를 사용하였고, 대조구에서는 용현농협 퇴비 30%와 Vapo peatmoss 70%로 혼합된 퇴비상토와 (주)신안그로의 '토실이' 유비상토를 사용하였다.

시용방법은 원액 20배 희석, 40배 희석, 80배 희석, 100배 희석, 500배 희석의 5가지로 하였다. 대조구는 퇴비 혼합상토와 '토실이' 유비상토, 그리고 퇴비상토에 토양 화학성개선제인 '토정'((주)신안그로) 1000배액을 혼합처리한 토정처리 퇴비상토 이상 3가지를 사용하였다. 대조구에는 일정량 이상의 비료성분을 포함하고 있기 때문에 재배기간 내내 무비료 관수만을 실시하였다. 조사항목은 초장, 엽수, 절간장, 경직경, 엽면적, 잎, 줄기, 뿌리의 각 부위별 생체중과 건물중을 조사하였다.

전 실험에서 생육조사는 농촌진흥청의 농사시험연구조사기준을 따랐으며, 엽면적은 Li-Cor사의 엽면적계 Li-3600을 이용하여 조사하였다. 엽록소 농도는 비과괴조사 때에는 Minolta사의 SPAD-502를 사용하여

상대적인 엽록소 농도를 조사하였고, 파괴조사 때에는 각 처리구별로 잎을 채취하여 80% 아세톤으로 추출하여 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 이용하여 645nm와 663nm의 파장에서 흡광도를 측정해 다음의 식을 이용해 엽록소 농도를 산출하였다(Amon, 1949).

$$\text{총 엽록소농도} (\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}) = 20.29A_{645} + 8.02A_{663} \times \text{아세톤 양}(\text{ml})/\text{생체중}(\text{g})$$

모든 조사결과와 통계분석은 통계프로그램 SAS (Ver. 6.12, Cary, NC, USA)를 이용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 축분 발효액의 액비화 제조공정 확립

축분 분뇨를 이용한 퇴비 제조공정에서 발생하는 침출액을 액비로 이용하기 위하여 제조공정을 체계화하였다. 실시한 제조공정은 그림 2와 같다.

퇴비의 제조공정에서 원료가 되는 축분뇨의 종류와 혼합비는 계분, 우분, 돈분의 3종 80%와 수분조절과 발효를 위해 톱밥 20%의 비율로 하였다. 축분의 퇴비화에 부재료로 많이 사용되는 톱밥은 수분조절이나 C/N을 조절에 우수한 물질로 이용도가 크게 증가되었다. 하지만, 그 결과 구입이 어렵게 되고 가격 또한 상승하게 되었다. 또 축분뇨 처리를 주목적으로 진행하는 퇴비화에서 톱밥의 사용은 많은 양의 축분뇨 처리에 어려움이 있다(장과 윤, 1999). 김(1998)은 돈분뇨의 자원화를 위해 돈분과 부재료인 톱밥과 석탄회를 50 : 25 : 25의 비율로 혼합하였을 때 충분히 양질의 퇴비를 생산할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 용현농협은 퇴비장과 함께 버섯재배를 동시에 하고 있으며 여기에서 상당량의 폐목재가 부산물로 생산되므로 이것을 활용하여 톱밥의 상당부분을 충당하고 있다. 또 투입되는 톱밥의 비율은 20% 정도로 상대적으로 적은 양이 소요되기 때문에 구입이나 비용문제에 어려움이 없었다.

축분원료 수분함량은 계절에 따라 차이가 있으며 60%~80% 정도였다. 장과 윤(1999)은 일반적으로 퇴비화에 적절한 수분량은 초기에 55~65% 정도가 적

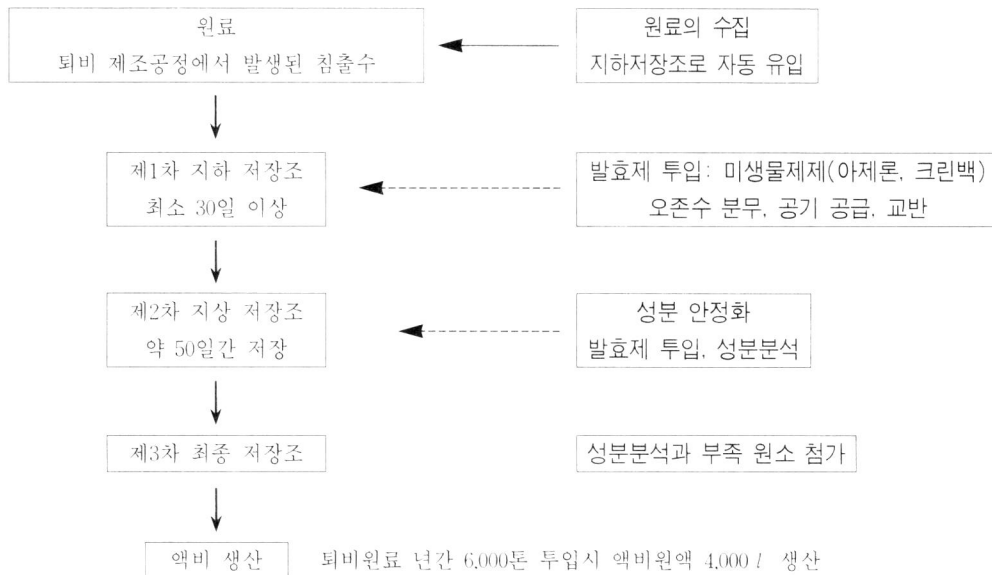


그림 2. 축분 발효침출액의 액비화 제조공정

당하며, 열의 발생에 의한 수분의 증발로 인해 지속적으로 감소된다고 하였다.

퇴비 제조공정의 1차 발효과정에 투입되는 미생물 제제의 구성과 혼합비는 미강 60%, 톱밥 38%, 아제론과 크린백 2%로 하였다. 발효과정 중에 발생하는 악취의 제거를 위해 오존수를 분무하고, 환풍기를 이용한 통풍과 공기교반을 실시하였다며, 온도는 50~60°C로 유지되었다. 퇴비화 과정중의 온도변화는 퇴비화 반응의 진행여부라 할 미생물의 대사활동을 나타내는 지표로 볼 수 있는데, 퇴비물질의 분해작용이 일어나는지의 여부를 판단하는 기준이 되기도 한다 (김, 1998).

이후 1차 발효과정에서 발생하는 침출수는 지하 저장조로 자동유입되도록 하였다. 지하 저장조에 저장중 악취 제거와 발효를 위해 환풍기와 교반기에 의한 강제 공기공급과 교반을 실시하고 미생물 제제를 투입하였다. 본 1차 저장조에는 최소 30일 이상 저장 후 지상부에 있는 2차 저장조로 펌프를 이용하여 이동하도록 하였고 펌프 내에 여과장치를 설치하여 잔존물이 생기지 않도록 하였다. 2차 저장조에서 약 50일간 저장하여 안정화시키면서 이때 미생물 제제를 투입하여 액비의 성분분석을 1차 실시하였다. 이후 3차 저장조로 보내어 2차 성분분석 후 부족원소를 첨가하였으며 액비로 사용 될 때까지 저장하도록

표 1. 축분퇴비의 성분분석 결과

분석항목	유기물(%)	유기물대 질소비	N(%)	P(%)	K(%)
시료	37.89	34.45	1.10	1.95	1.31
분석항목	Pb(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Cr(mg/kg)	As(mg/kg)
시료	3.89	1.55	169.06	4.66	0.33
분석항목	Hg(mg/kg)	염분(%)	수분(%)	pH	EC(mS/cm)
시료	0.01	0.31	43.78	8.78	3.21

표 2. 2차 저장조의 축분액비원액의 성분분석 결과

분석항목	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
시료	1.44	0.06	2.49	0.02	0.02
분석항목	Pb(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Fe(mg/kg)	pH	EC(mS/cm)
시료	불검출	1.02	28.32	7.84	85.80

표 3. N과 K를 보증한 최종 축분액비의 성분분석 결과

분석항목	N(%)	P(%)	K(%)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	B (mg/l)	Fe (mg/l)
시료	4.62	0.69	5.02	12	27	0.3	1346	101
기준량	10 이상			10,000	1,000	500	1,000	
분석항목	Mo (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	As (mg/l)	황청산화물 (mg/l)	아질산 (mg/l)	뷰렛태 질소 (mg/l)	설파민산 (mg/l)
시료	0.9	7	17	1.4	1205	혼적	2.7	49
기준량	5	500	500	40	50	200	100	50

하였다. 이상의 제조공정을 통해 생산된 퇴비와 축분 액비를 분석한 결과는 표 1~3과 같다.

국내 시판가능한 퇴비는 함유하여야 할 주성분의 최소량(%)이 유기물 25%이며 함유할 수 있는 유해성분의 최대량(%)은 비소 50mg/kg, 카드뮴 5mg/kg, 수은 2mg/kg, 납 150mg/kg, 크롬 300mg/kg, 구리 500mg/kg이고 유기물 대 질소의 비 50 이하로 염분(NaCl) 1.0%이하이어야 한다. 퇴비로 사용가능한 원료는 농림부산물류(짚류, 왕겨, 미강, 녹비, 농작물잔사, 낙엽, 수피, 톱밥, 목편, 부엽토, 야생초, 폐사료, 한약재찌꺼기, 이탄, 토탄, 갈탄, 깻묵류 및 기타 유사물질 포함), 수산부산물(어분, 어묵찌꺼기, 해초찌꺼기, 게껍질, 해산물 도매 및 소매장 부산물포함), 인·축분뇨 등 동물의 분뇨(인분뇨 처리잔사, 구비, 우분뇨, 돈분뇨, 계분, 기타 동물의 분뇨), 음식물쓰레기, 식료품 제조업·유통업 또는 판매업에서 발생하는 동·식물성 잔재물(도축, 고기가공 및 저장, 낙농업, 과일 및 야채, 통조림 및 저장가공, 동식물 유지류 빵제품 및 국수, 설탕 및 과자, 배합사료, 조미료, 두부 및 기타), 음료품 및 담배 제조업에서 발생하는 동식물성 잔재물(주정, 소주, 인삼주, 증류주, 약주 및 탁주, 청주, 포도주, 맥주, 청량음료, 담배제조업 및 기타) 등으로 규정되어 있다(비료공정규격, 농촌진흥청고시 제1999-1호).

위의 분석결과를 보면 퇴비는 고시된 비료공정규격에 적합한 상태이다. 유기물은 25% 이상이며 비소, 납, 카드뮴, 구리, 크롬 등의 중금속 역시 각 허용기준치 이하를 나타내었고, 수분함량 역시 적절한 수준이었다(표 1).

국내에서 시판가능한 복합비료 중 양액재배 또는 관주용이 함유하여야 할 주성분의 최소량(%)은 질소 전량, 수용성 인산 또는 수용성 가리 중 2종 이상의 합계량이 10% 이상이고 각성분별 보충 성분 함량은 1.0% 이상이어야 하며, 고토, 망간, 붕소, 철, 물리브덴, 아연, 구리, 칼슘(석회)중 5종 이상을 수용성으로 보증해야 하고, 함유할 수 있는 유해성분의 최대량은 질소, 인산, 가리 성분 합계량의 함유율 1%에 대하여 황철산화물 0.005, 비소 0.004, 아질산 0.02, 뷰렛태 질소 0.01, 설과민산 0.005% 등으로 규정하고 있다(비료공정규격, 농촌진흥청고시 제1999-1호).

비료공정규격을 만족시키기 위해 부족원소를 첨가하기 전의 액비의 성분은 N, P, K의 성분이 모두 기준량보다 부족하였고 납이나 구리, 철 등의 중금속은 검출되지 않거나 매우 미량으로 검출되어 부족원소를 첨가하지 않고 농가에서 일반적인 거름으로 사용하는 데 문제는 없는 것으로 판단된다(표 2). 비료공정규격을 만족시키기 위해 3차 저장조에서 N과 K를 첨가한 후 성분분석 결과를 보면 N, P, K의 함량은 3종을 합쳐 10% 이상으로 기준을 만족시키고, 기타 중금속 함량 역시 허용기준치 이하를 나타내고 있다(표 3). 단, 황철산화물의 함량이 원소 첨가 후 화학반응을 통해 기준규격보다 다소 높아져 시용에 문제점을 나타냈으며 이에 대한 해결책이 요구되었다.

2. 축분액비의 채소류 공정육묘 시용효과 검증

가. 1차 육묘실험

상기의 제조공정을 통해 생산된 액비를 토마토, 고추, 배추, 상추의 4작물을 공시하여 육묘효과를 알아보았다.

토마토의 생육결과는 모든 조사항목에서 처리간에 유의차가 인정되었고, 그 중 '토실이' 유비상토의 효과가 가장 좋았다(표 4). '토실이' 유비상토는 CDU와 UF 등의 비료가 제조공정에서 혼합되어지므로 이러한 초기 영양분의 효과가 재배 후반기부터 처리를 시작한 액비처리구의 효과보다 월등하게 나타난 것으로 생각된다. 액비처리구 내에서는 20배 희석처리구가 제일 나았고, N과 P 성분이 추가된 NP100배희석처리구가 다음으로 좋았다. NP100 처리구는 N과 P가 추가되지 않은 100배 희석처리구보다 생육이 더 나아 추가된 N과 P의 효과가 나타난 것으로 생각된다. NP500배 처리구는 100배 희석처리구보다 생육이 불량하여 대조구보다 못한 결과를 나타냈다. 대조구는 용현농협 육묘장의 일반관리법에 따른 것으로 일정량의 양액이 공급되므로 100배 희석처리구나 NP500배 처리구보다 더 나은 결과를 보인 항목도 있었다.

고추의 생육결과를 보면 토마토의 결과와 같이 '토실이' 유비상토의 효과가 가장 나았다(표 5). 하지만 액비 처리에서는 토마토와 달리 초장에서 50%

표 4. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향

처리구 ^z	초장 (cm)	엽수 (개)	절간장 (cm)	직경 (mm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	17,16 cd ^y	5,91 ab	3,59 c	2,68 c	2,36 bc	1,04	1,54 b	0,45 b
20	19,51 b	6,08 a	5,42 ab	2,92 c	2,87 b	1,06	1,60 b	0,39 bc
100	15,58 de	5,41 abc	3,73 c	2,96 c	2,07 cd	1,02	1,19 bc	0,30 cd
NP100	18,75 bc	5,50 ab	5,10 b	3,24 b	2,79 b	1,10	1,62 b	0,28 cd
NP500	14,17 e	4,75 c	3,69 c	2,87 c	1,60 d	0,75	0,96 c	0,21 d
'토실이'	30,56 a	5,25 bc	6,36 a	3,62 a	4,94 a	1,31	3,05 a	0,71 a

^z 대조구 : 무시비, 20 : 원액 20배 희석, 100 : 100배 희석, NP100 : 원액에 N 0,06%, P 0,04% 추가 후 100배 희석, NP500 : 원액에 N 0,06%, P 0,04% 추가 후 500배 희석, '토실이' : '토실이' 유비상토((주)신안그로)

^y Duncan의 다중검정, P=0,05

표 5. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향

처리구 ^z	초장 (cm)	엽수 (개)	절간장 (cm)	직경 (mm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	12,56 b ^y	9,41 a	3,02 b	2,01 b	1,06 b	1,10	0,69 b	0,36 b
20	9,00 c	9,00 a	2,60 b	1,78 bcd	0,76 b	0,73	0,47 c	0,20 c
100	8,88 c	7,16 b	2,95 b	1,77 cd	0,70 b	1,65	0,41 c	0,27 bc
NP100	9,06 c	7,58 b	3,06 b	1,87 bc	0,70 b	0,67	0,46 c	0,26 bc
NP500	7,95 c	7,00 b	2,74 b	1,63 d	0,82 b	0,60	0,46 c	0,26 bc
'토실이'	28,26 a	9,50 a	5,59 a	3,17 a	3,40 a	1,21	2,17 a	0,73 a

^{z, y} 표 4 참고

표 6. 배추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향

처리구	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구 ^z	5,16	5,87 c ^y	2,46 c	1,20 b	0,42	0,75 b	0,18 b
20	6,33	7,92 b	2,81 b	1,96 a	0,37	1,07 a	0,18 b
100	6,08	5,59 c	2,13 d	1,25 b	0,43	0,80 b	0,19 b
NP100	5,66	5,67 c	2,11 d	1,10 b	0,36	0,75 b	0,10 b
NP500	6,08	5,82 c	2,22 cd	1,25 b	0,32	0,85 b	0,15 b
'토실이'	5,83	9,35 a	3,25 a	2,08 a	0,45	1,19 a	0,29 a

^{z, y} 표 4 참고

이상 더 길었고, 다른 조사항목에서도 생육이 비슷하거나 더 나왔다. 이러한 결과는 전체적으로 생육 후반기에 이루어진 액비 처리에 의한 것으로 생각되며 고추 육묘에서 액비의 사용시기에 대한 조사 필요성이 요구되었다. 액비처리구간에는 토마토의 결과와 같은 경향을 보였으나 유의차가 없어 늦은 액비 사용시기로 인해 처리구들간에 생육차가 확연히 나타나지 않은 것으로 생각된다.

배추의 생육결과를 보면 엽수는 처리간에 유의차가 없었으나 엽의 생육정도인 엽장과 엽폭은 '토실이' 유비상토에서 생육이 가장 나왔고, 20배 희석처리가 그 다음으로 좋았다(표 6). 대조구나 타 처리구간에는 유의차가 없었다. 지상부의 생체중과 건물중을 보면 '토실이' 처리구와 20배 희석 처리구가 생육이 양호하며 다른 처리간에는 유의차가 없었으며 지하부의 생체중은 유의차가 없었으며, 건물중은 액비 처리간에 차이가 인정되지 않았다. 배추의 육묘에서는 희석비율에 대한 세밀한 조사가 더 필요할 것으로 생각된다.

상추의 생육결과를 보면 배추와 같은 경향을 보이고 있으며 액비처리구간에 유의차가 나타나지 않았으며 20배 희석처리구외에는 일정한 경향도 유지되지 않았다(표 7). 엽수나 지하부 생체중의 경우는 '토실이' 처리구와도 유의차가 인정되지 않아 배추나 고추의 결과와 같이 사용시기나 희석비율에 대한 조사가 더 요구되었다.

이상의 결과에서 토마토 묘에 대한 액비사용의 효과를 인정할 수 있었고, 또 N과 P의 추가의 효과도 인정할 수 있었다. 20배 희석처리구를 제외하고는 그 처리간 차이가 뚜렷하지는 않았지만 고추, 배추, 그리고 상추 등의 작물에서도 희석 비율별로 생육이 더 나아 사용효과가 있는 것으로 판단되었다. 단, 액비 사용시기가 다소 늦어 고추나 배추 등에서 생육효과가 나타나지 못한 것으로 생각되며 사용시작시기에 대한 조사가 필요하였다.

나. 2차 육묘실험

고추, 토마토, 오이, 수박 접목묘의 4가지 작물을 공시하여 축분액비의 사용효과를 검정하였다.

시비농도에 따른 수박 접목묘의 생육결과를 보면 액비가 사용되기 직전인 과종 후 55일 째에서 처리간에 대부분 유의차가 인정되지 않았다(표 8). 육묘장의 관행 관리방법에 따라 관리되는 일반 처리구와 대조구가 오히려 생육이 더 나은 결과였다. 축분액비가 시비농도별로 처리되고 난 후의 과종 91일 째에서는 절간장과 지하부 생체중에서 유의차가 인정되지 않은 것을 제외하고는 처리간에 유의차가 인정되었으며, 1차 실험의 토마토와는 달리 40배 희석처리구의 생육이 지하부 건물중을 제외한 전체적인 조사항목에서 생육이 나은 결과를 나타내었다(표 9). 또 80배 희석처리구 역시 20배 희석처리구보다 생육이 더 좋거나 비슷한 결과를 나타내었다. 이러한 실험결과

표 7. 상추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향

처리구 ^z	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	4.75	9.06 c ^v	3.12 b	1.19 b	1.11	0.44 b	0.46 b
20	5.50	10.29 b	3.46 b	1.41 b	1.17	0.49 b	0.39 b
100	6.00	7.62 d	2.78 b	1.01 b	0.90	0.38 b	0.35 b
NP100	5.75	7.94 d	2.84 b	1.20 b	1.05	0.43 b	0.40 b
NP500	5.66	7.68 d	2.68 b	1.19 b	0.99	0.48 b	0.45 b
'토실이'	6.00	12.58 a	6.55 a	4.57 a	1.40	2.33 a	0.86 a

^{z, v} 표 4 참고

는 실험이 수행된 육묘장의 일반관리에서 일어난 영향으로 생각되었다. 액비처리구들은 대조구나 일반관리구와는 그 생육차가 인정되거나 양호하였다.

시비농도에 따른 오이 묘의 생육결과를 보면 액비를 사용하기 직전인 파종 후 55일째에는 하배축장이나 경직경, 지상하부의 건물중에서 처리간에 아무런 유의차가 없었다. 초장이나 지상하부의 생체중은 일반관리구의 생육이 다소 좋지 않은 것을 제외하고는 일정한 경향이 없고 NP100 처리구의 생육이 양호한 상태였다(표 10).

엽의 생육결과를 보면 위의 결과와 유사한 경향이 며 엽록소 농도는 유의차가 없었다. 일반관리구의 생육이 다소 떨어지는 상태였다(표 11).

액비를 농도별로 사용한 후인 파종 후 70일째의 생육결과를 보면 절간장이나 화아수, 지상하부의 건물중에는 처리간에 유의차가 인정되지 않았다(표 12). 그러나 화아수는 20배와 40배 희석처리구의 수들이 많은 경향을 보였다. 초장이나 경직경은 5개 액비처리구들이 3개 대조구들보다 생육이 양호하였다. 대조구내에서 양액이 공급되는 일반양액 처리구가 다른

표 8. 수박 접목묘의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 55일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	엽수 (개)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	2.87	3.56	29.63	2.68	0.82 a ^v	201.00	52.00
일반	2.90	4.10	27.66	2.55	0.78 a	225.00	46.33
20	3.19	3.56	26.60	2.23	0.51 b	222.33	32.33
40	3.93	3.60	26.53	2.36	0.50 b	202.33	33.33
80	4.37	4.10	24.90	2.51	0.58 b	215.66	35.66
NP100	3.63	3.90	25.20	2.57	0.50 b	206.66	23.33
NP500	3.41	4.00	24.96	2.45	0.53 b	223.66	39.66

^z 대조구 : 무시비, 일반 : 용현육묘장 관행관리, 20 : 원액 20배 희석, 40 : 40배 희석, 80 : 80배 희석, NP100 : 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 100배 희석, NP500 : 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 500배 희석

-대조구와 일반관리구는 용현농협외의 제조상태, 액비처리구는 피트모스 50% + 질석 30% + 펄라이트 20%

^v Duncan의 다중검정, P=0.05

표 9. 수박 접목묘의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 91일 후)

처리구 ^z	초장 (cm)	절간장 (cm)	엽수 (개)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	4.61 d	0.93	5.90 b	22.16 c	3.75 c	1.53	427.66 c	111.00 a
일반	5.06 d	0.90	6.13 b	21.93 c	2.97 d	1.08	342.00 d	70.00 cd
20	12.54 b	1.13	8.00 a	21.93 c	2.97 d	1.08	541.33 b	74.33 bcd
40	17.12 a	1.20	8.66 a	39.53 a	5.91 a	1.04	688.00 a	86.66 b
80	14.40 b	1.20	8.00 a	28.50 bc	4.58 b	1.30	541.00 b	84.33 bcd
NP100	13.10 b	1.70	7.76 a	31.03 b	3.91 c	1.39	514.33 b	85.66 bc
NP500	12.28 b	1.00	7.43 a	29.76 b	3.74 c	1.35	460.00 c	69.00 d

^z 표 8 참고

2처리구보다 생육이 더 나은 경향이였다. 대조구의 생육이 나은 것은 공시된 상토 내에 일정량의 퇴비가 혼합되어 있어 그 퇴비의 효과에 의한 것으로 생각된다. 지상하부의 생체중과 건물중은 액비 20배 희석처리구가 가장 양호하고 대조구와 NP100배 처리구의 순으로 생육이 좋았다. NP100배 처리구는 40배와 80배 희석처리구보다 양호한 결과를 보여 N과 P의 첨가 효과가 적절히 나타난 것으로 판단된다. 단, NP500배 처리구는 양분 첨가에 의한 뚜렷한 결과를 나타내지 않아 희석비율이 너무 높은 것으로 생각된다. 엽부위의 생육결과를 보면 엽록소 농도에서 20배 희석처리구와 40배 희석처리구가 높은 수치를 나타

내어 좋았다(표 13). 엽수는 일반양액 관리구와 20배 희석 처리구가 많았고, 엽장은 유의차가 없었다. 엽폭은 대조구가 가장 넓었고, NP500 처리구가 가장 작아 생육이 좋지 않았다. NP500 처리구는 전체적으로 생육이 가장 떨어지는 양상을 보였다.

고추 묘의 생육결과를 보면 파종 후 55일째에는 처리간에 일정한 경향이 없었다(표 14). 하배축장이나 엽록소 농도, 지상부의 건물중에서 아무런 유의차가 인정되지 않았으며, 초장이나 지상하부의 생체중은 NP100 처리구와 일반관리구와 20배 희석처리구가 생육이 양호하였다.

시용 후 생육결과를 보면 20배 희석 처리구와 40배

표 10. 오이의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 55일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	하배축장 (cm)	경직경 (cm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	11.27 a ^v	6.15	3.32	2.67 ab	0.49 ab	295.66	28.33
일반	8.44 b	5.77	2.81	1.59 c	0.28 c	210.66	32.66
20	11.14 a	6.40	2.95	2.30 b	0.39 abc	419.00	36.66
40	10.43 ab	5.41	3.15	2.25 b	0.38 bc	508.33	38.33
80	12.10 a	6.98	3.03	2.58 ab	0.43 ab	347.66	41.00
NP100	11.58 a	6.65	2.93	2.84 a	0.52 a	280.00	28.66
NP500	12.24 a	6.84	3.18	2.49 ab	0.37 bc	336.00	33.33

^z 표 8 참고

표 11. 오이의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 엽의 생육에 미치는 영향(파종 55일 후)

처리구 ^z	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)
대조구	3.00 ay	4.65 a	5.28 a	25.46
일반	2.16 b	4.06 bc	4.10 c	21.46
20	3.00 a	4.06 bc	4.56 bc	23.26
40	3.00 a	4.46 ab	4.71 ab	24.00
80	3.00 a	4.30 abc	4.92 ab	25.73
NP100	3.10 a	4.22 bc	5.08 ab	25.10
NP500	3.00 a	3.97 c	4.80 ab	22.83

^z 표 8 참고

회석 처리구, 일반 양액관리구의 3처리의 순으로 좋았으며, 액비 처리구가 대조구들보다 생육이 나은 경향이였다(표 15). 엽록소 농도를 보면 20배 회석 처리구와 일반 양액관리구가 가장 높은 수치를 가졌고, 40배, 80배, 대조구, NP100배의 순이었으며, 일반 관리구와 NP500 처리구는 수치가 가장 낮아 생육이 불량하였다. NP500처리구는 회석비율이 너무 높은 것으로 판단되며 비율이나 첨가 성분의 조정이 필요할

것으로 생각된다. 모든 조사항목에서 액비 시용의 효과가 나타났으며 일반 양액관리구보다 액비 20배 회석처리구의 생육이 나아 실제 육묘에서 화학비료로 혼합조제되는 양액의 대체가능성을 확인하였다.

그림 3은 파종 91일 후 액비의 시비농도에 따른 고추 묘의 생육결과를 비교한 것이다.

시비농도에 따른 토마토 묘의 생육결과를 보면 액비 시용 전에는 처리간에 일정한 경향이 없고 처리

표 12. 오이의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 70일 후)

처리구 ²	초장 (cm)	절간장 (cm)	경직경 (cm)	화아수 (개)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	11.75 aby	3.13	3.30 ab	2.33	2.62 ab	0.57 a	333	40
일반	10.52 b	2.76	2.66 d	2.23	1.89 d	0.28 c	264	20
일반양액	11.96 ab	2.73	3.03 bc	2.43	2.42 bc	0.48 b	272	22
20	12.54 a	2.63	3.33 a	3.36	3.01 a	0.29 c	361	26
40	11.37 ab	2.56	2.96 c	3.96	2.47 b	0.33 c	305	23
80	12.35 a	2.93	2.73 cd	2.90	2.52 b	0.32 c	300	25
NP100	12.48 a	3.16	3.00 c	2.90	2.66 ab	0.45 b	353	27
NP500	10.29 b	2.73	2.56 d	2.90	1.99 cd	0.31 c	276	27

² 대조구 : 무시비, 일반 : 육묘장 관행 무양액관리, 일반양액 : 육묘장 관행 양액관리, 20 : 원액 20배 회석, 40 : 40배 회석, 80 : 80배 회석, NP100 : 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 100배 회석, NP500 : 원액에 N 0.06%, P 0.04% 추가 후 500배 회석 -대조구와 일반관리구는 용원농법의 제조상토, 액비처리구는 피트모스 50%+질석 30%+펄라이트 20%

³ Duncan의 다중검정, P=0.05

표 13. 오이의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 엽의 생육에 미치는 영향(파종 70일 후)

처리구 ²	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)
대조구	3.00 c ³	4.86	5.43 a	16.00 bcd
일반	3.10 c	4.00	4.26 cd	13.46 cd
일반양액	4.00 a	4.20	4.76 bc	17.53 bc
20	3.53 b	4.40	4.80 b	22.56 a
40	3.30 bc	4.26	4.76 bc	18.40 ab
80	3.30 bc	4.43	4.80 b	17.43 bcd
NP100	3.23 bc	4.63	4.93 b	16.46 bcd
NP500	3.00 c	3.90	4.20 d	12.66 d

² 표 12 참고

간에 유의차도 인정되지 않으나 액비 시용 후는 시비농도간의 차이가 뚜렷이 나타나고 있으며 20배 희석과 40배 희석, 그리고 일반 양액관리구의 순으로 생육이 모든 조사항목에서 가장 나은 결과를 보였다 (표 16~17). 질소 시비농도에 따른 수박 접목묘의 생육을 비교하였을 때 시비농도가 높아질수록 묘의 초장, 엽면적, 건물중, 마디수, 엽록소 농도가 유의성 있게 증가하였다고 한다(박 등, 1997). 또한 고추에서도 시비농도가 증가할수록 초장과 엽수, 엽면적, 엽록소 농도, 생체중과 건물중에서 처리간에 유의성이 인정된다고 하였다. 20배 희석처리구는 생육이 가장 나

아 적절한 희석비율로 판단되었고, 40배 희석 처리구 역시 양액관리구보다 생육이 좋거나 비슷하여 양액을 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단되었다. 80배와 NP100배 처리구 역시 대조구보다 생육이 더 좋고, 어떤 피해증상이 나타나지 않아 적절하게 사용이 가능할 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 고추나 토마토 육묘에서 축분액비 시용의 효과가 확실하였고, 또 양액의 대체가능성을 인정할 수 있었다. 액비시용에 의한 특별한 피해증상도 없어 제조된 축분액비를 여러 용도로 다양하게 활용 가능할 것으로 판단된다. 적절한 액비 시용

표 14. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 55일 후)

처리구 ^z	초장 (cm)	엽수 (개)	하배축장 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
대조구	6.49 bc ^y	4.60 bc	3.16	25.50	0.32 bc	0.18 b	85.66	13.33 c
일반	7.45 ab	6.00 a	3.06	27.33	0.51 a	0.34 a	52.33	29.00 ab
20	7.26 ab	5.53 ab	3.20	23.56	0.42 ab	0.28 ab	61.66	30.66 a
40	6.36 bc	5.40 abc	2.86	30.36	0.33 bc	0.25 ab	49.00	28.33 ab
80	7.30 ab	5.43 abc	3.30	27.86	0.39 abc	0.35 a	60.00	36.66 a
NP100	8.15 a	5.90 a	3.03	25.00	0.54 a	0.35 a	67.66	35.33 a
NP500	5.88 c	4.46 c	3.16	21.06	0.24 c	0.22 b	35.66	19.00 bc

^{z, y} 표 12 참고

표 15. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 91일 후)

처리구 ^z	초장 (cm)	엽수 (개)	절간장 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(mg)	지하부 건물중(mg)
대조구	8.90 d ^y	9.76 d	2.10	22.30 cd	0.77 ef	0.24 e	96.66 de	36.66 d
일반	8.68 d	7.90 e	2.00	18.20 e	0.66 fg	0.33 e	83.33 e	31.33 d
일반양액	14.16 b	13.66 a	2.00	34.06 a	1.71 b	0.71 bc	225.33 b	73.33 bc
20	16.92 a	12.76 ab	1.70	31.60 a	2.35 a	0.96 a	341.00 a	123.33 a
40	13.68 b	11.80 bc	1.76	26.76 b	1.50 c	0.77 b	214.33 b	88.00 b
80	11.68 c	10.33 cd	1.80	24.60 bc	1.02 d	0.65 cd	149.00 c	73.33 bc
NP100	10.93 c	10.10 d	1.86	19.56 de	0.95 de	0.59 d	131.00 cd	60.00 c
NP500	7.76 e	8.10 e	1.76	18.53 e	0.50 g	0.30 e	69.00 e	37.66 d

^{z, y} 표 12 참고

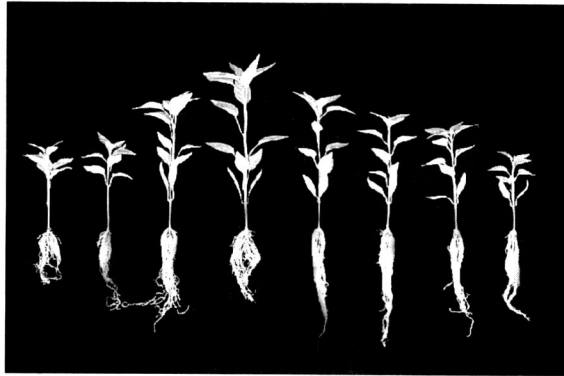


그림 3. 액비의 시비농도에 따른 고추 묘의 생육결과 비교(파종 91일 후)
(좌로부터 순서대로 대조구, 일반, 일반양액, 20, 40, 80, NP100, NP500 처리구)

표 16. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 55일 후)

처리구 ²	초장 (cm)	엽수 (개)	하배축장 (cm)	경직경 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중 (g)	지하부 생체중 (g)	지상부 건물중 (g)	지하부 건물중 (g)
대조구	7.69 c ^v	3.66 c	4.33	2.43 d	26.83	0.94 b	0.32 c	121.66 b	21.00
일반	8.63 bc	4.00 bc	5.30	2.63 cd	23.46	0.93 b	0.38 bc	125.66 b	30.00
20	9.20 bc	3.80 c	5.53	2.46 d	24.56	1.19 b	0.56 ab	161.66 b	45.00
40	9.41 b	3.80 c	5.20	2.96 bc	24.43	1.27 b	0.50 abc	171.33 b	40.00
80	7.84 bc	3.80 c	4.46	2.70 bcd	22.53	0.92 b	0.32 c	89.00 b	35.00
NP100	8.66 bc	4.26 b	4.53	3.00 b	23.50	1.26 b	0.41 bc	283.33 a	41.00
NP500	12.86 a	5.10 a	6.16	3.46 a	22.46	2.43 a	0.62 a	107.33 b	35.00

²v 표 12 참고

표 17. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(파종 91일 후)

처리구 ²	초장 (cm)	엽수 (개)	절간장 (cm)	경직경 (cm)	엽록소 농도 ($\mu\text{g} \cdot \text{gfw}^{-1}$)	지상부 생체중 (g)	지하부 생체중 (g)	지상부 건물중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
대조구	13.66 ef ^v	6.00 e	2.10 a	2.96 c	22.86	2.69 de	0.57 b	318 c	56 d
일반	12.47 f	6.20 e	1.53 c	2.73 d	24.53	1.93 e	0.45 b	203 d	39 e
일반양액	17.34 cd	7.46 c	1.96 ab	3.20 b	30.76	5.06 b	0.93 a	513 b	85 b
20	23.93 a	8.90 a	1.73 abc	3.50 a	26.93	6.76 a	1.13 a	772 a	113 a
40	20.38 b	8.00 b	1.50 c	3.23 b	28.23	4.93 b	0.97 a	570 b	88 b
80	17.80 c	7.20 cd	1.66 bc	3.13 bc	22.73	4.34 bc	0.94 a	519 b	82 b
NP100	16.06 d	6.76 d	2.10 a	3.23 b	20.86	3.30 cd	0.91 a	365 c	75 bc
NP500	14.60 e	6.80 d	1.46 c	2.96 c	26.03	2.51 de	0.62 b	348 c	61 cd

²v 표 12 참고

농도는 20배와 40배 희석처리였고, NP500배 처리는 너무 희석되어 농도가 적절치 못한 것으로 판단된다.

다. 3차 육묘실험

고추와 토마토를 공시하고, 용현농협 육묘장과 경상대학교 부속농장 유리온실 2곳에서 동시에 액비시용효과를 알아보려고 하였다.

용현육묘장에서 재배된 고추 묘의 생육결과를 보면 파종 후 45일째에는 '토실이' 유비상토의 생육이 가장 양호하였으며 퇴비상토와 퇴비+'토정' 처리 상토의 결과가 그 다음이었다(표 18~20). 액비 처리구는 전체적으로 농도가 높을수록 생육이 양호한 경향이였다. 500배 희석처리구의 생육이 가장 불량하여 500배 농도는 실제 재배에 이용하기에 적절하지 못한 것으로 생각된다.

파종 후 60일째의 결과를 보면 45일째의 생육결과와 유사한 경향을 보이고 있으나 45일째의 결과에 일정하지 않던 경향이 60일째에 이르러서는 시비농도에 따른 생육차가 확연히 나타났다. 20배 희석 처리구의 생육이 가장 좋았고 40, 80, 100배의 순서였다. 건물중의 결과에서는 액비처리구간에 유의차가 없었다.

토마토 묘의 생육결과를 보면 파종 후 45일째에는 '토실이' 유비상토나 퇴비상토, 그리고 퇴비+'토정' 처리 상토의 결과가 전체적으로 양호하였고, 액비처리구는 20배 희석처리구가 가장 좋으며 대조구들과도 결과가 유사하였다(표 21~23). 다른 처리농도들 간에는 일정한 경향이 없었다. 파종 후 60일째에는 액비 20배 희석처리구의 생육이 타처리구보다 월등히 나았고, 생육이 우수하였던 대조구들보다 더 좋아졌다. 다른 액비처리구들의 생육도 양호하였으나 대조구들보다는 못하였다.

학교 농장에서의 고추 묘의 생육결과를 보면 파종 후 45일째에는 대조구인 3가지 상토처리구의 생육이 가장 양호하였고, 액비처리구는 시비농도순으로 생육이 좋았다(표 24). 액비처리구간에는 유의차가 나타나지 않았다. 파종 후 60일째의 결과 역시 45일째와 같은 경향이였으며 액비처리구내에서는 시비농도의 순서대로 그 생육차가 뚜렷하였다(표 25-26).

토마토 묘의 생육을 보면 파종 후 45일째에 고추와는 달리 이미 20배 희석처리구의 생육이 대조구들의 생육보다 더 좋은 결과를 보였다(표 27). 파종 후 60일째에는 20배와 40배 희석처리구의 생육이 대조구

표 18. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(용현, 파종 45일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	절간장 (cm)	엽수 (개)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
20	6.22 de ^s	2.10 bc	4.55 c	1.41 cd	0.57 e	0.10 de	0.06 d
40	6.25 de	2.01 bc	4.44 c	0.72 e	0.88 cde	0.16 cde	0.08 bcd
80	7.13 cd	2.31 abc	4.89 bc	1.31 cd	1.24 bc	0.18 cd	0.09 bcd
100	7.95 bc	2.65 ab	4.89 bc	1.60 c	1.51 ab	0.21 c	0.14 abc
500	5.04 e	1.60 c	2.55 d	0.60 e	0.62 de	0.08 e	0.08 bcd
퇴비	8.31 bc	2.33 abc	6.22 ab	2.71 b	1.11 bcd	0.33 b	0.12 abc
퇴비+'토정'	8.89 b	2.54 ab	6.55 a	2.94 b	1.30 bc	0.36 b	0.15 ab
'토실이'	12.10 a	3.05 a	7.22 a	4.40 a	1.93 a	0.48 a	0.18 a

^z 20 : 원액 20배 희석, 40 : 40배 희석, 80 : 80배 희석, 100 : 100배 희석, 500 : 500배 희석, 퇴비 : 용현 퇴비 30% + Vapo Peatmoss 70% 혼합상토, 퇴비+'토정' : 퇴비상토 혼합시 '토정' 1000배 희석액 관주처리, '토실이' : '토실이' 유비상토((주) 신안그로)

-액비처리구는 Vapo Peatmoss 70% + Perlite 20% + Vermiculite 10%로 조제된 혼합상토 사용

^y Duncan의 다중검정, P=0.05

표 19. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(용현, 파종 60일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	절간장(cm)	엽수(개)	경직경(cm)	엽면적(cm ²)
20	12.79 bc ^y	2.62	8.11 bcd	2.10 cd	65.62 b
40	11.01 cd	2.59	7.22 cd	1.90 d	47.07 bc
80	9.11 d	2.72	6.77 d	1.89 d	33.77 bc
100	9.44 d	2.76	6.78 d	1.93 d	40.00 bc
500	6.03 e	1.93	4.66 e	1.52 e	12.82 c
퇴비	14.64 ab	2.69	9.66 a	2.67 b	151.50 a
퇴비+ '토정'	15.36 ab	3.04	9.22 ab	2.42 bc	134.50 a
'토실이'	17.04 a	2.84	8.66 abc	3.07 a	135.75 a

^z 표 18 참고

표 20. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 무게 생육에 미치는 영향(용현, 파종 60일 후)

처리구 ^z	엽	경	근	엽	경	근
	생체중(g)	생체중(g)	생체중(g)	건물중(g)	건물중(g)	건물중(g)
20	1.86 b ^y	1.31 c	1.52 abc	0.08 b	0.14 c	0.18 b
40	1.40 bc	1.10 cd	1.52 abc	0.05 b	0.16 c	0.16 bc
80	1.19 bc	0.90 cd	1.63 ab	0.01 b	0.11 c	0.18 b
100	1.27 bc	0.94 cd	1.33 bc	0.01 b	0.15 c	0.18 b
500	0.46 c	0.44 d	0.73 c	0.00 b	0.08 c	0.08 c
퇴비	3.65 a	2.49 ab	2.39 a	0.29 a	0.36 ab	0.29 a
퇴비+ '토정'	3.23 a	2.22 b	2.02 ab	0.22 a	0.30 b	0.24 ab
'토실이'	3.68 a	3.04 a	1.92 ab	0.30 a	0.41 a	0.30 a

^{z, y} 표 18 참고

표 21. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(용현, 파종 45일 후)

처리구 ^z	초장	절간장	엽수	경직경	지상부	지하부	지상부	지하부
	(cm)	(cm)	(개)	(cm)	생체중(g)	생체중(g)	건물중(g)	건물중(g)
20	14.53 ab ^y	3.58 bc	5.00 a	3.58 a	9.30 ab	1.96 a	1.00 a	0.15
40	12.30 abc	3.58 bc	4.33 ab	3.18 a	7.33 b	1.64 ab	0.95 ab	0.15
80	14.44 ab	2.18 de	3.66 cd	2.39 b	3.07 c	1.19 bc	0.43 cd	0.11
100	9.56 bc	2.64 cd	4.00 bc	2.69 b	4.30 c	1.54 ab	0.64 bc	0.11
500	5.51 c	1.33 e	3.11 d	1.82 c	1.62 c	0.97 c	0.25 d	0.10
퇴비	15.37 ab	4.67 ab	4.89 a	3.42 a	11.02 a	1.57 ab	1.30 a	0.19
퇴비+ '토정'	17.17 a	5.40 a	5.00 a	3.38 a	12.11 a	1.46 b	1.17 a	0.50
'토실이'	14.68 ab	4.33 ab	5.00 a	3.44 a	10.78 a	1.93 a	1.10 a	0.22

^{z, y} 표 18 참고

들보다도 나았으며 80배 처리구도 양호하였다(표 28 ~ 29). 500배 희석처리구는 다른 작물과 같이 생육이 아주 불량하여 재배에 적절하지 못한 농도로 판단되었다. 또, 대조구는 후반기로 갈수록 하위 엽의 황화가 일어나 상토 내의 저장양분 부족현상을 나타내었다. 토마토 묘에서는 20배와 40배의 희석농도가 재배에 가장 적절한 것으로 결론 내릴 수 있다.

이상의 결과에서 재배환경이나 관리방법의 차이는 액비시용의 효과에 영향을 끼치지 못하는 것으로 판단된다. 액비처리는 시비농도가 높을수록 작물이나 장소에 관계없이 생육이 우수한 결과를 보였다. 이 등(2000)은 고추육묘에서 왕겨를 혼합한 두 종류의

배지에 배양액의 다량원소농도를 75%, 100%, 125%, 150%로 시비하면서 재배하였을 때 묘의 생육은 배지에 상관없이 시비농도가 높을수록 비례하여 증가하였다고 보고한 바 있다. 또 용기 부피와 시비개시시기, 시비농도 차이에 따른 토마토 육묘실험에서도 시비농도가 높을수록 초장, 엽수, 엽면적, 건물중 등이 유의성 있게 증가하였다고 보고되었다(이와 김, 1999). 이러한 결과들은 본 실험과 같은 경향을 나타내는 것이다. 박 등(1998)은 양액의 이온농도에 따른 수박의 생장을 비교하였을 때 육묘기에서 고농도의 양액처리가 생육억제현상을 나타냈다고도 보고하였지만 본 실험에서는 제일 고농도인 20배 희석처리구

표 22. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(용현, 파종 60일 후)

처리구 ²⁾	초장(cm)	절간장(cm)	엽수(개)	경직경(cm)	엽면적(cm ²)
20	22.31 a ³⁾	3.17 c	6.89 a	3.64 ab	265.26 a
40	17.16 b	3.53 bc	5.99 b	3.31 bc	177.95 bc
80	11.22 cd	2.19 de	5.11 c	2.91 c	100.07 cd
100	13.20 c	2.94 cd	5.00 c	3.05 c	106.62 cd
500	8.48 d	1.82 e	4.00 d	2.22 d	35.35 d
퇴비	18.10 b	4.37 ab	5.55 bc	3.60 ab	275.81 a
퇴비+ '토정'	19.09 ab	4.84 a	6.00 b	3.55 ab	292.16 a
'토실이'	17.81 b	4.32 ab	5.77 bc	3.81 a	228.14 ab

²⁾ 표 18 참고

표 23. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 무게 생육에 미치는 영향(용현, 파종 60일 후)

처리구 ²⁾	엽	경	근	엽	경	근
	생체중(g)	생체중(g)	생체중(g)	건물중(g)	건물중(g)	건물중(g)
20	9.86 a ³⁾	6.49 a	2.42	1.23 a	0.77 a	0.30 ab
40	6.52 bc	4.51 b	2.36	0.84 ab	0.55 ab	0.25 ab
80	3.93 cd	2.44 c	1.89	0.52 b	0.32 bc	0.20 bc
100	3.98 cd	2.71 c	1.89	0.43 bc	0.36 bc	0.22 abc
500	1.57 d	1.10 c	1.36	0.07 c	0.15 c	0.12 c
퇴비	8.63 ab	5.84 ab	2.57	1.05 a	0.79 a	0.31 ab
퇴비+ '토정'	9.03 ab	6.11 ab	2.38	1.02 a	0.73 a	0.29 ab
'토실이'	7.73 ab	5.82 ab	2.29	0.99 a	0.83 a	0.32 a

²⁾ 표 18 참고

표 24. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(학교, 파종 45일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	절간장(cm)	엽수(개)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
20	7.37 bc ^y	2.19 a	5.44 bc	1.86 bc	0.93 bc	0.20 b	0.13
40	7.43 bc	2.27 a	4.88 c	1.64 c	1.41 ab	0.22 b	0.18
80	7.47 bc	2.36 a	4.78 c	1.72 bc	1.54 ab	0.23 b	0.16
100	6.70 c	2.16 a	4.89 c	1.46 c	1.57 ab	0.20 b	0.18
500	4.83 d	1.22 b	2.44 d	0.52 d	0.64 c	0.07 c	0.07
퇴비	7.90 abc	2.17 a	5.66 bc	1.90 bc	1.00 bc	0.27 b	0.10
퇴비+ '토정'	8.70 ab	2.57 a	6.83 a	2.48 ab	0.94 bc	0.28 b	0.10
'토실이'	9.20 a	2.53 a	6.44 ab	3.04 a	1.75 a	0.38 a	0.18

^{z, y} 표 18 참고

표 25. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(학교, 파종 60일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	절간장(cm)	엽수(개)	경직경(cm)	엽면적(cm ²)
20	12.79 bc ^y	2.62	8.11 bcd	2.10 cd	65.62 b
40	11.01 cd	2.59	7.22 cd	1.90 d	47.07 bc
80	9.11 d	2.72	6.77 d	1.89 d	33.77 bc
100	9.44 d	2.76	6.78 d	1.93 d	40.00 bc
500	6.03 e	1.93	4.66 e	1.52 e	12.82 c
퇴비	14.64 ab	2.69	9.66 a	2.67 b	151.50 a
퇴비+ '토정'	15.36 ab	3.04	9.22 ab	2.42 bc	134.50 a
'토실이'	17.04 a	2.84	8.66 abc	3.07 a	135.75 a

^{z, y} 표 18 참고

표 26. 고추의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 무게 생육에 미치는 영향(학교, 파종 60일 후)

처리구 ^z	엽	경	근	엽	경	근
	생체중(g)	생체중(g)	생체중(g)	건물중(g)	건물중(g)	건물중(g)
20	1.86 b ^y	1.31 c	1.52 abc	0.08 b	0.14 c	0.18 b
40	1.40 bc	1.10 cd	1.52 abc	0.05 b	0.16 c	0.16 bc
80	1.19 bc	0.90 cd	1.63 ab	0.01 b	0.11 c	0.18 b
100	1.27 bc	0.94 cd	1.33 bc	0.01 b	0.15 c	0.18 b
500	0.46 c	0.44 d	0.73 c	0.00 b	0.08 c	0.08 c
퇴비	3.65 a	2.49 ab	2.39 a	0.29 a	0.36 ab	0.29 a
퇴비+ '토정'	3.23 a	2.22 b	2.02 ab	0.22 a	0.30 b	0.24 ab
'토실이'	3.68 a	3.04 a	1.92 ab	0.30 a	0.41 a	0.30 a

^{z, y} 표 18 참고

표 27. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(학교, 파종 45일 후)

처리구 ^z	초장 (cm)	절간장 (cm)	엽수 (개)	경직경 (cm)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)	지상부 건물중(g)	지하부 건물중(g)
20	20.34 ay	3.86 b	6.00 a	4.54 a	17.67 a	2.64 bc	1.55 a	0.28
40	11.22 d	2.82 c	4.55 b	3.65 bc	7.69 c	1.98 c	0.84 bc	0.19
80	8.40 e	1.92 d	4.55 b	2.99 c	4.41 cd	1.97 c	0.53 cd	0.48
100	8.77 e	2.22 d	4.33 b	3.02 c	5.19 cd	2.13 c	0.72 c	0.19
500	5.43 f	1.02 e	2.55 c	1.81 d	1.29 d	0.99 d	0.20 d	0.10
퇴비	13.91 c	3.91 b	4.89 b	4.01 ab	13.33 ab	3.53 a	1.71 a	0.33
퇴비+ '토정'	17.63 b	4.88 a	4.89 b	4.12 ab	14.57 a	2.80 abc	1.39 a	0.27
'토실이'	12.74 cd	3.72 b	4.89 b	3.78 b	9.00 bc	3.19 ab	1.26 ab	0.30

^{z, y} 표 18 참고

표 28. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 생육에 미치는 영향(학교, 파종 60일 후)

처리구 ^z	초장(cm)	절간장(cm)	엽수(개)	경직경(cm)	엽면적(cm ²)
20	36.13 ay	4.35 a	8.44 a	5.06 a	706.29 a
40	24.94 b	3.07 bc	6.88 b	3.90 bc	295.33 b
80	17.02 cd	2.82 bc	6.22 bc	3.55 c	161.99 cd
100	15.60 d	2.56 cd	6.00 cd	3.78 bc	126.42 d
500	7.43 e	1.51 d	3.33 e	2.53 d	21.79 e
퇴비	18.03 cd	4.50 a	5.11 d	3.87 bc	171.42 cd
퇴비+ '토정'	20.49 c	4.75 a	5.88 cd	4.30 b	238.74 bc
'토실이'	18.98 cd	3.93 ab	5.33 cd	4.06 bc	149.70 cd

^{z, y} 표 18 참고

표 29. 토마토의 육묘에서 축분액비의 시비농도가 무게 생육에 미치는 영향(학교, 파종 60일 후)

처리구 ^z	엽	경	근	엽	경	근
	생체중(g)	생체중(g)	생체중(g)	건물중(g)	건물중(g)	건물중(g)
20	26.73 ay	19.05 a	5.39 a	2.20 a	1.83 a	0.57 a
40	11.96 b	8.79 b	3.68 bc	1.43 b	0.86 bc	0.53 ab
80	7.02 c	4.83 c	3.40 c	0.91 c	0.50 d	0.32 c
100	6.99 c	5.62 bc	3.63 c	1.01 bc	0.56 cd	0.35 bc
500	1.18 d	1.18 d	1.33 d	0.01 d	0.15 e	0.10 d
퇴비	7.80 bc	6.36 bc	3.78 bc	1.11 bc	0.84 bc	0.39 abc
퇴비+ '토정'	10.19 bc	8.03 b	3.87 bc	1.28 bc	0.99 b	0.39 abc
'토실이'	6.98 c	6.50 bc	4.43 b	0.94 c	0.90 bc	0.44 abc

^{z, y} 표 18 참고

에서 생육억제현상이 나타나지는 않았으므로 적절한 희석농도인 것으로 결론 내릴 수 있었다. 하위 업의 황화현상이 나타난 500배 희석 처리구는 희석비율이 너무 높아 재배에는 적절하지 못한 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구에서는 퇴비 제조공정에서 생겨나는 침출수의 액비화 제조공정을 확립하고, 제조된 액비를 사용한 채소류 육묘효과와 적정 시비농도를 구명하였다.

퇴비의 제조공정에서 원료의 종류와 혼합비를 결정하고 1차 발효과정에 투입되는 미생물 제제의 구성과 혼합비도 결정하였다. 악취 제거를 위한 여러 가지 방법을 시도하였다. 3개의 저장조를 거치며 각 저장 단계마다 필요한 기간과 처리방법을 결정하였다. 3회에 걸친 육묘실험에서 토마토 묘에 대한 액비 사용의 효과를 인정할 수 있었고, 또 N과 P의 추가의 효과도 인정할 수 있었다. 고추, 배추, 그리고 상추 등의 작물에서도 희석 비율별로 생육이 더 나아 사용효과가 있는 것으로 판단되었다. 또 고추나 토마토 육묘에서 축분액비 사용에 의한 양액의 대체가능성을 인정할 수 있었다. 액비사용에 의한 특별한 피해 증상도 없어 제조된 축분액비를 여러 용도로 다양하게 활용 가능할 것으로 판단된다. 환경과 관리방법의 차이에도 불구하고 액비사용이 균일한 효과가 있는 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 김금수(2000), 잊혀진 생명자원, 필방, p. 113~115.
2. 김두환(1998), 양돈분뇨 자원화를 이용한 석탄회 활용에 관한 연구, 대산논총, 6: 215~221.
3. 노재성 등(1993), 무기계 일반폐기물을 수분조절재로 한 축분의 퇴비화, 충남대학교 지역개발연구소 지역개발논총 5: 13~34.
4. 농림부(2000), '99 채소생산실적.
5. 농촌진흥청(1995), 농사시험연구조사기준.
6. 손영걸, 박봉식, 박언정, 김시론, 임동희, 이형정, 오상석, 박중춘(1996), 프러그 육묘용 상토의 코

이어 혼합비율과 물거름에 목초산 혼합여부가 배추육묘에 미치는 효과 상호비교 시험, 경상대 시설원예연구보고, 1: 49~55.

7. 손영걸, 박봉식, 박언정, 김시론, 임동희, 이형정, 오상석, 박중춘(1996), 프러그 육묘용 상토의 코이어 혼합비율과 물거름에 목초산 혼합여부가 수박접목 육묘에 미치는 효과 상호비교 시험, 경상대 시설원예연구보고, 1: 42~48.
8. 박봉식, 이형정, 김시론, 오상석, 손영걸, 박중춘(1996), 프러그 육묘용 상토의 코이어 혼합비율과 물거름에 목초산 혼합여부가 고추육묘에 미치는 효과 상호비교 시험, 경상대 시설원예연구보고, 1: 33~41.
9. 박순기, 정순주, 박화성(1998), 양액의 이온농도가 암면재배 무등산수박의 생장과 과실품질에 미치는 영향, 한원지 39(6): 684~689.
10. 박완철, 하준수, 김태형, 신남철(1996), 축분퇴비 화장치 설계인자의 퇴비안정도에 대한 영향평가, 한국폐기물학회지 Vol. 29(4): 403~410.
11. 박중춘, 민영봉, 정병룡, 설인준(1997), 공정육묘 온실의 표준모델 및 자동화 시스템 개발과 활용기술연구, 농림부 과제보고서, p. 263~275.
12. 박중춘(1997), 원예용 상토의 개발 방향과 토질의 특성, 신안그로 창사기념 심포지엄, 워크숍, 신안그로, p. 1~26.
13. 비료공정규격(1999), 농촌진흥청고시 제 1999-1호.
14. 송영한(1997), 한약재 열수추출 부산물의 생체발효 조절에 의한 돈분 악취제거기법 개발, 대산논총, 5: 191~200.
15. 이응호, 김광용, 박상근(1991), 양액재배시 NO_3^- : NH_4^+ 의 비율이 몇가지 과채류의 생육에 미치는 영향. 2. NO_3^- 과 NH_4^+ 의 비율이 토마토의 생육, 무기물함량 및 수량에 미치는 영향, 농시논문집(원예편), 33(1): 1~6.
16. 이응호, 박상근, 김광용, 유근배(1993), 양액재배시 NO_3^- : NH_4^+ 의 비율이 오이의 생육 및 수량에 미치는 영향, 농시논문집, 35(2): 390~395.
17. 이주삼, 임상근, 정재춘(1993), 무기태 질소와 액상구비의 사용수준이 Orchardgrass의 건물수

- 량에 미치는 영향, 한국유기성자원화협의회학회지 1(2):275~286.
18. 이주삼, 조익환, 김성규, 안중호(1994), 유희 논 토양에서 조사료 생산을 위한 적정 액상구비 시용수준의 측정, 1. 액상구비의 시용이 Reed canarygrass의 연 건물수량에 미치는 영향, 한초지 14(1): 50~56.
 19. 이주삼, 조익환, 안중호, 김성규(1995), 유희 논 토양에서 가축분뇨를 이용한 조사료의 생산, 대산논총, 3: 366~375.
 20. 이주삼, 조익환(1994), 예취빈도가 다른 조건에서 무기태질소와 액상구비의 시용이 Reed canarygrass의 건물수량과 질소이용효율에 미치는 영향, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 2(2): 53~63.
 21. 이지원, 김광용(1999), 토마토 육묘시 셀 크기 및 시비체계가 묘소질과 수량에 미치는 영향, 한원지, 40(4): 407~411.
 22. 이지원, 이병일, 김광용, 강성희(2000), 육묘배지 내 왕겨 혼합비율과 배양액 농도가 고추 묘의 생육에 미치는 영향, 한원지, 41(1): 31~35.
 23. 장기운, 윤종영(1999), 왕겨를 이용한 축분뇨 감량형 퇴비화 및 효용성 평가, 대산논총, 7: 287~304.
 24. 장기운, 조성형, 이인복(1998), 지속적 농업을 위한 고성능 토양의 개발 연구 1. 계분 및 돈분 퇴비의 연용이 방울토마토의 생육 및 토양의 이화학성에 미치는 영향, J. Korean Agric. Chem. Soc, 41(6): 451~456.
 25. 조익환(1994), 유희지에서 조사료 생산을 위한 적정 가축분뇨의 시용에 관한 연구, 1. 액상구비의 시용시기와 무기태질소의 첨가가 Orchardgrass의 건물수량에 미치는 영향, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 2(2): 65~75.
 26. 채영암 외(1993), 기초생물통계학, 향문사, 256.
 27. 축협중앙회(1994), 퇴비화 시설의 설계.
 28. Amon, D. I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiol*, 24: 1~15.
 29. Buchgraber, K.(1983), Vergleich der Wirksamkeit konventioneller und alternativer Düngungssysteme auf dem Grünland: Hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und Größe des Pflanzstoffbestandes, Diss. Univ. Bodenkultur, wien.
 30. Chung, Y. C., Huang, C. P. and Tseng, C. P.(1996), Reduction of H₂S/NH₃ production from pig feces by controlling environmental conditions, J. Environ. Sci. Health A Envir, 31(1): 139~155.
 31. Cutis, S. E.(1983), Environmental Management in Animal Agriculture, Ames, IA : Iowa State university Press.
 32. Koranski, D. and R. Kessler.(1991), Pest management for plugs, GrowerTalks, Aug. 1991: 125.
 33. Liptay, A., S. Nicholls and P. Sikkema.(1992), Optimal mineral nutrition of tomato transplants in the greenhouse for maximum performance in the field, Acta Horticulturae 319: 489~492.
 34. Long, F. N. J. and H. I. Gracey(1990), Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application, Grass and Forage Sci, 45: 77~82.
 35. Sawaya, M.(1991), Charge plugs with good nutrition, Greenhouse Grower's Plug Guide, Fall 1991: 41~44.
 36. Schechtner, G.(1978), Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime, Die Bodenkultur, 29: 357~371.
 37. Steel, R. G. D and Torrie(1980), Principle and Procedures of Statistics(2nd, ed.), McGraw-Hill Book Co., New York.
 38. Weston, L. A. and B. H. Zandstra.(1989), Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes, HortScience 24(1): 88~90.
 39. Wilkinson, S. R.(1979), Plant nutrient and economic value of animal manure, J. Anim. Sci, 48: 121~135.