

퇴비단 여과액비와 농축액비를 이용한 양액재배가 토마토(*Lycopersicum esculentum* Mill.)의 생육 및 수량에 미치는 영향*

류종원* · 서운갑**

Effects of Compost Leachate and Concentrated Slurry on the Growth and Yield of Tomato(*Lycopersicum esculentum* Mill.) in Hydroponic Culture

Ryoo, Jong Won · Seo, Woon Kab

This experiment was conducted to investigate the effects of compost leachate and concentrated slurry on growth of tomato in hydroponic culture. In process of composting, compost leachate was produced water was through a saturated compost heap. The concentrated slurry was produced by filtration and concentration by membrane process. Filtration of pig slurry was necessary to prevent the hose clogging in hydroponics culture. The treatments of this experiment were consisted of seven different liquid fertilizers; compost leachate(CL), concentrated pig slurry (CS), compost leachate+byproduct(CL+BP), concentrated pig slurry+byproduct(CS+BP), compost leachate 50%+nutrient solution50%(CL+NS), concentrated pig slurry 50%+nutrient solution50%(CS+NS) and nutrient solution(NS) for tomato based on nitrogen content. The chemical nutrient solution was the solution of National Horticulture Research Station for the growth of tomato. The concentration of nutrient solution was adjusted a range of 1.6~2.0 mS/cm in EC.

1. The compost leachate and concentrated pig slurry were low in phosphorus(P), calcium(Ca), magnesium(Mg), but rich in potassium(K).
2. Plant height, SPAD value of tomato was highest in the plot of CS+NS, intermediate in CL, CS+BP, and lowest in 100% concentrated pig slurry.
3. The tomato yield of compost leachate plot was 91% compared with inorganic nutrient solution. The compost leachate solution could be used as a nutrition

* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 : 과제번호 20070301036031의 지원에 의해 이루어진 것임.

** 교신저자, 상지대학교(jwryoo@sangji.ac.kr)

*** 한바이오영농조합(Han-Bio Farmer' Co-operative)

solution of tomato in organic hydroponics.

4. The growth including plant height, SPAD value, fruit number, fruit weight and yield of tomato in the CL 50%+NS 50% was similar in the control. In conclusion, the mixture solution of 50% pig slurry and 50% nutrient solution could be used as a nutrition solution of tomato hydroponic culture.

Key words : *tomato, compost leachate, concentrated pig slurry, hydroponics culture*

I. 서 언

가축분뇨 발효액비를 시설하우스의 양액이나 관비시스템에 활용하기 위해서는 막힘이 생기지 않게 부유물질의 함량이 $70\mu\text{m}$ 이하로 여과되고 무기이온 함량의 감소가 적은 액비가 유리하다고 보고하였다(임 등, 2003). 부유물질이 높은 가축분뇨 발효액비를 관비재배에서 편리하게 여과하는 방법이 실용화되고 있지 않는 실정이었으나 퇴비단 여과액비와 막분리 농축액비는 처리과정 중 부유물질이 제거되고 각종의 무기물과 미량요소들이 함유되어 있어서 농작물의 추비시용과 관비 및 양액재배에 이용이 가능하게 된다. 막분리 기술은 20세기 고분자 화학을 비롯한 재료공학의 발달로 기능성 고분자 재료물질이 개발됨으로써 상업적 개발이 이루어지기 시작했다(한국막학회, 1998).

최근 들어 양액재배 생산물의 품질을 높여려는 연구와 시도가 많이 이루어지고 있는데 주로 과채류의 경우 급액되는 양액농도의 변화, 미생물제제나 식물추출물(스테비아 등 고당도식물)의 엽면살포와 관주처리, 키토산, 목초액 및 죽초액 등 신물질의 투입 등으로 다양하게 시도되고 있다.

양액재배는 고효율 농업생산 방식에서 최근에는 친환경적 양액재배에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(유와 배, 2005). 또한 미국을 중심으로 유기양액재배에 대한 연구가 이루어지고 있으나(Jarecki, 2005) 우리나라에서는 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다(유와 배, 2005).

가축분뇨는 퇴비와 액비로 작물에 시용하고 있으나 주로 노지작물에 기비로 이용되고 있는 실정이다. 최근 하우스 재배면적이 증가되고 있으나 시설하우스의 관비·양액재배에 활용이 가능한 액비의 개발에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

우리나라는 화학비료 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있어 최근 국제 원자재 가격이 상승하여 비료가격 인상이 농업의 경영비 상승에 매우 큰 요인이 되므로 양액재배에서도 화학비료 대체에 의한 생산비 절감이 필요하므로 화학비료 양액을 절감하기 위하여 가장 저렴한 비료원인 가축분뇨 액비를 활용한 양액 대체 기술이 요구된다.

본 연구는 양액재배에서 액비를 화학비료와 대체하기 위하여 SCB(Slurry composting bio-

filtration) 퇴비화 과정에 배출되는 여과액비와 막분리 처리과정에서 돈분뇨 슬러리를 한의 여과막을 통과하고 역삼투막 처리에서 역류되어 나오는 농축된 액비를 재료로 하여 부산물과, 양액의 혼합처리가 토마토 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시액비

본 연구의 공시 액비는 이천군 개척농장의 퇴비단 여과액비와 횡성군 안흥면 신천봉농장의 막분리 처리 돈슬러리 농축액비를 사용하였다. 양액재배에 있어서 노즐과 밸브 및 관의 막힘을 방지하기 위해서 반드시 여과과정을 거쳐야 한다. 축산분뇨에 적용된 분리막은 단순 고액분리된 축산분뇨의 여과 농축 공정에 나노분리막의 회전판형 분리막 모듈과 디스크 튜브(DT) 형태의 역삼투 분리막 모듈이 적용되었다. 본 농축액비 조제 공정은 축사 슬러리 저장조, 한외여과 및 역삼투막 처리 장치 순으로 설치하여 역삼투막 처리 농축액을 실험재료로 활용하였다.

여과액비와 농축액비의 성분함량을 높이고 부족한 성분을 보충하기 위하여 액비에 부산물을 혼합하여 조제하였다. 액비와 부산물의 혼합액비 조제방법은 180ℓ의 여과액비, 농축액비에 골분 0.4ℓ, 동물성아미노산 180g, 당밀 190g, 해초류추출물 24g, 난각칼슘 0.4ℓ를 첨가하여 조제하였다. 골분과 난각칼슘은 구연산에 용해하였다.

2. 시험 재료

토마토 재배시험은 2008년에 강원도 횡성군 반곡리 농가 비닐하우스에서 수행하였다. 토마토 파종은 5월 25일에 실시하였다. 토마토는 사까다 종묘사의 슈퍼탑 품종을 이용하였고 대목으로 B블로킹(조생토마토) 품종을 사용하였다. 정식은 암면배지에 1화방의 꽃이 피기 시작하는 2008년 7월 21일에 실시하였다. 정식은 20cm 간격으로 1주씩 심어 재식거리가 140×20cm가 되도록 하였다. 시험기간은 2008년 7월 21일에서 2008년 10월 15일 까지 수행하였다.

양액재배 방식은 고품배지경 양액재배로 70L 용량의 양액통에 양수량 40L/min의 수중 펌프를 사용하여 주야간 매 1시간 마다 15분씩 급액 되도록 하였다. 재배상은 800×70×15cm (길이×너비×깊이)의 암면배지상 바닥에 0.05mm 두께의 PE필름을 깔았다. 시험구는 임의배치법 3반복으로 배치하였다. 대조구의 양액은 원예연구소의 토마토 배지경 양액재배 전용 배양액(N-P-K-Ca-Mg = 9-2-5-4-2 me/L)을 공급하였다. 1일 양액투입량은 주당 1~2ℓ으로 하

였다. 배양액의 전기전도도(EC)는 생육 초기에 1.6 mS/cm, 생육중기에 1.8-2.0 mS/cm, 생육 후기에 1.8 mS/cm으로 조절하였다. 배양액의 pH는 인산용액으로 조절하였으며 pH는 5.5~6으로 유지하였다.

본 시험에 사용한 지하수의 성분함량은 Table 1과 같다. 양액재배 농가에 이용된 원수의 수질분석 결과 EC 함량이 75.2 μ S/cm이었다. 본 연구의 양액조성은 지하수의 무기물 함량을 고려하여 조성하였다.

Table 1. Well water quality in experiment farm

Total nitrogen (mg/l)	Total phosphorus (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Electronic conductivity (μ S/cm)
0.66	0.012	26.2	4.2	0.4	75.2

3. 처리내용

본 시험의 처리내용은 Table 2와 같다. 처리구는 질소 시비량을 기준으로 여과액비, 농축액비에 부산물 및 원예연개발양액을 혼합한 조합처리구를 두었다<Table 2>. 처리구는 여과액비(CL 100%) 단독처리구, 농축액비 100%(CS 100%) 처리구, 여과액비+부산물(CL+BP) 혼합처리구, 농축액비+부산물(CS+BP) 혼합처리구, 여과액비 50%+양액 50%(CL 50%+NS 50%) 혼합처리구, 농축액비 50%+양액 50%(CL 50%+NS 50%) 혼합처리구, 대조구로 양액 100%(NS 100%) 단독 처리구를 두었다.

Table 2. Treatments of different mixtures of compost leachate and concentrated pig slurry

Treatment	Content
T1	Compost leachate
T2	Concentrated pig slurry
T3	Compost leachate + Byproduct
T4	Concentrated pig slurry + Byproduct
T5	Compost leachate 50%* + Nutrient solution 50%
T6	Concentrated pig slurry 50% + Nutrient solution 50%
T7(control)	Nutrient solution for tomato

* Treatment based on nitrogen.

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct.

NS: Nutrient solution for tomato of National Horticultural Research Institute.

4. 액비 분석

각 항목의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다. pH는 ORION model 420A 을 사용한 이온전극법(Ionic electronic method), EC(Electronic Conductivity: mS)는 TOA model CM-7B를 사용하였다. 또한, T-N(Total Nitrogen)은 spectrophotometric method, T-P(Total Phosphates)는 Ascorbic acid method를 사용하였다. 이온성 원소(F⁻: Fluoride ion, NO₂⁻: Nitrite Nitrogen, NO₃⁻: Nitrate Nitrogen, PO₄⁻: Orthophosphates, NH₄⁺: ammoniac Nitrogen, SO₄²⁻: Sulfuric ion, Cl⁻: Chloride ion)의 분석은 IC(Dionex model: DX-120)를 사용하였으며, Standard method 4110으로 분석하였다. 미량원소의 분석은 ICP-MS(Varian model: Ultramass 700)를 사용하였으며, EPA Method 3050B의 전처리방법과 EPA Method 200.8의 분석방법을 적용하였다. 단, Sodium은 EPA method 200.9의 분석방법을 적용하였다. 단종 다량원소 분석은 AA (Perkin Elmer model: 5100PC)를 사용하였으며, EPA Method 3050B의 전처리방법과 EPA Method 200.9의 분석방법을 적용하였다.

5. 조사내용

조사항목은 초장, 경직경, 지상부 생체중 및 건물중, 엽록소 함량 등을 조사하였다. 과일의 수량조사는 과수, 과중, 배꼽씩음과를 조사하였다. 건물수량은 생체중을 측정 한 후 건조기에 넣어 65℃에서 72시간 건조시켜 건물중을 평량하였다. 액비와 양액의 혼합에 의한 산도(pH)는 pH 미터기로, 전기전도도는 EC 미터기를 이용하여 측정하였다.

토마토 생육조사는 처리구당 20개체를 선정하여 조사하였다. 엽록소 측정치(SPAD reading value)는 간이엽록소측정장치(Minolta Japan, SPAD-502)을 이용하였다. 측정엽은 완전 전개된 중상위 엽으로 하였으며 반복당 5주씩, 1주당 10회씩 측정하여 평균처리 하였다. 기타 생육특성은 농촌진흥청이 제시한 농사시험연구조사기준(농촌진흥청, 1995)에 의거하여 조사하였다. 통계처리는 모든 자료들에 대하여 SAS package(SAS Institute, 1998)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하였으며, Duncan's new multiple test를 이용하여 95% 수준에서 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 액비 제조 및 이화학적 특성

퇴비단 여과액비와 막분리 돈슬러리 농축액비의 이화학적 특성은 Table 3과 같다. 퇴비

단 여과액비는 인산, 칼슘, 마그네슘 함량이 낮고 칼륨 함량은 높았다. 농축액비의 부유물질(suspended solid) 함량은 15.2mg/ℓ로 매우 낮아 하우스 관비 재배시 막힘 문제가 발생되지 않는 수준이었다. 농축액비의 질소함량은 620.2mg/ℓ이었으며 하우스 추비용으로 이용이 가능한 수준에 도달하였다. 그러나 무기태질소 구성비에서 농축액비는 대부분 암모늄태질소로 되어 있었으며 질산태 질소 함량이 낮았다. 칼륨함량은 3,870mg/ℓ으로 질소, 인산에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 농축액비의 인산함량이 84.4mg/ℓ으로서 낮았는데, 이는 인산이 대부분 고형물에 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

Table 3. Nutrient composition of concentrated pig slurry and compost leachate

Items	T-N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	P ₂ O ₅ (mg/ℓ)	CaO (mg/ℓ)	MgO (mg/ℓ)	K ₂ O (mg/ℓ)	Suspended solid (mg/ℓ)
Concentrated slurry	620.2	12	216.0	84.4	318.2	352.5	3,870.1	15.2
Compost leachate	528.6	98	176.6	159.3	45.5	22.7	1,447.6	352.5

여과액비와 농축액비에 부산물을 혼합한 액비의 이화학성은 Table 4와 같다. 축산분뇨액비에 부산물을 첨가함으로써 인산, 마그네슘, 칼슘 함량이 증가되었다.

Table 4. Chemical properties of mixtures of pig liquid manure and byproduct

Items	Compost leachate+Byproduct*	Concentrated slurry+Byproduct*
T-N (mg/ℓ)	2,572	1,952
NH ₄ -N (mg/ℓ)	1,640	1,497
P ₂ O ₅ (mg/ℓ)	844	787
K ₂ O (mg/ℓ)	3,040	5,790
CaO (mg/ℓ)	811	1,347
MgO (mg/ℓ)	111.1	300.2
B (mg/ℓ)	2.4	2.0

* 180ℓ of compost leachate and concentrated slurry mixed with 0.4ℓ bone meal, 180g amino acids, 190g molasses, 24g seaweed extract and 0.4ℓ egg calcium.

2. 생육특성

퇴비단여과액비, 농축액비를 이용한 토마토 양액재배의 적합성을 평가하기 위하여 원예 연구소의 토마토 암면재배용 표준양액 조성(Sonneveld and Straver, 1992)을 대조구로 하고 여과, 농축액비에 부산물과 양액을 혼합 조성한 처리구를 두어 재배한 토마토의 생육특성은 Table 5와 같다. 토마토의 초장은 여과액비 단독처리구, 농축액비 단독처리구, 농축액비+부산물 혼합처리구에서 초장은 대조구인 양액처리구 보다 작았다. 특히 농축액비 100% 단독시용구의 초장은 173.4cm로 가장 작았다. 그러나 CS 50%+NS 50%, CL 50%+NS 50% 처리구에서의 초장은 각각 238, 228cm로 대조구인 양액처리구 보다 다소 컸다.

경직경은 농축액비 100% 시용구에서 8.14cm로 가장 적었으나 CL 50%+NS 50% 시용구에서 12.3mm로 대조구인 양액재배구와 대등하였다. 이러한 결과는 액비에 화학양액 혼합 처리구는 양분간의 균형이 맞아 초장과 줄기직경의 증대효과를 가져 온 것으로 사료된다.

1-4화방까지의 절간장은 처리구 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 절간수는 농축액비+부산물 혼합처리구에서 11.1개로 가장 높았다.

SPAD502를 이용하여 엽록소 측정치를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 엽록소측정치는 식물체의 질소 영양상태를 나타내는 간접지표이다. 엽록소측정치는 여과액비 처리구에서 51.0로 대조구 보다 낮았으며 농축액비 처리구에서 38.4로 가장 낮았다. 엽록소측정치는 여과액비+부산물(CL+BP) 혼합시용구와 여과액비 50%에 양액 50% 혼합시용구에서 각각 60.1, 60.8로 대조구인 양액 보다 다소 높았으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 농축액비의 엽록소측정치가 낮은 것은 농축액비가 암모니아태질소가 질산태질소 보다 높은 양분불균형 때문인 것으로 생각된다. 엽록소 측정치는 질소함량(Shaobing et al., 1997), 또는 질산태질소(Westcott et al., 1995)와 밀접한 상관관계로 보인다고 보고하였다. 홍 등(2001)은 토마토에서 잎의 SPAD에 의한 엽록소측정은 질소흡수량과 정의 상관관계를 보였다고 보고하였다. 본 연구결과에서도 여과액비, 농축액비 단독시용구는 잎의 엽록소측정치가 낮아져 질소 영양상태의 불량을 시사해 주었다.

Table 5. Effect of different nutrient mixtures on the growth of hydroponically grown tomato

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	SPAD502	Internode length (1-4 flower truss, cm)	No. of nodes (No./plant)
CL	218.6 ^{ab*}	11.0 ^{ab}	51.0 ^b	71.7 ^a	9.3 ^b
CS	173.4 ^b	8.14 ^b	38.4 ^c	72.9 ^a	10.6 ^a
CL+BP	234.2 ^a	11.3 ^a	60.9 ^a	78.9 ^a	11.1 ^a

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	SPAD502	Internode length (1-4 flower truss, cm)	No. of nodes (No./plant)
CS+BP	213.1 ^{ab}	10.8 ^{ab}	57.5 ^a	71.2 ^a	10.4 ^a
CL 50%+NS 50%	228.1 ^a	12.3 ^a	60.8 ^a	72.4 ^a	10.4 ^a
CS 50%+NS 50%	238.0 ^a	11.8 ^a	56.5 ^a	73.4 ^a	10.8 ^a
NS	221.3 ^a	12.4 ^a	58.6 ^a	76.3 ^a	10.8 ^a

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct, NS: Nutrient solution.

*^{abc}: Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

3. 토마토의 과일 생육

토마토의 1차 수확시 식물체당 평균과수는 여과액비 단독처리구에서 11.9로 대조구 보다 다소 적었으며 농축액비 처리구의 과수는 4.6로 매우 적었다. 또한 과수는 여과액비+부산물, 여과액비 50%+양액 50%, 농축액비 50%+양액 50% 처리구에서 대조구와 대등하였다. 그러나 농축액비+부산물 시용구의 주당과수는 각각 10.2로 양액대조구에 비하여 적었다. 상품과수는 여과액비 50%+양액 50% 시용구에서 10.2개로 가장 높은 72.3%의 상품화율을 나타내었다. 상품화과수의 비율은 부산물 혼합처리구에서 가장 낮았다.

토마토의 평균과중은 CL5 0%+NS 50%, CS 50%+NS 50%, 양액처리구에서 무거웠고 농축액비+부산물혼합 처리구에서 가벼웠다.

Table 6. Fruit characteristics by different nutrient mixtures of tomato in hydroponic culture

Treatment	Fruit number per plant	No. of marketable fruit	Marketable fruit ratio(%)	Average fruit wt.(g)	BRE *(No./plant)
CL	11.9 ^{b*}	7.4 ^b	67.2 ^a	71.4 ^a	0
CS	4.6 ^c	2.9 ^c	63.0 ^a	69.0 ^{ab}	0
CL+BP	14.1 ^a	6.7 ^b	47.5 ^b	63.6 ^b	0.2
CS+BP	10.2 ^b	5.7 ^{bc}	55.8 ^b	69.6 ^{ab}	0.1
CL 50%+NS 50%	14.1 ^a	10.2 ^a	72.3 ^a	78.9 ^a	2.1
CS 50%+NS 50%	14.0 ^a	9.4 ^a	67.1 ^a	74.1 ^a	2.3
NS	14.0 ^a	8.9 ^a	63.5 ^a	78.1 ^a	1.0

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct, NS: Nutrient solution,

BRE: Blossom-rot emergence(%).

*^{abc}: Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

개체당 배꼽씩음과 발생률은 여과액비 50%+양액 50%, 농축액비 50%+양액 50% 처리구에서 각각 2.1, 2.3개로 높게 나타났으며 원인에 대해서는 추후 검토가 필요할 것으로 생각된다.

토마토의 식물체당 과중은 여과액비 단독시용구에서 786g로 대조구에 비하여 28% 감소하였다. 과중은 액비와 부산물 (CL+BP, CS+BP)혼합구에서 691g으로 대조구 대비 45% 적었다. 특히 농축액비 100% 시용구의 과중은 195g으로 대조구에 비하여 71% 감소하였다. 토마토의 식물체당 생체중은 CL 50%+NS 50% 처리구에서 1,112g으로 대조구인 양액처리구 보다 다소 무거웠으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 이러한 결과는 양액재배에서의 질소비료 형태는 질산태질소 비율이 높은 것이 유리하나 본 연구의 공시 액비인 여과, 농축액비는 질산태질소 보다는 암모니아태 형태의 질소 함량이 높았기 때문에 생각된다. 박와 신(1993)의 보고와 같이 질산태질소와 암모니아태질소 중 암모니아태 질소를 단용한 양액재배에서 생육이 불량하였다고 하였고, 이와 이(1991)는 미나리의 시험재배에서 암모니아태 질소와 질산태질소를 여러 비율로 처리하여 양액재배 할 때 초장, 엽폭, 생체중이 암모니아태 질소의 비율이 높은 처리구에서 좁아지거나 가벼워졌고 암모니아태 질소 단용구에서는 처리 7주후에 98%가 고사하였다고 보고하였다.

Table 7. Fruit weight by different nutrient mixtures of tomato in hydroponic culture

Treatment	Fruit Wt. (g/plant)	Index	Marketable fruit weight(g/plant)	Index
CL	785.8 ^{bc*}	72	678.9 ^b	70
CS	317.4 ^c	29	262.3 ^d	27
CL+BP	896.7 ^b	82	606.1 ^{bc}	63
CS+BP	710.3 ^{bc}	65	539.8 ^c	56
CL 50%+NS 50%	1,112.3 ^a	101	968.5 ^a	101
CS 50%+NS 50%	1,038.4 ^a	95	860.0 ^{ab}	89
NS	1,092.2 ^a	100	963.2 ^a	100

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct, NS: Nutrient solution.

*^{abc}: Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

4. 토마토 수량

토마토의 1차 수확시 수량은 여과액비 단독처리구에서 가장 높았다. 1차 수확에서 여과액비 단독처리구에서 토마토 수량이 높은 이유는 퇴비단 여과액비에 포함된 효소, 호르몬

물질이 생식생장을 촉진하는 것으로 생각되나 추후 검토가 필요 할 것으로 사료된다.

2차 수확시 토마토의 수량은 여과액비 50%+양액 50% 시용구에서 대조구인 원예연 표준 양액 보다 높은 수량을 나타내었으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았다.

토마토의 1차, 2차 합계 수량은 여과액비 단독처리구에서 대조구 대비 91%의 수량을 나타내어 여과액비만을 활용한 유기 양액재배의 가능성을 제시하였다. 그러나 농축액비 단독 시용구의 수량은 대조구인 원예연 양액 대비 40%에 불과하여 양액재배에 적합하지 않는 것으로 나타났으며 그 원인은 막분리 과정 중 양분의 불균형이 발생하였기 때문인 것으로 사료된다.

퇴비단여과액비+부산물, 농축액비+부산물 혼합처리구의 토마토 수량은 대조구 대비 각각 87, 76%를 나타내어 여과액비 단독시용구의 수량에 미치지 못하였다. 그 이유는 양액재배에서는 무기물질이 이용되는데 부산물의 무기화가 충분하지 않았기 때문인 것으로 추론되며 추후 무기화가 용이한 부산물 재료의 첨가에 대한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다. 토마토 총수량은 여과액비 50%+양액 50%, 농축액비 50%+양액 50% 시용구에서 각각 1,348g, 1,297g로 대조구와 대등한 수량을 나타내어 여과액비와 농축액비를 이용하여 양액재배시 화학양액의 50% 대체가능성을 시사하였다. 신 등(1999)은 고액분리된 돈분액비 시용구의 목초수량은 화학비료구 대신에 돈분 액비질소 기준으로 100%, 75%, 50%로 처리된 결과 화학비료에 비해 화학비료 50%와 돈분액비 50% 혼합 시용구에서는 대등하였다고 하였다.

Table 8. Yield by different nutrient mixtures of tomato

Treatment	1st yield(g/plant)	2nd yield(g/plant)	Total yield(g/plant)	Index
CL	412.0 ^{a*}	785.8 ^b	1,197.8 ^a	91
CS	209.3 ^b	317.4 ^c	526.7 ^c	40
CL+BP	248.8 ^b	896.7 ^b	1,145.5 ^{ab}	87
CS+BP	287.1 ^b	710.3 ^b	997.4 ^b	76
CL 50%+NS 50%	235.7 ^b	1,112.4 ^a	1,348.0 ^a	103
CS 50%+NS 50%	241.0 ^b	1,038.4 ^a	1,297.4 ^a	99
NS	214.7 ^c	1,096.2 ^a	1,311.1 ^a	100

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct, NS: Nutrient solution.

*^{abc}: Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

5. 엽과 줄기의 건물중

여과액비, 농축액비의 시용에 따른 토마토의 개체당 엽+줄기의 생체 및 건물중은 Table 9와 같다. 여과액비, 농축액비 단독 시용구의 엽, 줄기 생체중은 양액 대조구 대비 54%, 16%로 낮았는데 그 원인의 무기태질소중 질산태질소가 부족한 것이 원인이 된 것으로 생각된다. 여과액비+부산물, 농축액비+부산물 처리구의 지상부 엽줄기 생체중도 대조구인 양액처리구 대비 66, 46%를 나타내어 정상적인 영양생장이 이루어지지 않았다. 그러나 CL 50%+ NS 50% 처리구에서의 지상부 엽+줄기의 생체 및 건물중은 양액 100% 시용구 대비 각각 14, 35% 높아 과번무가 상태가 된 것으로 추론된다. 여과액비 50%와 양액50% 혼합 시용구에서 지상부의 엽, 줄기의 생체 및 건물중이 높은 것은 여과액비에 포함된 생육촉진 관련 부식산, 호르몬 성분에 기인하는 것으로 추론되나 추후 상세한 연구가 필요 할 것으로 생각된다. Fabrizio 등(2004)에 의하면 부식산 첨가는 식물체의 무기양분 흡수량을 증가시켜 초장 등 지상부 생육을 촉진하고 황화현상도 억제하였다고 보고하였다.

토마토 과중과 엽줄기 비율은 농축액비 단독처리구에서 3.75로 가장 높았는데 그 이유는 농축액비의 인, 칼슘, 마그네슘의 부족에 기인하는 양분불균형에 의하여 충분한 영양생장이 이루어지지 않고 생식생장이 이루어져 상대적으로 과중에 비하여 잎줄기 비율이 높아진 것으로 생각된다. 이에 비하여 CL 50%+ NS 50% 처리구의 과중과 엽줄기 비율이 1.1로 가장 낮았다.

Table 9. Stem/leaf weight and fruits/plant ratios of tomato by different nutrient mixtures

Treatment	Stem/Leaf Fresh Wt.(g)	Index	Stem/Leaf Dry Wt.(g)	Index	Fruits/Plant Ratio
CL	481.3 ^{d*}	54	67.9	62	2.49
CS	140.6 ^c	16	21.0	19	3.75
CL+BP	581.1 ^c	66	75.9	69	1.97
CS+BP	408.9 ^d	46	57.2	52	2.44
CL 50%+NS 50%	1,012.3 ^a	114	148.2	135	1.10
CS 50%+NS 50%	845.4 ^b	95	123.9	113	1.53
NS	886.7 ^b	100	109.6	100	1.24

CL: Compost leachate, CS: Concentrated pig slurry, BP: Byproduct, NS: Nutrient solution.

*^{abc}: Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

최 등(2007)은 잎들깨 시험에서 인산 결핍은 지상부 생육이 심하게 억제 되었다고 하였는데 본 토마토 양액시험에서도 여과, 농축액비의 양분 불균형에 의한 인산부족이 지상부 잎+줄기 생육을 저해한다고 하였다. Blair 등(1970)은 양액내의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 이 적을 때 수량이 증대된다고 하였으나 추후 상세한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한 무시험에 있어서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 이 10% 이상일 때 생육이 저하된다고(Gericke, 1929) 하였는데 이는 식물체내에 질소 영양에서 흡수되는 $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ 의 비율이 더 중요하다는 것을 보여 주었다. 본 연구 결과에서도 농축액비의 NH_4 의 함량이 높은 것이 잎줄기의 생육이 억제된 원인이 된 것으로 생각된다. 이상의 결과에서 질소기준으로 여과액비와 농축액비에 양액을 50% : 50% 비율로 혼합하여 균형처방 처리한 경우 표준양액 처리와 대등한 수량을 나타내어 화학양액을 50% 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 적 요

본 연구는 돈분뇨 여과 및 농축액비를 이용한 양액재배의 가능성을 검토하기 위하여 여과액비와 농축액비와 부산물, 양액 혼합처리가 토마토 생육에 미치는 영향을 검토하였다. 퇴비화 과정 중 과수분 상태에서 배출되는 퇴비단 여과액비와 막분리 처리과정에서 한의 여과막을 통과하고 역삼투막 처리에서 역류되어 나오는 돈슬러리 농축액비를 공시재료로 하였다. 본 연구는 질소함량을 기준으로 액비와 부산물, 양액의 혼합하는 처리구를 두어 전기전도도와 pH를 조정하여 토마토의 양액재배를 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 여과액비와 농축액비는 다량 및 미량원소를 함유하고 부유물질(SS)이 낮아 양액재배 시 관배수의 막힘문제 없이 활용이 가능하였다. 여과, 농축액비는 인산, 칼슘, 마그네슘 함량이 낮고 칼륨이 높은 양분불균형을 나타내었다.
2. 여과액비는 원예연 표준양액 대비 총수량 91%, 상품수량 70%를 나타내어 여과액비 단독급액으로 토마토의 유기 수경재배 생산이 가능하였다.
3. 막처리 농축액비 100% 처리구는 토마토의 지상부의 생육이 지연되고 과중이 감소되어 화학양액 대비 40%의 수량을 나타내었다.
4. 퇴비단 여과액비+부산물, 농축액비+부산물 혼합처리구의 토마토 수량은 대조구 대비 각각 87, 76%를 나타내어 여과액비 단독시용구의 수량에 미치지 못하였다.
5. 질소기준으로 여과액비와 농축액비에 양액을 50% : 50% 비율로 혼합하여 균형처방 처리한 경우 표준양액 처리와 대등한 수량을 나타내었다. 결론적으로 토마토 양액재배에서 생육과 수량을 고려할 때 액비와 양액의 50 : 50 혼합 재배시 수량이 유지되어 가축분뇨 유래 유기액비에 의하여 화학양액을 50% 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

[논문접수일 : 2009. 4. 28. 논문수정일 : 2009. 6. 16. 최종논문접수일 : 2009. 6. 27]

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준.
2. 박권우·신영주. 1993. 양액내 NO₃-N과 NH₄-N 비율이 탐채(茶 *Brassica chinensis* L. var. *rosularis*)의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 34(5): 320-329.
3. 신재순·이혁호·류종원·최기준·임용우·김원호·김기용·이기중. 1999. 돈분뇨 고액분리액 시용에 따른 혼파초지의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 한국축산학회지. 41(4): 479-486.
4. 유성오·배종향. 2005. 순환식 수경재배에 적합한 토마토 배양액 개발. 한국생물환경조절학회. 14(3): 203-211.
5. 임상철·이명규. 2003. 유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구. 유기성액비의 조제 및 균질화 기술 개발. 농림부. p 65-82.
6. 이용호·이병일. 1991. 미나리의 수경재배체계 개발에 관한 기초연구 I. 양액조건이 무기양분 흡수와 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지. 32(1): 29-42.
7. 한국막학회. 1998. 막분리의 기초. 한국막학회. pp. 1-28.
8. 최종명·박종윤. 2007. 인산시비농도가 잎들깨의 생육, 결핍증상 및 무기원소 함량에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 16(4): 358-364.
9. 홍순달·김기인·박효택·김성수. 2001. 시설재배 토마토 잎의 엽록소 측정치와 토양 질소공급능력의 상호관계. 한국토양비료학회지. 34(2): 85-91.
10. Blair, G. J., H. Miller and W. A. Mitchell. 1970. Nitrate and ammonium as sources of nitrogen for corn and their influence on the uptake of other ions. Agron. J. 62: 530-532.
11. Fabrizio, A., G. Pierluigi., Z. Patrizia and Z. Graziano. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. J. of Plant Nutrition 21(3): 561-575.
12. Gericke, W. F. 1929. Aquaculture a means of crop production. Amer. J. Botany. 16: 862.
13. Jarecki, M. K., C. Chong and R. P. Voropney. 2005. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition. 28: 651-667.
14. Sonneverd, C., and N. Straver. 1992. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. pp. 22-23 presentation voor tuinboud onder glas te Noaldnijk, Netherlands.
15. Shaobing Peng, Ma. Rebecca C. Laza, Felipa V. Garcia and Kenneth G. Cassman. 1995.

- Chlorophyll meter estimates leaf area-based nitrogen concentration of rice. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26(7 & 8): 927-935.
16. Westcott, M. P. and J. M. Wraith. 1995. Correlation of leaf chlorophyll reading and stem nitrate concentration in peppermint. *Commun. Soil Sci., Plant Anal.* 26(9 & 10): 1481-1490.