

자가제조 액비 관주 처리가 방울토마토의 생장과 과실특성에 미치는 영향

정지식^a, 정석규^b, 최현석^{c†}

Effect of Homemade Liquid Fertigation on Growth and Fruit Characteristics of Cherry Tomatoes

Ji-Sik Jung^a, Seok-Kyu Jung^b, Hyun-Sug Choi^{c†}

(Received: Dec. 3, 2019 / Revised: Jan. 16, 2020 / Accepted: Jan. 22, 2020)

ABSTRACT: The study was compared for growth and yield of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) crops as affected by various homemade liquid fertilizer (LF), commonly applied in the environmentally friendly farmhouses. LF treatment included UT (untreatment, water), OC (oil cake), BF (bone+fish meal), FA (fish amino meal), SO (sesame oil meal), and SF (starfish). Seasonal pH and EC in SO- and SF-LF rapidly decreased at 30 days after the storage, which were the highest EC of 0.6 - 0.8 dS/m, followed by BF-LF with 0.4 dS/m EC. T-N concentration in LF was the highest on the SF (0.0062%), followed by SO (0.0059%) and BF materials (0.0030%), which were all the great for the K concentration in the LF. P and Ca concentrations were the highest on the FA-LF, with the highest Mg concentration observed on the vegetable SO-LF. Soil EC was the highest on the SF-LF plots of 0.74 dS/m, with no significant differences between the treatments observed on the macro-nutrient concentrations in the soil and leaf. Leaf dry weight, leaf temperature, stem diameter, and plant height were investigated at once per 15 days. UT-LF reduced the leaf dry weight at all the measurement time while the plant height was low at an initial measurement but increased and similar to the other homemade LF treatments at a later measurement. Fruit yield and average fruit weight were the lowest on the UT-LF plots at 75 days after fertigation. Fruit diameter was increased by the BF-LF and SF-LF, with the highest fruit soluble solid contents and fruit coloring observed on the FA-LF. BF-LF maintained high fruit firmness.

Keywords: Liquid fertilizer, Mineral nutrient, Organic, Photosynthesis, Tomato

초록: 본 연구는 친환경 토마토(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) 농가에서 대표적으로 자가 제조되고 있는 액비를 노지에 관주하였을 때 생장과 수량에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하기 위하여 수행되었다. 처리는 무처리(물), 유박, 골분+어분, 생선아미노산, 깻묵, 불가사리 액비를 포함하였다. 깻묵과 불가사리 액비의 시기별 pH는 보관 30일 이후에 크게 감소하였고 두 자재의 EC는 0.6~0.8 dS/m으로 가장 높았고 골분+어분액비도 0.4 dS/m 전후로 높은 수준이었다. 액비의 전질소 농도는 불가사리 액비가 0.0062%로 가장 높았고 깻묵(0.0059%) > 골분+어분(0.0030%)순이었고 칼륨도 위의 세 가지 액비에서 가장 높았다. 액비의 인산과 칼슘은 생선아미노산 자재에서 가장 높았고 마그네슘은 식물성인 깻묵 자재에서 유의성 있게 높게 나타났다. 토양 EC는 불가사리 액비 처리구에서 0.74 dS/m로 가장 높았지만 토양과 잎의 대량 무기성분 농도는 처리 간에 차이가 관찰되지 않았다. 잎의 건물중과

^a 대구가톨릭대학교 대학원 박사과정(Graduate student (Ph.D course), Daegu Catholic University)

^b 대구가톨릭대학교 연구원(Researcher, Daegu Catholic University)

^c 대구가톨릭대학교 교수(Professor, Daegu Catholic University)

† Corresponding author(e-mail: hchoiuark@gmail.com)

엽온 및 줄기의 직경과 초장을 15일에 한 번씩 조사한 결과, 잎 건물중은 시기별로 무처리구에서 대부분 낮았고 초장도 생육 초기에 무처리구에서 가장 작았지만 후기에는 자가제조 액비와 비슷한 수준이었다. 과실수량과 평균과중은 무처리구에서 처리 후 75일 까지 유의성 있게 낮았다. 과실횡경은 골분+어분과 불가사리 액비 처리로 가장 증가하였고 과실 당도와 착색은 생선아미노산 액비구에서 가장 향상되었다. 과실경도는 골분+어분 처리에서 가장 높았다.

주제어: 액비, 무기성분, 유기, 광합성, 토마토

1. 서론

1990년대 국내 토마토(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)의 생산량과 재배면적은 꾸준히 증가하다가 2000년대 초반에 오렌지 등의 아열대과실 수입이 급증하면서 감소하였다.¹⁾ 하지만 토마토에는 항산화 물질인 라이코펜 함량이 높아서 건강 기능성 식품으로 주목을 받기 시작 하였다.²⁾ 또한 3인 이하의 가구 비율이 증가하여 절단 과채류나 방울 토마토와 같은 소과류에 대한 관심이 높아져서 재배 면적이 급속도로 증가하였다. 하지만 전체 토마토 생산량은 2010년 전후로 정체가 지속되면서¹⁾ 가격 경쟁력을 향상시킬 수 있는 차별화된 친환경 재배시스템을 도입하는 것이 필요하다. 특히 유기농 재배방식은 생태적 안정성을 기본으로 기후변화에 대응할 수 있는 농업형태로 상업적 노지 재배뿐만 아니라 최근 증가하고 있는 도시 농업 확산에 기여할 것으로 사료된다.

유기농 생산 시스템의 세 가지 원칙으로는 친환경 토양관리와 병해충관리 그리고 깨끗한 유기종자를 사용함으로써 건강·생태·배려·공정의 기본 원칙을 이루어내는 것을 목표로 하고 있다.^{3,4)} 친환경 발토양 관리를 위한 비료원으로는 유기질비료와 퇴비 등의 부산물비료가 밀거름으로 이용되며 토마토와 같은 작기가 긴 발작물에는 속효성인 액비를 투입하여 부족한 양분을 보충하고 있다.^{3,4)} 액비는 시중에서 정형화된 제품으로 공급되거나 농가에서 다양한 유기자원을 활용하여 직접 제조 후 발효과정을 거쳐서 사용하고 있다. 하지만 자가제조 유기농업 자재에 대한 검증이 제한적이고 일부 자재의 경우 효과가 미흡하거나 재현성이 부족하여 정확한

과학적 검증이 요구되고 있다. 특히 친근성인 토마토는 토양관주에 의한 액비로 주로 공급되고 있으므로 다양한 액비자재의 관주에 따른 생장과 과실 특성에 대한 연구가 필요하다.

농가에서 자가제조 되는 대표적인 액비는 구성 원료에 따라 식물성원료와 동물성원료로 분류된다.⁵⁾ 식물성원료는 깻묵이 대표적으로 이용되고 있고 동물성원료는 혈분과 골분 및 생선부산물 등을 주로 퇴비화 하여 부산물 비료로 이용하는데 이러한 원료는 공통적으로 질소와 탄소를 풍부하게 함유하고 있다. 특히 서해안에서 대량으로 폐기되고 있는 불가사리 등의 부산물을 농가에서 싼 가격으로 구입하여 자원 재순환함으로써 환경보존 및 농가 경제 부담을 경감시키는데 기여하고 있다. 이러한 해양부산물에는 질소를 포함한 기타 필수무기성분 및 미생물에 유용한 물질을 함유하고 있어서 오이 농경지의 생물학적 활성을 증진시켰다고 하였다.^{6,7,8)} 액비 제조 및 활용과 관련한 대부분의 연구는 액비의 구성성분에 따라 작물의 생리적 반응이 다르므로 다양한 액비를 질소 사용량 기준으로 일괄적으로 투입하여 왔다.⁹⁾ 하지만 농가에서는 액비의 농도 및 구성성분과 상관없이 100~1,000배로 희석하여 사용하고 있으므로 유기 액비의 희석배율을 기준으로 작물의 성장반응을 비교한 결과가 유용한 영농자료로 이용될 것으로 사료된다.⁸⁾

본 실험은 방울토마토 노지에 농가에서 대표적으로 자가제조 되고 있는 유기 액비를 선정하여 100배 희석액을 관주함으로써 생장과 과실품질에 어떠한 영향을 미치는 지를 비교하여 가장 적합한 자재를 선정하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험구 특성

경상북도 구미시(36°6'N/128°20'E)에서 친환경적으로엽채류와 과채류를 재배하고 있는 개인 독농가를 실험구로 선정하여 2019년에 수행하였다. 토성은 모래 57.4%, 실트 30%, 점토 12.6%로 혼합된 사양토로 배수와 통기가 양호한 토양이었다. 밑거름은 퇴비를 농촌진흥청에서 고시한 토마토의 표준시비량¹⁾에 근거하여 부산물 비료인 가축분퇴비(돈분 30%, 계분 15%, 우분 10%, 미강 15%, 톱밥 20%, 수피 10%, 유기물 30%, (주) 승진그린텍, 경주, 한국)를 3월에 경운을 하면서 투입하였다. 5월 31일에 종묘상에서 육묘한 '대추' 방울토마토를 주간 20 cm × 열간 90 cm로 정식하였고 두둑 간의 고랑을 50 cm로 파서 간이 배수로로 사용하였다. 토마토 3주를 1구로 하여 처리 당 3반복(3구)으로 임의 배치하였고 처리구 간에 1 m의 여유 공간을 두어 처리 간의 간섭효과를 최소화하였다. 정식 전 2 m PVC 지주대를 설치하여 토마토를 주간형으로 주지를 결속하였고 생장에 방해될 정도의 결순만 제거하였다. 재배 기간인 5~9월까지의 평균온도와 누적 강수량은 각각 23.3°C와 759.7 mm로 지난 30년간 평균온도와 누적 강수량인 22.1°C/828.5 mm 보다 비교적 고온 건조한 기후를 형성하였다.¹⁰⁾ 강우가 일주일간 지속되지 않으면 점적관수를 이용하여 약 1시간 동안 토양이 충분히 젖도록 관수하였다. 정식 초기에 잡초방제를 위하여 검정색 플라스틱으로 멀칭 하였고 정식 30일 후에 곤충 발생 현황을 파악하기 위하여 멀칭자재를 제거하였다. 병해충 관리는 친환경목록공시에 명시된 자재만을 이용하여 재배 기간 동안 방제하였다.

2.2. 액비제조 방법 및 실험처리

실험에 들어가기 전에 자가제조 액비를 투입하고 있는 국내 과채류 재배 선도 농가를 조사 및 선정하여 액비 원액을 각각 수집하였다. 이후 온실 내에서 토마토 종자를 파종하여 육묘하면서 자가제조 액비 처리에 따른 생장에 가장 효과적인 액비 4가지(골분

+어분, 생선아미노산, 깻묵, 불가사리)와 액비 희석 배수(100배)를 선정하였다. 대조구와 관행구로 각각 물과 혼합유박(T-N 4.6%, P 1.4%, K 1.0%, OM 70%, Chamjoa oil cake, FarmHannong Co., Seoul, Korea) 액비를 처리구에 포함하였다. 유박 액비는 질소실제 권장량을 기준으로 정량하여 사용하였다.¹⁾

골분+어분 액비의 제조방법은 골분 5:어분 5:EM 0.2:당밀 0.3의 비율로 골분 50 kg과 어분 50 kg, EM 2 L, 당밀 3 kg을 혼합 후 물을 채워서 1주일 간격으로 한 번씩 저어주면서 3개월 이상 발효 후 사용하였다. 생선아미노산 액비는 600 L 통에 생선 및 부산물 500 L, 당밀 40 L, EM 5 L, 물 20 L에 천일염을 밀봉하여 6개월 정도 숙성시킨 후 사용하였다. 깻묵 액비는 깻묵 2.5 kg:천일염 50 g:부엽토 100 g:물 5 L 비율로 깻묵 50 kg, 천일염 1 kg, 부엽토 한줌에 물을 가득 채워서 3개월 이상 발효 후 사용하였다. 불가사리 액비는 1,000 L 고무통에 불가사리 70%, 당밀 10%, EM 7%, 바닷물 8%로 혼합하였고 상부 5%는 비워두어서 가스가 발생하여 넘치는 것을 예방하였고 3년간 숙성 시킨 후 사용하였다.

액비는 1주일에 2회씩 재배기간 동안 포기 당 총 11 L를 pet병을 이용하여 관주하였다. 실험구는 UT(untreatment, 무처리), OC(oil cake, 유박), BF(bone meal+fish meal, 골분+어분), FA(fish amino acid, 생선아미노산), SO(sesame oil, 깻묵), SF(starfish, 불가사리)를 포함하였다. 희석 액비를 100 mL 플라스틱 시험관 튜브에 주입하여 pH와 EC(electrical conductivity, 전기전도도)를 12주 동안 상온에 보관하면서 pH 미터기(FIVEEAST FE20, Mettler Tonedo CO., Jingsu, China)와 EC 미터기(HI 2315 Conductivity Meter, Hanna CO., Seoul, Korea)를 이용하여 주 2회 측정하였다. 이후 희석 액비 1 mL를 취하여 농촌진흥청 표준분석법¹¹⁾을 참조하여 CN분석기(Vario MAX CN, Elementar CO., Langensfeld, Germany)로 전질소를 분석하였고, 인산은 H₂SO₄로 습식분해 하여 ammonium meta vandate 용액으로 발색시킨 후 UV-visible spectrophotometer (UV-2450, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 분석하였고, 치환성 양이온은 1 N ammonium acetate법으로 침출 후 ICP-AES(Simultaneous ICP Spectrometer, SPECTRO Analytical Instruments GmbH CO., Baden-Württemberg,

Germany)로 분석하였다.

2.3. 토양화학성 분석

토양 화학성을 분석하기 위하여 4월(액비 처리 전)과 8월(처리 후)에 토마토 주간에서 50 cm 떨어진 지점의 0~20 cm 깊이의 토양을 토양오거로 채취하였다. 채취한 토양을 실험실에서 풍건하여 2 mm 체로 통과시킨 후에 농촌진흥청 표준분석법¹¹⁾에 의거하여 1(토양):5(증류수)법으로 토양 pH와 EC를 pH 미터기(FIVEEAST FE20, Mettler Tonedo CO., Jingsu, China)와 EC 미터기(HI 2315 Conductivity Meter, Hanna Co., Seoul, Korea)로 각각 조사하였다. 토양 무기성분인 전질소는 CN분석기로 분석하였고 유효 P₂O₅ (유효인산)는 Lancaster법, 치환성 양이온은 원자흡광도 측정법으로 분석하였다.

2.4. 식물체 무기성분 및 생장 분석

식물체 무기성분 분석은 농촌진흥청 표준분석법¹¹⁾을 참조하여 전질소는 Kjeldahl법, 인산은 발색시약을 이용한 Vandate법, 양이온은 1 N ammonium acetate법으로 침출한 후 ICP-AES(Simultaneous ICP Spectrometer, SPECTRO Analytical Instruments GmbH CO., Baden-Württemberg, Germany)로 분석하였다.

처리 간에 작물의 생장량을 비교하기 위하여 잎 건물중과 엽온 및 직경과 초장을 액비 처리 30일 부터 마지막 수확일 까지 2주에 한번 씩 조사하였다. 잎 건물중은 측정시기 마다 포기 당 10개의 잎을 채취하여 60°C 건조기에 일주일 동안 건조한 후 무게를 측정하였다. 엽온은 적외선 온도계 비접촉식 온도측정기(TK-307A, Taekwang CO., LTD., Gimhae, Korea)로 잎에 조사하여 측정하였다. 줄기 직경은 지표면에서 10 cm 높이의 지점에서 디지털 버니어스캘리퍼를 이용하여 측정하였고 초장은 줄자로 조사하였다.

2.5. 과실특성 분석

액비 처리 30일 후부터 160일 까지 과실이 성숙(과피 적색)하면 바로 수확하여 수량과 평균중량을 계산하였다. 과실의 종경과 횡경, 당도와 경도, 그리

고 과실의 착색은 처리 후 90일차에 분석하였다. 포기 당 10개의 과실을 채취하여 과실의 종경과 횡경을 버니어스캘리퍼로 가장 긴 곳과 넓은 부위를 각각 측정하였다. 과실 당도는 간이 당산도 디지털 측정기(GMK-706R, G-WON Hitech CO., LTD., Seoul, Korea)로 과실의 적도면 부위를 측정하였다. 과실 경도는 간이 경도 디지털 측정계(FR-5105, Lutron electronic enterprise CO., LTD., Taipei, Taiwan)로 3 mm 직경의 팁을 이용하여 측정하였다. 과피의 착색은 휴대용 착색계(FR-5105, X-Rite, INC., Grand Rapids, USA)로 L값, a값, b값을 측정하였으며 값이 높을수록 각각 명도와 적색 및 청색이 선명한 것을 의미하였다.

2.6. 통계분석

실험구 당 3반복(3구, 1구 = 3포기)으로 처리구 위치는 무작위로 선정하였다. 실험구에서 중간에 위치한 토마토를 데이터용으로 자료 분석에 이용하였고 양 끝에 위치한 토마토는 처리 간의 효과를 최소화하기 위하여 이용되었다. 실험결과를 통하여 도출해낸 평균간 유의차 검증은 SAS 프로그램(SAS version 8/2, USA, 2001)의 Duncan's New Multiple Range Test를 수행하여 5% 유의성 수준에서 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 액비자재의 화학성

실험에 이용된 100배 희석 액비를 상온에 12주간 보관하면서 pH와 EC를 주 2회 분석한 결과, 측정 초기의 pH는 6.5~8.5로 자재 간 차이가 비교적 컸지만 이후 30일 동안 8.0 전후를 유지하였다(Fig. 1A). 모든 액비자재의 pH는 저장 초기에 증가하는 경향을 보였는데 이는 밀폐된 공간하에서 산소결핍에 따른 암모니아화 작용의 결과로 판단된다.¹²⁾ 하지만 보관 40일 이후에 깻묵과 불가사리 및 골분+어분 액비에서 pH가 크게 감소하였고 기타 처리 자재에서도 감소하는 경향을 보였다. 깻묵과 불가사리 자재는 유기물 함량이 높아서 분해되면서 유기산이 형성되었고 특히 질산화가 이루어지면서 pH가 감소한

것으로 판단되며¹²⁾ 이러한 액비는 보관 이후 특히 산도의 변화를 관측하면서 노지에 투입하여야 할 것으로 판단된다. 유기물의 발효가 진행되면서 무기화로 EC가 증가하는 것으로 알려져 왔는데¹³⁾ 본

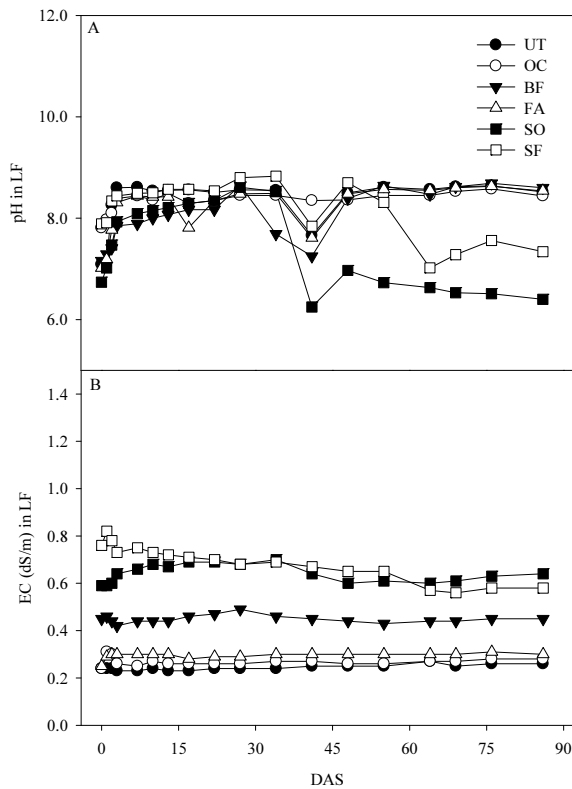


Fig. 1. Seasonal pH (Panel A) and EC (Panel B) in homemade liquid fertilizers at days after storage (DAS).

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.

실험에 투입된 자재들은 발효가 어느 정도 완료된 결과이기 때문에 보관 기간 동안 일정한 수준을 유지하였다(Fig. 1B). 깻묵액비와 불가사리 액비의 EC가 0.6~0.8 dS/m으로 가장 높았고 골분+어분액비도 0.4 dS/m 전후로 높은 염류 수준을 보였다.

액비자재의 전질소 농도는 불가사리 액비가 0.0062%로 가장 높았고 깻묵(0.0059%) > 골분+어분(0.0030%) > 유박(0.0014%) > 생선아미노산(0.0012%) > 무처리(0.0001%) 순으로 나타났다(Table 1). 액비의 인산과 칼슘은 생선아미노산에서 가장 높았는데 이는 생선 뼈와 잔해물에서 높게 함유된 결과로 풀이된다. 칼륨은 모든 자가제조 액비 자재에서 높은 수준이었고 마그네슘은 식물성인 깻묵 액비에서 유의성 있게 높았다.

3.2. 액비처리에 따른 토양 화학성

액비 처리 후 토양 화학성은 처리 전 보다 마그네슘을 제외하고는 크게 상승하였는데 특히 인산이 토마토 생장을 위한 적정 수준 보다 높게 나타났다(Table 2).¹⁾ 토양 내 양이온인 칼륨과 칼슘은 필요이상으로 높게 관찰되었는데 이는 마그네슘의 흡착을 억제시키는 양이온 길항작용이 나타난 것으로 풀이된다.¹⁴⁾ 토양 pH는 토마토 생장을 위한 적정 pH 수준 보다 높았는데¹⁾ 액비 시용 전부터 수년간 대량의 석회가 투입된 결과로 판단된다. 토양 EC는 무처리구를 포함한 모든 처리구에서 염류집적의 가능성이 관찰되었으며¹⁾ 불가사리 처리구에서 0.74 dS/m로

Table 1. Chemical Properties in Homemade Liquid Fertilizers in an Experiment Plot

Treatment	T-N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
UT	0.0001 f	0.0000 d	0.0002 d	0.0012 f	0.0001 f
OC	0.0014 d	0.0040 c	0.0586 c	0.0340 c	0.0030 e
BF	0.0030 c	0.0043 c	0.0626 a	0.0323 d	0.0045 c
FA	0.0012 e	0.0133 a	0.0597 bc	0.0405 a	0.0048 b
SO	0.0059 b	0.0047 c	0.0614 ab	0.0357 b	0.0070 a
SF	0.0062 a	0.0080 b	0.0617 ab	0.0282 e	0.0037 d

The presented values were results from the nutrient analysis in 100 times dilution with each liquid fertilizer.

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.

Table 2. Soil Mineral Nutrition as Affected by Homemade Liquid Fertilizers in a Cherry Tomato Field

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (mg/kg)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol _c (⁺)/kg)		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Pre application on April								
All plots	7.7	0.21	10.8	0.04	102	0.38	4.0	3.3
After application on August								
UT	7.8 a	0.62 b	31.5 a	0.24 a	786 a	0.62 a	18.6 a	3.4 a
OC	7.7 a	0.66 ab	31.7 a	0.26 a	690 a	0.88 a	17.2 a	3.2 a
BF	7.8 a	0.62 b	34.9 a	0.25 a	641 a	0.50 a	16.5 a	2.9 a
FA	7.7 a	0.59 b	33.7 a	0.26 a	760 a	0.72 a	16.7 a	3.2 a
SO	7.7 a	0.64 ab	33.2 a	0.26 a	653 a	0.85 a	15.4 a	2.9 a
SF	7.8 a	0.74 a	34.2 a	0.25 a	748 a	0.77 a	16.0 a	3.5 a
Optimum level	6.0-7.0	0.00-0.20	2.5-3.5	-	400-500	0.70-0.80	5.0-6.0	1.5-2.0

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.
Optimum levels were adapted from RDA (2018).

Table 3. Leaf Nutrient Concentrations as Affected by Homemade Liquid Fertilizers in a Cherry Tomato Field

Treatment	T-N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
UT	1.1 a	0.05 a	1.2 a	5.9 a	0.40 a
OC	0.8 a	0.05 a	1.2 a	5.7 a	0.32 a
BF	1.4 a	0.07 a	1.4 a	6.3 a	0.39 a
FA	1.2 a	0.05 a	1.2 a	5.3 a	0.30 a
SO	1.0 a	0.06 a	1.4 a	5.9 a	0.36 a
SF	1.0 a	0.05 a	1.2 a	5.2 a	0.32 a
Optimum level	2.0-3.0	0.20-0.40	1.5-2.5	1.0-2.0	0.25-0.50

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.
Optimum levels were adapted from RDA (2018).

가장 높아서 기비로 처리된 퇴비의 연간 투입량을 절반 이하로 감비시켜야 할 것으로 판단된다. 토양 유기물과 전질소와 인산 그리고 치환성 양이온 수준은 처리 간에 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았다. 토양 샘플링 채취시기가 작물 생장이 거의 완료된 이후에 조사하여서 토양 내 무기성분은 작물에 이미 흡수되었거나 토양에서 손실되어 처리 간에 차이가 감소한 것으로 판단된다.

3.3. 액비처리에 따른 작물의 무기성분과 생장

잎의 대량 무기성분 농도는 처리 간에 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았는데 이는 작물 생장이 비대해지면서 무기성분의 희석효과에 기인한 것으로 판단된다(Table 3). 전질소와 인산 및 칼륨은 모든 처리구에서 토마토 생장을 위한 적정 수준 보다 낮게 나타났고 반대로 칼슘은 높은 수준을 보였다.¹⁾ 초장이 3 m 이상 성장하는 시기에 잎 샘플링 채취 부위가 1.5~1.8 m 높이에서 이루어져서 이동성이 좋은 질소와 인산 및 칼륨은 모두 생장점

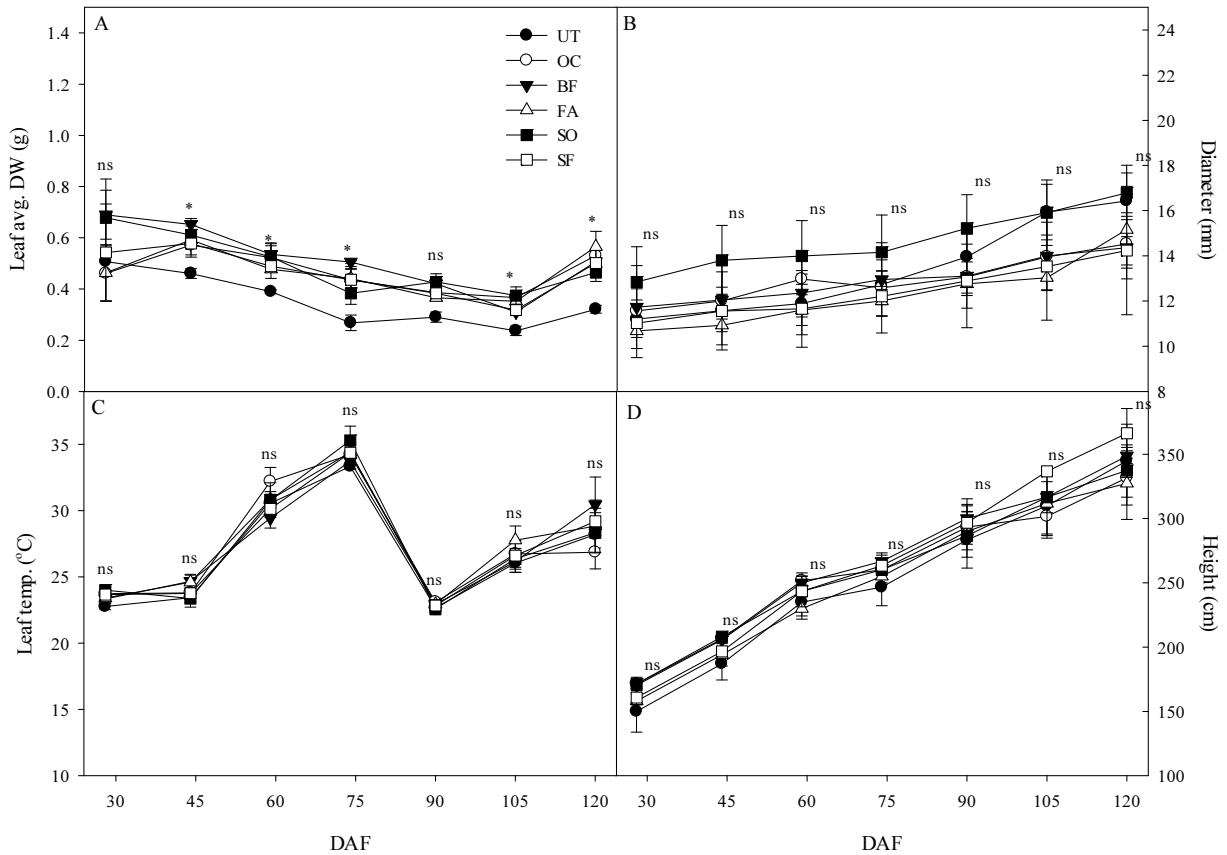


Fig. 2. Leaf dry weight (Panel A), stem diameter (Panel B), leaf temperature (Panel C), and plant height (Panel D) as affected by homemade liquid fertilizers between 30 and 120 days after fertigation (DAF) in a cherry tomato field.

*adjacent to each datum point for each sampling time indicate significant differences as determined by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$; ns, not significantly different.

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.

부위인 위쪽 부분으로 빠르게 이동하여 감소한 것으로 판단된다.¹⁵⁾ 반대로 이동성이 느린 칼슘은 서서히 축적되어 농도가 적정 수준 보다 높았으며 추가적으로 토양 내 높은 칼슘농도도 일부 원인이 되었을 것으로 판단된다.¹⁵⁾

평균 잎 건물중은 측정 시기에 상관없이 무처리구에서 대부분 낮게 나타났고(Fig. 2A), 줄기 직경은 처리구 간에 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 2B). 엽온은 처리구간에 차이가 없었으나 처리 75일 차에 모든 처리구에서 35°C 가까이 상승하여 고온기 일소병 등의 피해에 주의가 필요하였다(Fig. 2C). 초장은 시기가 경과하면서 모든 처리구에서 처리 120일 차에 300 cm 전후로 관측되었다(Fig. 2D). 무처리구에서 처리 후 30~75일 사이

에 초장이 비교적 더디게 성장되었지만 측정 후기에는 지속적으로 증가하여 결과지의 발생이 처리구와 비슷하거나 많아졌다.

3.4. 액비처리에 따른 과실특성

과실수량은 무처리구에서 75일차 까지 유의성 있게 낮았고 골분+어분과 불가사리 액비구에서 높은 수준이 유지되었는데(Fig. 3A), 친환경 오이 재배지에 어분 액비의 투입량이 증가하면 토양미생물상 등의 토양생태계 다양성이 회복되어 수량 증가에 일부 기여하였다.⁶⁾ 하지만 120일 차 이후에는 무처리구에서 다소 수량이 높았는데, 다른 액비 처리구보다 초장이 더 많이 증가한 결과로 생각된다. 평균 과중은 처리 후 75일 차까지 무처리구에서 낮은 수

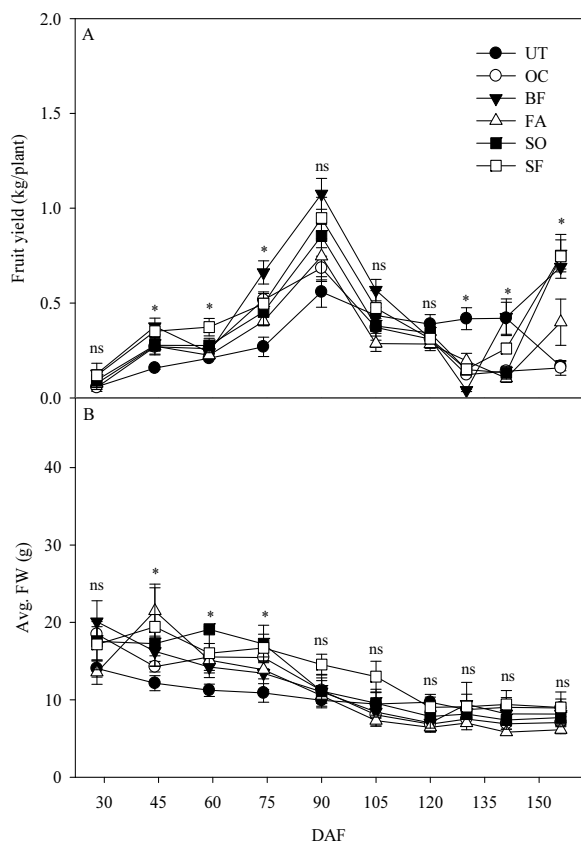


Fig. 3. Fruit yield (Panel A) and average fresh weight (Panel B) as affected by homemade liquid fertilizers between 30 and 160 days after fertigation (DAF) in a cherry tomato field. *adjacent to each datum point for each sampling time indicate significant differences as determined by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$; ns, not significantly different. UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.

준이었고 이후에 처리 간에 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 3B). 처리 60일 이후에는 모든 처리 구에서 초장이 200 cm 이상 까지 성장하면서(Fig. 2D) 그들에 의한 개화 및 결실 그리고 수량과 평균과중의 감소로 이어졌고 처리 후 120일 차에는 평균과중이 10 g 이하로 감소하면서 상품성이 크게 저하되어 결순작업 등의 가지치기가 요구되었다.

과실중경은 처리 간에 차이가 관찰되지 않았으나 횡경은 골분+어분과 불가사리 액비구에서 가장 증가하여 세포분열 후 세포신장이 활발히 이루어진 것으로 추정된다(Table 4). 과실 당도는 생선아미노산 액비구에서 6.8°Brix로 가장 높았고 과실경도는 골분+어분에서 가장 높았다. 과피의 밝기를 나타내는 L값은 무처리구에서 가장 높았고 과피의 적색인 a값은 생선아미노산 액비구에서 가장 높아서 착색이 우수한 것으로 관찰되었다. 인산은 작물내의 핵산과 세포막 구성성분 및 에너지 전달 매개체 등에 관여하여 광합성 물질 전달에 중요한 역할을 수행하기 때문에¹⁵⁾ 인산함량이 높았던 생선아미노산 처리구에서 당도와 착색 향상에 기여한 것으로 생각된다. 하지만 토마토 화학비료 관주실험에서 인산 사용량이 증가하여도 당도와 착색향상에 미치는 영향은 미미하였고 라이코펜과 같은 기능성 물질이 높아졌다고 보고¹⁶⁾ 된 바 있어서 관행과 유기질 비료의 인산 함량에 따른 과실 품질과 관련한 실험이 필요하였다. 과피의 청색을 의미하는 b값은 처리 간에 차이가 관찰되지 않았다.

Table 4. Fruit Characteristics as Affected by Homemade Liquid Fertilizers in a Cherry Tomato Field

Treatment	Fruit size		SSC (°Brix)	Firmness (N)	Color		
	Length	Diameter			L	a	b
UT	29.4 a	22.6 ab	6.6 ab	3.8 ab	37.8 a	24.6 b	36.2 a
OC	28.6 a	22.3 bc	6.4 ab	3.5 b	35.5 b	24.3 b	37.5 a
BF	27.8 a	23.5 a	6.5 ab	4.3 a	35.1 b	23.7 b	33.8 a
FA	27.8 a	21.5 c	6.8 a	3.7 ab	34.2 b	28.9 a	37.3 a
SO	29.3 a	22.6 ab	6.5 ab	3.4 b	35.2 b	25.8 b	37.6 a
SF	29.4 a	23.2 a	6.2 b	3.3 b	35.6 b	24.4 b	35.9 a

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.

UT: untreated, OC: oil cake, BF: bone+fish meal, FA: fish amino meal, SO: sesame oil meal, SF: starfish.

4. 결 론

자가제조 액비 관주 처리로 재배초기에 토마토 생육이 크게 증가하면서 수량이 증대되었지만 후기에는 작물의 결순작업을 최소화한 관계로 영양생장 비대에 의한 차광으로 수량과 평균과중 감소에 원인이 되었을 것으로 생각된다. 유기물이 풍부한 노지에서도 미량의 무기성분을 함유한 액비가 투입되면 작기가 긴 토마토 작물에게는 웃거름으로 과실 품질 향상과 수량 증대에 일부 영향을 끼친 것으로 나타났다. 따라서 토양 검정 후 비옥한 노지에서는 기비의 투입량을 권장량 대비 절반 이하로 감비 하면서 작물에 맞는 액비종류를 선택하여 사용하면 생산 효율성을 극대화 시킬 수 있을 것으로 사료된다. 특히 골분+어분 자재는 무기성분이 다른 자가제조 액비 보다 적게 함유되었음에도 수량과 과실크기 및 당도와 경도 등의 과실품질을 향상시킨 것으로 나타났다. 하지만 유기자재의 정확한 효과를 검증하기 위해서는 희석배율과 함께 질소농도를 동일하게 맞추어서 시용효과를 추가적으로 구명하는 것이 액비의 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제 “자가 제조 유기농업자재 평가 및 활용기술 개발” 과제(PJ01338806)의 지원으로 수행되었음. 대구가톨릭대학교 지원에도 감사드립니다.

References

1. RDA, “Tomato, 2nd publication”, RDA. (2019).
2. Agarwal, S. and Rao, A. V., “Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases”, *Can. Med. Assoc. J.*, 163, pp. 739~744. (2000).
3. Rosen, C. J. and Allan, D. L., “Exploring the benefits of organic nutrient sources for crop production and quality”, *HortTechnol.*, 17, pp. 422~430. (2006).
4. Parr, J. F., Papendick, R. I. and Colacicco, D., “Recycling of organic wastes for a sustainable agriculture”, *Biol. Agric. Hortic.*, 3, pp. 115~130. (1986).
5. An, N. H., Cho, Y. S., Cho, J. R., Kim, Y. K., Lee, Y., Jee, H. J., Lee, S. M., Park, K. L. and Lee, B. M., “The survey of actual using conditions of farm-made liquid fertilizers for cultivating environment-friendly agricultural products”, *Korean J. Org. Agric.*, 20, pp. 345~356. (2012).
6. An, N. H., Cho, J. R., Gu, J. S., Kim, Y. K. and Han, E. J., “Effect of fish meal liquid fertilizer application on soil characteristics and growth of cucumber (*Cucumis sativus* L.) for organic culture”, *J. Korea Org. Resour. Recycl. Assoc.*, 25, pp. 13~21. (2017).
7. Choi, H. S., Jung, J. S., Kuk, Y. I., Choi, I. Y. and Jung, S. K., “Effect of starfish fertigation on soil chemical and microbial properties and growth of red pepper plants”, *J. Korea Org. Resour. Recycl. Assoc.*, 27, in press. (2019).
8. Jung, J. S., Jung, S. K. and Choi, H. S., “Effect of homemade liquid fertilizers on chemical property and microbial activity of soil and cucumber growth”, *J. Korea Org. Resour. Recycl. Assoc.*, 27, pp. 15~25. (2019).
9. Gaskell, M. and Smith, R., “Nitrogen sources for organic vegetable crops”, *HortTechnol.*, 17, pp. 431~441. (2007).
10. KMA, “Statistical analysis of climate”, Korea Meteorological Administration, KMA. (2019).
11. RDA, “Analysis methods of soil and plant”, National Institute of Agriculture Science, RDA. (2010).
12. Inbar, Y., Chen, Y. and Hadar, Y., “Humic substances formed during the composting of organic matter”, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 54, pp. 1316~1323. (1990).
13. Jeong, K. H., Kim, T. I., Choi, K. C., Han, J. D. and Kim, W. H., “Change of compost properties during aerobic composting of poultry manure”, *Kor.*

- J. Anim. Sci., 39, pp. 731~738. (1997).
14. Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. and Nelson, W. L., "Soil fertility and fertilizers", Person Education Ltd., USA, pp. 1~515. (2004).
15. Marschner, P., "Mineral nutrition of higher plants", Elsevier Ltd., UK, pp. 1~651. (2012).
16. Liu, K., Zhang, T. Q., Tan, C. S. and Astatkie, T., "Responses of fruit yield and quality of processing tomato to drip-irrigation and fertilizers phosphorous and potassium", Agronomy J., 103, pp. 1339~1345. (2010).