

어분, 골분 및 참깨박을 이용한 발효액비 제조에 따른 무 발아 및 토마토 생육에 미치는 영향

안난희^{a†}, 이상민^b, 조정래^a, 이초롱^a, 공민재^c

Effect of Liquid Fertilizer Application using Fish-meal, Bone-meal and Sesame oil-cake on Seed Germination and Growth of Tomato

Nan-Hee An^{a†}, Sang-min Lee^b, Jung-Rai Cho^a, Cho-Rong Lee^a, Min-jae Kong^c

(Received: Nov. 15, 2019 / Revised: Dec. 13, 2019 / Accepted: Dec. 16, 2019)

ABSTRACT: This study aimed to investigate the physicochemical characteristics of fish meal, bone meal, and sesame oil cake, which are readily available by-products from agriculture and fisheries, during the process of liquid fertilizer fermentation, and to examine the effects of liquid fertilizer application on seed germination and growth of tomatoes. During processing the fermentation for liquid fertilizers by using fish meal, bone meal, and sesame oil cake liquid fertilizers, the pH of the fertilizer increased in the order of bone meal > fish meal > sesame oil cake, and the concentration increased rapidly up to 30 days in all types of liquid fertilizer. The nitrogen content of the liquid fertilizers increased as fermentation progressed in the order of fish meal > bone meal > sesame oil cake. The phosphorus content increased as fermentation progressed and the highest was 1.0 % in the liquid fertilizer of sesame oil cake. The germination rate and its index of radish seeds were compared for different dilutions of each of the liquid fertilizers. Excluding the 10-fold dilution of the fish meal and oil cake liquid fertilizer, all the treatment groups showed a germination rate ≥ 95 % and the germination index tended to increase with dilution rate of liquid fertilizers. For responses of tomato growth, there were no significant differences among the liquid fertilizer treatment groups; however, the organic content, microbial density, and microbial biomass C in the soil were higher than chemical fertilizer treatment. These results demonstrated that there were differences in the characteristics of liquid fertilizers depending on the materials used, and that liquid fertilizer can be used for nutrition management for the organic crop cultivation.

Keywords: organic agriculture, nutrient management, organic liquid fertilizer, by-product

초 록: 본 연구는 농가에서 손쉽게 구할 수 있는 농축수산 부산물인 어분, 골분, 참깨박을 대상으로 액비 발효과정 중 이화학적 특성과 제조된 액비 처리에 따른 무 종자 발아 및 토마토 처리에 따른 작물 생육과 토양 환경에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다. 어분, 골분, 참깨박 액비 제조 시 발효기간 동안 액비의 pH는 발효가 진행될수록 골분 > 어분 > 참깨박 액비 순으로 높아졌으며 EC농도는 액비 3종 모두 30일까지 급격히 증가하다가 이후 변화가 적은 것으로 나타났다. 액비의 질소 함량은 발효가 진행될수록 모두 증가하였으며 어분 > 골분 > 참깨박

^a 국립농업과학원 유기농업과 연구사(Researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Sciences)

^b 국립농업과학원 유기농업과 연구관(Senior researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Sciences)

^c 국립농업과학원 유기농업과 연구원(Assistant researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Sciences)

† Corresponding author(e-mail: nanhee79@korea.kr)

액비 순으로 높았다. 인산 함량도 발효가 진행될수록 증가하였으며 참깨박 액비가 1.0 % 로 가장 높게 나타났다. 액비 종류별 희석배수에 따른 무 종자의 발아율과 발아지수 결과는 어분과 참깨박 액비 10배 희석 처리구를 제외하고는 모든 처리구에서 95 % 이상의 발아율을 나타냈으며 발아지수는 액비가 희석될수록 증가하는 경향을 나타냈다. 액비 처리에 따른 토마토 생육 및 수량은 액비 처리간에 유의한 차이는 없었으며 화학비료 처리구에 비해 토양 중 유기물 함량, 미생물 밀도 그리고 미생물체량이 높게 나타났다. 이러한 결과로부터 유기자원을 활용한 액비 특성은 재료에 따라 차이가 있으며 유기농작물 재배 시 액비 사용으로 양분관리가 가능할 것으로 판단되었다.

주제어: 유기농업, 양분관리, 유기 액비, 농축수산 부산물

1. 서론

최근 유기농산물 인증면적은 연평균 11.3 % 증가하는 반면, 친환경농산물 인증 실적의 약 70 %를 차지하고 있는 무농약 농산물 인증면적이 연평균 4.9 % 감소하였으며¹⁾ 농가조사 결과, 친환경 농업을 실천하는데 있어 가장 큰 어려움은 친환경농산물 생산기술(39.9 %)로 나타났다²⁾. 유기농업에서의 양분 관리는 주로 녹비, 퇴비, 식물잔사, 유기질 비료 등 유기물을 통해 이루어지고 있다. 토양에 투입된 유기물에 의한 질소 공급은 토양에서 미생물에 의한 질소순환을 통해 이루어지기 때문에 작물이 직접 이용할 수 있는 형태로 공급되는 화학비료에 비해 작물의 단기적인 질소 이용률은 낮다³⁾. 이러한 이유로 유기농업에서의 양분관리는 공급되는 퇴비, 유기질비료 등의 무기화 속도와 작물의 이용 효율에 차이로 작물의 요구에 맞는 적절한 시기에 양분을 공급하는데 한계가 있으며 작물의 안정적 생육 및 수량 증수를 위해서는 웃거름으로 액비를 사용하고 있다⁴⁾. 고추, 오이처럼 재배 기간이 긴 작물은 안정적 생육 및 수량 확보를 위해 작기당 3~4회 가량 웃거름을 사용하고 있으며 유기농업에서는 화학비료 대신 웃거름용 양분공급원으로 액비를 자가제조하여 활용하고 있다⁵⁾. 액비는 식물이 필요로 하는 양분을 공급하는 효과 외에 토양에 유익한 미생물을 활성화시키며 액비에서 공급하는 양분과 미생물 발효산물은 뿌리보호, 발근촉진 등 작물생육에 다양한 측면에서 이로온 효과를 나타낸다^{6,7)}.

유기액비 제조 시 원료는 화학물질의 첨가나 화학적 제조공정을 거치지 않은 것을 사용하고 있다. 친환경농업육성법에 명시된 토양개량과 작물생육

을 위하여 사용 가능한 허용물질들 중 재료 확보가 용이한 자원들은 농축수산부산물, 수산부산물, 식물성 유박, 구아노 등 이다. 액비 제조 방법은 가축분뇨 액비처럼 호기적 조건에서 호기성 미생물에 의해 유기물 분해가 촉진되어 폭기 과정 중 질소의 손실이 많은 것이 단점이지만, 단기간에 완숙된 액비를 제조할 수 있다는 장점이 있다. 반면 농가 자가제조 액비처럼 혐기적 조건에서는 질소성분의 손실이 적고, 산소를 불어넣기 위한 동력이 필요 없지만 제조기간이 길고 악취가 많이 나는 것이 단점이 있다⁸⁾.

따라서 본 연구는 농가에서 손쉽게 구할 수 있는 농축수산 부산물인 어분, 골분, 참깨박을 대상으로 액비 발효과정 중 이화학성 특성과 제조된 액비 처리에 따른 무 종자 발아 및 토마토 처리에 따른 작물 생육과 토양 환경에 미치는 영향을 검토하여 유기농산물 생산을 위한 자가제조 유기액비 활용 기술을 보급하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 유기자원 활용 발효액비의 특성 분석

시험에 사용된 발효액비 재료는 농가에서 많이 활용되는 유기자원(어분, 골분, 참깨박)을 선택하였으며 각각의 성분 함량은 다음과 같다(Table 1). 액비 제조 방법은 물 10 L 기준으로 유기자원 2 kg, 당밀 200 g, 건조효모 100 g을 첨가한 후 90일간 상온에서 인위적인 공기주입 없이 자연 발효시켰으며 수분 증발을 막기 위해 액비통 입구를 비닐로 덮어 밀봉하였다. 발효과정 중의 액비 성분은 제조일 부

Table 1. Nutrient Contents of Raw Materials Used for Preparation of Liquid Fertilizer

Material	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N
	----- (%) -----					
Sesame oil cake	7.0	2.8	1.4	3.0	1.3	6.7
Bone meal	3.5	22.6	0.2	28.2	1.1	6.0
Fish meal	9.4	6.2	1.1	7.5	0.4	4.3

터 3개월 동안 0일, 10일, 30일, 60일, 90일차에 액비를 고루 섞은 후 시료를 채취하여 액비의 pH, EC, 질소, 인산 함량을 분석하였다. 액비의 각 항목의 분석방법은 농업과학기술원 액비 및 퇴비 분석법에 준하여 다음과 같이 분석하였다⁸⁾. pH와 EC는 원액을 pH meter(Star A211, Orion, USA)와 EC meter (HI 9932, Hanna, Korea)를 이용하여 측정하였다. 액비의 전질소(Total nitrogen)는 액비 1 ml를 취하여 CN분석기(Varimax CN, Elementar, Germany)로 정량하였고⁵⁾ 인산은 액비 10 mL를 삼각 플라스크에 넣고 H₂SO₄ 5 mL를 첨가한 다음 습식 분해한 다음 No. 2 (Whatman, USA)로 여과한 후 발색시약 Ammonium meta vanadate 용액 10 mL를 가하여 30 °C에서 15분간 발색 후 UV-visible spectrophotometer (UV-2450, Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

유기액비 종자발아 시험은 액비 원액을 10, 50, 100배 희석하여 5 mL를 No. 2 여과지 2매를 간 페트리디쉬에 가한 후 페트리디쉬 당 서호 무 종자 30개로 하였다. 대조구에는 증류수 5 mL를 넣고 대조구와 처리구를 3반복으로 하였다. 페트리디쉬는 파라필름으로 감아 수분증발을 막고 생육상의 온도를 25 ± 1°C, 습도는 85 ± 1 %, 빛은 종자의 발아조건에 따르며 특별히 인공적인 빛은 조사하지 않았다. 72시간 후에 페트리디쉬 내의 수분을 점검하여 액비와 증류수 3 ml를 보충하였으며 종자 처리 후 120~125시간 사이에 발아율, 뿌리길이를 측정한다. 발아지수(GI)는 다음의 식으로 계산하였다⁹⁾.

$$GI = GR \times RE / 100$$

$$GR = (\text{발아율} / \text{대조구 발아율}) \times 100$$

$$RE = (\text{뿌리길이} / \text{대조구 뿌리길이}) \times 100$$

2.2 작물 재배 및 생육 조사

액비 사용에 따른 작물 생육 시험은 국립농업과학원내 비닐하우스에서 수행하였으며 시험 작물은 토마토(슈퍼 도태랑)를 대상으로 수행하였다. 재식 주수는 150 cm × 20 cm로 심어 두 줄 유인하였으며 처리구당 20주를 재배하였다. 토마토 관리 및 재배는 농촌진흥청 표준재배법에¹⁰⁾ 준하였으며 병해충 관리는 친환경목록공시 자재를 이용하여 발생 시 처리하였다. 재배 기간은 2018년 4월 24일 정식하였으며 8월 9일까지 107일간 재배하였다. 토마토 생육 조사는 재배 종료 후 각 처리별로 3주를 대상으로 초장, 줄기 굵기, 생체중을 측정하여 평균하였으며 수량은 7월 3일부터 8월 9일까지 매주 1회 수확하여 누적 생산량을 계산하였다.

2.3 발효액비 처리

시험에 사용된 액비 3종의 질소 함량은 어분액비 1.0 %, 골분액비 0.5 %, 참깨박액비 0.2 % 이었다. 액비 처리구는 밀거름으로 헤어리베치를 전년도 10월에 9 kg/10a 수준으로 산파하였으며 이듬해 토마토 정식 2주전에 생육한 헤어리베치를 수확하여 전량 토양에 환원하였다. 시험구는 어분액비(FML), 골분액비(BML), 참깨박액비(OKL) 처리구와 화학비료(CF) 그리고 무비(NF) 5처리를 두었으며 재배 기간 동안 헤어리베치, 액비, 화학비료로 공급된 총 질소 공급량은 Table 2와 같다. 화학비료 시비는 토마토 표준시비량 기준으로 20.4-10.3-12.2(N-P-K) kg/10a을 각각 요소, 용과린, 염화가리로 사용하였다. 시험구 배치는 난괴법 4반복이며 처리당 면적은 7 m² 이었다. 액비 공급은 토마토 정식 4주 후 부터 물과 함께 500배 희석하여 재배가 끝날 때까지 15회 관수처리하였다.

Table 2. Experimental Design and N Application Rate in this Study

Treatment	N application rate				Total
	Basal fertilization		Top dressing		
	Green manure	Urea	Liquid fertilizer	Urea	
	----- N kg/10a -----				
FML [†]	12	0	20.6	0	32.6
BML	12	0	10.3	0	22.3
OKL	12	0	5.2	0	17.2
CF	0	11.6	0	8.8	20.4
NF	0	0	0	0	0

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, NF: No fertilizer

2.4 액비 처리에 따른 토양 화학성 분석

토양 분석방법은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다¹¹⁾. 토양시료는 시험 전과 후에 표토 20 cm를 오거로 채취하여 음건하였고, 2 mm체를 통과한 시료에 대하여 토양 화학성 분석에 사용하였다. 토양 pH 및 EC는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕 후 pH meter(Orion model Star A211, USA)로 측정하였으며 EC는 Conductance meter(Hanna model HI 9932, Korea) 측정치에 희석배수 5를 곱하여 나타내었다. 토양 유기물은 원소분석기(Vario max CN, Elementar, Germany)로 총 탄소함량 측정 후 1.724를 곱하여 나타내었다. 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였으며 풍건 토양 5 g에 침출액(333 mM Acetic acid + 1.5 N Lactic acid + 30 mM Ammonium Fluoride + 213 mM Sodium Hydroxide + 50 mM Ammonium Sulfate, pH 4.25) 20 mL를 가하여 10분간 진탕한 후 No. 2 여지로 여과하여 UV-Spectrometer(UV-2450, Shimadzu, Japan)로 파장 720 nm에서 비색 측정하였다. 치환성 양이온은 풍건토양 5 g에 1 N-CH₃COONH₄(pH 7.0) 용액 50 mL를 가하여 30분간 진탕한 후 No. 2 여지로 여과하여 ICP(GBC, Intergra XL, Australia)로 측정하였다.

2.5 액비 처리에 따른 토양 미생물 분석

토양 미생물 분석을 위해 시험 후 채취한 토양을 2 mm 체로 거른 후 4 °C 냉장고에 보관하면서 2주일 이내에 분석하였다. 토양 30 g을 270 mL의 멸균수에 넣고 왕복 진탕기에서 10분간 진탕하여 희석 평

판법으로 토양내의 미생물의 밀도를 조사하였다. 일반 세균은 yeast glucose agar, 방선균은 starch casein agar, 사상균은 rose bengal agar에 30 mg/L의 streptomycin을 첨가하여 조제한 배지를 사용하여 밀도를 조사하였다. 배양조건은 세균과 방선균은 28 °C에서 4~7일, 사상균은 25 °C에서 5일간이며 각 시료당 미생물 개체수는 3개의 페트리디쉬에 나타난 colony를 각각 계수하여 평균값(colony forming unit: CFU/g 건토)으로 조사하였다¹²⁾. 토양 미생물체량(Microbial biomass C)은 혼중 추출법을 이용하여 분석하였다¹³⁾. 비혼중 시료는 습윤 토양 15 g에 0.5 M K₂SO₄ 60 mL를 첨가하여 30분간 진탕하여 추출하였고, 혼중시료는 습윤 토양 15 g을 클로로포름 하에서 24시간 혼중시킨 후 0.5 M K₂SO₄ 60 mL를 첨가하여 30분간 진탕하여 추출하였다. 미생물체량은 TOC분석기(TOC-5050, Shimadzu, Japan)로 측정하였다. 미생물체량은 혼중된 분석값에서 비혼중된 분석값을 감하는 것으로 계산하였다.

2.6 통계처리

통계처리는 XLSTAT 프로그램(ver. 2015)을 이용하여 분산분석 실시 후 DMRT(Duncan's multiple range test)를 수행하여 평균 간 비교를 하였다. 또한 주성분 분석을 수행해서 액비처리에 따른 토양미생물 군집의 차이를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유기자원 활용 액비 발효과정 중 액비 이화학성 변화

어분, 골분, 참깨박 액비 제조 시 발효기간 동안 액비의 pH, EC, 질소, 인산 함량을 분석하였다(Fig. 1). pH는 발효가 진행될수록 골분 > 어분 > 참깨박 액비 순으로 높아졌으며 90일차에 pH는 각각 7.8, 5.5, 5.2를 나타냈다. Inbar(1987) 등은 퇴비 부숙과정에서 초기에 유기물이 분해되면서 유기산 등의 방출로 pH가 낮아지다가 질소화합물에서 암모니아가 생성되면서 pH가 다시 증가하는 것으로 보고하였다.¹⁴⁾ EC농도는 액비 3종 모두 30일까지 급격히 증가하다가 이후 변화가 적은 것으로 나타났다. 어분액비가 제조 당일 10.3 ds/m 에서 90일차 27.7 ds/m로 가장 높게 나타났다. EC의 변화 요인은 H⁺, OH⁻, HCO₃⁻, NH₄⁺, NO₃⁻ 등 다양한 이온의 조성에 따라 EC의 값이 결정된다는 보고와 같이¹⁵⁾ 발효가 진행될수록 유

기물의 무기화 작용으로 액비의 EC가 증가한 것으로 판단되었다. 액비의 질소 함량은 발효가 진행될수록 모두 증가하였으며 어분 > 골분 > 참깨박 액비 순으로 높았다. 인산 함량도 발효가 진행될수록 증가하였으며 참깨박액비가 1.0 %로 가장 높게 나타났다. 이처럼 유기자원을 활용한 발효액비의 양분함량은 재료 특성 및 혼합비율, 발효 조건 등에 따라 차이가 있으므로 사용 전 액비성분 분석을 통해 작물에 따라 적절한 양을 사용하는 기술이 요구된다.

3.2 유기액비 희석배수별 종자발아 시험

유기자원을 활용한 유기액비 원액의 경우 종자가 발아 되지 않았으며 액비 종류별 희석배수에 따른 무 종자의 발아율과 발아지수 결과는 다음과 같다 (Table 3). 발아율은 어분액비와 참깨박액비 10배 희석 처리구를 제외하고는 모든 처리구에서 95 % 이상을 나타냈으며 골분액비의 경우 모든 희석액에서 98.5 % 이상의 발아율을 나타냈다. 또한 발아지수는

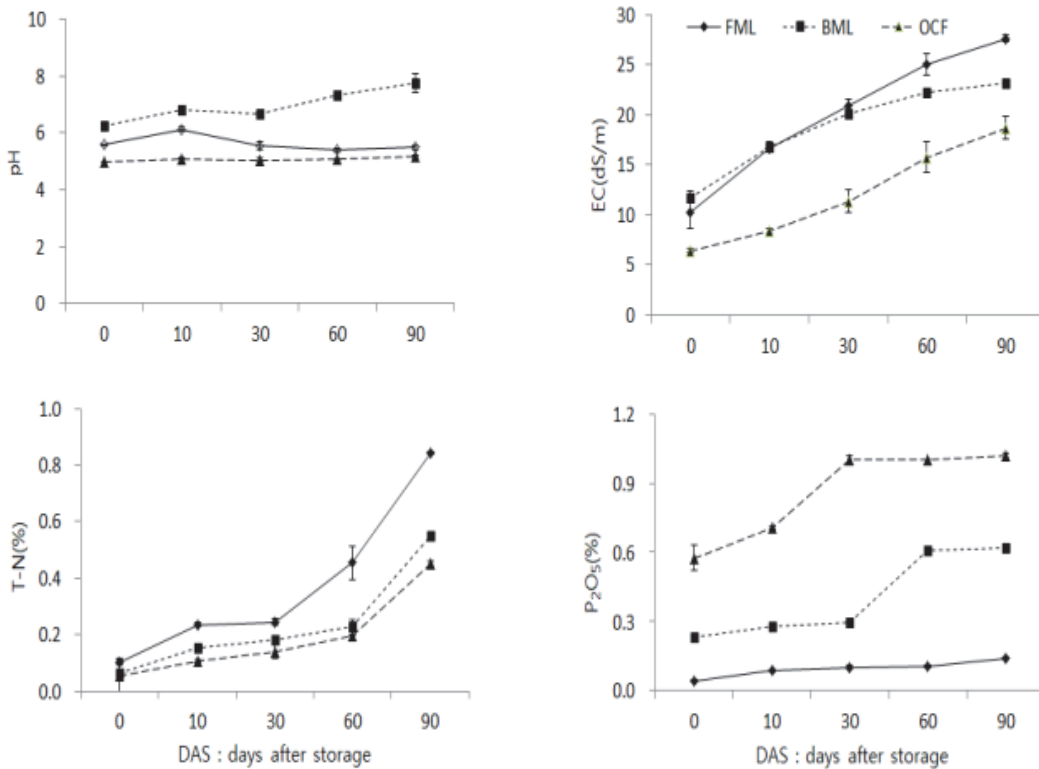


Fig. 1. Change of pH, EC, total N and P₂O₅ contents on liquid fertilizers. FML: fish meal liquid fertilizer, BML: bone meal liquid fertilizer, OKL: sesame oil cake liquid fertilizer. each data indicates an average of three replicates.

Table 3. Effect of Seed Germination Rate and Germination Index by Liquid Fertilization Dilution Ratio

Treatment	10 dilution		50 dilution		100 dilution	
	GR(%)	GI	GR(%)	GI	GR(%)	GI
FML [†]	61.5±10.1c	12.5±7.2b	99.6±0.6a	61.8±7.6a	100±0.0a	71.5±0.4a
BML	100.0±0.0a	51.0±22.3a	100.0±0.0a	78.8±14.0a	98.5±2.6a	75.6±4.9a
OKL	78.9±9.6b	8.0±3.9b	99.6±0.6a	71.2±19.2a	99.3±1.3a	69.2±9.1a

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer.

Table 4. Effect of Fertigation of Organic Liquid Fertilizer on Growth Parameters of Tomato

Treatment	Plant height(cm)	Stem diameter(cm)	Fresh weight(g)
FML [†]	189.7a [‡]	17.0a	826.2a
BML	183.6a	17.2a	748.0a
OKL	190.3a	17.6a	847.6a
CF	191.7a	16.9b	754.7a
NF	183.1a	17.7a	765.0a

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, NF: No fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

액비가 희석될수록 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 무폭기 돈분액비 경우, 원액은 시험 종료 시까지 전혀 발아되지 않으며 2배 희석 시 발아율이 50 %를 넘지 않는 결과와 유사하게 나타났다¹⁶⁾. 현재 가축분뇨의 액비의 경우 기계적 부숙도 측정방법에 의한 부숙이 의심될 때에 종자 발아법으로 발아지수가 70이상 일 때 부숙완료로 판정한다. 시험 결과 유기액비는 '가축분뇨 액비' 부숙도 판정기준 적용 시 부합하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 가축분뇨는 액비화 과정에서 호기적 조건에서 안정화 단계를 거치지만 유기액비는 어분, 골분 등 유기자재를 혐기상태에서 미생물에 의해 분해시켜 질소, 인산 등과 비료성분을 속효성으로 이용하고자하는 제조 방법으로 종자 발아 특성이 뚜렷하게 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

3.3 유기액비 처리에 따른 토마토 생육 및 수량 특성

액비 처리에 따른 토마토 생육은 Table 4와 같다. 토마토 초장은 183.1~191.7 cm 범위이며 화학비료 처리가 191.7 cm로 긴 경향을 보였으나 처리간의 통계적인 유의 차이는 없었다. 줄기굵기는 처리간에 뚜렷한 차이가 없으며 생체중의 경우 어분, 참깨박

액비 처리구가 화학비료, 무비구에 비해 높았으나 통계적인 유의차는 없었다. 관비농도와 작물 생육과의 관계는 Park 등(2011)은 무비구와 관비 26 mg/L, 52 mg/L, 화학비료 처리에 따른 작물의 초장과 건물중, 생체중의 유의적인 차이는 없었으며, Jaddo-Chaverria 등(2005)에 의하면 질소 관비농도와 상관없이 과실의 폭에 차이가 없음을 보고하였다^{17,18)}. Wang 등(2009)에 의하면 작물의 생육차이는 관개량과 관련 있으며 과실무게 감소는 관개량에 감소에 의한 영향으로 보고하였다¹⁹⁾.

각 처리에 따른 토마토 수량은 Table 5와 같다. 상품과의 경우 과실수는 액비 처리구가 주당 9.6~10.0 개로 화학비료 처리구에 비해 많았으나 통계적인 유의차는 없었다. 수확한 토마토 무게 역시 액비 처리구가 주당 1.53~1.54 kg으로 많았으나 화학비료 처리와는 통계적인 유의차가 없었다. 비상품과의 경우 화학비료 처리에 비해 액비 처리가 다소 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 액비는 비료효과가 속효성으로 화학비료 대비 약 70~100 %의 비효를 나타내는 것으로 알려져 있다²⁰⁾. 액비처리에 의한 양분공급 효과를 비교한 결과 어분, 골분, 참깨박을 활용한 액비 처리는 화학비료와 대등하게 토마토 생육과 수량을 확보 할 수 있는 것으로 판단된다.

Table 5. Effect of Fertigation of Organic Liquid Fertilizer on Yield of Tomato

Treatment	Marketable yield		Unmarketable yield	
	ea./plant	kg/plant	kg/plant	ratio(%)
FML [†]	9.6a [‡]	1.53a	0.47a	31
BML	9.9a	1.54a	0.63a	41
OKL	10.0a	1.54a	0.55a	36
CF	8.2ab	1.29ab	0.57a	44
NF	7.7b	1.16b	0.57a	49

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, NF: No fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, p < 0.05).

Table 6. Chemical Properties of Soil in Field Experiment Before and After

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
Before treatment	6.8	0.7	19.4	142.7	0.6	8.6	1.7
Experiment after							
FML	6.9a [‡]	0.8bc	22a	253ab	0.56b	10.1a	2.5a
BML	7.1a	0.9bc	22a	226bc	0.52b	9.3ab	2.2ab
OKL	7.1a	1.0b	23a	286a	0.90a	9.3ab	2.3a
CF	6.0b	1.3a	19b	208bc	0.67ab	8.3b	2.0b
NF	6.9a	0.7c	20b	177c	0.49b	8.7b	2.0b
Desired level	6.0~6.5	< 3	20~30	400~500	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, NF: No fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, p < 0.05).

3.4 유기액비 처리에 따른 토양 특성 변화

액비 및 화학비료 처리에 따른 토양 화학성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 시험전 토양의 pH는 6.8, OM은 19.4 g/kg, 유효인산은 142.7 mg/kg, 치환성 K 함량은 0.6 cmol/kg 으로 유기물, 유효인산, 치환성 K 함량이 토마토 재배 적정범위보다 낮았다. 시험 후 토양 pH는 화학비료 처리구가 액비, 무처리구에 비해 낮게 나타났으며 액비 중 재배기간 동안 질소 공급량이 많은 어분 액비의 경우 다소 낮은 경향을 보였다. 오이, 고추재배에서도 SCB액비와 화학비료 처리 후 pH가 화학비료 처리구보다 SCB액비 처리구에서 높게 나타났으며^{17,21)} 토양에 투입된 질소 농도가 증가할수록 토양 pH는 감소하는 원인은 공급된 질소의 질산화 작용으로 수소이온의 농도 증가 때문이라고 보고하였다²²⁾. 시험 후 EC는 시험 전과 비교하여 무비구를 제외한 모든 처리구에

서 증가하였으며 화학비료 처리구에 비해 액비 처리구가 낮은 경향을 나타냈다. OM과 유효인산 함량은 시험 후 모든 처리구에서 증가하였으며 시험 후 치환성 Ca과 Mg 함량은 모든 액비 처리구에서 높아졌으며 K 함량은 참깨박 액비 처리구가 0.9 cmol/kg로 가장 높게 났다.

처리별 토양 미생물상 분포를 조사한 결과는 Table 7과 같다. 호기성 세균은 1.3~2.1×10⁷ CFU/g 으로 액비 처리구는 화학비료 처리와 통계적인 유의차를 나타냈으나 액비 처리간의 유의한 차이는 없었다. 방선균은 4.1~10.5×10⁶ CFU/g 으로 다른 처리구에 비해 화학비료 처리구가 낮게 나타났다. 사상균은 2.3~7.6×10⁵ CFU/g 으로 화학비료 처리구에 비해 액비 처리구가 높게 나타났으며 액비 처리구간의 유의차는 없었다. Microbial biomass는 토양에 존재하는 미생물의 총량을 의미하며 토양변

Table 7. Soil Microbial Distribution of the Soil After Finishing this Field Trial

Treatment	Aerobic bacteria	Actinomycetes (CFU/g)	Fungi	Microbial biomass C ($\mu\text{g/g}$)
FML [†]	$1.8 \times 10^7 \text{a}^\ddagger$	$10.5 \times 10^6 \text{a}$	$7.6 \times 10^5 \text{a}$	200.3a
BML	$1.7 \times 10^7 \text{ab}$	$6.4 \times 10^6 \text{bc}$	$6.3 \times 10^5 \text{ab}$	179.2a
OKL	$2.1 \times 10^7 \text{a}$	$7.8 \times 10^6 \text{ab}$	$5.5 \times 10^5 \text{ab}$	207.3a
CF	$1.3 \times 10^7 \text{b}$	$4.1 \times 10^6 \text{c}$	$2.3 \times 10^5 \text{c}$	117.6b
NF	$1.8 \times 10^7 \text{a}$	$6.1 \times 10^6 \text{bc}$	$4.2 \times 10^5 \text{bc}$	165.1ab

[†]FML: Fish meal liquid fertilizer, BML: Bone meal liquid fertilizer, OKL: Sesame oil cake liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, NF: No fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

화에 민감하게 반응함으로 토양비옥도를 나타내는 지표로 활용될 수 있다^{23,24}). Microbial biomass C 함량은 117.6~207.3 $\mu\text{g/g}$ 범위로 무비나 화학비료 처리에 비해 액비와 같은 유기물 시용구에서 높게 나타났다. 이영한 등(2011)은 밭토양에서 토양 유기물과 미생물체량은 유의적인 상관관계를 보고하였으며²⁵) 본 시험에서는 액비 공급으로 토양 유기물 함량과 미생물체량이 높게 나타난 것으로 판단된다. 유기물을 시용함에 따라 미생물체량이 증가하는 원인은 토양내의 가용성 탄소 함량과 질소 무기화와의 관계를 보고하였다^{26,27}). 본 시험 결과로부터 유기농 토마토 재배 시 헤어리베치와 어분, 참깨박 액비 처리가 과실의 수확량을 향상시키고 토양의 유기물 함량과 미생물체량이 증가하는 결과를 확인하였으며 추후 액비 적정 사용을 위해 액비 시용량에 대한 연구가 필요하다.

4. 결론

유기 농산물 안정생산을 위한 양분관리 기술 개발을 위해 농가에서 손쉽게 구할 수 있는 농축수산 부산물인 어분, 골분, 참깨박을 대상으로 액비 발효 과정 중 이화학적 특성과 제조된 액비 처리에 따른 무 종자 발아 및 토마토 처리에 따른 작물 생육과 토양 환경에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 어분, 골분, 참깨박 액비 제조 시 발효기간 동안 액비의 pH, EC, 질소, 인산 함량을 분석하였

으며 pH는 발효가 진행될수록 골분 > 어분 > 참깨박 액비 순으로 높아졌으며 EC농도는 액비 3종 모두 30일까지 급격히 증가하다가 이후 변화가 적은 것으로 나타났다. 또한 액비의 질소 함량은 발효가 진행될수록 모두 증가하였으며 어분 > 골분 > 참깨박 액비 순으로 높았다. 인산 함량도 발효가 진행될수록 증가하였으며 참깨박액비가 1.0 %로 가장 높게 나타났다.

2. 액비 종류별 희석배수에 따른 무 종자의 발아율은 어분과 참깨박 액비 10배 희석 처리구를 제외하고는 모든 처리구에서 95 % 이상을 나타냈다. 또한 발아지수는 액비가 희석될수록 증가하는 경향을 나타냈다.
3. 유기액비 처리에 따른 토마토의 초장, 줄기 굵기, 생체중은 처리간의 유의차는 없으며, 토마토 상품과의 과실수 및 수확량은 화학비료와 대등하게 나타났다.
4. 액비 및 화학비료 처리에 따른 토양 화학성을 분석한 결과 토양 pH는 화학비료 처리구가 액비, 무처리구에 비해 낮게 나타났으며 EC는 화학비료 처리구에 비해 액비 처리구가 낮은 경향을 나타냈다. 또한 토양의 유기물, 유효인산 함량은 화학비료에 비해 액비 처리구가 높게 나타났으며 액비 공급으로 토양 미생물 밀도와 미생물체량이 증가하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ013515022019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

1. Jeong, H. G., Sung, J. H. and Lee, H. J., "State of Korean and overseas markets for Environment-friendly agricultural products and challenges 2018", KREI Agri-Policy Focus, 169. (2018).
2. Kim, C. G., Jeong, H. G., Im, Y. A., Lee, H. J. and Kim, Y. G., "Fostering Environment-Friendly Agriculture and Strengthening Management of Agri-Environmental Resources", KREI. (2016).
3. Lee, Y. J., Yun, H. B., Song, Y. S., Lee, C. H., Sung, J. K. and Ha, S. K., "Effects of organic matter sources on nitrogen supply potential in arable land", CNU J. of agricultural science, 42(4), pp. 431~437. (2016).
4. An, N. H., Cho, J. R., Kim, Y. K., Han, E. J. and Gu, J. S., "Effect of fish meal liquid fertilizer application on soil characteristics and growth of Cucumber(*Cucumis sativus* L.) for organic culture", J of KORRA, 25(3), pp. 12~21. (2017).
5. Choi, D. H., Sung, J. K., Lee, S. M., Lee, Y. H., Kim, J. M., Jung, J. A. and Song, B. H., "Selection of useful organic materials as an additional fertilizer for organic red-pepper production and the application effect", Korean J. Soil Sci. Fert., 41(3), pp. 153~157. (2008).
6. Kai, H., Ueda, T. and Sakaguchi, M., "Antimicrobial activity of bark-compost extracts", Soil Biol. Biochem., 2. pp. 983~986. (1990).
7. Elad, Y. and Shtienberg, D., "Effect of compost water extracts on grey mould(*Botrytis cinerea*)", Crop protection, 13. pp. 109~114. (1994).
8. NIAST, "Technical guidance manual for manure compost and liquid manure for environmental-friendly agriculture use", Rural Development Administration. (1999).
9. RDA, "Manual of analysis of manure compost & liquid manure components and maturity", Rural Development Administration. (2017).
10. RDA, "Tomato cultivation manual", Rural Development Administration. (2017).
11. NIAST, "Analysis methods of soil and plant", Rural Development Administration. (2010).
12. Suh, J. S., Kwon, J. S. and Noh, H. J., "Effect of the long-term application of organic matters on microbial diversity in upland soils", Korea J. Soil Sci. Fer., 43(6), pp. 987~994. (2010).
13. Vane, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S., "An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon", Soil Biol. Biochem., 19, pp. 703~707. (1987).
14. Inbar, Y., Chen, Y. and Hadar, Y., "Humic substances formed during the composting of organic matter", Soil Sci. Soc. Amer. J., 54(5), pp. 1316~1323. (1989).
15. 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(6), pp. 731~738 (1997).
16. Choi, D. Y., Kwan, J. H., Park, K. H., Song, J. I., Kim, J. H., Kang, H. S., Han, C. B., Choi, S. W. and Lee, C. S. "Study on the development of measuring system for fermentation degree of liquid swine manure using visible ray", J. Lives. Hous. & Env., 16(3), pp. 227~236. (2010).
17. Park, J. M., Lee, T. J., Lee, S. E. and Lee, I. B., "Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and growth and development of cucumber (*Cucumis sativus* L.)", Korean J. Soil Sci. Fert., 44(2), pp. 194~199. (2011).
18. Jasso-Chaverria, C., Hochmuth, G. J., Hochmuth, R. C. and Sargent, S. A., "Fruit yield, size, and color responses of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlitesoilless cultures",

- Hort Technology, 15(4), pp. 565~571. (2005).
19. Wang, Z., Liu, Z., Zhang, Z. and Liu, X., "Subsurface drip irrigation scheduling for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in solar greenhouse based on 20cm standard pan evaporation", *Scientia Horticulture*, 123(1), pp. 51~57. (2009).
20. RDA, "Technical guidance for liquid manure use", Rural Development Administration. (2002).
21. Kang, B. G., Kim, H. J., Lee, G. J. and Park, S. G., "Determination of the optimum application rate of pig slurry for red pepper cultivation", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 37(6), pp. 388~395. (2004).
22. No, A. S., "Investigation of nitrogen fertigation on cucumber under plastic film house", *Annual Research Report, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Service*, pp. 497~505. (2006).
23. McGill, W. B., Cannon, K. R., Roberson, J. A. and Cook, F. D., "Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic carbon on Breton L. after 50 years of cropping to two rotation", *Canadian Journal of Soil Science*, 66(1), pp. 1~19. (1986).
24. Garcia-Gil, J. C., Plaza, C., Soler-Rovira, P. and Polo, A., "Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass", *Soil Biol. Biochem.*, 32(13), pp. 1907~1913. (2000).
25. Lee, Y. H. and Ha, S. K., "Impacts of chemical properties on microbial population from upland soils on Gyeongnam province", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 44(2), pp. 242~247. (2011).
26. Bolton, H. J., Elliot, L. F. and Papendick, R. I., "Soil biomass and selected soil enzyme activities: effect of fertilization and cropping practices", *Soil Biol. Biochem.*, 17(3), pp. 297~302. (1985).
27. Goyal, S., Mishra, M. M., Hooda, I. S. and Singh, R., "Organic matter-microbial biomass relationships in field experiments under tropical condition: effect of inorganic fertilization and organic amendments", *Soil Biol. Biochem.*, 24(11), pp. 1081~1084. (1992).