

Research Article



CrossMark

Open Access

랜더링 처리된 가축사체 잔류물로 제조한 액비 시용이 옥수수 재배에 미치는 효과

박재혁¹, 강세원^{1,2}, 윤진주¹, 조한나¹, 이승규¹, 김소희¹, 최성우², 조주식^{1,2*}

¹순천대학교 일반대학원 농화학과 & IT-Bio융합시스템전공, ²순천대학교 생명산업과학대학 농생명과학과

Effects of Liquid Fertilizer of Application from Rendered Livestock Carcass Residues on Maize Cultivation

Jae-Hyuk Park¹, Se-Won Kang^{1,2}, Jin-Ju Yun¹, Han-Na Cho¹, Seung-Gyu Lee¹, So-Hui Kim¹, Seong-Woo Choi², Ju-Sik Cho^{1,2*} (¹Department of Agricultural Chemistry & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea, ²Department of Agricultural Life Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea)

Received: 12 October 2022/ Revised: 7 November 2022/ Accepted: 14 November 2022

Copyright © 2022 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Jae-Hyuk Park

<https://orcid.org/0000-0001-6073-0185>

Se-Won Kang

<https://orcid.org/0000-0003-2038-5465>

Jin-Ju Yun

<https://orcid.org/0000-0002-5433-7325>

Han-Na Cho

<https://orcid.org/0000-0002-5143-9545>

Seung-Gyu Lee

<https://orcid.org/0000-0003-4022-7237>

So-Hui Kim

<https://orcid.org/0000-0002-5216-9364>

Seong-Woo Choi

<https://orcid.org/0000-0003-0761-1149>

Ju-Sik Cho

<https://orcid.org/0000-0001-9610-5373>

Abstract

BACKGROUND: Liquid fertilizers can provide nutrients to crops effectively and quickly. Amino acid liquid fertilizers produced by decomposing the residues of rendered livestock carcasses are expected to be effective in improving the productivity and quality of crops.

METHODS AND RESULTS: The treatment conditions for maize cultivation were control (Cn), inorganic fertilizer (IF), inorganic fertilizer and rendering residue liquid fertilizer (IF+RALF), compost (CP), compost and rendering residue liquid fertilizer (CP+RALF). Crop pro-

ductivity, sugar content, and nutrient uptake were investigated after maize harvest in the field applied with liquid fertilizers. Maize yields ranged from 87.6-158 g/plant, and the yield increased by 7.9% and 12.9% in IF+RALF and CP+RALF than in IF and CP, respectively. The maize sugar content increased in the range of 0.1-0.5 brix % by rendering residue liquid fertilizer (RALF) fertilization, and the sugar content was the highest in CP+RALF. There was no significant change in soil chemical properties of the soil due to liquid fertilizer treatment.

CONCLUSION(S): RALF increased yield and sugar content in maize cultivation, and fertilization with organic fertilizers was more effective for maize cultivation than inorganic fertilizers. Residues of rendered livestock carcass can be recycled as amino acid fertilizers, which can

* Corresponding author: Ju-Sik Cho

Phone: +82-61-750-5182; Fax: +82-61-750-8011;

E-mail: chojs@scnu.ac.kr

be effectively used for crop production and quality improvement.

Key words: Amino acid, Liquid fertilizer, Livestock carcass, Maize, Rendering residue

서론

액비는 작물이 필요로 하는 양분을 빠르게 공급할 수 있도록 액체형태로 만든 비료로써 주로 유기농업에서 부족한 양분을 보충하기 위한 보조제로 사용이 되고있다[1]. 액비는 관주나 엽면시비를 통해 작물에 공급되어 작물의 뿌리보호, 발근 촉진 및 미생물 번식등의 효과를 기대할 수 있으며[2], 엽면시비의 경우에 잎의 큐티클층이나 기공을 통한 무기양분의 흡수가 이루어지기 때문에 비료 효과가 빠르거나 비료 농도 장해에 대한 위험성이 감소하는 효과가 있다[3]. 액비의 주원료로는 깻묵, 쌀겨, 어분, 골분등 다양한 농축수산부산물들이 사용되고 있으며[4], 이는 액비 생산이 농축수산부산물의 처리로 인해 발생하는 오염과 자원의 재활용을 통해 환경에 긍정적인 효과를 보일 것으로 판단된다[5].

현재 지구온난화로 인해 폭염 및 가축전염병의 발생빈도가 증가하여 폐사하는 가축 수가 늘어나고 있으며, 특히 가축전염병의 경우 감염여부와 상관없이 3 km 이내의 가축을 대량으로 살처분하기 때문에 가축사체 발생량은 지속적으로 증가할 것으로 판단된다[6,7]. 가축사체 처리방법은 매몰법, 소각법 및 랜더링 처리법 등이 있으며, 랜더링 처리법의 경우에 가축사체를 고온고압으로 열처리하는 방법으로 알려져 있다[8]. 랜더링 처리법에 대해서 OIE(Office International des Epizooties)에서 가축사체 처리방법에 대한 효율성 및 안정성 평가를 진행한 결과로 가축사체 처리방법 중 가장 실용적이며 안전한 처리방법으로 보고된 바가 있다[9]. 랜더링 처리법을 통한 가

축사체 처리시 유지성분 및 고형 잔류물이 발생되며, 랜더링 고형 잔류물의 경우 60% 이상이 단백질 함량이며 골분을 통한 인산 및 칼륨이 포함되어 식물영양소로서 비료성분 가치가 높다[10]. 랜더링 잔류물의 단백질은 작물에 질소공급원으로써 활용이 가능하며, 분해를 통해 아미노산 형태로 공급될 경우 작물의 엽록체내 단백질 형태로 저장 및 대사에너지 전환, 생리활성 등의 효과와 잎과 토양에 있는 유용미생물의 영양원으로 작용하여 작물의 생육개선 및 생산량 증가에 효과가 있을 것으로 보여진다[4]. 이와 같이 랜더링 잔류물의 농업적 재활용은 가축사체의 매몰처리로 인한 토지감소, 유출수로 인한 오염 등 환경에 대한 문제와 액비 활용을 통한 유기농업에서의 생산성 증가, 무기질 비료의 사용량 저감등 여러 측면에서 긍정적인 효과가 있을 것으로 판단된다. 현재까지 여러 종류의 폐기물을 이용한 액비화 및 활용에 대한 연구는 많이 보고된 바가 있으나 가축사체 및 랜더링 잔류물의 액비화에 대한 연구는 현저히 부족한 실정이다[11-13].

이에 본 연구는 랜더링 잔류물을 분해하여 생산한 랜더링 아미노산 액비가 옥수수 재배에 미치는 영향을 확인하였으며, 이를 통해 랜더링 잔류물이 유기자원으로서 재활용될 수 있는 가능성을 확인하고자 연구를 진행하였다.

재료 및 방법

공시 재료

본 실험은 전라남도 순천시 서면에 위치한 순천대학교 시험포장에서 수행되었으며, 공시토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 공시토양의 토성은 식양토(Clay Loam)의 특성이었으며, pH는 4.71로 산성의 토양이었다. 토양 내 전기전도도, 유기물, 총 질소 및 유효인산은 각각 0.18 dS/m, 33.7 g/kg, 2.42 g/kg 및 57.4 mg/kg으로 조사되었다.

실험에 사용된 랜더링 잔류물은 랜더링 처리업체인 형제산업(주)에서 공급받았으며(Fig. 1), 랜더링 잔류물을 원료로 하여

Table 1. Chemical properties of the experimental raw soil

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM ----- (g/kg)	T-N -----	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol./kg)				Soil texture
					K	Ca	Mg	CEC	
4.71±0.15	0.18±0.00	33.7±0.98	2.42±0.08	57.4±0.44	0.49±0.01	2.45±0.03	0.85±0.01	9.91±0.19	CL

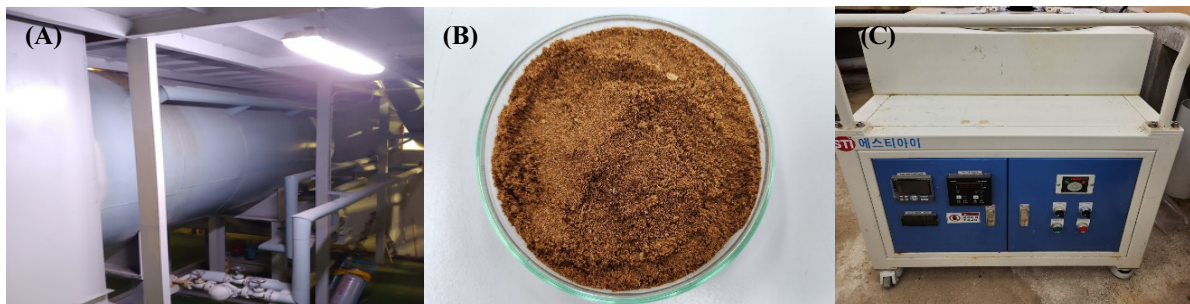


Fig. 1. Rendering equipment (A), rendering residues (B) and equipment for manufacturing liquid fertilizer (C).

액비를 생산하였다. 액비 제조방법은 랜더링 잔류물과 증류수를 1:5의 무게비로 처리한 후 랜더링 잔류물 무게의 20% (w/w)에 해당하는 단백질 분해효소(Alcalase 2.4 L, Novozymes, Bagsvaerd, Denmark)를 처리하였다. 아미노산 액비 제조는 Fig. 1(C)에서 보는 바와 같이 액비제조장치에서 온도는 50°C, 교반속도는 80 rpm으로 조절하여 8일간 발효하였다.

재배관리 및 액비 처리방법

랜더링 잔류물 아미노산 액비 시용이 옥수수 재배에 미치는 영향을 확인하기 위하여 공시작물로 백옥찰(*Zea mays* L.)을 선정하였으며, 옥수수 재식거리 및 처리구 크기는 각각 60 x 25 cm 및 4 m² (2 x 2 m)으로 하였다. 모든 처리구는 3반 복으로 진행되었으며, 옥수수는 2020년 4월 27일 이식하여 7월 15일까지 11주간 재배하였다. 처리조건은 무처리구인 CN 처리구(대조구)와 무기질비료인 N-P-K를 처리한 IF처리구, 유기질비료인 퇴비를 처리한 CP처리구, 무기질비료와 랜더링 잔류물 아미노산 액비를 처리한 IF+RALF처리구 및 퇴비와 랜더링 잔류물 아미노산 액비를 처리한 CP+RALF처리구로 나누어 실험을 진행하였다. 무기질 비료 및 유기질 비료의 투입량은 농촌진흥청 작물별 비료사용 처방기준에 따라 옥수수의 표준시비량에 준하여 N-P₂O₅-K₂O(15.8-3.0-6.3 kg/10a) 및 축분 퇴비(2000 kg/10a)를 토양에 시비하였으며, 아미노산 액비의 처리량은 Kuk 등[2]의 연구결과를 바탕으로 10 a당 500 L에 해당하는 양을 1000배 희석하여 월2회 엽면시비하였다. 옥수수의 생육특성은 옥수수 초장, 생체중, 수확량 및 당도를 조사하였으며, 식물체의 부위별 무기성분 및 흡수량을 조사하였다. N-P-K 및 퇴비와 액비의 혼용처리에 따른 토양의 화학적 특성은 옥수수 재배 후 pH, EC 및 CEC(Cation Exchange Capacity) 등을 조사하였다.

식물체 및 토양 분석 방법

본 실험에 사용된 토양 및 식물체의 화학적 특성은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 pH meter 및 EC meter(S230, Mettler Toledo, Zurich, Switzerland)로 분석하였으며, 총 질소 분석은 Kjeldahl법으로 분석하였다. 유효인산 및 유기물은 각각 Lancaster법(Optizen 2120UV, Mecasys, Daejeon, Korea) 및 Tyurin법으로 분석하였으며, CEC는 1 N-NH₄OAc용액으로 침출 후 ICP(ICPE-9000, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 식물체의 다량성분은 습식분해법(H₂SO₄ + HClO₄)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl법, T-P는 Vanadate법(Optizen 2120UV, Mecasys, Daejeon, Korea)으로

분석하였다. 수확한 옥수수의 당도는 당도계(SCM-1000, HM DIGITAL, Seoul, Korea)를 사용하여 분석하였다. 액비의 다량성분 및 중금속은 식물체 분석법과 동일한 방법으로 수행되었으며, 액비의 아미노산 함량은 액비를 산 가수분해(6 N HCl, 110°C, 24h)를 통해 전처리하여 아미노산분석기(S433, SYKAM GmbH, Eresing, Germany)를 사용하여 분석하였다[14].

통계 분석

옥수수의 생육, 무기성분 함량 및 토양 화학성에 대한 통계 분석은 SPSS(IBM SPSS Statistic 26, Endicott, New York, USA) 프로그램을 이용하여 ANOVA분석을 수행하였으며, 5% (p=0.05)의 유의수준에서 Duncan's multiple range test (DMRT)를 수행하였다.

결과 및 고찰

액비의 화학적 특성

액비의 화학적 특성 및 아미노산 함량은 각각 Table 2 및 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 랜더링 액비의 pH는 6.21로 중성이었으며, T-N, K₂O, CaO 및 MgO는 각각 0.92, 0.23, 0.12 및 0.03%로 조사되었다. 가축사체 액비에 대한 기준 및 연구 결과가 부족하여 비교하기 어려우나[15], Seo 등[16]의 가축사체의 알칼리 가수분해 액비와 비교하였을 경우에 pH, T-N, K₂O, CaO, MgO 등의 무기성분 함량이 낮았고 국내에서 유통되는 돈분액비와 비교하였을 때에는 pH가 낮고 T-N, K₂O, CaO 등의 무기성분은 높았다[17]. 알칼리 가수분해 액비의 경우 무기성분 함량이 높으나 pH 10의 강알칼리성으로 액비 사용시에 중성범위로 낮추기 위하여 물의 희석량을 늘려야하기 때문에 작물에 처리되는 무기성분은 랜더링 액비보다 낮아질 것으로 판단된다. 랜더링 액비의 구성아미노산 17가지의 총 함량은 19.0%였으며, glutamic acid > glycine > aspartic acid 순서로 아미노산 함량이 높았다. Ann 등[18]의 연구에서 사용된 해양부산물 아미노산 액비와 랜더링 잔류물 아미노산 액비 비교하였을 때, glutamic acid 및 aspartic acid는 두 액비 모두 높은 함량을 보였던 것에 비해 랜더링 잔류물 아미노산 액비에서는 glycine 함량이 상대적으로 높게 조사되었다. glutamic acid 및 aspartic acid는 유기태질소로 식물이 직접 흡수가 가능하여 질소 공급원으로 효과적이며[19], glycine의 경우에 양분의 흡수 및 이동을 촉진시키는 아미노산으로 랜더링 잔류물 아미노산 액비처리가 작물의 고른 성장에 효과를 보일 것으로 판단된다[20].

Table 2. Chemical properties of produced liquid fertilizer

pH	T-N	K ₂ O	CaO	MgO	T-P	As	Cd	Pb
	----- (%) -----				----- (mg/kg) -----			
6.21±0.08	0.92±0.09	0.23±0.01	0.12±0.01	0.03±0.00	135±3.90	ND ¹	ND	ND

¹ND; Not Detected

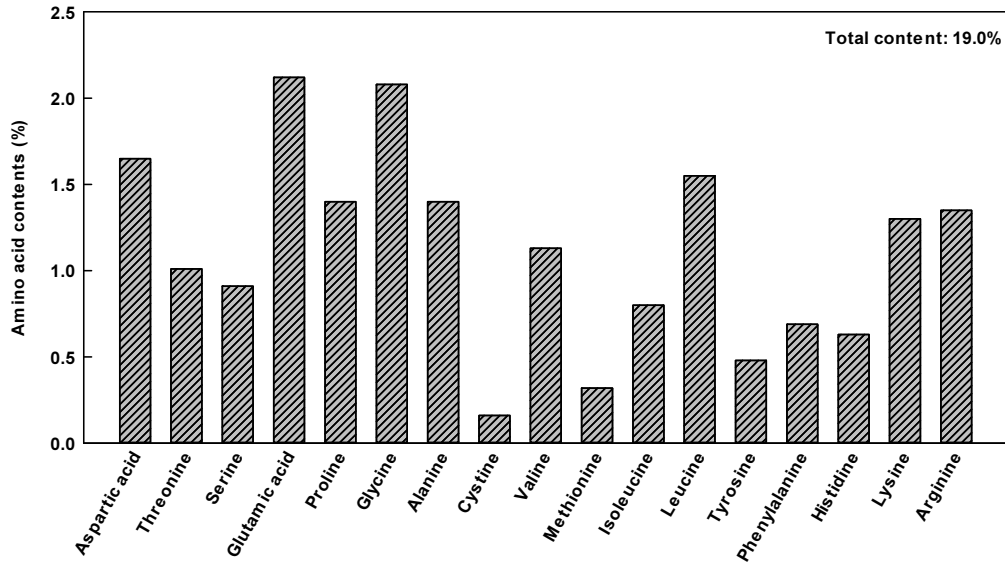


Fig. 2. Amino acid contents of amino acid liquid fertilizer made from rendering residue.

옥수수의 생육 특성

액비 사용에 따른 옥수수의 생육 특성을 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 옥수수 초장은 무처리구에서 181 cm/plant로 가장 낮았으며, 무기질 비료 및 퇴비 처리에 따라 210-213 cm/plant 범위로 약간 증가하였으나, 아미노산 액비 처리에 따른 옥수수 초장은 유의한 차이를 보이지 않았다. 옥수수 식물체 지상부(줄기+잎) 생체중은 494-621 g/plant 범위로 조사되었으며, 무기질 비료의 경우, 액비처리로 인해 지상부 생체중의 증가를 보였으나, 액비를 퇴비와 혼용하였을 때에는 생체중이 감소하였다. 옥수수 지하부(뿌리)의 생체중은 각 처리구별로 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 아미노산 액비가 엽면시비를 통해 지상부로 바로 흡수되어 뿌리 성장에 크게 관여를 하지 않은 것으로 판단된다[21]. 또한 Fernandez 및 Eichert[22]는 엽면시비에서 기공을 통한 침투 및 큐티클층에서의 물질교환을 통해 용질이 흡수된다고 보고하였으며, 옥수수 엽면에서 아미노산 액비가 기공과 큐티클로 흡수되어 뿌리 성장에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 옥수수 수확량은 모든 처리구가 Cn처리구보다 160-180% 범위로 증가하였다. 액비처리로 인한 옥수수 수확량은 IF처리구에서 140 g/plant에서 151 g/plant로 증가하였고 CP처리구

에서는 140 g/plant에서 158 g/plant로 증가하였다. 이는 Lee 등[23]의 옥수수 재배에서 아미노산 액비와 퇴비와의 혼합 처리가 옥수수 초장에 대해서 유의성을 보이지 않았으나 이삭무게 등의 증가를 통한 효과가 인정되었다는 보고와 유사한 결과를 보였다. 또한 액비 처리에 따른 옥수수 수확량의 증가는 열매의 짧은 성숙기간동안 액비의 엽면시비를 통해 아미노산 형태의 질소 공급이 옥수수 수확량을 증가시킨 것으로 판단된다[24].

옥수수 당도를 측정된 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. IF처리구는 Cn처리구보다 당도가 낮게 측정되었는데 이는 Kim 등[25] 연구에서 보고한 바와 같이 비료 처리에 의한 작물 중량 증가가 당도 감소에 영향을 주었다고 판단되며, CP처리구는 중량 증가에도 당도가 감소하지 않았는데 이는 퇴비 처리를 통해 높아진 토양의 EC 및 칼리 함량이 당도 증가에 영향을 준 것으로 판단된다[26]. 아미노산 액비와 무기질 비료 및 유기질 비료의 혼용처리에 따른 옥수수 당도는 각각 9.18, 9.71 brix%로 비료 단독처리에 비해 당도가 약 0.1-0.5 brix% 증가하였다. Sim 등[27]은 엽면의 glutamic acid 처리가 sucrose 대사조절을 하는 abscisic acid(ABA) 함량을 증가시킨다고 보고하였으며, 아미노산 액비의 가장 많은 아미노산인

Table 3. Growth characteristics of maize under liquid fertilizer applications

Treatment	Plant height (cm/plant)	Fresh weight (g/plant)			Grain yield (g/plant)
		Leaf	Stem	Root	
CN	181b ¹	137d	357c	96.2b	87.6c
IF	210a	164bc	398abc	125a	140b
IF+RALF	213a	179ab	411ab	126a	151a
CP	210a	186a	435a	118a	140b
CP+RALF	205a	159c	375bc	102b	158a

¹Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

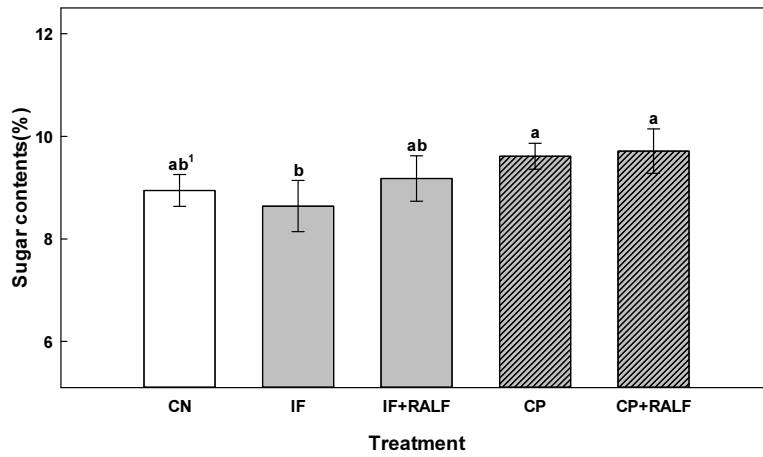


Fig. 3. Sugar content of maize after harvest.

¹Different letters above the bars indicate significant differences among the different treatments within the same experiment.

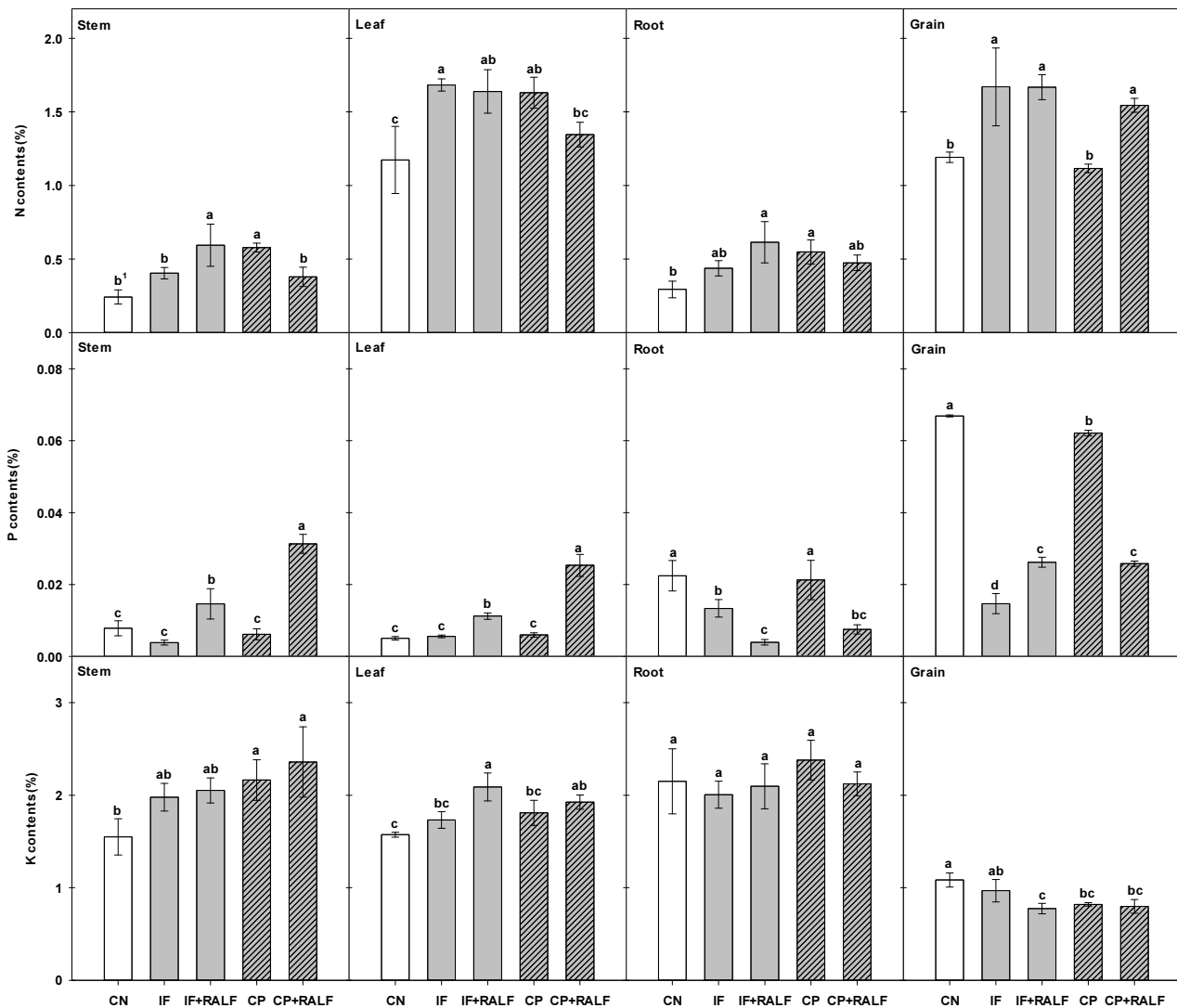


Fig. 4. Nutrient contents of maize under liquid fertilizer applications.

¹Different letters above the bars indicate significant differences among the different treatments within the same experiment

glutamic acid가 당도 증가에 영향을 준 것으로 판단된다. 옥수수 재배에서 유기질 비료는 무기질 비료보다 당도 증가에 효과적이며[28], 랜더링 잔류물 아미노산 액비를 보조제로 추가하였을 경우, 무기질 비료보다 유기질 비료에서 수확량 및 당도 개선에 조금 더 효과적일 것으로 판단된다.

옥수수의 부위별 무기성분 함량 및 흡수량

액비처리에 따른 옥수수 식물체 무기성분 함량은 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 수확 후 옥수수 부위별 N함량은 줄기, 잎, 뿌리 및 열매에서 각각 0.24-0.59, 1.17-1.68, 0.29-0.61 및 1.19-1.67% 범위로 조사되었다. 무기질 비료의 경우 액비처리에 따라 식물체의 N함량이 증가하였으며, 유기질 비료의 경우에는 옥수수 열매의 N함량이 증가하였다. 옥수수 부위별 P함량은 액비처리에 따라 식물체 지상부의 경우에 함량이 증가하였으며, 지하부에서는 감소하였다. 옥수수의 K함량은 처리조건 및 작물의 부위에 상관없이 0.77-2.38% 범위로 조사되었으며, 액비처리에 따라 지상부의 K함량은 증가하였고 지하부의 경우에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 아미노산 액비의 엽면시비가 뿌리의 양분함량에 영향을 주지 않았다고 판단된다.

옥수수의 건중량 및 무기 성분의 흡수량은 Table 4에서 보는 바와 같다. 무기질 비료 및 유기질 비료의 단독처리구보다 액비를 혼용한 처리구에서 옥수수의 건중량은 감소하는 경향이 나타내었다. 이는 생육초기부터 관수를 비롯한 액비처리로 인하여 옥수수에 수분이 과잉으로 공급되었으며, 약간의 습해로 인한 뿌리의 양수분 공급 능력 저하 및 지상부와 지하부의 건물중 감소를 일으켰다고 판단된다[29]. 옥수수의 질소, 인, 칼륨 흡수량은 식물체에서 각각 27.0-60.5, 0.59-1.36 및 95.1-147 kg/ha 범위였으며, 옥수수 열매에서는 각각 10.3-37.1, 0.29-1.44 및 9.32-19.2 kg/ha 범위로 조사되었다. 옥수수의

인산 및 칼륨은 액비처리로 인하여 흡수량이 증가한 것으로 보아 엽면시비를 통해 양분이 어느정도 흡수된 것을 볼 수 있으나 질소의 경우 액비처리로 인한 흡수량의 변화를 확인할 수 없었다. Choi 등[30]의 요소 엽면시비에 대한 연구에 의하면 질소가 엽면시비로 공급되었음에도 엽록소나 질소농도가 변화가 뚜렷하지 않았다는 보고와 유사한 경향이였다. 본 연구에서 액비처리로 인한 인, 칼륨의 흡수량이 증가와 옥수수 당도증가를 확인하였으며, 이에 무기성분 흡수량과 옥수수 당도에 관하여 상관분석을 실시하였다(Table 5). 질소와 칼륨의 경우 옥수수 당도와 정의 상관관계를 보였으나 유의한 상관관계는 없는 것으로 보였으며, 인 흡수량과 옥수수 당도는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 이는 Kim 및 Rno[31]의 연구에서 인산의 엽면시비에 의해 과실의 당도가 증가하였다는 보고와 유사하였으며, 인 흡수량과 옥수수 당도와의 관련성이 있는 것으로 판단된다.

수확 후 토양의 화학적 특성

액비와 유기질 및 무기질 비료 처리에 따른 토양의 화학성은 Table 6에서 보는 바와 같다. 처리구별 토양의 pH는 Cn 처리구 5.17에 비해 IF처리구에서 4.86으로 감소하였으며[32], CP처리구에서는 5.30으로 증가하였다[33]. 액비를 처리한 IF+RALF 및 CP+RALF처리구에서는 pH가 각각 4.91 및 5.44였으며, 액비를 처리하지 않은 IF 및 CP처리구보다 pH가 증가하였으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 이는 랜더링 액비의 pH가 토양보다 높았으며, 엽면시비를 하였으나 생육 초기 옥수수의 낮은 신장으로 인하여 토양으로 미량의 액비가 지속적으로 투입되어 토양 pH에 영향을 준 것으로 판단된다. 토양의 CEC는 IF 및 CP처리구에서 각각 8.74 및 9.98 cmol_c/kg으로 CN처리구보다 증가하였으며, IF+RALF 및 CP+RALF는 각각 9.39 및 10.4 cmol_c/kg으로 액비처리로 인하여 CEC

Table 4. Dry weight and nutrient uptake in maize

Treatment	Dry weight		T-N		T-P		K ₂ O	
	Plant	Grain	Plant	Grain	Plant	Grain	Plant	Grain
	----- (g/plant) -----		----- (kg/ha) -----					
CN	92.9b ¹	13.0b	27.0d	10.3c	0.59bc	0.58bc	95.1c	9.32c
IF	111ab	18.6a	49.5b	33.0ab	0.44c	0.29d	127ab	19.2a
IF+RALF	88.9b	16.1a	45.6bc	31.0ab	0.60b	0.48c	109bc	14.4b
CP	116a	18.5a	60.5a	25.9b	0.62b	1.44a	147a	19.1a
CP+RALF	88.9b	18.7a	36.6cd	37.1a	1.36a	0.62b	116bc	19.1a

¹Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

Table 5. Correlation between the sugar content and nutrient uptake by maize

Parameters	Plant			Grain		
	N	P	K	N	P	K
Correlation coefficient (r)	0.227	0.601*	0.374	0.250	0.538*	0.288

*, **, and *** indicates significance at the 5(P≤0.05), 1(P≤0.01), and 0.1(P≤0.001) % levels, respectively.

Table 6. Properties of experimental soil after maize harvest

Treatment	pH	EC	OM	T-N	Av. P ₂ O ₅	Ex. cation(cmol _c /kg)			
	(1:5)	(dS/m)	----- (%) -----	-----	(mg/kg)	K	Ca	Mg	CEC
CN	5.17b ¹	0.15c	2.72a	0.17b	75.0d	0.45b	2.47ab	0.90ab	8.51b
IF	4.86c	0.19c	2.69a	0.16b	87.1c	0.27b	2.41b	0.72b	8.74b
IF+RALF	4.91c	0.18c	2.67a	0.16b	80.3cd	0.34b	2.58ab	0.77b	9.39ab
CP	5.30ab	0.30a	2.85a	0.22a	187a	0.70a	3.31a	1.16a	9.98ab
CP+RALF	5.44a	0.24b	2.84a	0.20a	157b	0.74a	3.39a	1.13a	10.4a

¹Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

가 증가하였다. OM 및 T-N는 처리구별 유의한 차이를 보이지 않았다. 토양의 화학성은 무기질 비료와 유기질 비료 처리에 따라 유의한 차이를 보이나, 액비처리에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. Lee 등[23] 옥수수 유기재배에서 아미노산 액비와 퇴비 혼합처리 결과, 아미노산 액비에 따른 토양의 화학성 변화는 크지 않다고 보고하였으며, 액비의 엽면시비가 토양의 화학성에 큰 영향을 미치지 않았던 것으로 판단된다[21].

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (821007-3). Moreover, this work was supported by the Regional Specialized Industry Development Plus Program (S3273209) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea).

References

- Ann NH, Jo YS, Jo JR, Kim YK, Lee Y, Jee HJ, Lee SM, Park KL, Lee BM (2012) The survey of actual using conditions of farm-made liquid fertilizers for cultivating environment-friendly agricultural products. Korean Journal of Organic Agriculture, 20(3), 345-356.
- Kuk YI, Yun YB, Jang SJ, Jeong JY, Kim DS, Kim SS (2019) Evaluation of tomato growth-promoting effect and mineral nutrient of farm-made liquid fertilizers. Korean Journal of Organic Agriculture, 27(2), 205-224. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2019.27.2.205>.
- Cho YR, Cho YS, Choi JS (2019) Effects of foliar spray volumes and concentrations of liquid fertilizer on Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. Wood and Turfgrass Science, 8(2), 159-166. <https://doi.org/10.5660/WTS.2019.8.3.249>.
- An NH, Lee SM, Cho JR, Lee CR, Kong MJ (2019) Effect of liquid fertilizer application using fish-meal, bone-meal and sesame oil-cake on seed germination and growth of tomato. Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 27(4), 61-70. <https://doi.org/10.17137/korrae.2019.27.4.61>.
- Ann SW, Kim YC, Hwang IS, Cho JK, Kim MS, Lee JK, Eum WY (2010) Effect of Seafood amino acid fertilizer and Korea effective microorganisms on the fruit quality of Fuji apple. Journal of Environmental Science International, 19(10), 1293-1299. <https://doi.org/10.5322/JES.2010.19.10.1293>.
- Park JC, Han KJ, Chae YR (2019) Correlation analysis between livestock mortality caused by heat wave and news big data. Journal of the Association of Korean Geographers, 8(3), 529-543. <https://doi.org/10.25202/JAKG.8.3.13>.
- Park HS, Ham SH, Lee J (2021) Study on policy improvement measures to respond to infectious diseases of livestock through field investigation. Journal of the Society of Disaster Information, 17(2), 275-288. <https://doi.org/10.15683/kosdi.2021.6.30.275>.
- Seo YJ, Seo DC, Kang SW, Lee SG, Park JW, Choi IW, Sung HH, Kang SJ, Cho JS (2013) Liquid-composting conditions of by-product obtained from degradation of animal carcass for agriculture recycling. Korean Journal of Environmental Agriculture, 32(4), 348-354. <http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2013.32.4.348>.
- CK FR, Farooq T, Sharun K, Talukder S, Kumar RR (2022) Rendered Animal Fat : A Boon to the Cosmetic Industry. The Indian Veterinary Journal, 99(9), 20-26.
- Seo DC, Kang SW, Choi IW, Sung HH, Hur TY, Yoo JY, Lee YJ, Heo JS, Kang SJ, Cho JS (2011) Evaluation of fertilizer value of animal cadavers for agricultural recycling. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer,

- 44(5), 788-793. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2011.44.5.788>.
11. Lubis E, Susanti R, Syofia I, Girang YP (2021) Use of liquid organic fertilizer fish waste and chicken manure fertilizer on the production of pumpkin (*Cucurbita Moschata*). *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(5), 1775-1779.
 12. Ramesh T, Amuthavalli A, Boopathy R (2020) Analysis of fermented liquid fertilizer from marine crab waste. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(3), 636-642. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.53.16>.
 13. Jung JS, Jung SK, Choi HS (2020) Effect of homemade liquid fertigation on growth and fruit characteristics of cherry tomatoes. *Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association*, 28(1), 27-36. <https://doi.org/10.17137/korrae.2020.28.1.27>.
 14. Won KH, Kim YK, Ma KB, Shin IS, Lee UY, Lee BHN, Choi JH, Lee IB, Kim MS (2016) Changes in the organic compound contents of the pear rootstocks *Pyrus calleryana* and *Pyrus betulaefolia* affected by excessive soil moisture. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 35(3), 175-183. <http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2016.35.3.22>.
 15. Kang SW, Jeong CY, Seo DC, Kim SY, Cho JS (2019) Liquid fertilizer production by alkaline hydrolysis of carcasses and the evaluation of developed fertilizer in hot pepper cultivation. *Process Safety and Environmental Protection*, 122, 307-312. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.017>.
 16. Seo YJ, Seo DC, Choi IW, Kang SW, Lee SG, Sung HH, Kim TS, Kim HG, Park SH, Kang SJ, Cho JS (2012) Selection of optimal degradation agents for hydrolysis of animal cadavers, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 45(2), 241-247. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2012.45.5.810>.
 17. Lee JH, Go WR, Kunhikrishnan A, Yoo JH, Kim JY, Kim WI (2011) Chemical composition and heavy metal contents in commercial liquid pig manures. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(6), 1085-1088. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2011.44.6.1085>.
 18. Ann SW, Lee JM, Cho YK (2020) Perilla leaf fertilization effect of fertilizer by chlorella and seafood by-product fermentation. *Journal of Environmental Science International*, 29(4), 423-434. <https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.4.423>.
 19. An GS, Cho JK, Ann SW, Jo HJ (2016) Effects of liquid fertilizer of *Portunus trituberculatus* foliar application on the proximate components of Chubu Perilla frutescens leaves. *Journal of Environmental Science International*, 25(11), 1583-1587. <https://doi.org/10.5322/JESI.2016.25.11.1583>.
 20. Noroozlo YA, Souri MK, Delshad M. (2019) Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. *Open Agriculture*, 4(1), 164-172. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0016>.
 21. Hong BS, Tae HS, Cho YS, Oh SH (2011) The effect of foliar application to improve putting green performance. *Asian Journal of Turfgrass Science*, 25(1), 94-99.
 22. Fernandez V, Eichert T (2009) Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Science*, 28, 36-68. <https://doi.org/10.1080/07352680902743069>.
 23. Lee SH, Lee KH, Kim HJ, Lee SM, Kim JH (2019) Evaluation of mixed treatment of amino acid liquid fertilizer and compost tea as a substitute for oil-cake in organic cultivation of maize. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 27(4), 453-461. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2019.27.4.453>.
 24. Brankov M, Simic M, Dolijanovic Z, Rajkovic M, Mandic V, Dragicevic V (2020) The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*, 10(9), 365. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090365>.
 25. Kim HG, Seo DC, Cheong YH, Kang CS, Sohn BK, Lee DJ, Kang JG, Park MS, Heo JS, Kim BS, Cho JS (2007) Effects of different humic acids on growth and fruit quality of tomato plant. *Korean Journal of Environment Agriculture*, 26(4), 313-318. <http://doi.org/10.5338/KJEA.2007.26.4.313>.
 26. Kim BS, Cho KC, Na YG, Yoon BK, Jung SK, Cho KS, Lee KA, Choi HS (2014) Effect of cover crops on the soil properties and fruit quality in a persimmon orchard. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 22(3), 413-421. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2014.22.3.413>.
 27. Sim HS, Jo JS, Woo UJ, Moon YH, Lee TY, Lee HJ, Wi SH, Kim SK (2022) Changes in abscisic acid, carbohydrate, and glucosinolate metabolites in Kimchi cabbage treated with glutamic acid foliar application under extremely low temperature conditions. *Journal of Bio-Environment Control*, 31(3), 170-179. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2022.31.3.170>.
 28. Marzouk HA, Kassem HA (2011) Improving fruit quality, nutritional value and yield of Zaghoul dates

- by e application of organic and/or mineral fertilizers. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 249-254. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.005>.
29. Shin SH, Jung GH, Kim SG, Son BY, Kim SG, Lee JS, Kim JT, Bae HH, Kwon YU, Shim KB, Lee JE, Baek SB, Jeon WT (2017) Effect of prolonged waterlogging on growth and yield of characteristics of maize (*Zea mays* L.) at early vegetative stage. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 37(4), 271-276. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2017.37.4.271>.
 30. Choi ST, Park DS, Ahn GH, Kim SC, Choi TM (2013) Foliar-application effects of urea and potassium phosphate on fruit characteristics and reserve accumulations of persimmon trees 75%-defoliated in early autumn. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 46(1), 53-57. <http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2013.46.1.053>.
 31. Kim YH, Rno IR (2001) Effects of foliar spray of monopotassium phosphate (MPP) on the fruit quality of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.cv. Miyagawa wase) in the plastic greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control*, 10(2), 111-117.
 32. Kang SW, Lee WJ, Jeong HG, Park JH, Lee JH, Yun JJ, Kim SY, Seo DC, Cho JS (2018) Effect of application levels of inorganic fertilizer with biochar on corn growth in an upland field. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 51(4), 547-554. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2018.51.4.547>
 33. Kong MJ, An PG, Jung JA, Lee CR, Lee SM, An NH (2020) The Effect of organic materials application on soil chemical properties and yield of corn in organic upland soil. *Journal of Environment Science International*, 29(19), 1239-1248. <https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.12.1239>.