

PLANT & FOREST

Production of liquid fertilizer from broken eggs and evaluation of its effect on lettuce growth

Bo-Ra Kim^{1,†}, Jae-Han Lee^{1,†}, Su-Hun Kim¹, Ha-Yeon Choi¹, Bong-Su Choi², Taek-Keun Oh^{1,*}, Chang-Hoon Lee^{3,*}

¹Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

³Department of Fruit Tree, National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

*Corresponding author: ok5382@cnu.ac.kr, chlee915@korea.kr

†These authors equally contributed to this work as first author.

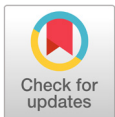
Abstract

Eggs are likely to be used in agriculture because they can provide enough nutrients for crop growth. Statistics show that a large number of eggs are lost due to breakage before reaching the final consumer. The purpose of this study was to make a natural liquid fertilizer as a substitute for chemical fertilizers using broken eggs as a resource and to evaluate the efficiency of the formulated fertilizer. To make the liquid fertilizer, the broken eggs and distilled water were mixed at ratios of 6 : 4 and 4 : 6. Then, effective micro-organisms (EM) and sugar were added, and the mixture was fermented. The temperature and electrical conductivity (EC) increased gradually with the fermentation while the pH decreased. When evaluated following the seed germination index method of the compost, it was found that the fertilizer matured 10 days after the beginning of the experiment. The growth experiment was conducted with lettuce in which the fermented liquid fertilizer was compared with a commercial liquid fertilizer. The 6 : 4 treatment produced plants with the densest fresh shoot and roots weighing 41.6 and 4.6 g, respectively. The number of leaves (12.3 per plant) was also the highest for the 6 : 4 treatment. Soil analysis showed that the soil pH was improved, and the soil organic matter was increased in the fermented liquid fertilizer treatment.

Keywords: amino acid, broken egg, fermentation, lettuce

Introduction

1900년대에 암모니아 합성과 석회질소의 발견 이후 화학비료는 전 지역에서 많이 사용되고 있다. 화학비료는 대량생산, 균일품질, 안정공급, 저렴한 가격의 이점으로 사용량이 비약적으로 증가하였다. 하지만, 화학비료 과다사용은 토양에 집적되어 토양생태계 교란 및 토양 내 양분 불균형이 초래되어 농산물의 안정성이 문제 되고 있다(Oh et al., 2016). 또한, 과다 시비된 질소비료는 토양 미생물과 반응하여 질소화합물을 발생시켜



OPEN ACCESS

Citation: Kim BR, Lee JH, Kim SH, Choi HY, Choi BS, Oh TK, Lee CH. 2020. Production of liquid fertilizer from broken eggs and evaluation of its effect on lettuce growth. Korean Journal of Agricultural Science 47:11-18. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190077>

Received: June 18, 2019

Revised: August 14, 2019

Accepted: August 22, 2019

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지구온난화의 원인이 된다(Jeon et al., 2014). 화학비료의 이러한 단점 때문에 최근 친환경 농업이 각광받고 있으며, 유기성 폐자원을 활용한 비료 연구가 활발히 진행되고 있다.

우리나라에서 생산되는 계란 중 약 15 - 25%에 이르는 계란의 파손으로 인하여 손실 된다고 보고하였다(Go, 1999). 계란의 성분은 주로 수분과 단백질, 지질로 이루어져 있다. 그 중 단백질이 분해되어 생성되는 아미노산은 식물뿌리의 활력과 토양 발효의 기본이 되며, 토양미생물의 양분으로 작용하여 미생물의 세포분열을 활발하게 한다고 보고되고 있다(Cho et al., 1993; Ann et al., 2010). 아미노산은 식물이 흡수한 후 바로 asparagine 또는 glutamic acid 처럼 아미노기 전이반응에 의해 식물체 내에서 질소대사의 핵심적인 아미노산으로 바뀌어 무기태 질소보다 뛰어난 생장을 보이며, 일반적으로 10 ppm정도의 아미노산으로도 생장을 촉진시키는 결과를 보이는 것으로 알려져 있다(Go, 2014).

따라서, 본 연구는 유기성 폐자원인 파란을 발효한 액비가 작물의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

Materials and Methods

액비 제조 및 발효

계란 발효 액비 제조를 위해 난각을 제외한 전란과 부자재로 증류수를 이용하였다. 각각의 혼합 비율은 6 : 4, 4 : 6으로 총 3 kg 제조하였다. 액비의 효과적인 발효를 위해 대전농업기술센터에서 분양 받은 EM과 설탕(Beksul, White sugar, CJ Cheiljedang Corp., Seoul, Korea)을 각각 30 mL와 30 g 추가하였다. 액비 발효를 위해 열의 손실을 최소화 할 수 있는 스티로폼 소재의 발효상자를 이용하였으며, 상자의 내부 크기는 270 mm (W) × 270 mm (D) × 250 mm (H)로 유효용적은 약 11.6 L이다. 비율별 혼합된 액비는 발효상자에서 10일간 부숙을 진행하였다.

액비 분석

발효 시작 후 매 1일 간격으로 16시에서 17시 사이 발효상자 내부 액비의 온도를 측정하여 온도변화를 관찰하였으며, 매 3일 간격으로 시료 10 mL을 취하여 pH meter와 EC meter (ORION Versa Star Pro, Thermo Scientific Inc., Waltham, USA)를 이용하여 pH와 전기전도도(electrical conductivity, EC)를 측정하였다. 액비의 부숙도 측정을 위해 농촌진흥청에서 제시한 ‘액비의 부숙도 시료 채취기준 및 검사방법 등에 관한 세부규정(ME, 2015)’의 종자발아법을 이용하여 종자발아지수(germination index, GI)로 부숙도를 판단하였다. Petri dish에 No. 2 여과지 2매를 바닥에 깔고 발아율 85%이상의 서호무 종자(Seoho, Nongwoobio, Suwon, Korea) 30립을 가하였다. 액비시료를 희석 없이 5 mL, 대조구에는 증류수 5 mL를 분주한다. 빛은 특별히 조절해주지 않았으며, 생육상온도(25 ± 1°C)를 조절하며 총 120 - 125시간 발아시켜 발아율과 뿌리 길이를 측정 후 발아지수 70이상을 부숙완료로 판정하였다(식(1)-(3)).

$$\text{Germination rate (GR)} = (\text{발아율}(\%)/\text{control 발아율}(\%)) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Relative (RE)} = (\text{뿌리길이}(\text{mm})/\text{control 뿌리길이}(\text{mm})) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Germination index (GI)} = \text{GR} \times \text{RE}/100 \quad (3)$$

작물 재배 실험

본 시험은 충남대학교 농업생명과학대학 내 유리온실에서 수행되었으며, 자연광을 이용하였다. 작물은 상추(Chungchima, Asia seed co., Ltd., Seoul, Korea)를 선발하였으며, pot에서 총 4주간 재배하였다.

작물 재배용 토양 제조를 위해 충남대학교 내 포장 밭 토양을 채취하여 2주간 풍건 후 2 mm 체거름하였으며, 밭 토양과 상토, 질석을 2 : 1 : 1 (V/V/V)로 혼합하여 재배용 토양으로 사용하였다.

액비는 관주 시비하였으며, 증류수를 무처리구, 시판액비(Begesol, Nongwoobio, Suwon, Korea)를 대조구로 하여, 4 : 6 발효액비, 6 : 4 발효액비로 처리하였다. 액비는 증류수에 500배 희석하여 매 3일 간격으로 300 mL씩, 무처리구는 증류수 300 mL을 처리하였다.

작물 생육

농촌진흥청이 발간한 ‘농업 과학기술 연구조사분석기준’(NAAS, 2012)에 의거하여 작물의 생육 조사는 지상부 및 지하부 생중량, 엽장, 엽폭엽수를 측정하였다. 생중량은 오차를 줄이기 위해 수확 후 바로 측정하였다. 엽장과 엽폭은 상위 3 잎의 가장 길고 넓은 부분의 길이를 측정하였으며, 엽수는 1 cm 이상의 잎의 개수를 측정하였다.

토양 분석

실험 토양은 농촌진흥청 ‘토양 화학 분석법과 토양 및 식물체 분석법’(NIAST, 2000)을 토대로 pH, EC, 유기물, T-N, 유효인산, 치환성 양이온(K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})의 분석을 실시하였다. pH와 EC는 토양과 증류수를 1 : 5 방법으로 pH meter와 EC meter (ORION versastar pro, Thermo Scientific Inc., Waltham, USA)를 이용하여 측정하였다. 유기물은 Tyurin법을 이용하였으며, T-N은 Kjeldahl을 이용하여 분석하였다. 유효인산은 Lancaster법을 이용하였으며, 치환성 양이온은 EDTA적정법을 이용하여 측정하였다. 재배 전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical properties of soil used for this experiment.

Sample	pH (1 : 5)	EC ($dS\ m^{-1}$)	OM (%)	T-N (%)	Avial. P_2O_5 ($mg\ kg^{-1}$)	Ex. cation ($cmol\ k^{-1}$)		
						K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Soil	6.91	2.69	2.87	0.91	105.81	0.36	9.87	2.39

EC, electrical conductivity; OM, organic matter; T-N, total nitrogen; Avial. P_2O_5 , available phosphorus; Ex. cations, exchangeable cation.

Results and Discussion

온도 변화

액비의 발효 과정 중 온도변화는 Fig. 1에 나타냈다. 일반적으로 퇴비화 과정 중 고분자 유기물이 저분자 유기물 등으로 분해되어 발열 반응이 일어나게 되어 발효과정의 진행상황을 판단할 수 있으며, 발효가 완전히 일어난 후 온도는 상승하지 않고 외부온도와 차이를 보이지 않는다. 발효과정 초기 두 처리구에서 모두 발열이 일어나 DAT 5 - 6까지 온도가 상승하였다. 6 : 4처리구는 DAT 6에 33.7°C, 4 : 6처리구는 DAT 5에 31.0°C로 최고온도를 나타낸 후 하강하였다. 이후 DAT 9부터 온도가 유지되는 경향을 보였으며, 더 이상 온도의 상승이 없어 발효가 완료된 것으로 판단하였다.

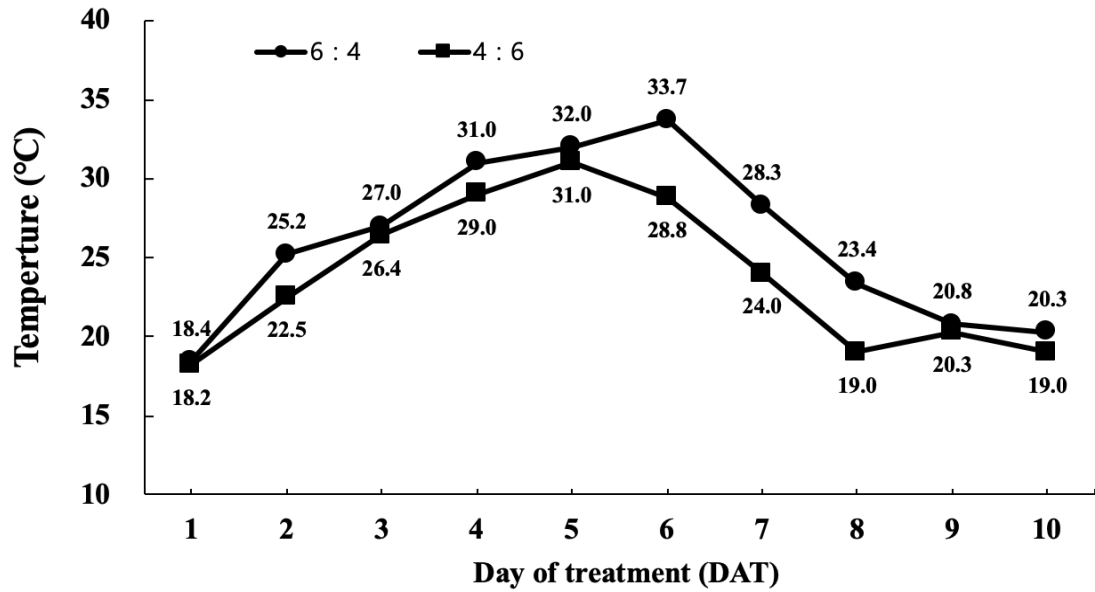


Fig. 1. Variations of temperature with fermentation time.

액비의 이화학적 특성

액비 제조 직후(DAT 1), 6 : 4와 4 : 6의 pH는 각각 7.2, 7.9로 계란의 비율이 높은 6 : 4처리구의 pH가 더 높았다. 발효가 진행되면서 두 처리구 모두에서 낮아지는 경향을 보였으며, DAT 10에 6 : 4와 4 : 6의 pH는 각각 5.2, 5.3로 나타났다(Fig. 2). Jayabalan et al. (2007)은 발효 과정에서 pH는 유기산 등 중간생성물의 축적과 암모니아의 발생 등의 영향을 받아 변할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 액비 발효과정 중 미생물에 의해 유기물들이 분해되는 동안 유기산이 생성되어 pH에 영향을 준 것으로 사료된다.

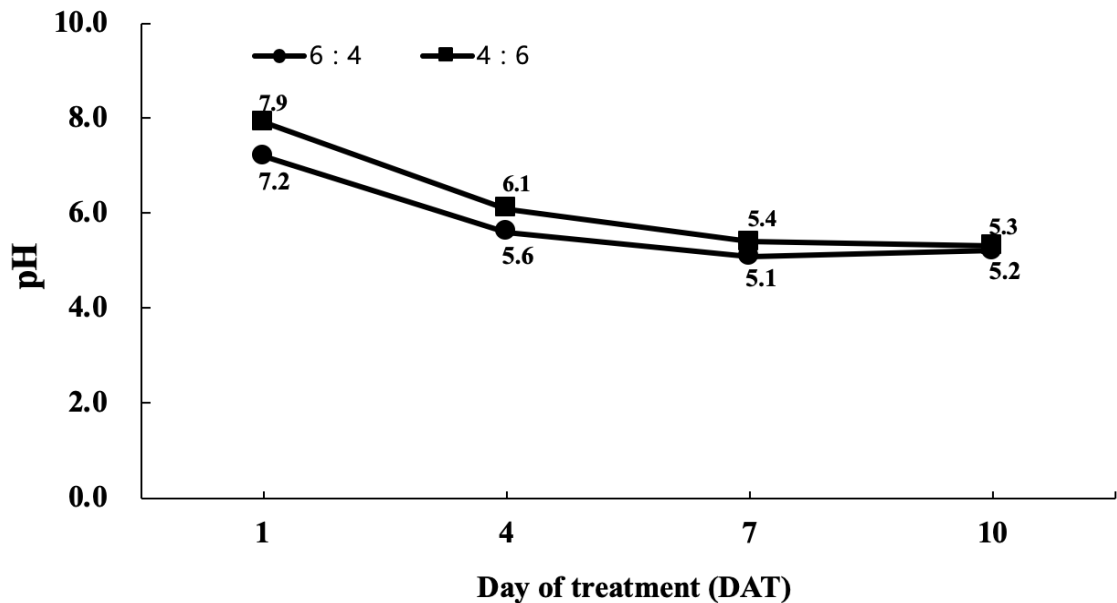


Fig. 2. Changes in pH of the liquid fertilizers during fermentation.

EC는 제조 직후(DAT 1), 6 : 4와 4 : 6가 각각 2.7, 3.1 dS m^{-1} 로 계란의 비율이 높은 6 : 4처리구가 높게 나타났으며, DAT 7에 각각 4.8, 5.2 dS m^{-1} 로 상승하였다(Fig. 3). 발효과정 중 EC의 증가는 유기물의 무기화로 인해 이온들이 유기물로부터 용액으로 해리되기 때문이다(Paquet et al., 2000). 발효가 진행되면서 NH_4^+ , NO_3^- 등의 무기태질소와 양이온 등이 유기물로부터 용액으로 해리되어 EC가 상승된 것으로 판단된다.

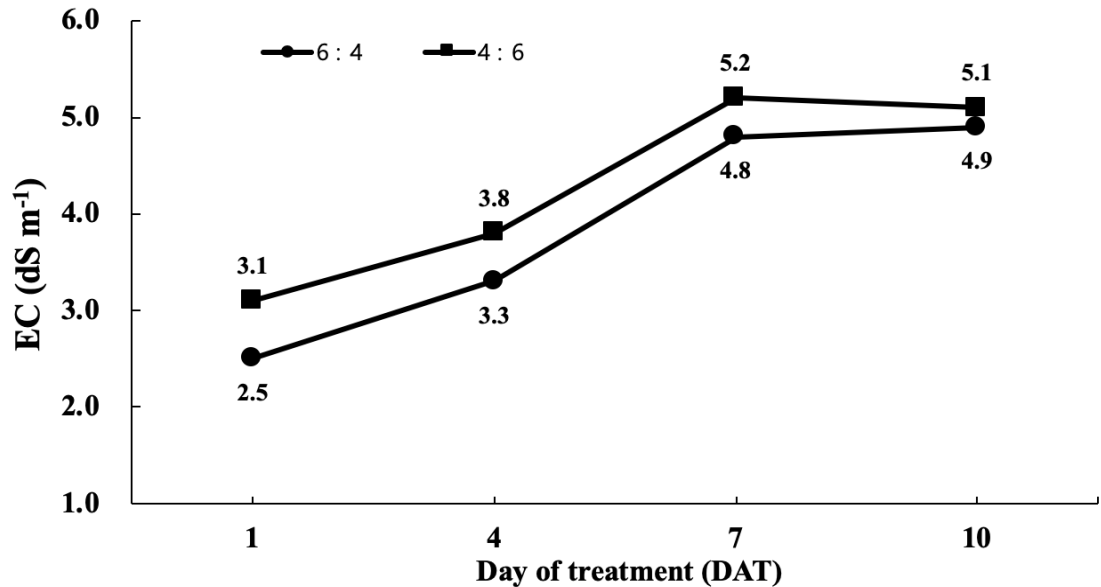


Fig. 3. Changes in EC during broken egg fermentation.

부속도

미부속 액비의 토양 처리 시 발효가 계속되면서 불쾌한 냄새와 가스가 발생하여 작물 생육에 장애 및 이용에 많은 제약을 일으킨다(Hwang et al., 2016). 특히, 암모니아 가스는 식물의 잎이 회갈색으로 급격히 마르며 가장자리가 말리는 등의 피해를 일으키는 결과를 보인다(Lee et al., 2011). 액비의 종자발아지수를 이용한 부속도 평가 결과, DAT 5에 6 : 4와 4 : 6처리구 모두 부속완료 기준인 70이상에 미치지 못하였으며, DAT 10에 6 : 4와 4 : 6처리구는 각각 98.2과 97.1로 부속완료로 판정하였다(Table 2).

Table 2. Seed germination index test results of the liquid fertilizer.

DAT	Treatment	GR	RE	GI
DAT 5	Control	100	46.06	-
	6 : 4	95.8	30.73	63.8
	4 : 6	97.8	32.8	69.6
DAT 10	Control	100	45.86	-
	6 : 4	99.2	45.43	98.2
	4 : 6	98.0	45.46	97.1

DAT, day after treatment; GR, germination rate; RE, relative; GI, germination index.

생육조사 결과

액비를 이용한 상추의 생육조사 결과는 Table 3에 나타내었다. 지상부 및 지하부 생중량은 6 : 4처리구가 각각 41.6과 4.6 g으로 가장 높았으며, 무처리구가 각각 27.7, 2.6 g으로 가장 낮았다. 엽수는 6 : 4처리구가 12.3 per plant로 가장 많았으며, 무처리구가 11.0, 12.3 per plant로 가장 적었다(Fig. 4). 계란에는 염기성 아미노산인 glutamine, asparagine, arginine 등이 다량 함유되어 있다(Cho, 2006). Kim and Kim (1999)은 염기성 아미노산은 작물의 직접 흡수가 가능하며, 화학비료 상태의 암모니아나 질산을 공급원으로 하는 경우 보다 생육이 양호하다고 보고 하였다. 본 연구에서도 비교적 아미노산의 비율이 높은 6 : 4처리구가 4 : 6처리구에 비해 좋은 생육을 보인 것으로 판단된다.



Fig. 4. Photographs of lettuce grown on soil amended with different liquid fertilizers.

Table 3. Growth characteristics of lettuce.

Treatment	Fresh weight (g)		Number of leaves (per plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
	Shoot	Root			
Control	27.7 ± 5.2	2.6 ± 0.5	11.0 ± 1.7	20.8 ± 0.5	13.7 ± 0.7
Liquid fertilizer	35.4 ± 5.0	3.4 ± 1.7	11.6 ± 1.8	18.9 ± 0.4	17.6 ± 2.3
6 : 4	41.6 ± 4.2	4.6 ± 1.6	12.3 ± 2.1	18.5 ± 2.0	17.3 ± 0.4
4 : 6	32.1 ± 8.5	3.7 ± 1.7	11.3 ± 1.4	17.6 ± 1.4	14.5 ± 0.8

재배 토양 분석

재배 후 토양의 pH는 모든 처리구에서 상승하는 경향을 보였다. 6 : 4처리구와 4 : 6처리구가 각각 pH 7.5와 7.4로 가장 높게 상승하였으며, 이는 아미노산 질소원의 공급이 토양유용미생물의 작용과 NO₃ reductase 의해 NH₄로 환원되어 pH가 상승한 것으로 판단된다(Chae et al., 2011). EC는 무처리구에서 2.52 dS m⁻¹로 가장 높았으며, 6 : 4처리구와 4 : 6처리구는 각각 1.79, 1.69 dS m⁻¹ 비교적 낮게 나타났다. 농촌진흥청 '작물별 시비처방기준'(NAAS, 2010)에 의하면 상추 토양토양의 적정 EC는 2.0 dS m⁻¹ 이하로 액비를 처리한 두 처리구에서 만족하는 결과를 보였다. 유기물 함량은 6 : 4처리구에서 2.8%로 가장 높았으며, 무처리구에서 1.9%에서 가장 낮았다. 유효인산과 치환성 양이온은 무처리구에 비해 액비 처리구에서 증가하는 경향을 보였다(Table 4).

Table 4. Chemical properties of soil after crop harvesting.

Treatment	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	T-N (%)	Avial. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmolc k ⁻¹)		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Control	7.1	2.52	1.9	0.75	105.2	0.44	10.24	2.25
Liquid fertilizer	7.3	1.73	2.8	0.59	111.6	0.62	10.33	2.29
6 : 4	7.5	1.79	2.8	0.55	110.0	0.66	11.92	2.31
4 : 6	7.4	1.69	2.7	0.56	110.0	0.67	11.86	2.27

EC, electrical conductivity; OM, organic matter; T-N, total nitrogen; Avial. P₂O₅, available phosphorus; Ex. cations, exchangeable cation.

Conclusion

계란 부숙 과정 중 특성 변화 및 액비의 작물생육의 영양에 대한 연구를 수행하였다. 6 : 4와 4 : 6처리구 모두 발효 초기 온도가 상승하여 발효가 원활히 진행되었으며, 발효 중 액비의 pH는 감소하는 경향을 보였으며, EC는 증가하는 경향을 보였다. 액비의 상추 생육 실험 결과, 발효 액비 처리구가 무처리구에 비해 생중량 및 엽수 등이 높게 나타났으며, 시용된 토양의 pH는 상승하는 결과를 보였다. 이 결과로, 계란 액비 제조 시 계란과 증류수를 6 : 4와 4 : 6의 비율로 혼합하여 약 10일간 발효시키면 액비를 제조할 수 있었다. 또한, 작물 생육에 긍정적인 영향을 주었다. 제조된 액비는 토양 pH 상승시키는 효과를 보였다. 따라서, 계란을 이용하여 제조한 액비는 화학비료 대체 효과 및 토양개량제로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Acknowledgements

이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

Author information

Bo-Ra Kim, Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Bachelor

Jae-Han Lee, Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Ph. D. student

Su-Hun Kim, Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Undergraduate student

Ha-Yeon Choi, Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Undergraduate student

Bong-Su Choi, National Institute of Biological Resources, Researcher

Taek-Keun OH, <https://orcid.org/0000-0003-0215-0427>

Chang-Hoon Lee, Department of Fruit Tree, National College of Agriculture and Fisheries, Professor

References

- Ann SW, Kim YC, Hwang IS, Cho JK, Kim MS, Lee JK, Eum WY. 2010. Effect of seafood amino acid fertilizer and Korean effective microorganisms on the fruit quality of Fuji apple. *Journal of the Environmental Sciences* 19:1293-1299. [in Korean]
- Chae YS, Hong JK, Lee SW. 2011. Effect of “Animal amino acid’s bestamin” on the physicochemical properties of soil, the growth and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L). *Korean Journal of Organic Agriculture* 19:501-511.
- Cho KS. 2006. Effects of diet with *Laminaria religiosa* on egg quality. *The Korean Society of Food Preservation* 13:717-719. [in Korean]
- Cho YS, Park SG, Jun SS, Moon JS, Ha BS. 1993. Proximate sugar and amino acid composition of Dolsan leaf mustard. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 22:48-52. [in Korean]
- Go G. 1999. Causes and countermeasures for broken egg distribution. *Korean Poultry Journal* 31:115-118. [in Korean]
- Go GH. 2014. Production of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct using alcalase and the effects on radish growth. M.S. dissertation, Jeju National Univ., Jeju, Korea. [in Korean]
- Hwang OH, Han DW, Lee SR, Kwag JH, Lim JS, Cho SB. 2016. Effect of horseradish, mushroom waste and almond hull on the concentrations of odorous compounds in swine manure for spreading on grassland in spring. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:589-594. [in Korean]
- Jayabalan R, Marimuthu S, Swaminathan K. 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry* 102:392-398.
- Jeon SM, Kang MS, Song IH, Park JH, Song JH, Kim MJ, An JH. 2014. Comparison of NPS runoff characteristics from paddy fields between chemical fertilizer and liquid pig manure application. p. 90. In *Proceedings of the Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers Workshop*, Buan, Korea. [in Korean]
- Kim KJ, Kim SK. 1999. Effects of organic matters decomposed by microbial activity on yield of leaf lettuce under protected cultivation. *Korea Journal of Organic Agriculture* 8:131-138.
- Lee YR, Jeong SJ, Lee DS. 2011. Injury symptoms of some orchids by ammonia gases. *Society for People, Plants, And Environment* 14:363-367. [in Korean]
- ME (Ministry of Environment). 2015. Detailed rules on the composting standards and inspection methods of liquidfertilizers. ME, Sejong, Korea. [in Korean]
- NAAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2010. Recommendation of the amount of fertilizer for crops. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- NAAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2012. Research and analysis criteria for crops. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Oh SH, Lee CJ, Yoon MH. 2016. Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria from button mushroom compost. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:100-108. [in Korean]
- Paquet J, Lacroix C, Audet P, Thibault J. 2000. Electrical conductivity as a tool for analysing fermentation processes for production of cheese starters. *International Dairy Journal* 10:391-399.