유기물을 이용한 유기농 액비 제조 시 건조효모와 당밀 첨가에 따른 액비 특성 비교

안난희[†], 조정래, 이병모, 신재훈, 옥정훈, 김석철

농촌진흥청 국립농업과학원

(2014년 11월 24일 접수, 2014년 12월 20일 수정, 2014년 12월 21일 채택)

Comparison of Characteristics of Organic Liquid Fertilizer Containing Organic Resource by Adding Dry-yeast and Molasses

Nan-Hee An[†], Jung-Rai Cho, Byung-Mo Lee, Jae-Hun Shin, Jung-Hun Ok, Seok-Cheol Kim

National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

ABSTRACT

Objective of this study was to investigate characteristics of inorganic components contained in liquid fertilizer produced using bone powder and rice bran by adding dry yeast and molasses. Addition of dry yeast to liquid fertilizer resulted in little change in pH, considerable increase in EC, and it showed high EC value compared to the control which has no additives. Also, it was appeared that the dry yeast-added treatment had higher at $2,936\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration than the control which had $1,782\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. In the other hand, addition of molasses resulted in low pH and slightly low EC, as compared to the control. $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration in the no added molasses treatment was $2,936\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ higher than its molasses added treatment which had $2,378\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. In conclusion, it was shown that addition of dry yeast to liquid fertilizer increased ammonium nitrogen concentration by accelerating nitrogen mineralization, while molasses has an effect of inhibiting nitrogen mineralization and enhancing the characteristics of fermentation. With application of organic liquid fertilizer containing bone powder and rice bran increased the fresh weight of *Allium tuberosum*.

Keywords : Organic Liquid Fertilizer, Bone powder, Rice bran, Dry-yeast, Molasses

[†]Corresponding author(nanhee79@korea.kr)

초 록

본 연구는 골분과 미강을 이용한 유기 액비 제조 시 건조효모와 당밀 첨가에 따른 액비의 무기성분 특성 변화를 구명하고 첨가 효과를 평가하고자 수행하였다. 액비 제조시 건조효모의 첨가 효과는 무첨가구에 비해 pH의 변화가 적고, EC의 증가폭이 컸으며 EC 값도 높게 나타났다. 또한 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 건조효모 첨가구가 $2,936 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 무첨가구의 $1,782 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비해 높았다. 당밀 첨가 효과는 첨가구가 무첨가구에 비해 pH가 낮은 경향을 보였으며 EC는 당밀 무첨가구에서 다소 높은 것으로 나타났다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 당밀 무첨가구가 $2,936 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 첨가구의 $2,378 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비해 높았다. 따라서 액비 제조 시 건조효모 첨가는 유기물원의 분해를 촉진하여 식물이 이용할 수 있는 질소형태로 무기화를 촉진시키고, 당밀 첨가는 유기물의 분해를 억제하지만 발효 성상을 향상시키는 효과를 보였다. 또한 액비처리에 의한 부추생육을 조사한 결과, 양분공급에 의한 생육 증가 효과를 나타내었다.

주제어 : 유기농 액비, 골분, 미강, 건조효모, 당밀

1. 서론

작물 생육을 위한 양분은 다양한 경로를 통해 농경지로 유입되는데 가능한 지역 내 양분 자원(녹비, 작물잔사, 퇴비 등)을 활용하여 자원순환을 극대화하는 것이 바람직하다. 작물생산을 위한 양분 관리는 적절한 시점에 작물에 필요한 양분을 공급하며 장기적으로는 양분 용탈이나 환경오염을 방지하기 위해 양분의 유입 및 유출에 관한 균형을 유지하는 것이 중요하다¹⁾. 유기농업에서는 녹비, 윤작재배, 유기자원의 활용 및 토양에 축적된 유기물로부터 양분 공급을 원칙으로 하며 양분이 강우 등으로 유출되었을 때나 식물생장에 따라 토양에 추가적으로 보충하여 준다. 유기농업에서는 화학비료를 전혀 사용할 수 없으므로 웃거름으로 활용되는 액비는 식물이 필요로 하는 양분을 공급하는 효과²⁾ 외에도 토양에 유익한 미생물을 활성화하기도 하는데 액비에서 공급하는 양분과 미생물 발효산물은 뿌리보호, 발근촉진 등 작물생육에 다양한 측면에서 이로운 효과를 나타낸다고 알려져 있다^{3,4)}. 그 동안 우리나라에서 액비에 대한 연구는 주로 가축분뇨 액비에 대한 제조 특성과 비, 채소류 등에 대한 시용효과 등으로 이루어졌다^{2,5,6,7)}. 유기농업에서 활용할 수 있는 유기질 재료의 액비화 연구는 계

분, 골분, 쌀겨 등의 액비화 과정 중 화학성 변화 및 상추에 대한 시용 효과 등이었다⁸⁾. 유기농 고추 재배를 위한 유기자원 선별 및 시용효과 연구에서 액비처리로 안정적인 생육 및 수량 확보가 가능한 사실을 밝혔고⁹⁾, 혈분을 이용한 액비의 특성에 관한 연구결과를 각각 보고하였다¹⁰⁾.

실제로 유기재배 농가에서는 깻묵, 미강, 골분 등 다양한 유기질 재료를 이용한 액비를 자가 제조하여 활용하고 있지만 액비의 제조방법이나 화학적, 미생물학적 특성에 대한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 골분과 미강을 이용한 유기 액비 제조 시 건조 효모 및 당밀 첨가에 따른 액비의 특성을 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

액비 제조에 사용된 유기질 재료는 골분, 미강을 사용하였으며 재료의 특성은 [Table 1]과 같다. 골분은 질소(N)와 인(P)함량이 각각 3.5 %, 22.6 % 그리고 미강은 2.5 %, 4.2 %이다. 액비 제조는 봄·여름에 걸쳐 12주간 상온에서 발효시켰다. 재료의 혼합비율은 1:1(골분 : 미강, w/w ratio)로 하였으며 20L 통에 골분 1.5 kg,

미강 1.5 kg을 넣고 10 L의 물을 첨가하였으며 별레나 이물질이 들어가지 않게 입구를 밀봉하고 공기의 투입 없이 발효시켰다[Fig. 1]. 발효미생물원의 첨가 효과를 검토하기 위해서 액비는 건조효모 3 % 첨가구와 무첨가구를, 발효미생물의 탄소원으로 사용되는 당밀의 첨가 효과를 검토하기 위해서 당밀 3 %첨가구와 무첨가구를 설치하여 시험을 수행하였다. 모든 처리구는 3반복으로 설치하였으며 발효 0일부터 12주까지 4주 간격으로 액비의 pH, EC, 무기태 질소, 인산 함량을 분석하였다.

액비의 pH와 EC는 액비 100 mL를 채취하여 NO. 2 여과지로 여과 후 pH meter (Star A211, Orion, USA)와 EC meter (HI 9932, Hanna, Korea)를 사용하여 측정하였다. 무기성분은 시료 10 mL를 삼각플라스크에 넣고 H_2SO_4 5 mL를 첨가한 다음 습식 분해하여 토양식물체 분석법에 준하여 분석하였다¹¹⁾. 무기태 질소는 여과 후 희석하여 FIA (QuikChem

8500 Series 2, HACH, USA)로 측정하였고 유 효인산 함량은 spectrophotometer (UV-2450, SHIMADZU, JAPAN), 양이온은 ICP (Integra XL Dual, Sciencetific Equipment, Australia)로 측정하였다.

액비 처리에 의한 부추 생육을 조사하기 위해 국립농업과학원 유기농 온실(경기도, 수원)에서 파종상에 부추종자(그린벨트) 0.1 g 씩 파종하였으며, 20 cm × 50.5 cm × 33.5 cm 크기의 플라스틱 화분으로 이식하였다. 액비처리하는 파종 후 3개월부터 일주일 간격으로 화분 당 1 L 씩 12회 처리 하였으며 부추의 생육은 부추의 지상부 길이와 생체중을 2회에 걸쳐 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

액비 제조 시 건조효모와 당밀의 첨가 여부에 따라 발효 기간 동안 액비의 pH 변화는 [Fig.

[Table 1] Chemical Properties of Materials used for Producing Organic Liquid Fertilizer

Material	T-C	T-N	P2O5	K2O	CaO	MgO	C/N
	----- g kg ⁻¹ -----						
Bone meal	21.2	3.5	22.6	0.2	28.2	1.1	6.0
Rice bran	46.2	2.5	4.2	4.5	0.2	2.9	18.7

[Table 2] Growth Responses of Allium Tuberosum After Organic Liquid fertilizer Application

Treatments [†]	Harvest number				Total fresh weight (g)
	I		II		
	Fresh weight (g)	Leaf height (cm)	Fresh weight (g)	Leaf height (cm)	
T100	78.8±5.5	30.2±0.7	92.7±12.4	30.4±2.8	171.5±15.4a [‡]
T500	81.6±12.1	30.7±1.0	81.2±14.8	28.3±1.7	162.8±16.7a
T1000	68.9±11.4	28.9±0.8	89.5±13.0	30.2±2.5	158.5±10.5ab
NF	73.1±7.8	29.6±0.5	61.7±26.0	25.7±2.5	134.9±21.6b

[†] NF = no fertilizer, T100 = liquid fertilizer dilute 100 folds, T500 = liquid fertilizer dilute 500 folds, T1000 = liquid fertilizer dilute 1000 folds.

[‡] DMRT at 95% significant level

[Fig. 1] Schematic of organic liquid fertilizer fermentation container.

2]와 같다. 건조효모 무첨가구는 초기에 6.4에서 4주차에 5.2로 낮아졌다가 이후 서서히 증가하였으며 12주차에는 5.5를 나타냈다. 건조효모 첨가구는 초기에 5.8에서 4주차에 5.6으로 낮아졌다가 12주차에는 5.8을 나타냈다. 액비 발효 기간 동안 건조효모 첨가 여부와 상관없이 pH는 제조 당일에 비해 4주차에 낮아졌다가 이후 증가하였으며 건조효모 첨가구가 무첨가구에 비해 pH의 변화가 작은 경향을 나타냈다. 선행연구에서도 액비 제조 시 pH는 발효 초기에 현저히 감소 후 서서히 증가하였는데 본 시험도 유사한 결과를 나타내었다¹²⁾. 부산물 비료의 퇴비화 조건에서 부숙이 일어나는 초기에 유기산 등의 방출로 pH가 낮아지다가 질소화합물에서 암모니아가 생성되면서 pH가 다시 증가하고, 발효가 안정화됨에 따라 pH가 중성 부근에서 안정화되기 때문이라고 하였다¹³⁾. 액비 제조 시 당밀은 미생물의 에너지원으로 미생물의 발육을 도와 액비의 발효를 촉진하는 역할을 한다. 당밀은 첨가 여부에 상관없이 4주차에 감소하였다가 이후 서서히 증가하였으며 발효기간 동안 당밀 첨가구가 무첨가구에 비해 pH가 낮은 경향을 보였다. 액비 제조 시 당밀 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 결과와 일치하며¹⁴⁾ 이것은 미생물들이 당밀을 이

용하여 증식함에 따라 밀도가 증가하고 그들이 생성하는 2차 산물들이 액비의 pH에 영향을 준 것으로 사료된다.

건조 효모와 당밀의 첨가 여부에 따라 발효 기간 동안 액비의 EC 변화는 [Fig. 3]와 같다. EC의 경우 건조효모 무첨가구는 초기에 $2.3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 8주차에 $7.7 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 증가하였으며 12주차에는 $7.4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 나타냈다. 건조효모 첨가구는 초기에 $2.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 4주차에 $9.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 증가하였으며 4주 이후로 큰 변화 없이 12주차에 $8.9 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 나타냈다. 건조효모 첨가구가 무첨가구에 비해 EC의 증가폭이 크며 EC값도 높게 나타났다. 또한 당밀의 첨가 여부에 상관없이 4주차까지 급격히 증가하다 이후 큰 변화가 없었으며 당밀 무첨가구가 다소 높은 것으로 나타났다. 액비의 EC의 변화 요인은 H^+ , OH^- , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_3^- 등이며 이들 이온의 조성에 따라 EC 값이 결정된다는 보고와 같이¹⁵⁾ 액비화 과정에서 EC는 유기물의 무기화 작용으로 인하여 증가한 것으로 판단되었다.

건조 효모와 당밀의 첨가 여부에 따라 발효 기간 동안 액비의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 [Fig. 4]와 같다. 건조효모 첨가 여부와 상관없이 발효가 진행될수록 증가하였으며 12주차에 건조효모 첨가

[Fig. 2] Changes of pH in liquid fertilizers by adding (a) dry-yeast and (b) molasses.

[Fig. 3] Changes of electrical conductivity (EC) in liquid fertilizers by adding (a) dry-yeast and (b) molasses.

구가 2,936 mg · L⁻¹로 무첨가구가 1,782 mg · L⁻¹에 비해 높았다. NH₄-N 농도는 당밀 첨가 여부에 상관없이 발효가 진행될수록 증가하였으며 12주차에 당밀 무첨가구가 2,936 mg · L⁻¹로 첨가구 2,378 mg · L⁻¹에 비해 높게 나타났다.

건조 효모와 당밀의 첨가 여부에 따라 발효 기간 동안 액비의 P2O5 농도 변화는 [Fig. 5]와 같다. 건조효모 첨가구는 발효초기에 0.6 %, 4

주차에 0.5 %로 감소하였으며 이후 0.4 %로 유지되었다. 건조효모 무첨가구는 발효초기에 0.5 %, 4주차에 0.4 %로 감소하였으며 12주차에는 0.2 %로 나타났다. 당밀 첨가구는 발효초기에 0.7 %, 4주차에 0.3 %로 감소하였으며 이후 0.4 %로 유지되었으며 무첨가구는 발효초기에 0.6 %, 4주차에 0.3 %로 감소하였으며 12주차에는 0.4 %로 나타났다.

[Fig. 4] Changes of $\text{NH}_4\text{-N}$ content in liquid fertilizers by adding (a) dry-yeast and (b) molasses.

[Fig. 5] Changes of phosphorus content as phosphorus pentoxide in liquid fertilizers by adding (a) dry-yeast and (b) molasses.

본 시험 결과에서 액비 제조 시 건조효모 첨가 효과는 유기물원이 분해되어 식물이 이용할 수 있는 질소 형태로 무기화를 촉진하여 암모늄태 질소의 농도를 증가시키고 pH와 EC 변화의 차이가 나타난 것으로 사료된다. 따라서 유기자원에 함유되어 있는 유기태질소를 빠른 시간 내에 효과적으로 분해하는 미생물의 선발이 중요하며⁹⁾, 깻묵, 미강을 활용한 액비 제조 시 발효 미생물원으로 건조효모를 사용하였다¹⁴⁾. 효모는 아주

낮은 pH 나 온도 및 낮은 수분 조건에서도 잘 증식되며 혐기적인 조건에서도 증식을 유지하거나 발효를 일으키고 염분이나 유기산 또는 당의 농도가 높거나 유기성 고형분을 포함하는 남은 음식물의 발효에 효율에 효율적으로 이용할 수 있다고 보고되어 있다¹⁶⁾. 액비 제조 시 당밀 첨가에 대한 연구가 거의 없어서 현재 농가에서 당밀의 첨가효과에 대해 의문을 가지고 있다. 계분 퇴비 발효 시 당밀 첨가 수준이 증가함에 따라

pH의 감소 효과와 lactic acid 함량의 뚜렷한 증가 효과를 나타냈지만 dry matter 손실률은 차이가 나타나지 않았다¹⁷⁾. 이번 연구 결과에서는 당밀 첨가로 유기물의 무기화를 억제시켰으나 당밀 무첨가구의 경우 악취가 발생하는 문제가 존재하였다. 추후 액비 제조 시 당밀첨가 수준에 따라 H₂S gas발생량, 유기산과 같은 2차 대사물질, 처리효과 등을 검토하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

골분, 미강 그리고 발효 미생물원으로 건조효모를 첨가하여 제조한 액비의 효과를 검토하기 위해 액비 처리 후 부추생육을 조사하였다 [Table 2]. 부추의 총 생체량은 500배 희석(T500) 및 100배 희석(T100)하여 처리하였을 때 무처리보다 각각 21 %, 27 %가 증가하였고 그 효과는 T100 $\approx$ T500 > T1000 > NF 순으로 나타났다(p < 0.05). 따라서 골분과 미강 액비의 양분 공급이 부추 생육에 효과적인 것으로 사료되었다.

4. 결론

유기재배를 위한 골분과 미강을 이용한 유기액비 제조 시 건조 효모 및 당밀 첨가에 따른 액비의 특성을 비교하였다. pH는 발효 기간 동안 건조효모 첨가 여부와 상관없이 제조 당일에 비해 4주차에 낮아졌다가 이후 증가하였으며 건조효모 첨가구가 무첨가구에 비해 pH의 변화가 적은 경향을 나타냈다. EC의 경우 건조효모 첨가구가 무첨가구에 비해 EC의 증가폭이 크며 EC 값도 높게 나타났다. NH₄-N농도는 건조효모 첨가 여부와 상관없이 발효가 진행될수록 증가하였으며 12주차에 건조효모 첨가구가 2,936 mg · L⁻¹로 무첨가구가 1,782 mg · L⁻¹에 비해 높았다. 당밀 첨가 여부에 따라 발효 기간 중 액비의 발효 특성을 살펴본 결과, pH는 당밀 첨가 여부에 상관없이 4주차에 감소하였다가 이후 서서히 증가하였으며 발효기간 동안 당밀 첨가구가 무첨가구에 비해 pH가 낮은 경향을 보였다. EC는 4

주차까지 급격히 증가하다 이후 큰 변화가 없었으며 당밀 무첨가구가 다소 높은 것으로 나타났다. NH₄-N농도는 당밀 첨가 여부에 상관없이 발효가 진행될수록 증가하였으며 12주차에 당밀 무첨가구가 2,936 mg · L⁻¹로 첨가구가 2,378 mg · L⁻¹에 비해 높았다. 액비 처리에 의한 부추 생육을 비교한 결과 무처리 대비 100배액 처리구와 500배액 처리구의 생체중이 각각 21%, 27% 증가하였다.

5. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ008590022014)의 연구비 지원으로 수행되었음.

6. 참고문헌

1. RDA. "Soil and nutrient management for organic farm land". RDA. (2010)
2. Park, B.K., Lee J.S., Cho N.J., and Jung K.Y., "Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality" J. Kor. Soil Sci. Fert. 34. pp. 153-157 (2001).
3. Kai, H., Ueda T., and Sakaguchi M., "Antimicrobial activity of bark-compost extracts". Soil Biol. Biochem. 2. pp. 983-986 (1990).
4. Elad, Y. and Shtienberg D.. "Effect of compost water extracts on grey mould(Botrytis cinerea)". Crop protection. 13. pp. 109-114 (1994).
5. Kim, M.C., Choi D.J., and Song S.T., "Effect of swine liquid manure and phosphorus fertilizer application level on dry matter yield and N and P uptake of italian ryegrass". J. Anim. Sci. & Technol. 43. pp. 973-980 (2001).

6. Jeon, W.T., Park H.M., Park C.Y., Park K.D., Cho Y.S., Yun E.S., and Kang U.G.. "Effect of liquid pig manure application on the rice growth and environment on paddy soil". Korean J. Soil Sci. Fert. 36. pp. 333-343.2003 (2003).
7. Lee, J.T., Ha I.J., Kim H.D., Moon J.S., Kim W.I., and Song W.D., "Effect of liquid pig manure on growth, nutrient uptake of onion, and chemical properties in soil". Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24. pp. 148-156 (2006).
8. Joo, S.J., Shon S.M., and Kim J.H. "Development of organic liquid fertilizer for leaf vegetable under greenhouse". J. Kor. Org. Agr. 9. pp. 83-99 (2001).
9. 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. pp. 153-157 (2008).
10. An N.H., Kim Y. K, Lee Y., Jee H. J., Park J. H., Hong S. J., and Han E. J.. "Changes in chemical properties and microbial population of farm-made organic liquid fertilizer during fermenting process". J. Kor. Org. Agr. 19. pp. 417-425 (2011).
11. RDA. "Methods for chemical analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology". RDA (2000).
12. Lee, G.J., Jeon J.O., Park J.H., Nam S.Y., and Kim T. J., "The manufacturing characteristics of organic liquid fertilizer with poultry manure, soybean meal, and rich bran". J. Kor. Org. Agr. 19. pp. 577-587 (2011).
13. 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).
14. An N.H., Kim Y.K., Cho J.R., Jee H.J., Lee B.M., Yoon J.C., and Choi J. W., "Physicochemical properties of organic liquid fertilizer with oil cake and rice bran as affected by microorganism and the ratio of molasses". Korean J. Soil Sci. Fert. 46. pp. 579-584 (2013).
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. pp. 731-738 (1997).
16. Lee, K.Y., and Yu S.J., "Aerobic liquid fermentation of food wastes by using yeast". J. of KOWREC. 8. pp. 147-152 (2000).
17. Kwak S.W. and Park J.M., "Effects of molasses addition and(or) pelleting on nutritional characteristics of broiler litter processed by ensiling or deepstacking and Palatability improvement by 'Hanwoo' during the adjustment period". J. Anim. Sci & Technol. 45. pp. 87-100 (2003).