

## 어분을 이용한 유기 액비 제조 시 제조방법에 따른 액비의 특성 비교

안난희<sup>†</sup>, 조정래, 구자선, 김석철

농촌진흥청 국립농업과학원

## Comparison of Physico-Chemical Properties of Organic Liquid Fertilizer Containing Fish Meal According to Manufacture Method

Nan-Hee An<sup>†</sup>, Jung-Rai Cho, Ja-Sun Gu, Seok-Cheol Kim

National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration

(Received: Aug. 9, 2016 / Revised: Sep. 5, 2016 / Accepted: Sep. 6, 2016)

**ABSTRACT:** The objective of this study was to investigate characteristics of inorganic components contained in liquid fertilizer produced using fish meal under different condition. Addition of dry yeast to liquid fertilizer resulted in considerable change in pH and electrical conductivity(EC) value compared to other liquid fertilizers which have microorganisms additives. In addition, it was appeared that the dry yeast-added treatment had higher  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration than other treatments. Addition of molasses resulted in low pH compared to the control which has no additives. The EC, concentration  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  were not significant difference according to addition of molasses. The pH and  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration in liquid fertilizer containing 20% of fish meal was highest after fermentation process, and EC value increased as the content of fish meal increase. When Cucumber was cultivated using liquid fertilizer, there was no difference in growth between fish meal liquid fertilizer treatment and chemical fertilizers treatment. However, there was a difference in yield according to the supply amount of nitrogen during the growing season.

**Keywords:** Organic Liquid Fertilizer, Fish meal, Dry-yeast, Molasses

**초 록:** 본 연구는 어분을 이용하여 액비를 제조할 때 발효 미생물 및 당밀 첨가, 그리고 어분 농도에 따른 액비의 특성 변화를 구명하고 어분액비 시용이 오이 생육에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다. 액비 제조 시 발효미생물로 건조효모를 첨가하였을 때 pH와 EC 값의 변화가 컸으며  $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 가장 높았다. 당밀 첨가구가 무첨가구에 비해 액비의 pH가 낮았으며 EC,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ 농도는 당밀 첨가에 따른 차이를 보이지 않았다. 어분농도에 따른 액비 특성은 20% 어분 첨가구의 pH가 가장 높았으며 EC농도는 어분농도가 증가할수록 높아졌다. 액비의  $\text{NH}_4\text{-N}$  함량은 발효 후 20% 어분 첨가구가 가장 높게 나타났다. 제조한 액비시용에 의한 오이생육은 화학비료구와 비교하여 생육 차이는 없었으며 오이수량은 생육기간 동안 공급된 질소량에 의한 차이를 나타냈다.

**주제어:** 유기농 액비, 어분, 건조효모, 당밀

<sup>†</sup> Corresponding Author (e-mail: nanhee79@Korea.kr)

## 1. 서론

유기농업에서는 녹비, 윤작재배, 유기자원의 활용 및 토양에 축적된 유기물로부터 양분공급을 원칙으로 하며 양분이 주변 환경으로 유실되거나 식물 생장에 필요한 양분으로 사용되었을 경우에는 토양에 추가적인 보충이 필요하다. 웃거름용으로 활용되는 액비는 식물이 필요로 하는 양분을 공급하는 효과<sup>1)</sup> 외에도 토양에 유익한 미생물을 활성화 하기도 하며 액비에서 공급하는 양분과 미생물 발효산물은 뿌리보호, 발근촉진 등 작물생육에 다양한 측면에서 이로운 효과를 나타낸다고 알려져 있다.<sup>2,3)</sup> 지금까지 액비에 대한 연구는 주로 가축분뇨 액비의 제조 특성과 비, 채소류 등에 대한 시용효과로 화학비료 대체 가능성을 검토하였다.<sup>4,5,6)</sup> 유기농업에서 추비목적으로 사용되는 유기물의 액비화 연구는 계분, 골분, 쌀겨, 혈분 등으로 제조된 액비의 양분 특성과 유기농 고추 재배를 위한 유기자원 선별 및 액비처리 효과에 대하여 수행되었다.<sup>7,8,9)</sup>

어분은 수산가공공장, 대규모 회센터, 마트 등에서 가공과정에서 발생하는 뼈, 지느러미, 내장등을 포함하는 수산부산물로 제조되며 국내산 어분의 경우 질소 7~10%, 인산 4~9%, 칼리 1% 전후로 양분 함량이 풍부하여 사료 또는 비료로 활용되고 있다.<sup>10)</sup> 폐기되던 수산부산물을 농업분야에서는 우수한 비료자원으로 개발하려는 노력이 국내외에서 전개되었다.<sup>11,12)</sup> 선행연구에서 폐어류와 해초로 제조된 퇴비가 토마토와 상추의 수량을 증가시켜 유기농업에서 비료로 활용이 가능하다는 것을 보고하였다.<sup>13)</sup> 실제로 유기재배 농가에서는 어분 및 폐어류를 이용한 액비를 자가 제조하여 활용하고 있지만 액비의 제조방법이나 액비 특성에 대한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다.

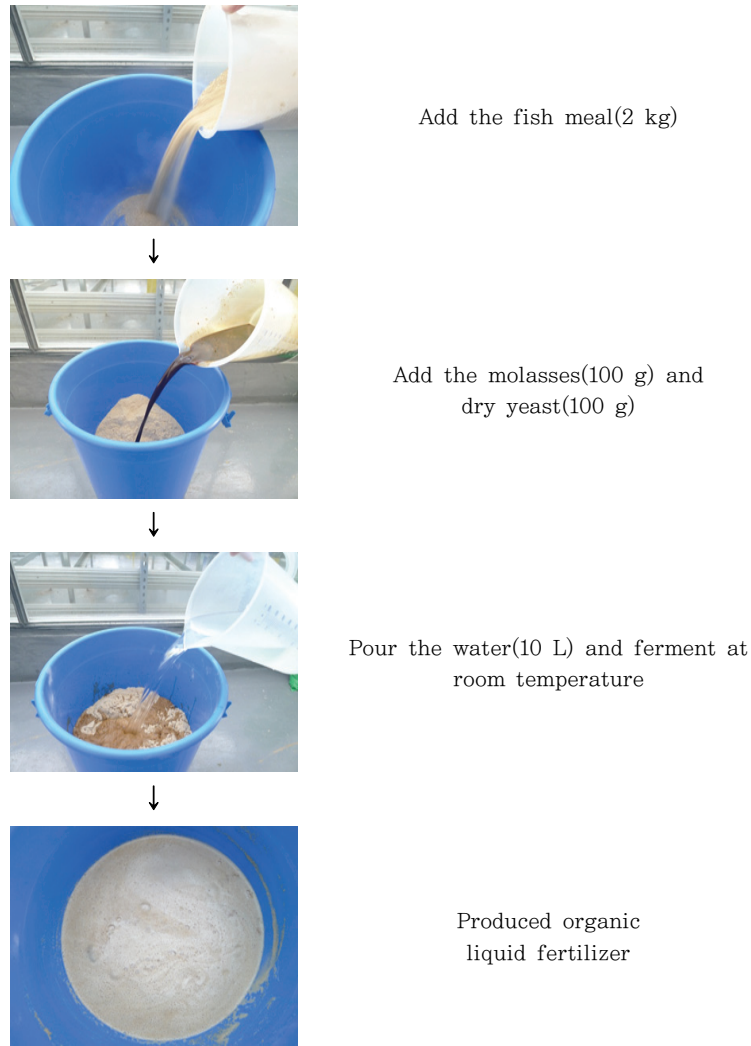
따라서 본 연구는 어분을 이용한 유기 액비 제조 시 발효 미생물 및 당밀 첨가, 그리고 어분 농도의 제조방법에 따른 액비의 특성을 구명하고 액비처리가 오이 생육에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

어분 액비는 [Fig. 1]과 같이 20 L통에 물 10 L기준으로 어분 1 kg(10%, w/v)와 액비 제조 시 적합한 발효 미생물을 선별하기 위해 막걸리, 건조효모, 부엽토, 그리고 요구르트를 각각 100 g(1%)를 첨가한 후 별레나 이물질이 들어가지 않게 입구를 밀봉하고 공기의 투입 없이 30일간 발효시켰다. 발효과정 중의 액비 성분은 제조 당일부터 30일 동안 10일 간격으로 시료를 채취하여 화학성을 분석하였다. 발효미생물의 탄소원으로 사용되는 당밀의 첨가 효과를 검토하기 위해서 물 10 L에 어분 1 kg과 건조효모 100 g을 첨가한 후 당밀 무첨가구와 대조를 하여 당밀 100 g을 첨가한 후 동일한 방법으로 액비를 발효시켰다. 발효과정 중의 액비 성분은 제조일 부터 8주 동안 2주 간격으로 시료를 채취하여 액비의 pH, EC, 무기태 질소, 인산 함량을 분석하였다. 어분 농도별 액비화 특성 조사는 20 L통에 각각 어분을 10%, 20%, 30% 수준으로 담고 건조효모 100 g, 당밀 100 g을 각각 첨가한 후 물 10 L을 채우고 동일한 방법으로 액비를 발효시켰다. 액비 제조일 부터 8주 동안 2주 간격으로 시료를 채취하여 분석시료로 사용하였다.

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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 mL를 첨가한 다음 습식분해하여 토양식물체 분석법에 준하여 분석하였다.<sup>14)</sup> 무기태 질소는 여과 후 회석하여 FIA (QuikChem 8500 Series 2, HACH, USA)로 측정하였고 인산 함량은 spectrophotometer (UV-2450, SHIMADZU, JAPAN), 양이온은 ICP (Integra XL Dual, Sciencetific Equipment, Australia)로 측정하였다.

어분 액비 처리에 의한 오이 생육 비교 시험은 2015년 4월부터 7월까지 전북 완주군 이서면 국립농업과학원내 오이 하우스에서 수행하였다. 재식 간격은 20 cm로 심어 두 줄 유인하였으며 처리구당 20주를 재배하였다. 시험구 처리는 어분액비와 화



Add the fish meal(2 kg)

Add the molasses(100 g) and dry yeast(100 g)

Pour the water(10 L) and ferment at room temperature

Produced organic liquid fertilizer

Fig. 1. Producing process of organic liquid fertilizer using fish meal

학비료 처리구로 완전임의 배치 3반복으로 수행하였고, 각 처리구의 면적은 6.7 m<sup>2</sup>이었다. 오이 품종은 백다다기로 4월 7일에 정식하였으며 7월 초까지 재배하였다. 시험에 사용된 어분 액비는 어분 20%, 당밀 1%, 건조효모 1%를 첨가하여 90일간 발효시켰으며 성분 분석결과는 [Table 1]과 같다. 액비 공급은 어분액비를 100배 희석하여 정식 2주 후부터 오이 수확 종료시점까지 일주일 3회씩 매회 10 L/

m<sup>2</sup>을 공급하였다. 화학비료 처리는 기비로 20-10-12 kg/10a를 기준으로 요소, 용과린, 염화加里로 사용하였다. 생육 조사는 정식 후 60일과 90일에 처리구당 오이 7주를 측정하였고 수량은 3일마다 수확하여 누적 계산하였다. 오이 생육 및 수량의 처리간 차이는 XLSTAT(2015) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

Table 1. Chemical properties of fish meal liquid fertilizer

pH	EC (dS/m)	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		(%)					
7.1	21.3	3.2	1.0	0.13	0.27	0.03	0.03

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 발효 미생물에 따른 액비 특성 비교

막걸리, 건조효모, 부엽토, 요구르트를 각각 1% 수준으로 첨가하여 발효 기간 동안 액비의 pH, EC, 무기태( $\text{NH}_4\text{-N}$ )질소, 인산 함량을 분석한 결과는 [Fig. 2]와 같았다. pH는 액비 제조 당일에는 5.3~5.6이었으며 발효 미생물에 상관없이 발효가 진행될수록 증가하는 경향을 나타냈다. pH 변화는 건조효모 첨가구의 경우 제조 당일 5.4에서 제조 30일차에 6.7로 발효기간 동안 가장 많이 증가하였으며 요구르트 첨가구는 제조 당일 5.5에서 제조 30일차에 6.3로 가장 적은 변화를 보였다. 이러한 결과는 어분 3 kg을 물 12 L와 혼합하여 발효시켰을 때 pH가 서서히 증가하는 결과와 일치하였다.<sup>7)</sup> 발효기간 동안 pH가 변화하는 이유는 부산물 비료

의 퇴비화 과정에서 부숙이 일어나는 초기에는 유기산 등의 방출로 pH가 낮아지다가 질소화합물에서 암모니아가 생성되면서 pH가 다시 증가하고, 발효가 안정화됨에 따라 pH가 중성 부근에서 안정화되기 때문이라고 하였다.<sup>15)</sup> EC농도는 액비 제조 당일에는 12~14 dS/m이었으며 발효 미생물에 상관없이 20일까지 급격히 증가하다가 이후 변화가 적은 것으로 나타났다. 발효가 진행될수록 EC 농도 변화는 건조효모 > 막걸리, 부엽토, 무첨가 > 요구르트 순으로 나타났으며 건조효모 첨가구가 제조 당일 12.1 dS/m에서 20일차에 29.2 dS/m, 그리고 30일차에 33.3 dS/m로 가장 많이 증가하였다. EC의 변화 요인은  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  등을 포함한 다양한 이온의 조성에 따라 EC의 값이 결정된다는 보고와 같이<sup>16)</sup> 액비화 과정에서 EC는 유기물의 무기화 작용으로 인하여 증가한 것으로

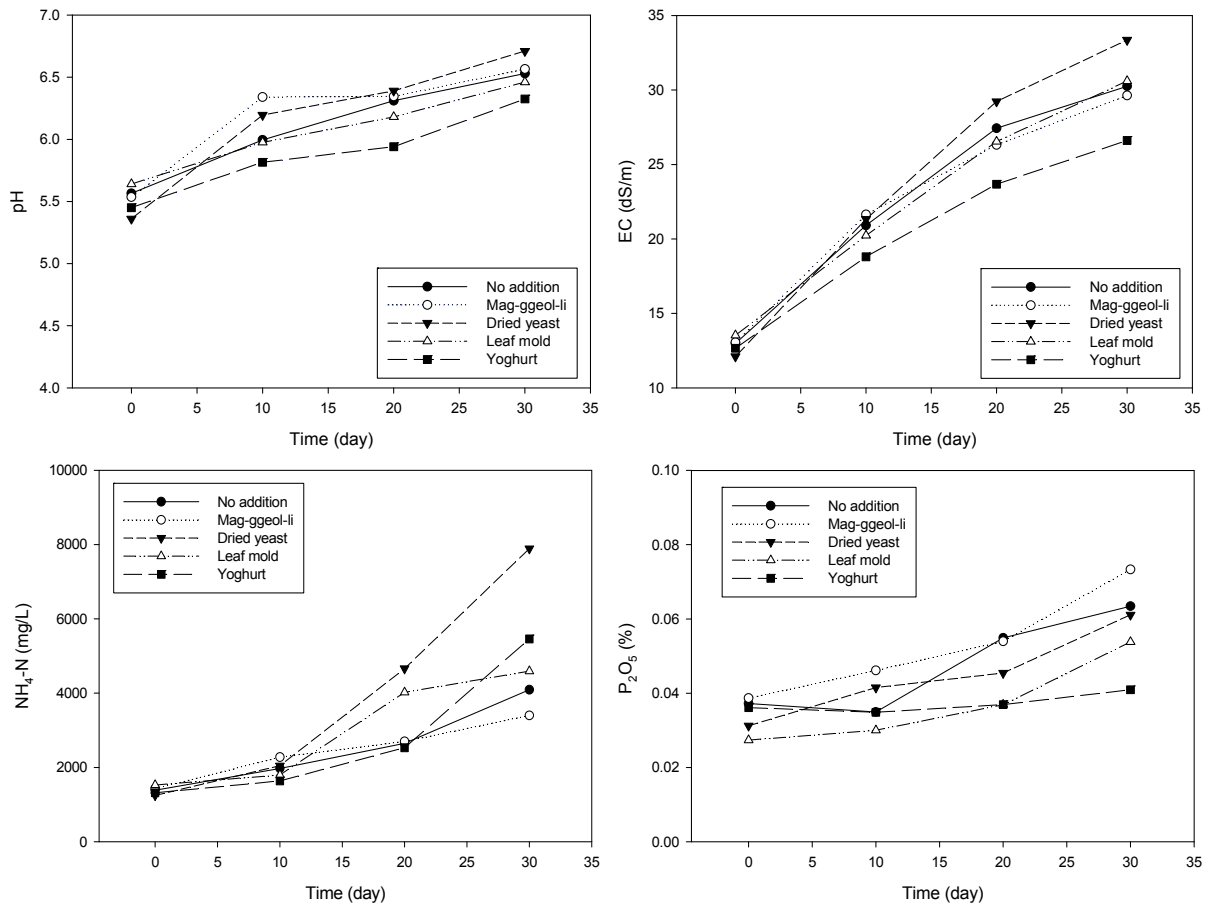


Fig. 2. Change of pH, EC,  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  contents on fish meal liquid fertilizers fermented with different microorganisms.

판단되었다. 액비의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 발효가 진행될 수록 증가하였으며 발효 30일차에는 건조효모 > 요구르트 > 부엽토 > 무첨가 > 막걸리 첨가 순서로  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도가 높았다.  $\text{NO}_3\text{-N}$  이온은 발효기간 동안 생성되지 않았는데 이는 혐기조건에서 유기태 질소는 대부분 암모늄태 질소로 변환되었으며 질산태 질소는 거의 생성되지 않았기 때문으로 사료된다. 어분 액비의  $\text{P}_2\text{O}_5$  농도는 발효기간이 증가함에 따라 약간 증가하였으며 미생물 종류에 상관없이 발효 초기에 0.027~0.039%에서 30일차에는 0.041~0.073%으로 나타났다.

유기재배에서는 밑거름으로 퇴비와 유기질 비료 등이 주 양분 공급원으로 이용되고 웃거름으로 이용되는 액비는 질소 공급원으로 중요한 역할을 하므로 유기자원에 함유되어 있는 유기태질소를 빠른 시간 내에 효과적으로 분해하는 미생물의 선발이 중요하다.<sup>8)</sup> 본 연구에서 어분을 이용한 유기 액비

제조 시 건조효모를 발효 미생물원으로 첨가하는 것이 효과적이며 이는 질소의 무기화를 촉진하여 암모늄태 질소의 농도를 증가시키고 따라서 pH와 EC 변화의 차이가 나타난 것으로 사료된다. 깻묵, 미강을 활용한 액비 제조 시에도 발효 미생물원으로 건조효모를 사용하였으며, 효모는 아주 낮은 pH나 온도 및 혐기적인 조건에서도 증식을 유지하며 고농도의 염분, 유기산 그리고 유기성 고형분이 포함된 음식물의 발효에 효율적으로 이용할 수 있다고 보고된 바 있다.<sup>17,18)</sup>

### 3.2. 당밀 첨가에 따른 액비 특성 비교

현재 유기재배 농가에서 액비 제조 시 당밀은 미생물의 에너지원으로 미생물의 증식을 도와 발효과정을 촉진하는 역할을 한다고 알려져 있으나 당밀 첨가에 대한 체계적인 연구 결과가 없어 사용 여부에 대해 의문을 가지고 있다. 어분을 이용한 액비

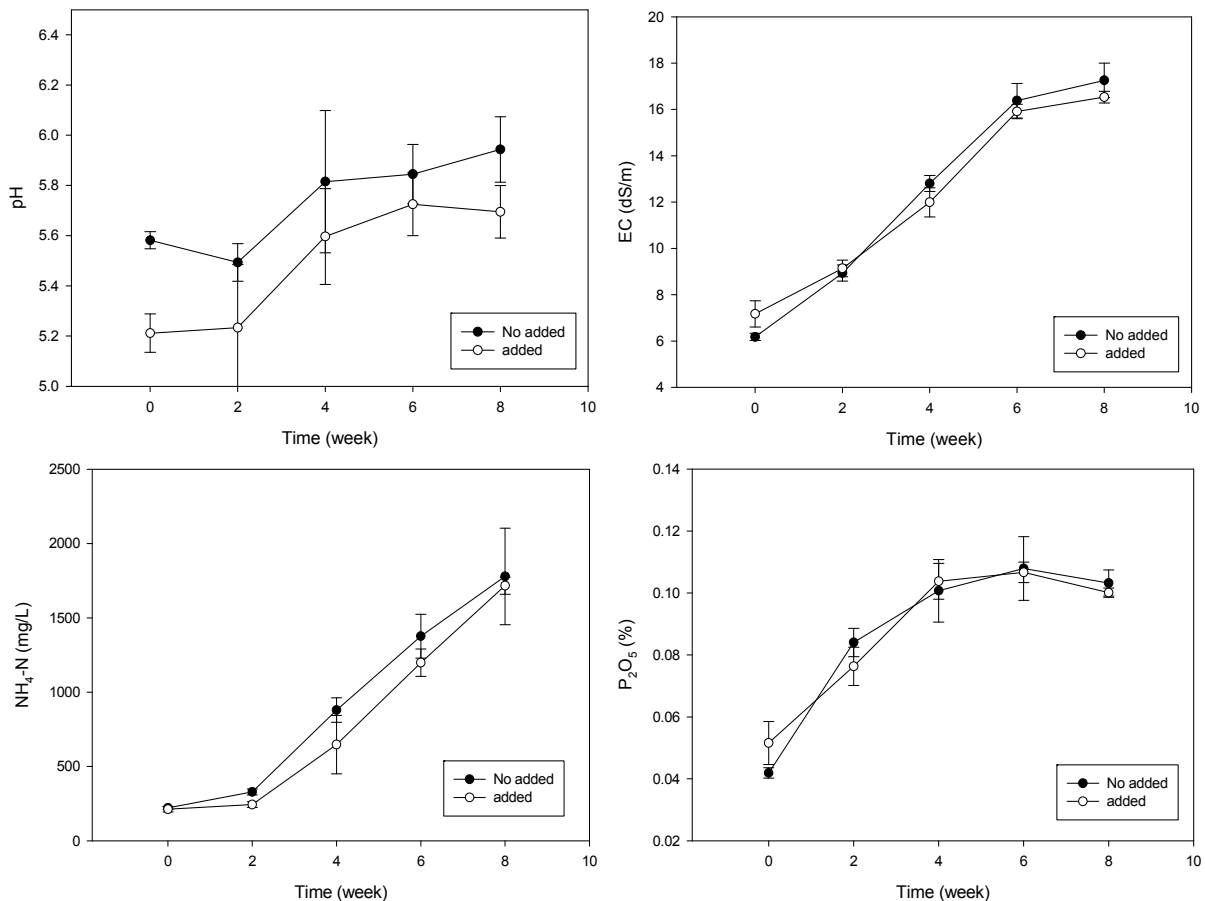


Fig. 3. Change of pH, EC,  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  contents by adding molasses on fish meal liquid fertilizers.

제조 시 당밀 첨가에 따른 액비의 특성 변화는 [Fig. 3]과 같다. pH는 당밀 첨가 유무와 상관없이 발효가 진행될수록 증가하였으며 제조 4주 후 변화 폭이 감소하였다. 당밀 무첨가구는 발효 당일 5.6에서 제조 8주차에는 5.9로 당밀 첨가구에 비해 높은 경향을 보였다. EC 농도는 제조 6주차까지 증가하다가 이후 큰 변화가 없었고 당밀 첨가 유무에 따른 차이는 크게 보이지 않았다. 액비의 NH<sub>4</sub>-N 함량은 당밀 첨가구와 무첨가 모두 시간이 경과함에 따라 증가하였으며 당밀 무첨가구는 초기 220 mg/L에서 60일 후 1,779 mg/L로 증가하였으며 당밀 첨가구는 213 mg/L에서 1,716 mg/L로 큰 차이를 보이지 않았다. 인산 함량은 액비 발효 8주 후에 당밀 첨가구나 무첨가의 경우 0.1%으로 첨가에 따른 차이를 보이지 않았다. 사일리지 제조 시에도 당밀을 첨가할수록 pH가 낮아지고 총미생물수가 적어지는

결과를 보고하였다.<sup>19)</sup> 액비의 pH가 낮으면 곰팡이 등 부패를 일으키는 미생물이 저하되는 긍정적인 효과가 있으므로 본 연구에서는 질소 공급을 위한 웃거름 액비 제조 목적에 맞게 당밀 1% 첨가 시 액비의 pH는 낮으며 무기태 질소함량은 당밀 무첨가구와 비교하여 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 당밀 무첨가구의 경우 당밀첨가구에 비해 액비 제조 과정 중 악취 문제가 발생되므로 추후 액비 제조 시 당밀첨가 수준에 따라 H<sub>2</sub>S gas발생량, 유기산과 같은 2차 대사물질, 처리효과 등을 검토하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

### 3.3. 어분 농도에 따른 액비 특성 비교

어분 농도에 따른 액비의 pH, EC, NH<sub>4</sub>-N, 인산 함량을 분석한 결과는 [Fig. 4]와 같다. pH는 제조 당일 5.2~5.4로 발효가 진행될수록 증가하였으며

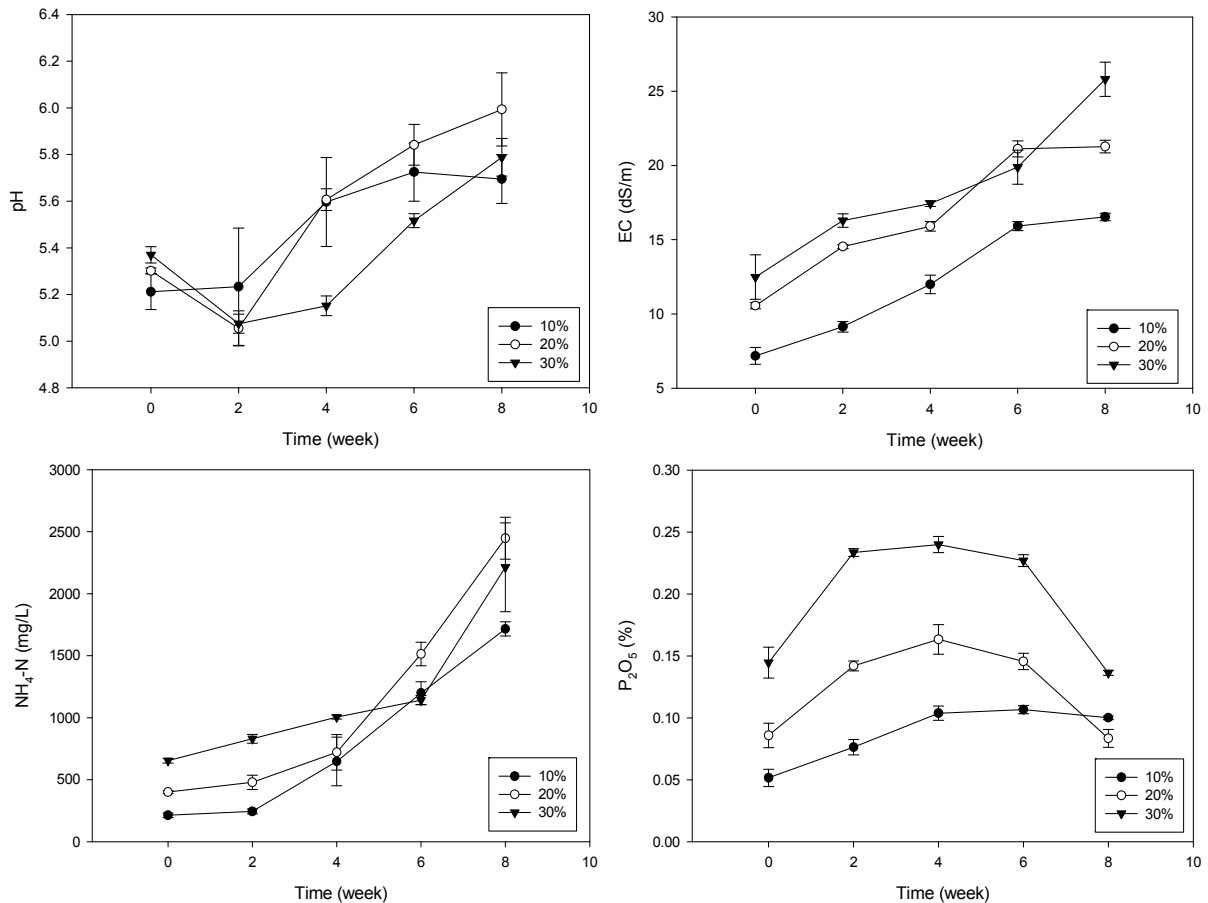


Fig. 4. Change of pH, EC, NH<sub>4</sub>-N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents of fish meal liquid fertilizer as affected by the ratio of fish meal to water.

제조 8주차에는 첨가수준 20% > 30% > 10% 순으로 높았다. 액비의 EC 농도는 제조 일수가 경과할수록 증가하는 경향을 보였으며 10%, 20%는 6주차 이후 증가폭이 감소하였다. 액비 제조 시 EC는 어분 농도 10, 20, 30%에서 각각 7.1, 10.6, 12.5 dS/m이었는데 제조 8주 후 30% 농도에서 EC가 25.8 dS/m으로 가장 높았으며 10%와 20%에 비해 각각 9.3, 4.6 dS/m 높았다. NH<sub>4</sub>-N 함량은 제조 4주차까지는 시간이 경과함에 따라 어분 첨가 농도가 높을수록 증가하는 경향이었으며 이후에는 첨가수준 20%가 높게 나타났다. 제조 8주차에 어분 20%를 첨가하여 제조된 액비의 암모늄태 질소가 2,447 mg/L으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 인산 함량은 어분 농도가 높을수록 증가하는 경향이었으며 제조 8주 후 10, 20, 30%에서 각각 0.1, 0.08, 0.13%이었다. 이종태(2007)등은 유기질비료와 물의 첨가수준에 따른 무기성분 농도와 침출률 연구에서 물에 대한 유기질 비료의 농도를 증가시키면 EC, NH<sub>4</sub>-N 및 무기성분 함량은 증가하였으나 유기질 비료의 침출률은 감소하는 결과를 보고하였다.<sup>20)</sup> 이러한 결과를 볼 때 옷겨름용 어분액비는 어분을 20%로 첨가하여 제조하는 것이 효과적인 것으

로 판단되었다.

### 3.4. 액비 처리에 의한 오이 생육 비교

어분 액비와 화학비료 처리에 따른 정식 후 60일 및 90일에서의 오이 생육 조사결과는 [Table 2]와 같다. 정식 후 60일에 조사한 초장, 마디수, 줄기의 두께는 어분액비 처리구에서 303 cm, 36 ea/plant, 9.6 cm로 화학비료 처리구간의 차이를 보이지 않았고, 정식 후 90일에서도 화학비료 처리구와 비교하여 생육량의 차이가 크지 않았다. 어분 액비와 화학비료는 질소의 공급원이 다르지만 액비 공급만으로 오이는 화학비료와 비슷하게 생육할 수 있다는 결과를 나타냈다. 액비와 화학비료 처리에 따른 오이의 과중, 과실수 및 수량은 [Table 3]과 같다. 오이의 평균 과중은 액비처리구가 138 g, 화학비료처리구가 147 g이었으며 과실수도 화학비료구가 17개, 액비처리구가 16개로 통계적인 차이는 없었다. 오이 수량은 화학비료구가 액비처리구보다 601 kg/10a가 더 생산되었으며 이러한 결과는 생육기간 동안 액비로 총 공급된 질소는 17 kg/10a이며 화학비료로 공급된 질소공급량이 24 kg/10a으로 시비량에 의한 영향으로 수량 차이를 보인 것으로 추정된

**Table 2.** Effect of fish meal liquid fertilizer and chemical fertilizer on plant height, stem diameter and number of nodes per plant of cucumber

Treatment	60 days after transplanting			90 days after transplanting		
	Plant height(cm)	Stem diameter(cm)	No. of nodes (ea/plant)	Plant height(cm)	Stem diameter(cm)	No. of nodes (ea/plant)
FLF 100 <sup>†</sup>	303a <sup>‡</sup>	9.6a	36a	490a	9.2a	55a
Chemical fertilizer	300a	9.6a	35a	506a	9.1a	56a

<sup>†</sup> FLF 100 = fish meal liquid fertilizer dilute 100 folds.

<sup>‡</sup> Same letters were not significantly different with T-test at 5% level.

**Table 3.** The fruit weight, number of fruit and yield of cucumber by treatment of fish meal liquid fertilizer and chemical fertilizer

Treatment	Fruit weight (kg/plant)	No. of fruit (ea/plant)	Yield (kg/10a)
FLF 100 <sup>†</sup>	2.2a <sup>‡</sup>	16a	7,647a
Chemical fertilizer	2.5a	17a	8,248b

<sup>†</sup> FLF 100 = fish meal liquid fertilizer dilute 100 folds.

<sup>‡</sup> Same letters were not significantly different with T-test at 5% level.

다. 임태준(2013) 등은 가축분뇨 액비를 이용한 오이 관비 재배 시 토양검정질소 시비량을 기준으로 액비 및 화학비료의 구분 없이 동일한 수량을 생산할 수 있어 화학비료 대체가 가능하다고 보고하였다.<sup>21)</sup> 하지만 질소 요구량에 대해서 전량 액비 공급 시 토양에 특정 양분이 과잉 공급되는 단점도 있어 질소 요구량에 대해서 절반에 해당하는 양을 액비로 공급하는 것을 추천하고 있다.<sup>22)</sup> 따라서 어분 액비를 활용하여 유기농 오이 재배 시 적정 사용하여 오이의 최적수량을 얻을 수 있는 시비방법 연구가 추후 필요한 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구는 어분을 이용하여 액비를 제조할 때 발효 미생물 및 당밀 첨가, 그리고 어분 농도에 따른 액비의 특성 변화를 구명하고 어분액비 처리가 오이 생육에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다. 발효미생물원 선발을 위해 막걸리, 건조효모, 부엽토, 요구르트 각각 첨가하여 액비를 제조하였으며 당밀 첨가 유무에 따라 당밀첨가구와 무첨가구를 제조하였다. 어분농도에 따른 특성변화는 어분농도를 10%, 20%, 30%로 하고 발효기간 동안 양분함량을 분석하였다. 액비 제조 시 발효미생물로 건조효모를 첨가하였을 때 pH와 EC 변화가 컸으며  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 가장 높았다. 당밀은 첨가유무에 상관없이 발효가 진행될수록 pH, EC 및  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도가 증가하였으며, 당밀 첨가구가 무첨가구에 비해 pH가 낮고 EC,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  농도는 당밀 첨가에 따른 차이를 보이지 않았다. 어분농도에 따른 액비 특성을 조사한 결과 pH는 20%첨가구가 가장 높았으며 EC농도는 어분농도가 증가할수록 높아졌다. 액비의  $\text{NH}_4\text{-N}$  함량은 제조 4주차까지는 시간이 경과함에 따라 어분농도가 높을수록 증가하였으며 그 이후에는 20%가 높게 나타났다. 액비처리에 의한 오이생육을 조사한 결과, 화학비료구와 비교하여 생육 차이는 없었으며 수량은 생육기간 공급된 질소량의 차이에 의한 것으로 추정된다. 따라서 어분 액비 제조 시 발효 미생물원으로 건조효모를 첨가하면 질소의 무기화를 촉진하여 암모늄태 질소의

농도를 증가시키고, 당밀 첨가는 질소의 무기화를 억제시키는 효과를 보였다. 작물 시비량을 기준으로 액비를 적정하게 사용한다면 어분 액비는 유기농업에서 추비용 양분 공급원으로 활용가능 할 것으로 사료된다.

#### 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ010879022016)의 연구비 지원으로 수행되었음.

#### References

1. 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", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 34(3), pp. 153-157. (2001).
2. Kai, H., Ueda, T. and Sakaguchi, M., "Antimicrobial activity of bark-compost extracts", *Soil Biol. Biochem.*, 22(7), pp. 983-986. (1990).
3. Elad, Y. and Shtienberg, D., "Effect of compost water extracts on grey mould(*Botrytis cinerea*)", *Crop protection*, 13(2), pp. 109-114. (1994).
4. 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).
5. 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(5), pp. 333-343. (2003).
6. 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(2), pp. 148-156. (2006).



7. 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(2), pp. 85-101. (2001).
8. 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).
9. 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(3), pp. 417-425. (2011).
10. Kim, D. Y. and Lee, J. S., "Directions for eco-friendly utilization and industrialization of fishery by-products", *JFMSE*, 27(2), pp. 566-575. (2015).
11. Frederick, L. Harris, R., Peterso, L. and Kehrmeier, S., "The compost solution to dockside fish wastes", University of Wisconsin, Sea Grant Institute, USA (1989).
12. Kinnunen, R. E., Gould, M. C. and Cambier, P., "Composting commercial fish processing waste from fish caught in the Michigan waters of the Great Lakes", Michigan State University Extension, USA (2005).
13. Vives, I. M., Labandeira, S. S., Brito, L. M. and Fabal, L. A., "Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer for horticultural use", 186, pp. 101-107. (2015).
14. "Methods for chemical analysis of soil and plant", National Institute of Agricultural Science and Technology", RDA (2000).
15. 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).
16. 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).
17. 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(6), pp. 579-584. (2013).
18. Lee, K. Y. and Yu S. J., "Aerobic liquid fermentation of food wastes by using yeast", *J. of KOWREC.*, 8(4), pp. 147-152. (2000).
19. Jang, S. H., Oh, H. M., Kim, S. B., Cho, C. H., Park, N. S., Lee, B. D., Lee, H. S. and Lee, S. K., "Effects of molasses and *Phellinus linteus* meal addition on the quality of Korean herbal medicine meal silage", *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*, 31(4), pp. 431-440. (2011).
20. Lee, J. T., Ha, I. J., Moo, J. S. and Song, W. D., "Comparison of liquefying efficiency of mixed organic fertilizer as affected by aeration time and the ratio of organic fertilizer to water", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 40(2), pp. 156-163. (2007).
21. Lim, T. J., Park, J. M., Noh, J. S., Lee, S. E. and Kim, K. I., "Effect of slurry composting bio filtration(SCB) by subsurface drip fertigation on Cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and soil nitrogen distribution in greenhouse", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 46(4), pp. 253-259. (2013).
22. Park, J. M., Lim, T. J., Lee, S. E. and Lee, I. B., "Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and growth and development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 43(6), pp. 610-615. (2010).