

폭기시간과 유기질비료 농도에 따른 혼합유기질비료의 액비화 특성비교

이종태* · 하인종 · 문진성 · 송원두

경상남도농업기술원 양과연구소

Comparison of Liquefying Efficiency of Mixed Organic Fertilizer as Affected by Aeration Time and the Ratio of Organic Fertilizer to Water

Jong-Tae Lee,* In-Jong Ha, Jin-Seong Moon, and Won-Doo Song

Onion Research Institute, Gyeongnam ARES, Changnyeong 635-821, Korea

This study was conducted to evaluate the liquefying efficiency of mixed organic fertilizer in different conditions. The organic fertilizer was composed of sesame oil cake, rice bran, fish meal, ground bone meal etc, and made by fermenting process. It included 23 g kg⁻¹, 17.0 g kg⁻¹, 23.9 g kg⁻¹, 290 g kg⁻¹ of N, P₂O₅, K₂O, organic matter, respectively. In one test, the mixed organic fertilizer was added in the proportion of 10% to water 90% and aerated continuously, for 2, 8 hours per day, and not aerated as control. In the other test, ratios of organic fertilizer to water were 5%, 10%, 20% and aerated for 2 hours per day. With the increase of liquefying time, pH, EC and NH₄-N increased without relation to aeration time. After 10 days, liquid organic fertilizer aerated for 2 hours a day contained 634 mg N kg⁻¹, 68.1 mg P₂O₅ kg⁻¹, 453 mg K₂O kg⁻¹, which was not significantly different from 8 hours a day or continuous aeration. Then extraction ratios of inorganic contents were 27.6%, 4.0% and 18.9%, respectively. Continuous aeration resulted in increasing the viable number of aerobic bacteria, spore forming bacteria and fungi in liquefied solution. Higher ratio of organic fertilizer to water increased EC, NH₄-N and other inorganic matter contents, but decreased extraction ratio of nutrients in liquid fertilizer. The liquid organic fertilizer of 20% contained 1,140 mg N kg⁻¹, 35.4 mg P₂O₅ kg⁻¹, 544 mg K₂O kg⁻¹ after 10 days. Then extraction ratios were 24.8%, 2.4% and 13.6%, respectively. The ratio of organic fertilizer to water was positively correlated with only spore forming bacteria, *Pseudomonas* spp. among microorganisms.

Key words : Liquid organic fertilizer, Liquefaction, Aeration, Extraction, Microorganism

서 언

유기농업은 근대농업에서 농업기술의 발달과 더불어 수반된 환경과 생태계의 파괴를 최소화하면서 안전한 농산물을 생산하고자 집약적 투입재료인 화학비료와 농약의 사용을 배제하고 돌려짓기, 그루갈이, 녹비작물 재배, 유기물 넣기, 저항성 품종 선택 및 유축순환농법 등 현재까지 알려진 친환경적, 유기적인 기술을 활용하는 농업이라 할 수 있다 (Chang, 2000; Shon, 2001; Shon, 2002; Ulrich et al., 2004; Jung, 2005). 우리나라의 유기농업은 주로 유기물 시용에 의존하여 지력 향상을 도모하고 있으나 독일, 스위스 등 유럽국

가와 미국, 캐나다에서는 유기농업을 수행하기 위하여 기본적으로 녹비작물, 두과작물, 심근성 작물 재배 등의 윤작체제로 지력을 유지하고 적절한 퇴비 시용, 특히 가축사양에서 발생한 퇴비는 한정된 면적에 제한적으로 사용하고 있다 (Shon, 2001; Shon, 2002; Ulrich et al., 2004; Lee et al., 2006). 유기물의 시용으로 토양입단 형성, 보수력 증가, 통기성 향상, 지온상승 등 토양의 물리성을 개선하고 토양 완충능 증대, 양분가용성 증가, 무기화 촉진 등의 화학성 개선 뿐만 아니라 유용미생물 증대, 인산고정 억제, 생장 촉진물질 생성, 질소 고정 등 생물학적 개선효과가 있으나 유기농업 재배에서 과다한 유기물 시용은 토양 질산염 및 인산염 함량을 증가시키며 엽채류 등의 식물체 내 질산태 질소함량을 높이는 부정적인 결과도 초래하고 있다 (Lee et al., 1996; Shon et al., 1996, Jeong

접수 : 2007. 1. 30 수리 : 2007. 3. 21
*연락처 : Phone: +82555302191,
E-mail: organicjt@gsnd.net

et al., 2000, Lee et al., 2006). 이러한 과다한 유기물 시용에 의한 양분 축적을 완화하기 위하여 추비용으로 유기액비의 활용이 대두되고 있으며 외국에서는 병원균의 억제와 토양 미생물상의 개선을 위하여 퇴비추출물 (Compost extract, compost tea)을 많이 활용하고 있다 (Weltzein, 1989; Kai et al, 1990; Elad and Shtienberg, 1994; Diver, 1998). 주로 유기액비에 대한 연구는 가축분뇨 액비의 제조특성 (Jung et al., 1998)과 벼, 채소류 및 사료작물 등에 대한 액비의 시비효과 연구가 이루어졌다 (Park et al., 2001; Kim et al., 2001; Jeon et al., 2003; Lee et al., 2006). Joo et al. (2001)은 계분, 어분, 골분, 쌀겨 등의 유기질재료를 액비화할 때 pH, EC 등의 경시적인 변화를 조사하고 상추에 대한 시용효과를 연구하였으며, Kim et al. (2003)의 아미노산 액비 처리에 의한 잔디 생장에 대한 연구와 Kang (2004)의 미생물액비 처리에 의한 상추 수량에 대한 연구결과를 보고하였다.

유기액비는 오래전부터 인분이나 깻묵 등을 이용하여 비료 가치를 높이고 토양지력을 향상시키는 자원으로 이용하여 왔으나 액비의 제조방법이나 화학적, 미생물학적 특성에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 유기농산물 생산을 위한 추비재료로써 유기액비의 양분함량을 최대화하고자 액비제조 시 폭기시간과 유기질비료와 물의 비율 등의 제조방법에 따른 차이를 비교분석하였다.

재료 및 방법

유기액비 제조에 사용된 혼합유기질비료는 참깨묵, 어분과 혈분을 질소원으로 쌀겨와 골분을 인산원으로 사용하였고 일라이트, 패화석 및 황토는 미량요소와 토양개량 효과를 증진시키기 위하여 첨가하여 제조하였다 (Lee et al, 2004). 혼합된 유기질비료의 총량은 500kg이었으며 수분함량을 40% 정도로 맞추기 위하여 물을 추가하였다. 2002년 10월 12일에 비가림 시설에서 유기질비료를 혼합하였으며 초기 한 달간은 10일에 한번 뒤집기를 하였고 그 후 20일 마다 한번씩 3회 뒤집기를 실시하였다. 부숙이 완료된 혼합유기질비료의 특성은 Table 1과 같다. N, P₂O₅ 및 K₂O 함량은 각각 23.0 g kg⁻¹, 17.0 g kg⁻¹, 23.9 g kg⁻¹이었고 유기물 함량은 290.5 g kg⁻¹이었다.

폭기시간에 따른 액비화 특성을 조사하기 위하여 혼합 유기질비료를 양과 그물망에 10 kg을 150 L 통에 담고 물을 넣어 100 L로 채우고 무폭기, 2 시간 폭기/일, 8 시간 폭기/일, 연속폭기로 처리를 두어 10일간 지속시켰다. 폭기에 사용된 송풍장치는 전기기포 발생기 (풍량압력 40 L min⁻¹, 0.12 kg cm⁻¹)를 사용하였으며 2004년 2월부터 4월까지 4회 반복시험을 하였다. 유기질비료 농도별 액비화 특성조사에는 150 L 통에 유기질비료를 각각 5 kg, 10 kg, 20 kg씩 넣고 물을 넣어 100 L로 채우고 하루에 2시간씩 10일간 폭기시켰다. 액비제조 시작일로부터 1일, 2일, 4일, 6일, 8일, 10일에 액비시료를 채취하여 분석시료로 사용하였다. 무기성분은 시료 10 mL을 삼각플라스크에 넣고 H₂SO₄ 5 mL로 습식 분해하여 토양식물체 분석법에 준하여 분석하였다(NIAST, 2000). T-N은 Kjeldahl법, P₂O₅는 Vanadate법 (UVIKON 931 Spectrophotometer)으로 분석하였으며 미량요소는 원자흡광 분광광도계 (Smith-Hieftje 4000, Franklin, USA)로 측정하였다. 그리고 무기태 질소는 시료 10 mL에 MgO 0.2-0.3g을 첨가 후 증류하여 NH₄-N을 측정하였고 NH₄-N을 추출한 후 Devarda's alloy를 가하여 NO₃-N을 측정하였다. 유기질비료의 침출물은 혼합 유기질비료의 무기성분 함량에서 액비제조 후의 무기성분 함량의 비율로 계산하였다 (액비의 무기성분 함량/(유기질비료의 무기성분 함량/희석배수) × 100).

액비화 제조과정 중의 미생물의 밀도는 희석평판법 (NIAST, 2000)에 준하여 측정하였으며 냉장 보관된 시료를 10²-10⁶ 배가 되도록 희석 액을 만들고 이를 미생물수 측정에 사용하였다. 각 시료 당 미생물수는 3개의 Petridish에 나타난 Colony를 각각 계수한 후 평균값을 내었다 (Colony forming unit : cfu g⁻¹ dry weight). 호기성 세균은 NA배지 (Difco 213000)를 사용하였고 *Pseudomonas* spp.은 *Pseudomonas* 분리배지 (Difco 0927-17-1), 방선균은 방선균분리배지 (Difco 212168)를 사용하여 28°C에서 7일간 배양하여 계수하였고 균류는 Rose bengal배지 (Difco 218312)를 사용하여 25°C에서 5일간 배양 후 계수하였다. 그리고 포자형성세균은 희석 시료 액을 80°C 수욕조에 10분간 방치한 후 NA배지에 배양하여 계수하였다.

Table 1. Chemical properties of raw organic fertilizer used for liquefying.

T-N	Organic matter	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Fe	Cu	Mn	Zn	pH	Water content	C/N
----- g kg ⁻¹ , dry base -----						----- mg kg ⁻¹ , dry base -----						1:5	%	
23.0	290.5	17.0	23.9	11.6	10.7	3,344	237	6,350	84.8	373	137.9	8.3	10.3	7.0

결과 및 고찰

폭기시간에 따른 액비특성 변화 및 침출률 액비 제조 일수에 따른 pH, EC 농도 및 무기태 질소농도 변화를 Figure 1에 나타내었다. pH는 액비제조 1일차에 7.6-7.8이었으며 폭기시간이 길어질수록 증가하였다. 10일 경과 후 연속폭기에서는 8.7로 0.9 증가하였고 무폭기에서는 7.4로 0.2 감소하였다. EC 농도는 액비제조 1일차에는 폭기시간에 따른 차이가 뚜렷하였으나 6일 이후에는 차이가 없었다. 이러한 결과는 계분, 어분, 쌀겨, 대두박 등의 액비원료 3 kg을 물 12 L와 혼합하여 발효시켰을 때 pH는 액비원료와 무관하게 초기에 약간 낮았다가 서서히 증가하는 경향이었으며 EC농도는 10일까지 급격히 증가하다가 이후에는 큰 변화가 없었다는 결과 (Joo et al., 2001)와 가축분뇨 액비 부숙과정에서 pH가 호기적인 조건에서는 점차 높아졌으나 혐기조건에서는 유기산의 증가로 낮아졌다는 결과 (Jung et al., 1998)와 일치하였

다. NO₃-N 농도는 폭기시간에 따른 차이가 없었으나 NH₄-N 농도는 시간경과에 따라 증가하는 경향이었으며 액비제조 일수 6일까지는 폭기처리가 무폭기보다 높았으나 그 이후에는 일 2시간과 8시간 폭기는 무폭기와 차이가 없었다. 연속폭기 10일 후의 NH₄-N 농도는 287.5 mg kg⁻¹로 액비제조에 사용된 초기 혼합 유기질비료의 NH₄-N 농도의 1/10배인 334.4 mg kg⁻¹보다 적었는데 이는 고형상태의 암모니아태 질소가 액비상태에서 암모니아태 질소로 전환되지 않았고 유기질비료에 함유된 유기태 질소의 액비로의 추출이 낮았으며, 또한 액비화 과정에서 pH 상승으로 인하여 암모니아가스로 휘산 되었기 때문으로 판단된다 (Cho et al., 1972; Shon et al., 1996; Lee et al., 2004).

액비제조 10일 후의 무기성분의 농도와 침출률은 폭기시간이 길수록 증가하는 경향이였다 (Table 2와 Fig. 2). N과 K₂O 농도는 무폭기보다 폭기조에서 각각 100-118 mg kg⁻¹, 38-120 mg kg⁻¹ 높았으나 P₂O₅와 MgO농도는 폭기시간이 증가함에 따라 약간 증가

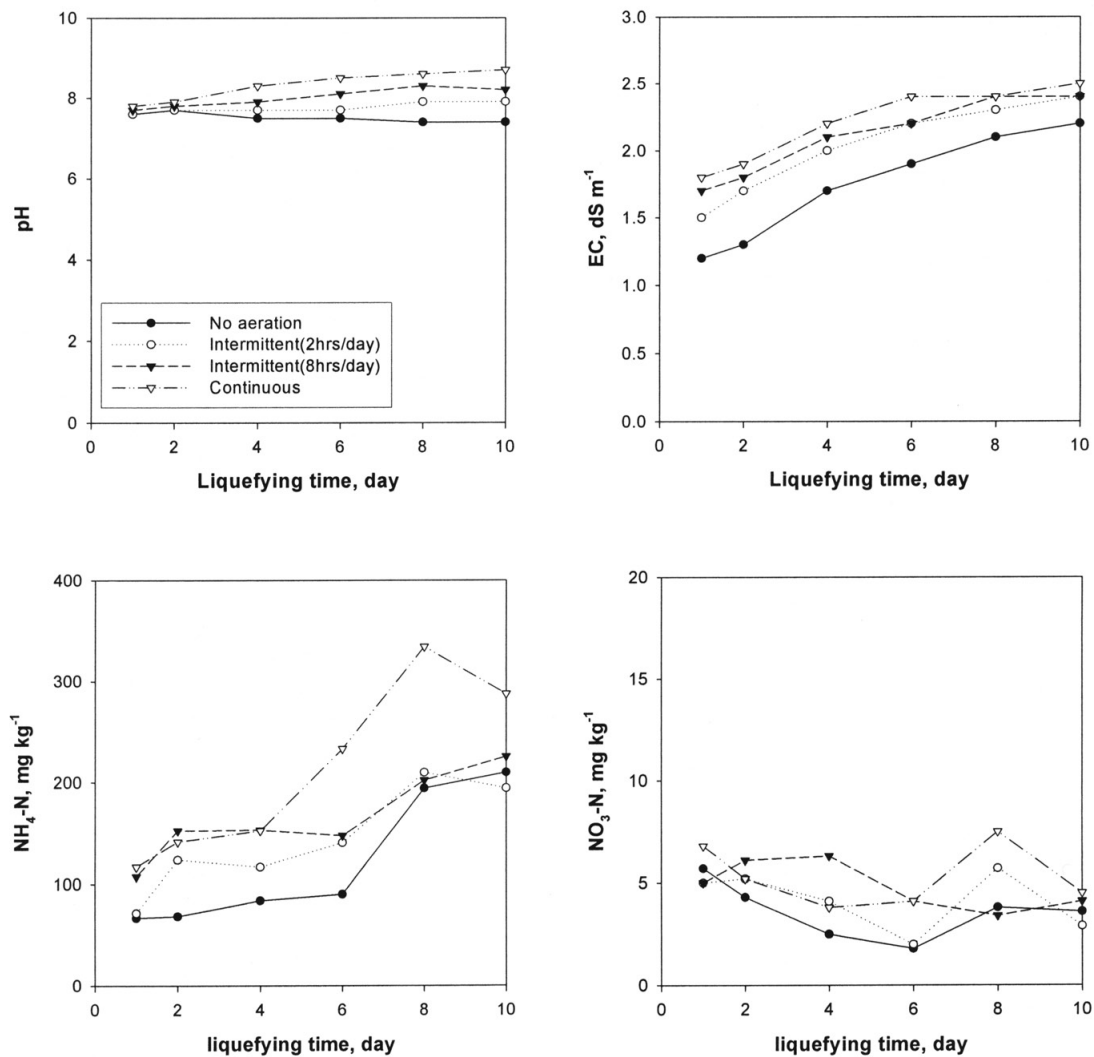


Fig. 1. Changes in pH, EC, NH₄-N and NO₃-N of liquid organic fertilizer as affected by aeration time.

하였으나 처리 간 유의적인 차이는 없었다. N과 K₂O의 침출률은 각각 23.0-28.1%, 17.3-22.3%로 높았으나 인산은 3.8~4.0%로 극히 낮았는데 이는 유기질비료에 함유된 인산의 형태가 난용성으로 수용액에서 분해가 거의 일어나지 않았기 때문으로 판단된다. Joo et al. (2001)이 7월부터 9월까지 발효용기에 계분 50%, 골분 30% 및 쌀겨 20%의 비율로 50kg과 물 200L을 넣고 40일 후 이화학성을 조사한 연구에서 pH 6.9, EC 농도 27.4 dS m⁻¹이었고, N, P₂O₅ 및 K₂O 농도는 각각 0.40%, 0.078%, 0.37% 이었다고 보고하였으나, 본 연구에서는 EC 농도와 무기성분 함량이 거의 10배 정도 낮게 조사되었다. 이러한 결과는 물의 양이 2.5배 정도 많았고, 고온에서 양분의 무기화가 촉진된다는 Kraus et al. (2000)의 결과에서와 같이 본 연구의 액비제조 시기는 2월~4월로, 온도가 낮은 시기에 침출시켰기 때문에 무기화율이 낮았던 것으로 판단된다. 유기재배에서는 기비로 퇴비와 유기질비료를 주 양분 공급원으로 사용함으로 인산과 칼리 등의 무기성분이 충분히 공급되며 (Shon et al., 1996, Jeong et al., 2000, Lee et al., 2006) 추비를 위한 유기액비는 질소원 공급이 가장 중요하다고 생각된다. 본 연구에서 폭기시간 간에 질소농도의 차이는 없으므로 일일 2시간 폭기가 경제적으로 적합하였다. 액비제조 10일 경과 후 미생물 생균수와 폭기시간 간에 뚜렷한 경향은 없었으나 (Table 3) 연속폭기조에서 호기성세균, 포자형성세균, 방선균 및 사상균 생균수가 각각 20.0×10⁷, 11.1×10⁵, 6.5×10⁴, 8.5×10³ cfu mL⁻¹로 가장 많았으나 *Pseudomonas* spp. 균은 무폭기조에서 16.0×10⁵ cfu mL⁻¹로 폭기조보다 증가하였다. 액비 제

조에 사용된 유기질비료의 호기성세균, 포자형성세균 및 방선균 생균수는 각각 92.8×10⁹, 12.0×10⁵, 8.5×10⁵ cfu g⁻¹, 14.2×10⁵ cfu g⁻¹로 액비화 과정을 거치면서 호기성 세균, 방선균 및 사상균은 감소하였으나 포자형성세균은 비슷하였다. 이러한 결과는 고형상태와 액비상태에서 통기성 등의 조건이 다르기 때문에 나타나는 결과라고 판단되며 액비조건에서 포자형성세균 등 유용미생물 밀도를 증가시킬 수 있는 세밀한 연구가 필요한 것으로 생각된다. 퇴비추출물은 병원균의 억제와 토양 미생물상의 개선 효과 (Weltzein and Heinrich, 1989; Kai et al, 1990; Elad and Shtienberg, 1994; Diver, 1998)가 있으며 Elad and

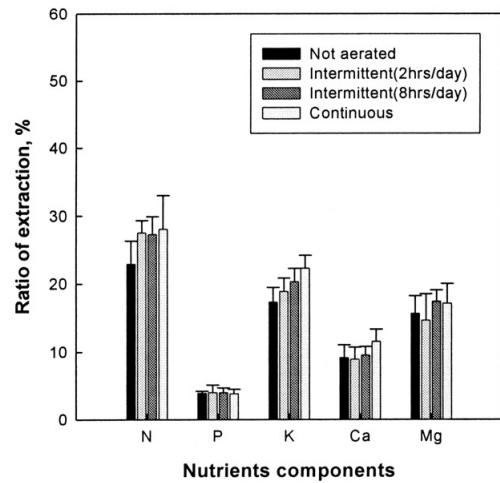


Fig. 2. Ratio of nutrient extraction of liquid organic fertilizers as affected by aeration time at final stage. Each vertical bar represents standard deviation.

Table 2. Nutrients concentration of liquid organic fertilizer as affected by aeration time at final stage.

Aeration time	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
----- mg kg ⁻¹ -----					
Not aerated	528 b [†]	66.0 a	415 b	106 a	156 a
Intermittent(2hrs/day)	634 a	68.1 a	453 ab	103 a	157 a
Intermittent(8hrs/day)	628 a	67.7 a	488 ab	111 a	165 a
Continuous	646 a	64.7 a	535 a	134 a	170 a

[†] Mean followed by the same letter in column is not significantly different(Duncan's multiple range test, P=0.05)

Table 3. Microbial population of liquid organic fertilizer as affected by aeration time at final stage.

Aeration time	Aerobic bacteria	Spore forming bacteria	<i>Pseudomonas</i> spp.	Actinomycetes	Fungi
----- × 10 ³ cfu mL ⁻¹ -----					
Not aerated	12.8	2.8	16.0	5.0	2.5
Intermittent(2hrs/day)	4.3	6.9	10.5	1.5	1.5
Intermittent(8hrs/day)	9.0	2.1	9.5	4.5	1.5
Continuous	20.0	11.1	4.0	6.5	8.5

Shtienberg (1994)는 2종의 분리균주의 병원균 억제효과를 확인한 바 있는데, 포자형성세균과 *Pseudomonas* spp. 균 등의 길항작용 (Choi et al., 1995; Kim et al., 1995; Yeoung et al., 2003)과 생육촉진 효과 (Rhee et al., 1990; Kim et al., 1993; Lee et al., 1996)에 의한 것으로 추정된다.

유기질비료 농도에 따른 액비특성 변화 및 침출물 액비제조 일수에 따른 pH, EC 농도 및 무기태 질소 농도 변화는 Fig. 3에 나타내었다. pH는 유기질비료의 농도와 무관하게 제조일수가 경과되어도 초기의 7.6~7.9 정도가 유지되었다. 액비제조 1일차의 EC는 유기질비료 농도 5%, 10% 및 20%에서 각각 1.2, 1.5, 2.4 dS m⁻¹ 이었는데 일수가 경과함에 따라 증가하여 제조 10일 후 20% 농도는 4.2 dS m⁻¹로 가장 높았으며 5%와 10%의 EC보다 각각 2.3, 1.8 dS m⁻¹ 높았다. NH₄-N 함량은 시간이 경과함에 따라 유기질비료 농도가 높을수록 증가하는 경향이었는데 20% 농도의

NH₄-N은 초기 154.6 mg kg⁻¹에서 10일 후 380.7 mg kg⁻¹로 2배 이상 증가하였고 5%와 10%에서는 차이가 거의 없었다. NO₃-N 함량은 시간경과에 따른 차이가 없었으며 유기질비료 농도 간에는 20%에서 높았다.

무기성분 농도와 침출물은 유기질비료의 농도가 증가할수록 증가하는 경향이였다(Table 4와 Fig. 4). 유기질비료 농도 20%의 N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO 함량은 각각 1,140 mg kg⁻¹, 81.0 mg kg⁻¹, 652 mg kg⁻¹, 166 mg kg⁻¹, 250 mg kg⁻¹로 유기질비료 10%보다 1.8배, 1.4배, 1.6배, 1.9배 높았으나 유기질비료 10%와 5% 처리간에는 큰 차이가 없었다. Shin et al. (1998)의 가축분뇨와 물의 첨가수준에 따른 무기성분 함량변화 연구에서 물의 첨가비율이 증가함에 따라 액비제조 후의 무기성분 함량이 현저히 감소하며 물의 첨가비율이 높은 처리간에는 차이가 거의 없었던 결과와 같은 경향이였다. N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO의 침출률은 유기질비료 농도가 가장 낮은 5%

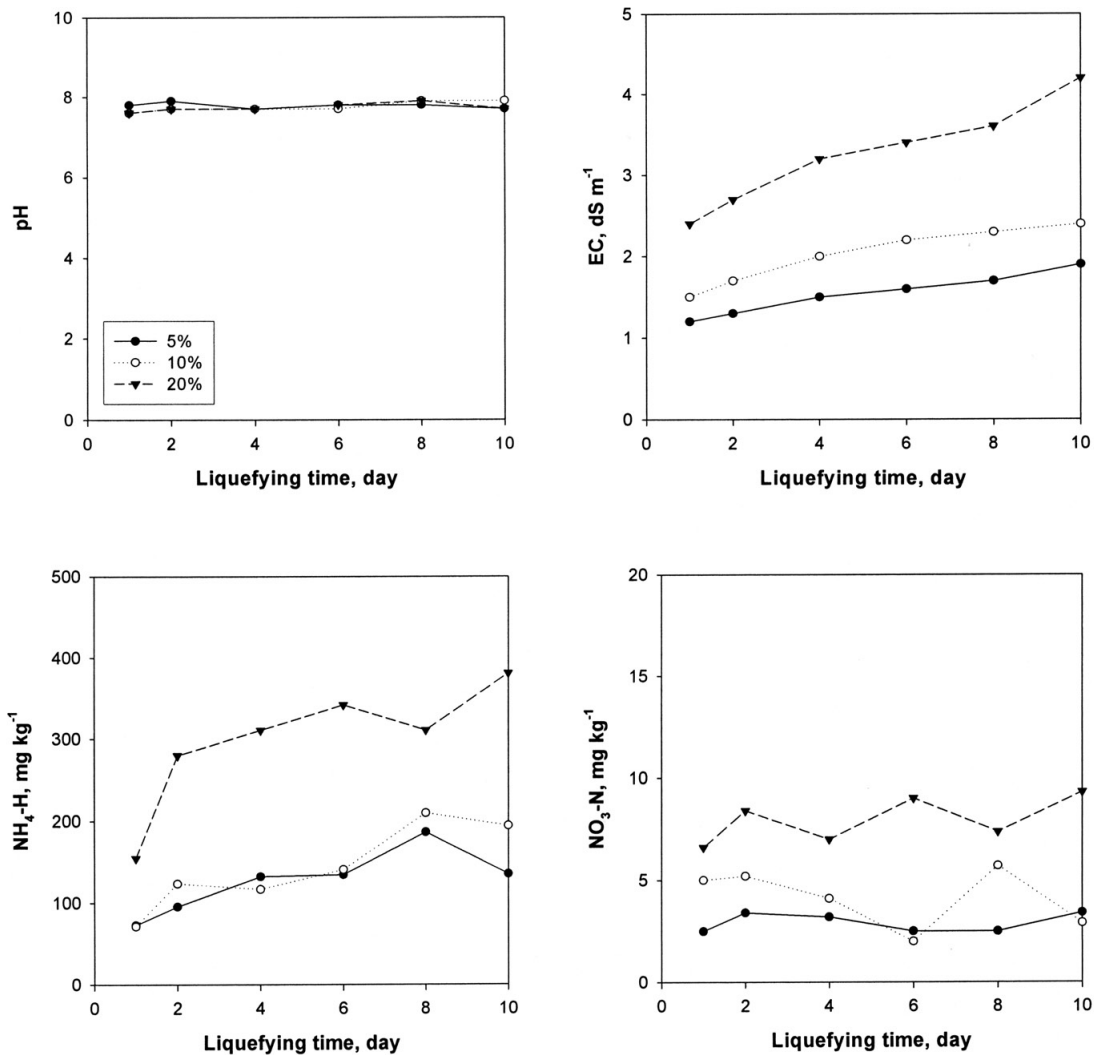


Fig. 3. Changes in pH, EC, NH₄-N and NO₃-N of liquid organic fertilizer as affected by the ratio of organic fertilizer to water.

Table 4. Nutrient concentration of liquid organic fertilizer as affected by the ratio of organic fertilizer to water at final stage.

Ratio of organic fertilizer to water	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	----- mg kg ⁻¹ -----				
5%	446 b [†]	56.0 b	360 b	95 b	138 b
10%	634 b	68.1 a	453 b	103 b	157 b
20%	1,140 a	81.0 a	652 a	166 a	250 a

[†] Mean followed by the same letter in column is not significantly different(Duncan's multiple range test, P=0.05)

Table 5. Microbial population of liquid organic fertilizer as affected by the ratio of organic fertilizer to water at final stage.

Ratio of organic fertilizer to water	Aerobic bacteria	Spore forming bacteria	<i>Pseudomonas</i> spp.	Actinomycetes	Fungi
	× 10 ⁷ cfu mL ⁻¹	× 10 ⁵ cfu mL ⁻¹	× 10 ⁵ cfu mL ⁻¹	× 10 ⁴ cfu mL ⁻¹	× 10 ³ cfu mL ⁻¹
5%	1.5	4.1	2.5	3.0	6.0
10%	4.3	6.9	10.5	1.5	1.5
20%	1.2	7.5	28.0	3.0	1.5

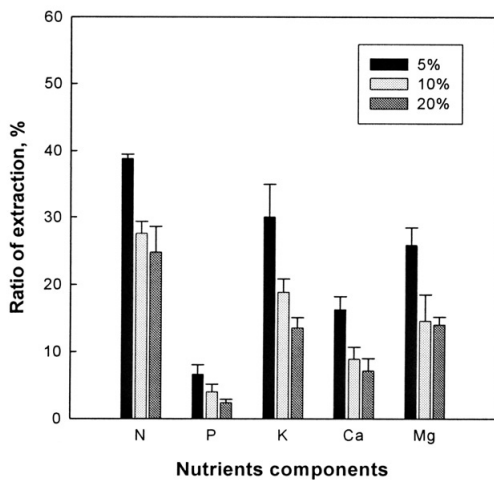


Fig. 4. Ratio of nutrient extraction of liquid organic fertilizer as affected by the ratio of organic fertilizer to water at final stage. Each vertical bar represents standard deviation.

에서 각각 38.8%, 6.6%, 30.0%, 16.3%, 25.8%로 다른 처리보다 현저하게 높았다. 이러한 결과를 볼 때 유기질비료의 농도를 20%로 하여 무기성분 함량을 높게 하여 추비사용량을 줄이고 이때 액비로 침출되는 비율이 낮으므로 유기질비료 잔여물은 2-3회 액비제조에 재사용이 가능 (Lee et al., 2000; Simamoto, 2000) 할 것으로 판단되었다. 포자형성세균과 *Pseudomonas* spp. 균수는 유기질비료 농도에 정비례하여 증가하였으나 다른 균들은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

적 요

본 연구는 혼합유기질비료를 액비화할 때 액비화 효율을 증진시키기 위하여 폭기시간과 유기질비료 농

도에 따른 무기성분의 특성변화를 조사하였다. 혼합 유기질비료는 참깨묵, 쌀겨, 어분, 혈분 등의 유기질 재료와 일라이트, 폐화석 등으로 이루어져 있으며 약 2개월간의 발효과정을 거쳤고 N, P₂O₅, K₂O 및 유기물함량은 각각 23.0 g kg⁻¹, 17.0 g kg⁻¹, 23.9 g kg⁻¹, 290 g kg⁻¹이었다. 폭기시간은 일 2시간, 8시간, 연속 폭기 및 무폭기의 처리를 두었으며 물량에 대한 유기질비료 농도는 10%로 하였다. 유기질비료 농도에 따른 특성변화는 전체 물 함량에 대한 유기질비료 농도를 5%, 10% 및 20%로 하고 일 2시간씩 폭기를 하였다. 액비제조 기간이 경과함에 따라 폭기시간에 관계없이 pH, EC 및 NH₄-N 농도는 증가하였다. 일 2시간 폭기한 처리구에서 액비제조 10일 후의 N, P₂O₅ 및 K₂O 농도는 각각 646 mg kg⁻¹, 68.1 mg kg⁻¹, 453 mg kg⁻¹으로 침출률은 각각 27.6%, 4.0% 및 18.9%이었으며 일 8시간 폭기 및 연속폭기조와 유의적인 차이가 없었다. 연속폭기조에서 호기성 세균, 포자형성 세균 및 사상균의 생균수가 다른 처리구보다 많았다. 물에 대한 유기질비료의 농도를 증가시키면 EC, NH₄-N 및 무기성분 함량은 증가하였으나 유기질비료의 침출률은 감소하였다. 액비제조 10일 후 유기질비료 20% 처리구의 N, P₂O₅ 및 K₂O 농도는 각각 1,140 mg kg⁻¹, 35.4 mg kg⁻¹, 544 mg kg⁻¹이었고 침출률은 각각 24.8%, 2.4% 및 13.6%이었다. 유기질비료 농도의 증가는 포자형성 세균과 *Pseudomonas* spp. 균의 생균수를 증가시켰다.

인 용 문 헌

Chang, K.R., and S.M. Shon. 2000. Sustenance and enhancement of

- soil fertility for organic farming by legumes and green manure. J. Kor. Org. Agr. 8(3):131-146.
- Cho, B.L., S.B. Lee, K.E. Lee, and W.K. Oh. 1972. A study on the effect of soil or lime addition on the decaying of oil cake as a liquid fertilizer. Kor. J. Soc. Hort. Sci. 11:69-72.
- Choi, K.C., Y.H. Rhee, and W.B. Chun. 1995. Effects of antagonistic microorganisms, *Bacillus* spp., on growth of Italian ryegrass and Orchard grass in continuous cropping soil and non-continuous cropping soil. Kor. J. Anim. Sci. 37:287-296.
- Diver, S. 1998. Compost Teas For Plant Disease Control. Pest management technical notes. www.attra.ncat.org.
- Elad, Y., and D. Shtienberg. 1994. Effect of compost water extracts on grey mould(*Botrytis cinerea*). Crop protection. 13:109-114.
- Jeon, W.T., H.M. Park, C.Y. Park, K.D. Park, Y.S. Cho, E.S. Yun, and U.G. Kang. 2003. Effects of liquid pig manure application on rice growth and environment of paddy soil. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 36:333-343.
- Jeong, S.J., W.B. Chung, H.T. Kim, K.H. Kang, J.S. Lee, and J.S. Oh. 2000. Effect of the soil physicochemical property and plant growth and components of chinese cabbage after application of organic farming materials. J. Kor. Org. Agr. 8(2):97-110.
- Joo, S.J., S.M. Shon, and J.H. Kim. 2001. Development of organic liquid fertilizer for leaf vegetable under greenhouse. J. Kor. Org. Agr. 9(2):83-99.
- Jung, K.Y., N.J. Cho, and Y.G. Jeong. 1998. Composition of liquid composting efficiency using liquid pig manure in different condition. Kor. J. Environ. Agr. 17:301-306.
- Jung, M.C. 2005. Training for skilled organic farmers. International conference "Organic farming and rural development". Uljin, Korea. p183-209.
- Kai, H., T. Ueda, and M. Sakaguchi. 1990. Antimicrobial activity of bark-compost extracts. Soil Biol. Biochem. 22:983-986.
- Kang, B.K. 2004. Effects of microbial liquid manure on growth and yield of leaf lettuce. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 45:115-118.
- Kim, K.S., J.P. Lee, Y.W. Kim, Y.H. Rhee, and Y.Y. Kim. 1993. Effect on the inoculation of *Bacillus* on the growth of Chinese cabbage and sesame and on microbial flora in soils. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 26:271-277.
- Kim, K.S., Y.W. Kim, and Y.S. Choi. 1995. Studies on the various utilization of microbial formulation for the production of vegetable crops. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 28:191-205.
- Kim, M.C., D.J. Choi, and S.T. Song. 2001. Effect of swine liquid manure and phosphorus fertilizer application level on dry matter yield and N and P uptake of Italian ryegrass. Anim. Sci. & Technol. 43:973-980.
- Kim, Y.S., K.S. Lee, and S.G. Han. 2003. The effect of liquid fertilizer contained amino acids on the growth of bentgrass(*Agrostis palustris* Huds) and the chemical characteristics of soil. Kor. Turfgrass Sci. 17:147-154.
- Kraus, T.H., R.L. Mikkelsen, and S.L. Warren. 2000. Container substrate temperatures affect mineralization of composts. Hortscience. 35:16-18.
- Lee, J.S., K.W. Chang, S.H. Cho, and C.Y. Kim. 1996. Effect of compost application on yield and chemical components of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* Rupr) and changes of soil physicochemical properties in organic farming. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 29:365-370.
- Lee, J.T., C.J. Lee, and H.D. Kim. 2004. Changes in physicochemical properties and microbial population during fermenting process of organic fertilizer. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 37:116-123.
- Lee, J.T., I.J. Ha, H.D. Kim, J.S. Moon, W.I. Kim, and W.D. Song. 2006. Effect of liquid pig manure on growth, nutrient uptake of onion, and chemical properties in soil. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24:148-156.
- Lee, T.G., and S.H. Yoon. 2000. IV. Understanding and practice of organic materials for agriculture. Heuksalim. Theory and Practice of friendly environmental agriculture. p143-145.
- Lee, Y.H., M.S. Yang, and H.D. Yun. 1996. Effect of plant-growth-promoting-bacteria inoculation on the growth and yield of red pepper(*Capsicum annuum* L.) with different soil electrical conductivity level. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 29:396-402.
- Lee, Y.H, S.G. Lee, S.H. Kim, J.H. Shin, D.H. Choi, Y.J. Lee, and H.M. Kim. 2006. Investigation of the utilization of organic materials and the chemical properties of soil in the organic farms in Korea. J. Kor. Org. Agr. 14(1):55-67.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho., and K.Y. Jung. 2001. Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 34:153-157.
- RDA. 2000. Methods for chemical analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA. Suwon, Korea.
- Rhee, Y.H., Y.Y. Kim, J.P. Lee, Y.W. Kim, Y.J. Kim, and J.W. Lee. 1990. Effects of *Pseudomonas Fluorescens*, KR-164 on plant pathogenic microorganisms. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 23:53-59.
- Shon, B.K., J.H. Hong, and K.J. Park. 1996. Comparative studies on static windrow and aerated static pile composting of the mixtures of cattle manure and rice hulls. 29:403-410.
- Shin, J.S., D.E. Shin, H.H. Lee, Y.M. Cho, J.G. Kim, and J.W. Ryoo. 1998. The effect of water adding levels and storage time on chemical composition and its relationship in liquid manures. RDA. J. Agro-Envir. Sci. 40(1):80-84.
- Shon, S.M., D.H. Han, and Y.H. Kim. 1996. Chemical characteristics of soils cultivated by the conventional farming, greenhouse cultivation and organic farming and accumulation of NO₃⁻ in chinese cabbage and lettuce. J. Kor. Org. Agr. 5(1):149-165.
- Shon, S.M. 2001. Principles and skills of organic crop production with special regards to Germany. J. Kor. Org. Agr. 9(4):71-93.
- Shon, S. M. 2002. Situation of Korea organic farming and its education and research in the future. J. Kor. Org. Agr. 10(2):67-83.
- Simamoto, K. 2000. Advanced microbiological farming for promoting soil activity. Gardening Part. p147-150, Translated by Korean Society of Compost Farming(3rd ed). Seongju, Korea.
- Ulrich, K. 2004. Rotation for organic farming: Its aims and implementation. International Symposium on Organic Agriculture. Uljin, Korea. p1-51.
- Weltzein, C.H. 1989. Some effects of composted organic materials

on plant health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
27:439-446.
Yeoung, Y.R., J.H. Kim, B.S. Kim, J.Y. Jeon, and C.S. Yoon. 2003.

Effects of beneficial antagonists (*Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp.,
and *Trichoderma* sp.) on control of clubroot of Chinese cabbage.
Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21:194-198.