

쌀겨와 밀기울의 토양 혐기발효 처리가 시설 재배지 토양의 미생물상에 미치는 영향

김홍림 · 원항연¹ · 손보균^{2*} · 최영하 · 곽용범

농촌진흥청 국립원예특작과학원, ¹국립농업과학원, ²순천대학교

Microbial Community Changes in the Soil of Plastic Film House as Affected by Anaerobic Fermentation of Rice Bran or Wheat Bran

Hong-Lim Kim,^{*} Hang-Yeon Weon¹, Bo-Kyun Sohn², Young-Hah Choi, and Young-Bum, Kwack

Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 668-812, Korea

¹Microbial Resources Team, National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-853, Korea

²Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

Soil microbial community has been changed after the treatment of anaerobic fermentation using wheat bran or rice bran was applied to the soil. In the dilution plate technique, the number of anaerobic bacteria and fungi was higher in rice bran-treated soil than in non and wheat bran-treated soil, but of yeast was higher in wheat bran-treated soil than in non and rice bran-treated soil. Specially, the fungi were not detected in the wheat bran-treated soil. Identified by 16S rDNA sequencing, the number of aerobic bacteria was similar in all treatments, the dominant bacteria was the genus *Bacillus*. In the phospholipid fatty acid (PLFA) technique, both Gram-positive and Gram-negative bacteria change slightly in all treatments for 20 days of fermentation process but, after 20day, increased rapidly in wheat or rice bran-treated soil. In conclusion, the microbial communities structure was dramatically changed after the treatment of wheat or rice bran to soil.

Key words: Soil, Plastic film house, Microbial community, PLFA

서 언

국내 시설 재배지 토양은 연작과 염류집적이 심화되어 토양 환경 개선이 요구되고 있으며, 이에 대한 다양한 기술이 개발되어 왔다(Jun et al., 2002; Kim et al., 2001; Kim et al., 2006; Kwon et al., 1998; Ok et al., 2005; Uhm et al., 2001). 최근 개발된 밀기울 또는 쌀겨를 이용한 토양혐기발효기술은 토양 물리화학적 개선(Kim et al., 2006), 약산 생성에 의한 항진균 효과(Kim et al., 2007) 등의 효과가 매우 높은 것으로 보고된 바 있다. 특히, 뿌리혹선충을 포함한 토양 병원성 미생물에 대한 억제 효과는 발효처리과정에서 형성되는 토양 혐기화와 항진균 효과를 갖는 초산 및 낙산의 생성 등이 작용한 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2007).

연작토양에 대한 토양 미생물상의 변화에 대한 연구

로는, 담수가 세균과 방선균의 밀도를 높인 반면, *Fusarium*, *Phytophthora* 및 *Pythium*과 같은 사상균의 밀도는 낮추었으며, 담수기간이 길수록 세균에 대한 사상균의 비율은 낮아졌다고 보고하고 있으며(Kim et al., 1989), 제조제는 연작토양의 방선균, 세균 그리고 사상균(특히, *Fusarium*)의 밀도를 낮추지만, 처리 30일 후 대조구와 비슷한 수준으로 회복하였다고 보고하고 있다(Kim et al., 1988). 따라서, 본 연구는 토양 환경 변화에 큰 영향을 미치는 밀기울 또는 쌀겨의 혐기발효처리가 토양 미생물상 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

처리방법 본 연구는 동일한 포장에서 10년 이상 과채류와 엽채류 재배로 연작피해가 발생되었던 경기도 시흥 소재 시설 하우스에서 2006년 8월 11일부터 30일 동안 수행하였다. 시험토양과 사용된 유기물의

접수 : 2009. 9. 2 수리 : 2009. 10. 12

*연락처 : Phone: +82558641505,
E-mail: khllol@rda.go.kr

화학적 특성은 Table 1과 2와 같고, 토성은 양토(sand 33%, clay 13%, silt 54%)였다. 실험에 사용된 밀기울과 쌀겨는 발효 또는 부패되지 않은 신선한 것을 사용했으며, 각각 20t ha⁻¹ 을 토양과 고르게 혼합한 후 30 cm 깊이까지 충분히 적실 수 있는 양의 물을 공급하였다. 그리고 비닐을 이용하여 처리포장 전체를 덮어 외부 공기가 유입되지 않도록 완전히 밀폐시킨 상태에서 20일 동안 유지하였다. 처리가 끝난 토양은 비닐을 제거하고 10일 동안 최소 3회 이상 경운하여 생성된 가스와 유기산을 제거하였다.

토양시료 채취 토양 미생물상을 분석하기 위한 시료는 토층 15 cm 범위의 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 미생물과 유기화합물의 변화를 최소화하기 위하여 분석 전 까지 -20°C에 보관하였다.

토양 온도 및 공기조성 분석 토양온도는 토층 15cm 깊이, 대기온도는 지표 1.5m의 높이에 온도계를 설치하여 측정하였으며, 토양공기 조성 중 O₂와 CO₂농도는 2일 간격으로 비닐과 토양 사이의 공기를 포집하여 CheckMate II (PBI-dansensor Inc., DK)로 분석하였다.

평판법에 의한 토양 미생물 검정 토양 미생물 밀도는 호기성 세균, 혐기성 세균, 방선균, 사상균 및 효모 등으로 나누어 분석하였다. 호기성 세균은 YG배지에, 혐기성 세균은 beef extract 한천배지를 이용하여 혐기용기에서 15~30일간 30°C의 항온 조건에서 배양하였다. 방선균은 starch-casein한천배지를 이용하였고 사상균은 rose bengal에 효모는 PDA배지에서 배양 계수하였다(Yang and Kim, 1992).

16S rDNA 염기서열분석 각 순수분리체로부터 DNA extraction kit(Toyobo, Japan)로 분리균주의

DNA를 추출한 후 universal primer인 fD1(5'-AGAGTTTGTATCCTGGCTCAG-3')과 rP2(5'-ACGGCTACCTTGTTACGACTT-3')를 이용하여 16S rDNA gene을 PCR을 통해 증폭하였다. 이렇게 얻어진 PCR 산물은 510R sequencing primer(5'-TATTACCGCGGCTGCTGGCA-3')와 DNA sequencing kit(BigDye terminator Cycle Sequencing Ready Reactions v3.1 ; Applied Biosystem)를 사용하여 반응시킨 후, 3100 Genetic Analyser(Applied Biosystems)로 약 400-500 염기 서열을 분석하였다. 염기서열은 EzTaxon.org Server (<http://210.218.222.43>) 프로그램의 유사도 분석을 통해 속(genus)까지 동정하였다.

토양 미생물의 균집구조 분석 원심분리용 강화 유리 시험관에 2 mm 체를 통과한 음건한 토양 약 5 g 을 충전 한 후 CMBP 33.25 ml을 투입 2시간동안 약 120 rpm으로 진탕한 상등액을 분액 깔대기에 옮겼다. 추출액이 담겨진 분액깔대기에 chloroform 5.38 ml 과 Phosphate buffer 5.24 ml를 넣어 혼합 후 약 18시간동안 상온에서 지방층을 분리하였다. 18시간 후 바닥층을 새로운 일반 유리 시험관에 옮긴 후 흡 후드에 미리 준비한 37°C의 water bath에 시험관의 용매 부분이 잠기도록 넣고, 질소가스를 각 시험관에 주입하여 유기용매를 제거하였다. 완전히 건조된 시험관에 1.5~2.0 ml의 chloroform을 넣어 지질을 용해한 후 silicic acid column chromatography를 이용하여 지질(neutral lipids, glycolipids, polar lipids)중 neutral lipids는 chloroform을, glycolipids는 acetone을 이용하여 제거한 후 본 실험에서 얻고자 하는 polar lipids은 methanol을 이용하여 수집하였다. 얻어진 polar lipids은 유기용매를 제거한 후 toluene-methanol organic solvent와 methanolic KOH와 hexane-chloroform organic 용매를 이용하여 중성화 한 후 얻어진 fatty

Table 1. Physico-chemical properties of used soil.

pH	OM	EC	NO ₃ -N	Av.P ₂ O ₅	Ex.cation			Soil texture
					K	Ca	Mg	
1:5	g kg ⁻¹	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol kg ⁻¹ -----			
6.83	23.8	3.53	225.9	683	0.34	4.16	1.25	L

Table 2. Chemical properties of rice bran and wheat bran.

	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	T-C	C/N
	----- g kg ⁻¹ -----					----- % -----	
Rice bran	24.3	18.7	18.6	7.7	0.7	50.8	20.9
Wheat bran	21.8	6.5	10.9	3.7	0.6	52.7	24.2

acid methylester를 GC를 이용하여 분석하였다 (Morten and Baath, 1998). 분석을 통하여 얻어진 지방산 농도는 주성분 분석을 통하여 군집구조 분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

처리 기간동안 시설 내부 및 토양온도를 조사한 결과 Fig.1과 같이 하우스 대기온도는 최고 68°C 내외였으며, 주·야간 평균 온도는 각각 50°C, 27°C 내외였다. 토심 15cm 깊이의 온도는 밀기울과 쌀겨 처리 간 차이를 보이지 않았으며, 주·야간 평균 온도는 각각 42.5°C와 35°C 내외였다. 이는 여름철 비닐을 멀칭 한 토양온도가 5cm 깊이에서는 약 55°C 내외였지만, 15-25cm 깊이에서는 최고 45°C 정도였다는 보고와 비교하여 볼 때 밀기울과 쌀겨는 토양온도 상승에 큰 영

향을 미치지 않은 것으로 판단되었다(Ki and Kim, 1985; Park, 1984).

발효 처리과정중 토양 공기조성은 Fig. 2와 같이 처리 2일째부터 O₂농도는 급속하게 감소하여 약 0.01% 내외로 유지된 반면, CO₂농도는 처리 4일째 최고농도에 도달한 후 약 25%수준을 유지하였다. 이는 처리 초기 과량의 유기물과 수분 공급이 미생물의 급속한 증식을 유도하여 나타난 결과로 해석되며, 이후 안정된 CO₂농도는 토양의 혐기상태를 유지시켜 미생물의 증식이 제한된 결과로 판단된다.

각 처리별 토양미생물상은 Table 3과 같다. 처리 20일 후, 무 처리한 토양의 호기성 세균 밀도는 2.43×10^7 CFU g⁻¹, 쌀겨와 밀기울을 처리한 토양은 각각 $1.37, 1.23 \times 10^7$ CFU g⁻¹로 무 처리구의 절반수준이었다. 혐기성 세균은 무 처리구와 밀기울 처리가 비슷한 수준이었으며, 쌀겨를 처리한 토양은 89×10^5 CFU g⁻¹로 밀도가 매우 높았다. 방선균의 밀도는 처리 간 큰 차이 없이 $4 \sim 6 \times 10^5$ CFU g⁻¹수준이었다. 사상균의 밀도는 쌀겨를 처리한 토양에서 480×10^3 CFU g⁻¹정도의 높은 밀도를 나타냈으나, 밀기울을 처리한 토양에서는 사상균의 증식을 확인할 수 없었다. 반면 효모는 밀기울을 처리한 토양에서만 증식되었다. 결과적으로 토양미생물은 통기성 보다는 유기물 종류가 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. Kim et al.(2007)은 밀기울을 처리한 토양에서 항진균 효과가 높은 초산, 낙산 등과 같은 발효산물이 25 mM이상 생성된 반면, 쌀겨를 처리한 토양은 8 mM이하로

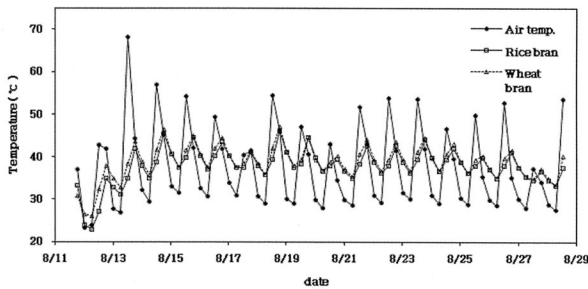


Fig. 1. Change of air and soil temperature as affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran(soil temperature measured at 15cm depth).

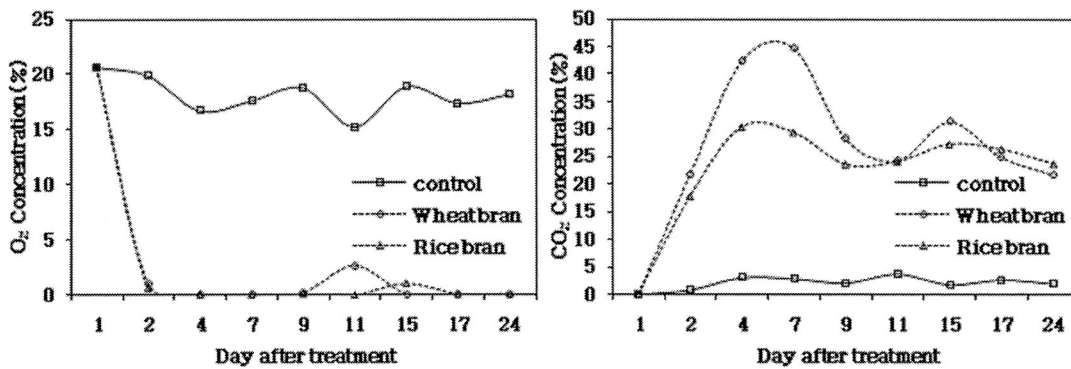


Fig. 2. Concentration of Oxygen(Left) and carbon dioxides(Right) affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran in the soil.

Table 3. Soil microbial population affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran in the soil.

Treatment	Aerobic Bacteria $\times 10^5$ CFU g ⁻¹	Anaerobic bacteria $\times 10^7$ CFU g ⁻¹	Actinomycetes $\times 10^5$ CFU g ⁻¹	Fungi $\times 10^3$ CFU g ⁻¹	Yeast $\times 10^4$ CFU g ⁻¹
Control	2.43 a [†]	2.7 b	5.87 a	33.3 b	0.0 b
Rice bran	1.37 b	89.0 a	6.00 a	480.0 a	0.0 b
Wheat bran	1.23 b	2.0 b	4.47 a	0.00 b	12.6 a

[†] Column values followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05 according to DMRT.

매우 낮았다고 보고한바 있다.

각 처리별 순수 분리된 세균을 16S를 통하여 동정한 결과 Table 4와 같이 18속이 존재하였으며, 그 중 *Bacillus*속이 우점 하였다. *Bacillus*속은 쌀겨를 처리한 토양에서 조사된 속 중 78%로 가장 많은 비중을 차지하였으나, 무처리와 밀기울을 처리한 토양은 각각 63%와 44%로 분포비율이 상대적으로 낮았다. 반면, 동정된 속 종류는 쌀겨를 처리한 토양이 가장 낮은 4개 속으로, 무처리구(11속)와 밀기울처리구(9속)와 비교할 때 매우 단순하였다. 동정된 균 중 *Bacillus*속과 *Paenibacillus*속은 모든 처리구에서 공통적으로 분리된 반면 그 외 다른 속들은 처리 간 큰 차이를 보였다.

토양 미생물의 생태적 변이를 구명하는 방법은 매우 다양하다. 그 일련의 방법들 중에는 ATP 함량을 측정하는 기술과 미생물체량 그리고 탄소원을 달리한 biolog 등이 이용되어 왔으나, 자연 상태의 미생물은 실험실 환경에서 배양 가능한 종의 1% 미만으로 알려져 있어 보다 실제적인 미생물상의 변이를 추정하는데 한계를 가지고 있다(Amann et al, 1995).

인지질 지방산은 모든 생물체의 필수 구성물이며 구조적 다양성과 생물학적 특이성을 가지고 있다. 또한 미생물이 사멸하면 가장 먼저 분해되는 성분이며, 저장된 물질에서는 발견되지 않을 뿐 아니라 생물체량에 일정한 비율로 존재하기 때문에 biomarker로 유용하게 이용되고 있다(Zelles, 1999). 따라서 미생물을 배양 하지 않고 토양에서 직접 인지질 지방산을 추출하여 그 패턴을 분석함으로써 미생물상의 변화를 파악할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 처리에 따른 미

생물상의 변이를 탐색하기 위하여 분석된 인지질 지방산을 이용하여 미생물의 군집구조를 분석하였다.

인지질 분석을 통하여 얻어진 지방산 중 진균의 마커로 사용될 수 있는 지방산은 18:2 ω 6.9(Federle 1986; Frostegard and Baath, 1996), 세균의 경우 15:0ANTEISO, 15:0 ISO, 16:0ISO, 16:1 ω 5c, 17:0methyl10, 17:0ANTEISO, 17:0CYCLO, 17:0ISO 및 18:1 ω 7c 등이다(Bossio and Scow, 1999; Morten and Baath, 1998). 따라서 이들의 농도 값의 합을 이용하여 Fig. 3과 같이 F/B율을 비교하였다. 무 처리구의 18:2 ω 6.9은 GC상에서 거의 검출되지 않아 F/B율이 0에 가까웠다. 쌀겨를 처리한 토양의 F/B율 변화는 0.25% 내외에서 큰 변화 없었으나 처리 20일 경

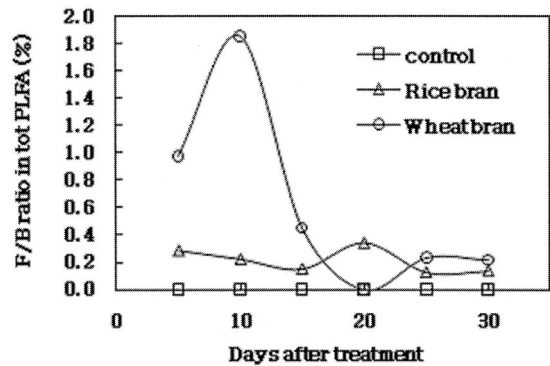


Fig. 3. F/B ratio of total PLFA of 15 cm soil layer as affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran in the soil (Fungi MARK : 18:2 ω 6,9; Bacteria MARK : 15:0ANTEISO, 15:0ISO, 16:0ISO, 16:1 ω 5c, 17:0methyl10, 17:0ANTEISO, 17:0CYCLO, 17:0ISO, 18:1 ω 7c).

Table 4. The number of aerobic bacteria identified by MIDI system as affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran in the soil.

Genus	Control	Rice bran	Wheat bran	Sum
<i>Bacillus</i>	20	28	15	63
<i>Paenibacillus</i>	2	5	8	15
<i>Brevibacillus</i>		2	3	5
<i>Micromonospora</i>			2	2
<i>Nocardioides</i>	2			2
<i>Streptomyces</i>	1			2
<i>Agromyces</i>	1		1	1
<i>Microbacterium</i>	1			1
<i>Arthrobacter</i>	1			1
<i>Caulobacter</i>	1			1
<i>Ammoniphilus</i>			1	1
<i>Virgibacillus</i>			2	2
<i>Actinomadura</i>		1		1
<i>Lysobacter</i>	1			1
<i>Gracilibacillus</i>	1			1
<i>Thermoactinomyces</i>	1			1
<i>Streptosporangium</i>			1	1
<i>Microbispora</i>			1	1
Sum	32	36	34	102

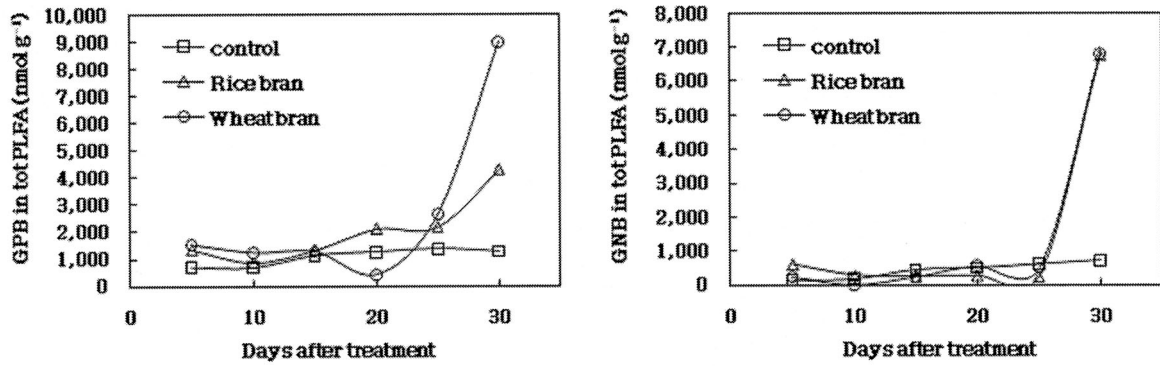


Fig. 4. Gram-positive bacteria(Left) and Gram-negative bacteria(Right) in total PLFA of 15 cm soil layer as affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran(Gram-positive bacteria : 15:0ANTEISO, 15:0ISO, 16:0ISO, 17:0methyl10, 17:0ANTEISO, 17:0ISO, Gram-negative bacteria :16:1 5c, 17:0CYCLO, 18:1 7c).

약간 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. 그러나 밀기울을 처리한 토양의 F/B율은 처리 10일 급격히 증가한 후 감소하여 무처리와 쌀겨를 처리한 토양과 매우 다른 양상을 보였다. 이와 같은 F/B율의 변화는 밀기울에 포함된 전분이 당화되어 생성된 포도당을 진균이 이용함으로써 밀도가 증가한 것으로 판단된다.

처리별 그람 양성균과 음성균의 총량적 변화는 Fig. 4와 같다. 그람 양성균의 인지질 지방산구조는 주로 15:0ANTEISO, 15:0ISO, 16:0ISO, 17:0methyl10, 17:0ANTEISO 및 17:0ISO이며, 그람 음성균은 16:1ω5c, 17:0CYCLO, 18:1ω7c로 대별된다(Bossio and Scow, 1999; Morten and Baath, 1998). 무처리 토양의 그람 양성균과 음성균 밀도는 전 기간 동안 밀도의 변화를 나타내지 않았다. 밀기울과 쌀겨를 처리한 토양 역시 처리기간 동안 큰 변화를 나타내지 않았으나, 처리가 끝난 20일 이후 크게 증가하는 경향을 보였다. 그람 양성균의 경우 처리 후 증가폭이 밀기울처리구가 크게 높았으나, 그람 음성균은 밀기울과 쌀겨 처리토양이 거의 같은 패턴을 나타냈다. 따라서 처리기간 동안 세균에 미치는 밀기울과 쌀겨의 처리효과는 미미했으며, 비슷한 것으로 판단된다.

총 PLFA함량을 이용하여 처리별 biomass-C함량의

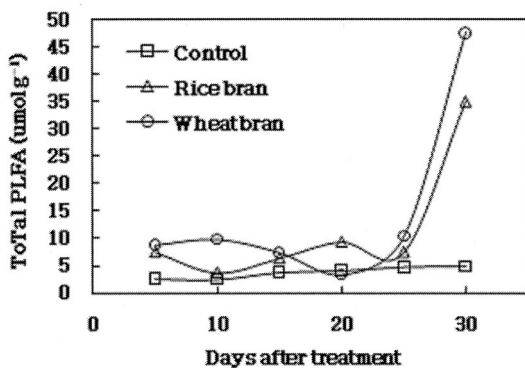


Fig. 5. Biomass-C of 15 cm soil layer as affected by anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran in the soil.

변화를 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 무 처리구는 전 기간동안 일정하였으나, 쌀겨와 밀기울을 처리한 토양은 처리가 종료된 20일 이후 급속하게 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5). 혐기조건에서의 유기물은 호기 조건보다 더 많은 기질을 생산하지만, 토양 pH가 낮아지고, 약산의 항진균 효과로 인하여 미생물 생장은 억제된다(Lynch, 1977). 따라서 처리기간 중에는 미생물체 량의 변화가 미미하였지만, 처리 후 호기조건으로 전환됨에 따라 미생물 생육에 유리한 통기조건이 조성되었고, 영양원이 충분히 공급됨으로서 미생물체 량의 급속한 증대가 이루어진 것으로 판단된다.

처리 별 경과 기간에 따른 인지질 지방산의 주성분 분석 결과는 Fig. 6과 같다. 총 41개 주성분 분산 중 첫 번째와 두 번째 주성분 분산(PC1, PC2)의 설명력이 각각 65%와 13%로 전체 주성분 분산에 대해 약 78%의 설명력을 나타냈으며, 나머지 주성분들은 설명력이 낮았다. 각 처리별 초기 군집구조는 비슷하였다. 그러나 처리 15일 후 각 처리별 군집구조는 뚜렷한 차이를 나타냈으며, 처리가 종료된 30일째 토양은 더 큰 차이를 나타냈다. 각 처리별 군집구조의 변화에 주요한 영향을 미친 지방산 종류는 무처리 20:1ω9c, 10:1 2OH 그리고 20:0 이었으며, 쌀겨는 11 methyl 18:1 ω7c, 15:1 ISO G, 16:0 10 methyl, 16:1 ω5c 그리고 16:1 ω9c이었고, 밀기울은 ISO 17:1 ω9c, 17:1 ANTEISO B, 17:1 ISO I, 15:1 ISO F, 16:1 ω7c alcohol 그리고 16:1 ω11c이었다. 결국 처리 초기에는 미생물상의 변화가 미미하였지만, 처리기간이 지나면서 각각 독특한 미생물상을 형성하는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 처리 후기로 갈수록 군집의 차이가 뚜렷해지는 것은 투입된 유기물의 조성차이로 인한 것으로 판단된다. 특히 밀기울은 단백질 함량이 높고 약 17% 내외의 전분을 포함하고 있어, 처리한 토양에서는 초기 전분의 당화과정과 이후 낙산발효과정이 진행된 것을 판단되고 있다. 반면, 쌀겨를 처리한 토

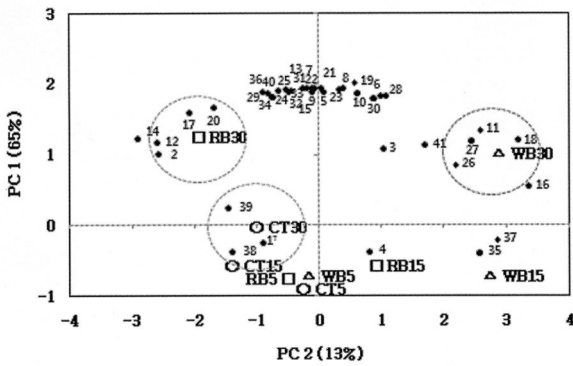


Fig. 6. Principal component analysis of PLFA profiles for anaerobic fermentation of rice bran and wheat bran after treatment 5, 15, and 30days. CT, Control (○); RB, Rice bran (□); and WB, Wheat bran (△).

1^q, 10:0 2OH; 2, 11 methyl 18:1 ω 7c; 3, 11:0 ISO 3OH; 4, 12:0; 5, 14:0; 6, 14:0 ISO; 7, 15:0; 8, 15:0 ANTEISO; 9, 15:0 ISO; 10, 15:0 ISO 2OH; 11, 15:1 ISO F; 12, 15:1 ISO G; 13, 16:0; 14, 16:0 10 methyl; 15, 16:0 ISO; 16, 16:1 ω 11c; 17, 16:1 ω 5c; 18, 16:1 ω 7c alcohol; 19, 16:1 ω 7c; 20, 16:1 ω 9c; 21, 17:0; 22, 17:0 10 methyl; 23, 17:0 ANTEISO; 24, 17:0 CYCLO; 25, 17:0 ISO; 26, 17:1 ANTEISO B; 27, 17:1 ISO I; 28, 17:1 ω 8c; 29, 18:0; 30, 18:0 ANTE; 31, 18:1 ω 7c; 32, 18:1 ω 9c; 33, 18:2 ω 6,9c; 34, 18:3 ω 6c (6,9,12); 35, 19:0 CYCLO ω 10c; 36, 19:0 CYCLO ω 8c; 37, 19:1 ω 6c; 38, 20:0; 39, 20:1 ω 9c; 40, 20:4 ω 6,9,12,15c; 41, ISO 17:1 ω 9c.

양은 전분 보다는 지방에 영향을 받아 초산과 낙산의 생성량이 차이가 있었고, 이에 관여하는 미생물의 차이가 군집구조의 차이를 나타낸 것으로 판단할 수 있다(Kim et al, 2007).

결과적으로, 밀기울 혹은 쌀겨를 이용한 토양 혐기발효 처리는 토양 미생물상 변화에 큰 영향을 미치며, 각각의 처리는 서로 구분되는 미생물상을 보여주고 있다. 또한, 이러한 결과가 토양 병원성 미생물의 활성 및 토양 건전성에 어떠한 영향을 줄 것인지에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

적 요

본 연구는 밀기울과 쌀겨를 이용한 토양 혐기발효 처리가 토양 미생물상 변화에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 희석 평판법을 이용하여 토양 미생물상을 분석한 결과 쌀겨를 처리한 토양은 사상균이 크게 증가한 반면, 효모의 생장은 확인할 수 없었다. 반면 밀기울을 처리한 토양은 사상균의 생장이 크게 억제되었으며, 효모는 높은 밀도를 보였다. 인지질 지방산을 이용하여 토양 미생물상을 분석한 결과, 처리가 진행되는 20일 까지는 밀기울과 쌀겨를 처리구 모두 그람 음성균과 양성균의 변동이 미미하였으나, 처리가 종료되어 비닐을 제거한 이후에는 크게 상승하는 경향을 보였다. 각 처리별 미생물 군집구조를 분석한 결과, 밀기울과 쌀겨 처리는 미생물상에 큰 변화를 보였으며, 각각의 군집구조는 크게 달랐다.

인 용 문 헌

- Amann R., W. Ludwig, and K.H. Schleifer. 1995. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiology Rev.* 59:143-149.
- Bossio, D. A. and K. M. Scow. 1998. Impacts of Carbon and Flooding on Soil Microbial Communities: phospholipid fatty acid Profiles and Substrate Utilization Patterns. *Microb Ecol.* 35:265-278.
- Federle TW. 1986. Microbial distribution in soil - new techniques. In Megusar F, Ganthar M (eds) *Perspectives in microbial ecology.* Slovene Society for Microbiology, Ljubljana, pp 493-498.
- Frostegard A, Baath E. 1996. The use of phospholipid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soils. *Biol. Fertil. Soils.* 22:59-65.
- Jun, H.S., W.C. Park, and J.S. Jung. 2002. Effects of soil addition and subsoil plowing on the change of soil chemical properties and the reduction of root-knot nematode in continuous cropping field of oriental melon. *Korean J. of Environmental Agriculture.* 21:1-6.
- Ki, K.U., and K.C. Kim. 1985. Possibility of soil solarization in Korea. *Korean J. Plant Prot.* 24:107-114.
- Kim, H.L., B.K. Sohn, K.H. Jung, and Y.K. Kang. 2006. The Effect of Anaerobic Fermentation Treatment of Rice or Wheat bran on the Physical and Chemical property of Plastic Film House Soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 39:366-371.
- Kim, H.L., B.N. Jung, and B.K. Sohn. 2007. Production of weak acid by anaerobic fermentation of soil and its antifungal effect. *J. Microbiol. Biotechnol.* 17:691-694.
- Kim, H.W., Y.W. Kim, and K.S. Kim. 1989. Effects of Water-logging on the Chemical Properties, Microflora and Biomass in Continuous Cropping of Cucumber Soils. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 22:146-155.
- Kim, K.S., Y.W. Kim, J.A. Kim, and H.W. Kim. 1988. Effects of Pesticides on Soil Microflora II. Effects of Herbicides on Microflora and Enzyme Activity in Soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 21:61-71.
- Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and W.P. Park. 2001. Effects of physical improvement practices at plastic film house soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 34:92-97.
- Kwon, J.S., J.S. Suh, H.Y. Weon, and J.S. Shin. 1998. Evaluation of soil microflora in salt accumulated soils of plastic film house. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 31:204-210.
- Lynch, J.H. 1977. Phytotoxicity of acetic acid produced in the anaerobic decomposition of wheat straw. *Journal of applied bacteriology.* 42:81-87.
- Morten, M. and E. Baath. 1998. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. *Fems Microbiology Ecology.* 27:9-20.
- Ok, Y.S., J.E. Yang, K.Y. Yoo, Y.B. Kim, D.Y. Chung, and Y.H. Park. 2005. Screening of adsorbent to reduce salt concentration in the plastic film house soil under continuous vegetable cultivation. *Korean J. of Agr.* 24:253-260.
- Park, C.S. 1984. Effects of soil solarization for control of cucumber

- wilt. Korean J. Plant Prot. 23:22-27.
- Uhm, M.J., S.G. Han, K.C. Kim, Y.H Moon, and J.S. Choi. 2001. Properties of plastic film house soils and physiological disorder of eggplant. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 34:192-198.
- Yang, J.S. and J.S. Kim. 2002. Soil microbiology experimentation. Worldscience. pp. 1-38.
- Zelles, L. 1999. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil. Bio Fertil Soils. 29:111-129.