한국토양비료학회지 제 39권 6호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 39, No. 6, 366-371 (2006)

연구보문

쌀겨와 밀기울의 토양 혐기발효 처리가 시설 재배지 토양의 물리 화학성에 미치는 영향

김홍림* · 손보균[1] · 정강호[2] · 강용구

농촌진흥청 원예연구소, [1]순천대학교 생명환경과학부, [2]농업과학기술원

The Effect of Anaerobic Fermentation Treatment of Rice or Wheat bran on the Physical and Chemical Property of Plastic Film House Soil

Hong-Lim Kim*, Bo-Kyun Sohn[1], Kang-Ho Jung[2] and Yong-Ku Kang

Horicultural Soil Management Team, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea
[1]Division applied life and Environmental Sciences, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea
[2]Soil Management Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-857, Korea

This study was done to assess the physical and chemical properties after anaerobic fermentation treatment which use rice bran or wheat bran in plastic film house soil. The results which investigates the change of soil physical property after treatment 150 days showed a dramatic difference. The physical properties of control soil were the bulk density 1.46 Mg m^{-3}, hardness 2.30 Kg cm^{-2}, hydraulic conductivity 4.8 cm hr^{-1}, water stable aggregate(>0.5mm) 6.7%. Of the soil which treatment the rice bran in comparison to control soil, bulk density and hardness was diminished 12% and 58%, respectively. hydraulic conductivity and water stable aggregate(>0.5mm) were increased 4.5 and 5.2 fold, respectively. And, in the soil which treatment the wheat bran, bulk density and hardness was diminished 14% and 67%, respectively. Hydraulic conductivity and water stable aggregate(>0.5mm) were increased 6.3 and 6.5 fold, respectively. NO_3-N contents of the soil which treated the rice bran or wheat bran after treatment 20 days were diminished 98% in comparison to control soil. The decrease of NO_3-N contents in the soil was investigated with the fact that it is caused by increase of the soil-microbial biomass. EC of the soil which treated the rice bran were 1.48 dS m^{-1} which was diminished 58% in comparison to control soil. That of soil which treated the wheat bran was increased 3.65 dS m^{-1} in the early stage because of acetic and butyric acid. But it was reduced as under 2.0dS m^{-1} after treatment 30 days. As the conclusion the anaerobic fermentation treatment with rice or wheat bran was effective to the improvement of soil physical and salt accumulation of the plastic film house soil.

Key words : Plastic film house soil, Physical and chemical property, Anaerobic fermentation, Wheat bran, Rice bran.

서 언

국내 시설 재배지 토양은 연작과 염류집적으로 토양환경이 악화되어 작물의 생산성이 크게 하락 하였다(Jun et al., 2002; Kwon et al., 1998; Lee et al., 1993; Park et al., 2003; Suh et al., 1998; Uhm et al., 2001).

염류집적과 토양 물리성개선 방법은 객토 및 심토반전(Jun et al., 2002), 담수(Jung et al., 1975; Park et al., 1995), 유기물 시용(Kim et al., 2001), 흡착제 사용(Ok et al., 2005), 심토파쇄(Kim et al., 2001) 그리고 지중배관 매설(Kim et al., 2003) 등이 있으나, 농가가 수용하기에는 시간과 비용 그리고 계절적 제약 등의 단점을 가지고 있다.

특히, 담수에 의한 염류제거는 토양 양분이 하우스 외부 또는 심층부로 이동하기 때문에 지하수 또는 하천을 오염시켜 사회적 비용이 증가될 우려가 있다. 또한 염류가 NO_3-N와 같은 비료성분이기 때문에 염류제거는 비료의 손실이라는 관점에서 부적합한 방법이라 볼 수 있다. 따라서 환경보존과 농가실정에 적합한

접 수 : 2006. 9. 25 수 리 : 2006. 11. 27
*연락저자 : Phone: +82312906224,
E-mail: khlloi@rda.go.kr

토양관리기술 개발이 요구된다.

한편 쌀겨와 밀기울은 곡물의 가공과정에서 발생하는 부산물로서 가공물의 약 15-20%가 발생되며 주로 버섯재배 원료와 가축사료 및 퇴비제조 시 미생물 활성을 유도하기 위한 첨가물로 사용되어 왔다. 특히 쌀겨는 질산태질소와 같이 EC와 상관관계가 높은 음이온의 흡착력이 뛰어나(Ok et al., 2005) 양분의 손실 없이 EC를 경감 할 수 있을 것으로 판단되며, 토양 미생물 활성을 유도하여 토양 물리성을 개선 할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

따라서 본 연구는 환경보존과 농가실정을 고려한 시설 연작 재배지 토양의 물리 화학성 개선에 곡물 부산물인 쌀겨와 밀기울의 활용 가능성을 조사 분석하였다.

재료 및 방법

처리방법 본 연구는 한 포장에서 10년 이상 과채류와 엽채류를 재배하여 연작피해가 발생되었던 시설하우스에서 실시하였다. 실험에 사용된 밀기울과 쌀겨는 발효 또는 부패되지 않은 신선한 것을 사용했으며, 각각 10a 기준 2톤을 토양과 고르게 혼합한 후 30 cm 깊이까지 충분히 적실 수 있는 양의 물을 공급하였다. 충분한 수분을 공급한 후 비닐을 이용하여 처리포장 전체가 덮이도록 멀칭한 다음 외부 공기가 유입되지 않도록 흙이나 물이 채워진 비닐튜브를 이용하여 멀칭 가장자리에 올려 놓아 완전히 밀폐시켰다. 시험처리 2006년 4월 10일 시작하여 4월 30일 까지 실시하였으며, 처리 150일 후 토양 물리성을 조사하였다.

토양 물리성 분석 토양의 용적밀도는 2인치 코어를 이용하였다. 토양경도는 토양 경도계(DIK-5552)로 토양 입단은 비교란 시료를 채취하여 항온식 토양 입단 분석기(DIK-2011)를 이용하여 0.5 mm 이상의 직경을 가진 입단을 자료에 사용하였다. 토양의 포화 수리전도도는 현장에서 깊이 30 cm, 직경 10 cm의 오거홀(Auger hole)을 조성하여 변수위법으로 측정하였다.

토양시료 채취 및 화학성분석 토양 화학성을 분석하기 위한 토양 시료 채취는 토층 15 cm 간격으로 45 cm까지 3지점으로 나누어 채취하였다. 채취한 토양의 미생물과 유기화합물의 변화를 최소화하기 위하여 저온상태로 운반 하였으며, 분석 시 까지 4℃에서 보관하였다.

발효산물은 125 ml의 삼각 플라스크에 토양과 멸균수를 각각 1:5의 비율로 첨가하여 30분간 진탕한 후 0.45 ㎛ 실링여과기에 여과하였다. 여과된 용액은 추가적인 대사진행을 억제하기 위하여 121℃에서 15분간 멸균한 후 분석 시까지 -24℃에 보관하였다. 추출액은 Agilent HP1100(refractive index, Hewlett Packard)를 이용하여 aminex HP-87H column (Bio-Rad, Hercules, CA)에 0.01M H_2SO_4용매를 0.6ml min^{-1} 조건에서 분석하였다.

토양의 pH, 유기물함량, Av.P_2O_5 및 NO_3-N, K, Na, Ca, Mg 등의 다량원소등은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였으며, pH는 초자전극법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, NO_3-N은 KCl로 침출시킨 다음 Kjeldah법으로 분석하였다. 양이온은 ICP를 이용하여 분석하였다(NIAST, 2000).

결과 및 고찰

토양 물리성 본 연구가 수행된 농경지는 미사질양토(sand 33%, clay 13%, silt 54%)로 10년 이상 토마토와 상추를 년 3~4회 연작 재배한 결과 토양 물리성 퇴화의 우려가 있는 경작지였다. 실제로 Table 2와 같이 무 처리구의 용적밀도는 1.46 Mg m^{-3} 로 높게 나타났다. 용적밀도는 토양의 물리적 특성을 단적으로 나타내는 지표로서 용적밀도가 높다는 것은 통기성과 배수성이 불량하고 토양압밀에 의해 토양경도가 높아졌음을 의미한다. 무 처리구의 토양경도는 2.30 kg cm^{-3} 으로 국내 우수토양관리 농가로 선정된 토양의 경도는 평균 1.3 kg cm^{-3} 내외, 그렇지 않은 인근농가의 토양 경도는 1.93 kg cm^{-3} 에 비하여 매우 높은 수준이었다(Hyun et al., 2001). 쌀겨와 밀기울 처리구의 용적밀도는 각각 1.25, 1.29 Mg m^{-3} 로 낮아졌다.

파이프 암거배수 시설을 설치하여 3.4 kg cm^{-3} 이었던 토양 경도를 0.8 kg cm^{-3} 로 개선했다는 보고를 비교할 때 본 처리에 따른 경도개선 효과 역시 작지 않음을 알 수 있다 (Kim et al., 2003).

토양의 내수성 입단율을 비교한 결과 쌀겨와 밀기

Table 1. Chemical properties of rice bran and wheat bran.

	T-N	P_2O_5	K_2O	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

Table. 2. Soil physical properties affected by anaerobic fermentation of rice and wheat bran in the soil.

	Bulk density	Hardness	Hydraulic conductivity	Water stable aggregate(>0.5mm
	Mg m^{-3}	kg cm^{-3}	cm hr^{-1}	%
Control	1.46 az	2.30 a	4.80 c	6.70 c
Rice bran	1.29 b	0.97 b	21.6 b	35.1 b
Wheat bran	1.25 b	0.76 b	30.0 a	43.8 a

†The values followed by the same letter are not significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

울의 처리효과가 보다 분명하게 나타났다. 쌀겨와 밀기울을 처리한 토양의 0.5 mm 이상의 입단은 무 처리구 6.7%와 비교하여 크게 개선된 각각 35.1과 43.8%이었다. 또한 Fig. 1과 같이 무 처리구의 입단은 주로 0.5 mm 이하의 입단이 많았던 반면 처리구 토양은 0.5 mm이상 입단이 많았다. 특히 1 mm 이하의 입단율은 처리구간 차이를 보이지 않았으나, 입단 크기가 1 mm 이상에서는 밀기울을 처리한 토양의 입단율이 높아지는 경향을 보였다. 내수성 입단이 많아지면 토양의 구조공극이 증가하여 같은 입도분포에서 배수성과 통기성이 좋아진다. 내수성 입단의 발달은 유기물과 점토에 따라 달라지며 이는 유기물과 점토가 토양입자간의 결합제로서의 역할을 하기 때문으로 유기화합물에 의한 화학적 결합이나 작물의 뿌리와 사상균의 균사에 의한 입자의 물리적 결합 결과이다 (Angers, 1998; egens, 1997). 따라서 입단의 증가는 공극의 양과 공극크기 분포에 큰 영향을 미치며 이에 따라 토양수분 특성, 토양경도, 수리전도도 등이 달라진다.

포화 수리전도도는 토양에서 물의 이동을 비교하기 위한 대표적인 지표이며 물과 공기가 같은 공극구조를 통해 이동하기 때문에 포화 수리전도도가 큰 경우 통기성 역시 크다. 무 처리구의 포화 수리전도도는 4.8 cm hr^{-1} 로 투수등급으로 볼 때 보통에 해당하였으나(ASI, 1992) 쌀겨 처리의 경우 21.6 cm hr^{-1} 로 빠름, 밀기울 처리의 경우 30.0 cm hr^{-1} 로 매우 빠름

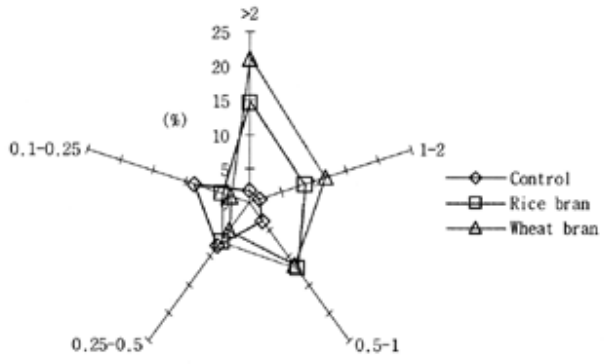

Fig. 1. The distribution in water stable aggregates as affected by anaerobic fermentation of rice and wheat bran.

에 해당하였다. 이러한 결과는 쌀겨와 밀기울을 처리한 경우 공극률이 크게 증가하고 내수성 입단 형성이 촉진되어 대공극인 구조공극이 무처리에 비해 증가하였기 때문이라고 판단된다. 따라서 쌀겨 및 밀기울 처리에 의해서 배수성이 좋아진 것을 포화 수리전도도를 통해 명확하게 입증할 수 있었다.

개선된 토양 물리적 특성은 처리된 밀기울과 쌀겨의 분해과정에서 생성되는 다양한 유기 화합물과 증식된 미생물의 작용으로 입단 안정성이 증가되고 이로 인하여 수리 전도도를 포함한 물리성의 개선이 이루어진 것으로 판단된다. 특히 밀기울은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 그리고 리그닌 등이 많아 분해가 어렵고 매우 강한 결합능력을 가지고 있는 것으로 보고되고 있어 이러한 특징이 쌀겨와 비교되는 물리적 특성을 보여주는 것으로 판단되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요하리라 본다(Posner, 1981). 또한 본 조사는 처리 150일 후 최종 수확기를 전후로 조사한 것으로 처리효과의 지속성 역시 기대할만 한 것으로 판단된다.

토양 화학성 처리 20일 후 층위별 토양 화학성은 Table 3과 같다. 토층 15 cm의 대부분의 화학성 변화는 쌀겨와 밀기울 처리가 비슷한 경향을 보였으나, pH와 EC농도는 반대의 경향을 나타냈다. 무 처리구의 pH는 6.83이었으나 쌀겨를 처리한 토양의 pH는 7.38로 증가한 반면 밀기울을 처리한 토양은 6.55로 감소하였다. 또한 EC농도는 무처리구가 3.53 dS m^{-1} 이었으나 쌀겨 처리구는 58% 가 감소한 1.48 dS m^{-1} 이었다. 그러나 밀기울을 처리한 토양은 무 처리구와 차이를 나타내지 않았으며 상대적으로 EC가 낮았던 15-30 cm 토층에서는 무처리구 2.20 dS m^{-1} 와 비교하여 약 60% 가 증가한 3.49 dS m^{-1} 이었다. EC와 가장 높은 상관성을 가지는 질산태 질소 함량은 쌀겨와 밀기울 처리 모두 무 처리구와 비교하여 약 95% 이상 감소하였으며 각각 4.95, 5.42 mg kg^{-1} 이었고 심토에서도 같은 경향이었다.

국내 토양의 pH는 치환성 알루미늄과 치환성 양이온의 양에 따라 결정되며 특히, 양분함량이 낮은 노지

Table 3. Chemical properties affected by anaerobic fermentation of rice and wheat bran at different soil depth after treatment 20 days.

Depth	Treatment †	pH	OM	EC	NO_3-N	Av.P_2O_5	Ex.cation			Ace ‡	Buty §
							K	Ca	Mg		
(cm)		(1:5)	g kg^{-1}	dS m^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	--------- cmol kg^{-1} ---------			----- mM -----	
0-15	Control	6.83	23.8	3.53	225.9	683	0.34	4.16	1.25	0.00	0.00
	R.B	7.38	46.8	1.48	4.95	647	0.21	3.37	1.56	8.03	3.18
	W.Bn	6.55	49.0	3.60	5.42	443	0.27	4.50	1.20	31.2	25.0
15-30	Control	6.99	17.8	2.20	104.8	500	0.25	3.76	1.10	0.00	0.00
	R.B	7.58	40.8	1.33	6.63	626	0.89	3.24	1.50	2.42	0.83
	W.B	6.34	38.9	3.49	5.85	436	0.60	4.36	1.11	28.2	24.4
30-45	Control	7.05	14.1	1.82	55.8	259	0.19	3.28	0.89	0.00	0.00
	R.B	7.14	13.0	1.53	5.54	294	0.79	3.13	1.10	0.48	0.18
	W.B	7.28	12.6	0.86	6.62	220	0.60	2.25	0.67	2.57	3.21

† Control : Non-treatment, R.B : Rice bran, W.B : Wheat bran

‡ Ace : Acetic acid,

§ Buty: Butyric acid

토양은 EC농도와 정의 상관관계를 보이지만 양분 축적이 높은 시설재배지 토양은 Al 완충력이 상실되어 EC농도와 부의 상관관계를 나타낸다고 보고하였다 (Kim, 2004; Kim et al., 2005). 또한 토양의 질산화 작용에 의하여 1 mole의 암모니아태 질소가 질산태 질소로 변화될 때 2 mole의 수소이온이 생성되기 때문에 질산태 질소와 pH는 부의 상관관계를 갖는다 (Jun and Yoo, 1994). 따라서 쌀겨를 처리한 토양에서 pH가 증가된 요인은 Table 3과 4와 같이 pH변화에 크게 영향을 주는 약산의 생산량 낮고 질산태 질소와 EC와 같은 양분함량이 크게 감소했기 때문으로 판단된다. 그러나 밀기울을 처리한 토양의 pH가 감소하고 질산태 질소의 감소정도와 비교하여 매우 높은 EC농도를 보이는 것은 Table 4와 같이 pH와 EC등과 매우 높은 상관관계를 나타내는 초산과 낙산의 생성량이 Table 3과 같이 쌀겨를 처리한 토양과 비교하여 매우 높은 수준이었기 때문으로 판단된다.

특히, 밀기울 처리구의 pH가 감소한 것은 초산과 낙산의 pKa가 토양 pH보다 낮기 때문에 이온화율이 높아져 이때 방출된 수소이온에 의해 양분함량의 감소에도 불구하고 pH가 하락한 것으로 판단된다. 이러한 약산의 영향은 Fig. 2과 같이 처리 30일 후 EC가 쌀겨를 처리한 토양과 비슷한 수준으로 감소되는 경향을 보여 밀기울을 처리한 토양의 약산에 대한 영향을 배제하면 쌀겨를 처리한 토양과 함께 집적된 염류

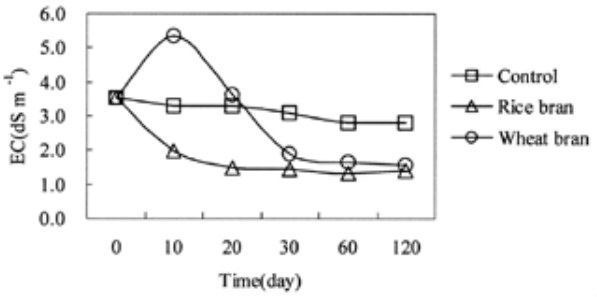

Fig. 2. The changes in EC affected by anaerobic fermentation of rice and wheat bran in the surface soil.

Table 4. Correlation coefficients among soil chemical properties.

	OM	EC	NH_4-N	NO_3-N	Av.P_2O_5	K	Ca	Mg	Acetic acid	Butyric acid
pH	-0.18	-0.89**	-0.52	-0.17	0.10	0.29	-0.78*	0.22	-0.92**	-0.94**
OM		0.38	0.82**	-0.31	0.61	-0.08	0.55	0.74*	0.56	0.51
EC			0.48	0.42	0.32	-0.33	0.94**	0.14	0.97**	0.96**
NH_4-N				-0.48	0.13	-0.14	0.54	0.27	0.93**	0.90**
NO_3-N					0.42	-0.37	0.32	0.01	-0.29	-0.24
Av.P_2O_5						-0.12	0.47	0.87**	0.04	-0.02
K							-0.34	0.03	-0.48	-0.43
Ca								0.38	0.88**	0.86**
Mg									0.04	0.10
Acetic acid										0.99**

* : Significant at P≤0.05, ** : Significant at P≤0.01

성분의 완화에 효과적인 것으로 판단된다.

따라서 쌀겨와 밀기울을 처리에 의한 염류의 제거 효과는 200 mm 의 관수를 통한 질산태 질소 제거율이 40% 내외 이었고, 토심 50 cm 깊이의 암거배수 시설에 따른 토양 질산태 질소 감소율이 약 73% 였던 Kim and Lim(2003)의 보고를 비교할 때 감소효과가 매우 컸음을 시사해준다. 유효인산과 마그네슘 함량은 쌀겨 처리구에서 다소 증가하는 경향이었으나 밀기울 처리구는 감소하였다. 이는 Table 1과 같이 쌀겨의 인산과 마그네슘 함량이 밀기울과 비교하여 상대적으로 높기 때문으로 판단된다. 치환성 칼리함량은 표토 15 cm 에서는 감소하였으나, 심토로 갈수록 집적량이 증가하는 경향을 보여 물에 용해되어 하층토로 이동한 것으로 판단된다. Ho(1978)의 연구에 따르면 유기물 부식에 의해 생성된 유기산은 토양광물을 분해하고 콜로이드에 흡착된 치환성 양이온 특히 칼슘의 치환침출이 높다고 하였으며, 유기산 생산량이 많았던 밀기울 처리구의 높은 칼슘함량 특성과 일치하는 경향이었다.

또한 쌀겨와 밀기울을 처리한 토양에서 질산태질소가 크게 감소한 결과는 본 실험조건이 토양 환원화로 인하여 질산태 질소의 NH_4^- 또는 NO_2^-와 같은 환원형태로 전환 및 소실시킬 가능성과, 물에 의한 용탈, 그리고 토양 미생물체 량의 증가로 인한 biomass-N으로 축적 등의 가능성을 내포하고 있다(Cho, 2002; Purificacion et al., 2004). 또한 Ok et al.(2005)은 쌀겨를 이용한 토양 질산태 질소의 감소가 음이온의 흡착한 의한 결과라고 보고한바 있다. 따라서 상기의 가능성을 확인하기 위하여 500ml의 삼각 플라스크에 토양 100g과 10a기준 2톤에 해당하는 밀기울, 그리고 40%의 수분을 공급한 후 외부 공기와 미생물이 차단 될 수 있도록 알미늄 호일로 밀봉 하였다. 알미늄 호일로 밀봉된 토양은 즉시 121 에서 15분간 멸균 처리하여 미생물을 사멸한 조건(SSW)과 멸균하지 않은 조건(NSSW)으로 구분하여 일일 간격으로 토양 질산태 질소의 함량 변화를 분석하였다.

멸균 처리한 토양의 질산태 질소 함량은 Fig. 3과 같이 처리 전 200~250mg kg^{-1}이었던 수준을 유지하고 있었으나, 멸균처리하지 않은 토양의 질산태 질소 함량은 처리 후 급속하게 감소하여 처리 4일 이후 약 10mg kg^{-1} 내외에서 감소추세를 멈추었다. 시험토양의 pH는 6.13이었다. 일반적으로 토양 pH가 6~7수준의 토양은 Eh값이 ±120mV조건에서 NO_2^-분압이 증가하며 NH_3^+로의 환원은 거의 발생하지 않는다(Lindsay, 1979). 따라서 본 실험토양의 질소 환원형태는 화학반응 측면에서 NO_2^-의로 전환가능성이 높다고 볼 수 있다. 그러나 멸균처리를 통하여 미생물의 간섭을 배제한 조건에서는 질산태 질소의 변화가 이루어지지 않아 토양 환원화와 밀기울 입자로의 흡착에 따른 질산태 질소의 소실증거를 발견 할 수 없었다. 반면 비 멸균 토양의 질산태 질소는 확연한 감소추세를 보였다. 따라서 밀기울과 쌀겨에 의한 토양 질산태 질소의 감소는 토양 환원화 또는 밀기울과 쌀겨에 흡착 그리고 물에 의한 용탈 보다는 미생물에 의존하고 있음을 확인하였다.

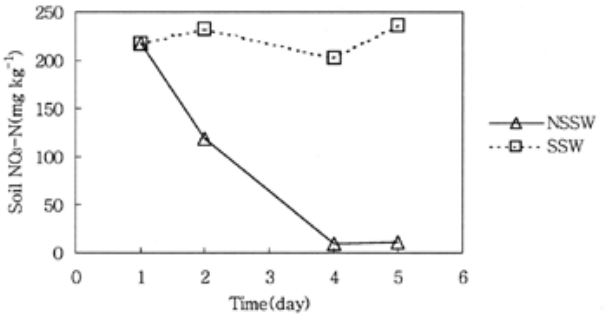

Fig. 3. Soil NO_3-N content in vitro as affected by wheat bran in sterilized condition.

† NSSW : non sterilized soil and wheat bran

‡ SSW : sterilized soil and wheat bran

이상의 결과를 종합하면 쌀겨와 밀기울을 이용한 토양 물리 화학성 개선방법은 짧은 처리기간과 외부로의 양분 방출이 낮아 농가 실현성이 높은 환경 보존형 연작장해 개선방안으로 판단된다. 또한 본 시험처리에 의해 생성된 초산과 낙산은 항균작용을 가진 sorbic acid, benzoic acid 등과 같은 약산이다. 이들 물질의 항생작용은 미생물의 세포액 산도를 낮추어 균의 증식억제 및 사멸을 유도하는 것으로 알려져 있어 연작장해로 인하여 토양 병원성 미생물이 높은 시설재배지에 약산을 이용한 방제는 자연 친화적인 방법으로서 검토할 가치가 있으리라 본다(Krebs et al., 1983; Andrew et al. 2004).

적 요

본 연구는 쌀겨와 밀기울의 토양 혐기발효가 시설 연작지 토양의 물리 화학성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다. 처리 150일후 토양 물리성을 조사한 결과 무 처리구의 물리성은 용적밀도 1.46 Mg m^{-3}, 경도 2.30 Kg cm^{-3}, 수리전도도 4.8 cm hr^{-1} 그리고 입단안정성(0.5 mm<)은 6.70% 이었다. 쌀겨와 밀기울을 처리한 토양은 용적밀도가 각각 12%와 14% 감소되었으며, 경도는 58%와 67%가 낮아졌다. 또한 수리 전도도는 4.5배와 6.3배가 증가하였으며, 0.5 mm 이상의 입단율은 5.2배와 6.5배가 증가하여 물리성이 크게 개선된 것을 확인하였다. 한편 토양 화학성 중

질산태질소 함량은 무 처리구와 비교하여 98%가 감소한 각각 4.59와 5.42 mg kg^{-1}로 크게 감소하였다. 이와같은 질산태 질소의 감소는 토양 미생물체 량의 증가로 인한 것으로 조사되었다. EC는 쌀겨처리구가 1.48 dS m^{-1}로 무처리구와 비교하여 약 58%가 감소하였으나 밀기울 처리구는 처리중 생산된 초산과 낙산으로 인하여 3.65dS m^{-1}로 증가하다 처리 30일 후 2.0 dS m^{-1} 이하로 감소하였다. 결론적으로 쌀겨와 밀기울의 토양 혐기발효 처리는 시설 하우스 토양의 EC농도와 질산태 질소의 농도를 낮추고 토양 물리성을 개선하는데 효과적이었다.

인 용 문 헌

Agricultural Sciences Institute(ASI). 1992. Introduction of Korean Soils, RDA, suwon, Korea.

Angers, D.A. 1998. Water-stable aggregation in Quebec silty-clay soils: some factors controlling its dynamics. Soil Tillage Res. 47:91-96.

Andrew, P., J.A.H. Stephan, J.W. Andrian, C.L. Kenneth, S. Malcolm, and B.A. David. 2004. The weak acid preservative sorbic acid inhibits conidial germination and mycelial growth of aspergillus niger through intracellular acidification. Appl. Environ. Microbiol. 70:3506-3511.

Degens, B.P. 1997. Macroaggregation of soils by biological bonding and binding mechanism and the factors affecting there: a review. Aust. J. Soil Res. 35:431-459.

Hyun, B.K., L.Y. Kim, M.S. Kim, and H.J. Cho. 2001. Case study of good soil management in plastic film-house culture. J. Kor. Soc Soil Sci. Fert. 34:98-104.

Cho, B.H. 2002. Soil Science p.116-125.

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.

Jun, S.G., and S.H. Yoo. 1994. Behavior of NO_3-N and accompanying cations derived from urea under upland condition. J. Korean Soc. Soil Sci Fert. 27:21-26.

Jung, Y.S., and S.H. Yoo. 1975. Effect of Watering on Eluviation of Soluble Salte in Vinyl House Soils. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8:53-60.

Kim, H.L., and J.H. Lim. 2003. The development of soil management technology for the reduction of injury by continuous cropping. NHRI study & research report. p.143-150.

Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and K.H. Han. 2003. Effects of tile drain on physicochemical properties and crop productivity of soils under newly constructed plastic film house soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 36:154-162.

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.

Kim, Y.H., M.S. Kim, and H.K. Kwak. 2005. pH dependence on EC in soils amended with fertilizer and organic materials and in soil of plastic film house. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 38:247-252.

Kim, Y.H., J.H. Yoon, B.G. Jung, Y.S. Zhang, and H.K. Kwak. 2004. pH buffer capacity and lime requirement of Korean acid soils. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 37:378-382.

Krebs, H.A., D. Wiggins, M. Stubbs, A. Sols, and F. Bedoya. 1983. Studies on the mechanism of the anti-fungal action of benzoate. Biochem. J. 214:657-663

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.

Lee, Y.H., K.N. Hwang, and G.S. Rhee. 1993. Studies on chemical properties of soils under the plastic house cultivation of vegetables. J. Kor. Soc Soil Sci. Fert. 26:236-241.

Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soil. p.270. John Wily & Sonas. Inc.

National Institute of Agricultural Science and Technology(NIAST). 2000. Methods of soil and crop plant analysis.

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.

Oh, W.K. 1978. Effects of organic materials on soil chemical properties. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 11:161-174.

Park, D.K., K.J. Kwon, J.H. Lee, Y.H. Choi, and S.G. Lee. 2003. Effects of soil salinities on growth and fruit quality in oriental melon(*Cucumis melo*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:616-619.

Posner, E.S. 1981. Mechanical separation of a dietary fiber fraction from wheat bran. Cereal Foods World, 36:553.

Purificacion, C., R. Dolores, and V. Moreno. 2004. Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. Microbiology. 150:3527-3546.

Suh, J.S., B.G. Jung, and J.S. Kwon. 1998. Soil microbial diversity of plastic film house. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31:197-203

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.