

광역친환경농업단지의 경축순환자원 양분관리

문영훈* · 안병구[†] · 정성수

전라북도농업기술원

Management of Recycled Nutrient Resources using Livestock Waste in Large-Scale Environment-Friendly Agricultural Complex

Young-Hun Moon*, Byung-Koo Ahn[†], and Seong-Soo Cheong

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

This experiment was carried out to investigate soil properties and the requirement of livestock manure compost in a large-scale environment-friendly agricultural complex (EFAC), Gosan, Wanju-gun, Jeonbuk. Total cultivation area of major crops was 2,353 ha. This complex area included different types of environment-friendly cropping sections (402.9ha) and livestock farming including 21,077 Korean beef cattle, 1,099 dairy cow, and 32,993 hog. Amount of livestock waste carried in to Resource Center for Crop and Livestock Farming (RCCLF) was 32 Mg per day and the production of manure compost was 9,600 Mg per year. The manure contained 1.4% total nitrogen (T-N), 2.7% phosphorus as P₂O₅, 2.1% potassium as K₂O, 0.9% magnesium as MgO, 2.5% calcium as CaO. Amount of compost used in the EFAC was 6,588 Mg per year. Soil pH values in the EFAC were varied as follows: 78.1% of paddy field soil, 58.2% of upland soil, 60.3% of orchard field soil, and 62.1% of greenhouse soil were in proper range. For the content of soil organic matter, 41.7% of paddy field soil, 46.5% of upland soil, 40.5% of orchard field soil, and 81.4% of greenhouse soil were higher than proper range. The content of available phosphorus was mostly higher than proper value on the different fields except upland soil. The contents of exchangeable K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ were also exceeded in the orchard field and greenhouse soils. In addition, microbial population, especially aerobic bacteria, in the EFAC was higher than that in regular farming land.

Key words: Environment-friendly agricultural complex, Livestock waste, Manure and compost, Soil chemical and biological properties

서 언

환경보존과 보호를 위해 환경 친화적인 농업방식을 요구하고, 에너지와 자원을 절약하고, 고품질 농산물을 생산하는데 연구·지도자들의 노력과 더불어 농업인들의 관심이 한층 높아졌다. 그러나 농산물 수입이 개방화되고, 국가간 협약에 의하여 값싼 농산물을 수입하면서 우리의 농업은 더욱 어려운 시기를 맞이하게 되었다. 그래서 우리의 농업과 생산기반을 유지하고 지속시키기 위해 새로운 농업기술 활용이 필요하게 되었다.

따라서 농산물에 대한 국민의 관심 증대와 농업환경자원의 유지·보전을 위한 지속적인 농업생산 방안으로 친환경

농업 육성의 필요성이 증대되어 왔다 (Park et al, 1999 ; Park et al., 2001). 우리나라는 1994년 농림부에 친환경농업과를 설치하여 본격적으로 친환경농업을 정책적으로 육성할 수 있는 토대를 마련하였고, 세계화·개방화의 파고 속에 친환경농업을 미래농업의 성장 동력원으로 설정하고 환경 친화적인 농업자원 관리, 친환경농업 실천농가 육성 및 친환경농산물 소비 확대 등 다양한 정책프로그램을 추진해 오고 있다. 또한 유기농업이 지향하는 영농기술의 방향은 농가단위에서 유래되는 재생자원의 활용, 적정 수준의 작물수량, 축산수량과 인간영양, 병해충으로부터 적절한 작물보호 등 자기조절적인 생태적 생물과정의 관리와 상호작용이라 할 수 있다 (Ahn et al., 2010).

또한 2005년부터 시·군 수계단위로 4~5개의 읍면을 묶어 광역친환경농업단지를 조성하기 시작하여 2011년 현재 34곳을 지정하여 운영하고 있는데 경종과 축산을 연계해 1,000ha 이상 대규모의 자원순환형 친환경농업단지 육성을 위한 사업으로 2013년까지 50곳이 조성될 예정이다.

접수 : 2012. 2. 7 수리 : 2012. 3. 9

[†]공동제1저자

*연락처 : Phone: +82632906082

E-mail: moon0149@korea.kr

그러나 이러한 광역친환경농업이 농업생태계에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 정량적인 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 지역 내에서 경축자원순환이 농업생태계에 미치는 영향을 규명하고, 다원적 기능을 정량화하는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 2008~2010년까지 전라북도 완주군 5개면(고산, 비봉, 화산, 경천, 동상) 광역친환경농업단지를 대상으로 농자재 투입량, 양분이용특성, 농경지 토양환경실태 등의 조사를 통하여 광역친환경농업단지의 양분관리기술을 체계화하여 자연환경에 영향을 최소화하면서 단지에서 효율적으로 활용될 수 있는 양분관리실태를 제시하고 또한 다원적 기능 평가와 문제점을 발굴하여 개선방안을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

토양 채취 및 분석 경축순환자원 양분관리 실태를 조사하기 위해 2008~2010년까지 전라북도 완주군 5개면(고산, 비봉, 화산, 경천, 동상)의 광역친환경농업단지와 친환경농업을 실시하지 않는 일반농경지(완주군 용지면)를 대상으로 작물 수확기에 논 각각 50지점, 밭 30지점, 과수원 15지점, 비가림 시설재배지 15지점 등 총 220지점(광역친환경농업단지 110, 일반농경지 110)을 채취하여 토양화학적, 토양미생물상, 중금속함량, 축분퇴비 소요량 등을 조사하였다.

토양채취는 표토를 1~2 cm 제거하고 auger를 이용하여 채취하고, 풍건세토(직경 2 mm 이하)로 만들어 화학성과 중금속 분석용 시료로 사용하였다. 미생물 조사를 위한 토양시료는 채취한 토양을 4°C에 냉장보관하면서 사용하였다.

토양 pH와 전기전도도 (electrical conductivity, EC)는 시료와 증류수를 1:5 (w/v)로 혼합하고 30분 진탕 후 pH Meter (EUTECH COND600)와 EC Meter (EUTECH ECOSCAN)로 각각 측정하였다. 유기물함량은 CN 원소분석기 (Variomax CN)를 사용하여 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법을 이용하여 UV/Vis Spectrophotometer (HP8453 UV-VIS, Agilent)로 720 nm에서 측정하였으며, 치환성 양이온 (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})은 1 N CH_3COONH_4 (pH 7.0)로 추출하여 유도결합플라즈마 분광광도계 (Integra, GBC)로 측정하였다. 토양중금속 조사는 Ni, Zn, Cu, Pb, Cd, As의 경우 토양오염공정시험법 (MOE, 2009)에 따라 총량으로 측정하였다. 즉, 토양 3 g에 증류수 1 mL, HNO_3 7 mL, HCl 21 mL를 넣고 환류냉각장치에 연결한 후 장치의 유리관에 0.5 N HNO_3 10 mL를 넣고 30°C에서 2시간, 80°C에서 2시간 환류냉각하고 No. 6 여과지로 여과 한 후 0.5 M HNO_3 으로 100 mL 정용하여 유도결합플라즈마 분광광도계로 측정하였다. Cr은 총량법으로 할 경우 유기물 간섭 때문에 용출법으로 추출하였다. 즉, 토

양 5 g에 0.1 N HCl 50 mL를 혼합하여 30°C에서 1시간 항온 진탕 후 No. 6 여과지로 여과하고 1% diphenylcarbazide로 발색하여 UV/Vis 분광광도계 (HP8453 UV-VIS, Agilent)로 540 nm에서 측정하였다.

토양미생물 조사 토양 중 호기성세균과 *Bacillus* sp.는 yeast glucose (YG) 배지를 사용하여 분리하였고, 그람음성균은 YG배지에 crystal violet 5 $\mu g mL^{-1}$ 를 첨가 하여 사용하였다. 사상균은 rose bangal agar 배지 (Martin, 1950), coliform group은 chromocult coliform (Merck, Germany) 한천배지를 각각 사용하였다. 각각의 배지에 토양희석액을 도말한 후 호기성세균, 그람 음성세균, 사상균은 25°C에서 3일간 배양 후 계수하였고, coliform group은 배양 1일 후에 조사하였다. *Bacillus* sp.는 토양희석액을 80°C의 수조에서 20분간 방치한 후 배지위에 접종하고 3일 후 계수하였다.

한편 경축순환자원화센터의 부산물비료 퇴비생산량 및 단지내 사용량은 방문청취 조사하였다.

통계분석방법 분석한 토양특성의 통계적인 분석은 SPSS (12.0K)를 사용하여 Duncan 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

광역친환경농업단지 현황 전북 완주군 고산광역친환경농업단지의 각종 주요작물 재배면적은 Table 1에서 보는 바와 같이 곡류 1,740 ha (벼 1,398 ha), 과수 191 ha (감 189 ha) 등 총 2,353 ha이며, 친환경인증농산물 생산 면적은 유기농산물 110.4 ha, 무농약농산물 180.6 ha, 저농약농산물 111.9 ha 등 총 402.9 ha로 단지 전체 재배면적의 17.3%를 차지하고 있다. 곡류와 과수를 합한 생산면적은 유기농산물은 전체의 89.0%, 무농약농산물은 전체의 82.0%를 차지하며, 저농약농산물의 경우 과채류와 과수 생산면적이 86.3%를 차지하고 있어 벼와 감이 대부분을 차지하고 있었다.

광역친환경농업단지 내 주요 축종별 사육두수는 한우 21,077두, 젓소 1,099두, 돼지 32,993두, 기타 3,786두 등 총 58,955두 이고, 닭은 944,310수이며 이 가운데 경축순환자원화센터에서 활용하는 축분 발생 가축은 Table 2에서 보는 바와 같이 전체 212,000마리 정도로 전체 가축의 22.4%이었다. 경축자원화센터에 유입되는 축분량은 84 $Mg day^{-1}$ 으로 우분이 전체의 71.4% 차지하고 있으며, 우분, 축분, 계분을 혼합하여 생산하는 부산물비료 양은 일일 32 Mg 으로 연간 9,600 $Mg year^{-1}$ 수준이었다. 부산물비료의 비료성분은 T-N 1.4%, P_2O_5 2.7%, K_2O 2.1%, MgO 0.9%, CaO 2.5% 이었다.

작물별 권장시비량을 기준으로 광역친환경농업단지 내 친환경인증 농산물 생산지에서 필요로 하는 가축분퇴비량

Table 1. Different types of farming area (ha) in the large-scale environment-friendly agricultural complex located in Gosan, Wanju, Jeonbuk.

Crop	Overall cropping area	Organic farming area	Non-pesticide farming area	Low-pesticide farming area
Grains	1,740	49.3	64.2	0.5
Oil crops	4	2.1	-	-
Beans	6	0.5	3.4	-
Fruit-vegetables	140	5.3	5.7	55.7
Root-vegetables	180	2.1	1.7	-
Leaf-vegetables	70	1.0	2.1	14.3
Wild vegetables	2	0.1	1.1	0.2
Fruit tree	191	48.9	91.7	40.9
Medicinal crop	20	1.1	10.7	0.3
Total	2,353	110.4	180.6	111.9

Table 2. Different types of livestock waste carried in to Gosan resource center for crop and livestock farming (RCCLF) and amount of manure compost production.

Type of livestock waste	Number of livestock	Amount of carrying-in waste	Receding rate	Daily yield amount of manure compost	Annual yield amount of manure compost
		Mg/day	%	Mg/day	Mg/year
Cattle waste	6,000	60			
Hog waste	6,000	12	66	32	9,600
Poultry waste	200,000	12			
Total	212,000	84	66	32	9,600

Table 3. Compost required for the cultivation of environment-friendly crops.

Classification	Cropping area	Recommended amount	Required amount	Total amount
		Mg ha ^{-1†}	Mg ha ⁻¹	Mg
Grains	114.0	2.6	15	1,710
Oil crops	2.1	2.2	10	21
Beans	3.9	2.2	10	39
Fruit-vegetables	66.7	4.4	10	667
Root-vegetables	3.8	4.4	10	38
Leaf-vegetables	17.4	3.3	20	348
Wild vegetables	1.4	3.3	10	14
Fruit tree	181.5	3.5	20	3,630
Medicinal crop	12.1	4.4	10	121
Total	402.9			6,588

[†]Fertilizer recommendation for crops (RDA, 2006).

은 Table 3에서 보는 바와 같이 과수 635.3, 곡류 296.4, 과채류 293.5 Mg 등 총량은 1,370.3 Mg으로 자원화센터에서 생산하는 퇴비의 약 14.3%에 해당하는 양이다. 특히 과수는 재배기간에 따라 1.54~5.5 Mg ha⁻¹ 범위를 보여 단지 내 과수 재배기간을 고려하여 평균 3.5 Mg ha⁻¹으로 환산하였다.

실제 친환경인증 농가의 퇴비사용량은 권장량의 2.3~6.1배를 사용하고 있어, 광역친환경농업단지에서 소모량은 6,588 Mg으로 약 68.6%를 차지하고 있었다. 화학비료 대신 퇴비

를 많이 사용하면 친환경농업이 이루어진다는 친환경인증 농가들의 퇴비사용에 대한 잘못된 인식을 바로 잡을 필요가 있다. 소요량외 나머지는 일반농경지와 광역친환경농업 단지 외부로 유출되고 있었다.

Figure 1에서 보는 바와 같이 2007~2010년도 친환경농업 참여농가는 무농약인증 농가가 52.1~64.5% 수준이었고, 무농약인증>저농약인증>유기농인증 농가 순이었다. 광역친환경농업단지 내의 친환경인증농가는 2008년도에 682농

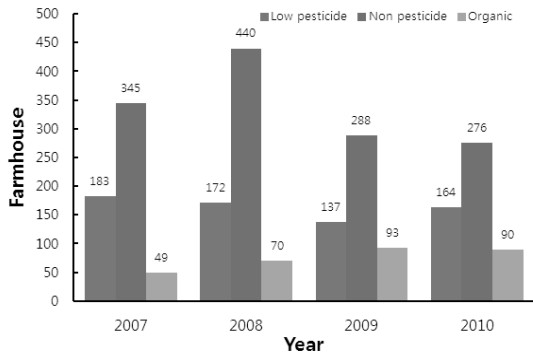


Fig. 1. Different types of certified environment-friendly farmhouses in the large-scale environment-friendly agricultural complex.

가로 가장 많았고, 그 이후에는 무농약인증 농가 감소로 줄어드는 경향을 보였다. 매년 유기농인증농가는 전체 친환경인증농가의 8.5~17.9% 수준이었고, 대체적으로 증가하는 경향을 보였다.

농경지 토양 화학성 광역친환경농업단지의 토양화학성 변화를 조사하기 위해 2008~2010년까지 매년 수확기에 논 50, 밭 30, 과수원 15, 비가림 시설재배지 15지점과 같은 수량의 일반농경지 지점을 채취하였다. 각 농경지별로 3년간의 평균값을 비교한 결과 조사한 성분에서 광역친환경농업단지와 일반농경지의 재배 작물에 따라 과부족율에 차이가 있었다.

Table 4에서 보는 바와 같이 벼 수확기에 조사한 친환경농업단지와 일반농경지의 토양 pH 적정수준은 78.1%와 66.2%로 대부분이 적정범위였다. pH 6.5 이상인 비율은

친환경단지에서 17.2%였고, 적정 수준보다 낮은 비율은 일반농경지에서 26.4%를 차지하고 있었다. 친환경인증 작물 재배지의 비옥도 유지를 위해 화학비료 대신 유기물 사용량이 많아짐에 따라 친환경농업단지의 유기물 과잉 분포비율은 41.7%를 차지하였지만, 일반농경지는 34.3% 수준이었다. 또한 자원화센터에서 공급하는 가축분퇴비 위주의 영농으로 유효인산과 치환성 K⁺ 함량이 일반농경지보다 훨씬 높았다. 하지만 친환경농업단지나 일반농경지의 치환성 Ca²⁺ 과 Mg²⁺는 적정범위보다 부족한 지역이 훨씬 많아 초과지역이 많은 치환성 K⁺의 영향으로 양분 불균형이 초래될 수 있어 적정범위를 유지할 수 있는 대책이 필요하다고 판단된다. 조사한 두 단지의 유효규산 함량의 경우 86.4~89.7%가 부족한 것으로 나타났으며, 적정범위는 6.5~8.7% 수준밖에 되지 않았다. 이는 친환경을 실천하는 농가들의 규산질비료 제품에 함유되어 있는 유해물질에 대한 오해와 노령화로 인한 취급시 중량문제 등의 영향으로 사용을 기피한 결과로 판단된다.

광역친환경농업단지와 일반농경지의 밭 토양에서 조사한 성분 가운데 토양 pH와 유기물함량을 제외하고 과부족율 분포 비율이 비슷하였다 (Table 5). 적정 범위의 토양 pH는 친환경농업단지가 58.2%로 다소 높았으나, 적정범위 이하는 일반농경지가 44.2%로 친환경농업단지 보다 13.4%가 높았다. EC는 조사한 지역 전체가 2 dS m⁻¹ 이하였으며, 적정 범위의 토양유기물 함량인 분포비율은 34.3%~37.1% 수준이었고, 기준보다 높은 비율은 친환경농업단지가 일반농경지의 약 2배 정도로 논 토양의 경우와 마찬가지로 화학비료 대신 비옥도 유지를 위해 다량의 축분퇴비를 사용하고 있는 것으로 보인다. 일반농경지에서는 유효인산, 치환성

Table 4. Distribution of deficiency, optimal, and deficiency rates (%) for chemical components in paddy soils.

Component	Classification	Deficiency rate	Optimal rate	Excess rate	Optimal range
pH (1:5)	EFAC [†]	4.6	78.1	17.2	5.5~6.5
	RFL	26.4	66.2	7.4	
OM (g kg ⁻¹)	EFAC	36.4	21.9	41.7	25~30
	RFL	11.9	53.8	34.3	
Aval. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	EFAC	17.9	17.2	64.9	80~120
	RFL	16.1	51.6	32.3	
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	35.8	7.3	57.0	0.25~0.30
	RFL	24.0	47.3	28.7	
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	82.1	12.6	5.3	5.0~6.0
	RFL	82.7	14.9	2.4	
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	63.6	21.9	14.6	1.5~2.0
	RFL	83.5	10.2	6.3	
Aval. SiO ₂ (mg kg ⁻¹)	EFAC	86.4	8.7	4.9	157~180
	RFL	89.7	6.5	3.8	

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

Table 5. Distribution of deficiency, optimal, and deficiency rates (%) for chemical components in upland soils.

Component	Classification	Deficiency rate	Optimal rate	Excess rate	Optimal range
pH (1:5)	EFAC [†]	28.8	58.2	13.0	6.0~6.5
	RFL	44.2	48.7	7.1	
EC (dS m ⁻¹)	EFAC	-	100	-	2 >
	RFL	-	100	-	
OM (g kg ⁻¹)	EFAC	19.2	34.3	46.5	25~35
	RFL	38.7	37.1	24.2	
Aval. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	EFAC	31.9	59.4	8.7	300~400
	RFL	41.3	52.8	5.9	
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	44.6	36.6	18.8	0.7~0.8
	RFL	50.4	39.4	10.2	
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	42.4	51.3	6.3	6.0~7.0
	RFL	48.0	49.5	2.5	
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	26.7	55.9	17.4	2.0~2.5
	RFL	32.0	51.8	16.2	

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

Table 6. Distribution of deficiency, optimal, and deficiency rates (%) for chemical components in orchard soils.

Component	Classification	Deficiency rate	Optimal rate	Excess rate	Optimal range
pH (1:5)	EFAC [†]	14.3	60.3	25.4	6.0~6.5
	RFL	33.6	54.3	12.1	
EC (dS m ⁻¹)	EFAC		100		2 >
	RFL		100		
OM (g kg ⁻¹)	EFAC	15.9	43.6	40.5	25~35
	RFL	29.7	43.0	27.3	
Aval. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	EFAC	5.6	2.7	91.7	200~300
	RFL	13.5	11.2	75.3	
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	6.4	33.3	60.3	0.3~0.6
	RFL	8.3	39.3	52.4	
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	26.1	20.4	53.4	5.0~6.0
	RFL	31.8	16.6	51.6	
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	23.4	11.3	65.3	1.5~2.0
	RFL	31.3	9.8	58.9	

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺의 함량이 적정기준 보다 낮은 비율이 더 높았다. Ahn et al. (2010)이 조사한 결과보다 적정범위가 pH는 증가하였고, 유기물은 감소한 것으로 나타났다.

과수원 토양의 경우 논·밭 토양과 달리 유효인산, 치환성 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 함량은 적정범위 보다 높은 비율이 월등히 많아 정밀한 토양관리가 필요할 것으로 나타났다 (Table 6). 토양 pH의 경우 친환경농업단지와 일반농경지의 적정비율이 각각 60.3%과 54.3%로 논 토양의 경우보다는 낮았지만, 밭 토양의 경우보다는 높았다. 양쪽 단지의 유기물 적정비율은 43.6%와 43.0%로 논·밭의 경우보다 높았지만, 친환경

농업단지의 초과비율은 40.5%로 논·밭의 경우보다 다소 낮았다.

축분퇴비에 함유되어 있는 P₂O₅ (2.7%)의 영향 때문에 친환경농업단지와 일반농경지의 초과비율이 91.7%와 75.3%로 대부분이 높은 수준을 보였고, 적정비율과 부족비율은 10% 내외 수준이었다. 과수는 수령에 따라 퇴비 시용량을 달리 처방하여 논·밭 작물보다 많은 양이 투입되고, 축분퇴비에 함유되어 있는 K₂O (2.1%), MgO (0.9%), CaO (2.5%)의 영향으로 치환성 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺의 초과비율이 각각 60.3%, 53.4%, 65.3%로 일반농경지 보다 높게 나타났다고

Table 7. Distribution of deficiency, optimal, and deficiency rates (%) for chemical components in greenhouse soils.

Component	Classification	Deficiency rate	Optimal rate	Excess rate	Optimal range
pH (1:5)	EFAC [†]	24.4	62.1	13.5	6.0~6.5
	RFL	41.3	50.8	7.9	
EC (dS m ⁻¹)	EFAC		75.0	25.0	2>
	RFL		100		
OM (g kg ⁻¹)	EFAC	6.7	11.9	81.4	20~30
	RFL	9.4	28.6	62.0	
Aval. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	EFAC	6.7	26.8	66.5	350~450
	RFL	15.5	21.6	62.9	
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	12.5	25.0	62.5	0.7~0.8
	RFL	25.6	22.3	52.1	
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	25.5	21.3	53.2	5.0~6.0
	RFL	36.5	11.6	51.9	
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	EFAC	18.0	11.8	70.2	1.5~2.0
	RFL	21.4	13.3	65.3	

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

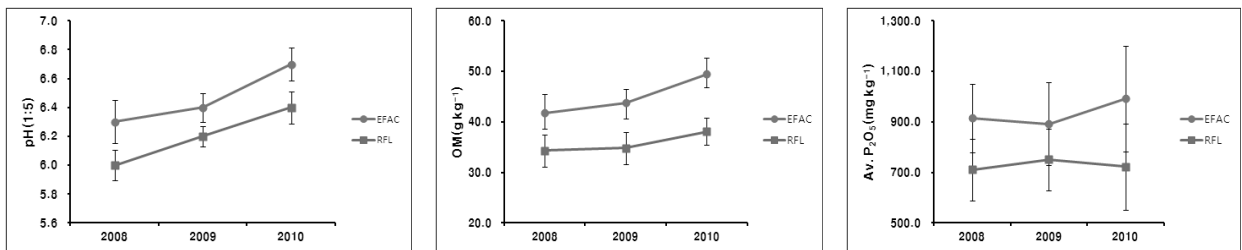


Fig. 2. Changes in soil pH, organic matter content, and available P₂O₅ content in greenhouse soil. EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

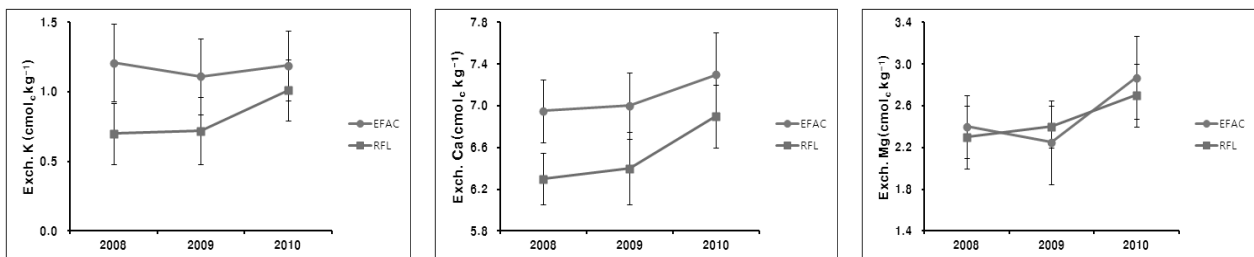


Fig. 3. Changes in exchangeable K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ contents in greenhouse soil. EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

볼 수 있다.

Table 7에서 보는 바와 같이 친환경농업단지의 비가림시설 재배지가 일반농경지의 경우 EC와 유기물을 제외하고 적정 범위에 해당하는 비율이 높았고, 초과범위도 높게 나타났다. 특히 EC의 경우 5~6 dS m⁻¹ 수준을 보인 포장도 있었다. 과수원 토양에서 언급한 바와 같이 친환경농업 실천농가의 비옥도 관리를 위해 화학비료 대신 축분퇴비 의존도가 높고, 토양검정에 의한 적절한 시비가 이루어지지 않고 있기 때문으로 판단된다. 따라서 친환경농업 실천 농가

를 위해 화학비료 대신 가축분퇴비 등을 비롯한 친환경농자재에 의한 시비기술 매뉴얼을 만들 필요가 있다.

시험기간 동안 매년 수확기에 조사한 토양화학성 변화는 친환경농업단지나 일반농경지 모두 논, 밭, 과수원 토양의 경우 변화는 크지 않았지만, 비가림시설 재배지는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. Figure 2에서 보는 바와 같이 친환경농업단지나 일반농경지의 토양 pH는 매년 증가하는 경향을 보였고, 유기물과 유효인산은 2년차까지는 변화가 없었지만 3년차에는 증가하는 경향을 보였다. 치환성

K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺도 시간 경과에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 3). 다만 친환경농업단지에서 치환성 K⁺은 감소하는 경향을 보였는데, 이는 조사지점 간에 편차가 컸던 결과로 판단된다.

한편 일반농경지에서도 같은 경향을 보여 비가림 시설재배지에서 토양관리 지도가 한층 강화되어야 할 것으로 본다. 저자들이 염류장해가 심한 수박 비가림 시설재배지의 토양환경을 개선하기 위한 실험을 실시한 적이 있었다. 여러 처리 가운데 수박 정식전 토양검정에 의한 시비처방만을 3년간 실시한 시험구에서 토양화학적 노지 수박재배지 수준으로 낮아 졌음을 확인했었다. 그 결과를 영농교육에 활용하면서 농가들이 토양검정에 의한 시비처방 활용도가 매우 낮은 것을 확인 할 수 있었는데, 이는 품질과 지속가능한 농업을 위한 토양환경보전 보다 다수확에 목적을 두고 있기 때문이었다. 따라서 토양검정에 의한 시비처방을 효과적으로 활용할 수 있는 대책을 세울 필요가 있다.

중금속 함량과 미생물 분포 중금속 함량은 총량으로 조사하였고, Cr의 경우 토양 중 유기물 간섭 때문에 0.1 N HCl로 추출하여 조사한 결과 모든 조사지점에서 특별한 오염원이 없어 토양오염우려기준 (MOE, 2009)을 초과한 경우는 없었다 (Table 8). 또한 친환경농업단지와 일반농경지의 차이도 없었다. Ni은 양쪽 모두 같은 수준을 보였고, Pb은 논과 과수원 토양에서 같은 수준으로 높았다. 특히 학교급식용 쌀의 경우 Cd과 Pb 기준이 0.2 mg kg⁻¹ 이하이므로 세심한 관리가 필요할 것으로 판단된다. 다른 농경지에 비해 과수원 토양에서 Zn의 경우를 제외하고 조사한 중금속의 함량이 다소 높아, Ahn et al. (2011b)의 보고에서 언급한 바와 같이 축분 처리를 손쉽게 하기 위해 과수농장을 운영하는 농가가 많았기 때문인 것으로 사료된다.

일반농경지에 비해 친환경농업단지의 농경지에서 조사한 미생물 분포가 높은 것으로 나타났다 (Table 9). 호기성균은 친환경농업단지의 밭과 과수원토양에서 48.2~52.6x10⁶

Table 8. Comparison of heavy metal contents in soils between the environment-friendly agricultural complex and regular farming land.

Classification [†]	Cd	Cr	Cu	mg kg ⁻¹				
				Ni	Pb	Zn	As	
EFAC	Paddy	0.403a	0.335bc	3.4d	10.5a	23.0a	34.0b	4.65a
	Upland	0.072c	0.621b	3.1d	11.8a	5.4b	49.6b	2.54b
	Orchard	0.478a	0.351bc	12.7b	10.7a	22.0a	68.1b	6.42a
	Greenhouse	0.113b	0.597b	3.6d	11.0a	2.3b	81.2b	1.12b
RFL	Paddy	0.466a	0.210c	9.4c	9.6a	26.2a	43.7b	8.95a
	Upland	0.074c	0.543b	4.7d	15.8a	4.2b	69.2b	1.49b
	Orchard	0.527a	1.099a	25.9a	13.2a	38.4a	77.0b	5.79a
	Greenhouse	0.065c	0.415b	1.7e	12.4a	1.2b	129.2a	0.23b
SCWS	4	5	150	100	200	300	25	

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land; SCWS, Soil contamination warning standard.

Table 9. Soil microbial distribution (colony forming unit g⁻¹ dry soil) in environment-friendly agricultural land and regular farming land.

Classification [†]	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Gm(-) [‡]	Coliform group	Fungi	
	×10 ⁶	×10 ⁵	×10 ⁴	×10 ³	×10 ⁴	
EFAC	Paddy	13.3c [‡]	14.1a	5.9c	5.5b	4.5b
	Upland	48.2a	20.2a	11.2b	16.4a	17.6a
	Orchard	52.6a	22.9a	12.3b	18.5a	16.4a
	Greenhouse	33.2ab	11.5a	20.9a	10.6a	20.7a
RFL	Paddy	12.8c	11.7a	1.3c	2.1b	4.8b
	Upland	20.1b	19.1a	11.7b	11.2a	20.6a
	Orchard	19.9b	20.4a	11.6b	13.4a	25.7a
	Greenhouse	13.1c	21.6a	21.3a	12.1a	21.0a

[†]EFAC, Environment-friendly agricultural complex; RFL, Regular farming land.

[‡]Gm(-), gram-negative bacteria.

CFU g⁻¹ dry soil 수준으로 가장 높았으며, 조사한 양쪽 단지의 논토양과 일반농경지 비가림시설 토양에서 가장 낮았다. *Bacillus* sp.는 통계적인 차이가 없었고, 그람음성균은 양쪽 모두 비가림시설 토양에서 가장 높았고, 논토양에서 1.3~5.9x10⁴ CFU g⁻¹ dry soil으로 가장 낮았다. 또한 대장균과 사상균은 양쪽 모두 논토양을 제외하고 높은 수준을 보였다. 호기성세균의 경우 비가림 시설재배지에서 염류가 높은 토양이 적절한 토양 보다 높았다는 보고 (Lee et al., 2011a)와 다르게 본 조사에서는 염류농도가 높았던 일반농경지의 비가림 시설토양에서 가장 낮은 수준이었다. Lee et al. (2011a)이 조사한 방법은 FAME 분석으로 이루어졌지만 반대 결과를 보였다. Ahn et al. (2011a)이 전북도내의 일반농경지의 과수원 토양에서 조사한 결과와 비교해보면 친환경농업단지의 미생물분포도가 약간 높은 것으로 나타났으며, Lee et al. (2011b)이 조사한 유기농업 지역이 관행농업 지역보다 호기성세균, 곰팡이, 그람음성균 등이 유의적으로 많았다고 하여 친환경농업이나 유기농업을 실천하는 것이 토양미생물 생육에 유리한 환경을 만든다고 할 수 있겠다.

요 약

광역친환경농업단지의 경축순환자원 활용실태를 파악하기 위해 전북 완주군 고산광역친환경농업단지의 토양특성과 축분퇴비 소요량 등을 조사하였다. 주요작물 재배면적은 2,353 ha (벼 1,398 ha, 감 189 ha 등)이며 이 가운데 친환경 참여면적은 402.9 ha이고, 주요 축종사육은 한우 21,077, 젓소 1,099, 돼지 32,993마리 등 총 58,955 마리이었다. 경축자원화센터에 유입되는 분뇨는 한우, 돼지 각각 6,000 마리, 닭 200,000 마리 참여로 일일 32 Mg이고, 퇴비생산량은 연간 9,600톤이며, 비료성분은 T-N 1.4%, P₂O₅ 2.7%, K₂O 2.1%, MgO 0.9%, CaO 2.5% 이었다. 친환경농업단지 내에서 소모되는 퇴비량은 6,588 Mg이었다. 친환경농업단지의 토양화학성분은 논인 경우 pH는 78.1%, 밭 58.2%, 과수원 60.3%, 비가림시설 재배지 62.1%가 적정범위였다. 유기물은 논인 경우 41.7%, 밭 46.5%, 과수원 40.5%, 비가림시설재배지 81.4%가 과잉으로 나타났다. 유효인산은 밭토양을 제외하고 64.9~91.7%가 과잉으로 나타났으며, 치환성 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺은 과수원과 비가림시설재배지에서 53.2~70.2%가 과잉인 것으로 나타났다. 비가림시설 재배지의 토양화학성은 2년차 이후에 증가폭이 컸으며, 모든 농경지의 중금속 함량은 토양오염우려기준을 초과한 경우는 없었다. 친환경농업단지의 미생물분포는 일반농경지 보다 높았고, 호기성세균의 경우 친환경농업단지의 밭과 과수원토양에서 가장 높았다.

인 용 문 헌

- Ahn, B.K., H.J. Kim, S.S. Han, Y.H. Lee, and J.H. Lee. 2011a. Response of microbial distribution to soil properties of orchard fields in Jeonbuk ares. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):696-701.
- Ahn, B.K., J.H. Lee, K.C. Kim, D.C. Choi, J.H. Lee and S.S. Han. 2010. Investigation of relationships between soil physico-chemical properties and topography in Jeonbuk upland fields. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:268-274.
- Ahn, B.K., J.H. Lee, and S.K. Ha. 2011b. Relationships between physico-chemical properties and topography in Jeonbuk orchard fields. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5) :859-865.
- Ahn, B.K., Y.H. Moon, Y.R. Rip, and J.H. Lee. 2010. Application of agro-based materials of water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC) organic farming. Korean J. Org. Agri. 18:83-92.
- Animal Agriculture and the Environment : Experiences from Northern Europe. 1999. Ada Wossink and Geoff Benson, Southern Extension Public Affairs Committee, Clearwater Florida. USA.
- Jung, G.B., W.I. Kim, J.S. Lee, J.D. Shin, J.H. Kim, and S.G. Yun. 2003. Assessment on the control of heavy metal in orchard soil in middle part of Korea. Korean J. Environ. Agric. 20:15-21.
- Lee, Y.H., B.K. Ahn, and Y.K. Sonn. 2011a. Effects of electrical conductivity on the soil microbial community in a controlled horticultural land for strawberry cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):830-835.
- Lee, Y.H., B.K. Ahn, and Y.S. Kwak. 2011b. Impacts of organic farming system on the soil microbial ecology in no-till paddy. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):814-818.
- Martin, J.P. 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Sci. 69:215-232.
- MOE (Ministry of Environment). 2009. Standard test methods for soil pollution. In Enforcement decree of the soil environment conservation act. Ministry of Environment, Korea.
- NIAST. 2006. Fertilizer recommendation for rops. National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Korea.
- Park Y.H., J.Y. Lee, and C.C. Kim. 1999. Report on survey of fertilizer use amount in farmers field. National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Korea.
- Park Y. H., Y. Lee, and C. C. Kim. 2001. Plant nutrient management for major food crop in Korea. Symposium on Integrated Nutrient Management for Environment Friendly Agriculture. UNDP/NIAST, RDA, Korea : 69-124.