

녹비작물 재배 시 SCB 액비 혼용이 배나무 생육 및 양분 환원 가능량, 토양 물리화학적 성에 미치는 영향

이성은* · 박진면 · 최동근¹

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹전북대학교 원예학과

Effect of SCB Liquid Manure Application in Pear Orchard Managed by Cover Crop System on Tree Growth, Potential Nutrient Recovery and Soil Physicochemical Properties

Seong-Eun Lee*, Jin-Myeon Park, and Dong-Geun Choi¹

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 441-440, Korea

¹*Department of Horticulture, Jeonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea*

Many farmers have been seeking alternatives to chemical fertilizer for successful organic fruit production. This experiment was carried out to investigate the replaceability of chemical fertilizer by cover crop and slurry composting biofiltration (SCB) liquid manure (LM) application in pear orchard. Three treatments were contained in this experiment; cover crop only and cover crop + LM treatment, and control (chemical fertilizer application). Dry weight and mineral contents of gramineous cover crops were significantly increased in LM-combined treatments than that of leguminous species. Bulk density of soil was decreased in rye + LM and hairy vetch + LM treatments, compared with each cover crop treatment. Soil pH was lowest in fertilizer treatment and soil nitrate content became similar between treatments after rainy season. Available soil phosphate was lower in cover crop and cover crop + LM treatments than control, but exchangeable Mg was higher. The mineral content and net assimilation rate of leaves showed no difference between the treatments. As a result, it is suggested that the application of SCB liquid manure in pear orchard managed by cover crops is desirable to maintain the productivity by improving soil physical properties and potential nutrient recovery.

Key words: Cover crop, SCB liquid manure, Pear, Soil properties.

서 언

최근 친환경 농산물에 대한 범국민적 인식 제고와 더불어 이에 따른 수요가 급증하고 있으며, 2003년 대비 2013년 까지 화학비료 사용량의 40%를 절감하겠다는 정부의 화학비료 절감 정책 추진에 대비하기 위하여 녹비작물을 이용한 과원 초생 재배 기술 및 부존 유기 자원을 활용한 과수의 시비 관리 체계를 확립할 필요가 있으며, 특히 2012년부터 축산 분뇨에 대한 해양 투기가 금지되어 지속적으로 발생하는 축산분뇨의 양이 많아질 것으로 예상되는 바, 이의 효과적인 활용 방안 모색이 필요한 실정이다. 녹비작물 재배는 토양 침식을 억제하며 (Battany and Grismer, 2000; Klik, 1994), 강우로 인한 충격을 흡수하고 (Stocking, 1988), 표토

의 구조를 개선하는 기능이 있다 (Ballif, 1999). 이 외에도 토양의 투수성을 증진시키고 (Morlat et al., 1993; Willey, 1990), 토양 유기물 함량을 증가시켜 (Masson and Bertoni, 1996) 미생물 활성과 효율적인 양분 순환을 촉진시키는 기능을 갖는다 (Young, 1991). 이처럼 녹비작물을 이용한 과원 표토 관리는 토양 물리성 개선 효과뿐만 아니라 화학비료 절감 효과가 있어 앞서 언급한 정책 목표 달성을 위해 적합 초종 선발 및 효과적인 활용 기술에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 한편 가축 분뇨 처리 및 이용과 관련하여 양돈 분뇨의 액비화 방법에 대해서는 외국에서도 많은 연구가 이루어져 왔으며 (Ceotto and Spallacci, 2006; Sakamoto et al., 2006), 현재 우리나라에서 생산되는 액비의 종류에는 고액 분리 액상 분뇨, 연속 발효 시스템 (Continuously Aerated Bio-reactor)에서 만들어지는 액비, 그리고 고온 호기성 발효 처리 (Thermophilic Aerobic Oxidation) 방법에 의해 생산된 액비 등 여러 종류가 있으며, 액비의 제조

접수 : 2012. 9. 24 수리 : 2012. 10. 11

*연락처 : Phone: +82312906225

E-mail: pplm96@korea.kr

방법에 따라 호기성 액비와 혐기성 액비로 나뉜다 (RDA, 1999). 별도의 처리를 거치지 않은 가축 분뇨 액비 원액은 냄새, 양분 함량의 불균형, 취급 곤란 등 자원으로서 쉽게 이용할 수 없다는 단점을 가지고 있으나, SCB (slurry composting biofiltration) 액비의 경우, 돈 분뇨가 퇴비단을 통과하는 동안 생물학적 여과와 발효 과정을 거침으로써 냄새가 없고 균질해지므로 비료 자원으로서 이용이 보다 편리하며 관비 형태로 공급할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 국내의 연구 현황을 비교했을 때, 녹비작물을 이용한 과원 초생 재배 및 SCB 액비 활용 작물 재배에 관한 개별적 연구는 상당히 진척되어 있으나 녹비와 액비 혼용 기술에 대한 연구는 미흡한 실정이며, Barrett and Burke (2000)는 초지 토양에서 전형적으로 토양 유기물 함량과 이치환성 (易置換性) 탄소 pool이 높게 나타나며, 이로 인해 초지 토양은 유효태 양분의 증가와 관련하여 높은 질소 고정 능력 및 양분 보유력을 가진다고 하여 녹비 재배 시 SCB 액비의 혼용이 녹비 단독 재배 또는 액비의 단독 사용에 비해 수체 생장 및 시비 효율 등에서 훨씬 효과적일 수 있음을 시사하였다. 따라서 본 연구는 배 과원에서 녹비작물 재배 및 가축분 액비의 사용을 병행할 경우, 수체 생육에 미치는 영향과 과원 토양 내 양분 환원 가능량 및 토양 물리성 개량 효과 등을 구명함으로써 친환경 농업의 발전을 도모하고, 더 나아가 가축 분뇨 처리 문제의 해결 방안을 과수 재배 기술과 연계함으로써 보다 효과적으로 제시할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

처리 내용 및 방법 과원에서 녹비 및 가축분뇨 혼용에 의한 화학비료 절감 기술 개발을 위해 국립원예특작과학원 탐동 포장 내, 배 (*Pyrus pyrifolia*) 중합 시험포에 5×1.7 m 간격으로 식재된 17년생 '신고' 품종으로 실험하였고, 동일 품종의 접목 1년생 유목을 가지고 2011~2012년에 걸쳐 포트 시험을 병행하였다. 실험에 사용한 포트의 내부 용적은 70 L (윗면 지름 50 cm, 높이 50 cm, 밑면 지름 37 cm)이며, 모래와 펄라이트의 비율을 7 : 2로 혼합하여 실험하였다. 처리 내용은 녹비작물, 녹비작물 + SCB 액비 혼용, 그리고 대조구로 화학비료 처리구를 두었으며, 녹비작물 처리구 및 녹비 + 액비 혼용 처리구 내에는 녹비 초종별로 4개 시험구를 두었다. 시험에 사용된 녹비작물은 모두 4종으로 호밀, 헤어리베치, 들묵새, 레드클로버이며, 각 녹비 초종별 파종량은 10 a당 호밀 16 kg, 헤어리베치 6 kg, 들묵새 3 kg, 레드클로버 2 kg을 기준으로 종자 소요량을 산출하였다. 녹비 파종일은 배 수확이 완료되고 약 1주일이 경과된 10월 11일 (추파)이며, 파종 방법은 녹비작물의 균일한 생장을 위하여 수관 하부 토양을 얇게 경운한 다음 산파 후 복토하였다. 배 과원에서 녹비작물을 재배했을 때 이에 따른 토

양화학적 변화를 파악하고자 먼저 처리 전 토양 양분 상태에 대해 조사하였으며 (Table 1), 녹비 단독 처리구와 녹비 + 액비 혼용 처리구 간 양분 관계를 비교 분석하기 위하여, 혼용 처리구에 살포할 SCB 액비의 양을 토양 중 치환성 칼리 함량 및 액비 분석 결과 (Table 2)를 토대로 산정하였다. 처리 기준은 토양 검정에 의한 화학비료 시비 처방을 기준으로 하였으며, SCB 액비는 저농도 액비로 N 함량에 비하여 상대적으로 K 함량이 높아 N를 기준으로 처리할 경우 토양 내 K의 과다 축적 우려가 존재하므로 이를 회피할 목적으로 액비 중의 K 함량을 기준으로 하여 처리할 SCB 액비의 양을 계산하였다. 배나무의 수령과 토양 분석 결과를 고려했을 때, 필요한 K₂O의 양은 10 a 당 17.5 kg으로 조사되었으며, 이를 토대로 개별 시험구 면적인 25 m²에 필요한 K의 양 0.44 kg을 다시 액비 중 K 함량인 2.2 g L⁻¹로 나누어 총 액비 소요량을 산출하였다. 시험구별 SCB 액비의 연간 총 사용량은 200 L로서, 가을과 봄 2회에 걸쳐 분시하였으며 그 비율은 가을 : 봄 = 1 : 4로 하였다. 이 외에 병해충 방제 등의 포장 관리는 농촌진흥청 배 과원 표준 관리법에 준하여 수행하였다.

조사 내용 및 방법 녹비 생산량은 900 cm² 3반복으로 5월 중순에 조사하였고, 처리별 토양 화학성 변화를 비교하기 위한 분석 시료는 Soil auger를 이용하여 수관 하부 표층 5~15 cm 깊이의 흙을 채취하여 음건 후 2 mm 체로 걸러 분석에 이용하였다. 엽 분석을 위한 배나무 잎 시료 채취는 생육 중기인 8월 상순에 채취하였으며, 신초 중간 부위의 완전 전개된 잎을 신초 당 2~3매, 반복 당 약 30~40매 정도 채취하여, 증류수로 세척한 다음, 70°C에서 건조하여 잎의 무기 성분 분석에 이용하였다. 처리별 순광합성량 (A_{CO2})은 9월 중순, 청명한 날을 택하여 하루 중 광합성이 가장 활발한 시간대인 오전 9~10시 사이에 신초 정단부에서 3번째 엽을 대상으로 휴대용 광합성 측정 장치 (LI-6400, Li-COR, USA)를 이용하여 3반복으로 측정하였고, 측정 조건은 인공광 (Red + Blue) 하에서 광량 (Photosynthetic Photon Flux, PPF) 900 μmol, CO₂ 농도 350 ppm, IRGA 챔버 내 온도를 30°C로 하여 측정하였다. 토양 물리성 평가 지표로서 전용적 밀도 및 삼상 분석은 배 수확이 끝난 다음, 100 cm³ 부피의 3인치 Core로 토양 시료를 채취하여 중량법으로 분석하였다.

시비 질소의 회수율 및 토양 잔존량 분석 시비한 질소의 수체 흡수량, 토양 잔존량 측정 및 용탈량 계산을 위하여 4월 28일 5% 질소 동위원소 ¹⁵N으로 표지된 요소 (urea, Sigma-Aldrich)를 포트 전면에 균일하게 살포하였으며, 재배 종료 시점에서 수확한 식물체는 건조 후 분쇄하여 0.2 g의 시료를 분석에 이용하였고, 토양은 음건 후 곱게 간 다음

0.8 mm 체를 통과시켜 5 g의 시료를 분석에 사용하였다. 식물체 및 토양의 중질소 분석은 서울대학교 농생명과학공동기기원 (NICEM)에 의뢰하여 연속 흐름형 안정성 동위원소비 질량분석기 (IsoPrime-EA, Micromass, UK)로 분석하였다. 0~15 cm 깊이의 토양 질소량은 100 cm³ core를 이용하여 용적 밀도를 조사한 다음, 질소 함량을 곱하여 산출하였다.

토양 및 식물체 분석 토양 및 식물체 분석은 토양화학분석법 (NIAST, 1988)의 토양 및 식물체 분석법에 준하였다. 토양 pH는 토양과 물의 비율을 1 : 5로 하여 초자 전극법으로 측정하였고, 토양 유기물은 Tyurin 법, 유효 인산은 Lancaster 법, 치환성 칼륨, 칼슘, 및 마그네슘은 1N-CH₃COONH₄ (pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 ICP-OES (SDS-720, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 질산태 질소는 2 M-KCl로 침출한 시료 액에서 암모니아를 제거한 다음 켈달 분해 장치 (B-316, Buchi, Switzerland)로 증류하여 0.01 N 황산 표준용액으로 적정하였다. 식물체 무기 성분 중 질소 측정은 식물체 시료 0.5 g을 황산염 혼합 분말 (K₂SO₄와 CuSO₄ = 9 : 1)과 농황산을 넣고 분해한 후 켈달 분해 장치 (Kjeltec 8400, Foss, Sweden)에 의해 얻어진

값으로 하였으며, 인은 ammonium vanadate 법으로 Uv/Vis Spectrophotometer (Cintra 6, GBC, Australia)를 사용하여 정량하였고, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 ICP-OES (SDS-720, GBC, Australia)로 측정하였다. 시험 전 토양 화학성은 Table 1과 같다.

SCB 액비의 성분량은 액비를 공급 받는 시기와 공급처에 따라 다르게 나타나는데 (Park et al., 2012), 본 시험에 사용된 액비의 화학성 (Table 2)은 전질소 함량이 0.34 g kg⁻¹이고, 인산 함량은 0.22 g kg⁻¹으로 매우 낮았으며 칼리 함량은 2.67 g kg⁻¹으로 높게 나타났다. 통계분석은 SAS 프로그램 (ver. 9.2)을 이용하였다.

결과 및 고찰

시비 질소 회수율 및 처리별 양분 환원 가능성 포트 토양 및 식물체 분석 결과 (Table 3)에 따르면, 배 1년생 유목에서 시비 질소의 평균 회수율은 24.6%로 조사되었고, 0~15 cm 깊이의 토양 잔존량은 5.7%로 조사되었다. 따라서 시비한 질소의 약 69.7%가 수체 생장에 이용되지 못하고 용탈에 의해 유실되는 것으로 나타났다. Akkal-Corfini et

Table 1. Soil chemical properties of pear orchard used in this experiment.

pH	Organic matter	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation		
			K	Ca	Mg
1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol kg ⁻¹ -----		
6.0	28.6	368	0.78	6.66	1.26

Table 2. Mineral content of SCB liquid manure used in this experiment.

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- g kg ⁻¹ -----	-----	-----
0.34	0.22	2.67

Table 3. Total N and ¹⁵N concentration in 1-year-old 'Niitaka' pear tree and pot soil.

Part	Treatment	DW	Total N	N _{tot} [‡]	¹⁵ N
		g	%	g plant ⁻¹	atom %
Leaf	Control [†]	21.1	1.653	0.349	0.3706
	Urea	27.0	2.120	0.573	1.6506
Shoot	Control	63.1	0.640	0.404	0.4046
	Urea	75.2	0.862	0.649	1.8636
Root	Control	105.3	0.692	0.728	0.3878
	Urea	111.1	0.794	0.882	1.8306
Soil	Control	34090	0.003	1.023	0.3759
	Urea	34090	0.003	0.909	0.6485

[†] Control plot was not added any nitrogen fertilizer.

[‡] Total amount of N in sample.

Table 4. Potential amount of plant nutrient recovery by cover crop. Treatments contain the experimental plots of cover crop and the plots of cover crop cultivated with the application of SCB liquid manure.

Treatment [†]		N [‡]	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		----- kg ha ⁻¹ -----				
Rye	(A)	61	14.3	59	4.9	3.5
HV	(C)	69	32.3	137	47.7	15.9
RT	(E)	21	5.6	22	4.5	2.6
RC	(G)	12	10.5	61	25.4	8.7
R + LM	(B)	66	20.9	88	9.3	5.6
HV + LM	(D)	97	29.3	164	54.2	16.6
RT + LM	(F)	65	19.2	89	13.8	7.1
RC + LM	(H)	29	18.4	146	44.8	18.7
	A × B	NS	*	*	**	**
Significance	C × D	NS	NS	NS	NS	NS
(t-test)	E × F	NS	**	**	**	**
	G × H	**	**	**	**	**

[†] HV : hairy vetch, RT : rattle tail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure.

[‡] Sampling date : May 16, 2012.

NS, *, ** nonsignificant or significant at the $P \leq 0.05, 0.01$, respectively, by t-test.

al. (2010)는 토양으로부터 용탈되는 질소의 양이 3%를 넘지 않는다고 하였으나, Johnson et al. (2002)는 질소 용탈량은 시비량에 따라 달라진다고 하였으며, Zotarelli et al. (2006) 또한 관수량과 시비량 및 시비 방법이 질소 용탈량의 크기를 결정한다고 하였고, Gaines and Gaines (1994)는 토성이 질산염 용탈에 영향을 미친다고 하여 본 실험의 결과를 뒷받침하였다.

한편 녹비작물 재배 시 이러한 용탈에 의한 양분의 유실을 현저히 감소시킬 수 있으며 (Beckwith et al., 1998; Parkin et al., 2006), 녹비 초종 및 처리별 평균 양분 보유 가능량은 Table 4와 같다. 화분과 작물인 호밀과 들묵새에서는 액비 혼용 처리 시 양분 환원 가능량이 유의하게 증가하였으며, 두과 녹비작물에 해당하는 헤어리베치와 레드클로버에서도 처리 평균 간 차이의 유의성은 인정되지 않았으나 액비 혼용 처리의 경우가 녹비 단독 처리에 비해 비슷하거나 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. Cambardella et al. (2010)는 녹비 작물 재배가 퇴비 시용 후 표토의 질산태 질소 농도를 32~67%까지 감소시키며 따라서 퇴비 질소의 보유력 증대 및 질소 용탈 가능성 감소에 효과적이라고 하여 녹비작물과 가축분 퇴비의 혼용 효과를 구체적으로 제시하고 있다.

처리별 녹비 생산량 및 토양 물리성 비교 화분과 녹비작물인 호밀과 들묵새의 경우, 녹비 단독 처리의 경우보다 녹비와 액비를 혼용 처리했을 때 녹비 생산량이 증가하였고, 두과 녹비인 헤어리베치와 레드클로버에서도 처리 평균 간 차이의 유의성은 인정되지 않았으나 액비 혼용 처

Table 5. Productivity of green manure by each cover crop. Treatments include the experimental plots of cover crop and the plots of cover crop cultivated with the application of SCB liquid manure.

Treatment [†]		Fresh weight [‡]	Dry weight
		----- kg ha ⁻¹ -----	
Rye	(A)	9510	2159
HV	(C)	25861	2722
RT	(E)	3980	1037
RC	(G)	9610	1222
R + LM	(B)	15380	3230
HV + LM	(D)	28390	3370
RT + LM	(F)	14500	3407
RC + LM	(H)	22190	2519
	A x B	**	**
Significance	C x D	NS	NS
(t-test)	E x F	*	*
	G x H	NS	NS

[†] HV : hairy vetch, RT : rattle tail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure.

[‡] Sampling date : May 16, 2012.

NS, *, ** nonsignificant or significant at the $P \leq 0.05, 0.01$, respectively, by t-test.

리구에서 생체중과 건물중이 높게 나타났다 (Table 5). 녹비 생산량과 관련하여 Aita et al. (2006)은 녹비 단독 재배에 비해 돈분뇨 시용의 경우가 녹비의 건물중을 증가시키며, 화분과 녹비작물인 귀리가 두과인 살갈퀴에 비해 돈분뇨 시

Table 6. Effect of cover crop and SCB liquid manure on soil-water and pore space relation and bulk density in 17-year-old ‘Niitaka’ pear orchard.

Treatment [†]	Solid phase [‡]	Liquid phase	Gaseous phase	Water content	Bulk density
	----- % -----				
Rye	57.3 a [§]	26.1 a	16.6 a	17.3 a	1.52 a
HV	56.4 a	23.3 a	20.3 a	15.6 a	1.49 a
RT	52.0 abc	26.9 a	21.1 a	19.5 a	1.38 abc
RC	55.5 a	24.7 a	19.8 a	16.8 a	1.47 a
R + LM	47.7 c	33.9 a	18.4 a	27.2 a	1.26 c
HV + LM	48.7 bc	30.8 a	20.5 a	24.2 a	1.29 bc
RT + LM	54.6 ab	29.2 a	16.2 a	20.4 a	1.45 ab
RC + LM	52.4 abc	27.7 a	19.9 a	20.1 a	1.39 abc
CF	52.6 abc	27.2 a	20.2 a	19.5 a	1.39 abc

[†] HV : hairy vetch, RT : rattle tail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure, CF : chemical fertilizer.

[‡] Sampling date : Sep. 22, 2012.

[§] Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at *P*=0.05.

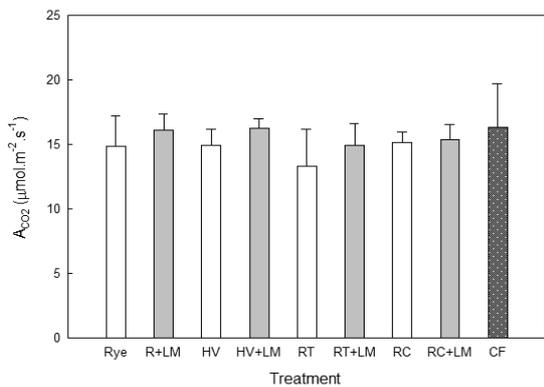


Fig. 1. Effect of cover crop and SCB liquid manure on net CO₂ assimilation rate (A_{CO2}) in 17-year-old pear trees. [†]HV : hairy vetch, RT : rattle tail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure, CF : chemical fertilizer.

용 효과가 크게 나타난다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다.

토양 물리성에서는 고상과 용적밀도에서 차이를 보였으며, 호밀과 헤어리베치의 경우 녹비 + 액비 혼용 처리구에서 토양 3상 중 고상의 비율 및 용적밀도가 낮아 과수의 뿌리 생장이 녹비 단독 처리에 비해 용이할 것 (Reinert et al., 2008)으로 판단되었다. 그러나 들묵새와 레드클로버에서는 처리 간 차이가 인정되지 않았다. 또한 잡초 억제용 흑색 부직포로 멀칭하여 재배한 화학비료 처리구에서도 다른 처리들과 비교했을 때 차이를 보이지 않았다 (Table 6).

광합성과 잎의 무기성분 함량 변화 광합성량에 있어서 녹비 단독 및 녹비 + SCB 액비 혼용, 그리고 화학비료

Table 7. Effect of cover crop and SCB liquid manure on leaf mineral content in 17-year-old ‘Niitaka’ pear trees.

Treatment [†]	T-N [‡]	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
Rye	19.3 a [§]	1.67 a	16.6 a	15.3 a	3.06 a
HV	22.4 a	1.46 a	15.3 a	14.8 a	3.08 a
RT	19.0 a	1.27 a	13.9 a	15.2 a	3.06 a
RC	20.4 a	1.42 a	16.1 a	14.8 a	2.81 a
R + LM	21.0 a	1.59 a	16.1 a	12.2 a	2.83 a
HV + LM	21.8 a	1.36 a	16.3 a	14.5 a	2.48 a
RT + LM	21.2 a	1.38 a	16.7 a	15.3 a	3.13 a
RC + LM	19.7 a	1.31 a	14.8 a	11.9 a	2.76 a
CF	22.6 a	1.45 a	15.4 a	12.2 a	2.75 a

[†] HV : hairy vetch, RT : rattle tail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure, CF : chemical fertilizer.

[‡] Sampling date : August 2, 2012.

[§] Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at *P*=0.05.

처리구 간 차이의 유의성은 인정되지 않았으나 녹비 + 액비 혼용 처리구에서 녹비 단독 처리에 비해 순광합성량이 높은 경향을 보였으며, 헤어리베치 + 액비 처리구에서는 화학비료 처리와 거의 대등한 수준의 동화율을 나타내었다 (Fig. 1). 한편 Fatima et al. (2012)는 헤어리베치와 같은 두과 녹비 작물의 재배가 청경재배에 비하여 광합성 효율이 높고, 질소 과잉으로 인한 독성 피해를 경감시킨다고 하였으며, 또한 Kanto et al. (2012)는 돈분 액비를 토양에 살포하거나 또는 엽면시비와 병행한 경우, 카사바 잎의 엽록소 함량이 유의하게 증가하였으며, 이는 곧 괴경의 품질 증가로 이어

질 수 있다고 하였다.

배 잎의 무기성분 함량에 있어서도 녹비 단독 처리와 녹비 + SCB 액비 혼용 처리 및 화학비료 처리 간 차이의 유의성은 인정되지 않았다 (Table 7). 그러나 추가적인 양분의 공급 없이 녹비작물만 재배할 경우 수세 저하 및 수량 감소에 영향을 줄 수 있다는 보고 (Jokela et al., 2009)가 있어 녹비작물 재배 시에는 액비 등의 혼용 처리가 수반되어야 할 것으로 판단되었다.

토양 화학성 변화 pH는 화학비료 시용구에서 상대적

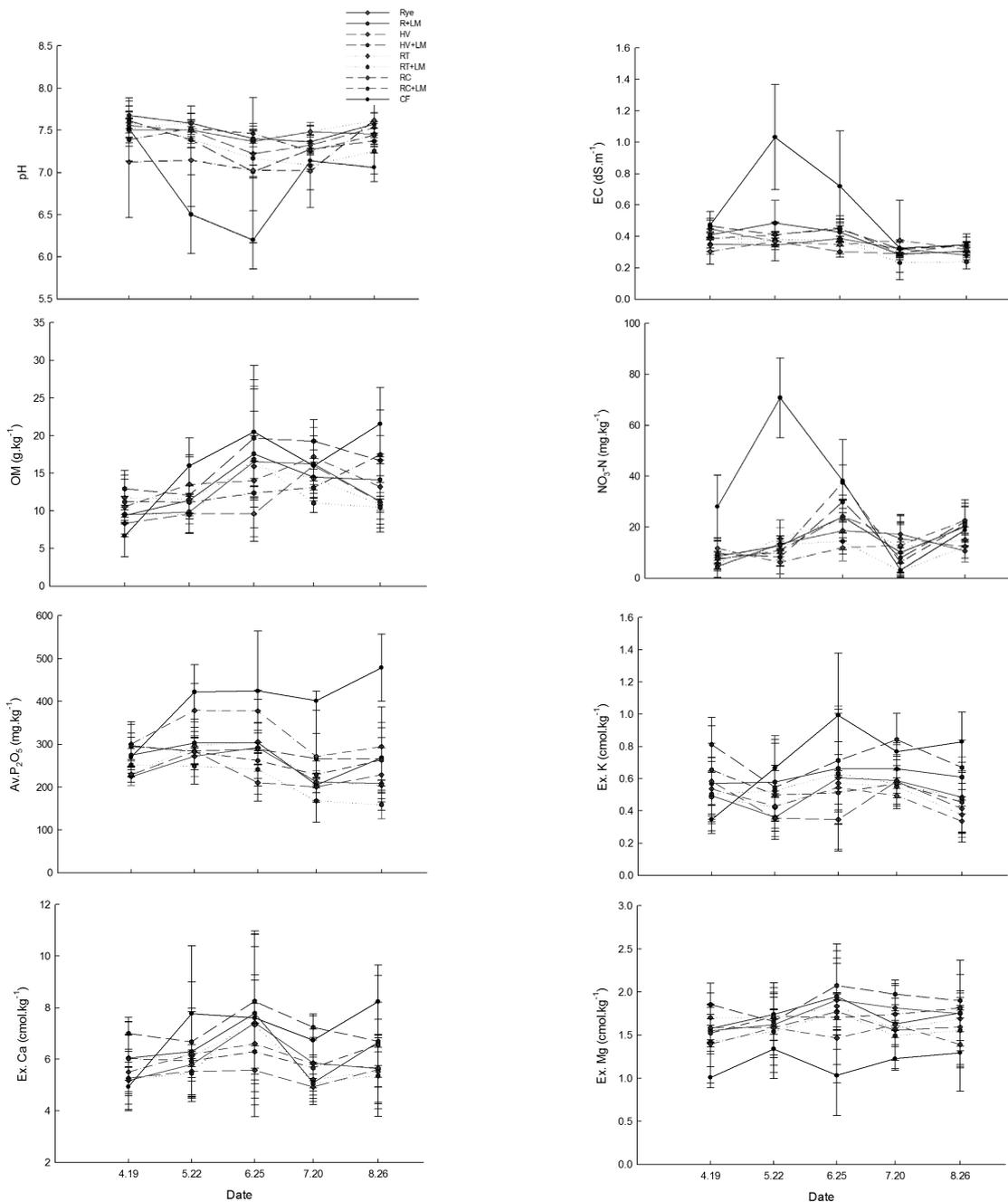


Fig. 2. Effect of cover crop and SCB liquid manure on the changes of soil chemical properties in pear orchard. †HV : hairy vetch, RT : rattail fascue, RC : red clover, R : rye, LM : SCB liquid manure, CF : chemical fertilizer.

으로 낮게 나타났는데, 이는 생리적 산성 비료가 아닌 경우에도 화학비료의 장기 연용은 질소 비중에 관계없이 토양을 산성화시켜 작물 수량의 제한 요인으로 작용할 수 있다 (Schroder et al., 2011)는 기존의 보고와 일치하였다. 시기적으로는 토양 내 염기의 용탈이 가장 심한 장마철을 전후로 (Austin & Vitousek, 1998; Newman 1995; Quilchano et al. 1995; Stark 1994) pH가 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 질산태 질소는 화학비료 처리구에서 높게 나타나고 있는데, 이는 온도가 상승하는 5월 하순 밀거름으로 사용한 요소가 분해되어 무기화율이 높아지기 때문인 것으로 해석된다. 칼리 성분은 화학비료 처리구에서 가장 높게 나타났으며 녹비 단독보다는 액비 혼용처리구에서 높게 나타났다. 칼슘은 처리 간 차이의 유의성이 인정되지 않았으며, 마그네슘은 화학비료 처리구에 비해 녹비 단독 및 녹비+액비 혼용 처리구에서 높게 나타났는데 이는 녹비작물에 의해 토양 내 식물 양분의 무기화가 촉진된 결과로 판단되었다 (Fig. 2).

요 약

과수원에서 화학비료 대체 가능성을 검토하기 위하여 녹비 작물을 단독으로 재배하는 경우와 녹비 재배 시 SCB 액비를 혼용하는 경우 녹비 생산량 및 토양 물리화학적 변화, 배 잎의 무기성분 함량 및 광합성 특성을 비교 분석하였다. 화본과 녹비작물의 경우, 녹비 단독 처리에 비해 SCB 액비 혼용 처리의 경우 녹비 생산량이 유의하게 증가하였고, 두 과 녹비에 있어서도 유의성은 인정되지 않았으나 액비 혼용 처리 시 생체중 및 건물중이 높게 나타났다. 호밀 + 액비 처리구와 헤어리베치 + 액비 처리구에서는 각각의 경우 액비를 사용하지 않았을 때보다 용적밀도가 감소하여 과수의 뿌리 생장이 용이할 것으로 판단되었다. 녹비 단독 및 녹비 + 액비 처리와 화학비료 사용에 따른 배 잎의 무기 성분함량은 처리 간에 차이가 없었다. 순광합성량 또한 처리 평균 간 차이가 인정되지 않았으나, 녹비 + 액비 혼용 처리구에서 녹비 단독 처리에 비해 높은 경향을 보였으며, 헤어리베치 + 액비의 경우 화학비료와 거의 같은 수준의 동화율을 보여 배 과원 표토 및 양분 관리를 위한 녹비 재배 시 활용 가능성이 높은 것으로 판단되었다. 녹비 단독 및 SCB 액비 혼용 처리에 따른 토양 화학성 변화는 화학비료 처리에 비하여 pH는 높았고 질산태 질소는 장마기 이후 비슷한 경향을 보였으며, 치환성 칼리는 낮았으나, 치환성 마그네슘은 높게 나타났고, 녹비 단독 처리구와 비교 결과 SCB 액비 혼용 처리에서 약간 높은 경향을 나타내었다. 이상의 결과를 종합했을 때 과원에서 녹비작물 재배 시 장기적인 화학비료 대체를 위해서는 SCB 액비를 함께 도입함으로써 부족한 양분을 보충하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Aita, C., O. Port, and S.J. Giacomini. 2006. Dynamics of soil nitrogen and cover crops dry matter production in the fall/winter as affected by pig slurry use. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 30:901-910.
- Akkal-Corfini, N., T. Morvan, S. Menasseri-Aubry, C. Bissuel-Belaygue, D. Poulain, F. Orsini, and P. Leterme. 2010. Nitrogen mineralization, plant uptake and nitrate leaching following the incorporation of ¹⁵N-labeled cauliflower crop residues (*Brassica oleracea*) into the soil: a 3-year lysimeter study. *Plant and Soil* 328:17-26.
- Austin, A.T. and P.M. Vitousek. 1998. Nutrient dynamics on a precipitation gradient in Hawai'i. *Oecologia* 113:519-529.
- Ballif, J.L. 1999. Ruissellement et érosion en Champagnes sur sols de vignes et de cultures. Edition Johanet, Paris - France. p. 158.
- Barrett, J.E. and I.C. Burke. 2000. Potential nitrogen immobilization in grassland soils across a soil organic matter gradient. *Soil Biol. Biochem.* 32:1707-1716.
- Battany, M.C. and M.E. Grismer. 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. *Hydro. Proc.* 14:1289-1304.
- Beckwith, C.P., J. Cooper, K.A. Smith, and M.A. Shepherd. 1998. Nitrate leaching loss following application of organic manures to sandy soils in arable cropping. I. Effects of application time, manure type, overwinter crop cover and nitrification inhibition. *Soil Use and Management* 14(3): 123-130.
- Cambardella, C.A., T.B. Moorman, and J.W. Singer. 2010. Soil nitrogen response to coupling cover crops with manure injection. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 87:383-393.
- Ceotto, E. and P. Spallacci. 2006. Pig slurry applications to alfalfa: Productivity, solar radiation utilization, N and P removal. *Field Crops Research.* 95:135-155.
- Fatima, T., J.R. Teasdale, J. Bunce, and A.K. Mattoo. 2012. Tomato response to legume cover crop and nitrogen: differing enhancement patterns of fruit yield, photosynthesis and gene expression. *Funct. Plant Biol.* 39:246-254.
- Gaines, T.P. and S.T. Gaines. 1994. Soil texture effect on nitrate leaching in soil percolates. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 25:2561-2570.
- Johnson, P.A., M.A. Shepherd, D.J. Hatley, and P.N. Smith. 2002. Nitrate leaching from a shallow limestone soil growing a five course combinable crop rotation: the effects

- of crop husbandry and nitrogen fertilizer rate on losses from the second complete rotation. *Soil Use Manage.* 18:68-76.
- Jokela, W.E., J.H. Grabber, D.L. Karlen, T.C. Balser, and D.E. Palmquist. 2009. Cover crop and liquid manure effects on soil quality indicators in a corn silage system. *Agron. J.* 101:727-737.
- Kanto, U., K. Jutamanee, Y. Osotsapar, and S. Jattupornpong. 2012. Effect of swine manure extract on leaf nitrogen concentration, chlorophyll content, total potassium in plant part and starch content in fresh tuber yield of cassava. *J. Plant Nutr.* 35:688-703.
- Klik, A. 1994. Soil conservation and crop productivity in Austrian vineyards. In *International agricultural engineering conference*, Bangkok, Thailand, 6(9):422-429.
- Masson, P. and G. Bertoni. 1996. Essai d'enherbement d'un vignoble méridional à base de trefle souterrain. Synthèse de 6 années d'expérimentation. (version provisoire). In *XI Kolloquium breggrünung, Weinbau*, p. 16.
- Morlat, R., A. Jacquet, and C. Asselin. 1993. Principaux effets de l'enherbement permanent contrôlé du sol, dans un essai de longue durée en Anjou. *Prog. Agri. Viti.* 110: 406-410.
- Newman, E.I. 1995. Phosphorus inputs to terrestrial ecosystems. *J. Ecol.* 83:713-726.
- NIASST. 1988. *Methods of soil chemical analysis*. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, J.M., T.J. Lim, and S.E. Lee. 2012. Effect of Pig slurry application on the mineral content of leaf, fruit quality and soil chemical properties in pear orchard. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(2):209-214.
- Parkin, T.B., T.C. Kaspar, and J.W. Singer. 2006. Cover crop effects on the fate of N following soil application of swine manure. *Plant Soil.* 289(1-2):141-152.
- Quilchano, C., J.A. Egido, and M.I. Gonzalez. 1995. Climate sequence of soils developed on granites in the Sierra de Gata, Salamanca, Spain. *Arid Soil Res Rehab* 9:385-397.
- Reinert, D.J., J.A. Albuquerque, J.M. Reichert, C. Aita, and M.M.C. Andrada. 2008. Bulk density critical limits for normal root growth of cover crops. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 32:1805-1816.
- Rural Development Administration (RDA). 1999. *Manufacturing and applying of compost and liquid fertilizer with swine slurry*. Munyoungdang. Suwon. Korea.
- Sakamoto, N., M. Tani., I. A. Navarrete., M. Koike, and K. Umetsu. 2008. Covering dairy slurry stores with hydrophobic fertilizers reduces greenhouse gases and other polluting gas emissions. *Aus. J. Exper. Agri.* 48:202-207
- Schroder, J.L., H.L. Zhang, K. Girma, W.R. Raun, C.J. Penn, and M.E. Payton. 2011. Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat. *Soil Science Society of America Journal* 75:957-964.
- Stark J.M. 1994. Causes of soil nutrient heterogeneity at different scales. In: Caldwell M, Percy R (eds) *Exploitation of environmental heterogeneity by plants*. Academic Press, New York, pp. 255-284.
- Stocking, M.A. 1988. Assessing vegetative cover and management effects. In *Soil Erosion Research Method*. Ed. R Sal. Soil Water Conservation Society, Ankeny - Iowa - USA. pp. 163-186.
- Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agric. Water Manage.* 17:215-231.
- Young, A. 1991. Soil fertility. In *Biophysical Research in Asian Agroforestry*. pp. 187-207. Winrock International, USA.
- Zotarelli, L., J. Scholberg, M. Dukes, H. Snyder, E. Simonne, and M. Munoz-Carpena. 2006. Nitrate leaching, yields, and water-use efficiency of zucchini squash (*Cucubita pepo*) under different irrigation and nitrogen rates and methods in a sandy soil. *Hortscience* 41:988-988.