

피복작물이 유기 사과과원 토양미생물상에 미치는 영향

오영주 · 강석범¹ · 송양익² · 최진호^{3*} · 백원기⁴

한반도생물다양성연구소, ¹국립원예특작과학원 감귤시험장, ²국립원예특작과학원 사과시험장,
³국립원예특작과학원 배시험장, ⁴대진대학교 생명과학과

Effects of Cover Plants on Soil Microbial Community in Organic Apple Orchards

Young-Ju Oh, Seok-Boem Kang¹, Yang-Ik Song², Jin-Ho Choi^{3*}, and Woen-Ki Paik⁴

Korea Biodiversity Reserarch Center Co., Ltd, Pocheon 487-711, Korea

¹Citrus Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Jeju 699-946, Korea

²Apple Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Gunwi 716-812, Korea

³Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 520-821, Korea

⁴Department of Life Science, Deajin University, Pocheon 487-711, Korea

Organic fruit production has increased due to consumer's interest and government's political support for environmentally-friendly agriculture. The aim of this study was to investigate the effects of cover plants on soil microbial community and establish the fruit cultivation method by organic farming techniques. Cover plants used as an organic nutrient source in an apple orchard were rye and barley, the *Gramineae* and red clover and hairy vetch, the *Leguminosae*. In the effects of cover plants on the soil chemical characteristics, the soil pH values were higher than that of conventional organic pear orchard. The content of P showed no significant difference between control and cover plant plots. Organic matter level was similar in control and *Gramineae* cover plant plots, while organic matter content in cover plants belong to *Leguminosae* was lower than that of control plot. K content was lower in the plots treated with rye and red clover than control plot, while K content in hairy vetch treated plot was higher than control plot. Ca content was lower in control plot than in cover plant treated plots. Concentrations of Mg in the plots treated with barley and hairy vetch was lower than control plot. In August rye and red clover covered soil showed higher bacterial community density than that of control soil and barley treated soil showed highest *Actinomycetes* community density among treatments. Barley and hairy vetch soils showed higher level of fungi community density than that of control soil in August. In pyrosequencing analysis barley treated soil showed highest distribution ratio of *Actinomycetes* among treatment. Our findings might be used as basic data for choosing cover plant with effective organic matter decomposition and nutrition supply capacity.

Key words: Cover plant, Soil microbial community, 16S rDNA

서 언

2012년의 친환경농산물 시장규모는 2011년 대비 13% 정도 증가한 3조 6,800억원으로 전망하고 있다. 소비자들의 안전 농산물에 대한 요구를 충족시키기 위해 세계적으로도 유기농산물 시장규모는 미국과 유럽 등 선진국을 중심으로 2000년 이후 매년 20% 내외의 지속적인 성장세를 보이고 있다. (Granatstein, 2002; Peck et al., 2005; Young, 2002). 우리나라에서는 유기 농산물 출하량이 2005년부터 2008년

까지 4년 동안에 68% 이상 증가하였는데, 과수품목에서는 4배 정도의 증가량을 나타내었다 (Choi et al., 2010). 사과 재배는 유기농산물과 무농약농산물 인증이 증가추세에 있으나, 인증농가 대부분이 병해충 관리 등에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 과수재배의 친환경적 잡초방제와 화학비료를 대체하거나 사용량을 줄일 수 있는 방안의 하나로서 피복작물을 도입한 작부체계 개선 노력이 진행 중이다. 과원의 토양을 피복식물로 관리하면 토양침식 경감, 토양구조 개선, 광 차단, 기계작업에 의한 경반층 형성 경감, 유익 곤충의 서식처 제공, 질소 이용도 증가, 유기물 증가, 보수력 증가, 잡초발생 억제 등의 효과를 기대할 수 있다고 알려져 있다 (Cardina, 1995; Petersen and Rover, 2005; Ramos

접수 : 2012. 9. 25 수리 : 2012. 10. 2

*연락처 : Phone: +82613301562

E-mail: pearchoi@korea.kr

et al., 2010; Wyland et al., 1996).

피복작물은 크게 콩과와 화본과로 분류할 수 있다. 콩과는 공중질소를 고정하는 작물로서 대표적으로 자운영 (*Astragalus sinicus*), 헤어리베치 (*Vicia villosa*), 클로버류 등이 있다 (Cardina, 1995; Kuo and Sainju, 1997). 전작물로 콩과작물 재배시 후작물은 콩과작물이 생산한 질소의 30~60%를 흡수할 수 있어 질소비료 사용을 줄일 수 있다고 알려져 있다 (Evans and Terashima, 1987; Fisk and Hesterman, 2001; Celette et al., 2009). 벼과 피복작물로는 호밀 (*Secale cereal*), 청보리 (*Hordeum vulgare*), 툼페스큐 (*Festuca arundinacea*), 수단그라스 (*Sorghum sudanense*), 들목새 (*Festuca myuros*), 켄터키블루그라스 (*Poa pratensis*) 등이 있으며, 콩과 피복작물과 달리 질소 고정은 하지 않지만 피복, 양분유실 경감, 심토의 토양 양분 가용화 증대 차원에서 화본과를 이용하면 화학비료 절감을 유도할 수 있을 것이다.

이들 피복작물은 재배 후 녹비로 토양에 혼합하면 토양의 양분과 유기물을 증진시키는 중요한 역할을 한다 (Duxbury et al., 1989; McGill et al., 1986; Sakamoto and Oba, 1993). 이러한 유기물이 과수가 이용할 수 있는 양분으로 전환되기 위해서는 토양미생물에 의한 분해과정이 필요하다. 유기물을 분해하여 암모니아를 생성하는 암모니아화성 작용, 암모니아를 질산으로 변화시키는 질산화과정, 인산 가용화균이나 균근의 활동에 의한 유기 인의 무기태화 등 미생물의 활동으로 인한 토양 내 화학적 분배과정이 필요하다.

피복작물에 의한 토양미생물의 변화는 과원의 양분관리에 있어서 중요한 요소라 할 수 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 유기 사과 재배에서 벼과인 청보리, 호밀, 콩과인 헤어리베치, 레드클로버를 피복작물로 이용 시 유기 사과과원의 토양 화학성분 변화, 토양미생물 군집밀도에 미치는 영향과 DGGE 분석에 의한 전체미생물상 변화, 그리고 pyrosequencing을 통한 미생물 종다양성 분석을 통해 토양미생물 관리에 유용한 초종을 선발하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

시험장소 및 피복식물 처리방법 토양의 화학성분과 미생물상 분석은 국립원예특작과학원 사과시험장내의 유기 사과시험포장에서 2011년 사과나무의 수관하부에 피복식물을 재배하여 분석하였다. 사과의 품종은 후지를 이용하였고 피복식물은 화본과에 속하는 호밀 (*Secale cereal*), 청보리 (*Hordeum vulgare*) 2종과 콩과에 속하는 레드클로버 (*Trifolium pretense*), 헤어리베치1호 (*Vicia villosa*) 2종을

처리하였고 대조구로는 무처리인 자연초종 발생 시험구를 선정하여 조사하였다. 각 시험구의 크기는 4 m x 6 m로 식재 사과나무를 중심으로 양쪽의 수관하부에 피복식물을 처리하였다. 피복식물은 호밀 20 kg 10a⁻¹, 청보리 15 kg 10a⁻¹, 레드클로버 4 kg 10a⁻¹, 헤어리베치1호 8 kg 10a⁻¹을 3월 25일 춘파 파종하였다. 피복식물은 양분공급원으로 그대로 지표면에 두어서 자연고사 시켰다.

토양시료 채취 및 근권토양 화학성분 분석 토양미생물 조사를 위한 토양시료는 대조구인 자연초생구와 피복작물 처리구별 피복작물 발생정도에 따라 4월과 8월에 표토를 제거 후, 깊이 10 cm 정도 깊이로 채취하였다.

토양 화학성분 분석을 위해서는 피복작물별 6월에 토양시료를 채취하여 음건시킨 후 2 mm 체를 통과한 토양시료를 분석에 이용하였다. 토양 화학분석은 국립농업과학원 토양화학분석법 (NIAST, 2010)에 준하여 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양 총질소 및 총탄소 함량은 Elemental analyzer (Vario Max CN, Elementar, Germany), 유효인산은 Lancaster 법을 이용하여 비색정량하였다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등 치환성양이온은 1N Ammonium acetate로 침출하여 유도결합플라즈마 발광광도계 (ICP, Intergra, GBC, Australia)로 분석하였다.

미생물 군집밀도 조사 채취한 토양 10 g을 90 ml의 멸균된 0.85% NaCl 용액에 넣어 진탕배양기 (Vision Co., Bucheon, Korea)에서 200 rpm으로 30분간 현탁하였다. 현탁액은 일련의 희석계열을 만든 후, 세균은 cycloheximide (0.05 g L⁻¹)를 첨가한 R2A agar (NA, Difco, Detroit MI)배지에, 사상균은 chloramphenicol (0.02%)을 첨가한 R2A agar (Difco, Detroit MI) 배지에, 방선균은 sodium caseinate agar 배지에 도말하여 배양하였다. 도말된 평판은 세균의 경우 28°C에서 2일간, 방선균은 4일간, 사상균은 5일간 배양한 후 출현한 colony를 계수하였다. 각 시료당 미생물 수는 3개의 petridish에 나타난 colony를 각각 계수한 후 평균한 값을 생균수 (colony forming unit : CFU g⁻¹ 건토)로 산출하였다.

DGGE (Denaturing gradient gel electrophoresis) 분석 대조구와 피복작물별 토양에서 전체 토양미생물 군집의 변화가 있는지 조사하기 위해 DGGE 분석을 수행하였다. 토양 미생물로부터 DNA는 FastDNA Spin Kit (Qbiogen, Carsbad, U.S.A.)를 사용하여 추출하였으며, 16S rRNA 유전자를 PCR 증폭하였다. PCR을 위한 프라이머는 eubacteria의 V9 부위를 포함하도록, 1070f-5'-ATGGCTGTCGTCAGCT-3', 1392r-5'-

CGCCCGCCGCGCCCCGCGCCCGCCCGCCCGCCCCGCCCCA CGGGCGGTGTGTAC-3'이었다. PCR 반응물은 총량을 50 μL 로 하여, 5 μL 의 10x PCR buffer, 10 ng의 주형 DNA, 각 25 pmol의 양방향 프라이머, 200 μM 의 각각의 dNTP, 2.5 U의 *f-Taq* DNA polymerase (Solgent, Daejeon, Korea)를 첨가하였다. PCR 조건은 95°C에서 5분간 변성과정을 거친 후, 95°C에서 1분, 55°C에서 1분, 72°C에서 1분의 조건으로 30 cycle을 수행하였으며, 마지막으로 72°C에서 7분간 반응을 시켰다. PCR 산물은 Dcode Universal Mutation Detection System (Bio-Rad, Hercules, U.S.A)을 사용하여 변성제인 formamide가 40~70%로 농도구배된 8% 아크릴아미드젤에서 전기영동하였다. 전개된 DNA를 SYBR Green I (Cambrex BioScience, Rockland, ME, USA)과 EtBr로 염색하여 Gel Doc 2000 (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA)을 이용, UV transilluminator하에서 관찰하였다.

Pyrosequencing을 이용한 16S rRNA gene 염기서열 분석 토양으로부터 추출한 DNA를 주형으로 사용하여, 16S rRNA gene의 증폭을 위하여 fusion primer인 B16S-F (5'-CCTATCCCCTGTGTGCCTTGGCAGTC-TCAG-AC-GAG TTTGATCMTGG CTCAG-3'와 B16-8-62 (5'-CCATCTCATC CCTGCGTGTCTCCGAC-TCAG-TAGATGCG-AC-WTTACCG CGGCTGCTGG-3')를 사용하였다. PCR 반응은 10x buffer +MgCl₂ 5 μL , 10 mM dNTPs 1 μL , 20 pmol μL^{-1} primers (forward/reverse) 2 μL , 5U μL^{-1} *Taq* Polymerase (Roche, Brandord, USA) 0.25 μL , DNA template (100 ng) 1 μL 를 넣고 총 부피가 50 μL 가 되도록 dH₂O를 넣어 PCR 증폭을 하였다. PCR 반응은 Touch-down program을 사용하여 denaturation (94, 5분), denaturation (94, 30초), annealing (60, 45초), extension (72, 90초)단계를 10회 반복하면서 각 단계마다 annealing 온도를 0.5씩 낮추면서 실시한 후, denaturation (94, 30초), annealing (55, 45초), extension (72, 90초)단계를 20회 반복하였다. 증폭된 PCR 산물을 주형으로 하여 한 개의 bead 당 한 개의 DNA fragment가 부착되도록 하여, PCR을 하고 필요한 기질 및 효소와 함께 PicoTiterPlate의 well에 첨가한 뒤 GS FLX Titanium

system (Roche, Brandord, USA) 염기 서열 분석기를 이용하여 pyrosequencing반응을 진행시켰다. 얻어진 염기서열은 EzTaxon (<http://www.eztaxon.org>)의 16S rDNA sequence와 비교하여 동정하였다.

결과 및 고찰

토양 화학성분 분석 피복작물재배에 따른 토양화학성 조사결과는 Table 1에 제시하였다. 토양 화학성분의 차이는 토양미생물 군집에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 자연초생 시험구와 피복작물별 토양의 화학성분에 차이가 있는지 조사하기 위해 6월 채취토양으로부터 토양 pH, 유기물 함량, 유효인산, 양이온 등을 분석하였다 (Table 1). 토양 pH는 7.8~8.1 범위로서 유기 배 과원과 관행과원의 pH에 비해 상당히 높은 것으로 조사되었다 (Choi et al., 2011). 토양의 pH는 토양에 존재하는 양분의 유효도에 영향을 미치는데, 일반적으로 강산성 (pH 4.5)에서는 유효도가 낮아지고 약산성 (약 pH 6.5)에서는 높아지는 경향이 있다고 보고되었다. 유효인산은 279~286 mg/kg 범위로서 자연초생 시험구와 피복작물 시험구간 유의성 있는 차이는 없었으며, 사과 재배 토양 유효인산 적정범위인 200~300 mg/kg 내 수준으로 피복에 따른 과다 유효인산 농도의 우려는 없는 것으로 조사되었다. 네덜란드의 유기농재배에서 유효 인산함량은 관행재배보다 낮았다고 보고된 바 있다 (Van Diepeningen et al., 2006). 유기물 함량은 19.7~30.7 g/kg 범위로서 자연초생구와 벼과 피복작물간에 유의성 있는 차이는 없었으나, 콩과 피복작물과 비교했을 때 자연초생구에 비해 콩과 피복작물의 유기물 함량이 적은 것으로 조사되었다. 유기재배 배과원과 관행재배 배과원의 경우 재배 후기로 갈수록 온도상승으로 유기물의 무기태화 (mineralization)가 진행되어 유기물 함량이 감소되는 경향이 나타났는데 (Choi et al., 2011), 본 연구에서 레드클로버의 경우, 재배 후 65일 경과 후 유기물 함량이 현저히 떨어지는 것으로 조사되어 이는 차후 면밀한 조사가 필요한 것으로 사료되었다. 치환성 양이온인 칼륨함량에서 호밀과 레드클로버 시험

Table 1. Soil chemical properties in control soil and soils covered with barley, rye, red clover and hairy vetch.

Parameter	pH	OM	P	Exch. Cation		
				K	Ca	Mg
	(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----		
Control	8.1	30.7	281	0.85	6.4	1.86
Rye	7.8	29.1	286	0.78	5.6	1.88
Barley	7.9	26.7	279	0.86	5.5	1.67
Red clover	7.9	19.7	283	0.79	5.5	1.81
Hairy vetch	7.9	24.5	286	0.97	5.4	1.71

구는 자연초생구에 비해 다소 낮은 것으로 조사되었고, 헤어리베치1호의 경우 자연초생구에 비해 높은 것으로 조사되었다. 칼슘 함량은 자연초생구에 비해 피복작물들에서 다소 낮은 것으로 나타났으며, 마그네슘 함량은 청보리와 헤어리베치1호에서 자연초생구에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 유기질 비료의 사용으로 토양중의 유기물 함량증가와 이에 따른 지속적인 분해는 높은 수준의 치환성 양이온 함량을 유지시킨다고 하였으나 본 연구에서는 재배초기에 큰 차이를 보이지 않아 피복작물 수확 및 사용 후의 변화를 조사하여야 할 것으로 사료되었다.

토양미생물 군집밀도 분석 자연초생구와 피복작물 토양시료를 시기별로 채취하여 미생물 군집밀도 변화를 조사하였다 (Table 2). 4월과 8월 토양시료의 토양미생물 군집밀도 조사결과 세균 군집밀도는 자연초생구에서는 두 토

양간 큰 차이가 나타나지 않았으며, 호밀과 레드클로버 처리구는 4월 토양에 비해 8월 토양에서 증가하는 경향을, 청보리와 베치 처리구에서는 4월토양에 비해 8월 토양에서 다소 감소하는 경향을 보였다. 전체적으로 8월 토양에서는 자연초생구에 비해 호밀과 레드클로버 시험구의 세균 군집밀도가 다소 높은 것으로 분석되었다. 방선균 군집밀도는 4월 토양시료에 비해 8월 토양이 약 1.8 ~ 3.6배 정도 높은 것으로 조사되었다. 자연초생구와 비교해서 8월 토양에서는 청보리 시험구의 방선균 군집밀도가 약간 높은 것으로 나타났다. 진균 군집밀도도 8월 토양에서 2.2 ~ 3.8배 정도 증가하였으며 자연초생구에 비해 헤어리베치1호 시험구의 군집밀도가 약간 높은 것으로 조사되었다. 미생물 생체량은 가용성 질소의 주요공급원이고 유기질 비료를 사용함에 따라 미생물 생체량이 증가되어 토양의 가용성 질소가 축적된다는 보고가 있으며 (Sakamoto and Oba,1993), 일반적으로

Table 2. Number of microbes in control and cover plant treated soils of apple orchard.

Microbes	Month	Control	Cover plant			
			Rye	Barley	Red clover	Hairy vetch
Bacteria (x10 ⁶)	Apr.	220±54 [†]	271±61	606±10	196±55	203±87
	Aug.	233±59	353±14	180±33	435±96	170±43
Actinomycetes (x10 ⁵)	Apr.	29.9±12	46.2±16	35.7±11	26.5±4	37.6±8
	Aug.	101.0±30	84.0±16	121.6±24	96.6±34	58.0±5
Fungi (x10 ⁵)	Apr.	35±19	28±10	42±13	27±12	28±10
	Aug.	86±5	67±6	96±15	60±7	107±11

[†]colony forming unit(CFU)/g fresh weight ±standard deviation from three replications.

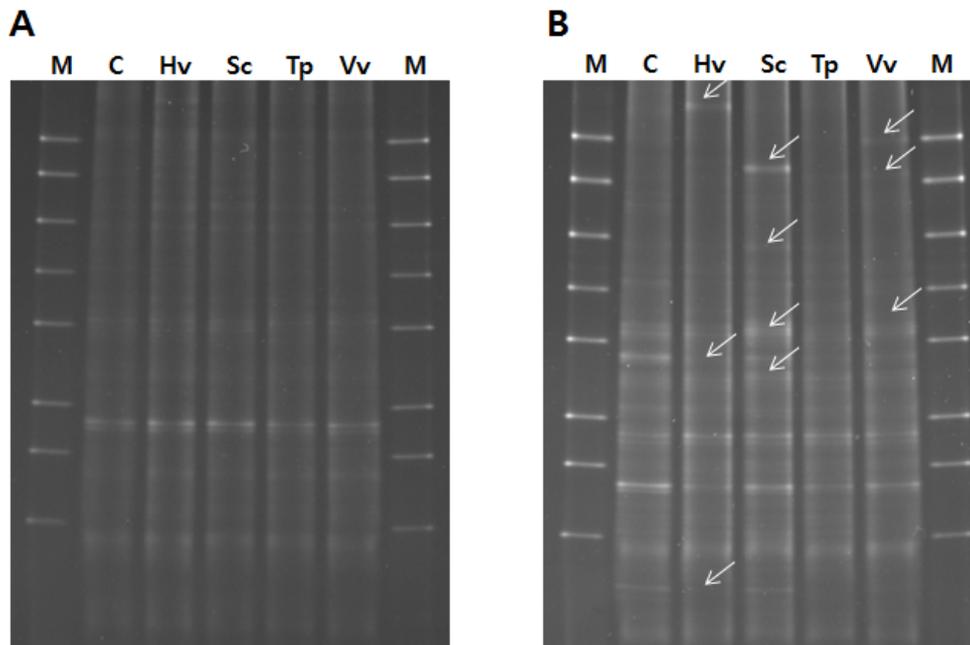


Fig. 1. DGGE analysis of 16S rDNA V9 region obtained after PCR amplification with eubacterial primers 1070f and 1392r. DGGE profile for April (A) and August (B) field soils of control (C), barley (Hv), rye (Sc), red clover (Tp) and hairy vetch (Vv). M, DGGE molecular marker

밭토양에서 녹비작물을 장기적으로 연용할 경우 토양은 바실러스균과 그람음성 세균이 우점하는 경향이 있다고 하였다 (Suh et al., 2010).

DGGE 분석 자연초생구와 피복작물별 토양으로부터 DNA를 추출하여 DGGE 방법을 이용하여 분석한 결과 4월 토양에서는 자연초생구와 피복작물간 차이는 나타나지 않았다. 검출된 band의 위치나 강도가 모든 시험구에서 유사한 것으로 조사되었다. 반면 8월 토양에서는 band의 다양성이 나타났으며, 자연초생구에 비해 청보리는 3개의 주요한 차이를 보이는 band가 나타나는 것으로 분석되었고, 호밀은 4개 밴드가 차이가 나는 것으로 분석되었다. 레드클로버에서는 자연초생구와 비교하여 차이 나는 band가 없었으며, 헤어리베치의 경우 3개 정도의 위치나 강도에 차이를 보이는 band가 나타나는 것으로 조사되었다 (Fig. 1). DGGE band의 intensity가 높다는 것은 개체군의 수가 많다는 것을 의미한다. 또한 같은 위치의 band는 같은 종의 미생물일 수도 있고 다른 종의 미생물이 혼재할 수도 있어 차이가 나는 band 들의 정밀한 분석이 요구되어질 것으로 사료된다.

Pyrosequencing을 이용한 토양미생물 군집 분석

Pyrosequencing 방법으로 자연초생구와 피복작물구 토양미생물 군집을 분석한 결과, 자연초생구는 3,211개 (average length=448.6 bp), 청보리는 2,005개 (average length=437.11 bp), 호밀은 1493개 (average length=437.11 bp), 레드클로버는 2,405개 (average length=437.11 bp), 헤어리베치는 3421개 (average length=437.11 bp)의 16S rRNA gene sequence를 획득하였다. Phylum 수준에서 미생물의 분포비율을 비교한 결과, 자연초생구 토양미생물은 *Proteobacteria* (38%),

Acidobacteria (17%), *Actinobacteria* (13.7%), *Firmicutes* (8.4%), *Bacteroidetes* (6.8%) 순으로 분포하였고, 청보리는 *Proteobacteria* (32.9%), *Actinobacteria* (32.3%), *Firmicutes* (12%), *Acidobacteria* (5.8%), *Bacteroidetes* (5.4%)순으로, 호밀은 *Proteobacteria* (40.1%), *Actinobacteria* (16.9%), *Acidobacteria* (15.5%), *Chloroflexi* (8%), *Bacteroidetes* (5.2%) 순으로 분포하였다. 레드클로버는 *Proteobacteria* (37.9%), *Actinobacteria* (17.3%), *Acidobacteria* (14.6%), *Chloroflexi* (7.6%), *Firmicutes* (5.7%)의 순으로 헤어리베치는 *Proteobacteria* (39.3%), *Actinobacteria* (15.9%), *Acidobacteria* (15.8%), *Firmicutes* (8.7%), *Chloroflexi* (5.4%)의 순으로 분포하는 것으로 조사되었다 (Fig. 2). Phylum수준에서의 우점미생물

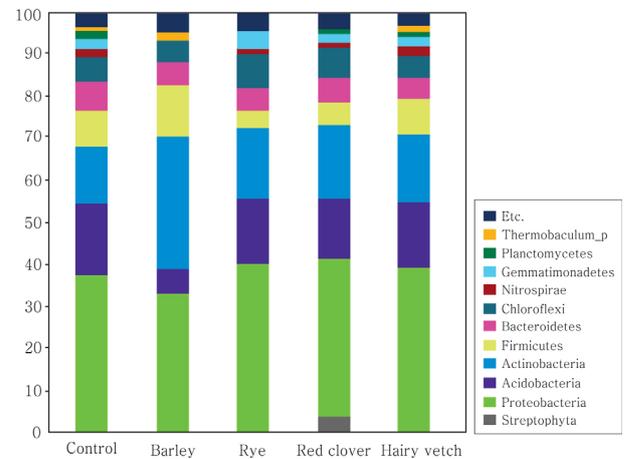


Fig. 2. Bacterial composition in control soil and soils covered with barley, rye, red clover and hairy vetch by pyrosequencing analysis. Relative abundance of operational taxonomic units classified to each taxon was determined with partial sequences of bacterial 16S rRNA genes from soils by EzTaxon.

Table 3. Phylogenetic distribution of the dominant isolates obtained from control and cover plant soils.

Bacteria	Cover plant				
	Control	Rye	Barley	Red clover	Hairy vetch
Proteobacteria	38.0	40.1	32.9	37.9	39.3
Actinobacteria	13.7	16.9	32.3	17.3	15.9
Acidobacteria	17.0	15.5	5.8	14.6	15.8
Firmicutes	8.4	4.5	12.0	5.7	8.7
Chloroflexi	5.7	8.0	5.0	7.6	5.4
Bacteroidetes	6.8	5.2	5.4	5.2	4.8
Gemmatimonadetes	2.2	3.8	-	1.7	2.5
Nitrospirae	2.2	2.0	-	1.5	2.5
Planctomycetes	1.7	-	-	1.3	1.6
Thermobaculum_p	1.1	-	2.4	-	1.1
Streptophyta	-	-	-	3.5	-
Etc.	3.1	4.0	4.3	3.7	2.4
Total	100	100	100	100	100

분포비율은 자연초생구와 피복작물간 큰 차이는 보이지 않았으나, 청보리에서 전체미생물 중 *Actinobacteria*의 분포비율이 다른 토양에 비해 두배 이상 높은 것 (33%)으로 조사되었다 (Table 3). 토양 중 방선균은 영양 순환, 각종 유기물의 분해, 특히 난분해성 유기물 분해에 중요한 역할을 하며, 유익한 토양부식토 생성에 관여하며, 식물병원균, 곤충과 잡초의 생물학적 방제에서도 기능을 하는 것이 보고되어 있다 (Kennedy, 1999; Heuer et al., 1997a). 여기에 방선균 대사산물은 항생제, 효소 및 생활성 물질을 만들어내는 원료이기도 하다 (Heuer et al., 1997a). 방선균은 그람 양성균 중에서 high G + C의 분류군으로서 정의되며 (Embley et al., 1994), 토양에서 전체 개체군의 30%이상을 차지한다 (Kennedy, 1999). 농업적인 측면에서는 토양 속 동식물의 사체를 분해하여 무기물로 변화시켜 토양을 비옥하게 만든다. 청보리 피복작물 토양에서는 농업적으로 유익한 *Actinobacteria*의 분포비율이 증가하였으므로 이의 시용 후 유기농 사과의 생육에 미치는 영향을 면밀히 조사 분석해야 할 것으로 사료된다.

요 약

최근에 소비자들의 안전 농산물에 대한 관심과 정부의 정책적인 친환경농업에 대한 지원으로 유기 과수 재배는 지속적으로 발전되어 왔다. 본 연구는 피복 작물별 유기 사과과원의 토양 화학성 및 시기별 토양미생물에 대한 비교분석을 통해 피복작물의 토양미생물상 영향을 구명하고 유기농 법에 의한 과수재배법을 확립하고자 수행되었다.

피복작물은 벼과 작물인 호밀, 청보리와 콩과 작물인 레드클로버와 헤어리베치를 대상으로 하였다. 사과과원에서 피복처리에 의한 토양화학성분 변화는 자연초생구에 비하여 큰 차이를 보이지 않았으며 피복작물 처리간에도 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 토양 pH는 7.8~8.1 범위로서 유기 배 과원 관행과원의 pH에 비해 상당히 높은 것으로 조사되었다. 유효인산은 자연초생시험구와 피복작물 시험구간 유의성있는 차이는 없었다. 유기물 함량은 자연초생구와 벼과 피복작물간에 유의성 있는 차이는 없었으나, 콩과 피복작물과 비교했을 때 자연초생구에 비해 콩과 피복작물의 유기물 함량이 적은 것으로 조사되었다. 치환성 양이온인 칼륨함량에서 호밀과 레드클로버 시험구는 자연초생구에 비해 다소 낮은 것으로 조사되었고, 헤어리베치의 경우 자연초생구에 비해 높은 것으로 조사되었다. 칼슘 함량은 자연초생구에 비해 피복작물들에서 다소 낮은 것으로 나타났으며, 마그네슘 함량은 청보리와 헤어리베치에서 자연초생구에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 토양미생물 군집밀도 조사결과 8월 토양에서 자연초생구에 비해 호밀과 레드클

로버 시험구의 세균 군집밀도가 다소 높은 것으로 분석되었으며 방선균 군집밀도는 자연초생구와 비교해서 청보리가 약간 높은 것으로 나타났다. 진균 군집밀도도 8월 토양에서 자연초생구에 비해 헤어리베치 시험구의 군집밀도가 약간 높은 것으로 조사되었다. Pyrosequencing을 통해 처리구별 배양균 및 비 배양균의 군집조성을 비교한 결과 청보리로 피복한 사과과원 토양의 방선균 분포비율이 다른 토양에 비해 2배 이상 높은 것으로 조사되었다.

본 연구는 피복작물에 따른 토양미생물상 영향을 조사한 것으로서 사과과원의 효과적인 유기물 분해와 양분공급을 위한 피복작물 선정의 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 지원 (과제번호: PJ9070682011)에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

- Cardina, J. 1995. Biological weed management. In: Smith, A.E. (Ed.), Handbook of Weed Management Systems. pp. 279-341. Marcel Dekker, New York, USA.
- Celette, F., A. Findeling, and C. Gary. 2009. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.* 30: 41-51.
- Choi, H.S., L. Xiong, W.S. Kim, Y. Lee, and H.J. Jee. 2011. Comparison of soil physico-chemical and microbial characteristics in soil of 'Nittaka' pear orchards between organic and conventional cultivations. *Korean J. Organic, Agric.* 19(2): 229-243.
- Choi, K.H., D.H. Lee, Y.Y. Song, J.C. Nam, and S.W. Lee. 2010. Current status on the occurrence and management of disease, insect and mite pests in the non-chemical or organic cultured apple orchards in Korea. *Kor. J. Organic Agric.* 18: 221-232.
- Duxbury, J.M., M.S. Smith, and J.W. Doran. 1989. Soil organic matter as source and a sink of plant nutrients, In: Coleman, D. C. et al. (eds.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems, pp. 33-68. Univ. Hawaii Press, Honolulu, USA.
- Embley, T.M. and E. Stackebrandt. 1994. The molecular phylogeny and systematics of actinomycetes. *Annu. Rev. Microbiol.* 48: 257-289
- Evans, J.R. and I. Terashima. 1987. Effects of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach, *Aust. J. Plant Physiol.* 14: 281-292.
- Fisk, J.W. and O.B. Hesterman. 2001. Weed suppression by

- annual legume cover crops in no-tillage corn. *Agron. J.* 93: 263-298.
- Granatstein, D. 2002. North American trends for organic tree fruit production. *Compact Fruit Tree.* 35: 83-87.
- Heuer, H., M. Krsek, P. Baker, K. Smalla, and E.M.H. Wellington. 1997a. Analysis of actinomycete communities by specific amplification of genes encoding 16S rRNA and gel-electrophoretic separation in denaturing gradients. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 3233-3241
- Kennedy, A.C. 1999. Bacterial diversity in agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 65-76
- Kuo, S. and U.M. Sainju. 1997. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Sci.* 61: 145-152.
- McGill, W.B., K.R. Cannon, J.A. Roberson, and F.D. Cook. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic carbon in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil. Sci.* 66: 1-19
- NIAST. 2010. Methods of Soil Chemical Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Peck, G.M., P.K. Andrews, C. Rhichter, and J.P. Reganold. 2005. Internationalization of the organic fruit market: The case of Washington State's organic apple exports to the European Union. *Rennewable Agr. Food Sys.* 20: 101-112.
- Petersen, J. and A. Rover. 2005. Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 55-63.
- Ramos, M.E., E. Benitez, P.A. Garcia, and A.B. Robles. 2010. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 44: 6-14.
- Sakamoto, K. and Y. Oba. 1993. Relationship between available N and soil biomass in upland field soils. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 64: 42-48.
- Suh, J.S., J.S. Kwon, and H.J. Noh. 2010. Effect of the long-term application of organic matters on microbial diversity in upland soils. *Korean J. Soil. Fert.* 43: 987-994.
- Wyland L.J., L.E. Jackson, W.E. Chaney, K. Klonsky, S.T. Koike, and B. Kimple. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agric. Ecosyst. Environ.* 59: 1-17
- Young, G. 2002. A fieldman's perspective on growing and packing organic fruit. *Compact Fruit Tree* 35: 90-91.
- Van Diepeningen, A.D., O.J. de Vos, G.W. Korthals, and A.H.C. van Bruggen. 2006. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Appl. Soil Ecol.* 31: 120-135.