Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2014;33(1):9-16. Korean
Published online 2014 February 24. http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2014.33.1.9

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

녹비작물의 파종시기와 방법이 무농약 배과원의 시기별 토양화학성과 엽내 무기성분, 과실품질에 미치는 영향

임경호,[1,2] 최진호,[1] 김월수,[3] 김현지,[2] 송장훈,[1] 조영식,[1] 임순희,[1] 정석규,[4] 최현석[4*]

[1]국립원예특작과학원 배시험장, [2]전남농업기술원 친환경연구소, [3]전남대학교 원예학과, [4]대구가톨릭대학교 화훼원예학과

Seasonal Soil and Foliar Nutrient Concentrations, and Fruit Quality in a Pesticide-Free Pear Orchard as Affected by Seeding Timing and Method of Cover Crops

Kyeong-Ho Lim,[1,2] Jin-Ho Choi,[1] Wol-Soo Kim,[3] Hyun-Ji Kim,[2] Jang-Hoon Song,[1] Young-Sik Cho,[1] Sun-Hee Yim,[1] Seok-Kyu Jung[4] and Hyun-Sug Choi[4*] ([1]Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju, Jeollanam-do 520-821, Korea, [2]Environmentally-Friendly Research Center, Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju, Jeollanam-do 520-715, Korea, [3]Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 500-070, Korea, [4]Department of Floriculture, Catholic University of Daegu, Gyeongsan, Gyeongsangbuk-do 712-702, Korea)

Received: 31 October 2013 / Revised: 5 February 2014 / Accepted: 24 February 2014
Copyright ⓒ 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: This study was conducted to investigate the effects of seeding timing and method of rye and/or hairy vetch on seasonal soil and foliar nutrient concentrations as well as fruit quality in a pesticide-free pear orchard.
METHODS AND RESULTS: The treatments included as followed: single seeding of rye in September (Sep-Mono), November (Nov-Mono), and January (Jan-Mono), or mix seeding of rye+hairy vetch in November (Nov-Mix) and January (Jan-Mix), or sod culture as a control. Cover crops or vegetation was mown and mulched on the soil surface in April and May for two years. Nov-Mix treatment produced the highest dry matter weight of 12,070 kg ha^{-1}, with the lowest dry matter weight for sod culture (6,520 kg ha^{-1}), following Jan-Mix (7,030 kg ha^{-1}). Nov-Mix treatments increased potential amount of N, P, and K from the raw materials of the cover crops as well as improved soil physical properties. Nov-Mix treatments overall elevated soil pH, EC, organic matter, and P_2O_5 in May compared to other cover crop treatments or sod culture. The difference of the seasonal nutrient concentrations in leaves or fruit qualities were not consistently occurred amongst treatments.
CONCLUSION: Nov-Mix treatments showed playing role in a substitute of a chemical fertilizer. Delayed seeding of cover crops such as Jan-Mix did not increase the potential dry matter production due to the short growing period, and the seeding time would affect the dry matter production of cover crops.

Key words: Cover crop, Fruit quality, Nutrient, Pear, Soil

*교신저자(Corresponding author): Hyun-Sug Choi
Phone: +82-53-850-3279; Fax: +82-53-850-3279;
E-mail: hchoiuark@gmail.com

서 론

무농약 인증기준의 배 과수원의 허용 시비량은 일반 관행농의 시비량 대비 30% 수준인 질소 6.66 kg - 인산 4.33 kg - 가리 5.99 kg/10 a으로 시비량이 절대 부족한 현실이다

(Environmentally-Friendly Agriculture Research Center, 2010). 유기농업에서 작물생장을 위해 요구되는 질소공급은 두과작물재배에 의한 질소고정이나 녹비작물 잔사에 함유된 유기물의 분해로 공급되는 무기태질소 또는 추가적인 유기질 비료의 시용으로 가능하다(Fageria *et al.*, 2005; Barker, 2010). 하지만 녹비작물의 탄질율(탄소:질소율)에 따라 분해율이 달라지는데, 탄질율이 낮은 헤어리베치는 질소무기화율(N-mineralization)이 높아서 분해 후 단기간에 토양에 많은 양의 무기태질소를 공급하고 반대로 화본과작물은 탄질율이 높아서 소량의 무기태질소를 공급한다(Rosecrance *et al.*, 2000; Fageria *et al.*, 2005; Sainju *et al.*, 2005; RDA, 2009; Barker, 2010; Lawson *et al.*, 2013). 질소고정이 뛰어난 헤어리베치의 생육이 왕성하면 휴경기인 겨울과 봄철에 질산태 질소의 용탈로 토양수를 오염시킬 수 있으므로, 흡비력이 좋은 화본과인 호밀을 혼파하면 질소과잉을 감소시키고 본작물(cash crop)의 무기태질소 공급에도 효과적일 수 있다(Rosecrance, 2000). 호밀은 토양의 유기물 함량을 증가시키고 물리성 개선에도 효과적이므로 국내에서도 가을 녹비작물로 많이 이용되고 있다.

영년생인 배나무는 재배기간 초기(봄철)에는 저장양분이 있는 수피로부터 양분을 이용하여 영양생장을 하고, 개화 30일 후에는 주로 토양으로부터 흡수되는 물이나 양분을 이용하여 영양생장과 생식생장을 지속시킨다(Weinbaum, 2007). 배나무가 토양으로부터 양분공급이 필요한 시기인 5월이나 6월에 겨울 녹비작물이 분해가 빠르게 진행된다면 영양생장을 위한 수요와 공급 측면에서 효과적이다고 할 수 있겠다. 호밀과 헤어리베치를 이용하여 배과원에 시기별(9～12월)로 단파하였을 때 또는 동일시기(10월중순)에 두 초종을 단파나 혼파 하였을 때 환원되는 양분량도 달라졌다(Lim *et al.,* 2011; Lim *et al.,* 2012). 따라서 이러한 두 초종을 이용하여 시기별로 단파나 혼파 처리하였을 때 토양중 무기성분량이나 토양물리성 또는 배나무 생장과 과실품질에도 영향을 미칠 것으로 판단되나 이에 대한 연구는 미비한 실정이다.

전남지역의 배 친환경 인증 농가수는 증가 추세에 있으나 대부분이 저농약 인증단계에 머물러 있다. 무농약이나 유기재배 배 과수원도 점차 증가하고는 있지만 여전히 무농약 재배에 알맞은 시비관리 체계와 화학비료 대체 기술이 정립되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 무농약재배 배 과수원에서 화학비료 대체를 위한 최적의 녹비작물의 파종시기와 방법을 규명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 처리방법

본 시험은 전남 영암군 덕진면 금강리(위도; 34.8 °, 경도; 126.7 °)에 위치한 개인 농가에서 수행하였다. 시험 수행기간인 2006, 2007, 2008년에 영암 인근지역의 재배기간 동안(5～10월) 평년온도는 각각 21.9°C, 22.1°C, 22.7°C (KMA, 2006～2008)이었다(30년간 평균 온도; 21.7°C). 강수량은 2006, 2007, 2008년에 각각 1,270 mm, 1,326 mm, 795 mm(30년간 평균 강수량; 1,082 mm)으로 강수량이 시험 첫 2년 동안은 평년보다 많은 것으로 관찰되었다.

시험재료는 배 '신고' 품종 9년생을 이용하였으며 시비량은 무농약재배 배 과수원 허용시비량(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010)에 준하여 질소-인산-칼리를 10 a당 각각 6.7-4.3-6.0 kg의 화학비료를 시비하였다. 대조구인 방임초생구는 허용 시비량에서 부족한 량을 유기질비료(유박)를 이용하여 질소량 13.3 kg/10 a에 맞추어서 추가로 시비하였고, 녹비작물 처리구는 부족한 시비량을 추가 시비 없이 녹비작물을 재배하여 과수원에 환원하여 주었다.

시험처리에 이용된 녹비작물인 호밀과 헤어리베치의 품종은 각각 '단코'와 '마베초'를 이용하였다. 호밀과 헤어리베치 파종 시기와 방법에 대한 시험으로 파종 시기는 2006년부터 2007년까지 2년 동안 9월 하순, 10월 중순, 11월 중순, 1월 하순에 파종하였다. 파종방법은 호밀 단파는 16 kg/10 a을, 호밀과 헤어리베치 혼파는 호밀 6.4 kg/10 a + 헤어리베치 3.0 kg/10 a로 파종하여 이듬해 4월과 5월에 두차례 예초하였다. 각각의 처리내용에 대한 요약은 다음과 같다. 호밀 9월 하순 파종(9월 단파), 호밀 11월 중순 파종(11월 단파), 호밀 1월 하순 파종(1월 단파), 호밀+헤어리베치 11월 중순 파종(11월 혼파), 호밀+헤어리베치 1월 하순 파종(1월 혼파), 방임초생(대조구)으로 구성하였다. 녹비작물은 예초 후 잔사를 토양 안에 환원시키지 않고 지표면 위에 그대로 두어서 자연 고사시켰다. 2년간 처리에 따른 시험조사 및 분석은 3년차인 2008년에 수행하였다.

조사항목

녹비작물의 생육조사는 초장은 지면으로부터 최장엽 선단까지의 길이를 조사하고 줄기 수는 2엽 이상 출현된 것을 측정하였다. 이후 수관 주위 1 m^2에서 예초한 녹비를 수확하여 3일간 70～80°C의 건조기에 넣은 후 건물중을 측정하고 마쇄시켜 40mesh 체로 거른 후에 무기성분 함량 측정용 시료로 사용하였다. 식물체 분해는 습식분해법(RDA, 2000)으로 하였는데 전질소는 Kjeldahl법으로 인은 Vanadate법으로, 칼륨은 ternary용액(HNO_3: H_2SO_4: $HClO_4$, 10:1:4, v/v/v)으로 가열분해하여 원자흡광도(ICP-AES, PU 9000, Pye-Unicam Ltd., Cambridge, England)로 측정한 성분에 녹비작물의 건물중을 곱하여 양분 환원량으로 환산하였다.

배 과원의 0～30 cm 깊이의 토양을 4월 19일, 5월 31일, 7월 18일, 8월 3일에 채취하였고, 시험토양의 화학성은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법(RDA, 2000)에 따라 토양 pH는 초자전극으로, 유기물 함량은 Walkely-Black법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온인 가리는 초산암모늄 추출법으로 측정하였다. 토양물리성은 8월초에 core (용량 100 mL)를 이용하여 주간에서 1.5 m 떨어진 위치에서 10 cm 깊이로 시료를 채취하여, 토양과 core의 전 중량과 105°C 건조기에서 건조한 무게를 평량한 건토 중량법으로 용적밀도와

공극률을 환산하였다(RDA, 2000).

배나무 엽의 질소와 인, 칼륨 농도는 5월 30일, 7월 6일, 그리고 8월 16일에 신초의 중간 위치에 있는 엽을 주당 50매 정도를 임의로 채취하여 위에서 언급한 녹비작물의 무기성분 분석 방법으로 측정하였다. 10월초에 배과실을 수확하여 전자저울로 과중을 조사한 후, 과실 중간면의 과피를 제거하여 착즙한 과즙으로 굴절당도계(Refractrometer, Atago, Japan)로 당도를 확인하였고, 과실경도계(TA-XT2, Texture technologies Corp., Scarsdale, NY, USA)로 경도를 조사하였다. 과피색은 색차계(Minolta CR-300, Japan)로 Hunter value L^*, a^*, b^*값으로 표시하였다. L^*은 과피의 밝기를, a^*와 b^*는 각각 과피의 적색과 황색의 정도를 나타내었으며, 값이 클수록 각 값의 과피색이 진함을 의미하였다.

통계분석

배과수원의 경사지 중간 지점에 위치한 배나무를 무작위로 선정하여 1주 1반복으로 완전임의 배치법 5반복으로 처리하였다. 시기별 무기성분 분석은 표준오차를 이용하였고, 그 이외의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS version 8/2, NC, USA)을 이용하여 처리평균 간의 유의성 검증인 95% 신뢰수준으로 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

결과 및 고찰

11월 단파처리(Nov-Mono; 11월 호밀파종)가 4월(1차 예초)과 5월(2차 예초)에 초장이 길고 줄기수가 많았고, 생엽수는 11월 혼파(Nov-Mix; 11월 호밀+11월 헤어리베치 파종)이 가장 많았다(Table 1). 1월 혼파(Jan-Mix; 1월 호밀+1월 헤어리베치 파종)는 초장이 짧고 줄기수가 적었다. 건물중은 방임초생재배(Sod) 652 kg/10 a 대비 11월 혼파 1,207 kg, 11월 단파 1,053 kg, 9월 단파(Sep-Mono; 9월 호밀파종)는 994 kg, 1월 단파(Jan-Mono; 1월 호밀파종) 849 kg 순으로 높았다(Table 2). 1월 혼파는 703 kg으로 녹비작물 처리구중 건물중이 가장 낮아 호밀과 헤어리베치의 생육 특성상 저온에 비교적 강하긴 하지만 파종 적기와 관련이 있는 것으로 판단된다. 전남 보성지역의 배과원에서는 9월과 10월의 혼파가 11월 혼파 처리보다 높은 건물중을 보였는데(Lim *et al.,* 2011), 이는 장기간 녹비작물의 재배나 파종 당시 강수량과 지형에 따른 차이일 것이라고 언급하였다. 본 시험에서는 9, 11, 1월 호밀단파 처리에서 자연초종 발생량은 1월 단파에서 4배 이상 많았는데, 호밀의 늦은 파종으로 초종 발생량이 우점한 것에 따른 결과로 생각된다.

초종별 전질소 농도는 두과작물인 헤어리베치가 3.8%로 가장 높았고 호밀은 1.7～2.3%, 자연초종도 1.6～2.4% 수준으로 나타나서(Table 3), 기존에 제시된 두 녹비작물의 일반적인 농도 수준과 비슷하였다(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010). 녹비작물의 잠재적인 전질소 환원량은 11월 혼파가 33.3 kg/10 a로 가장 많았으며 1월 단파(17.8 kg/10 a), 9월 단파 또는 1월 혼파(17.6 kg/10 a), 11월 단파(17.3 kg/10 a), 방임초생(14.2 kg/10 a) 순으로 높았다(Table 4). 성목의 배나무는 당년의 영양생장을 하기 위해서 20 kg/10 a 전후의 질소량을 요구 하는데(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010), 온대성 기후의 일반 과원에서 식물잔재는 3개월 동안 약 60～70%만이 분해되었다(Tutua *et al.,* 2002; Tagliavini *et al.,* 2007)고 하여서 30～35 kg/10 a 전후의 질소량이 녹비작물로부터 필요할 것으로 판단된다. 따라서 11월 혼파를 제외하고는 모든 처리구에서 질소요구량을 충족시키지 못한 것으로 여겨져서 4월과 5월에 2회 예초하여 이용시에는 화학비료 대체가 불가능 할 것으로 판단되었다. 녹비의 질소환원량은 11월 혼파를 제외하고는 녹비 건물중과 비례하지는 않았는데, 이는 두 초종의 질소농도가 달라서 영향을 크게 받지는 않았던 것으로 분석된다.

녹비작물의 잠재적인 인 환원량은 11월 혼파(9.0 kg/10 a) > 1월 단파(6.2 kg/10 a) > 1월 혼파(6.0 kg/10 a) > 방임초생(5.9 kg/10 a) > 11월 단파(3.5 kg/10 a) > 9월 단파(2.7 kg/10 a) 순으로 나타났다(Table 4). 호밀의 경우 일반 자연초종 보다 인 농도가 낮아서 건물중이 높더라도 환원되는 총

Table 1. Cover crop growth at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment		Cover crop growth					
		Height (cm)		Leaf (No/plant)		Stem (No/m²)	
Seeding	Cover crop	Apr.	May	Apr.	May	Apr.	May
Sep-Mono	Rye	97 c	84 bc	6.7 b	4.5 c	804 b	319 b
Nov-Mono	Rye	131 a	99 a	6.3 bc	4.5 c	1,044 a	963 a
Jan-Mono	Rye	l74 e	91 ab	5.6 cd	4.4 c	363 c	337 b
Nov-Mix	Rye	118 b	92 ab	6.2 bc	4.3 c	737 b	904 a
	Vetch	85 d	61 d	11.2 a	9.0 a	193 d	81 d
Jan-Mix	Rye	58 f	75 c	5.3 d	4.4 c	137 de	193 c
	Vetch	0 g	48 e	0.0 e	7.1 b	0 e	41 d

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Table 2. Cover crop dry weight at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment		Cover crop dry wt. (kg/10 a)			
Seeding	Cut time	Rye	Vetch	Vegetation	Total
Sep-Mono	Apr.	701	0	0	701
	May	170	0	123	293
	Apr+May	871 a	0 c	123 e	994 b
Nov-Mono	Apr.	783	0	0	783
	May	160	0	110	270
	Apr+May	943 a	0 c	110 e	1,053 b
Jan-Mono	Apr.	214	0	330	544
	May	107	0	198	305
	Apr+May	321 c	0 c	528 b	849 c
Nov-Mix	Apr.	470	254	110	834
	May	174	66	133	373
	Apr+May	644 b	320 a	243 d	1,207 a
Jan-Mix	Apr.	132	0	245	377
	May	87	61	178	326
	Apr+May	219 d	61 b	423 c	703 d
Sod	Apr.	0	0	454	454
	May	0	0	198	198
	Apr+May	0 e	0 c	652 a	652 d

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Sod is referred as a sod culture.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Table 3. Nutrient concentration of cover crop at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment	Crop	Nutrient concentration (%)					
		T-N	P	K	T-N	P	K
		April			May		
Sep-Mono	Rye	1.9	0.2	3.0	1.6	0.5	2.0
	Vege.	-	-	-	1.6	0.5	2.3
Nov-Mono	Rye	1.7	0.3	2.1	1.5	0.5	2.1
	Vege.	-	-	-	1.6	0.4	3.2
Jan-Mono	Rye	2.3	0.8	2.0	1.8	0.5	2.3
	Vege.	2.4	1.0	2.8	1.6	0.4	2.9
Nov-Mix	Rye	2.1	0.8	2.1	1.8	0.5	2.4
	Vetch	4.8	0.9	3.5	3.0	0.4	2.8
	Vege.	3.2	1.1	3.7	1.9	0.5	3.2
Jan-Mix	Rye	2.6	0.8	1.7	2.1	0.5	2.6
	Vetch	-	-	-	3.2	0.4	0.9
	Vege.	2.8	1.0	3.0	2.0	1.0	3.4
Sod	Vege.	2.4	0.9	2.4	1.7	1.0	4.0

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Sod is referred as a sod culture.

인은 11월 혼파를 제외하고는 오히려 비슷하거나 낮았다. 매해 성목의 배나무가 요구하는 인은 13 kg/10 a (Environmentally-Friendly Agriculture Research Center, 2010)로 모든 처리구에서 기준량 보다 낮아서 추가적인 인산 시비가 필요하였다. 보성지역에서의 헤어리베치와 호밀의 단파 혹은 혼파처리 시험에서도 인은 시기에 상관없이 약 5 kg/10 a 전후의 환원량을 나타내어서(Lim *et al.,* 2011; Lim *et al.,* 2012), 연령별 배나무의 인산 추가량을 달리해서 공급해야 할 것으로 판단된다.

칼륨환원량은 11월 혼파 처리가 33.1 kg/10 a로 가장 높았다(Table 4). 그 다음으로 9월 단파(27.4 kg/10 a) > 11월 단파(23.2 kg/10 a) > 1월 단파(21.6 kg/10 a) > 방임초생(18.9 kg/10 a) > 1월 혼파(18.6 kg/10 a) 순으로 호밀의 건물중이 높을수록 칼륨 환원량이 높아서 호밀의 칼륨 농도가 어느 정도 영향을 끼쳤을 것으로 풀이된다(Table 3). 배나무가 생장을 위해 요구되는 가리량은 18 kg/10 a(Environmentally-Friendly Agriculture Research Center, 2010)으로 녹비작물 분해량으로 환산하면 약 30～35 kg/10 a의 칼륨이 필요하는데(Tagliavini *et al.,* 2007; Tutua *et al.,* 2002), 11월 혼파를 제외하고는 모든 처리구에서 기준 이하여서 추가적인 가리를 시용하여야 할 것으로 판단된다.

토양 0～10 cm 깊이의 토양 용적밀도와 고상은 방임초생이 가장 높았고, 1월 단파 또는 1월 혼파 처리도 높은 수준이

Table 4. Estimated Total Nitrogen, P, and K production at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment		Estimated nutrient production (kg/10 a)											
Seeding	Cut time	T-N				P				K			
		Rye	Vetch	Vege.	Total	Rye	Vetch	Vege.	Total	Rye	Vetch	Vege.	Total
Sep-Mono	Apr.	13.0	0.0	0.0	13.0	1.1	0.0	0.0	1.1	21.1	0.0	0.0	21.1
	May	2.7	0.0	1.9	4.6	0.9	0.0	0.6	1.5	3.4	0.0	2.9	6.3
	Apr+May	15.7 a	0.0 c	1.9 d	17.6 b	2.0 c	0.0 b	0.7 d	2.7 d	24.5 a	0.0 b	2.9 d	27.4 b
Nov-Mono	Apr.	13.2	0.0	0.0	13.2	2.3	0.0	0.0	2.3	16.3	0.0	0.0	16.3
	May	2.4	0.0	1.7	4.1	0.7	0.0	0.5	1.2	3.4	0.0	3.5	6.9
	Apr+May	15.6 a	0.0 c	1.7 d	17.3 b	3.0 b	0.0 b	0.5 d	3.5 c	19.8 b	0.0 b	3.5 d	23.2 c
Jan-Mono	Apr.	4.9	0.0	7.9	12.8	1.8	0.0	3.2	5.0	4.2	0.0	9.2	13.4
	May	1.9	0.0	3.1	5.0	0.5	0.0	0.7	1.2	2.5	0.0	5.7	8.2
	Apr+May	6.8 c	0.0 c	11.0 b	17.8 b	2.3 c	0.0 b	3.9 b	6.2 b	6.7 d	0.0 b	14.9 b	21.6 cd
Nov-Mix	Apr.	10.0	12.1	3.5	25.6	3.6	2.3	1.2	7.1	9.9	8.9	4.1	22.9
	May	3.2	1.9	2.6	7.7	0.9	0.3	0.7	1.9	4.2	1.8	4.2	10.2
	Apr+May	13.2 b	14.0 a	6.1 c	33.3 a	4.5 a	2.6 a	1.9 c	9.0 a	14.1 c	10.7 a	8.3 c	33.1 a
Jan-Mix	Apr.	3.4	0	6.8	10.2	1.0	0.0	2.5	2.6	2.3	0.0	7.4	9.7
	May	1.9	1.9	3.6	7.4	0.4	0.2	1.8	2.4	2.3	0.6	6.0	8.9
	Apr+May	5.3 c	1.9 b	10.4 b	17.6 b	1.5 d	0.2 b	4.3 b	6.0 b	4.6 d	0.6 b	13.4 b	18.6 d
Sod	Apr.	0.0	0.0	10.8	10.8	0.0	0.0	3.9	3.9	0.0	0.0	11.0	11.0
	May	0.0	0.0	3.4	3.4	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	7.9	7.8
	Apr+May	0.0 d	0.0 c	14.2 a	14.2 c	0.0 e	0.0 b	5.9 a	5.9 b	0.0 e	0.0 b	18.9 a	18.9 d

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Sod is referred as a sod culture.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.
T-N, Total Nitrogen

Table 5. Soil bulk density, particle size, and porosity at a 0-30 cm depth at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment	Bulk density (Mg/m^3)	Particle size (%)			Porosity (%)
		Solid	Liquid	Air	
Sep-Mono	1.39 bc	52.5 bc	31.5 a	16.0 a	47.5 ab
Nov-Mono	1.39 bc	52.4 bc	28.9 a	18.8 a	47.6 ab
Jan-Mono	1.44 abc	54.4 abc	26.7 a	18.9 a	45.6 abc
Nov-Mix	1.38 c	52.1 c	29.3 a	18.6 a	47.9 a
Jan-Mix	1.46 ab	55.1 ab	26.2 a	18.7 a	44.9 bc
Sod culture	1.47 a	55.6 a	30.2 a	14.3 a	44.4 c

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

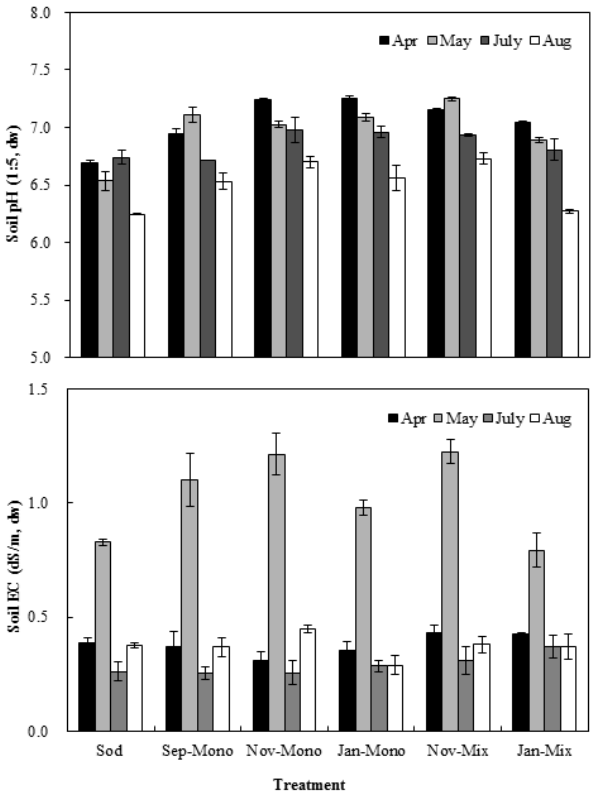
었다(Table 5). 녹비작물 처리방법에 상관없이 빠른 시기의 녹비작물 처리(9월 또는 11월 파종)는 토양 내부에 뿌리잔사량을 축적시켜(Table 2) 토양의 용적밀도 감소와 공극률 증가로 이어져서 토양물리성 개선에 효과적인 것으로 관찰되었다(Fageria *et al.,* 2005). 토양샘플은 0～10 cm 깊이에서 취하였기 때문에 녹비작물의 처리방법에 따른 토양물리성 효과는 뚜렷하게 나타나지 않았는데, 이후 연구에서는 배나무 뿌리가 70% 이상 잔존하는(Faust, 1989) 0～90 cm의 심토에서도 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

토양 0～30 cm 깊이에서 pH는 관찰시기(4, 5, 7, 8월)에

상관없이 방임초생 보다 녹비작물 처리구에서 높았는데 1월 혼파는 녹비작물 처리간 비교에서 다소 낮은 수준을 보였다(Fig. 1). 토양 pH는 모든 시험구에서 6.0～7.5 사이의 중성으로 배나무가 생장하기에 좋은 토양이화학성을 나타내었다(Reil, 2007). 4월과 5월에 예초된 녹비작물은 지표면에서 분해되어 질소의 무기화작용(질산화작용)이 촉진되면서(Koehn *et al.,* 2002) 7월과 8월의 토양 pH를 낮추는데 부분적으로 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 또한 예초 후 녹비작물의 환원은 토양 EC (Electrical conductivity, EC)를 급격히 증가시켰으며, 특히 9월 단파와 11월 단·혼파는 1.0～1.5 dS/m의 높은 수준을 보여주었다(Fig. 1). 토양용액 중에 용해되어 있는 염을 나타내는 EC가 높으면 무기성분 농도가 상대적으로 높음을 추정할 수 있으며, 일반적으로 1.0 dS/m 이상의 EC는 과수생장과 수량을 감소시켰다는 보고가 있었다(Mass, 1993). 본 시험에서 토양 EC가 높았던 9월 단파와 11월 단·혼파는 7월과 8월 조사에서 모든 처리에서 0.5 dS/m 이하를 나타내어 수체생장을 위한 장기간의 염류 장해는 없었을 것으로 판단되었다.

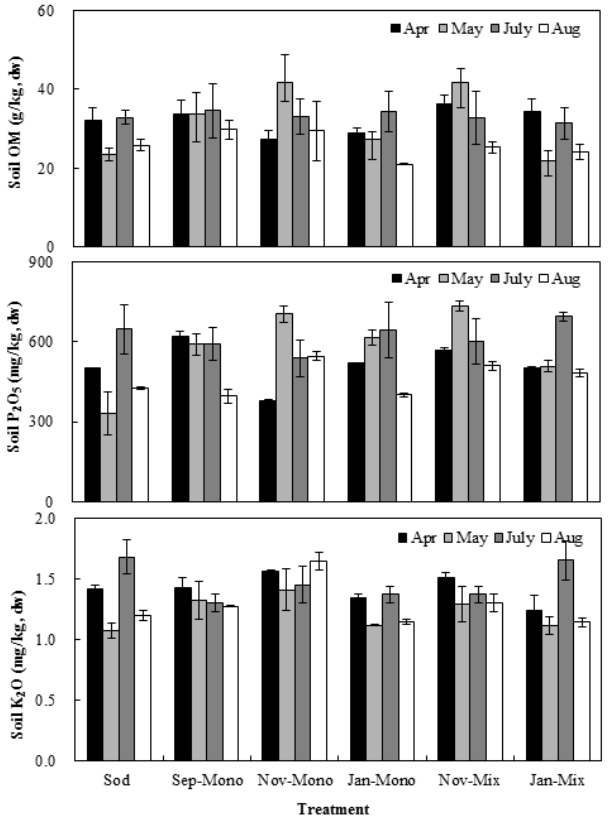
토양유기물은 녹비작물의 건물중 함량이 가장 높았던 11월 단·혼파의 5월 조사에서 4.2%로 가장 높았고, 방임초생과 1월 혼파가 각각 2.3, 2.2%로 가장 낮았다(Fig. 2). 그 외의 관찰 시기에는 방임초생을 포함한 처리간에 비슷한 유기물 수준인 2～3%를 나타내어 무농약 배 과수원도 기존의 관행과원에서 요구하는 유기물 적정수준을 보여주었다.

토양 인산과 가리도 5월 예초 후에 조사한 시기에 모든 처리구에서 방임초생보다 높았으며, 11월 단파 또는 혼파에서 가장 높았다(Fig. 2). 7, 8월의 토양중 인산과 가리농도는 처리간에 경향이 나타나지 않았다. 11월 혼파 처리는 칼륨환원량이 가장 높았지만(Table 4) 토양중 가리 농도가 다른 처리구와 비교하여 시기에 상관없이 비슷하거나 낮은 수준을 보였다. 가리는 토양에서 이동성이 높은 원소로 알려져서(Fasut, 1989) 환원량 수준과 별다른 상관관계를 보이지 않는 것으로 판단되었다. 또한 토양중 마그네슘이나 칼슘과 같은 다른 양이온 농도가 상대적으로 높아서 경쟁 작용에 의해 용탈되었을 가



Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Fig. 1. Soil pH and electrical conductivity at a 0-30 cm depth at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method.



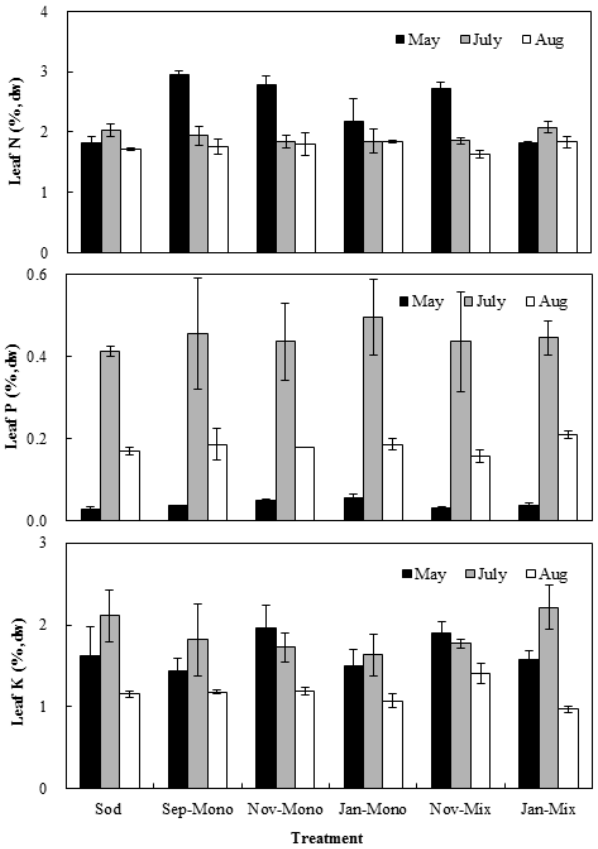
Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Fig. 2. Soil organic matter, P_2O_5, and K_2O at a 0-30 cm depth at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method.

능성도 추정된다.

배나무 엽내 질소와 칼륨 농도는 5월 조사에서 11월 단·혼파에서 방임초생 보다 높았으나, 7월과 8월의 엽중 질소와 칼륨 그리고 인 농도는 녹비작물 처리구와 방임초생이 비슷하였다(Fig. 3). 이는 조사된 배나무가 성목이어서 처리구간에 비슷한 엽농도를 보였을 것으로 판단되며, 전체적인 양분함량을 나타내는 엽함량(엽농도*엽중) 조사가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 엽중 질소와 인 그리고 칼륨농도는 7월에서 8월에 처리에 관계없이 감소하였는데, 이는 위의 세 가지 무기성분이 대사작용이 왕성한 어린 엽 부위로 이동하였기 때문에 시기적으로 농도가 감소(Faust, 1989; Westwood, 1993)한 것으로 판단되었다. 유기재배 한 사과나무의 엽내 질소와 인 그리고 칼륨농도가 시기적으로 감소하였다는 이전 보고와 일치하였다(Nagy and Holb, 2006; Choi *et al.,* 2011).

배 과실특성 조사에서는 대체적으로 처리 간에 일관성 있는 결과를 보이지는 않았다(Table 6). 9월 단파와 11월 단·혼파에서 800 g 이상의 평균과중을 보였고 방임초생과 1월



Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Fig. 3. Leaf N, P, and K concentrations at a 'Niitaka' pear trees as affected by seeding time and method.

단·혼파는 770 g 전후를 나타내었지만, 처리간에 통계적으로 유의성 있는 결과는 나타나지 않았다. 과실 당도는 9월 단파에서 12.3 °Bx로 높았고 11월단파가 11.2 °Bx로 가장 낮았다. 과실경도와 과형은 처리간에 별다른 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 과피의 밝기와 푸른색을 나타내는 착색도도 처리간에 차이가 없었으며($P > 0.05$), 과피의 적색도는 방임초생과 11월 단파 처리에서 가장 낮은 색도를 보였다.

Table 6. Fruit characteristics at a 'Niitaka' pear orchard as affected by seeding time and method

Treatment	Weight (g)	SSC (°Bx)	Firmness (N)	Shape	Hunter value		
					L*	a*	b*
Sod culture	769 a	11.8 b	2.56 a	1.21 a	63.8 a	4.59 ab	34.9 a
Sep-Mono	868 a	12.3 a	2.62 a	1.16 a	65.1 a	5.22 a	36.1 a
Nov-Mono	813 a	11.2 c	2.84 a	1.15 a	64.9 a	4.18 b	34.9 a
Jan-Mono	772 a	11.7 bc	2.62 a	1.17 a	65.1 a	5.06 a	35.4 a
Nov-Mix	801 a	12.1 ab	2.77 a	1.17 a	64.0 a	5.15 a	35.8 a
Jan-Mix	771 a	11.6 bc	2.79 a	1.22 a	64.2 a	5.35 a	36.4 a

Sep-, Nov-, or Jan-Mono are referred as rye seeding in September, November, or January.
Nov- and Jan-Mix are referred as rye+hairy vetch seeding in September, November, or January.
Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

본 시험에서는 이전에 보고된 이른 시기(9월)의 호밀 또는 헤어리베치의 단파처리는 양분환원량을 증가시켰다는 결과(Lim *et al.,* 2011)와 다소 다르게 나타나서 기후와 같은 환경적인 요인이나 파종방법이 녹비작물 생육과 양분공급량에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 11월 혼파 처리는 다량의 녹비작물 건물중을 생산하여 부족한 비료량을 추가 시용한 방임초생구와 같이 질소와 인 그리고 칼륨의 잠재적인 공급량을 증가시켜서 전반적으로 토양의 화학성과 물리성을 개선하였다. 이는 화학비료를 30%만 사용하는 무농약 인증 과원에서 적절한 녹비작물재배시기와 파종방법은 건전한 배나무로 생육하는데 충분히 가능하다는 것을 보여주는 것으로 풀이된다. 늦은 시기의 호밀이나 헤어리베치의 파종은 파종 방법에 상관없이 녹비작물의 생장기간이 짧아서 토양이나 수체 생장에 영향을 크게 끼치지는 못한 것으로 판단되었다.

결 론

본 연구는 무농약 배과원에서 녹비작물 파종시기와 방법에 따라 토양에 공급되는 환원량과 이에 따른 토양과 배나무의 잎의 무기성분의 변화와 과실품질에 미치는 영향을 조사하였다. 각각의 처리내용에 대한 요약은 다음과 같다. 호밀 9월 하순 파종(9월 단파), 호밀 11월 중순 파종(11월 단파), 호밀 1월 하순 파종(1월 단파), 호밀+헤어리베치 11월 중순 파종(11월 혼파), 호밀+헤어리베치 1월 하순 파종(1월 혼파), 방임초생(대조구)으로 구성하였고, 녹비작물과 방임초생은 총

2년 동안 4월과 5월에 두 차례 예초하여서 토양에 멀칭 하였다. 11월 혼파 처리는 녹비작물의 건물중 생산량을 1,207 kg/10 a으로 가장 크게 증가시켰고 방임초생구가 652 kg/10 a 으로 가장 낮았고, 1월 혼파도 703 kg/10 a으로 낮은 수준을 보였다. 11월 혼파처리는 녹비작물의 잠재적인 질소와 인 그리고 칼륨 공급량을 향상시켰고 토양물리성 또한 개선시켰다. 이에 따라 11월 혼파는 예초 후 5월 조사에서 전체적으로 토양의 pH, EC, 유기물, 그리고 인산 농도를 다른 처리구 또는 방임초생구 보다 증가시키는 경향을 나타내었다. 배나무의 엽의 시기별 무기성분 농도와 배과실 품질 비교는 처리 간에 일관성 있는 결과가 나타나지 않았다. 11월 혼파는 화학비료를 대체하는 역할을 보여주었다. 늦은 시기(1월)의 녹비작물파종은 재배시기가 짧아서 녹비작물로서의 기능을 보여주지 못하여 파종시기가 녹비환원량에 영향을 미친 것으로 판단된다.

Acknowledgment

We would like to thank to Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science and Jeonnam Agricultural Research and Extension Services for financial support and assistance of this project. Additional thanks go to the Catholic University of Daegu for providing assistance.

References

Barker, A.V., 2010. Management of green manuring, in: Science and Technology of Organic Farming, CRC press, Boca Raton, USA, pp. 105-112.

Choi, H.S., Rom, C.R., Gu, M., 2011. Plant performance, and seasonal soil and foliar nutrient variations in an organic apple orchard under four ground cover management systems, *J. Am. Pom. Soc.* 65, 130-146.

Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010. Organic rice manual, in: Nutrient Management Manual for Dynamic Natural Farming System, Chonnam National University Publication, Gwangju, Korea, pp. 1-166.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., Bailey, B.A., 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36, 2733-2757.

Faust, M., 1989. *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees,* pp. 53–132 A Wiley-InterScience Publication, Beltsville, USA.

Koehn, A.C., Peryea, F.J., Neilsen, D., Hogue, E.J., 2002. Temporal changes in nitrate status of orchard soils with varying management practices, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33, 3621–3634.

Lawson, A., Fortuna, A.M., Cogger, C., Bary, A., Stubbs, T., 2013. Nitrogen contribution of rye-hairy vetch cover crop mixtures to organically grown sweet corn, *Renew. Agr. Food Syst.* 28, 59-69.

Lim, K.H., Choi, H.S., Kim, H.J., Kim, B.S., Kim, D.I., Kim, S.G., Kim, J.S., Kim, W.S., Lee, Y., 2011. Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch, *J. Bio-Environ. Control* 20, 134-138.

Lim, K.H., Choi, H.S., Na, Y.G., Song, J.H., Cho, Y.S., Choi, J.J., Choi, J.H., Jung, S.K., 2012. Nutrient contribution and growth of 'Niitaka' pear trees as affected by mix-seeding and single-seeding of rye and hairy vetch, *Korean J. Intl. Agri.* 24, 70-75.

Mass, E.V., 1993. Salinity and citriculture, *Tree Physiol.* 12, 195-216.

Nagy, P.T., Holb, I.J., 2006. Study on the macronutrient content of apple leaves in an organic apple orchard, *J. Cent. Eur. Agric.* 7, 329–336.

Reil, W.O., 2007. Orchard establishment, in: Mitcham, E.J., Elkins, R.B. (Eds), Pear: Production and handling manual, University of California Agriculture and Natural Resources Publication, Oakland, USA, pp. 45-50.

Rosecrance, R.C., McCarty, G.W., Shelton, D.R., Teasdale, J.R., 2000. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures, *Plant Soil,* 227, 283-290.

Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., 2005. Biculture legume-cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen, *Agron. J.* 97, 1403-1412.

Tagliavini, M., Tonon, G., Scandellari, F., Quiñones, A., Palmieri, S., Menarbin, G., Gioacchini, P., Masia, A., 2007. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (Malus domestica) and mowed grasses in an orchard, *Agric. Ecosyst. Environ.* 118, 191-200.

Tutua, S.S., Goh, K.M., Daly, M.J., 2002. Decomposition and nitrogen release of understorey plant residues in biological and integrated apple orchards under field conditions in New Zealand. *Biol. Fertil. Soils* 35, 277-287.

Weinbaum, S.A., 2007. Nitrogen fertilization, in: Mitcham, E.J., Elkins, R.B. (Eds), Pear: Production and handling manual, University of California Agriculture and Natural Resources Publication, Oakland, CA, USA, pp. 131-134.

Westwood, M.N., 1993. *Temperate-Zone Pomology,* pp. 192–199 Timber Press, Portland, USA.