

녹비작물의 예초시기와 예초높이가 무농약 배 과원의 양분공급력에 미치는 영향*

임경호*** · 김현지**** · 김병삼***** · 황인택*** · 손동모*** · 김효중*** · 정석규***** · 최현석**

Ability to Supply Macro-nutrients as Affected by Time and Height of Mowing of Ground Cover Crops on a Pesticide-free Pear Orchard

Lim, Kyeong-Ho · Kim, Hyun-Ji · Kim, Byeong-Sam · Hwang, In-Taek ·
Son, Dong-Mo · Kim, Hyo-Joong · Jung, Seok-Kyu · Choi, Hyun-Sug

The study was compared for ability to supply macro-nutrients between time and height of mowing to establish alternate technique of a chemical fertilizer with 9-year old 'Naitaka' pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) trees in a pesticide-free orchard in 2009. Rye and hairy vetch were sown together during fall 2008. Four types of mowing time treatments were included; mowing on April 18+May 28, on April 28+June 8, on May 8+June 18, and on April 18+May 18+June 18. Mowing height treatment included mowing at 3±1 cm, 7±1 cm, and 13±1 cm on April 18 or June 8. Mowing on May 8+June 18 increased the most dry weight of ground cover and vegetation to 14,480 kg per ha among the mowing time treatments, resulting in the greatest production of T-N (total nitrogen; 292 kg) and K (396 kg) per ha on the soil. Mowing at 7±1 cm decreased the most dry weight of ground cover and vegetation to 11,970 kg per ha among the mowing height treatments, resulting in the lowest production of T-N (265 kg), P (111 kg) and K (333 kg) per ha in a soil. Ground cover treatments increased soil organic matter contents, regardless of mowing treatment methods.

Key words : hairy vetch, organic, organic matter, rye, vegetation

* 본 연구는 농촌진흥청 지역농업연구기반조성사업비 지원에 의해 수행되었음. 또한 대구가톨릭대학교 지원에도 감사드립니다.

** Corresponding author, 대구가톨릭대학교 원예학과(hchoiuark@gmail.com)

*** 전라남도농업기술원 원예연구소

**** 전라남도농업기술원 친환경농업연구소

***** 전라남도농업기술원 과수연구소

***** 대구가톨릭대학교 원예학과

I. 서 론

1990년대 후반 이후로 국민소득의 증가와 삶의 질이 향상되면서 안전한 먹거리에 대한 관심이 높아짐에 따라 친환경 농산물 시장은 국내를 포함한 유럽과 북미 등을 중심으로 확대되고 있다(Kim et al., 2015a). 친환경농산물은 건강 및 기능성 식품이라는 소비자들의 패러다임이 전환되면서 노령화가 진전될수록 친환경 식품에 대한 요구도는 높을 것으로 예상하고 있다. 하지만 국내 저농약 인증 농산물이 2016년에 폐지가 결정됨에 따라 친환경농산물 생산은 최근 몇 년 동안 정체기를 겪고 있는 실정에 있다(Kim et al., 2015a). 영년생인 과수의 친환경 생산량은 정체기간이 더욱 길어질 것으로 예측되며 이는 저농약 농산물이 친환경농산물 중 85% 이상을 차지하고 있기 때문에 풀이된다. 저농약 농산물을 대체하기 위해서는 병해충 및 잡초방제와 함께 양분관리를 위한 친환경 기술개발의 보완이 요구되고 있다.

친환경 과수 산업에 있어서 수채생장을 위한 비료원으로 공급할 수 있는 경우는 두 가지로 분류할 수 있는데, 첫째는 외부에서 퇴비와 유박 등과 같은 유기자원을 공급하여 토양의 화학성을 증가시키는 경우이다. 또 다른 한 가지는 수채 주위에서 자라고 있는 초생을 이용하거나 인위적인 녹비작물을 파종하여 어느 정도 성장하였을 때 토양에 유기물로 환원시키는 방법으로, 자원의 재활용(recycling) 측면에서 친환경 농업이 추구하는 방향과 가깝다고 할 수 있다(Barker et al., 2010). 과원에서 녹비작물을 이용한 시험이 2000년대 중반 이후로 활발히 진행되고 있으며, 녹비작물의 종류와 파종시기 등에 따라 다양한 양분 환원 효과를 가져올 수 있다(Barker et al., 2010; Heo et al., 2015; Kim et al., 2014; Lim et al., 2011; Lim et al., 2012; Lim et al., 2014; Ramos et al., 2010). 예초 수단을 달리하였을 때도 다양한 양분공급 효과를 기대할 수 있는데, 연간 예초횟수에 따라 감나무 과원에서 수확되는 자연초종의 건물중도 다른 양상을 보였다(Kim et al., 2015b). 예초시기나 예초높이 수준을 다르게 처리하였을 때에도 녹비작물이 성장하는 양상과 환원되는 건물중도 영향을 받을 것으로 예상되므로 이에 대한 세부적인 시험이 필요할 것으로 판단된다.

국내 과수의 주요 품종인 배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)나무는 10년생 이상의 성목의 경우 연간 표준시비량은 ha당 질소 200 kg, 인산 130 kg, 칼륨 180 kg 정도로 알려져 있다(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010). 호밀은 토양 내에 유기물 함량을 증가시키고 헤어리베치는 콩과작물로 질소공급량을 고정시키는 대표적인 녹비작물로 배 과원에서는 두 녹비작물을 단용 또는 혼용으로 이용해 왔다(Lim et al., 2011). 하지만 이러한 녹비작물이 성장하였을 때 예초시기와 예초높이가 어느 정도 수준에서 가장 효과적으로 표준시비량을 충족시킬 수 있는지는 검증된 바가 없다. 이에 적절한 예초시기 및 예초높이가 구명된다면 무농약 배 과원에서 화학비료를 대체할 수 있는 또 하나의 대안을 제시할 수 있을 것으로 생각된다. 본 시험은 무농약 배 과원에서 호밀과 헤어리베치를 파종하여 예초

시기와 예초높이가 녹비의 재생장과 양분환원량에 미치는 영향을 구명하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 과원조건

9년생 ‘신고’ 배를 무농약으로 재배하고 있는 영암의 개인 농가에서 2008년에 녹비작물을 파종하여 2009년에 녹비작물의 양분 환원량을 조사하였다. 배나무 수형은 국내에서 많이 설치되는 Y자형이었고 표토의 토성은 사질토로 비교적 배수가 원활하였으나 심토는 점질토가 대부분이었다. 시험포장은 유기농법으로 관리된 과수원으로 화학비료와 농약을 처리하지 않는 대신 유기질비료와 유기농법에서 허용되는 유기자재를 이용하여 병해충을 방제하였다. 유기질비료는 축분을 이용하였고 질소와 인산 및 칼륨은 각각 0.9%, 1.2%, 1.1% 함유되어 있으며 2~3월에 ha당 20톤 정도로 매년 밑거름으로 전량 사용하였다. 병해충 방제를 위하여 농가에서 흔히 이용하는 기계유유제, 석회유황합제, 식물추출물 등의 유기자재를 20여 차례 살포하였다. ha당 1,000개 정도의 밀도로 유인방제 트랩을 표토 1.5 m 지점의 배나무 가지에 매달아서 해충방제를 도모하였다. 과원의 토양 pH는 7.3, 유기물함량은 28.2 g kg⁻¹, 인산 305 mg kg⁻¹, 칼륨 1.30 cmol kg⁻¹, 칼슘 7.4 cmol kg⁻¹, 마그네슘 3.2 cmol kg⁻¹으로 나타났고, 이는 배나무를 재배하는데 있어서 적절한 토양 화학성으로 관찰되었다(RDA, 2011). 시험 수행년도인 2008년의 재배기간 동안(4~10월) 영암 인근지역의 평년온도와 누적강수량은 각각 20.5°C와 765 mm이었고, 2009년에는 19.8°C와 1,777 mm로 관찰되었다(KMA, 2008~2009). 이 지역의 30년간 평균 온도와 누적강수량은 20.1°C와 955.3 mm로 2009년에는 강수량이 평년보다 크게 증가한 것으로 나타났다.

2. 시험처리

실험 1. 예초 시기별 양분환원량

예초시기 시험은 4가지 처리를 두었다. 호밀과 헤어리베치를 섞어 뿌림으로 2008년 10월 중순에 파종하여 다음해 호밀을 기준으로 이삭 패기 10일 전에 1차 예초+1차 예초 후 40일 차에 2차 예초를 첫 번째 시험처리구로 설정하였다(4월 18일+5월 28일). 나머지 처리는 이삭 팽 때 당일 1차 예초+1차 예초 후 40일 후 2차 예초(4월 28일+6월 8일), 이삭 팽 후 10일 차에 1차 예초+1차 예초 후 40일 후에 2차 예초(5월 8일+6월 18일), 이삭 패기 10일 전에 1차 예초+1차 예초 후 30일 차에 2차 예초+2차 예초 후 30일 차에 3차 예초(4월 18일+5월 18일+6월 18일) 처리를 시험구로 설정하였다.

실험 2. 예초높이별 양분환원량

예초높이 시험은 3가지 처리로 설정하였다. 그루터기 남기는 높이를 3 ± 1 cm 남기고 예초, 7 ± 1 cm 남기고 예초, 그리고 13 ± 1 cm를 남기고 예초하는 것을 처리구로 설정하였다. 예초는 4월 18일과 6월 8일에 두 차례 실시하였다.

3. 시험조사

녹비작물의 초장은 지면으로부터 최장엽 선단까지의 길이를 조사하였고 줄기 수는 2엽 이상 출현된 줄기수를 측정하였다. 생초중은 1 m^2 에서 예초한 녹비 생초중 무게를 측정하였으며 $70\sim 80^\circ\text{C}$ 의 열을 가하는 건조기에서 3일간 건조시킨 후 건물중을 구하였다. 건조된 녹비작물을 마쇄시켜 40 mesh체로 거른 후에 무기성분 함량 측정용 시료로 사용하였다.

식물체 분해는 습식분해법으로 하였는데 전질소는 Kjeldahl법으로 인산은 Vanadate법으로 칼륨은 원자흡광도 측정법(A.A)으로 분석하여 측정된 성분함량에 녹비작물의 건물중을 곱하여 잠재적인 양분환원량으로 환산하였다. 시험토양의 화학성 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(RDA, 2000)에 따라 분석하였는데 토양 pH는 초자전극으로 측정하였고, 유기물 함량은 Walkely-Black법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 초산암모늄추출법으로 측정하였다.

시험은 완전임의 배치법 5반복으로 구성하여 도출된 결과를 바탕으로 95% 수준에서 Duncan's new range test로 평균간 분산 분석하였다. 이용된 통계 프로그램은 SAS 프로그램(SAS version 8/2, Cary, USA, 2001)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 예초 시기별 양분환원량

녹비작물인 호밀과 헤어리베치의 예초 시기별 처리에서, 1차 예초시기가 빠를수록 초중에 상관없이 건물중이 감소되는 경향이 관찰되었다(Table 1). 3회 예초를 하였을 때는 호밀과 헤어리베치의 건물중 총량은 오히려 감소되었는데 이는 예초시기 간의 간격이 30일 이었고 특히 2번째 예초시기가 다소 빨라서 성장량 증가가 더디게 이루어졌던 것으로 추정된다. 감나무 과원에서는 3~4차례의 예초가 녹비작물의 건물중 생산량이 증가되어 토양의 화학성 및 물리성이 개선되어 수량증가가 되었다고 하였다(Kim et al., 2015b). 하지만 이는 자연초종 만을 대상으로 조사하였던 것으로 본 시험에서도 자연초종은 3차례의 예초가 2회 예초 보다 높은 건물중이 확인되었다. 건물중은 5월 8일과 6월 18일의 2회 예초 처리구에

서 ha당 14,480 kg이 생산되어 가장 높았고, 나머지 처리 간에는 10,854~11,970 kg의 수준을 보였다.

Table 1. Average annual dry weight production applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing time

Mowing time	Investigation time	Dry weight (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
Apr 18 + May 28	Apr 18	5,300 c	1,060 b	210 e	6,570
	May 28	2,990 d	490 c	1,470 b	4,950
	Total	8,290	1,550	1,680	11,520
Apr 28 + June 8	Apr 28	6,870 b	1,380 a	656 d	8,906
	June 8	2,190 d	180 d	694 d	3,064
	Total	9,600	1,560	1,350	11,970
May 8 + June 18	May 8	8,540 a	1,300 a	880 d	10,720
	June 18	2,370 d	177 d	1,210 c	3,757
	Total	10,910	1,477	2,090	14,480
Apr 18 + May 18 + June 18	Apr 18	5,290 c	1,060 b	211 e	6,561
	May 18	1,060 e	131 d	232 e	1,423
	June 18	879 e	101 d	1,890 a	2,870
	Total	7,229	1,292	2,333	10,854

호밀과 헤어리베치는 1차 예초 시기가 늦어질수록 전질소 농도가 다소 낮아지는 경향이었는데(Table 2) 이는 건물중 증가에 따른 농도 희석효과(dilution effect)가 일부 작용한 것으로 판단되며, 기존의 연구에서도 비슷한 결과가 보고되었다(Lim et al., 2011). 이러한 녹비작물의 전질소 농도를 증가시키기 위해서는 5월 이전에 수확이 이루어져야 할 것으로 판단되며, 자연초종은 이에 해당되지 않았다. 국내 기후와 비슷한 온난 습윤한 환경의 과원에서 생장된 초생은 탄질율(탄소와 질소의 함량비)이 비교적 낮아서 빠른 속도로 분해가 이루어지며 보통 3개월 안에 60~70% 정도가 토양의 무기물로 환원된다고 하였다(Tagliavini et al., 2007; Tutua et al., 2002). 12년생 이상의 성년생 배나무는 영양생장 및 결실을 위해서 ha당 약 200 kg의 전질소가 필요한 것으로 알려져 있다(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010). 따라서 겨울철 녹비작물 재배에 의하여 300 kg/ha 전후의 전질소가 토양에 공급되어야 최종적으로 무기화(mineralization) 되는 질소가 200 kg 정도가 될 것으로 예상되

었다. 전질소 공급량은 5월 8일과 6월 18일의 2회 예초 처리구에서 292 kg/ha으로 가장 많았고, 이에 따라 배 과원에서 화학비료 대체가 가능할 것으로 생각되었다. 3회 예초 처리구는 다른 2회 예초 처리구들 보다 환원되는 전질소량이 271 kg으로 다소 높았지만 전질소 요구도를 충족시키기에는 미흡한 양이므로 예초시기의 조정이 필요하였다.

Table 2. T-N concentration and estimated amount of T-N applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing time

Mowing time	Investigation time	T-N concentration [% (w/w)]			Supplied T-N content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
Apr 18 + May 28	Apr 18	2.0 b	3.7 a	2.3 cd	107 b	39 b	5 e	151
	May 28	2.0 b	3.0 c	2.3 de	56 c	15 c	33 b	104
	Avg/total	2.0	3.4	2.3	163	54	38	255
Apr 28 + June 8	Apr 28	2.0 b	3.5 ab	2.6 bc	134 a	49 a	17 d	200
	June 8	2.0 b	2.8 c	2.2 de	44 cd	6 d	15 d	65
	Avg/total	2.0	3.2	2.4	178	55	32	265
May 8 + June 18	May 8	1.8 b	2.9 c	2.9 a	157 a	37 b	26 c	220
	June 18	1.8 b	2.8 c	2.0 e	42 cd	6 d	24 c	72
	Avg/total	1.8	2.9	2.5	199	43	50	292
Apr 18 + May 18 + June 18	Apr 18	2.0 b	3.7 a	2.3 cd	107 b	39 b	5 e	151
	May 18	2.8 a	3.4 b	2.9 a	30 cd	4 d	7 e	41
	June 18	2.7 a	2.8 c	2.8 ab	24 d	3 d	52 a	79
	Avg/total	2.5	3.3	2.7	161	46	64	271

호밀과 헤어리베치의 인산 농도는 예초시기 처리 간에는 일관성 있는 결과가 관찰되지 않았다(Table 3). 인산공급량은 4월 28일과 6월 8일의 2회 예초구와 5월 8일과 6월 18일의 예초구에서 ha당 112 kg과 109 kg 정도로 각각 나타났으며, 이는 토양에 환원될 적절한 수치로 예상되었다. 성년생 배나무의 연간 인산 요구량은 130 kg/ha (Environmentally-Friendly Agriculture Research Center, 2010)로 60~70% 정도가 무기물로 토양에 환원될 것으로 추정시에 녹비작물 내에 약 200 kg/ha의 인산이 공급되어야 할 것으로 예상되었다. 인산의 잠재적인 환원량은 모든 처리구에서 200 kg/ha 보다 낮았지만 국내 배 과원의 인산농도는 적정수준 보다 많게는 2배 이상 높은 수준으로 분포되어 있어서 토양 내 인산이 과잉축적 되는 것을 경감시키는데 있어서 효과적일 수 있을 것으로 판단되었다(Lim et al., 2014).

Table 3. P concentration and estimated amount of P applied from the ground-cover plants surrounding 'Niiitaka' pear trees as affected by mowing time

Mowing time	Investigation time	P concentration [% (w/w)]			Supplied P content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
Apr 18 + May 28	Apr 18	0.81 b	0.90 c	0.90 bc	43 b	9.5 b	1.8 d	54
	May 28	0.85 b	0.75 e	0.81 d	24 c	3.6 c	11.9 b	40
	Avg/total	0.83	0.83	0.86	67	13.1	13.7	94
Apr 28 + June 8	Apr 28	0.84 b	1.00 ab	1.20 a	58 a	13.8 a	7.8 c	80
	June 8	1.00 b	1.05 a	1.07 b	22 cd	2.1 d	7.4 c	32
	Avg/total	0.92	1.02	1.14	80	15.9	15.2	112
May 8 + June 18	May 8	0.72 b	0.81 d	1.01 bc	62 a	10.5 b	8.8 c	81
	June 18	0.76 b	1.05 a	0.69 e	18 cde	2.1 d	8.3 c	28
	Avg/total	0.74	0.93	0.85	80	12.6	17.1	109
Apr 18 + May 18 + June 18	Apr 18	0.81 b	0.90 c	0.90 bcd	43 b	9.5 b	1.8 d	54
	May 18	1.05 a	0.98 b	0.94 bc	11 de	1.2 d	2.3 d	15
	June 18	1.09 a	1.05 a	0.89 cd	10 e	1.1 d	16.9 a	28
	Avg/total	0.98	0.98	0.91	64	11.8	21.0	97

예초시기에 따른 작물별 칼륨 농도는 별다른 연관성이 없는 것으로 나타났다(Table 4). 5월 8일과 6월 18일의 2회 예초처리구에서 ha당 396 kg의 칼륨이 토양에 환원될 것으로 예상되었으며 이는 처리구간에 가장 높은 수준이었다. 성년생 배나무의 연간 칼륨 요구량은 ha당 180 kg으로 알려져 있고(Environmentally-Friendly Agriculture Research Center, 2010), 그 중에서 약 60~70%가 무기물로 환원되었을 것으로 계산상으로 추정된다(Tagliavini et al., 2007; Tutua et al., 2002). 수체생장을 위해서 300 kg 전후의 칼륨양이 공급되어야 하는데, 모든 처리구에서 칼륨의 요구량을 충족할 것으로 예상되었다.

Table 4. K concentration and estimated amount of K applied from the ground-cover plants surrounding 'Niiitaka' pear trees as affected by mowing time

Mowing time	Investigation time	K concentration [% (w/w)]			Supplied K content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
Apr 18 + May 28	Apr 18	2.3 bc	3.2 ab	3.0 cd	120 c	34 b	6 e	160
	May 28	2.1 c	3.1 ab	2.6 d	58 d	15 c	38 bc	111
	Avg/total	2.2	3.2	2.8	178	49	44	271
Apr 28 + June 8	Apr 28	2.6 bc	3.3 ab	3.6 bc	177 b	45 a	24 cd	246
	June 8	2.6 bc	2.5 b	3.7 bc	56 d	5 d	26 cd	87
	Avg/total	2.6	2.9	3.7	233	50	50	333
May 8 + June 18	May 8	2.6 bc	3.3 a	5.1 a	220 a	43 a	45 b	308
	June 18	2.2 bc	2.5 b	2.6 d	52 d	5 d	31 bc	88
	Avg/total	2.4	2.9	3.9	272	48	76	396
Apr 18 + May 18 + June 18	Apr 18	2.3 bc	3.2 ab	3.0 cd	120 c	34 b	6 e	160
	May 18	2.8 b	3.4 a	4.2 b	30 d	4 d	11 de	45
	June 18	3.4 a	2.5 b	3.5 c	31 d	3 d	67 a	101
	Avg/total	2.8	3.0	3.6	181	40	84	306

2. 예초 높이별 양분환원량

예초 높이에 따른 녹비작물의 길이생장과 줄기수는 영향을 받지 않은 것으로 나타났다 (Table 5). 하지만 2차 예초(6월 8일)가 1차 예초(4월 18일)보다 대부분 녹비작물의 길이와 줄기수를 감소시켰고, 이는 건물중을 감소시키는데 주요한 원인으로 작용하였다(Table 6). 자연초종은 예초높이가 높을수록 건물중의 감소가 관찰되었다. 생산되는 건물중은 예초높이에 상관없이 호밀>헤어리베치>자연초종 순으로 높게 나타나서, 앞의 예초시기와 마찬가지로 호밀이 건물중에서 차지하는 비중이 높은 것으로 관찰되었다. 예초 길이별 생산된 건물중의 비교에서 7±1 cm 처리에서 가장 낮았는데 이는 호밀의 건물중이 가장 낮게(9,060 kg) 생산된 것에 기인한 것으로 풀이되었다.

Table 5. Length and number of stems of the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing height

Mowing height (cm)	Investigation time	Length (cm)		Stem (no m ⁻²)		
		Rye	Hairy vetch	Rye	Hairy vetch	Avg
3±1	Apr 18	104 a	89 a	657 a	125 a	391
	June 8	92 bc	44 d	321 c	34 b	178
	Avg	98	67	489	79	284
7±1	Apr 18	98 ab	87 a	672 a	153 a	413
	June 8	89 c	62 c	385 bc	46 b	216
	Avg	93	75	529	99	314
13±1	Apr 18	93 bc	83 a	694 a	147 a	421
	June 8	104 a	73 b	465 b	46 b	726
	Avg	98	78	580	97	338

Table 6. Average annual dry weight production applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing height

Mowing height (cm)	Investigation time	Dry weight (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
3±1	Apr 18	7,980 a	1,390 a	830 a	10,200
	June 8	2,060 d	140 b	770 a	2,970
	Total	10,040	1,530	1,600	13,170
7±1	Apr 18	6,870 b	1,380 a	660 abc	8,910
	June 8	2,190 d	180 b	690 ab	3,060
	Total	9,060	1,560	1,350	11,970
13±1	Apr 18	6,950 b	1,370 a	380 c	8,700
	June 8	3,840 c	250 b	430 bc	4,520
	Total	10,790	1,620	810	13,220

호밀은 예초높이나 예초시기에 상관없이 전질소 농도도 영향을 받지 않은 것으로 나타났다(Table 7). 헤어리베치와 자연초종의 전질소 농도는 예초높이 처리 간에는 차이가 없었고 예초를 4월 18일에 실시하였을 때가 6월 8일 예초보다 높은 수준을 보였다. 전질소 환원량은 13±1 cm 예초 처리에서 308 kg/ha로 가장 많았는데 이는 건물중 증가와 관련이 있는 것으로 판단되었다. 겨울철 녹비작물 재배로 300 kg/ha 전후의 전질소가 토양에 환원되어야

성년생 배나무를 위한 전질소 요구도가 충족될 수 있다고 앞에서 언급하였는데(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010; Tagliaviniet al., 2007; Tutua et al., 2002), 3±1 cm과 7±1 cm의 예초높이 처리에서 각각 281 kg과 265 kg의 전질소가 환원될 것으로 예상되어 추가적인 전질소 공급이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 7. T-N concentration and estimated amount of T-N applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing height

Mowing height (cm)	Investigation time	T-N concentration [% (w/w)]			Supplied T-N content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
3±1	Apr 18	1.9 a	3.4 a	2.8 a	151 a	47 a	23 a	221
	June 8	1.9 a	2.9 b	2.1 c	40 d	4 b	16 a	60
	Avg/total	1.9	3.2	2.4	191	51	39	281
7±1	Apr 18	2.0 a	3.5 a	2.6 ab	134 b	49 a	17 a	200
	June 8	2.0 a	2.8 b	2.2 bc	44 d	6 b	15 a	65
	Avg/total	2.0	3.2	2.4	178	55	32	265
13±1	Apr 18	2.1 a	3.5 a	2.8 a	146 ab	48 a	11 a	205
	June 8	2.2 a	2.7 b	2.5 abc	85 c	7 b	11 a	103
	Avg/total	2.2	3.1	2.7	231	55	22	308

작물체내 인산농도는 0.9~1.1% 수준으로 예초높이나 예초시기에 따라서 일관성 있는 결과가 관찰되지 않았다(Table 8). 잠재적인 인산 환원량은 13±1 cm 예초구에서 127 kg/ha로 가장 높았고 전질소와 마찬가지로 건물중 증가에 기인한 것으로 생각되었다. 성년생 배나무의 연간 인산요구량은 녹비작물 내에 약 200 kg/ha의 인산이 함유되어야 할 것으로 예상되었는데(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010; Tagliaviniet al., 2007; Tutua et al., 2002), 앞에서 언급한 바와 같이 국내 배 과원 대다수는 토양 내 인산농도가 기준치 보다 높게 분포되어 있으므로 당분간 추가 시비는 필요 없을 것으로 생각되었다.

헤어리베치의 칼륨농도는 예초시기가 빨랐을 때 높은 경향이었고, 예초높이에 따른 칼륨농도는 작물에 상관없이 일관성 있는 결과가 관찰되지 않았다(Table 9). 성년생 배나무의 연간 칼륨요구량은 녹비작물 내에 약 300 kg/ha가 필요한데(Environmental-Friendly Agriculture Research Center, 2010; Tagliaviniet al., 2007; Tutua et al., 2002), 모든 처리구에서 이보다 상회하는 수준으로 나타났다.

Table 8. P concentration and estimated amount of P applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing height

Mowing height (cm)	Investigation time	P concentration [% (w/w)]			Supplied P content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
3±1	Apr 18	0.8 c	1.0 bc	1.2 a	63 a	13 b	10 a	86
	June 8	1.0 ab	0.9 d	0.9 b	20 c	1 c	7 abc	28
	Avg/total	0.9	0.9	1.0	83	14	17	114
7±1	Apr 18	0.8 bc	1.0 b	1.2 a	58 a	14 ab	8 a	80
	June 8	1.0 ab	1.1 b	1.1 a	22 c	2 c	7 ab	31
	Avg/total	0.9	1.0	1.1	80	16	15	111
13±1	Apr 18	0.9 bc	1.2 a	1.1 a	60 a	16 a	4 bc	80
	June 8	1.1 a	0.9 cd	0.9 b	41 b	2 c	4 c	47
	Avg/total	1.0	1.0	1.0	101	18	8	127

Table 9. K concentration and estimated amount of K applied from the ground-cover plants surrounding 'Niitaka' pear trees as affected by mowing height

Mowing height (cm)	Investigation time	K concentration [% (w/w)]			Supplied K content (kg ha ⁻¹)			
		Rye	Hairy vetch	Vegetation	Rye	Hairy vetch	Vegetation	Total
3±1	Apr 18	3.1 a	3.7 a	4.0 a	244 a	51 a	33 a	328
	June 8	2.5 a	2.1 d	3.2 a	52 d	3 b	25 ab	80
	Avg/total	2.8	2.9	3.6	296	54	58	408
7±1	Apr 18	2.6 a	3.3 abc	3.6 a	177 b	45 a	24 ab	246
	June 8	2.6 a	2.5 cd	3.7 a	56 d	5 b	26 ab	87
	Avg/total	2.6	2.9	3.7	233	50	50	333
13±1	Apr 18	2.5 a	3.5 ab	3.3 a	171 b	49 a	13 b	233
	June 8	2.9 a	2.8 bcd	3.1 a	110 c	7 b	14 b	131
	Avg/total	2.7	3.2	3.2	281	56	27	364

녹비작물 재배구에서의 토양 pH는 관행구(초생재배구)와 비슷하였고 유기물 함량은 높았는데(Fig. 1A and B), 이는 심근성 작물인 호밀의 뿌리가 토양에 환원되어 유기물 함량을 증가시켰던 것으로 추정된다(Faust et al., 1989). 토양 유효 인산은 관행대비 녹비작물 재배구에서 낮았는데(Fig. 2A), 표3과 표8에서 나타난 결과를 보면 호밀과 헤어리베치의 양분환원량이 적은 것에 기인한 것으로 판단되었다. 토양 내 칼륨, 칼슘, 마그네슘 농도는 처리 간에 비슷한 수준으로 나타났다(Fig. 2B-D).

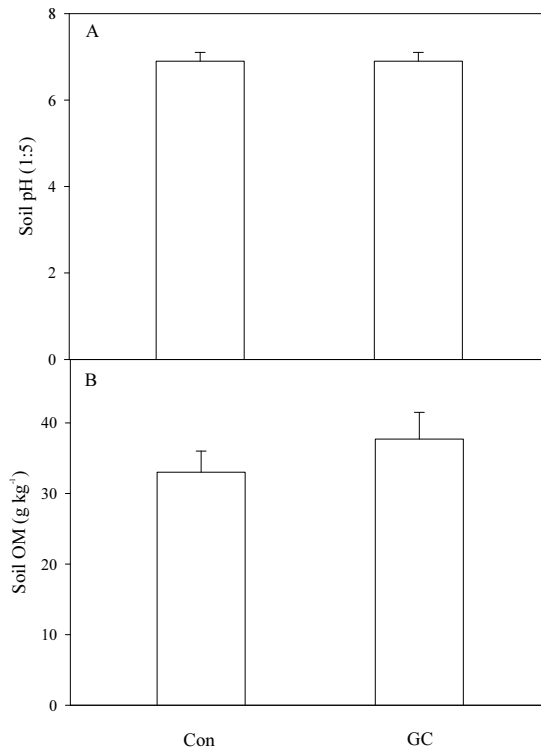


Fig. 1. Soil pH (A) and organic matter (OM; B) content at a depth of 0-30 cm in a 'Niitaka' pear orchard as affected by conventional (Con) and ground cover (GC) treatments.

녹비작물 내 환원되는 잠재적인 인산과 칼륨은 배나무 성장을 위하여 충족을 시켰던 것으로 판단되며 외부의 유기자원 투입이 필요 없었지만, 전질소는 요구량 대비 적은 양이 환원되어서 가장 세심하게 관찰되어야 하는 무기원소로 나타났다. 이러한 경향은 기존의 연구된 녹비작물의 종류나 파종방법, 예초방법 등을 다르게 했을 때와 비슷한 결과로 해석되었다(Barker et al., 2010; Heo et al., 2015; Kim et al., 2014; Kim et al., 2015b; Lim et al., 2011; Lim et al., 2012; Lim et al., 2014; Ramos et al., 2010). 환원되는 전질소량은 주로 녹비작물의 건물중 수준과 관련이 있었으므로 녹비작물의 건물중(특히 호밀)을 증가시키는 것

이 주요 목표로 설정되어야 할 것으로 판단되었다. 이에 호밀과 헤어리베치를 혼파 하였을 때는 호밀의 건물중이 가장 높아지는 5월에 첫 예초를 실시해야 할 것으로 보였다. 자연초 종은 예초횟수가 증가할수록 환원되는 건물중이 높아졌다고 하였는데(Kim et al., 2015b), 본 시험에서는 녹비작물을 자연초종과 혼용하여 성장시켰을 때는 다른 양상이 관찰되었다. 예초횟수가 가장 많았던 3회 처리에서는 작물의 건물중이 오히려 감소되어 노동 생산성이 저하되므로 이에 대한 주의가 필요할 것으로 판단되었다. 예초높이 처리에서는 1차 예초 시에 짧게 예초하거나(3±1 cm) 또는 길게 예초하는 것(13±1 cm)이 건물중을 증가시켰으므로 7±1 cm 길이의 예초는 지양해야 할 것으로 보였다. 이러한 예초방법에 따른 작물의 건물중 환원은 토양의 유기물 함량을 증가시켰지만 토양 내 인산이나 기타 양이온은 별다른 차이가 관찰되지 않았다. 이는 평년 보다 2배 가까이 많은 강수량이 토양 화학성 변화에 일부 영향을 끼친 것으로 판단되며, 토양화학성의 시기적인 변화나 토양 공극성 등을 지속적으로 관찰하여 분석하는 것이 양분환원에 대한 보다 정확한 정보를 제공하므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

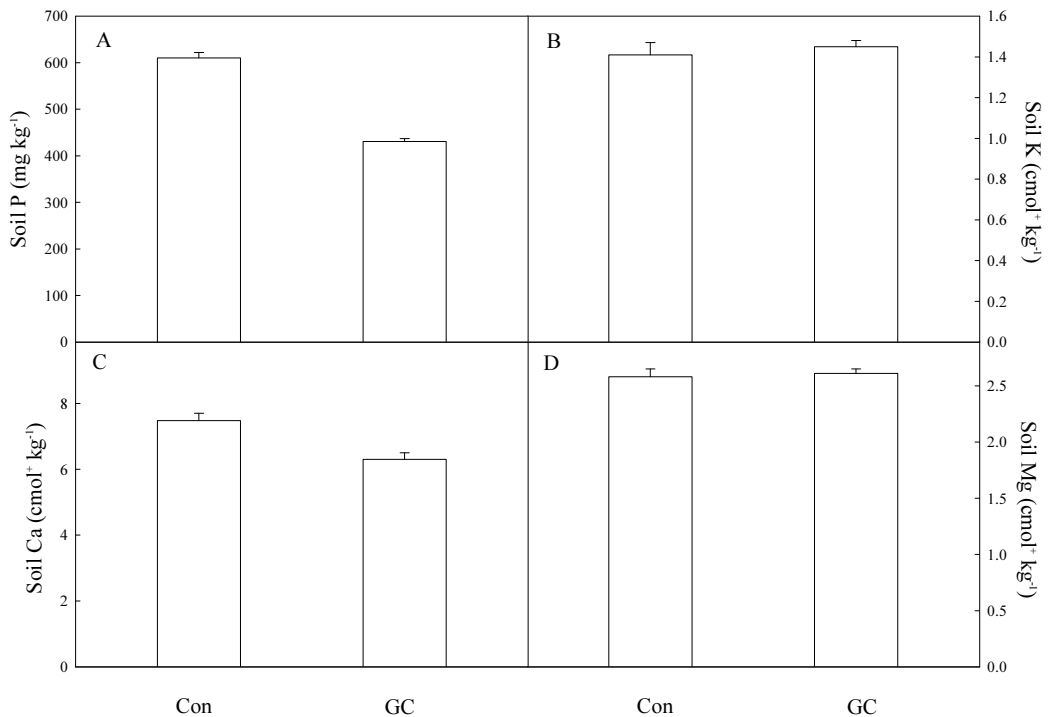


Fig. 2. Soil P (A), K (B), Ca (C), and Mg (D) at a depth of 0-30 cm in a 'Niitaka' pear orchard as affected by conventional (Con) and ground cover (GC) treatments.

IV. 적 요

9년생 ‘신고’배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)나무 과원에서 화학비료 대체 기술을 확립하고자 녹비작물의 예초시기와 예초높이에 따른 무기성분의 환원량을 2009년에 비교하였다. 호밀과 헤어리베치를 2008년 가을에 혼파하여 예초시기를 기준으로 총 4가지 처리를 포함하였다. 4월 18일에 1차 예초와 5월 28일에 2차 예초 한 것을 4월 18일+5월 28일 예초 처리구로 설정하였고, 4월 28일+6월 8일 예초, 5월 8일+6월 18일 예초, 4월 18일+5월 18일+6월 18일 예초처리를 시험에 이용하였다. 예초높이 처리는 3±1 cm, 7±1 cm, 13±1 cm 높이에서 4월 18일과 6월 8일에 각각 예초한 것을 포함하였다. 예초 시기별 처리에서, 5월 8일+6월 18일 예초처리가 녹비작물과 자연초종의 건물중 생산량이 ha당 14,480 kg으로 가장 높았고, 이에 따라 토양에 환원되는 전질소와 칼륨도 ha당 각각 292 kg과 396 kg으로 가장 높았다. 예초높이 처리에서는 7±1 cm 처리에서 녹비작물과 자연초종의 건물중 생산량이 ha당 11,970 kg으로 가장 낮아서 전질소와 인산, 그리고 칼륨이 ha당 각각 265 kg, 111 kg, 333 kg으로 가장 낮았다. 녹비작물 처리는 예초방법에 상관없이 토양의 유기물 함량을 다소 증가시켰던 것으로 관찰되었다.

[Submitted, September. 6, 2016 ; Revised, November. 2, 2016 ; Accepted, December. 26, 2016]

References

1. Barker, A. V. 2010. Ch. 6. Management of green manures.: Barker, A. V. (ed.). Science and technology of organic farming, CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 105-112.
2. Environmental-Friendly Agriculture Research Center. 2010. Organic rice manual.: Nutrient management manual for dynamic natural farming system. Chonnam National University Publication, Gwangju, Korea, pp. 1-166.
3. Faust, M. 1989. Ch. 2. Nutrition of fruit trees. Physiology of temperate zone fruit tree. A Wiley-InterScience Publication, New York, USA. pp. 53-132.
4. Heo, J. Y., Y. S. Park, N. Y. Um, and S. M. Park. 2015. Selection of native ground cover plants for sod culture in an organic apple orchard. Korean J. Plant Res. 28: 641-647.
5. Kim, B. S., K. C. Cho, Y. G. Na, B. K. Yoon, S. K. Jung, K. S. Cho, K. A. Lee, and H. S. Choi. 2014. Effect of cover crops on the soil properties and fruit quality in a persimmon orchard. Korean J. Organic Agric. 22: 413-421.

6. Kim, C. G., H. K. Jeong, and D. H. Moon. 2015a. Actual production and market outlook of home and abroad environment-friendly agricultural products in 2015. KREI publisher, Naju, Korea. pp. 1-26.
7. Kim, B. S., M. Gu, K. C. Cho, B. K. Yun, S. K. Jung, and H. S. Choi. 2015b. Soil physicochemical properties, tree growth, and fruit production in a non-astringent organic persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) orchard affected by mowing frequency. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 90: 664-670.
8. KMA. 2008. Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea (http://www.kma.go.kr/repository/sfc/pdf/sfc_ann_2008.pdf).
9. KMA. 2009. Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea (http://www.kma.go.kr/repository/sfc/pdf/sfc_ann_2009.pdf).
10. Lim, K. H., H. S. Choi, H. J. Kim, B. S. Kim, D. I. Kim, S. G. Kim, J. S. Kim, W. S. Kim, and Y. Lee. 2011. Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch. *J. Bio-Environ. Control* 20: 134-138.
11. Lim, K. H., H. S. Choi, O. D. Kwon, S. S. Kang, S. H. Yim, Y. K. Kim, H. C. Lee, and S. K. Jung. 2012. Evaluation of potential nutrient contribution of overwintering cover crops in organic orchards. *Korean J. Organic Agric.* 20: 173-183.
12. Lim, K. H., J. H. Choi, W. S. Kim, H. J. Kim, J. H. Song, Y. S. Cho, S. H. Yim, S. K. Jung, and H. S. Choi. 2014. 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. *Korean J. Environ. Agric.* 33: 9-16.
13. Ramos, M. E., E. Benítez, P. A. García, 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.
14. RDA. 2000. Methods of soil and plant analysis. Rural Development Administration, Sammi Press, Suwon, Korea. pp. 1-202.
15. RDA. 2011. Criteria of fertilizer application in crops. Rural Development Administration, Sanglock Press, Suwon, Korea. pp. 1-291.
16. Tagliavini, M., G. Tonon, F. Scandellari, A. Quiñones, S. Palmieri, G. Menarbin, P. Gioacchini, and A. Masia. 2007. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. *Agric. Ecosyst. Environ.* 118: 191-200.
17. Tutua, S. S., K. M. Goh, and M. J. Daly. 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.