



녹비작물 토양환원이 백수오 생육 및 품질에 미치는 영향

윤철구*† · 김기현* · 김인재* · 홍성택* · 홍의연* · 김영국**

*충청북도농업기술원, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Effects of Incorporation of Green Manure Crops on Growth and Quality in *Cynanchum wilfordii* Hemsley

Cheol Ku Youn*†, Ki Hyun Kim*, In Jae Kim*, Song Taeg Hong*, Eui Yon Hong* and Young Kuk Kim**

*Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea.

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background: The study aimed to obtain data on the effects of cultivation and soil reduction of green manure crop on the quantity and quality of organically cultivated *Cynanchum wilfordii* Hemsley.

Methods and Results: The experiment comprised four treatments: control, hairy vetch, barley, and hairy vetch + barley (3 : 2). The plant height in the hairy vetch treatment (86.3 cm) was significantly different from that in the other treatments, whereas the stem diameter leaf area, and special product analysis division (SPAD) value did not differ across the treatments. The largest soil reduction of green manure crop was recorded in the barley treatment (440 kg/10 a), whereas the smallest was recorded in the single treatment with hairy vetch (80 kg/10 a). The hairy vetch + barley (60 : 40) treatment showed 63% more soil microorganisms than control. Radical scavenging activity estimation revealed that the total polyphenol content was highest (1,740 mg/kg), and the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was 92.6% in the barley treatment. The 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) activation was highest in the control (51.1%), and the root yield was the highest in the barley treatment (310 kg/10 a).

Conclusions: The root yield, total polyphenol content, and antioxidant activity of *Cynanchum wilfordii* (*Maxim.*) Hemsley increased in presence of the green manure crop barley.

Key Words: *Cynanchum wilfordii* Hemsley, Green Manure Crop, Root Yield

서 언

박주가리 과에 속하는 백수오 (*Cynanchum wilfordii* Hemsley)는 다년생 덩굴성 식물로, 2-3년 재배한 덩이뿌리(肥大根)가 한방에서 생약재로 이용되며 주요 주요성분은 cynandione A, 2,5-dihydroxyacetophenone, cynanchone A 등이 있다 (Lee *et al.*, 2008).

잘 알려진 백수오의 효과로는 주요성분인 cynandione A에 의한 골감소를 포함한 골질환 예방효과 (Hwang *et al.*, 2015), 백수오와 속단 복합추출물이 뼈 골격성장 및 인슐린 유사 성장인자의 생성을 유도 한다는 보고가 있으며 (Kang and

Hong, 2014), 백수오 효소발효액이 고지혈증 지질 대사개선에 효능을 나타낸다는 보고가 있다 (Feng *et al.*, 2015).

형태적 측면을 살펴보면 지하부 형태는 불규칙 다육근형으로 저장조직이 발달하여 비후되어 있으며, 절단 시 흰 유액이 나온다. 중기생육 습성은 덩굴 형으로 직립하다가 위쪽에서 덩굴이 지고, 단분지형 (줄기가 1회의 분지로 끝남), 엽형은 난상-심장형 (달걀모양, 엽저부분이 넓으면서 심장형의 형태를 나타내는 잎), 화관열편은 피침형, 부화관열편 원형, 화서는 산형화서이며 (Hwang, 2006), 염색체 수는 22개 (Kwon, 2013)이다.

백수오 덩굴의 생육 형태는 시계방향이며 (Kim *et al.*, 2014),

†Corresponding author: (Phone) +82-43-220-5571 (E-mail) ycg802@korea.kr

Received 2017 February 3 / 1st Revised 2017 February 14 / 2nd Revised 2017 February 22 / 3rd Revised 2017 March 1 / Accepted 2017 March 3
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.

번식 및 재배방법으로는 직파 또는 1 년간 육묘하거나 (Choi, 1998), 육묘 후 27 주/㎡로 밀식하는 것이 수량을 높이는 방법으로 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 1996).

녹비 작물의 이용에 관한 연구에서 Jeong (2002)은 유기비 재배의 기본규약의 기준을 북부지역에서는 쌀과 녹비작물 윤작을 실시하는 것으로 정하였고, 간척지에서 두과 녹비작물 헤어리베치와 밀의 혼파로 높은 질소 생산성 및 낮은 탈질률로 녹비효과 증진과 혼파재배로 농업생태계 다양화 및 유희 농경지 녹색경관 조성 (Yang *et al.*, 2014), 녹비작물 처리에 의한 운광벼 감마 오리지날 함량 증대 (Kim *et al.*, 2015a), 비닐 하우스에서 녹비작물 토양환원과 태양열 소득에 의한 인삼뿌리썩음병 억제 (Lee *et al.*, 2016a) 등의 효과가 있다.

뿌리를 이용하는 약용작물은 대부분 2-3 년 후에 수확하는 경우가 대부분이며 황기의 경우 유기재배 기술개발의 목적으로 자연에너지 순환농법 중에 하나로 녹비작물을 이용하는 작부체계와 유기질비료의 활용방법을 모색하는 연구가 수행되어 유기질비료와 화분과의 호밀과 두과의 헤어리베치를 녹비작물로 활용하는 작부체계로 황기를 재배하면서 성장반응, 수량성 및 유기농자재의 효과를 비교 분석되었으나 (Song *et al.*, 2010), 백수오의 유기재배를 위한 녹비작물 재배체계는 밝혀지지 않은 상태이다. 본 연구는 녹비작물의 토양 환원이 백수오의 생육과 수량, 생리활성 물질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 녹비작물 환원에 따른 백수오의 생육 및 수량 특성

시험재료는 충청북도농업기술원에서 재배하고 수확한 재래종 백수오 (*Cynanchum wilfordii* Hemsley) 종자를 사용하여 파종 시기는 4월 10일에 하였고 참깨용 유공배색 비닐을 피복한 다음, 공간 거리 30 cm, 주간거리 10 cm로 2열씩 뚫린 구멍에 종자를 3-5립씩 파종한 후 2 cm 정도로 복토하였으며, 출현 후 잎이 4-5매 발생하였을 때 1주 1분으로 솎아주었다. 지주는 6월 10일에 직경 22 mm, 높이 2 m의 파이프를 열과 열 사이에 1 m 간격으로 세우고, 나일론끈을 상단과 하단에 각각 매달아 다음, 오이 재배용 그물 넷트를 부착시켜 덩굴을 유인하였다.

녹비작물은 백수오 파종 전년 10월 15일에 헤어리베치, 청보리, 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40)를 산파하여 처리하였으며 이듬해 3월 하순에 전량 토양에 환원하였다. 시비는 유기질 퇴비 (Heuksalim, Goesan, Korea) 2,000 kg/10 a를 전량 기비로 사용하였으며, 시험 전 토양의 이화학적 특성은 Table 4와 같다. 시험구당 면적은 8.0 ㎡이었고, 시험구 배치는 난괴법으로 3 반복 하였다.

지상부 생육은 8월 30일에 시험구당 5개체의 덩굴을 잘 풀어진 다음에 조사하였다. 만장은 주경 덩굴을 일직선상으로 늘린 후 지면에서 줄기 최선단까지 길이를 측정하였고, 경태는 개체당 가장 굵은 원줄기의 둘째 마디와 셋째 마디 사이를 버니어캘리퍼스 (CD-20CP, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)로 측정하였다. 주당 분지수는 원줄기에 발생한 10 cm 이상의 분지수를 조사하였다.

엽면적은 주당 30매의 잎을 5 주에서 채취하여 엽면적 측정기 (LI-1600, Li-COR Co., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였고, 엽록소 함량은 색차계 (SPAD 501, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 처리 당 5 주를 대상으로 상, 중, 하엽 각 10매씩 30매를 조사하였다. 지하부 생육은 10월 30일에 지체부에서 10 cm 정도 덩굴을 남기고 제거한 후 1 ㎡에서 뿌리가 끊기지 않도록 굴취하여 물에 씻어 물기를 제거한 다음 조사하였다. 지근수는 시험구당 5개체의 주근에 발생한 지근의 총수를 조사하였고, 근장은 주근과 지근의 길이를 각각 측정하였으며, 근태는 주근과 지근의 가장 굵은 부분을 각각 버니어캘리퍼스로 측정하였다. 수량은 각 처리 별 3.3 ㎡를 수확하여 생근중을 측정하고 다음 건조 후 10 a당 수량으로 환산하였다.

2. 녹비작물 시용에 따른 백수오 생리활성 분석

생리활성 분석은 1 kg의 백수오를 건조한 다음 분쇄하고 시료 10 g을 채취하여 80% ethylalcohol 100 ml를 첨가한 후 shaking incubator (Vision, Seoul, Korea)를 이용하여 25°C, 100 rpm에서 24 시간 진탕하고 Whatman glass micro fibre filter 47 mm Ø (Whatman Co., Maidstone, England)를 이용하여 감압 여과한 후 진공농축기 (EYELA, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 다음 10 ml 증류수에 녹인 시료를 원심분리기 (Centifuge 5810, Eppendorf, Hamburg, Germany)를 이용하여 4,000 rpm에 5 분간 원심분리한 용액을 이용하였다.

총 페놀성 화합물의 측정은 Folin-Denis 방법 (AOAC, 1984)을 이용하여 시료액 2 ml에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.2 ml를 가하고 3 분 후에 Na₂CO₃ (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 포화용액 0.4 ml를 가하여 혼합 증류수를 첨가하여 4 ml로 만든 후 실온에서 1 시간 방치하여 발생 시켰다. 측정은 분광광도계 (UV-2501, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였고, galic acid를 이용하여 작성한 표준 검량곡선으로부터 총 페놀성화합물 함량을 구하였다.

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거능 측정은 추출 시료 200 μl에 DPPH 0.4 mM (Sigma-Aldrich Co., St.

Louis, MO, USA) 용액 800 μ l 를 혼합하여 10 초 동안 voltex mixer로 진탕한 다음 10 분 동안 반응시킨 후 분광광도계 (UV-2501, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 517 nm 에서 흡광도를 측정하였다. DPPH free radical 활성은 시료를 첨가하지 않은 대조구와 시료 첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능} = [(Ab - As) / Ab] \times 100$$

Ab; 무처리구의 흡광도, As; 시료 첨가구의 흡광도

ABTS [2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] radical 소거능 측정은 7 mM ABTS (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액과 2.4 mM의 potassium persulfate (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 혼합하여 실온 암상태에서 24 시간 방치한 후 ABTS+을 형성시킨 후 흡광도 값이 734 nm 에서 흡광도 값이 0.70 (\pm 0.02)이 되게 100% ethanol로 희석하여 radical이 형성된 용액 1,000 μ l 에 추출액 50 μ l 를 가하여 3 분 동안 방치 후 흡광도를 측정하였다.

3. 녹비작물 시용에 따른 토양화학성 및 미생물 활성

토양화학성 분석은 녹비작물 시용전과 백수오 수확 직후에 시료를 채취하여 분석하였다. 농촌진흥청 토양 분석법에 따라 실시하였다 (RDA, 2012). pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1:5 (W/V)의 비율로 혼합하여 30 분간 진탕한 후, pH는 pH meter (Orion 3 Star Thermo, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였고, EC는 conductivity meter (YSI-3200, YSI Incorporated, Yellow Springs, OH, USA)로 측정하여 5 배 한 값으로 나타내었으며, 유효 인산은 Lancaster 법으로 비색측정 하였다 (UV-2501, Shimadzu, Kyoto, Japan). 양이온인 K, Ca, Mg는 원자흡광광도계 (AU/AA240, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다.

토양 미생물 활성은 백수오 생육 중 채취하여 탈수소효소활성 (DHA) 측정법을 이용하였다 (RDA, 2012). 즉 풍건한 토양시료 6g씩을 토양 3g에 3% TTC (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 1 ml 와 멸균수 2.5 ml 을 첨가한 후 광분해를 막기 위해 은박지로 덮은 후 37 $^{\circ}$ C 항온기에 넣고 24 시간 배양 한 배양액에 메탄올을 첨가 한 후 1 시간 반 동안 계속 하여 (20 분마다 한번 정도) 흔들여 추출한다. 추출한 메탄올 용액속의 TPF의 양을 485 nm 에서 분광광도계 (UV-2501, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다.

4. 통계처리

모든 처리는 3 반복 측정하였으며 시험 결과의 분석은 PC 용 통계패키지인 MYSTAT (Systat software Inc., Chicago,

IL, USA)를 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시한 후 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의성을 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 녹비작물 환원에 따른 백수오의 생육 및 수량 특성

녹비작물별 백수오 (*Cynanchum wilfordii* Hemsley)의 출현을 보면 대조구 (무시용구)에서는 초기부터 출현율이 높았던 반면 녹비작물 시용구에서는 3월 말에 50 - 55% 정도의 출현율을 보 이다가 지온이 충분히 상승한 5월 상순에는 청보리 시용구와 대조구가 비슷한 출현율을 보였으며, 헤어리베치 시용구와 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40) 시용구에서는 출현율이 낮은 경향을 보였다 (Fig. 1). Song 등 (2010)은 녹비 투입 후 건물로는 5 일, 생체로는 10 일 이후에 파종하면 초기생육 억제를 많이 해소할 수 있다고 하였으나, 본 연구에서 백수오의 재생기 조사 시기가 백수오 파종 이듬해에 조사가 이루어졌기 때문에 토양 환경 또는 다른 요인이 월동 후 재생기 초기에 어떤 영향을 주었는지에 관한 추가적인 조사가 필요할 것으로 보인다.

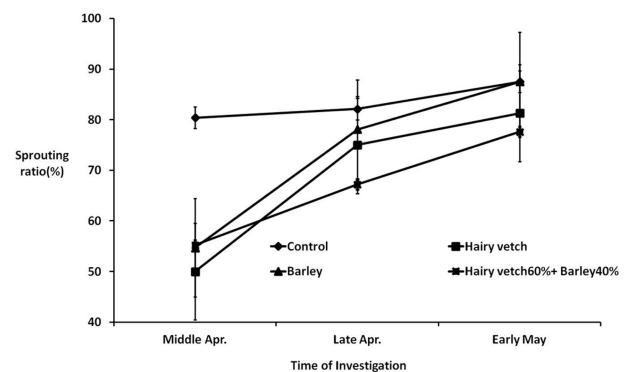


Fig. 1. Effect of green manure crop application on seasonal sprout in *Cynanchum wilfordii* Hemsely.

Table 1. Effect of green manure crop application on plant growth in *Cynanchum wilfordii* Hemsely.

Green manure crops	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ²)	SPAD value	Blooming date
Control	67.6 ^{ab*}	3.9 ^a	31.9 ^a	45.8 ^a	20 July
Hairy vetch	86.3 ^a	5.7 ^a	35.1 ^a	41.3 ^a	20 July
Barley	56.1 ^b	4.6 ^a	35.3 ^a	46.6 ^a	20 July
Hairy vetch + Barley (60 : 40)	77.3 ^{ab}	4.8 ^a	36.6 ^a	46.8 ^a	20 July

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

생육 성기 백수오 지상부 생육을 조사한 결과 만장은 헤어리베치 시용구에서 86.3 cm 로 가장 길었던 반면 청보리 시용구에서는 56.1 cm 로 적은 경향을 보였으며, 줄기 굵기, 엽면적, SPAD 등의 전반적인 생육은 녹비작물 간 일정한 경향이 없었고, 개화기는 7월 20일로 같았다 (Table 1).

녹비작물의 토양 환원량은 청보리 시용구에서 440 kg/10 a로 많았고, 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40) 시용구는 280 kg/10 a, 헤어리베치 시용구는 80 kg/10 a로 낮았다 (Fig. 2). 녹비작물의 재배적지와 관련하여 Kim 등 (2015b)은 헤어리베치와 트리티케일의 재배안전지대는 -8°C 이상, 호밀의 재배가능 및 재배안전지대 온도는 -20°C 이상 이라고 하였다. 본 연구를 수행한 청주지역의 최저기온과 관련하여 헤어리베치는 재배 적지가 아닌 것으로 보여 중부지역에서 토양환원량이 높은 녹비작물을 선택할 경우 헤어리베치보다는 청보리가 유리할 것으로 판단되었다.

녹비작물 환원에 따른 백수오 지하부 생육을 조사한 결과

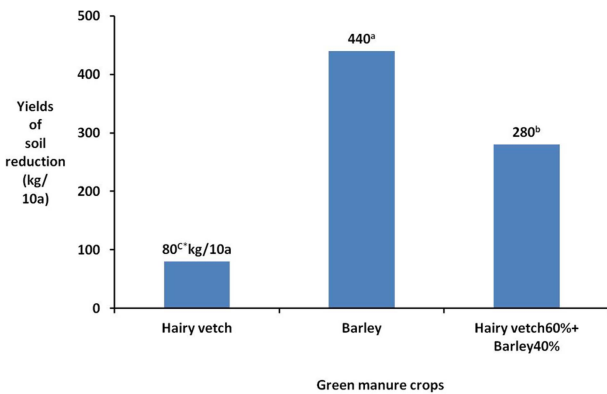


Fig. 2. Yields of soil reduction by green manure crops. Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 2. Effect of green manure crop application on root growth and yields in *Cynanchum wilfordii* Hemsl.

Green manure crops	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Brench root length (cm)	Brench root diameter (mm)	Fresh weight (g/ea)	Yields (kg/10 a)
Control	40.0 ^{a*}	16.8 ^a	3.5	3.3	50.9 ^b	179 ^b
Hairy vetch	42.1 ^a	18.4 ^a	3.3	3.5	73.9 ^{ab}	240 ^{ab}
Barley	44.5 ^a	18.1 ^a	3.0	4.2	88.5 ^a	310 ^a
Hairy vetch + Barley (60 : 40)	45.4 ^a	16.4 ^a	4.9	4.6	78.7 ^{ab}	275 ^{ab}

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 3. Effect of green manure crop application on total polyphenol and radical scavenging activity in *Cynanchum wilfordii* Hemsl.

Green manure crops	Total polyphenol (mg/kg)	Radical scavenging activity (%)	
		DPPH	ABTS
Control	1,615 ^{a*}	76.5 ^c	51.1 ^a
Hairy vetch	1,356 ^b	91.5 ^b	42.0 ^d
Barley	1,740 ^a	92.6 ^a	47.9 ^b
Hairy vetch + Barley (60 : 40)	1,450 ^b	92.0 ^{ab}	43.9 ^c

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

근장, 근경, 지근장, 지근경은 처리 간 차이를 보이지 않으나 생근중은 청보리 시용구에서 88.5 g로 가장 무거운 경향을 나타내었다. 수량 또한 청보리 시용구에서 310 kg/10 a로 가장 많았다 (Table 4). Song 등 (2011)은 황기재배 시 헤어리베치 + 유기물, 호밀 + 유기질비료를 사용할 경우 관행보다 수량이 많았다고 하였으며, Ryoo (2003)는 헤어리베치 녹비 및 액상 분뇨를 사용할 경우 황기의 근경, 근장, 분지수 등이 증가하고 건물 비율이 재배 1년 차 보다 2년 차에 증가한다고 한 보고와 비슷한 결과를 보여 백수오 재배 시 녹비작물의 토양 환원이 수량증가에 영향을 준 것으로 판단되었다.

2. 녹비작물 시용에 따른 백수오 생리활성 성분

생리활성 물질 변화를 측정한 결과 총 폴리페놀함량은 대조구에서 1,615 mg/kg, 청보리 시용구는 1,740 mg/kg로 높았고, 헤어리베치 시용구와 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40) 시용구에서는 낮은 경향을 보였다. 항산화활성 조사결과 DPPH는 청보리 시용구에서, ABTS는 대조구에서 높은 경향을 보여 녹비작물 환원에 의한 항산화 활성은 일정한 경향을 나타내지 않았다 (Table 3).

Seong 등 (2014)은 녹비재배로 인삼 지상부의 황증이 상대적으로 적게 발생되어 사포닌 생합성량의 증가로 진세노사이드 함량이 증가된다고 하였고, Kim 등 (2015a)도 벼에 녹비작물을 시용 할 경우 헤어리베치의 질소 고정으로 oryzanol의 함량이 무처리구에 비해 증가한다고 하여 백수오 생리활성 물질 함량을 증대시키고자 할 경우 녹비작물을 재배하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

3. 녹비작물 시용에 따른 토양화학성 및 미생물 활성

녹비작물 시용 전 (Table 4) 및 백수오 수확 후 (Table 5) 토양 화학성 조사결과 헤어리베치 시용구 및 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40) 시용구에서 pH가 높아졌고 유기물의 함량은 모

Table 4. Physico-chemical properties of the soil before this experiment.

pH (1 : 5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol+/kg ⁻¹)			CEC (cmol/kg)
			K	Ca	Mg	
6.5	1.1	115	0.13	4.8	1.5	9.2

OM; Organic mater, CEC; Cation exchange capacity.

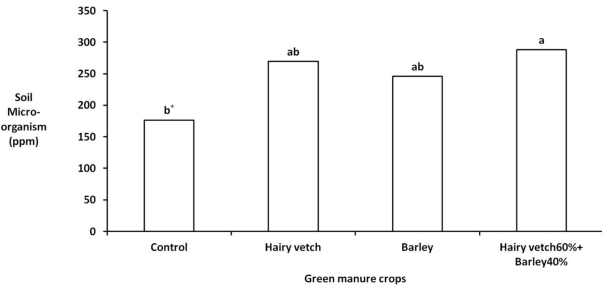


Fig. 3. Effect of green manure crops application on soil microorganism. Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

든 처리에서 높아지는 경향을 보였다. 인산함량은 녹비작물 시용구에서 낮아져 녹비작물 시용이 토양 내 가용성 인산을 유효화 시키는 것으로 판단되었으며, 토양 내 양이온 함량도 낮아져 식물체에 흡수되었음을 알 수 있었다.

Lim 등 (2014)은 배 과원에서 녹비작물의 파종시기가 빠를수록 화학비료를 대체하는 효과를 보였다고 하였으며, Yang 등 (2014)은 간척지에서 헤어리베치와 밀 혼파재배를 할 경우 벼 식물체 내 질소, 인산, 가리 함량이 증가한다고 하였고, Son 등 (2014)은 작부체계별 녹비작물 시용으로 투입양분을 절감시킬 수 있다고 하였다. 또한 Lee 등 (2016a)은 인삼 연작 하우스에 수단그라스를 토양환원 후 석회질소나 요소처리를 하면 인삼 생육에 효과가 있다고 하였다. 본 연구에서도 백수오 재배 포장의 녹비작물 시용 전후 토양 내 양분 함량이 변화된 것은 녹비작물 시용에 의한 양분의 가용화 및 원활한 식물체 흡수에 의한 것으로 생각되었다.

토양 미생물의 활성은 대조구보다 헤어리베치 + 청보리 (60 : 40) 시용구에서 토양 미생물의 활성이 높았고 헤어리베치 시용구 및 청보리 시용구에서도 토양미생물 활성이 높았다. Lee 등 (2016b)은 6 년근 인삼 수확 후 1 년간 윤작물을 재배한 다음 토양의 미생물 함량을 분석한 결과 토양의 그램 음성균과 그램 양성균의 비율은 윤작물 재배 구에서 모두 무처리 보다 유의적으로 증가한다고 하였는데 본 연구는 미생물의 활성을 측정한 결과로 토양미생물의 증가와 관련하여 비슷한 결과를 보였다 (Fig. 3).

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ0109302016)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Association of Official Analytical Chemists(AOAC). (1984). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA, USA. p.8-35.

Choi IS, Son SY, Cho CT, Park JS, Han DH and Chung IM. (1996). Effect of seeding date on the growth and yield of *Cynanchum wilfordii* Hemsely. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:114-118.

Choi IS. (1998). Effects of seeding ages on growth and yield of *Cynanchum wilfordii* HEMSLEY. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 6:121-125.

Feng XJ, Roh SS, Oh DS and Seo YB. (2015). Lipid improvement effect of *Cynanchi wilfordii* radix in hyperlipidemia rats. Korea Journal of Herbology. 30:83-91.

Hwang GJ. (2006). A taxonomic study of the genus *Cynanchum* in Korea. Master Thesis. Yeongnam University. p.1-164.

Hwang JH, Yi MR, Kang CH and BU HJ. (2015). Effect of cynandione A of *Cynanchi Wilfordii* radix in RANKL and lipopolysaccharide-induced on osteoclastogenesis in RAW 264.7 cells. Korean Journal of Pharmacognosy. 46:295-302.

Jeong JY. (2002). Guideline for basic standard for organic rice cultivation. Korean Journal of Organic Agriculture. 10:2-8.

Kang YK and Hong SK. (2014). Effects of *Cynanchum wilfordii*

Table 5. Changes in chemical properties of *Cynanchum wilfordii* Hemsely after harvesting with application of green crops.

Green manure crops	pH (1 : 5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol+/kg ⁻¹)			CEC (cmol/kg)
				K	Ca	Mg	
Control	6.6 ^{b*}	26 ^a	2,331 ^a	0.19 ^a	3.4 ^a	0.9 ^a	4.8 ^a
Hairy vetch	7.2 ^{ab}	26 ^a	1,147 ^b	0.16 ^a	3.1 ^a	1.0 ^a	4.6 ^a
Barley	6.8 ^{ab}	20 ^b	1,305 ^b	0.17 ^a	2.9 ^a	0.9 ^a	4.2 ^b
Hairy vetch + Barley (60 : 40)	7.4 ^a	23 ^{ab}	1,194 ^b	0.11 ^a	2.7 ^a	0.7 ^a	3.7 ^b

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). OM; Organic mater, CEC; Cation exchange capacity.

- and *Phlomis umbrosa* extracts on bone growth and serum insulin like growth factor-1. Korean Journal of Microbiology and Biotechnology. 42:139-144.
- Kim HW, Shin JH, Lee MK, Lee SH, Jang HH, Cho HS, Lee JT, Jeon WT and Kim JB.** (2015a). Treatment effect of green manure crops on content of γ -oryzanol from Korean rice variety, Unkwangbyeon. Korean Journal of Environmental Agriculture. 34:98-104.
- Kim MJ, Kim IJ, Choi SY, Han DH, Kim YH, Lim SH, Kim TJ, Nam SY, Song BH, Oh BU and Park CG.** (2014). Comparison of *Cynanchum wilfordii*, *C. auriculatum*, *Metaplexis japonica* and *Polygonum multiflorum* by morphological characters. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:113-120.
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH and Song BH.** (2002). Effects of sowing method and planting density on growth and root yield of *Cynanchum wilfordii* Hemsly. Korean Journal of Crop Science. 47:418-421.
- Kim MT, Kim KS, Park KD, Ryu JH, Choi JS, Ku JH, Kim SJ, Lee CW, Lee K and Kang HW.** (2015b). Reset of cultivation zones of green manure crops under paddy field in South Korea: Focused on minimum temperature and drainage class. Korean Journal of Crop Science. 60:91-96.
- Kwon BK.** (2013). A taxonomic study on the genus *Cynanchum* (Asclepiadaceae) in Korea. Master Thesis. Andong National University. p.1-89.
- Lee HW, Park SY, Lee AY, Chae SW, Choi GY, Choo BG and Kim HK.** (2008). Quantitative analysis of *Cynanchum wilfordii* Hemsley. Korean Journal of Oriental Medicine. 14:107-111.
- Lee SW, Lee SH, Jin ML, Park KH, Jang IB and Kim KH.** (2016a). Control of soil-borne pathogens in ginseng cultivation through the use of cultured green manure crop and solarization in greenhouse facilities. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:136-142.
- Lee SW, Park KH, Lee SH, Jang IB and Jin ML.** (2016b). Crop rotation in paddy soil exhibiting crop failure following replanting: Effect on soil chemical properties, soil microbial community and growth characteristics of 2-year-old ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:294-302.
- Lim KH, Choi JH, Kim WS, Kim HJ, Song JH, Cho YS, Yim SH, Jung SK and Choi HS.** (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 Journal of Environmental Agriculture. 33:9-16.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012). Analysis standards for the research investigation of agricultural science and technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.16-992.
- Ryoo JW.** (2003). Effects of hairy vetch and animal slurry on growth and yield of *Astragalus membranaceus* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 11:83-88.
- Seong BJ, Han SH, Kim SI, Kim GH, Lee KS, Kim HH, Won JY, So JD and Cho JW.** (2014). Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) by green manure crops. Korean Journal of Crop Science. 59:364-368.
- Son JG, Lee GA, Yoo DS and Cho JY.** (2014). Reduction of agricultural non-point pollution source by scenarios of best management practices on cropping system alternatives of main upland crop in Saemangeum watershed. Journal of Applied Biological Chemistry. 57:95-101.
- Song BH, Lee KA, Chang YK, Kim YG, Ahn TJ, Ahn YS and Park CB.** (2010). Studies on early seedling establishment and early growth responses of *Astragalus membranaceus* Bunge with different seeding times, application conditions, and green manure crops for developing organic agriculture relating to cropping system. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 43:667-673.
- Song BH, Lee KA, Chang YK, Kim YG, Ahn TJ, Ahn YS and Park CB.** (2011). Effects of organic fertilizers and green manure crops on growth responses and yields of *Astragalus membranaceus* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:83-89
- Yang CH, Shin P, Baek NH, Cho KM, Lee SB, Noh TH and Lee GB.** (2014). Effect of mixed sowing of hairy vetch and wheat on green manure yield in a reclaimed land. Journal of Agriculture and Life Science. 48:85-91.