

녹비작물 종류에 의한 토양 및 벼 탄소량의 변화

조현숙* · 성기영 · 박태선 · 서명철 · 전원태 · 양운호 · 강항원 · 이혜진

농촌진흥청 국립식량과학원

Changes in Carbon Amount of Soil and Rice Plant as Influenced by the Cultivation of Different Green Manure Crops

Hyeoun-Suk Cho*, Ki-Yeung Seong, Tae-Seon Park, Myung-Chul Seo, Weon-Tai Jeon,
Woon-Ho Yang, Hang-Won Kang, and Hye-Jin Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

A green manure crop were used in many ways, such as for reducing chemical fertilizer, improving physical and chemical properties of soils, protecting soil loss, and creating landscape when it's grown in agricultural land. Experiments were conducted to find out carbon emitted with applying green manure crops in paddy field. Amounts of carbon absorbed in the green manure crops during the winter were 1.22 ton ha⁻¹ in hairy vetch, 1.24 ton ha⁻¹ in barley, and 1.54 ton ha⁻¹ in hairy vetch/barley. The soil carbon content was the highest at days before transplanting of rice and decreased after days after harvesting the plant. Soil carbon contents were higher with hairy vetch or barley treatment than with hairy vetch/barley treatment. The content of emitted methane (CH₄) was the highest at 7 days after transplanting rice plant, and was 17 ~ 25 times higher with green manure treatments than with chemical fertilizer application. The CH₄ emission was the highest with hairy vetch treatment and than followed by hairy vetch/barley and barley treatments. The content of carbon absorbed in rice plant increased during the cultivation period but was not different with the applications of different green manure crops. The yield amounts of rough rice and rice straw were 5 ~ 13% higher with the green manure treatments than the chemical fertilizer application. In particular, they were the highest with hairy vetch/barley treatment as 14.07 ton ha⁻¹.

Key words: Green manure crop, Carbon absorption and emission, Rice plant, Paddy field

서 언

최근 축산농가의 조사료 부족과 볏짚판매를 통한 경종농가의 부수입 발생으로 인하여 논외의 볏짚 80% 이상이 수거되어 농경지에서 사라지게 되면서 한 때 26g kg⁻¹까지 높아졌던 토양 유기물은 점차 감소되어 2010년에는 23g kg⁻¹까지 낮아져 지속적인 식량생산을 위한 대책이 필요하게 되었다. 따라서 농식품부에서는 화학비료 40% 감축과 친환경경육성법 강화, 「Green Korea」 정책 등을 시행하면서 녹비작물을 권장하기 시작하였다. 농경지에 이용되는 녹비작물은 주로 동계 휴경지에 재배되고 있어 경지 이용율을 증대시킬 뿐만 아니라 토양의 유기물 공급, 화학비료 절감, 토양의 물리·화학·생물학적 특성 개량, 토양유실 방지, 경관조성 등 다양한 효과를 가진 유기물원이다. 따라서 토양 지력증진을 위해서 꼭 필요한 유기물원인 녹비작물 이용에 대한 연구가 활발하게 진

행 (Jeon et al., 2009; Song et al., 2010; Kim et al., 2011; Yang et al., 2009)되고 있으며 재배면적도 증가하고 있다. 최근 지구 온도의 급격한 상승으로 지구 온난화에 대한 관심이 증대되고 있으며 지구 온난화에 영향을 주는 가스에는 여러 가지가 있는데 농경지에서 주로 발생하는 가스에는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소를 들 수 있다. 이들 중 문제가 되고 있는 가스는 메탄과 아산화질소 2종류이며 논토양에서 유기물과 관련 있는 것은 메탄이다. 메탄가스는 토양특성, 온도, 물관리, 유기물이나 무기질 비료 사용량, 벼 재배기간 등에 따라 차이가 있다 (Neue and Sass, 1994). 특히 논토양은 관개수가 공급되면 토양조건이 혐기적으로 바뀌게 되며 토양에 환원된 유기물은 이 혐기적인 조건에서 분해가 이루어진다. 이 때 논토양에서 발생하는 메탄발생량은 유기물의 C/N율이 낮아 토양환원 시 분해속도가 빠른 신선한 유기물에서 분해속도가 느린 부숙퇴비보다 메탄 발생을 더 가중시킨다고 하였다 (Roh et al., 2010; Yagi et al., 1990). 논토양에 유기물을 사용하면 토양 중 탄소함량은 증가할 수 있지만 동시에 사용한 유기물이 배출원으로 작용

접수 : 2012. 10. 30 수리 : 2012. 11. 25

*연락처 : Phone: +82312906777

E-mail: chohs@korea.kr

하여 메탄 배출량을 증대시키는 양면적인 특성이 있다고 하였다 (Roh et al., 2010; Lim et al., 2012). Jung et al. (2010)은 남부지방에서 벼-보리 작부체계가 동절기 이산화탄소 고정을 증진 할 수 있는 작물이라고 하였으며 토양깊이 0~20 cm에서 벼-보리 작부체계의 탄소함량은 벼 단작의 1.59%에 비해 보리제거구에서 약 61%, 보리환원구에서 65% 증가되었다고 하였다. 이렇게 유기물은 온실가스인 이산화탄소를 배출하는 배출원인 동시에 이산화탄소를 저장하는 저장소로의 역할을 수행하기도 한다. 따라서 본 시험은 유기물원 중에 하나인 녹비작물을 동계에 재배하여 토양에 이용 할 때 탄소 변동을 알아보기 위하여 화분과인 녹비보리와 두과인 헤어리베치를 단파한 처리와 두과/화분과를 혼파한 녹비보리/헤어리베치 처리구를 두어 토양 및 벼의 탄소 흡수량을 조사하였다.

재료 및 방법

본 시험은 국립식량과학원 작물환경과의 사양토 시험포장에서 2010년 10월부터 2011년 11월까지 수행되었다. 작물재배는 Fig. 1과 같이 동작물인 녹비작물을 가을에 파종하여 동계에 재배하여 이듬해 봄에 경운을 통하여 농경지에 환원한 다음 벼를 재배하는 녹비작물과 벼의 작부체계 시스템에서 진행되었다. 처리내용은 녹비보리 (B), 헤어리베치 (HV), 헤어리베치/보리 (HV/B)의 3개의 녹비구와 화학비료구를 두어 시험하였다. 동계에 재배한 녹비작물은 녹비보리 (영양보리)와 헤어리베치 (수입종)였고, 여름에 후작물로 재배한 벼는 운광벼를 이용하였다. 녹비작물 파종량은 녹비보리는 90 kg ha⁻¹, 헤어리베치는 40 kg ha⁻¹을 파종하였고, 헤어리베치/보리 혼파구는 헤어리베치 20 kg ha⁻¹과 보리 45 kg ha⁻¹을 혼합하여 파종하였다. 녹비작물 파종은 2010년 10월 16일에 세조파기를 이용하여 실시하였고, 보리 출

수기 이후인 2011년 5월 27일 토양에 환원하였으며, 벼 이앙은 6월 10일에 재식거리 (30 × 14 cm)에 맞게 중묘를 손이앙하였다. 작물재배 기간 중 녹비작물 재배시에는 화학비료 즉, 질소 (total N, T-N), 인산 (P₂O₅), 칼리 (K₂O)를 모두 무시비 하였고, 벼를 재배할 때는 녹비보리와 헤어리베치, 녹비보리/헤어리베치 환원구는 무시비하였으며 화학비료구는 질소 90 kg ha⁻¹, 인산 45 kg ha⁻¹, 칼리 57 kg ha⁻¹을 시비하였다. 이 때 화학비료는 요소 (질소), 용과린 (인산), 염화칼리 (칼리)를 각각 벼 분시비율에 맞게 사용하였으며 물관리는 토양환원을 조장하기 위하여 상시담수를 실시하였다. 녹비작물의 수량조사는 토양에 환원하기 직전에 1 m²의 식물체를 3반복으로 수확하여 50°C에서 48시간 열풍건조 후 건물중을 측정하였다. 벼와 벧짚 수량은 수확기에 농촌진흥청의 농업과학기술연구 조사분석 기준 (RDA, 2003)에 의거하여 조사하였다. 식물체와 토양탄소를 분석하기 위한 시료는 다음과 같이 조제하였다. 먼저 녹비작물은 토양에 환원하기 직전에 식물체를 각각 300 g을 채취하여 건조한 다음 마쇄하였으며, 벼는 이앙 후 10일 간격으로 3주를 채취하여 지상부와 지하부로 나누어 조제한 다음 50°C에서 48시간 건조 후 마쇄하여 사용하였다. 토양시료는 녹비환원 직전부터 벼 이앙 전까지는 4일 간격으로 시료를 채취하였으며 벼 이앙 후부터 수확할 때까지는 식물체 시료 채취시기와 같이 10일 간격으로 토양 표토를 채취하여 음긴한 다음 2 mm 토양체를 통과시켜 시료로 조제하였다. 토양 및 식물체의 탄소함량 분석은 CNS분석기 (LECO CNS-2000, USA)를 이용하여 total carbon (T-C)을 측정하였다. 이산화탄소와 메탄 발생량은 간이폐쇄정태 camber법 (Shin and Kim, 1994)에 따라 아크릴소재로 제작된 가스포집장치인 camber (60×60×120 cm)를 설치하여 오전 10:00 - 12:00 사이에 벼 이앙 후부터 수확기 까지 10일 간격으로 조사하였다. 이 때 이산화탄소는 Multy-REA (302)를 사용하여 camber에서 직접 이산화탄소 농도를 측정하였고 메탄은 60ml

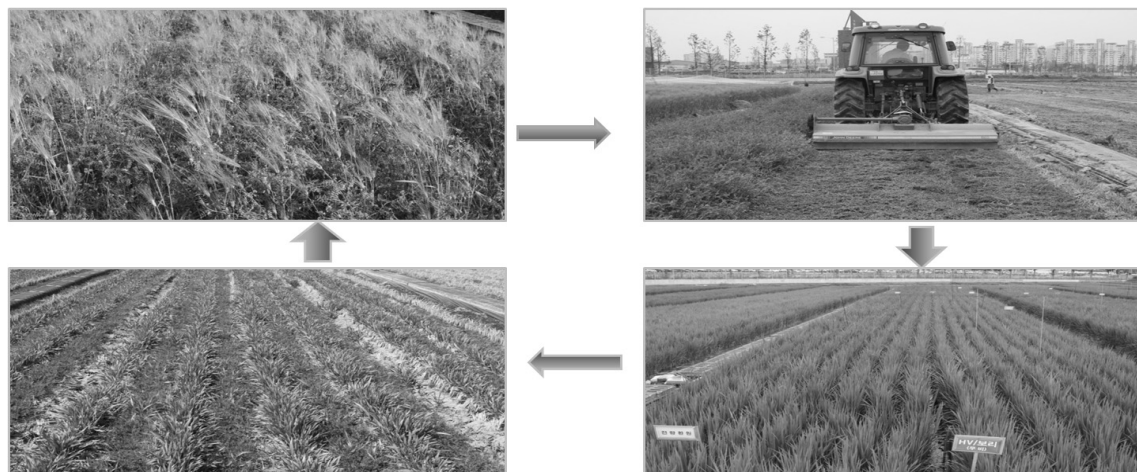


Fig. 1. Rice-green manure crop cropping process in paddy field.

polypropylene syringe로 시료를 채취하여 gas chromatograph (Aligent 502)에서 분석하였으며 검출기는 FID (Flame Ionization Detector)를 사용하였다.

토양의 화학적 특성은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5로 희석하여 pH meter로 측정하였고, T-C는 CNS분석기 (LECO CNS-2000), 치환성양이온과 인산함량은 동시침출법으로 추출하여 ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometer, GBC SDS-270, AU)를 이용하여 정량하였다.

결과 및 고찰

시험전 토양의 화학적 성분함량은 Table 1과 같이 토양 pH는 5.33이고 토양탄소함량은 6.8 g kg⁻¹, 인산은 112 mg kg⁻¹, 칼리 0.57 cmol_c kg⁻¹ 이었다.

동계에 재배된 녹비작물의 건물수량은 3,120~3,820 kg ha⁻¹ 이었고, 헤어리베치와 녹비보리는 각각 3,100 kg ha⁻¹, 3,120 kg ha⁻¹으로 비슷한 녹비량이 생산되었으며 녹비보리

/헤어리베치구는 단파구보다 수량이 약간 높은 3,820 kg ha⁻¹이 생산되었다. 화학비료 처리구는 동계에 독새풀이 2,080 kg ha⁻¹으로 비교적 많은 양이 생산되었으며 이 양은 전량 토양에 환원되었다. 녹비작물과 독새풀에 의하여 흡수된 탄소량은 Table 2와 같이 녹비보리는 1.24 ton ha⁻¹이었고, 헤어리베치는 1.22 ton ha⁻¹, 헤어리베치/녹비보리 혼파구는 1.54 ton ha⁻¹으로 녹비작물을 혼파한 처리구에서 가장 높았다. 화학비료 처리구에서는 독새풀에 의하여 흡수된 탄소량이 0.80 ton ha⁻¹으로 독새풀의 수량에 비하여 낮은 편이었으나 동절기를 통하여 비교적 많은 양의 탄소가 흡수되었다.

여러 국가에서 온실가스 저감을 위하여 농경지에 유기물을 사용하여 토양탄소 축적량을 증대시키는 방법을 사용하고 있다 (Roh et al., 2010). 녹비환원에 의한 토양 중 탄소함량의 변화는 Fig. 2와 같이 녹비환원구와 화학비료구 모두 이앙 7일전에 가장 높았으며 이후 점차 감소되는 경향을 보였다. 토양 중 탄소함량은 녹비작물 환원부터 벼 재배기간 동안은 녹비환원 초기에 일시적으로 증가하였으나 벼 이앙 후부터 수확기까지 거의 일정한 경향을 보였고, 녹비환

Table 1. Selected chemical properties of soil before this experiment.

Soil texture	pH	Total C	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cations		
				Ca	Mg	K
		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		
Sand Loam	5.33	6.8	112	3.26	0.62	0.57

Table 2. Carbon accumulation and green manure yield as affected by the cultivation of different green manure crops during the winter season.

Green manure crops	Barley	Hairy vetch	Hairy vetch /Barley	Chemical fertilizer (Foxtail)
Dry weight (kg ha ⁻¹)	3,120	3,100	3,820	2,080
Carbon absorption (ton ha ⁻¹)	1.24	1.22	1.54	0.80

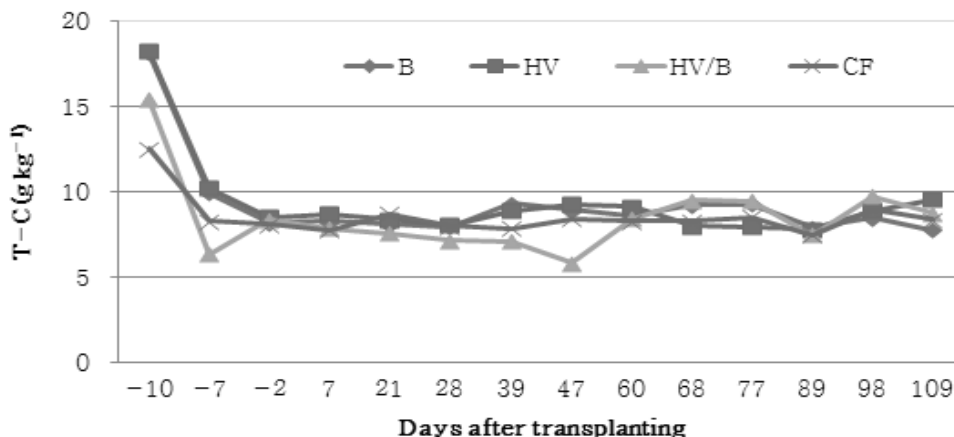


Fig. 2. Changes of total carbon (T-C) content of soil as affected by the cultivation of different green manure crops.

원구나 화학비료 처리구도 같은 경향을 보였다. 녹비종류별로는 헤어리베치와 녹비보리구의 탄소함량이 녹비보리/헤어리베치 환원구보다 약간 높은 경향을 보였다. 녹비작물이 환원되지 않은 화학비료구 (CF)에서 토양탄소 함량이 높았던 이유는 겨울동안 자란 독새풀을 토양에 환원하였기 때문으로 판단되었다.

가스발생은 기온과 밀접한 관계가 있어 (Nouchi et al., 1994; Wang et al., 1993) 흐린거나 비가 오는 날보다는 맑고 화창한 날, 그리고 대기온도가 높은 날에 발생이 더 잘 일어난다. 또한 같은 온도조건이라도 오픈된 공간보다는 밀폐된 공간에서 기온이 올라가고 이산화탄소 발생량은 증가하게 된다. Fig. 3은 비 재배기간 동안 대기온도와 지온의 변화를 나타낸 것으로 2011년의 여름 기온은 비가 오는 날이 많아 대기온도가 낮은 경향을 보였는데, 특히 시료채취 기간인 이양 후 21, 28, 47, 60, 68일에는 비 또는 구름 등 날씨의 영향으로 대기온도와 지온이 모두 낮았다 (http://www.kma.go.kr). chamber 내의 초기온도와 30분 후의 대기온도는 비 이양초기에서 이양 후 68일까지 온도 변화가 거의 없었다. 그러나 이양 후 68일부터는 chamber 내의 초기온도보다 30분 후의 대기온도가 약 10°C 정도 높게 나타났다. 그러나 지온은 비

재배기간 동안 22~25°C로 거의 일정한 경향을 보였으며 대기온도가 높았던 이양 68일 이후부터 서서히 낮아지는 경향을 보였다. Yamana와 Sato (1964)는 메탄이 발생되기 위한 최적지온은 30~40°C 일 때라고 하였는데 시험포장의 지온은 전반적으로 20~30°C 사이로 이보다는 약간 낮은 경향을 보였다.

비 재배기간 동안 chamber 내의 이산화탄소 흡수량은 Fig. 4와 같이 이양 후 점차 증가하는 경향을 보이다가 이양 후 47일에 감소한 다음 68일에 다시 증가하였으며 수확기인 109일경에는 감소하는 경향이였다. 이는 대기온도와 밀접한 관계가 있는 것으로 일반적으로 비의 biomass가 증가하면 광합성이 활발해져 이산화탄소 흡수량이 증가하지만 강우나 구름으로 인하여 빛이 차단되어 기온이 낮게 되면 식물체는 광합성보다는 호흡량이 증가되어 흡수되는 이산화탄소량 또한 감소하게 된다 (http://naver.com). Fig. 3에서 대기온도가 낮았던 시점의 이산화탄소 흡수량을 보면 다른 시점에 비하여 이산화탄소 흡수가 현저히 감소하는 경향을 보였다. 비 재배기간 동안 녹비 종류에 따른 이산화탄소 흡수량은 모든 처리에서 비슷한 경향을 보였다. 또한 화학비료 처리구도 녹비환원구와 큰 차이를 보이지 않았다. 식물체에 의한 대기 중

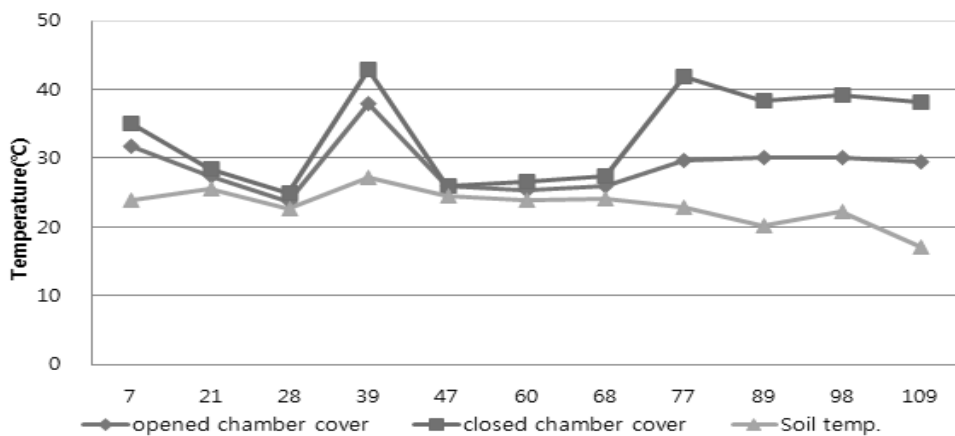


Fig. 3. Changes in temperature of opened camber, closed chamber and soil at gas sampling time.

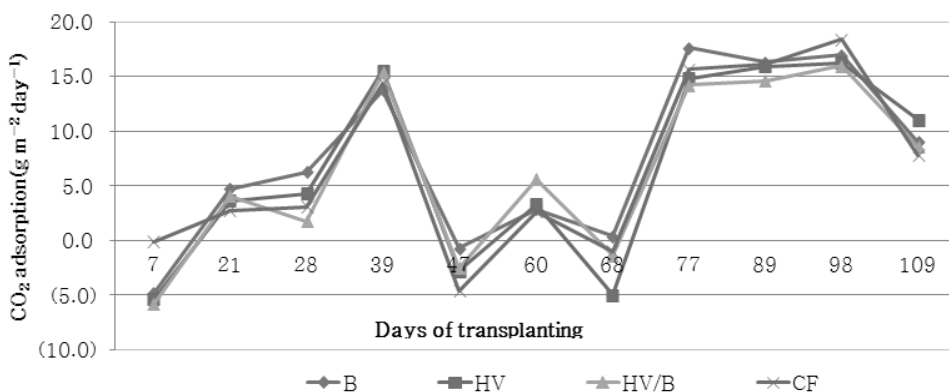


Fig. 4. Changes in CO₂ content of chamber as affected by the cultivation of different green manure crops.

의 이산화탄소 흡수량은 녹비 종류의 차이에서 보다 기상조건의 변화에 따라 더욱 차이가 뚜렷하였다. 기온이 높았던 이앙 초기에 이산화탄소의 흡수량이 낮았는데, 이는 토양에 환원된 녹비작물의 분해과정에서 발생한 이산화탄소의 함량은 어린 식물체가 광합성 과정에서 흡수한 이산화탄소 함량보다 많았기 때문으로 사료되었다.

농경지의 이산화탄소 농도에 가장 많은 영향을 미치는 가스는 메탄이다. 메탄은 논토양이 담수로 인하여 유기물이 혐기적으로 분해되는 과정에 발생하는데 유기물의 종류에 따라 그 차이가 다양하게 나타난다 (Roh et al., 2010; Lim et al., 2012). 메탄 발생량 (Fig. 5)은 벼 이앙 7일에 가장 많았고 벼 생육이 진행됨에 따라 점차 감소하였으며 39일과 68일에 약간 증가하는 경향을 보였다가 다시 감소되었으며 벼 이앙 89일 이후에는 거의 발생되지 않았다. 메탄 발생량이 가장 많았던 이앙 7일의 녹비환원구 메탄발생량은 화학비료구 보다 약 17 ~ 25배 높게 나타나 녹비환원으로 메탄 발생이 급격히 증가함을 알 수 있었다. 녹비종류별 메탄 발생량은 헤어리베치구에서 가장 높았으며 헤어리베치/녹비보리 혼파구와 녹비보리 단파구는 비슷한 경향이었고 화학비료 처리구는 가장 낮았다. 일반적으로 메탄 발생은 생육 초기에는 낮고 생육중반기에 증가하였다가 수확기에 감소

하는 경향을 보인다 (Lee et al., 1997). 그러나 본 연구에서와 같이 생육초기에 높고 생육이 진행됨에 따라 점차 감소하는 경향을 보인 이유는 녹비작물이 부숙되는 과정 중에 발생된 메탄 함량이 식물체를 통하여 배출되는 양보다 월등히 높았기 때문으로 판단된다. 또한 부숙이 빠른 헤어리베치를 처리하였을 경우 다른 처리에 비하여 초기 메탄 발생량이 많았던 것으로 보아 녹비의 C/N율이나 부숙속도가 메탄 발생과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다 (Lim et al., 2012; Yagi et al., 1990). 벼 생육초기에 대량 발생하는 메탄량은 녹비작물을 이용 할 경우 온실가스에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러므로 논토양에 유기물을 공급하기 위하여 녹비작물을 처리 할 경우 녹비작물 환원 초기에 발생하는 메탄을 줄이는 것이 필요하다.

벼 재배기간 동안 식물체는 광합성을 하기 위하여 지속적으로 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하게 되는데 벼 생육시기에 따른 탄소흡수량은 Fig. 6과 같이 벼 식물체의 바이오매스가 많아질수록 점차 증가되었으며 최고분얼기인 이앙 47일 이후 급격한 증가를 보였다. 녹비종류별로 보면 헤어리베치 단파구, 헤어리베치/녹비보리 혼파구의 탄소흡수량이 화학비료구보다 많았으며 녹비보리 환원구는 다른 처리에 비하여 약간 낮은 나타났다.

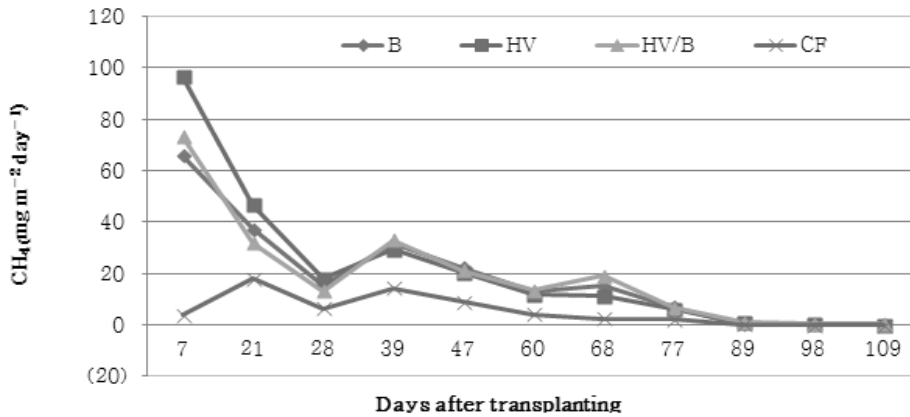


Fig. 5. Changes of CH₄ emission by different green manure crops.

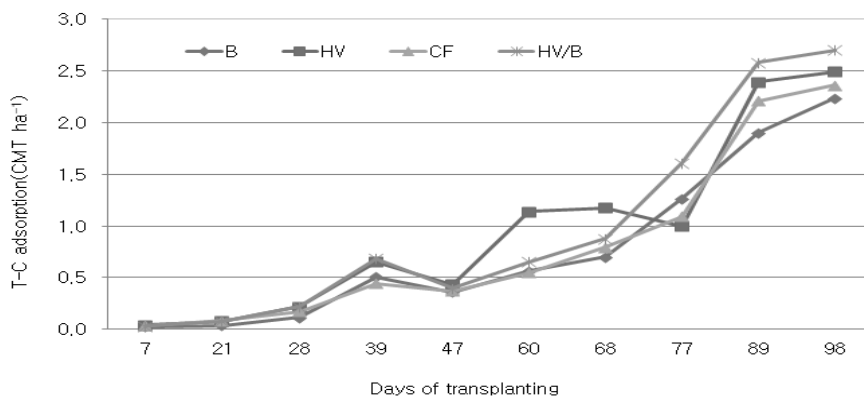


Fig. 6. Total carbon accumulation in rice plants as influenced by the cultivation of different green manure crops.

Table 3. Yield of rough rice and rice straw as influenced by the cultivation of different green manure crops.

Treatments		Barley	Hairy vetch	Barley/hairy vetch	Chemical fertilizer
Yield (ton ha ⁻¹)	Rough rice	5.92b [†]	6.34a	6.86a	5.43bc
	Rice straw (Dry weight)	5.90b	7.52a	7.21a	5.78b
	Total	11.82b	13.86a	14.07a	11.21b

[†]Means within a column not followed by same letters are significantly different by DMRT 5%.

Table 4. Carbon balance of rice-green manure crop cropping systems in paddy field (unit : MT ha⁻¹).

Treatments		Barley	Hairy vetch	Barley/hairy vetch	Chemical fertilizer
Carbon absorption	Green manure	1.24	1.22	1.54	0.80
	Rice + rice straw	4.63	5.56	5.67	4.46
	Total	5.87	6.78	7.21	5.26
Carbon Emission	CH ₄	0.91	0.98	0.92	0.32
	Balance	4.96	5.80	6.29	4.94

Table 5. Changes in the carbon content of soils before and after the experiment in paddy field.

Treatments		Barley	Hairy vetch	Barley/hairy vetch	Chemical fertilizer
Soil carbon (MT ha ⁻¹)	Before	8.28	8.72	7.85	7.90
	After	9.32	11.5	10.49	10.05

각 처리구에서 생산된 정조 및 볏짚의 함량은 Table 3에 나타나 있다. 정조수량 및 볏짚 생산량의 총합은 헤어리베치/보리 혼파구에서 14.07 ton ha⁻¹로 가장 많았으며 헤어리베치, 녹비보리, 화학비료 순이었다. 그리고 각 처리구의 정조 생산량은 5.43 ~ 6.86 ton ha⁻¹이었으며 볏짚수량은 5.78 ~ 7.52 ton ha⁻¹으로 볏짚과 정조 생산량은 약 50 : 50 비율이었다. 정조 생산량이 가장 많았던 처리구는 녹비보리/헤어리베치 혼파구로 6.86 ton ha⁻¹이었고, 볏짚 생산량은 질소성분이 가장 많았던 헤어리베치구였으며, 화학비료구에서는 정조 및 볏짚 생산량이 모두 낮게 나타났다. 상대적으로 질소성분이 충분했던 헤어리베치, 헤어리베치/보리, 화학비료구는 정조 생산량보다 볏짚 생산량이 더 높아 양분 효율이 낮았으나, 녹비보리구는 정조 및 볏짚생산량이 비슷하게 나타났다.

녹비작물과 벼의 작부체계에서 탄소 변동을 보면 (Table 4) 녹비작물과 벼에 흡수된 탄소량은 녹비보리/헤어리베치 혼파구에서 7.21 MT ha⁻¹로 가장 많았으며 헤어리베치 6.78 MT ha⁻¹, 녹비보리 5.87 MT ha⁻¹순이었고, 화학비료는 5.26 MT ha⁻¹으로 가장 적었다. 반면에 메탄형태로 발생된 탄소량은 헤어리베치 처리구에서 0.98 MT ha⁻¹로 가장 많았고 헤어리베치/녹비보리 (0.92 MT ha⁻¹)와 녹비보리 (0.91 MT ha⁻¹)는 비슷한 양이 발생되었으며 화학비료 처리구는 녹비

처리구보다는 현저하게 낮은 0.32 MT ha⁻¹가 발생되었다. 따라서 녹비작물을 이용한 처리구에서 화학비료구보다 탄소흡수량이 더 많아 녹비를 사용함으로써 대기 중 탄소량을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 물론 녹비작물을 환원한 처리구에서 메탄 발생량이 화학비료구에 비하여 약 3배정도 많았기 때문에 이를 줄이기 위한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단되지만 본 시험결과로 볼 때 메탄 발생량이 많음에도 불구하고 녹비환원구에서 탄소수지가 높았던 이유는 녹비작물과 벼 식물체를 통하여 흡수한 탄소함량이 많았기 때문이었다.

수확 후 토양에 남아있는 탄소함량 (Table 5)은 9.32 ~ 11.56 MT ha⁻¹로 모든 처리구에서 시험전에 비하여 증가되는 경향을 보였다. Roh et al. (2010)은 19년 동안 볏짚을 사용하면 토양 중 유기물 함량이 9 g kg⁻¹이 증가되고, 퇴비사용에 의한 토양 중 이산화탄소 축적량은 19년간 37.9 ton이었다고 보고하였는데, 본 시험에서도 녹비작물을 사용함으로써 시험 전에 비하여 시험 후에 토양 중에 탄소가 축적되었다. Roh et al.에 의하면 장기적인 유기물 투입으로 많은 이산화탄소가 축적되었으므로 본 연구도 장기적으로 녹비작물을 투입했을 때 토양에 축적되는 탄소량의 동태를 지속적인 모니터링을 통하여 녹비작물 처리에 의한 탄소축적량을 연구할 필요성이 있다고 생각된다.

요 약

녹비작물은 토양에 환원하여 이용하면 화학비료 절감, 토양의 물리화학적 특성 개량, 토양유실방지, 경관조성 등 다양한 역할을 수행한다. 녹비작물을 농경지에 환원하는 과정에서 발생할 수 있는 탄소 변화를 알아보고자 논토양에 녹비보리, 헤어리베치, 헤어리베치/보리, 화학비료구를 처리하였다.

겨울동안 녹비작물을 통하여 흡수된 탄소량은 헤어리베치는 1.22 ton ha^{-1} , 녹비보리는 1.24 ton ha^{-1} 이었으며 헤어리베치/보리 혼파구는 1.54 ton ha^{-1} 이었다. 토양 탄소함량은 벼 이앙 7일전에 가장 높았으며 이후부터 점차 낮아져 수확기까지 비슷한 경향이었다. 녹비종류별로는 헤어리베치와 녹비보리구에서 헤어리베치/보리 혼파구보다 높았다. 메탄 발생량은 모든 처리에서 이앙 후 7일에 가장 높았으며, 녹비 환원구에서 화학비료구보다 약 17 ~ 25배 더 많았다. 녹비종류별 메탄 발생량은 헤어리베치, 헤어리베치/보리, 녹비보리 순이었다. 벼 식물체의 탄소 흡수량은 벼 재배기간 동안 계속 증가하였으며 녹비종류별로는 차이를 보이지 않았다. 수확기의 정조와 벧짚 생산량은 녹비환원구에서 화학비료구보다 5 ~ 13% 많았으며 특히 헤어리베치/보리 혼파구에서는 $14.07 \text{ ton ha}^{-1}$ 으로 가장 많이 생산되었다.

인 용 문 헌

- Kim M.T., J.H. Ku, W.T. Jeon, K.Y. Seong, C.Y. Park, J.H. Ryu, H.S. Cho, I.S. Oh, Y.H. Lee, J.K. Lee, M. Park, and U.G. Kang, 2011. Effect of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring, Korea. *J. Crop Sci* Vol. 56(2): 119-123. [in Korean]
- <http://www.kma.go.kr>. 2012, Weather during 2010~2011 in KMA
- <http://www.naver.com>. 2012, Photosynthesis in doopedia.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M.T. Kim, and H.S. Cho, 2009, Effects of seeding rate on hairy vetch (*Viciavillosa*)-Rye (*Secalecereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korea J. Crop Sci.* Vol. 54(3):327-331. [in Korean]
- Jung K.Y., C.H. Lee, J.S. Lee, J.Y. Ko, Y.D. Choi, and E.S. Yun, 2010, Effects of rice-barley cropping systems on soil carbon concentration in rice paddy, *Korean J. Environ. Agric.*, 222~223. [in Korean]
- Lee, K.B., D.B. Lee, and Y.W. Kim, 1997, Seasonal variation of soil entrapped methane and dissolved methane flux in a paddy soil, *Korean J. Soil. Fert.* Vol. 30(1):41-45. [in Korean]
- Lim S.S., W.J. Choi, and H.Y. kim, 2012, Fertilizer and organic inputs effects on CO₂ and CH₄ emission from a soil under changing water regimes, *Korean J. Environ. Agric.*, Vol 31(2):104-112.
- NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Neue, H.U. and R. Sass, 1994, Trace gas emissions from rice fields in: prinn R(ed). *Global atmospheric-biospheric chemistry* Plenum Press, New york. 119-1483.
- Rural Development Administration (RDA). 2003. Standard measurement and analysis in agricultural research and development, RDA, Suwon, Korea.
- Shin, Y.K. and K.S. Kim, 1994, Methods for measurement of methane and nitrous oxide emissions from agricultural fields, *Korea J. Environ. Agric.* Vol 13(3):359-372 [in Korean]
- Song B.H., K.A. Lee, W.T. Jeon, M.T. Kim, H.S. Cho, I.S. Oh, C.G. Kim, and U.G. Kang, 2010. Effects of green manure crops of legume and gramineae on growth responses and yields in rice cultivation with respect to environment friendly agriculture. *J. Crop Sci.* 55(2):144-150. [in Korean]
- So K.H., J. A. Park, G.Z. Lee, K.M. Shim, J.H. Ryu, and K.A. Roh, Estimation of carbon emission and application of LCA(life cycle assessment) from rice production system, 2010, *Korean J. Soil. Fert.* Vol. 43(5):716-721. [in Korean]
- Nouchi I, 1994, Mechanism of methane transport through rice plants CH₄ and N₂O, 86-104.
- Roh K.A., H.C. Jeong, G.Y. Kim, K.H. So, K. M. Shim, D. S. Lee, and Y.H. Kim, 2010, Estimation of carbon sequestration and methane emission with organic amendment application at agricultural soil in Korea, *Korean J. Soil. Fert.*, 156-157. [in Korean]
- Wang, Z.P., R.D. Delaune, P.H. Masscheleyn, and Jr. W.H. Patrick, 1993, Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil, *Soil Soc. Am. J.* 57:382-385.
- Yagi, K., K. Minami. and Y. Ogawa, 1990, Effects of water percolation on methane emission from paddy field, *NIAES Res. Rep. Div. Environ. Planning.* 6:105-122.
- Yamana, I. and K. Sato, 1964, Decomposition of glucose and gas formation in flooded soil, *Soil Sci. Plant Nutri.* 10:27-133.
- Yang C.H., J.H. Ryu, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Kim, N.H. Baek, W.Y. Choi, and S. J. Kim, 2009, Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. *Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 42(5):166-173. [in Korean]