

녹비보리와 헤어리베치 토양투입에 따른 벼 수량 및 토양특성

조현숙^{1*} · 박우영¹ · 전원태¹ · 성기영¹ · 김충국¹ · 박태선¹ · 김재덕¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원

Effect of green manure barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy

Hyeoun-Suk Cho^{1*}, Woo-Young Park¹, Weon-Tai Jeon¹, Ki-Yeung Seong¹, Chung-Guk Kim¹, Tae-Seon Park¹, Jae-Deok Kim¹

¹Crop Environment Research Division, National Institute of crop Science, RDA, Suwon, 441-857, Republic of Korea

Received on 21 October 2011, revised on 2 November 2011, accepted on 18 December 2011

Abstract : This study was conducted at Korea's typical soil, loamy soil, to figure out the effect of how barley green manure (B), hairy vetch (HV) and the mixed-planting hairy vetch with barley green manure (HV/B) affecting on the yield of rice, usage of nutrient and soil characteristics. Supplying amount of nitrogen from HV, HV/B and B were 172.8 kg ha⁻¹, 64.3 kg ha⁻¹ and 38.6 kg ha⁻¹, respectively. Hairy vetch had the highest plant height and SPAD of rice and next was hairy vetch/barley, chemical fertilizer (CF), none fertilizer (NF), and green manure barley. The amount of rice yield was 5.51 ton ha⁻¹ with HV, and 4.24 ton ha⁻¹ with HV/B. The chemical characteristics of soil showed lower pH and exchangeable cations (Ca and Mg) at B, HV and HV/B plot rather than that of chemical fertilizer (CF) plot. However, the physical characteristics of soil and the porosity rate showed better tendency at the green manure crops than CF. Nitrogen nutrient balance was showed the most balanced at CF, otherwise field of application of green manure crops were required the appropriate nutrition management if future crops would be cultivated because nitrogen nutrient could be devastated or accumulated.

Key words : Rice yield, Soil characteristics, Hairy vetch, Green manure barley

I. 서론

녹비작물은 식물이 푸를 때 토양에 환원하여 이용하는 작물로 녹비작물을 재배하여 토양에 환원하면 화학비료 절감, 지력증진, 토양유실경감, 잡초방제, 경관조성 등 다양한 역할을 수행한다. 녹비작물의 재배면적은 정부의 green korea 정책과 화학비료의 가격 상승 등으로 점차 증가되고 있으며 대표적인 작물로 녹비보리, 헤어리베치, 자운영, 클로버 등이 있다(Kim 등, 2002). 녹비작물은 주로 동계 휴경지에 재배하여 이듬해 봄 토양에 환원하여 이용하고 있다. 이 들 중 화분과 녹비작물은 생육이 빨라 생체수량이 많은 반면 질소함량이 낮고 C/N율이 높아 토양의 물리화학적 특성의 개량효과가 우수한 편이며, 두과 녹비

작물은 초기 생육이 늦어 생체수량은 적은 반면 공중질소 고정으로 질소함량이 높고 C/N율이 낮아 양분공급 효과가 좋은 작물이다.

헤어리베치는 두과녹비작물로 내한성과 월동력이 강하고 낮은 온도에서도 질소고정능력이 높아(Power and Zachariassen, 1993) 3.6~4.1%의 질소성분을 함유하고 있을 뿐만 아니라 전 생육기간 동안 일정한 양을 유지하고 있어(Lee 등, 2009; Smith 등, 1987) 후작물의 질소공급을 위한 녹비작물로 각광을 받고 있는 작물이다. 헤어리베치 15~20 ton ha⁻¹를 이앙 2~3주전에 논토양에 환원하고 벼를 재배하면 6%의 증수효과가 있다고 보고되었다(Kim 등, 2002). 외국에서 전량 수입되고 있는 호밀을 대체하기 위하여 보리를 녹비로 이용하는 방안에 대한 연구를 추진하고 있다(MFAFF, 2009). 그의 일환으로 중부지역에서 9종의 보리품종을 시험한 결과 영양보리, 팔도보리, 상록보리

*Corresponding author: Tel: +82-31-290-6777

E-mail address: chohs@korea.kr

가 녹비용으로 적합하다(MFAFF, 2009)고 하였다. 조사된 보리의 질소함량은 1.69~1.98%였고 C/N율은 출수기에 가장 낮았으며 출수기 이후 황숙기로 갈수록 급격히 증가하는 경향을 보였다(MFAFF, 2009). 보리의 부숙화 정도는 논토양보다는 밭토양에서 6% 가량 더 높았다. 또한 부숙화율이 50% 소요일수는 19일로 나타나 16일 소요되는 헤어리베치보다는 더 많은 시간이 소요되었다. 논토양에 환원한 헤어리베치와 녹비보리는 10~15일 내에 많은 양의 질소가 가용화 되었으며 헤어리베치가 녹비보리보다 가용화율이 높게 나타났다(Song 등, 2010). 녹비보리를 토양에 환원하면 호밀보다 분해가 빠르며(Yang 등, 2009) 보릿짚을 16년 동안 농경지에 사용하면 무시용에 비하여 토양 공극률이 1.3%, 토양유기물 함량이 36% 증가되었으며, 쌀 수량도 6%나 증가되었다(Kim 등, 2006). 녹비의 혼파재배란 녹비작물 파종 시 두 종류 이상의 녹비작물을 혼합하여 파종하는 것을 말하는데 혼파방법 및 녹비종류에 따라 동계 월동력을 증가시키고 양분 공급력을 증대하여 화학비료 대체 효과를 높일 수 있으며, 토양 특성 개량, 잡초방제, 유용 곤충의 유인 등 다양한 장점이 있다(Clark, 2007; Jeon 등, 2009). 따라서 화분과만 이용하면 비료효과가 감소하고 두과만을 이용하면 토양개량효과가 낮아 이들의 단점을 보완하고자 화분과인 보리와 두과인 헤어리베치를 혼파 재배하여 이용하면 비료공급 뿐만 아니라 토양특성 개량의 효과를 동시에 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 시험은 식량과학원 작물환경과의 논토양에서 녹비작물인 녹비보리, 헤어리베치 단파와 헤어리베치와 녹비보리를 혼파 재배한 다음 벼를 이앙하여 녹비가 벼 생육 및 수량에 미치는 효과를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

시험장소는 수원에 있는 국립식량과학원에서 조성한 양토의 토성별 시험포장에 겨울동안 헤어리베치, 영양보리를 재배한 다음 토양에 환원하고 윤광벼를 재배하였다. 처리 내용은 헤어리베치(HV), 녹비보리(B), 헤어리베치/보리

(HV/B), 관행구(CF), 무처리(NF)의 5개 처리를 두었다. 화학비료 시용은 녹비재배와 벼 재배시 관행구를 제외한 모든 처리에서 N, P₂O₅, K₂O 모두 무시비 하였으며, 관행구는 벼 재배 시 ha당 질소 90 kg, 인산 45 kg, 칼리 57 kg을 시비하였다. 이 때 화학비료는 요소(질소), 용과린(인산), 염화칼리(칼리)를 각각 벼 분시비율에 맞게 사용하였다. 녹비작물은 2009년 10월 14일에 세조파기를 이용하여 파종하였고, 보리 출수기 이후 15일경인 2010년 5월 17일에 토양에 환원하였다. 벼 이앙은 6월 7일에 재식거리(30*14 cm)에 맞게 중묘를 손이앙하였다. 녹비작물 파종량은 ha당 녹비보리는 90 kg, 헤어리베치는 40 kg을 파종하였고 헤어리베치/보리 혼파구는 헤어리베치 20 kg과 보리 45 kg을 혼합하여 파종하였다. 녹비작물은 토양환원 직전에 1 m²의 식물체를 수확하여 생체중을 측정하고 80℃에서 48시간 열풍건조 후 건물중을 측정하였다. 식물체의 질소분석을 위한 시료조제는 보리와 헤어리베치는 300 g을 채취하였으며 벼는 수확시기에 지상부 3주를 채취하여 생체중을 측정하고 50℃에서 48시간 건조한 다음 건물중을 측정 후 마쇄하여 분석시료를 조제하여 CNS분석기(LECO CNS-2000)를 이용하여 T-N을 측정하였다. 토양의 화학적 특성은 시험 전후에 토양을 채취하여 음건한 다음 2 mm mesh를 통과시켜 조제하였으며 pH는 pH meter법, T-C는 CNS분석기(LECO CNS-2000), 치환성양이온과 인산함량은 동시 침출법으로 추출하여 ICP(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, GBC SDS-270)를 이용하여 정량하였다. 토양의 용적밀도와 공극률은 토양 표토를 100cc 코아를 이용하여 시료 채취 후 생중을 측정하고 105℃에서 24시간 건조한 다음 건조중을 측정하여 계산하였다. 녹비작물과 벼의 생육 및 수량은 농촌진흥청의 농업과학기술연구 조사 분석 기준(RDA, 2003)에 의거하여 조사하였으며 벼의 엽색도는 SPAD-502로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

시험 전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같이 pH는 5.7

Table 1. The characteristics of soil before examination.

| pH (1:5) | OM (g kg ⁻¹) | Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹) | Ex. Cations (cmol ⁺ kg ⁻¹) | | | Soil texture |
|-------------|-----------------------------|--|---|------|------|--------------|
| | | | Ca | Mg | K | |
| 5.70 | 10.7 | 159.5 | 4.56 | 1.06 | 0.50 | Loam (L) |

Table 2. Yield of green manure crops and nitrogen by different treatments.

| Treatments | Dry yield of green manure (ton ha ⁻¹) | Yield of nitrogen (kg ha ⁻¹) |
|---------------------------|---|--|
| Barley (B) | 3.44bc* | 38.6c* |
| Hairy vetch (HV) | 5.59a | 172.8a |
| Hairy vetch/Barley (HV/B) | 3.93b | 64.3b |

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

이었고 OM은 10.7 g kg⁻¹, 유효인산은 159.5 mg kg⁻¹이었으며, 치환성양이온인 Ca는 4.56 cmol⁺ kg⁻¹, Mg는 1.06 cmol⁺ kg⁻¹, K는 0.50 cmol⁺ kg⁻¹으로 벼 재배에 적당한 토양보다 유기물함량과 치환성 Mg가 약간 부족한 토양이었다.

녹비작물 수량은 Table 2와 같이 헤어리베치 단파구에서 ha당 5.59 ton으로 가장 많았으며 질소량은 172.8 kg으로 벼 표준시비량인 90 kg보다 많은 양이었다. 헤어리베치/보리 혼파구의 녹비수량은 ha당 3.93 ton이었고 질소생산량은 64.3 kg이었으며, 녹비보리 단파구의 녹비수량은 3.44 ton, 질소생산량은 38.6 kg이었다. 헤어리베치/보리 혼파구의 질소생산량은 ha당 64.3 kg으로 헤어리베치 단파구(172.8 kg)보다는 적었으나 녹비보리 단파구보다(38.6 kg)는 1.7배 많은 양이었다. 녹비보리 단파구와 헤어리베치/보리 혼파구의 녹비수량은 비슷하였음에도 불구하고 질소생산량이 1.7배나 많은 이유는 헤어리베치/보리 혼파구에 질소함량이 3.6~4.1%(Lee 등, 2009; Smith 등, 1987)로 현저하게 높은 헤어리베치가 녹비보리와 같이 파종되어 자랐기 때문에 생산된 녹비의 질소함량이 녹비보리를 단파한 처리구보다 높아졌기 때문으로 판단된다.

동계에 재배한 녹비작물을 트랙터를 이용하여 토양에 환원하고 벼를 재배하는 동안 토양에 환원된 녹비작물이 후작물에 미치는 효과를 알아보기 위하여 주요 생육단계에 벼의 초장을 측정하였다(Fig. 1). 벼 초장은 8월 30일까지 급격히 증가한 이후 더 이상은 증가하지 않고 일정해지는 패턴을 보였으며 이 패턴은 녹비종류별 처리간에도 같은 경향이였다. 헤어리베치 단파구는 생육초기인 6월 30일에는 초장이 약간 짧았으나 이후 전 생육기간 동안 다른 처리구보다 월등히 길었으며 가장 길었던 시기는 8월 30일로 90.2 cm였다. 이 때 관행구는 10.4 cm 적은 79.8 cm였으며 다른 녹비환원구의 초장도 9.3~11.6 cm 정도 적었다. 다른 처리에 비하여 헤어리베치 환원구에서 유독 초장이 길었던 이유는 헤어리베치의 질소함량이 약 4.0%로 높아 다른 녹

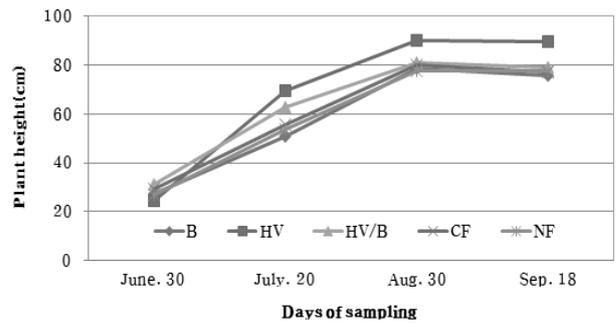


Fig. 1. The change of plant height at major growth stages of rice by application of green manure crops.

비환원구에 비하여 녹비를 통하여 투입된 질소공급량이 많았으며(Table 2), 또한 헤어리베치는 토양에 환원되었을 때 쉽게 분해되며, 분해시 토양에 무기태 질소를 공급할 뿐만 아니라 토양의 유기태질소로 고정되는 양이 많아 지력을 증진시켜(Song 등, 2010; Yoon and Song, 2009) 벼가 재배되는 생육기간 동안 질소공급이 원활하게 이루어졌기 때문으로 사료되었다. 헤어리베치/보리 혼파구의 벼 초장은 8월 30일까지 관행구보다는 길고 헤어리베치 단파구보다는 짧았으나 생육후기에는 관행구와 같은 경향을 보였다. 질소 공급량이 가장 적었던 녹비보리 단파구는 전 생육기간 동안 초장이 가장 짧았으며 특히 영양생장기인 생육초기에는 무비구보다 초장이 짧았지만 생육후기에는 그 차이가 점차 감소되어 다른 처리구와 비슷한 초장을 보였다. 헤어리베치와 녹비보리를 혼파한 처리구에서는 화학비료를 사용하지 않고서도 관행구보다 초장이 더 큰 경향이었는데 이는 비료함량이 높은 헤어리베치를 통하여 질소공급량이 많았으며(Table 2) 또한 녹비보리보다 분해가 빠른 헤어리베치로부터 적절한 시기에 양분공급이 이루어졌기 때문으로 판단되었다.

녹비작물인 헤어리베치와 녹비보리를 토양에 환원하고 벼를 재배하는 동안 엽색도를 측정하였다(Fig. 2). 벼의 엽색도는 최고분얼기인 7월 20일 까지 증가하였으며 그 이후 감소하는 패턴을 보였으며 출수기 이후인 8월 30일 이후에

는 처리간에 차이를 보이지 않았다. 처리간에 차이가 가장 컸던 시기는 6월 30일경으로 헤어리베치 단파구에서 SPAD 값 38.3으로 가장 높았으며 이는 화학비료가 공급된 관행구보다 높은 값이었다. 엽색도가 가장 낮은 처리는 녹비보리 단파구로 SPAD값 27.5였으며 이는 무비구의 29.5 보다도 낮은 엽색도를 보여 영양생장기에 무비구보다 초장이 짧았던 것과 같은 경향이었다. 녹비작물이 토양에 환원되면 미생물의 활동으로 분해가 일어난다. 이 때 미생물활동에 질소가 필요한데 만약 유기물에 질소가 부족하게 되면 지력질소를 이용하게 되어 작물과 미생물간에 질소경합이 이루어지게 되는데 녹비보리구에서 생육초기에 무비구보다 초장이나 엽색도가 낮은 이유는 아마도 이로 인한 질소 부족 때문으로 추정되었다. 헤어리베치와 보리가 혼파된 처리구는 헤어리베치 단파구보다는 낮았으나 녹비보리보다는 높은 경향을 보였으며 생육초기에는 관행구와 같은 SPAD값 34.1을 보였으나 생육 후기로 갈수록 엽색도는 낮아져 다른 녹비구와 같아지는 경향을 보였다. 이는 녹비작물이 토양에 환원되어 부속되는 시간이 녹비종류와 녹비생육단계에 따라 달라지는데 녹비작물별로 50% 부속되는데 걸리는 기간은 헤어리베치 21일, 녹비보리 40일, 헤어리베

치/녹비보리는 그 중간의 시간이 걸린다고 하였다(MFAFF, 2009) 본 연구에서 초장과 엽색도를 비교해 보면 헤어리베치 단파구에서 가장 좋고 다음은 헤어리베치/보리 혼파구, 녹비보리 단파구 순서를 보여 부속되는 기간이 상이하여 벼에 양분을 공급하는 양과 시기가 달랐기 때문으로 판단되었다. 또한 헤어리베치를 녹비로 사용하면 관행구보다 엽색도가 증가(Kim 등, 2002)한다고 하였으며, 최고분얼기에 헤어리베치, 헤어리베치+호밀을 환원한 처리구의 엽색도가 관행구보다 높다(Song 등, 2010)고 하였는데 본 연구에서도 헤어리베치가 녹비로 이용된 헤어리베치 단파구와 헤어리베치/보리 혼파구의 엽색도가 관행구보다 높거나 같은 경향을 보였다.

벼 수량 및 수량구성요소는 Table 3과 같다. 수량이 가장 많은 헤어리베치 단파구에서 간장, m²당 수수, 수당 입수에서 다른 처리구에 비하여 많았으며 벼 수량은 ha당 5.51 ton이 생산되었다. 이러한 결과는 헤어리베치를 녹비로 이용하면 관행구보다 m²당 수수가 증가(Kim 등, 2002)하고, 헤어리베치 처리시 관행구보다 주당수수 수수당 영화수가 뚜렷이 증가(Song 등, 2010)한다는 결과와 일치하였다. 질소공급량이 헤어리베치 단파구보다 적었던 헤어리베치/보리 혼파구는 ha당 4.24 ton이 생산되었고, 녹비보리 처리구는 3.67 ton이 생산되어 헤어리베치 단파구보다는 벼 생산량이 적었다. 화분과와 두과녹비작물이 혼파된 처리인 헤어리베치/보리 혼파구는 ha당 4.24 ton의 벼를 생산하여 헤어리베치 처리구보다는 적었으나 보리 처리구보다는 높은 수량을 얻었다. 수량구성요소인 m²당 수수, 수당 입수도 헤어리베치 처리구보다는 적었으나 녹비보리 처리구보다 높아 수량과 같은 경향을 보였으며 등숙율과 천립중은 녹비보리보다 낮은 반면 헤어리베치보다 높았다. 헤어리베치/보리 혼파구에서 녹비보리나 관행구보다 수량이 높았던 것은 다른 처리구보다 m²당 수수와 수당입수가 많

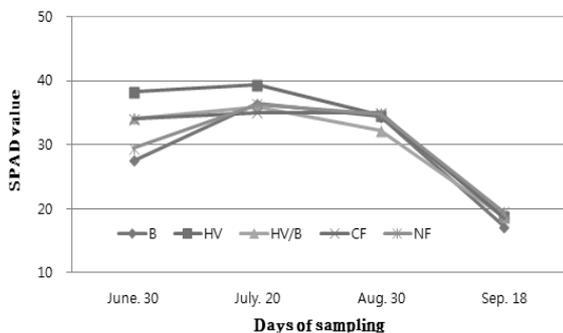


Fig. 2. The change of SPAD of major growth stages of rice by application of green manure crops.

Table 3. Yield and components of rice as affected by different treatments.

| Treat-ments | Culm length (cm) | Panicle length (cm) | No. of panicles per m ² | No. of spikelet/panicle (ea) | Percent ripened grain (%) | 1000 grain weight (g) | Rice yield (ton ha ⁻¹) |
|-------------|------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| B | 58.8 | 17.1 | 204.8 | 102 | 92 | 23.4 | 3.67c* |
| HV | 72.4 | 17.3 | 335.7 | 129 | 83 | 22.5 | 5.51a |
| HV/B | 62.1 | 16.9 | 250.0 | 113 | 86 | 23.0 | 4.24b |
| CF | 60.0 | 17.0 | 197.6 | 94 | 87 | 23.6 | 3.14d |
| NF | 59.6 | 18.0 | 178.6 | 103 | 81 | 23.6 | 3.28cd |

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

Table 4. The changes of soil physico-chemical characteristics after experiment.

| Treat-ments | pH (1:5) | OM (g kg ⁻¹) | Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹) | Ex. Cations (cmol ⁺ kg ⁻¹) | | | Bulk density (Mg m ⁻³) | Porosity (%) |
|-------------|----------|--------------------------|---|---|------|------|------------------------------------|--------------|
| | | | | Ca | Mg | K | | |
| B | 5.2 | 11.4 | 112 | 3.11 | 0.62 | 0.56 | 1.4 | 46.0 |
| HV | 5.6 | 11.0 | 112 | 3.01 | 0.58 | 0.59 | 1.4 | 49.0 |
| HV/B | 5.5 | 9.8 | 121 | 3.05 | 0.57 | 0.55 | 1.3 | 50.1 |
| CF | 5.7 | 10.9 | 111 | 3.71 | 0.72 | 0.59 | 1.4 | 47.0 |
| NF | 5.7 | 11.9 | 103 | 3.38 | 0.64 | 0.58 | 1.4 | 45.8 |

Table 5. Usage of nitrogen and nitrogen balance as affected by different treatments.

| Treatments | Total yield (ton ha ⁻¹) | Usage of nitrogen * (%) | Nitrogen balance (kg ha ⁻¹) | | |
|------------|-------------------------------------|-------------------------|---|----------|--------------|
| | | | N input | N output | Input-Output |
| B | 8.91 | 4.7 | 38.6 | 64.9 | ▽26.3 |
| HV | 14.64 | 35.2 | 172.8 | 123.9 | 48.9 |
| HV/B | 14.54 | 61.7 | 64.3 | 102.8 | ▽38.5 |
| CF | 11.28 | 26.7 | 90.0 | 87.1 | 2.9 |
| NF | 8.50 | - | - | 63.1 | ▽63.1 |

*Usage of nitrogen : (N uptake of rice of fertilizer - N uptake of rice of non-fertilizer)/ N input *100.

았기 때문이며 이는 헤어리베치 단파구와 같은 경향이였다. 헤어리베치가 환원된 헤어리베치 단파, 헤어리베치/보리 혼파구에서 수량이나 m²당 수수, 수당입수가 녹비보리 처리구보다 좋았던 것은 녹비를 통하여 공급된 질소량이 많았고(Table 2) 또한 헤어리베치의 부숙율이 녹비보리보다 약 8~11% 이상 높기 때문에(MFAFF, 2009) 녹비를 통한 양분 공급이 원활히 이루어졌기 때문으로 판단되었다. MFAFF(2009)로 화분과 녹비를 환원하면 관행구에 비하여 간장이 적고 생육이 떨어져 수량도 감소된다고 하였는데 본 시험에서도 녹비보리구는 관행에 비하여 생육이 다소 떨어지는 경향을 보였다.

농경지에 유기물을 환원하게 되면 토양구조를 개선하여 물리성을 좋게 해주고 양분보존능력을 증가시켜 양분이용율을 높여주는 역할을 한다. 벼 수확 후 토양의 물리 화학적인 특성은 Table 4와 같이 토양 pH는 헤어리베치/보리 혼파구에서 5.5으로 헤어리베치 단파구보다는 낮았으나 녹비보리 단파구보다 높은 경향을 나타냈으며, 녹비작물이 환원된 헤어리베치 단파구, 녹비보리 단파구, 헤어리베치/보리 혼파구 처리구의 pH값이 관행구나 무비구보다 낮았다. 치환성양이온인 Ca, Mg는 헤어리베치 단파, 녹비보리 단파, 헤어리베치/보리 혼파구 모두 관행구보다 약간 낮았으며, 치환성 K, 유기물, 인산함량은 관행구와 같은 경향을 보였다. 녹비작물별로 보면 토양 pH는 녹비보리 단파구에서 헤

어리베치, 헤어리베치/보리 혼파구보다 낮았으며 유기물은 헤어리베치/보리 혼파구에서 9.8 g kg⁻¹으로 다른 처리구보다 약간 낮았다. 치환성양이온과 인산함량은 녹비작물 처리간에 차이를 보이지 않았다. 토양 물리성인 용적밀도는 1.3~1.4 Mg m⁻³로 녹비 처리구와 관행구간 모두 차이가 없었으나 공극률은 두과녹비작물이 투입된 헤어리베치/보리 혼파구, 헤어리베치 단파구에서 관행구와 녹비보리 단파구보다 높았다. 이는 호밀 재배 및 투입으로 작토심이 깊어지고 녹비보리 투입으로 토양경도와 용적밀도가 관행구보다 낮아졌고(Yang 등, 2002) 호밀과 녹비보리 이용으로 토양경도와 용적밀도가 낮아지고 공극율이 증가하여 토양 물리성이 개선되었다(Yang 등, 2009)는 결과와는 상이하였으나 헤어리베치 투입구에서 용적밀도와 공극률이 뚜렷하게 개선되었다(Jeon 등, 2010)는 연구내용과 같은 결과를 보였다.

Table 5는 질소이용수지를 나타낸 것으로 벼 전체수량은 헤어리베치 단파구와 헤어리베치/보리 혼파구에서 각각 ha당 14.64 ton, 14.54 ton이 생산되어 관행구나 녹비보리구보다 월등히 많았다. 질소이용율은 헤어리베치/보리 혼파구에서 61.7%로 가장 많았으며 녹비보리 단파구에서 4.7%로 가장 낮았다. 녹비를 통한 질소공급량이 가장 많았던 헤어리베치 단파구에서 벼 수량이 14.64 ton ha⁻¹로 가장 많았으나 질소이용율은 35.2%로 낮았다. 이는 녹비를

통하여 공급된 질소량이 ha당 172.8 kg인 반면 벼가 흡수 이용한 질소량은 123.9 kg으로 적었기 때문이었다. 질소 양분수지가 가장 좋았던 처리구는 ha당 2.9 kg이 남은 관행구로 다른 처리구에 비하여 가장 적절한 질소수지를 보였다. 녹비작물별로 보면 헤어리베치 단파구에서는 ha 당 172.8 kg이 투입된 반면 123.9 kg이 소모되어 48.9 kg이 남았으며, 헤어리베치/보리 혼파구는 64.3 kg이 투입된 반면 소모된 양은 102.3 kg으로 투입량보다 더 많이 소비되어 38.5 kg이 수탈되었다. 또한 보리 단파구는 38.6 kg이 투입되었고 64.9 kg이 소비되어 약 1.68배의 소비가 이루어져 26.3 kg의 수탈이 이루어져 녹비 종류간에는 가장 좋은 질소 수지를 보였다. 그러나 이렇게 녹비작물을 재배한 작부체계에서 $\nabla 26.3 \sim 48.9$ kg까지 질소수지에 변이가 큰 만큼 녹비작물과의 작부체계를 장기적으로 이용할 경우 적절한 관리가 필요 할 것으로 판단되었다. 특히 수탈량이 많은 녹비보리 단파구와 헤어리베치/보리 혼파구는 질소수지의 적절한 관리를 위하여 녹비수량을 확보하거나 벼 재배시 화학비료의 추가가 필요하였으며 양분 축적량이 많은 헤어리베치 단파구는 녹비 환원시기를 일찍 실시하여 녹비 생산량을 적절하게 조절함으로써 축적되는 질소량을 줄일 수 있을 것으로 사료되었다. 따라서 벼 수량만을 볼 때는 비료공급량이 우수한 헤어리베치 단파구가 가장 양호하였으나 질소이용율, 질소수지, 수량 등을 고려할 때 적절한 비료 공급이 가능한 헤어리베치/보리 혼파구도 벼 재배에 우수한 녹비작물로 이용 가능성이 높았으며 이 작부체계를 장기적으로 이용 할 경우 지속적인 질소수탈로 토양이 척박해 지거나 수량이 감소될 수 있으므로 적절한 시비관리를 통한 토양비옥도 관리가 필요 할 것으로 판단되었다.

IV. 결론

본 시험은 우리나라 대표적인 논토양인 양토에서 녹비작물인 녹비보리, 헤어리베치, 그리고 헤어리베치와 녹비보리를 혼파 재배한 다음 벼를 이앙하여 녹비작물이 벼 생육 및 수량에 미치는 효과를 조사하였다.

녹비작물을 통한 질소공급량은 헤어리베치 단파구에서 ha당 172.8 kg이었으며 헤어리베치/보리 혼파구는 64.3 kg, 녹비보리 단파구는 38.6 kg이었다. 벼 생육단계별 초장은 질소공급량이 많았던 헤어리베치에서 가장 좋았으며,

헤어리베치/보리 혼파, 관행구, 무비구, 녹비보리의 순이었다. 벼 엽색도도 초장과 같은 경향으로 헤어리베치 환원구에서 가장 높았고, 헤어리베치/보리 혼파구와 관행구는 비슷하였으며, 무비구, 녹비보리 순으로 나타났다. 쌀 수량은 헤어리베치 단파구에서 ha당 5.51 ton, 헤어리베치/보리 혼파구는 4.24 ton이 생산되어 녹비보리 단파구(3.67 ton)보다는 높았으며 수량구성요소인 m^2 당수수와 수당입수는 헤어리베치, 헤어리베치/보리 처리구에서 좋았고 등숙율은 녹비보리구에서 양호하였다. 토양의 화학성은 녹비를 투입한 녹비보리 단파, 헤어리베치 단파, 헤어리베치/보리 혼파구에서 관행구보다 pH와 치환성양이온인 Ca, Mg가 낮은 경향을 보였으며, 토양 물리성인 공극율은 녹비가 투입된 처리구에서 관행구보다 좋아졌으나 녹비종류간에는 차이가 없었다. 녹비작물 처리에 따른 질소이용율은 헤어리베치/보리 혼파구에서 가장 높았으며 녹비작물이 환원된 처리구에서 질소의 축적과 고갈이 예상되어 추후 작물 재배시 적절한 관리가 요구되었다. 또한 헤어리베치/보리를 혼파함으로써 벼 생육 및 수량이 헤어리베치 단파구보다 다소 떨어졌으나 녹비보리 단파구보다는 좋아 녹비보리를 이용 할 경우 녹비보리 단파보다는 헤어리베치와 혼파하여 이용하는 것이 벼 생육 및 수량에 더 유리할 것으로 판단되었다.

참고 문헌

- Clark, and Andy. 2007. Managing cover crops profitably (3rd ed.). Sustainable agriculture network. MD, USA. 244 pp.
- Jeon, WT, Srong KY, Lee JK, Kim MT, Cho HS. 2009. Effects of seeding rate on hairy Vetch(*vicia villosa*)-Rye(*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil, Korea. J. Crop Sci Vol. 54(3): 327-331. [in Korean]
- Jeon WT, Seong KY, Kim MT, Oh GJ, O IS, Kang UG. 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 43(2): 206-210. [in Korean]
- Kim CG, Seo JH, Cho HS, Choi SH, Kim SJ. 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation. Korean J. Soil Sci Fert. Vol. 35(3): 169-174. [in Korean]
- Kim MT, Ku JH, Jeon WT, Seong KY, Park CY, Ryu JH, Cho HS, Oh IS, Lee YH, Lee JK, Park M, Kang UG. 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]
- Kim SY, Shin SO, Ku YC, Park ST. 2006. Effect of long-term

- dry-seeded rice on growth, rice yield and soil physico-chemical properties in rice-barley double cropping system. Korean J. Intl Agri. 18(4): 281-286. [in Korean]
- Lee SH, Jeon WT, Kim MT, Cho HS, Song BH. 2009. Study on productivity, mineral contents, and the uptake amounts of hairy vetch as green manure crop with different seeding dates and amounts. J. Agri. Sci. 25(1): 1-6. [in Korean]
- MFAFF(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2009. Selection of barley varieties for replacing imported seeds of green manure crops and identification of effects on environment friendly agriculture. 190 pp. [in Korean]
- Power JF, Zachariassen JA. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperatures. Agron. J. 85: 1134-1140.
- Rural Development Administration (RDA). 2003. Standard measurement and analysis in agricultural research and development, RDA, Suwon, Korea.
- Smith MS, Frye WW, Varco JJ. 1987. Legume winter cover crops. Advances in Soil Sci. 7: 95-139.
- Song BH, Lee KA, Jeon WT, Kim MT, Cho HS, Oh IS, Kim CG, Kang UG. 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]
- Yang CH, Yoo CH, Kang SW, Han SS. 2002. Effect of milk vetch utilization rice cultivation to reduce application amount of nitrogen at plowing time in paddy field. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 35: 352-360. [in Korean]
- Yang CH, Ryu JH, Kim TK, Lee SB, Kim JD, Baek NH, Choi WY, Kim SJ. 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]
- Yoon MY, Song BH. 2009. Study on patterns of decomposition and mineral outflow of barley and hairy vetch as green manure crops applied into soil with respect to environmental friendly agriculture. J. Agri. Sci. 25(1): 7-13. [in Korean]