

벼 재배시 녹비작물 혼입에 따른 지력개선 효과

양창휴* · 유진희 · 김택겸 · 이상복 · 김재덕¹ · 백남현 · 김선 · 최원영 · 김시주

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부, ¹농촌진흥청 국립식량과학원

Effect of Green Manure Crops Incorporation with Rice Cultivation on Soil Fertility Improvement in Paddy Field

Chang-Hyu Yang,* Jin-Hee Ryu, Taek-Kyum Kim, Sang-Bog Lee,
Jae-Duk Kim¹, Nam-Hyun Baek, Sun Kim, Weon-Young Choi, and Si-Ju Kim

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

This study was carried out to investigate the improvement effect of soil fertility by incorporation of GMC(green manure crops) at rice cropping after cultivation GMC such as the barley for alternative rye in paddy field over the past two years(2006~2007). Plots, which consisted of incorporation time of GMC as rye; heading stage, barley; heading stage, heading stage of rye and 10days after heading stage were divided by amount of applied rates; standard fertilizer fertilization, diagnosis fertilization and non-fertilization. we investigated change of soil physico-chemical properties, degree of decomposition on GMC in soil, growth and yield potential. The obtained results were summarized as follows. The fresh weight of GMC at incorporation time on heading stage of rye, heading stage and 10days after heading stage of barley were 2,715, 2,352, 2,867 kg 10a⁻¹ respectively. Content of total nitrogen at three incorporation times was 1.31, 1.46, 1.38% and the C/N ratio were 33.4, 28.7, and 34.6, respectively. Some soil physical properties, such as soil hardness and bulk density tended to decrease with incorporation of GMC, while surface soil depth and porosity were increased. Some soil chemical properties, such as content of exchangeable cations and cation exchangeable capacity(CEC) were increased with incorporation of GMC compared with before experiment. Rice yields was increased 3~9% in diagnosis application plots on application of barley compared with control(559 kg 10a⁻¹) and incorporation of barley caused to improve perfect kernel ratio 73.6~78.7% in appearance characteristics of brown rice compared with cotrol(73.0%). It was found that incorporation with 10days after heading stage of barley was more effective to reduce chemical nitrogen fertilizer and to improve soil fertility.

Key words : Green manure crop, Incorporation, Rice, Soil fertility, Paddy field

서 언

녹비작물은 토양에 유기물을 공급함으로써 지력을 향상시켜 시비질소를 절감할 수 있는데 특히 두과녹비작물은 근류균에 의해 고정된 질소를 토양에 공급할 수 있어 충분한 량의 질소비료 절감이 가능하다(Yasue, 1991). 1960년대 이후 화학비료 산업의 발달과 더불어 재배면적이 감소되었으나 지력유지와 화학비료 절감이 절실히 요구되어 그 대체자원의 요구가 증대되고 특히 옛날과는 달리 녹비작물을 쉽게 파종·수확 할 수 있는 파종기, 수확기 및 파쇄와 매물

이 동시 가능한 처리기 등이 많이 개발되어 녹비작물의 재배는 친환경농업을 위한 중요한 수단이 될 것이며 재배면적이 계속 증가할 것으로 사료된다.

녹비작물의 재배는 국가 정책사업인 푸른들 가꾸기 사업 추진 등으로 4천 ha('98)에서 136천 ha('06)로 증가하고 있으며 이 중 호밀 재배면적은 32,348 ha('06)로 전체면적의 26%를 차지하고 있으나 종자를 전량 수입하는 까닭에 물량확보에 어려움이 많아 이를 대체하기 위한 작목개발이 절실한 실정이다. 이러한 시점에 농촌진흥청에서는 녹비작물 호밀을 대체할 수 있는 작목으로 보리를 선정하고 녹비용 보리를 녹비로 이용할 수 있는 기술을 개발하고 있다(<http://www.nics.go.kr>).

친환경농업의 실천을 위한 한 가지 방안으로 녹비작

접수 : 2009. 2. 4 수리 : 2009. 9. 20
*연락처 : Phone: +82638402272,
E-mail: ych1907@korea.kr

물을 재배하여 화학비료를 대체하고, 농업환경도 동시에 보전할 수 있다. 재배되고 있는 녹비작물은 자운영이 가장 많고 토끼풀, 벳치, 풋베기콩, 풋베기완두, 루핀, 유채, 풋베기귀리, 풋베기옥수수, 풋베기보리, 메밀 등 이다(홍 등, 2007).

논토양 관리방법 및 벼 재배방법은 다비에 의한 수량성 향상에 집중되었으나 최근 농업환경을 포함한 자연환경 보전에 대한 중요성이 대두되면서 지속 가능한 농업이나 환경 친화적 농업으로 전환되고 있으며 이를 실천하기 위하여 탈질과 용탈 등에 따른 시비질소의 손실량을 최소화 하는 방안을 강구함과 동시에 벼 생육기간 동안 토양 중 가급태질소 함량을 지속적으로 공급·유지할 수 있는 연구가 필요하다.

논토양의 물리화학적성을 개선하기 위하여 조대유기물 시용이 바람직하나 벳짚은 사료, 외양깃 등으로 이용되며 보릿짚은 재배면적 감소로 인하여 투입기회가 적을 뿐만 아니라 투입 할 경우 로터리 작업불편과 기계이앙시 뜬묘발생 및 생육저해 유발 등으로 기피하는 실정이다(Kim et al., 1983).

겨울철 호밀 등 녹비작물의 재배 및 이용은 토양의 비옥도를 증진시켜 비료의 절감을 가능케 하고 또한 토양의 물리성을 개선하여 토양의 함수능력을 증대시켜 토양유실의 억제효과가 있으며 동계 녹비작물은 지하수 오염방지, 토양이화학적성 및 생물성 개선, 유기물 공급, 잡초억제 등 다면적인 기능을 가지고 있어 환경보전형 농업의 추진에 있어서 매우 중요한 역할을 담당한다(<http://blog.korea>; <http://gunong.hs.kr>).

호밀은 양분의 용탈을 줄이고 토양을 보호하는 효과는 크나 후작물에 질소공급능력이 떨어지고 토양에서 분해가 어려워 벼 이앙작업과 생육을 저하시켜 환경농업을 고려하지 않는 농민들은 재배를 꺼리는 경향으로 이러한 단점을 보완해 줄 녹비작물이 내한성이 강하고 토양환원 후 양분의 공급 및 분해가 빠른 작물이 녹비보리로 사료된다.

논에서의 자운영, 헤어리벳치 이용기술 및 질소공급

효과(Jeong et al., 1995; Jeong et al., 1996; Lee et al., 1996; 中野, 1999; Yasue, 1991; Yang et al., 2002; Kim et al., 2002) 등 많은 연구가 이루어졌으며, 최근에는 풋베기 보리 혼입에 따른 시비 절감효과(Sohn et al., 2004)에 관한 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 친환경농업지구에서 벼 재배시 녹비용 보리 환원에 따른 지력 개선 효과 및 호밀을 대체할 수 있는 가능성을 검토한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 김제시 백구면에 위치한 농가포장에서 답리작으로 2년('06~'07) 동안 수행하였으며 공시토양은 유기물, 유효규산 함량이 낮고 치환성칼륨, 마그네슘 함량이 높은 미사질양토로 물리화학적성은 Table1, 2와 같다.

공시 녹비작물 호밀(수입종), 녹비용 보리(영양보리)를 10월 하순에 휴립광산파로 파종하였고 환원시기는 호밀은 출수기, 녹비용 보리는 출수기, 출수 후 3일, 출수 후 10일로 하였으며 환원방법은 경운로터리 작업을 하고 2주 동안 담수시켜 부숙을 촉진한 후 6월 상순에 동진1호를 중묘기계이앙 하였다. 시비방법은 녹비작물 무투입구(관행)는 표준시비, 녹비작물 투입구는 토양검정시비와 무시비 하였다.

벼 표준시비량은 N-P₂O₅-K₂O=110-45-57 kg ha⁻¹(RDA, 1999)를 질소는 요소로 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 3회 분시, 인산은 용성인비를 전량 기비, 칼리는 염화칼리로 기비 70%, 수비 30%로 2회 분시 하였고 수비는 출수 20일 전에 사용하였다.

토양물리성 중 3상 및 용적밀도는 Core법, 경도는 산중식경도계(Yamanaka)를 이용하여 지표경도를 측정하였다. 토양유기물, 유효인산 및 유효규산 등 토양 화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다.

식물체는 70 에서 건조 후 분쇄된 시료를 습식분해

Table 1. Physical properties of subsoil before experiment.

| Hardness | Bulk density | Porosity | Three phases | | | Texture |
|----------|--------------------|---------------|--------------|--------|---------|---------|
| | | | Solid | Liquid | Gaseous | |
| mm | Mg m ⁻³ | ----- % ----- | | | | |
| 18.3 | 1.61 | 39.1 | 60.9 | 36.0 | 3.1 | SiL |

Table 2. Chemical properties of top soil before experiment.

| pH | EC | T-N | OM | Av.P ₂ O ₅ | Av.SiO ₂ | K | Ca | Mg | CEC |
|------|--------------------|--------------------------------|------|----------------------------------|---------------------|--|-----|-----|------|
| 1:5 | dS m ⁻¹ | ----- g kg ⁻¹ ----- | | ----- mg kg ⁻¹ ----- | | ----- cmol _c kg ⁻¹ ----- | | | |
| 6.15 | 0.53 | 1.417 | 20.9 | 88 | 90 | 0.42 | 5.0 | 2.2 | 11.1 |

하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 양이온은 ICP-OES(VISTA-MPX)을 이용하여 분석하였다.

녹비작물의 부숙정도를 알기 위하여 일정량을 망사 자루에 넣어 토양검정 시비구에 매설하고 벼 생육 시기별 채취하여 수세 후 70에서 건조하여 분쇄된 시료를 이용 탄소는 Tyurin법, 기타 성분은 식물체 분석방법에 준하여 분석하였다. 생육시기별 엽색은 SPAD(Minolta-300, Japan) 측정기로 완전전개 상위 두 번째 엽의 중앙부엽을 측정하였다. 현미 외관품질은 RN-500(Kett, Japan)을 이용하여 완전립과 불완전립을 동활립, 미숙립, 피해립 및 사미로 구분하였으며, 현미의 화학적 성분은 AN-700(Kett, Japan)를 이용하여 단백질, 아밀로스 및 지방산 함량을 시료 50g으로 3반복 조사하였다. 벼의 생육 및 수량조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 의하였다.

결과 및 고찰

녹비작물 투입시기별 생체중 및 생육특성 2년 동안 녹비작물의 투입시기별 생체중은 Fig. 1과 같이 녹비용 보리는 출수 후 10일(2,867 kg 10a⁻¹), 호밀은 출수기(2,715 kg 10⁻¹)를 나타냈으며 출수기는 녹비용 보리가 호밀보다 3일 정도 빠른 경향을 보였다. 이상의 결과로 호밀은 출수기, 녹비용 보리는 출수 후 10일경에 토양에 투입하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다. 2년차 녹비작물의 투입시기별 무기양분 함량 및 비료성분량은 Table 3, 4와 같다. 호밀 출수기 생체중은 2,806 kg 10a⁻¹로 건물 중 무기성분 함량은 T-

N 1.31%, P₂O₅ 0.49%, K₂O 1.64%이었고 탄질율은 33.4를 나타냈으며 비료성분량으로 환산하면 56-21-70 kg ha⁻¹인 반면에 녹비용 보리 출수기 생체중은 2,488 kg 10a⁻¹로 건물 중 무기양분 함량은 T-N 1.46%, P₂O₅ 0.59%, K₂O 2.29%이었고 탄질율은 28.7를 나타냈으며 비료성분량으로 환산하면 62-25-97 kg ha⁻¹로 되었다. 또한 녹비용 보리 출수 후 10일 생체중은 2,932 kg 10a⁻¹, 건물 중 무기성분 함량은 T-N 1.38%, P₂O₅ 0.46%, K₂O 2.96%로 출수기보다 K₂O 함량 및 탄질율이 34.6로 높아졌으며 비료성분량으로 환산하면 71-24-153 kg ha⁻¹로 되었다.

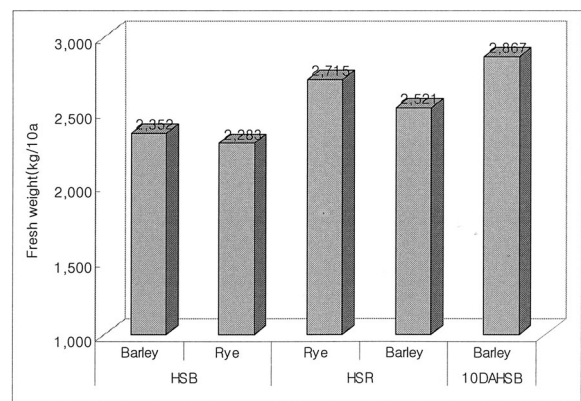


Fig. 1. The fresh weight on incorporation time of green manure crops.

† HSB : Heading stage of barley HSR : Heading stage of rye
10DAHSB : 10days after heading stage of barley

녹비작물 토양 중 탄질률 변화 녹비작물의 부숙정도를 알기 위하여 토양에 매설한 녹비작물의 벼 생

Table 3. The content of mineral components with incorporation time on green manure crop.

| Division† | | T-C | T-N | P ₂ O ₅ | CaO | K ₂ O | MgO | Na ₂ O |
|---------------|---------|------|------|-------------------------------|------|------------------|------|-------------------|
| ----- % ----- | | | | | | | | |
| Rye | HS | 43.7 | 1.31 | 0.49 | 0.31 | 1.64 | 0.13 | 0.35 |
| | HS | 41.9 | 1.46 | 0.59 | 0.41 | 2.29 | 0.16 | 0.41 |
| Barley | 2 DAHS | 44.3 | 1.44 | 0.66 | 0.40 | 2.58 | 0.16 | 0.44 |
| | 10 DAHS | 47.8 | 1.38 | 0.46 | 0.35 | 2.96 | 0.15 | 0.37 |

† HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

Table 4. The component content of fertilizer with incorporation time on green manure crop.

| Division† | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--------------------|---------|-----|-------------------------------|------------------|
| ----- kg/10a ----- | | | | |
| Rye | HS | 5.6 | 2.1 | 7.0 |
| | HS | 6.2 | 2.5 | 9.7 |
| Barley | 2 DAHS | 6.9 | 3.2 | 12.3 |
| | 10 DAHS | 7.1 | 2.4 | 15.3 |

† HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

육시기별 탄질률을 분석한 결과는 Fig. 2와 같이 녹비용 보리의 부숙정도가 양호한 경향을 나타냈다.

호밀은 최고분얼기 34%, 유수형성기 46%, 출수기 52%, 성숙기 58%가 분해되었고 녹비용 보리는 49%, 60%, 67%, 70%로 분해가 촉진되었다.

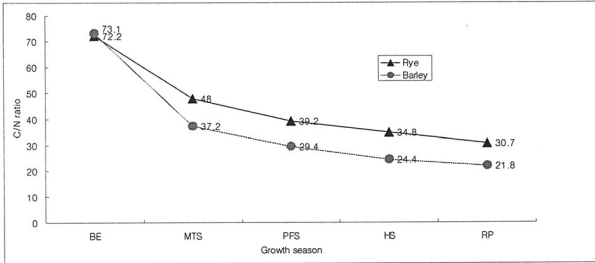


Fig. 2. Change of C/N ratio in soil on green manure crops.

† BE: Before experiment, MTS: Maximum tillage stage
PFS: Panicle formation stage, HS: Heading stage,
RP: Ripening period

유기물 중 탄소와 질소의 함량비를 탄질률(C/N ratio)이라 하고 유기물의 분해는 특히 탄소와 질소의 함량에 따라 크게 달라진다. 토양 중에 신선한 유기물이 가해지면 미생물은 이를 분해하여 탄소는 에너지원으로 섭취하고 질소는 영양원으로 섭취하여 세포구성에 이용하게 된다. 이와 같이 유기물이 분해되기 위해서는 토양유기물 중의 탄소와 질소가 미생물의 생육에 직접 관계해야 하며, 유기물의 분해속도도 탄질률에 의하여 결정된다(조 등, 2003). 녹비작물 재배 후에 이양한 모가 고온조건에서 고사되는 현상이 발생하는데 녹비작물이 분해되면서 땅속의 산소를 소모하여 벼 뿌리발생과 생장에 필요한 산소가 부족하기 때문이다. 따라서 이양 전후에 눈에 물을 충분히 담아서 부숙 및 활착을 촉진시키는 것이 바람직하다.

토양 중 무기태질소 함량 녹비작물 투입시기별

벼 재배기간 중 토양 중 NH₄-N 함량의 변화는 Fig. 3과 같다. 토양 중 NH₄-N 함량은 최고분얼기에는 질소 110 kg ha⁻¹를 시비한 관행구(14.2 mg kg⁻¹)보다 23.5~60.0 mg kg⁻¹로 높았고 생육중기에는 관행구(10.0 mg kg⁻¹)보다 호밀 재배지는 8.0 mg kg⁻¹로 낮았으나 녹비용 보리 재배지는 11.3~13.2 mg kg⁻¹로 높았으며 생육후기까지 44~90% 이상 높아지는 경향을 나타냈다. 녹비작물이 토양에 환원되면 쉽게 분해되고, 분해시 토양에 무기태질소를 공급하여 질소비료를 절감할 수 있으며, 토양의 유기태질소로 고정되는 양이 많기 때문에 지력을 증가시킬 뿐만 아니라 질산태질소의 용탈을 억제하는 효과가 있다 (Sarrantonio and Scott, 1988; Utomo et al., 1990).

녹비, 볏짚과 같은 유기물을 사용하면 유기태질소의 무기화를 촉진시키는 바 이는 이들 유기물이 분해되는 과정에서 생성되는 유기산에 의해 철, 알루미늄과 킬레이트 화합물을 형성하기 때문으로 알려져있으며, 이때 유기태질소의 무기화 효과는 건토효과와 맞먹는 정도라고 한다(Miyaguchi and Harada, 1969).

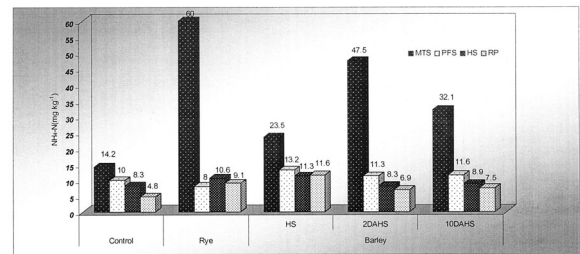


Fig. 3. Change of inorganic nitrogen content in soil during growth season.

† MTS: Maximum tillage stage, PFS: Panicle formation stage
HS: Heading stage, RP: Ripening period

생육양상 녹비투입과 시비방법에 따른 벼 잎의 질소농도 및 엽색도 변화는 Table 5와 같다. 생육시기

Table 5. Changes of nitrogen content and leaf color with fertilization method and green manure incorporation on growth season.

| Division† | MTS | | PFS | | HS | | |
|-------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|------|
| | Total nitrogen | Leaf color | Total nitrogen | Leaf color | Total nitrogen | Leaf color | |
| | % | SPAD | % | SPAD | % | SPAD | |
| Control(SF) | 2.59 | 40.0 | 1.91 | 32.0 | 1.23 | 29.8 | |
| Rye | DF | 2.68 | 40.0 | 2.27 | 37.5 | 1.75 | 34.7 |
| | NF | 2.48 | 39.8 | 2.15 | 36.0 | 1.49 | 32.9 |
| Barley | DF | 3.06 | 41.7 | 2.35 | 37.5 | 1.54 | 34.0 |
| | NF | 2.64 | 40.4 | 2.02 | 33.1 | 1.42 | 33.1 |

† MTS: Maximum tillage stage, PFS: Panicle formation stage, HS: Heading stage
SFF: Standard fertilization, DF: Diagnosis fertilization, NF: Non fertilization

별 수도체 중 질소함량은 최고분얼기 때 가장 높고 그 이후에는 감소하였으며 시비수준이 많을수록 높아지는 경향은 Lee et al.(1995) 결과와 유사하였다. 또한 SPAD로 측정된 값은 최고분얼기에는 녹비용 보리+토양검정시비구에서 41.7로 가장 높았으며 관행(표준시비)에 비하여 호밀+토양검정시비구, 녹비용 보리+무시비구에서 생육후기까지 높아져 엽색이 짙은 경향을 나타냈다.

녹비 투입시 관행에 비하여 SPAD 값이 높은 것은 투입된 녹비작물의 분해가 작물 생육기간 동안 서서히 분해되어 식물체가 흡수 이용한 것으로 사료된다.

토양물리화학적 변화 녹비작물 투입에 따른 작토심과 토양물리성 변화는 Table 6과 같이 호밀 재배 및 투입으로 작토심이 깊어졌고 녹비용 보리 재배 및 환원으로 토양경도와 용적밀도가 낮아졌으며 공극률이 증가하여 물리성이 개선된 것은 Yang et al.(2002)의 결과와 유사하였다. 녹비작물 재배 및 투입으로 시험 전에 비하여 용적밀도가 낮아지고 공극률이 증가되는 물리성 개선효과를 알 수 있었다. 최근 수도작에서는 일반적으로 무경운, 천경 및 로타리작업이 행하여지고 있으나 호밀과 녹비용 보리 재배에 따라서 깊은 곳에 신장된 뿌리의 분해에 의하여 비료성분 및 유기물이 토중에 남아 심층부의 토양에 변화를 주어

저토를 개량하여 작토층을 늘리는 효과로 사료된다.

녹비작물 투입 및 시비방법에 따른 토양화학적 변화는 Table 7과 같이 녹비용 보리 재배 및 투입으로 관행(무시용)보다 양이온치환용량이 높아지고 유기물, 유효인산 및 치환성칼슘 함량이 증가되었다. 또한 시험 전에 비하여 녹비용 보리 투입으로 양이온치환용량이 높아졌으며 치환성 양이온 함량이 증가되는 경향을 나타냈다.

녹비작물이 비료로서 토양에 가해지면 토양 중 유기물 함량 및 무기성분의 유효도를 증가시키고, 녹비가 분해되어 생성된 부식은 토양의 물리적·화학적 및 미생물적 성질을 개선시켜 준다(Yasue, 1991).

수량구성요소 및 수량성 녹비작물 투입 및 시비방법에 따른 수량구성요소 및 수량성은 Table 8과 같이 간장은 관행에 비하여 녹비작물 공히 토양검정시비구에서 1~6 cm 증가되었고 녹비용 보리 출수 후 10일에 증가 정도가 가장 컸으며 수장은 관행에 비하여 0.2~0.8 cm 길어졌다. 헤어리벳치 투입 후 질소시비량이 증가될수록 간장이 증가되고 수장은 관행에 비하여 약간 짧아진 결과(Kim et al., 2002)와 유사하였다. 주당수수는 녹비용 보리 출수기 투입을 제외하고 관행(14.6개)에 비하여 토양검정시비구에서 15.6~16.0개로 증가되었고 m²당립수는 관행(32.4천개)에 비

Table 6. The change of soil physical properties and surface depth with incorporation on green manure crop.

| Division | Surface depth cm | Soil hardness mm | Bulk density Mg m ⁻³ | Porosity % | Three phases | | |
|----------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---------------|--------------|--------|---------|
| | | | | | Solid | Liquid | Gaseous |
| Control | 11.5 | 19.8 | 1.598 | 39.7 | 60.3 | 39.6 | 0.1 |
| Rye | 13.5 | 19.4 | 1.412 | 46.7 | 53.3 | 45.4 | 1.3 |
| Barley | 12.5 | 16.5 | 1.360 | 48.7 | 51.3 | 42.4 | 6.3 |

Table 7. The change of soil chemical properties with incorporation on green manure crop.

| Division [†] | | | OM g kg ⁻¹ | Av. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ | Ex. Cation cmolc kg ⁻¹ | | | CEC |
|-----------------------|-------|------|--------------------------|---|--------------------------------------|------|------|------|
| | | | | | K | Ca | Mg | |
| Control(SF) | | | 18.1 | 60 | 0.59 | 7.4 | 2.3 | 12.1 |
| Rye | HS | DF | 18.3 | 85 | 0.31 | 3.5 | 1.7 | 11.0 |
| | | NF | 18.3 | 84 | 0.30 | 3.5 | 1.6 | 10.9 |
| Barley | HS | DF | 20.9 | 83 | 0.61 | 8.5 | 2.3 | 13.6 |
| | | NF | 20.5 | 89 | 0.57 | 10.0 | 2.3 | 13.3 |
| | 2DAHS | DF | 21.0 | 71 | 0.54 | 7.9 | 2.3 | 13.1 |
| | | NF | 20.6 | 76 | 0.57 | 8.9 | 2.3 | 12.8 |
| 10DAHS | DF | 20.3 | 79 | 0.69 | 7.6 | 2.8 | 13.0 | |
| | NF | 18.8 | 76 | 0.69 | 7.8 | 2.8 | 12.4 | |

[†] SF : Standard fertilization, DF : Dignosis fertilization, NF : Non fertilization
HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

Table 8. Yield and yield components of rice with incorporation on green manure crop and fertilization method.

| Division [†] | Culm length | Panicle length | No. of panicle per hill | No. of spikelet per m ² | Percent ripened grain | 1,000 grain weight | Yield | | | |
|-----------------------|----------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------|-----|-----|
| | | | | | | | milled rice | index | | |
| | ----- cm ----- | | ea | × 1000 | % | g | kg 10 ⁻¹ | | | |
| Control(SF) | 77.2 | 19.2 | 14.6 | 32.4 | 85.1 | 21.2 | 559 | 100 | | |
| Rye | HS | DF | 78.2 | 20.0 | 15.6 | 38.7 | 63.9 | 20.4 | 545 | 97 |
| | | NF | 71.0 | 18.6 | 13.6 | 29.6 | 72.9 | 21.4 | 476 | 85 |
| Barley | HS | DF | 80.6 | 19.7 | 14.6 | 35.5 | 85.1 | 21.8 | 576 | 103 |
| | | NF | 71.1 | 16.9 | 12.8 | 26.3 | 90.4 | 21.6 | 445 | 80 |
| | 4DAHS | DF | 82.2 | 19.2 | 16.0 | 38.4 | 79.2 | 21.0 | 592 | 106 |
| | | NF | 70.9 | 17.5 | 11.7 | 22.6 | 92.1 | 22.0 | 453 | 81 |
| | 10DAHS | DF | 83.5 | 19.4 | 15.9 | 36.4 | 82.1 | 21.0 | 609 | 109 |
| | | NF | 70.5 | 17.0 | 11.3 | 24.4 | 87.3 | 21.6 | 424 | 76 |
| LSD(5%) | ----- | | | | | | | 158.6 | | |
| CV(%) | ----- | | | | | | | 13.2 | | |

[†] SF : Standard fertilization, DF : Dignosis fertilization, NF : Non fertilization
 HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

하여 3.1~6.3천개 증가되었다. 등숙비율과 현미천립중은 관행에 비하여 녹비작물+무시비구에서 2.2~7.0% 높았고 출수 후 3일에 가장 양호하였으며 무거웠다. 2년차 벼 재배기간 동안 포장에 흰잎마름병이 발생하였으나 큰 피해는 없었으며 쌀 수량은 관행(559 kg 10a⁻¹)에 비하여 녹비용 보리+토양검정시비구에서 3~9% 증수되었다.

헤어리벳치를 2,000 kg 10a⁻¹ 녹비로 투입시 관행(표준시비)에 비하여 m²당 수수가 20% 증가되어 수량이 6% 정도 증가된 결과(Kim et al., 2002)와 유사하였다.

Sohn et al.(2004)은 풋베기 보리 668 kg 10a⁻¹ 혼입시 관행(표준시비)에 비하여 질소 감비 및 무비 처리에서 간장이 짧고 수수 및 립수 확보가 적었으며, 현

미천립중이 가벼운 반면에 등숙비율은 양호하였으나 수량이 5~6% 감소하였다고 보고하였다.

현미 품위 및 미질 특성 녹비작물 투입 및 시비방법에 따른 현미의 외관상 품위는 Table 9와 같다. 현미의 완전립비율은 관행(73.0%)에 비하여 호밀 투입시 67.5~71.2%로 낮은 반면에 녹비용 보리 투입시에는 73.6~78.7%로 높은 경향을 나타냈다. 녹비용 보리+무시비로 완전립비율이 높은 반면에 피해립 비율이 높았고 녹비용 보리 투입으로 동활립 및 미숙립 비율이 감소되었다. 헤어리벳치 환원시 관행(표준시비)에 비하여 완전립비율이 비슷하고 동활립비율이 감소된 결과(Kim et al., 2002)와 유사하였다.

Table 9. The appearance quality in brown rice with incorporation on green manure crop and fertilization method.

| Division [†] | Prefect grain | Imperfect grain | | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------|------|-----|
| | | Broken kernel | Immature kernel | Damaged kernel | Dead kernel | | |
| | | ----- % ----- | | | | | |
| Control(SF) | 73.0 | 4.3 | 3.9 | 15.8 | 3.0 | | |
| Rye | HS | DF | 71.2 | 5.2 | 4.6 | 15.3 | 3.7 |
| | | NF | 67.5 | 5.2 | 5.2 | 15.5 | 6.7 |
| Barley | HS | DF | 77.1 | 2.5 | 3.4 | 15.6 | 1.4 |
| | | NF | 78.3 | 2.2 | 2.9 | 15.8 | 0.9 |
| | 4DAHS | DF | 73.6 | 1.9 | 3.5 | 19.1 | 2.0 |
| | | NF | 78.6 | 1.3 | 1.8 | 17.1 | 1.1 |
| | 10DAHS | DF | 78.2 | 0.8 | 2.3 | 17.4 | 1.2 |
| | | NF | 78.7 | 1.8 | 2.3 | 16.3 | 0.9 |

[†] SF : Standard fertilization, DF : Dignosis fertilization, NF : Non fertilization
 HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

Table 10. The chemical characteristics in brown rice with incorporation on green manure crop and fertilization method.

| Division [†] | | | Moisture | Protein | Amylose | Fatty acid |
|-----------------------|--------|----|---------------|---------|---------|------------|
| | | | ----- % ----- | | | mg |
| Control(SF) | | | 12.7 | 8.4 | 19.1 | 19.7 |
| Rye | HS | DF | 12.7 | 8.6 | 19.1 | 19.8 |
| | | NF | 12.8 | 8.4 | 19.1 | 19.8 |
| Barley | HS | DF | 13.3 | 8.8 | 19.2 | 19.9 |
| | | NF | 13.4 | 9.0 | 19.3 | 20.9 |
| | 4DAHS | DF | 13.0 | 9.0 | 19.2 | 20.7 |
| | | NF | 13.4 | 9.1 | 19.2 | 20.7 |
| | 10DAHS | DF | 13.3 | 9.0 | 19.2 | 20.7 |
| | | NF | 12.9 | 9.3 | 19.2 | 20.6 |

[†] SF : Standard fertilization, DF : Dignosis fertilization, NF : Non fertilization
 HS : Heading stage DAHS : Days after heading stage

녹비작물 투입 및 시비방법에 따른 현미의 화학적 특성은 Table 10과 같다.

단백질 함량은 관행(8.4%)에 비하여 호밀+무시비구를 제외하고 녹비작물 투입으로 0.2~0.9%로 많았고 아밀로오스 함량은 큰 차이가 없었으며 지방산 함량은 관행(19.7 mg)에 비하여 0.1~1.2 mg 많았다.

겨울철 푸른들 가꾸기 사업에 사용하는 종자는 전량 수입종자에 의존하고 있어 수출국의 가격인상 등 우량종자의 안정적 확보에 어려움이 있고 겨울철 녹비작물로 자운영과 호밀을 재배하고 있으나 수확기가 늦어 벼 등 후작물 재배가 어려워 국내산 종자채종에 한계가 있는 반면에 녹비용 보리종자를 추가로 경종농가에 지원하여 녹비용 보리를 재배하면 벼 적기재배가 가능할 것으로 사료된다. 결론적으로 10월 중순~하순에 녹비용 보리 20 kg 10a⁻¹를 파종하여 출수 후 10일경에 경운로타리 작업을 하고 2주 동안 담수시켜 부숙을 촉진한 후 이앙 전 2일에 토양검정시비로 벼를 재배하면 토양물리화학적 특성이 개선되어 수량이 관행(559 kg 10a⁻¹)대비 9% 증가 및 소득이 7% 증대되는 효과가 있었다.

적 요

본 시험은 벼 재배시 녹비작물로 녹비용 보리의 투입효과를 구명하여 호밀 대체 가능성을 검토코자 수행하였다. 호밀은 출수기, 녹비용 보리는 출수기, 출수 후 3일 및 출수 후 10일에 경운로타리 작업을 하고 담수시켜 부숙을 촉진한 다음 녹비작물 무시비구는 표준시비, 녹비작물 시용구는 토양검정시비 및 무시비 하여 동진 1호를 재배 후 토양물리화학적, 녹비작물 부숙정도, 생육 및 수량성을 검토한 결과는 다음과 같다.

녹비작물 투입시기별 생체중은 각각 10a당 2,715,

2,352, 2,867 kg이었고 건물중에 있어서 총질소 함량은 1.31, 1.46, 1.38%이었으며 탄질률은 33.4, 28.7, 34.6이었다.

녹비작물 투입으로 작토심이 깊어졌고 토양경도와 용적밀도가 낮아졌으며 공극률이 증가하여 물리성이 개선되었다. 또한 시험 전에 비하여 녹비용 보리 환원으로 양이온치환용량이 높아졌으며 치환성 양이온 함량이 증가되는 경향을 나타냈다.

쌀 수량은 관행(559 kg 10a⁻¹)에 비하여 녹비용 보리+토양검정진단시비구에서 3~9% 증수되었으며, 현미 외관품위 중 완전립비율은 관행(73.0%)에 비하여 녹비용 보리 투입시 73.6~78.7%로 높은 경향을 나타냈다.

결론적으로 녹비용 보리를 출수 후 10일경 투입하여 벼 재배시 질소비료 절감과 지력개선에 효과적인 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

Jeong, J.H., J.D. So, G.S. Rhee, and H.J. Kim. 1995. Soil improvement and rice yield productivity by milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) in paddy soil. RDA. J. Agri. Sci. 37: 255-258.

Jeong, J.H., S.Y. Choi, B.W. Shin, and J.D. So. 1996. Effect of milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) cultivation on reduction of nitrogen fertilizer application rate in paddy soil. RDA. J. Agri. Sci. 38: 299-303.

<http://blog.korea.kr>(친환경농업을 위한 녹비작물 활용용)

<http://gunong.hs.kr>(녹비작물 호밀의 효과)

<http://www.nics.go.kr>(녹비작물 이용기술 소개)

Kim, K.S., and Y.W. Kim. 1983. Studies on the leaching of the constituents in paddy soil. III. Effects of rice straw on the leaching of the constituents in paddy soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 16: 311-317.

Kim, C.G., J.H. Seo, H.S. Cho, S.H. Choi, and S.J. Kim. 2002. Effect of hairy vetch as green manue on rice cultivation. J. Korean

- Soc. Soil Sci. Fert. 35: 169-174.
- Lee, K.B., J.G. Kang, T.Y. Uhm, J.G. Kim, S.K. Kim and G.S. Rhee. 1995. The effect of long-term organic matter application on N, P and K uptake by rice in paddy soil. RDA. J. Agri. Sci. 37: 291-297.
- Lee, I., H.K. Kim, B.K. Yun, B.H. Kim, and Y.W. Kim. 1996. Sustainable utilization of chinese milk vetch by one time seeding in paddy fields. Chonnam RDA Report. Gwangju, Korea. p. 613-620.
- Miyaguchi, T., and Harada. 1969. Effect of green manure extracts to fate of nitrogen, iron and phosphorous in soil. Bull. Saga University. Japan. 28: 1-16.
- NIAST. 2000. Method of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- RDA. 2003. Standard methods for agricultural experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Sarantonio, M. and T.W. Scott. 1988. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1661-1668.
- Sohn, B.K., J.S. Cho, D.J. Lee, Y.J. Kim, S.Y. Jin, and G.S. Cha. 2004. Paddy rice growth and yield as affected by incorporation of green barley and chinese milk vetch. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 37: 156-164.
- Utomo, M.S., W.W. Frye, and R.L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. Agron. J. 82: 979-983.
- Yang, C.H., C.H. Yoo, S.W. Kang, and S.S. Han. 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.
- Yasue Tasuke. 1991. The change of cultivation and utilization of chinese milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) and the effect of fertilizer and soil fertility on paddy field as a green manure. Jpn. J. Crop Sci. 60: 583-592.
- 조성진, 박천서, 엄대익. 2003. 토양학. p. 137-143. 향문사. 서울.
- 홍광표, 김은석, 정완규, 김영광, 이영한, 최진용. 2007. 녹비작물로서 자운영의 화학 비료 대체이용 및 농업환경 보전 전략. 영남농업연구소 심포지엄 자료. p. 75-99.
- 中野尙夫. 1999. 綠肥作物立毛中に不耕起播種した稻作の生育と収量. Jpn. J. Crop Sci. 68: 470-475.