

녹비보리의 환원시기가 후작물 벼 생육 및 수량에 미치는 영향

김민태*[†] · 구자환* · 전원태* · 성기영* · 박창영* · 유진희* · 조현숙* · 오인석* ·
이용환 · 이종기* · 박만** · 강위금*

*농촌진흥청 국립식량과학원, **경북대학교

Effect of Barley Green Manure on Rice Growth and Yield According to Tillage Date in Spring

Min-Tae Kim*, Ja-Hwan Ku*, Weon-Tai Jeon*, Ki-Yeong Seong*, Chang-Young Park*, Jin-Hee Ryu*,
Hyeoun-Suk Cho*, In-Seok Oh*, Yong-Hwan Lee, Jong-Ki Lee*, Man Park**, and Ui-Gum Kang*

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

**School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT To use barley as a green manure crop, this study has been conducted in Suwon, Gyeonggi-do to establish the barley green manure (BGM)-rice cropping system with emphasis on soil incorporation date and BGM density. The nitrogen (N) contents of rye and barley, grass green manure crops, were 1.4~2.4% at early growth stage and decreased rapidly to 0.6~1.0% at late growth stage. The biomass of barley was 449 kg/10a at heading stage (HS) and increased to 421 kg/10a at 10 days after heading stage (DAH), 473 kg/10a at 20 DAH. C/N ratio of BGM was the lowest 26.3 at HS. The N contents of BGM was in the range of 0.9~1.5%, the highest at HS and gradually decreased, and the output of N were 4.3~6.3 kg/10a. The total amount of nitrogen, phosphorous and potassium of BGM showed the highest level at 10 DAH. Culm length of rice was relatively longer as the BGM application time was delayed. The application of BGM into soil increased plant height of rice by 7.2~7.7 cm as compared to the plants treated with commercial fertilizer at recommended rate. but panicle length of rice showed a similar tendency in both the soil-applied of BGM and commercial fertilizer. N contents of unhulled rice was the highest at HS of BGM and followed by 10 DAH of BGM and 20 DAH of BGM. This trend could also be seen in rice straw. The yield of rice in the soil-applied of BGM was 10~15% lower than in the soil-applied of commercial fertilizer. Based on this study, application of BGM made it possible to save 30~50% of application amount of nitrogen fertilizer for following crops.

Keywords : barley green manure, rice growth, yield, C/N ratio, nitrogen

최근 국민들의 건강에 대한 관심과 사회 환경 변화에 따라 외국산과 차별화된 친환경 농산물의 요구로 녹비작물 재배 면적이 급속히 늘어나고 있다. 녹비작물 재배는 정부 정책 사업인 푸른들 가꾸기 사업으로 추진되어 1998년 4천 ha에서 2009년 137천 ha로 증가하였으며 이중 호밀 재배면적이 50,462 ha('09)로 전체면적의 37%를 차지하고 있으나 종자 전량을 수입하고 있어 물량확보에 어려움이 많다. 우리나라에서 녹비작물로 이용하고 있는 작물은 두과식물로는 헤어리베치, 자운영, 크립손크로버 등이 있고(Kim *et al.*, 2002, Lee *et al.*, 2006), 벼과식물로는 호밀을 주로 이용하고 있다. 밭에서 호밀을 녹비로 이용시 후작물에 대한 질소공급 효과와 피복에 의한 잡초억제 효과(Seo *et al.*, 2008)가 있었으며, 논에서 호밀의 녹비재배 혼입처리로 벼 유수형성기와 출수기의 초장과 분얼수 증가 효과가 보고되었고(Sohn *et al.*, 2004) 헤어리베치, 자운영, 호밀의 녹비 재배에 의한 질소공급 효과 등이 보고되었다(Song *et al.*, 2010; Jeon *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2002; 中野, 1999; Yasue, 1991). 호밀을 녹비 용도로 재배 할 경우 토양 양분 용탈을 줄이고 토양 침식을 저감하는 효과는 크나 후작물에 질소공급능력이 떨어지고 녹비로 토양에서 투입후 분해가 어려워 벼 이앙작업과 초기 생육을 저해한다. 이러한 단점을 지니고 있는 녹비용 호밀을 대체하기에 적당한 작물은 보리로써 토양 환원 후 빠른 분해 속도와 양분의 공급 효과가 있다(Yang

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6775
(E-mail) kmt6108@korea.kr <Received January 4, 2010>

et al., 2009). 녹비보리와 헤어리베치 혼파시 벼 수량이 관행재배보다 증수하였으며(Jeon et al., 2009), 논외 보릿짚 시용으로 벼의 분얼기와 유수형성기 사이 토양환원전위가 관행 재배보다 낮아졌으나 유수형성기 이후에는 토양환원전위가 관행재배와 비슷하였고 쌀 수량은 6% 증수되었다(Shin et al., 2006). 보릿짚을 16년간 시용하였을 경우 무시용에 비해 토양공극율은 1.3%, 토양유기물 함량은 36%가 증가되고, 쌀 수량은 6% 증가 하였다(Kim et al., 2006).

본 연구는 호밀을 대체하기 위하여 보리녹비의 환원시기가 후작물 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 검토한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 토양은 경기도 수원에 위치한 국립식량과학원내 시험포장의 논토양으로서 하성평탄지의 하성층적층을 모재로 한 경사 0~2%, 배수가 “약간 불량”한 미사질 양토의 신흥토이었다. 시험토양의 토심은 50~100 cm 범위로써 지하수위는 30~80 cm 사이에 있다. 시험토양의 화학적 특성은 표 1과 같다. 토양산도는 pH 6.5, 유기물과 유효인산 함량은 각각 23.5 g/kg과 120 mg/kg이었고, 치환성 가리, 칼슘 및 마그네슘은 각각 0.34, 5.51, 1.87 cmol. kg⁻¹이었다.

녹비로 활용하기 위한 파종량은 보리 140 kg ha⁻¹, 호밀 180 kg ha⁻¹이었고 2006년과 2007년 모두 10월 9일에 25 cm 간격으로 줄뿌림 하였고 무비 재배를 하였다. 녹비의 토양 환원 투입은 2006년은 5월 14일, 2007년은 5월 15일에 하였으며 후 작물인 벼 이앙은 2개년 모두 6월 3일에 이앙기로 하였다. 벼 재배는 녹비 투입구는 비료를 주지 않았으며 대조구인 관행재배구는 벼 표준재배법에 따라 표준시비량을 기비와 추비로 나누어 사용하였다. 벼 품종은 품미벼, 보리는 영양보리를 선정하였다. 녹비 토양 환원 시기는 보리 출수기, 출수 후 10일, 출수 후 20일이었고, 투입량은 생체량을 기준으로 2.0 ton/10a을 처리하였다.

토양화학분석은 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양화학분석법에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 섞은 후 측정하였고, 유기물은 0.4 N 중크롬산칼륨(K₂Cr₂O₇) 용액으로 분해한 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온은

Table 1. Chemical properties of soils before the experiment.

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)		
			K	Ca	Mg
6.5	23.5	120	0.34	5.51	1.87

1N-ammonium acetate(pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 유도결합프라즈마(ICP, Perkin Elmer OPTIMA 3300)로 측정하였다. 식물체 분석은 각 처리구 내에서 벼 주요 생육시기별로 생육이 균일한 3포기를 채취하여 깨끗한 물로 세척하고 80℃에서 건조한 후 칭량하여 건물중을 구하고 다시 이를 분쇄하여 습식분해 하였다. 전 질소 함량은 여액을 Micro Kjeldahl법으로, 인산은 Ammonium meta vanadate법으로, 각 양이온은 유도결합프라즈마(ICP, Perkin Elmer OPTIMA 3300)로 정량하였다. 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농업과학기술연구 조사 분석 기준에 따라 조사하였다.

결과 및 고찰

녹비작물별 주요성분 함량

보리와 호밀의 주요 성분은 표 2와 같이 나타났다. 보리는 T-C가 46, T-N이 1.7%로 C/N율이 26.3 이었으며, 호밀은 T-C가 47로 높고 T-N은 1.1%로 낮아서 C/N율이 43.3으로 높았다. 생육시기별 질소함량은 그림 1과 같다. 호밀과 보리의 질소함량은 생육초기에 건물중의 1.4~2.4% 이나 생육후기에는 0.6~1.0%로 급격히 낮아지는 것을 알 수가 있었다.

벼과 녹비작물은 토양에 있는 질소를 흡수 이용하기 때문에 식물체의 질소함량은 절대적으로 토양의 비옥도에 영향

Table 2. Chemical content and C/N ratio of barley and rye plants on April 27.

Treatments	T-C	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	C/N ratio
	%							
Barley	46	1.7	0.34	1.41	0.37	0.18	0.88	26.3
Rye	47	1.1	0.32	1.84	0.19	0.06	0.02	43.3

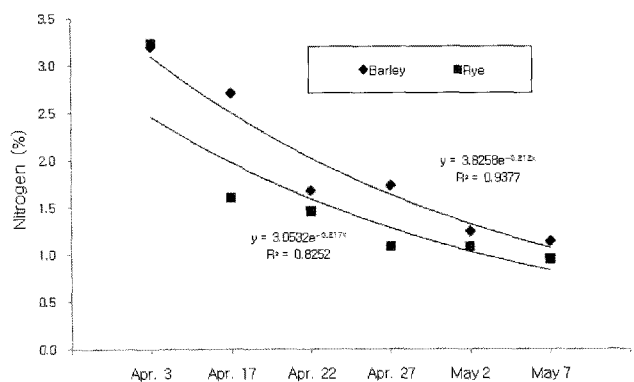


Fig. 1. Nitrogen concentration of above ground parts of green manure plants at the different growth stages.

을 받는다. 특히 C/N율이 20:1이상으로 높기 때문에 토양에 투입되면 분해되는데 많은 시간이 걸릴 것으로 판단된다.

녹비작물 뿌리의 질소함량을 측정한 결과는 그림 2와 같다. 호밀과 보리 뿌리의 질소함량은 1.0~2.4%로 지상부 질소함량과 비슷하거나 약간 낮은 수준이었다. 호밀과 보리의 생육초기 건물중 질소함량은 1.4~2.4%이나 생육후기에는 1.0%로 급격히 낮아지는 것을 알 수 있었다.

녹비보리의 채취시기별 생초량 및 C/N율은 표 3과 같다. 보리의 생초량은 출수기에 2,130 kg/10a, 출수 후 10일 2,250 kg/10a, 출수 후 20일 2,280 kg/10a 이었고, 보리의 C/N율은 출수기 26.3으로 가장 낮고 이후 시간경과에 따라 증가하여 출수 후 10일에 38.0 출수 후 20일에 42.5로 높아졌다.

녹비보리 지상부의 질소함량은 0.9~1.5%로 출수기 > 출수 후 10일 > 출수 후 20일 순으로 높았으며 10a당 생체량은 2,130~2,280 kg으로 질소생산량은 4.3~6.3 kg이었다. 이는 생육후기로 갈수록 식물체가 목질화됨을 뜻하는 것으로 생육후기에 토양에 투입하는 것이 토양유기물 증진에 바람직한 것으로 생각된다. 그러나 후작물의 생육초기에 질소의 부동화가 우려되므로 척박지에서는 별도의 질소사용으로 양분관리를 하여야 할 것으로 판단된다.

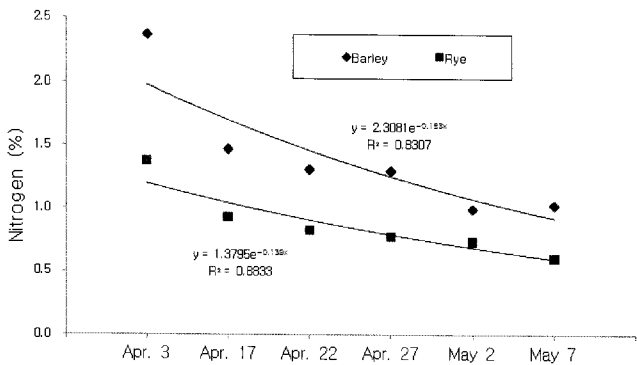


Fig. 2. Nitrogen concentration of roots of green manure plants at the different growth stages.

Table 3. Biomass weight and nitrogen content of green barley in different inputting times.

Treatments	Fresh weight (kg/10a)	Dry weight (kg/10a)	Nitrogen content (%)	Total nitrogen content (kg/10a)	C/N ratio
Heading Stage	2,130	421	1.5	6.3	26.3
10 DAH [†]	2,250	449	1.1	4.9	38.0
20 DAH	2,280	473	0.9	4.3	42.5

※Heading Stage : Apr. 27. [†]DAH : Days After Heading

녹비보리 지상부에 함유된 비료 성분량은 표 4와 같다. 출수 후 비료성분량은 증가하는 경향이었으나, 비료성분별로 질소, 인산, 칼리 모두 출수 후 10일에 가장 높게 나타났으며, T-C, T-N, P₂O₅, K₂O의 함량으로 볼 때 녹비보리의 적정 이용 시기는 출수 후 10일이 유리 할 것으로 판단된다. 한편 大森正(1970) 등은 2모작 논에서 벧짚과 보릿짚을 4년 연용 시 pH는 분해과정에서 발생하는 유기물에 의해 퇴비연용보다 낮아졌고 유기물, 전탄소, 치환성가리함량은 증가하였는데 신선한 유기물일수록 pH의 저하, 염기포화도의 감소가 현저하다고 한바 있다. 하지만 유기물의 사용효과는 시비방법, 토성, 배수정도, 기온, 토양관리 등에 따라 상이할 수 있을 것으로 생각 된다.

녹비보리의 시용시기별 벼 생육 및 수량

보리의 녹비이용 시기에 따른 시용효과를 알아보기 위하여 녹비보리의 수확시기를 달리하여 녹비보리를 출수기, 출수기 10일 후 및 출수기 20일 후에 수확한 녹비보리를 토양에 각각 사용하여 재배한 벼를 처리구별로 수확하여 질소흡수량을 조사한 결과 표 5와 같이 정조의 질소흡수량은 대체로 출수기-보리녹비 투입구 > 출수 후 10일-보리녹비 투입구 > 출수 후 20일-보리녹비 투입구 순으로 많았고, 벧짚도 같

Table 4. Concentration of nutrients of green barley by different inputting times.

Treatments	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg/10a -----		
Heading Stage	3.8a	1.5a	8.8a*
10 DAH [†]	5.0b	2.4b	10.6b
20 DAH	3.8a	2.3b	9.9b

[†]DAH : Days After Heading

*Values with same letter in a column are not significantly different at 5% levels of Duncan's multiple range test

Table 5. Nitrogen absorption amount of rice at harvesting time by application of green manures and nitrogen applications.

Treatments	Nitrogen (kg/10a)		
	Rice straw	Paddy rice	Total
Control	2.92c	10.80ab	13.72b*
Heading Stage	2.58b	11.31b	13.89b
10 DAH [†]	2.53b	10.47a	13.00ab
20 DAH	2.28a	9.91a	12.19b

[†]DAH : Days After Heading

*Values with same letter in a column are not significantly different at 5% levels of Duncan's multiple range test

은 경향을 나타내었다. 이는 녹비보리의 무기성분 함량이 많았던 순서와 일치함을 보여주었다. 분얼기에는 녹비보리를 출수기에 토양에 투입한 시험구에서 초장과 분얼수가 증가하는 경향이었으며(표 6), 최고분얼기에는 출수 후 20일의 녹비보리 투입구에서 초장과 분얼수가 증가하는 경향이였다.

보리의 녹비이용 시기에 따른 후작물 벼 출수기의 생육상황은 표 7과 같다. 출수기는 8월 12일부터 8월 13일이었고, 간장은 표준시비구에 비하여 녹비보리 투입구가 7.2~7.7 cm 길었으며, 수장은 녹비보리 투입구와 표준시비구가 비슷한 경향이었고, 엽색도가 표준시비구에 비하여 1.6~4.2 높은 것으로 보아 녹비보리 투입구가 표준시비구에 비하여 후기까지 비료성분이 지속되고 있기 때문인 것으로 판단된다.

녹비보리의 수확시기를 달리하여 논토양에 사용하여 재

배한 쌀 수량은 출수기에 토양 투입 시 457 kg/10a이었고, 녹비보리 출수 후 10, 20일에 토양에 투입한 경우 쌀 수량은 각각 465와 438 kg/10a로 표준시비구 515 kg/10a에 비하여 10~15% 낮았으나 토양 개량효과 등을 고려하면 녹비보리 사용구가 유리할 것으로 판단된다.

적 요

보리를 녹비로 이용하기 위하여 녹비보리 토양 환원시기가 후작물 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 경기도 수원 의 국립식량과학원 시험포장에서 시험한 결과는 다음과 같다.

Table 6. Growth status of rice affected by application of green barley of different growth stages.

Treatments	Tillering stage (June 16)			Maximum tillering stage (July 15)		
	Plant height (cm)	Number of tiller	Chlorophyll meter [‡]	Plant height (cm)	Number of tiller	Chlorophyll meter
Heading Stage	28.2b	7.6b	37.6b	56.7a	16.5a	37.7ab*
10 DAH [†]	27.4b	7.3b	36.0b	60.3ab	18.1a	37.9ab
20 DAH	22.9a	5.7a	37.4b	63.0b	22.1b	38.6b
Control	21.4a	8.9c	34.3a	64.9b	22.9b	34.6a

* C/Nratio : Heading Stage 26.4 , 10 DAH 38.0, 20 DAH 42.5

[†]DAH : Days After Heading, [‡]Minolta SPAD-502

*Values with same letter in a column are not significantly different at 5% levels of Duncan's multiple range test

Table 7. Effects of barley green manure on growth and heading.

Treatments	Heading Stage	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Leaf greenness [‡]
Heading Stage	Aug. 12.	80.9ab	18.3a	38.1ab*
10 DAH [†]	Aug. 13.	81.7b	18.0a	39.0b
20 DAH	Aug. 13.	81.2ab	17.9a	36.4a
Control	Aug. 12.	74.0a	18.0a	34.8a

[†]DAH : Days After Heading, [‡]Minolta SPAD-502

*Values with same letter in a column are not significantly different at 5% levels of Duncan's multiple range test

Table 8. Yield and yield components of rice affected by application of green barley of different growth stages.

Treatments	No. of panicles/m ²	No. of grains per panicles	Ripening ratio (%)	1,000-grain weight (g)	Milled rice (kg/10a)	Index
Heading Stage	16.5a	55.5ab	86.8a	21.4a	457 a*	89
10 DAH	16.8a	56.5ab	88.6ab	21.4a	465 a	90
20 DAH	16.4a	52.8a	87.1ab	21.2a	438 b	85
Control	16.7a	60.7b	94.9b	22.0a	515 c	100

*Values with same letter in a column are not significantly different at 5% levels of Duncan's multiple range test

1. 호밀과 보리의 질소함량은 생육 초기에 1.4~2.4%, 생육후기에 0.6~1.0%를 나타냈다.
2. 보리 바이오매스량은 출수기에 421 kg/10a, 출수 후 10일에 449 kg/10a, 출수 후 20일에 473 kg/10a이었고, C/N율은 출수기에 26.3, 출수 후 10일에 38.0, 출수 후 20일에 42.5로 출수 후 시간이 경과함에 따라 C/N율이 높아졌다.
3. 보리의 지상부 질소함량은 출수기에 0.9~1.5%로 가장 높았고 출수 후 시간이 경과하면서 점차 낮아졌으며, 질소 총함유량은 출수기에 4.3, 출수후 20일에 6.3 kg/10a이었다.
4. 녹비보리 지상부에 함유된 질소, 인산, 칼리 총량은 출수 후 10일에 가장 높게 나타났다.
5. 후작물 벼의 생육은 녹비보리 투입구가 표준시비구에 비하여 간장이 7.2~7.7 cm 길었으며, 수장은 녹비보리 투입구와 표준시비구가 비슷한 경향이었다.
6. 후작물 벼 정조의 질소총량은 출수기 녹비보리 토양투입구 > 출수 후 10일 녹비보리 토양투입구 > 출수 후 20일 녹비보리 토양 투입구 순으로 많았고, 벼짚의 질소 총량도 같은 경향을 나타내었다.
7. 쌀 수량은 출수기 녹비보리 토양투입구는 457 kg/10a, 출수 후 10일 녹비보리 토양투입구는 465 kg/10a, 출수 후 20일 녹비보리 토양투입구는 438 kg/10a로 관행 시비구 515 kg/10a에 비하여 10~15% 낮았다.

사 사

본 연구는 ARPC(농림기술개발사업 2007-2009)의 연구비지원으로 연구되었으며, 연구비지원에 감사드립니다.

인용문헌

- Jeon, W. T., M. T. Kim, and J. K. Lee. 2007. Seed Mixtures Effect on Green Manure Barley-Hairy vetch by Different Soil Textures. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40(2) : 151.
- Jeon, W. T., H. S. Cho, M. T. Kim, K. Y. Seong, and I. S. Oh. 2009. Effect of Hairy Vetch-Barley Mixtures on Soil Physical Properties by Different Years. *Korean J. Soil Sci. Fert.* pp. 08.
- Jeon, W. T., K. Y. Seong, M. T. Kim, I. S. Oh, S. T. Park, and J. K. Lee. 2008. Changes of Rice yield and Soil Physical Properties by Incorporation of Barley and Barley+hairy vetch mixture in Different Soil Textures. *Korean J. Soil Sci. Fert.* pp. 23.
- Kim, S. Y., S. O. Shin, Y. C. Ku, and S. T. Park. 2006. Effect of Long-term Dry-seeded Rice on Growth, Rice Yield and Soil Physicochemical Properties in Rice-Barley Double Cropping System. *Korean J. Intl Agri.* 18(4): 281-286.
- Kim, C. G., J. H. Seo, H. S. Cho, S. H. Choi, and S. J. Kim. 2002. Effect of Hairy Vetch as Green Manure on Rice Cultivation. *Korean J. Soil Sci Fert.* Vol. 35(3): 169-174.
- 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. *Korean J. Crop Sci.* 55(2) : 144-150.
- 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 Milkvech. *Korean J. Soil Sci. Fert.* Vol. 37. No. 3. 156-164.
- Shin, S. O., C. D. Hwang, S. Y. Kim, and S. T. Park. 2006. Influence of long-Term Barley Straw Addition on Soil Nitrogen Dynamics and Growth and Yield of Rice in Dry Direct Seeding under Rice-Barley Double Cropping. *Korean J. Intl. Agri.* 18(2): 112~115.
- Yang, C. H., J. H. Ryu, T. K. Kim, S. B. Lee, J. D. Kim, N. H. Baek, S. Kim, 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 J. Soil Sci. Fert.* Vol. 42. No. 5. 371-378.
- 農村振興廳. 2003. 農業科學技術調查分析 基準.
- 大森正, 小野芳郎. 1970. 稻, 麥わら施用による土壤の理化學性變化. 中國農業試驗場. 中國地域公同研究成果集 第5. p. 65-67.

Jeon, W. T., M. T. Kim, and J. K. Lee. 2007. Seed Mixtures Effect on Green Manure Barley-Hairy vetch by Different