

Research Article

Open Access

보리-헤어리베치 단파 및 혼파가 벼 수량에 미치는 영향

김태영,¹ 김송엽,¹ 파리들,¹ 이용복^{1,2*}

¹경상대학교 응용생명과학부, ²경상대학교 생명과학연구원

Green Manuring Effect of Pure and Mixed Barley-Hairy Vetch on Rice Production

Tae-Young Kim,¹ Song-Yeob Kim,¹ Faridul Alam¹ and Yong-Bok Lee^{1,2*} (¹Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea, ²Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

Received: 23 October 2013 / Revised: 29 October 2013 / Accepted: 4 November 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

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.

Abstract

BACKGROUND: The mixtures of legumes and non legumes can be an efficient tool to combine the benefit of the single species in the cover crop practice. However, there is a lack of information on how the species proportion may affect N accumulation and how this can influence the nitrogen use of subsequent rice production.

METHODS AND RESULTS: In this study barley and hairy vetch was selected as a green manure. The pure stands or mixtures with different seeding ratios was tested on green manure N accumulation and its following rice cultivation. Total aboveground biomass and N accumulation of mixture were higher compared to that of pure barley and hairy vetch. Among the mixtures, the highest aboveground biomass (8.07 Mg/ha) and N accumulation (131 kg/ha) was observed in B75H25 (barley 75% + hairy vetch 25%). The N accumulation of the mixture ranged from 99 kg/ha to 131 kg/ha which was much higher than amount of recommended (90 kg/ha) for rice. All mixture (barley 75%+hairy vetch 25%, barley 50%+hairy vetch 50%, barley 25%+hairy vetch 50%) produced 7-8% more rice yield than the

conventional cultivation (NPK). The rice yield of in barley monocrop was 4% less than that of NPK.

CONCLUSION(S): Adopting mixtures of barley and hairy vetch could be efficient strategy for rice production as an alternative of nitrogen fertilizer.

Key words: Barley, Green manure, Hairy vetch, Rice

서론

우리나라는 OECD 회원국 중에서 농경지 단위면적 당 무기질 비료를 가장 많이 사용하는 국가로 분류되고 있으며 이로 인한 환경오염을 줄이기 위해 다각적인 정책이 추진되고 있다(농진청, 2007). 녹비는 벼 재배시 화학비료 절감 또는 대체 방안 중 가장 적용성 높은 것으로 평가되고 있다(Jeon *et al.*, 2009; Jeon *et al.*, 2012). 최근 우리나라에서 많이 활용되고 있는 녹비는 두과작물인 자운영, 헤어리베치와 화본과 작물인 호밀, 보리로 구분할 수 있다.

두과 녹비작물은 공중질소를 고정, 축적하여 많은 양의 질소를 후작물에 공급하는 능력을 지니고 있다(Campiglia *et al.*, 2010; Cazzato *et al.*, 2003). 헤어리베치는 ha 당 질소를 90-200 kg 까지 생산 할 수 있는 것으로 알려져 있다(Ebelhar *et al.*, 1984; Jeon *et al.*, 2009). Kim 등(2002)은 헤어리베치의 질소 이용율이 31-36% (Lee and Lee, 2001)인 점을 고려하여 벼 재배시 적정 환원율을 20 ton/ha라고

*교신저자(corresponding author),
Phone: +82-55-772-1967; Fax: +82-772-1969;
Email: yblee@gnu.ac.kr

하였으며, 적정환원을 이상 환원시 도복발생율이 증가한다고 하였다. 화분과 녹비작물은 공중질소를 고정하는 능력이 가지고 있지 않지만, 동절기 피복효과로 인한 토양 침식 방지와 토양 중 질소를 흡수하여 수계로 질소 용탈을 저감하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Macdonald *et al.*, 2005; Constantin *et al.*, 2011).

두과 및 화분과 녹비작물의 혼파는 각각 단파의 단점을 보완할 수 있는 효과적인 방법이며, 환경 및 농학적 이점을 동시에 이룰 수 있다(Crews and Peoples, 2005). 특히, 포복 식물인 헤어리베치의 경우 화분과 작물이 지지대 역할을 하기 때문에 광 이용율이 증가되어 생산성이 향상된다(Jeon *et al.*, 2009). Jeon 등(2009)은 밭에서 호밀(5kg/10a)과 헤어리베치(6.75kg/10a) 혼파는 217kg/ha의 질소를 생산하여 후작물인 옥수수 재배에 있어 무기질 비료 대체가 가능하다고 보고 하였다. 그리고 밭에서 보리와 헤어리베치의 혼파 비율에 따른 시험에서 보리(25%) + 헤어리베치 (75%) 비율이 가장 높은 생산을 보였다(Tosti *et al.*, 2012). 그리고 벼 재배 시 보리와 헤어리베치 혼파가 무기질 비료 대체와 녹비작물의 생산성에 관한 연구도 수행된 바 있다(Jeon *et al.*, 2012; Jeon *et al.*, 2009). 하지만 벼 재배시 보리- 헤어리베치 혼파 비율에 따른 녹비작물의 생산성에 관한 연구는 아직까지 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 보리- 헤어리베치 혼파 비율에 따른 녹비생산성과 벼 재배시 무기질 비료 대체 효과를 평가하기 위하여 수행되어졌다.

재료 및 방법

본 시험에 이용된 토양은 식양토로서 pH가 6.1, 유기물 함량이 10.2 g/kg 이었다(Table 1). 녹비작물은 2011년 11월 11일 산파하였고, 이때 화분과 두과 작물 혼파 비율은 Tosti 등(2012)이 제시한 방법에 따라서 보리 100% (18kg/10a, B100), 보리 75% + 헤어리베치 25% (13.5+2.3 kg/10a, B75H25), 보리 50% + 헤어리베치 50% (9.0+4.5 kg/10a, B50H50), 보리 25% + 헤어리베치 75% (4.6+6.8 kg/10a, B25H75), 헤어리베치 100% (9.0 kg/10a, H100)를 선발 하였다. 본 시험에 이용된 보리는 영양보리, 헤어리베치는 H1 (중국 수입종)이었다. 그리고 녹비작물은 2012년 5월 25일 수확하여 전량 환원 후 2012년 6월 4일 무기질 비료 사용 없이 동진벼를 손이앙(재식거리, 15*30cm) 하였다. 대조구(NPK)인 관행구는 녹비재배 없이 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O, 90-45-58 kg/ha)을 사용하였으며 모든 시험은 완전임의 배치법 3반복으로 수행하였다. 녹비수량은 처리구 당 1 m² (1m x 1m)를 수확하여 보리와 헤어리베치를 나누어 계산하였고, 벼는 2012년 10월 15일 3.3 m²를 수확하여 벧짚과 정조를 분리하였다. 녹비와 벧짚의 건물중은 수확후 72°C에서 2일간 건조후 측정하였고, 이후 분쇄하여 분석용 시료로 이용하였다. 식물체 중 질소 함량은 분쇄한 시료를 CNS2000(Leco, USA)를 이용하여 분석하였다. 식물체 인산은 산가수분해 후 ammonium metavanadate 법으로 측정

하였다. 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 분석하였다(RDA, 2003)

Table 1. Soil properties at the beginning of the experiment

pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.-P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex- Cation (cmol ⁺ /kg)			Soil texture
			K	Ca	Mg	
6.1	10.2	82.1	0.12	5.2	1.21	Clay loam

결과 및 고찰

화분과 녹비작물인 보리와 두과 녹비작물인 헤어리베치 혼파는 단일 파종보다 녹비작물 생산량을 크게 향상시켰다(Table 2). 보리 수량은 파종량 감소에 따라서 감소하는 경향을 보였지만 헤어리베치 수량은 파종량 감소에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 헤어리베치를 75% 파종한 B25H75 처리구에서 100% 파종한 H100 보다 높은 헤어리베치 수량을 보였으며, B25H75 처리구의 헤어리베치 수량도 H100과 큰 차이를 보이지 않았다. Caballero 등(1995)에 의하면 헤어리베치 파종량이 60-120 kg/ha 사이에서는 생산량에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Caballero 와 Goicoechea (1986)는 귀리와 헤어리베치 혼파시 귀리는 헤어리베치가 타고 올라가는 지주대 역할을 하여 광 수광율을 개선한다고 하였다. 따라서 본 시험에서 헤어리베치 50% (45 kg/ha) 이상 혼파구에서 헤어리베치 100% 보다 높은 헤어리베치 수량을 나타낸 것으로 생각된다. 그리고 혼파로 인한 최고 수량은 B75H25에서 8.07 Mg/ha로 나타났다. 이는 Jeon 등(2009)이 보고한 밭에서 헤어리베치와 호밀의 경우 단일 파종보다는 혼파가 높은 녹비작물 생산성을 나타낸 것과 동일한 결과이다.

Table 2. Dry weight of aboveground biomass of the green manure at the date of its incorporation into soil

Treatments	Aboveground biomass (Mg/ha)		
	Barley	Hairy vetch	Total
B100	6.36	-	6.36 ^c
B75H25	3.69	4.38	8.07 ^a
B50H50	2.41	4.90	7.31 ^b
B25H75	0.81	5.72	6.53 ^c
H100	-	4.85	4.85 ^d

Means of total aboveground biomass within a column followed by the same letter are not significantly different(P=0.05) by Duncan multiple range test.

보리와 헤어리베치 혼파 비율에 따른 질소와 인산 농도 및 흡수량은 Table 3에서 보는바와 같다. 보리의 경우 파종량 감소에 따른 질소 농도가 증가하는 경향을 보였고, 헤어리베치는 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 현상은 헤어리베치는 흡수한 질소의 약 70%를 공중질소 고정하므로 토양내 질소이용은 크게 경쟁하지 않지만(Papastylianou, 1988), 보리

의 경우 대부분의 질소를 토양내 질소를 이용하므로 파종 밀도 증가에 따른 질소 이용에 대한 경쟁이 높아졌기 때문으로 생각된다. 그리고 전체 biomass 생산량 중 헤어리베치가 차지하는 비율이 증가 할수록 보리 중 질소 농도 유의한 증가를 나타내었다(Fig. 1). 이는 Tosti 등(2012)과 동일한 결과로서 헤어리베치와 영양보리는 토양 중 질소이용에 대해 경쟁관계가 아닌 것을 설명하고 있다.

보리- 헤어리베치 혼파에 의한 질소 및 인산 생산량은 B75H25에서 각각 131, 67 kg/ha로 가장 높았다. 그리고 혼파 파종구 B75H25, B50H50, B25H75의 질소와 인산 생산량은 농촌진흥청에서 벼 재배시 권장하는 질소(90 kg N/ha)와 인산(19.7 kg P/ha) 시비량을 초과 하는 것으로 나타났다. 따라서 보리와 헤어리베치 혼파는 무기질 비료 무 시용에 의한 벼 재배가 가능할 것으로 판단된다.

Table 3. Nitrogen and Phosphorus concentration and uptake by green manure at the date of its incorporation into soil

Treatments	Concentration (g/kg)				Uptake (kg/ha)					
	N		P		N			P		
	Barley	Hairy vetch	Barley	Hairy vetch	Barley	Hairy vetch	Total	Barley	Hairy vetch	Total
B100	10.3	-	9.0	-	65	-	65 ^d	57	-	57 ^b
B75H25	13.5	18.6	8.5	8.2	49	81	131 ^a	31	36	67 ^a
B50H50	12.7	16.2	8.8	7.7	31	79	110 ^b	21	38	59 ^{ab}
B25H75	16.0	15.1	9.2	8.2	13	86	99 ^{bc}	8	47	54 ^b
H100	-	17.9	-	8.8	-	87	87 ^c	-	43	43 ^c

Means of total aboveground biomass within a column followed by the same letter are not significantly different(P=0.05) by Duncan multiple range test.

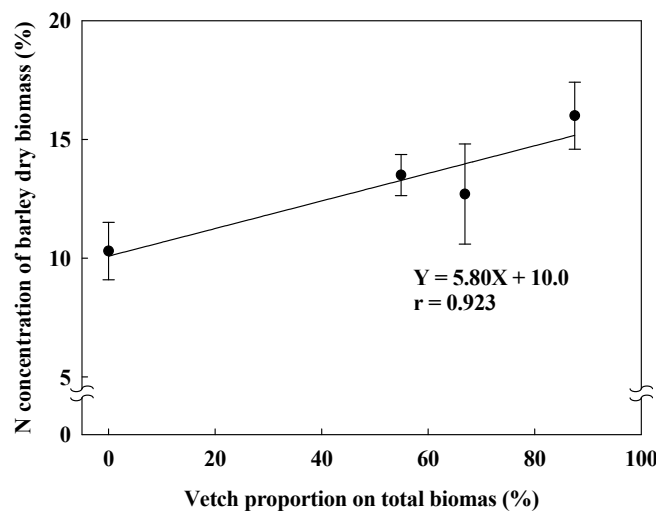


Fig. 1. N concentration in dry aboveground biomass (%) of barley as affected by the hairy vetch proportion on total aboveground biomass at the date of green manure incorporation into the soil.

보리- 헤어리베치 혼파에 의한 녹비환원은 벼의 질소와 인산 흡수량과 조곡 생산량에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 보리- 헤어리베치 혼파 처리구의 벼 질소 흡수량은 86.5-91.4 kg/ha로 관행구(NPK)의 88.5 kg/ha와 비슷한 수치를 보였다. 하지만 보리 100%(B100) 파종구는 76.9 kg/ha로 관행구(NPK)에 비해 낮은 질소 흡수량을 보였다. 보리- 헤어리베치 혼파구의 질소 생산량은 헤어리베치 혼파 비율의 증가에 따라 131-99 kg/ha 로 감소하였지만 벼를 통한 질소 흡수량은 86.5-91.4 kg/ha로 감소하였다. 특히 헤어리베치 100% 처리구의 질소 생산량은 87 kg/ha로 보리

100% 처리를 제외하고 가장 낮은 반면, 벼를 통한 질소 흡수량은 102.1 kg/ha로 가장 높았다. 이는 녹비작물의 C/N율의 차이에 의한 무기화율의 차이에서 기인된 것으로 판단된다. Lee 와 Lee (2001)에 의하면 논에서 헤어리베치의 분해율은 80% 이상이고, 질소 이용율은 31-36%에 이른다고 하였으며, 관행구에 비해 질소 벼에 대한 질소 공급량이 높다고 하였다. 그리고 Tosti 등(2012)은 보리와 헤어리베치 혼파시 험에서 헤어리베치 100% 처리구의 C/N율은 약 10, 보리 100% 처리구의 C/N 율은 약 35 그리고 혼파구의 C/N율은 약 15내외로 헤어리베치 파종량 증가에 따라 감소 한다고

Table 4. Nitrogen and Phosphorus uptake by rice and grain yield

Treatments	Uptake (kg/ha)						Yield (Mg/ha)
	N			P			
	Grain	Straw	Total	Grain	Straw	Total	
NPK	62.5	26.0	88.5	13.6	2.3	15.9	5.4 ^b
B100	54.6	22.3	76.9	11.4	2.2	13.7	5.2 ^b
B75H25	65.5	20.9	86.5	13.9	3.0	16.9	5.8 ^a
B50H50	68.4	23.8	92.2	13.9	3.5	17.5	5.8 ^a
B25H75	65.2	26.2	91.4	15.3	3.7	19.0	5.9 ^a
H100	81.3	20.8	102.1	14.6	2.0	15.9	5.6 ^{ab}

Yield means within a column followed by the same letter are not significantly different(P=0.05) by Duncan multiple range test.

하였다.

보리-헤어리베치 단파 및 혼파에 의한 벼 수량은 B100 처리구는 관행구에 비해 4% 감소하였다(Table 4). 그리고 보리-헤어리베치 혼파구(B75H25, B50H50, B25H75)는 차이 없이 관행구(NPK) 대비 약 7% 증수 효과가 있는 것으로 나타났다. 헤어리베치 100% 단파구의 질소 흡수량이 높은 반면 수량 증수 효과는 미미하였다. 따라서 보리와 헤어리베치 혼파는 무기질비료 무시용에 의한 벼 재배가 가능하며 더불어 수량 증수효과도 있는 것으로 평가되었다. 하지만 지속적인 동절기 녹비재배-무기질비료 무시용 벼재배 작부 체계는 인산의 유출이 발생되므로 이에 대한 대책 수립을 위한 시비체계 개선이 필요한 것으로 판단된다.

요약

본 연구는 보리-헤어리베치 단파 및 혼파가 녹비생산량과 벼 재배시 무기질 비료 대체 효과를 평가하기 위해 실시되었다. 보리-헤어리베치 혼파를 통한 녹비생산량은 보리 75% + 헤어리베치 25% 혼파구에서 8.07 Mg/ha로 가장 높게 나타났다. 그리고 녹비생산을 통한 질소 축적량도 녹비 생산량이 가장 높은 보리 75% + 헤어리베치 25% 처리구에서 131 kg/ha로 가장 높게 나타났다. 혼파처리구의 전체 biomass 생산량 중에서 헤어리베치가 차지하는 비율이 증가할수록 보리 중 질소 함량은 증가되었다. 녹비재배 후 전량을 토양에 환원 후 벼 재배를 실시한 결과 혼파구(B75H25, B50H50, B25H75)의 벼 수량은 큰 차이가 없었으며 이는 관행구(NPK) 보다 약 7%의 증수 효과가 있었다. 따라서 보리와 헤어리베치 혼파는 무기질 비료 무시용에 의한 벼 재배가 가능할 것으로 판단되었다.

Acknowledgement

This study was supported by Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. PJ906961).

References

- Caballero, R., Goicoechea, E.L., 1986. Utilization of winter cereals as companion crops for common vetch and hairy vetch, in: Barba, F.M., Abreu, J.M. (Eds), *Grasslands Facing The Energy Crisis*, Proceeding of the 11th General Meeting of the European Grassland Federation, pp. 379-384.
- Caballero, R., Goicoechea, E.L., Hernaiz, P.J., 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch, *Field Crops Research* 41, 135-140.
- Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., Mancinelli, R., 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production, *European Journal of Agronomy* 33, 94-102.
- Cazzato, E., Annesse, v., Corleto, A., 2003. N₂ Fixation of annual fodder legumes in Mediterranean environment. 1. Estimation of N₂ fixation by isotope dilution, *Rivista di Agronomia* 37, 57-61.
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J.P., Duyme, F., Mary, B., 2011. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization, *Plant Soil* 341, 137-154.
- Crews, T.E., Peoples, M.B., 2005. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 72, 101-120.
- Ebelhar, S.A., Frye, W.W., Blevins, R.L., 1984. Nitrogen form legume cover crops for no-tillage corn, *Agron. J.* 76, 51-55.
- Jeon, W.T., Seong, K.Y., Kim, M.T., Oh, G.J., Oh, I.S., Kang, U.G., 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using

- different green manure crops in paddy, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(2), 119-123.
- Jeon, W.T., Seong, K.Y., Lee, J.K., Kim, M.T., Cho, H.S., 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil, *Korean J. Crop Sci.* 54(3), 327-331.
- Jeon, W.T., Seong, K.Y., Oh, G.J., Kim, M.T., Lee, Y.H., Kang, U.G., Lee, H.B., Kang, H.W., 2012. Changes of biomass of green manure and rice growth and yield using leguminous crops and barley mixtures by cutting heights at paddy, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(2), 192-197.
- Kim, C.G., Seo, J.H., Cho, H.S., Choi, S.H., Kim, S.J., 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(3), 169-174.
- Lee, H.J., Lee, J.S., 2001. Decomposition and ^{15}N fate of rice straw and hairy vetch in paddy soil, *Korean J. Crop Sci.* 46(1), 46-47.
- Macdonald, A.J., Poulton, P.R., Howe, M.T., Goulding, K.W.T., Powlson, D.S., 2005. The use of cover crops in cereal-based cropping systems to control nitrate leaching in SE England, *Plant and Soil* 273, 355-373.
- Papastylianou, I., 1988. The ^{15}N methodology in estimating N_2 fixation by vetch and pea grown in pure stand or in mixtures with oat, *Plant and Soil*, 107, 183-188.
- RDA, 2003. Standard methods for agricultural experiments, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, T., Guiducci, M., Thorup-Kristensen, K., 2012. Green manuring effect of pure and mixed barley - hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition, *Europ. J. Agronomy* 43, 136-146.