

Short communication

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2019.52.1.070>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Evaluation of Barley-Hairy Vetch Mixed Cropping as Green Manure for Biomass and Nitrogen Production

Young Eun Yoon<sup>1</sup>, Jang Hwan Kim<sup>1,3</sup>, and Yong Bok Lee<sup>1,2\*</sup><sup>1</sup>Division of Applied Life Science (BK21 Plus), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea<sup>2</sup>Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea<sup>3</sup>Fertilizer Research Team, FarmHannong Co., Ltd, Nonsan-si, Chungcheongnam-do 33010, Korea\*Corresponding author: [yblee@gnu.ac.kr](mailto:yblee@gnu.ac.kr)

### ABSTRACT

**Received:** February 24, 2019**Revised:** February 28, 2019**Accepted:** February 28, 2019

### ORCID

Young Eun Yoon

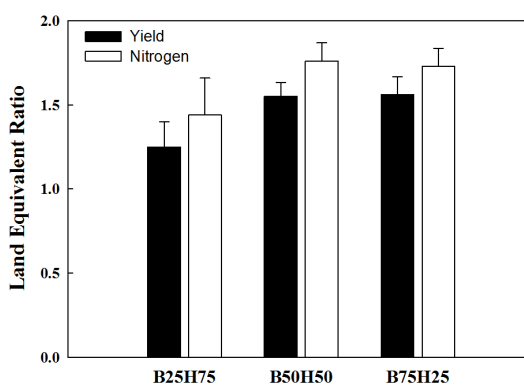
<https://orcid.org/0000-0001-5423-9402>

Yong Bok Lee

<https://orcid.org/0000-0002-7651-4556>

The mixtures of legumes and non-legume cropping after rice cultivation are widely used for green manure production in Korea. However, there is little information on how the species proportion may affect land use efficient and green manure quality. In this study, green manure N accumulation and Land Equivalent Ratio (LER) was tested with differential seeding ratios using barley and hairy vetch as a green manure. The species proportion influences the biomass production (ranging from 10.74 to 13.34 Mg ha<sup>-1</sup>) and N accumulation (ranging from 256.3 to 249.7 kg ha<sup>-1</sup>). The N accumulation in hairy vetch mixed, even at 25% of its full sowing proportion, was three times higher than that of pure stand of barley. The N accumulation of barley increased linearly with hairy vetch proportion on the total biomass. The mixtures were more efficient than the pure crops in terms of biomass production (LER>1) and N accumulation (LER>1). Therefore, this results suggest that adopting mixture barley with hairy vetch produce a high amount of biomass with higher quality compared with pure stand of barley.

**Keywords:** Green manure, Hairy vetch, Barley, Land Equivalent Ratio, Nitrogen



Land equivalent ratio (LER) for different sowing ratio of barley and hairy vetch in a mixed cropping. Barley and hairy vetch were grown in mixtures with varying seed ratios, relative to full sowing rate, i.e., 25% barley + 75% hairy vetch (B25H75), 50% barley + 50% hairy vetch (B50H50), and 75% barley + 25% hairy vetch (B75H25).



## Introduction

우리나라 논토양의 양분관리는 대부분 무기질 비료에 의존하고 있으며 시비관리는 수량 증대에 집중되어 왔다. 다수확을 위한 무기질 비료의 과다 사용은 환경부하량 증가, 토양 비옥도 감소 및 양분수지 악화를 야기 시키고 있는 것으로 알려져 있다 (Nguyen et al., 1995; Keeney, 1982). 따라서 정부는 무기질 비료 사용량 저감을 위해 목표 수량 확보를 위한 표준시비량 조절, 경축순환, 풋거름 작물 재배 등의 정책적 지원을 하고 있다. 특히, 동절기 풋거름 작물 재배는 양분 및 토양 유출 저감, 유기물 공급, 무기질 비료 사용량 절감 등의 효과가 있는 것으로 잘 알려져 있다 (Macdonald et al., 2005; Constantin et al., 2011).

현재 국내에서 가장 널리 이용되고 있는 풋거름 작물은 화본과와 두과 작물로 나눌 수 있다. 화본과 풋거름 작물은 호밀과 풋거름보리 그리고 두과 풋거름 작물은 헤어리베치와 자운영이 많이 재배되고 있다. 휴한기 풋거름 작물의 선발은 농학적 목적과 재배 환경에 따라 달라진다. 두과 작물의 경우 높은 질소 고정력에 의해서 후작물에 질소를 공급하므로 무기질 질소 비료의 사용량을 현저히 감소시킬 수 있다 (Cazzato et al., 2003; Caporali et al., 2004; Campiglia et al., 2010). 반면 화본과 풋거름 작물은 탄소 공급, 토양 침식 방지 및 농경지에서 수계로 질소 유출을 방지하는 효과가 있다 (Macdonald et al., 2005; Constantin et al., 2011).

최근 두과와 화본과 풋거름 작물의 농업환경과 농학적 이점을 극대화 할 수 있는 혼파에 대한 연구가 일부 진행되고 있다 (Kim et al., 2002; Jeon et al., 2009; Tosti et al., 2012; Tosti et al., 2014). Kim et al. (2002)은 논에서 풋거름 보리 (4.5 kg/10a)와 헤어리베치 (6.75 kg/10a) 혼파가 풋거름보리와 헤어리베치 단일 파종보다 높은 biomass 생산량을 보였으며, 이는 Tosti et al. (2012)과 동일한 결과이다. 따라서 풋거름 작물 혼파 재배의 가장 중요한 이유는 단위면적/year 생산량 증가에 있다.

단위면적당 생산량 증가는 농경지 이용을 제고를 통한 양분수지 저감에 크게 기여하고 있다. 특히 우리나라와 같은 다모작 집약적 농업에서 동절기 풋거름 작물 활용은 양분수지 개선과 토양비옥도 증진에 중요한 수단으로 인식되고 있다. 따라서 본 연구는 동절기 풋거름 작물로 널리 이용되고 있는 헤어리베치와 풋거름 보리의 혼파 효과를 Land Equivalent Ratio (LER), Biomass, 그리고 질소 생산량 측면에서 평가하였다.

## Materials and Methods

풋거름 보리와 헤어리베치 적정 파종량 구명을 위한 재배 시험은 유기물 함량이 8.3 g/kg이고 유효인산 함량이 28 mg/kg 인 식양토에서 완전임의배치법으로 수행하였다 (Table 1). 풋거름 작물은 2016년 11월 3일 산파하였으며, 2017년 5월 14일 수확되었다. 헤어리베치와 풋거름 보리의 혼파 비율은 풋거름 보리와 헤어리베치 각각의 표준 파종량 180 kg/ha (B100)와 90 kg/ha (H100)를 기준으로 25:75 (B25H75), 50:50 (B50H50), 75:25 (B75H25) 비율로 하였으며, 이때 시비량은 보리 표준시비량에서 질소를 제외한 인산 (75 kg/ha)과 칼륨 (45 kg/ha)을 전량 기비로 시비하였다.

풋거름 작물의 수량은 처리구 당 1 m<sup>2</sup> (1m × 1m) 수확하여 풋거름 보리와 헤어리베치를 나누어 계산하였고, 건물 중은 72°C에서 2일간 건조 후 측정하였다. 식물체의 질소 함량은 건조된 시료를 분쇄하여 CNS2000 (Leco, USA)을 이용하여 분석하였으며, 무기성분 함량은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 분석하였다 (RDA, 2003).

풋거름 작물 혼파에 의한 경지 이용 효율을 추정하기 위한 LER (Land Equivalent Ratio)는 Mead와 Willey (1980)가 제안한 다음 식에 의해서 계산하였다.

$$LER = Y_{ij}/Y_{ii} + Y_{ji}/Y_{jj}$$

$Y_{ii}$  와  $Y_{jj}$  는 풋거름 보리와 헤어리베치의 단독 표준 파종량에 의한 수량

$Y_{ij}$  와  $Y_{ji}$  는 풋거름 보리와 헤어리베치 혼파에 의한 수량

## Results and Discussion

단일 풋거름작물 파종과 혼파 사이의 수확기 지상부 수량은 큰 차이를 보였다. 전체 처리구 중에서 가장 높은 풋거름 작물 수량은 풋거름보리와 헤어리베치를 50:50을 파종한 처리구에서 나타났으며 헤어리베치 단일 파종에서 가장 낮은 수량을 보였다(Table 1). 화분과 작물과 두과 작물 혼파에 의한 풋거름 작물의 수량 향상 효과는 이미 많은 연구 결과에서 보고된 바와 같은 경향이였다 (Tosti et al., 2014; Tosti et al., 2012; Seyedeh, et al., 2010; Jeon et al., 2009; Tarui et al., 2013). 두 가지 풋거름 작물의 혼파 처리구에서 풋거름 보리의 파종량 증가는 지상부 수량증가와 직접적인 상관관계( $r=0.970$ )가 인정되었지만 헤어리베치의 경우 표준 파종량의 50과 75% 파종량은 동일한 수량을 보였다. 따라서 헤어리베치 50%이상 파종비율에서 풋거름 보리와 혼파처리에서 전체 지상부 수량은 풋거름 보리의 파종량에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

풋거름 보리와 헤어리베치 혼파 처리에서 지상부 질소 생산량은 모든 처리에서 풋거름 보리 단일파종 (B100)보다 높게 나타났다. 특히 헤어리베치 25% + 풋거름 보리 75% 파종처리 (B75H25)의 질소 생산량은 풋거름 보리 단일 파종처리구 보다 약 3.5배 높은 질소 생산량을 나타내었다 (Table 1). 혼파 처리구의 전체 질소 생산은 큰 차이가 없었으며 이는 헤어리베치 생산량의 차이와 같은 경향으로 나타났다. 따라서 풋거름 보리와 헤어리베치 혼파 처리에 의한 질소 생산량은 대부분 헤어리베치에서 기인하는 것으로 판단된다.

풋거름보리와 헤어리베치 파종량은 풋거름 작물내 질소 함량변화에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 풋거름 보리의 경우 파종량 증가는 질소 함량을 감소 시켰으며 헤어리베치의 경우에는 큰 차이가 없었다. 풋거름 보리의 경우

**Table 1.** Selected properties of soil used in this study.

pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av.-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.- Cation (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			Texture
			K	Ca	Mg	
6.7	8.3	28	0.2	7.4	2.6	Clay loam

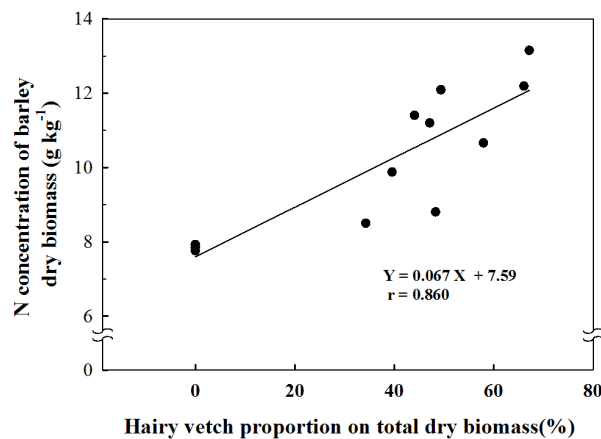
**Table 2.** Dry weight and N accumulation of the cover crops aboveground biomass.

Treatment	Dry biomass (Mg ha <sup>-1</sup> )			N concentration (g kg <sup>-1</sup> )		N accumulation (kg ha <sup>-1</sup> )
	Barley	Hairy vetch	Sum	Barley	Hairy vetch	
B100	8.82 <sup>a</sup>		8.82 <sup>c</sup>	0.78 <sup>c</sup>		69.2 <sup>d</sup>
B25H75	3.98 <sup>d</sup>	6.76 <sup>b</sup>	10.74 <sup>b</sup>	1.19 <sup>a</sup>	3.09	256.3 <sup>c</sup>
B50H50	6.92 <sup>c</sup>	6.47 <sup>b</sup>	13.39 <sup>a</sup>	1.05 <sup>ab</sup>	3.02	268.2 <sup>ab</sup>
B75H25	8.09 <sup>b</sup>	5.25 <sup>c</sup>	13.34 <sup>a</sup>	0.94 <sup>b</sup>	3.20	249.7 <sup>bc</sup>
H100		8.48 <sup>a</sup>	8.48 <sup>c</sup>		3.24	274.5 <sup>a</sup>

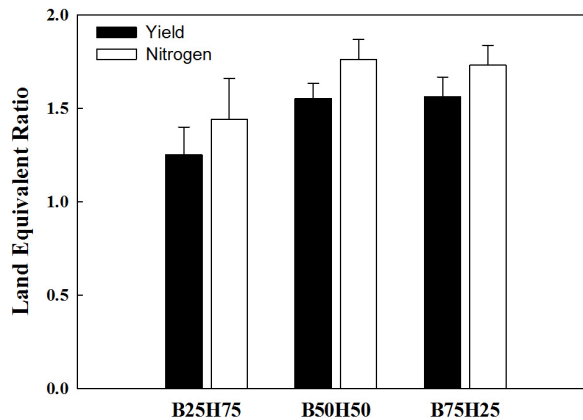
Means of treatment followed by different letters within column are significantly different by LSD at P=0.05.

대부분의 질소를 토양내 질소를 이용하지만 헤어리베치의 경우 전체 이용질소의 약 70%를 대기중에서 고정하여 이용한다 (Papastylianou, 1988). Tosti et al. (2012)에 의하면 헤어리베치와 풋거름 보리는 토양내 질소 이용측면에서 경쟁관계가 아니라고 설명하고 있으며, 이와 같은 사실은 “niche separation principle”로 설명되어진다 (Jensen, 1996).

풋거름 작물은 토양에 환원 후 무기화 과정을 거치면서 토양내 탄소 격리와 양분공급에 중요한 역할을 하고 있다. 그러므로 풋거름 작물의 C/N 율은 풋거름 작물의 질과 밀접한 관계가 있으며 풋거름 작물내 질소 함량 증가는 C/N 율을 감소시킨다 (Tosti et al., 2012). 앞에서 설명한바와 같이 혼파 처리시 헤어리베치 파종량은 질소 함량에 큰 영향을 미치지 않았다. 하지만 풋거름 보리의 경우 전체 지상부 수량 중 헤어리베치 수량이 차지하는 비율이 증가 할수록 풋거름 보리 중 질소 함량은 유의성 있는 증가 ( $r=0.860$ ,  $n=12$ )를 나타내었다 (Fig. 1). 일반적으로 화분과 작물은 단일 파종보다는 두과 작물과 혼파 처리시 질소 함량이 높으며, 이는 두과작물의 rhizodeposit-N 이 화분과 작물로 공급되기 때문이다 (Xiao et al., 2004; Rasmussen et al., 2007). 결과적으로 풋거름 보리와 헤어리베치 혼파는 풋거름 보리 단일 파종에 비해서 보다 많은 탄소와 낮은 C/N율의 풋거름 작물을 토양에 환원할 수 있을 것으로 나타났다.



**Fig. 1.** Nitrogen concentration in dry biomass of barley according to the hairy vetch proportion on total biomass at the harvesting stage.



**Fig. 2.** Land equivalent ratio (LER) for different sowing ratio of barley and hairy vetch in a mixed cropping. LERs were calculated for both dry biomass and nitrogen accumulation.

모든 혼파 처리에서  $LER_{\text{yield}}$  와  $LER_{\text{Nitrogen}}$  이 1보다 높은 값을 나타냈다 (Fig. 2). 가장 높은  $LER_{\text{yield}}$  값은 풋거름 보리와 헤어리베치를 75:25로 파종한 처리에서 1.56으로 나타났다. 이것은 헤어리베치와 풋거름 보리를 단일 파종시 75:25로 혼파처리와 동일 한 지상부 수량을 얻기 위해서는 56%의 농경지가 더 필요한 것을 의미한다. 그리고 풋거름 보리와 헤어리베치 50:50 혼파처리시  $LER_{\text{Nitrogen}}$  값은 1.76으로 각각의 풋거름 작물의 단일 파종에 비해서 76%의 질소 생산량 증가 효과가 있었다. 이와 같은 결과는 사료작물의 생산성과 품질 향상을 위한 화분과 두과 작물의 혼파 재배 시험에서 확인된 결과와 동일하다 (Marshall and Willey, 1983; Jensen, 1996; Tosti et al., 2010; Seyedeh et al., 2010).

## Conclusion

헤어리베치와 풋거름 보리의 혼파는 각각의 단일 파종에 비해서 지상부 biomass 와 질소 생산량을 크게 증가시켰으며 이로 인한 농경지 이용효율을 크게 향상시켰다. 그리고 혼파 처리 풋거름 보리의 질소 함량은 단일 파종에 비해서 증가 되어 풋거름 보리의 질적 향상이 기대된다. 특히 풋거름 보리와 헤어리베치를 각각 50:50 및 75:25 혼파 비율에서 지상부 biomass 와 질소 생산성은 큰 차이가 없었다. 따라서 파종량 감소에 의한 경제성을 고려할 때 풋거름 보리와 헤어리베치의 적정 혼파 비율은 75:25로 사료된다.

## Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea [NRF-2015R1A6A1A03031413].

## References

- Caballero, R., E.L. Goicoechea, and P.J. Hernaiz. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crops Res.* 41:135-140.
- Campiglia, E., F. Caporali, E. Radicetti, and R. Mancinelli. 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. *Europ. J. Agronomy.* 33:94-102.
- Caporali, F., E. Campiglia, R. Mancinelli, and R. Paolini. 2004. Maize performances as influenced by winter cover crop green manuring. *Italian J. Agronomy.* 8:37-45.
- Cazzato, E., V. Annese, and A. Corleto. 2003. N<sub>2</sub> Fixation of annual fodder legumes in Mediterranean environment. 1. Estimation of N<sub>2</sub> fixation by isotope dilution. *Rivista di Agronomia.* 37:57-61.
- Constantin, J., N. Beaudoin, F. Laurent, J.P. Cohan, F. Duyme, and B. Mary. 2011. Cumulative effect of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. *Plant Soil.* 341:137-154.
- Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N<sub>2</sub> fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant Soil.* 182:25-38.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M.T. Kim, and H.S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(3): 169-174.
- Keeney, D.R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution in nitrogen in

- agricultural soil. *Am. Sci. Agron.* 22:605-650.
- Macdonald, A.J., P.R. Poulton, M.T. Howe, K.W.T. Goulding, and D.S. Powelson. 2005. The use of cover crops in cereal-based cropping system to control nitrate leaching in SE England. *Plant and Soil.* 273:355-373.
- Marshall, B. and R.W. Willey. 1983. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. *Field Crops Res.* 7:141-160.
- Mead, R. and R.W. Willey. 1980. The concept of land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.* 16:217-228.
- Nguyen, M.L., R.J. Haynes, and K.M. Goh. 1995. Nutrient budgets and status in three pairs of conventional and alternative mixed cropping farms in Canterbury New Zealand. *Agric. Ecosystem and Environ.* 52:149-162.
- Papastylianou, L., 1988. The  $^{15}\text{N}$  methodology in estimating  $\text{N}_2$  fixation by vetch and pea grown in pure stand or in mixtures with oat, *Plant and Soil.* 107:183-188.
- Rasmussen, J., J. Eriksen, E.S. Jensen, K.H. Esbensen, and H. Hogh-Jensen. 2007. In situ carbon and nitrogen dynamics in ryegrass-clover mixtures: Transfers, deposition and leaching. *Soil Biol. Biochem.* 39:804-815.
- RDA, 2003. Standard methods for agricultural experiments, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Seyedeh., D. Habibi, A. Kashani, F. Paknejad, H. Jafary, M.J. Al-Ahmadi, R.M. Tookaloo, and J. Lamei. 2010. Evaluation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in pure and mixed cropping with barley (*Hordeum vulgare* L.) to determine the best combination of legume and cereal for forage production. *American J. Agric. Biol. Sci.* 5(2):169-176.
- Tarui, A., A. Matsumura, S. Asakura, K. Yamawaki, R. Hattori, and H. Daimon. 2013. Evaluation of mixed cropping of oat and hairy vetch as green manure for succeeding corn production. *Plant Prod. Sci.* 16(4):383-392.
- Tosti, G., P. Benincasa, and M. Guiducci. 2010. Competition and facilitation in hairy vetch-barley intercrops. *Ital. J. Agron. / Ric. Agron.* 3:239-247.
- Tosti, G., P. Benincasa, M. Farneselli, F. Tei, and M. Guiducci. 2014. Barley-hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. *Europ. J. Agronomy.* 54:34-39.
- Tosti, G., P. Benincasa, M. Farneselli, R. Pace, and F. Tei. 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.
- Xiao, Y., L. Li, and F. Zhang. 2004. Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect  $^{15}\text{N}$  techniques. *Plant Soil.* 262:45-54.