한작지(Korean J. Crop Sci.), 54(3): 327~331(2009)

밭토양에서 녹비작물 헤어리베치와 호밀의 혼파비율이 Biomass 생산에 미치는 영향

전원태† · 성기영 · 이종기 · 김민태 · 조현숙

*국립식량과학원 작물환경과

Effects of Seeding Rate on Hairy vetch (*Vicia villosa*) - Rye (*Secale cereale*) Mixtures for Green Manure Production in Upland Soil

Weon-Tai Jeon†, Ki-Yeong Seong, Jong-Ki Lee, Min-Tae Kim, and Hyun-Suk Cho

Crop Environment Division, NICS, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT Korean government has promoted the policy of chemical fertilizer reduction by 40% reduction from 2003 to 2013. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) fixes nitrogen from the atmosphere and rye (*Secale cerale* L.) accumulates soil nitrogen to reduce potential nitrogen loss. The objective of this research was to identify optimum seeding rates of hairy vetch-rye mixtures in the central regions of Korea.

The experiment of mixture rate was carried out for maximum production in 2006 and 2007. The best seeding rate mixture for maximum biomass production was 6.75 kg hairy vetch and 5 kg rye per 10a. Pure hairy vetch and rye were used as control. The nitrogen production of mixture treatments were higher than pure rye. The hairy vetch and rye mixture can scavenge potentially leachable nitrogen, while maintaining soil fertility by adding fixed nitrogen to the cropping system.

Keywords : green manure, hairy vetch, rye, mixture, biomass, upland soil

녹비작물이란 푸를 때(Green stage) 베어서 토양에 넣어주는 거름(비료)용 식물자원을 말한다. 인류가 농경을 한 이래로 녹비나 퇴비 등의 식물비료자원을 이용 해왔다. 땅심(토양비옥도)의 증진 없이는 농사가 힘들기 때문이다. 화전농법도 그 이면에는 불태움으로써 자생하고 있던 식물의 양분을 이용했던 것이다. 식물체를 이용하는 비료 사용법은 1828년 Wöhler가 시안산암모늄을 이용하여 요소비료를 합성한 이후에 Du Pon사가 공업적으로 1916년 석회질소에서 요소를 합성(조, 2003)하여 대량생산이 가능해지면서 급격히 감소하게 되었다. 우리나라도 일제강점기인 1930년대에 약 150,000 ha의 녹비작물이 재배 되었으나 국가의 비료 자급률이 100%를 달성하는 1970년대 초반에 거의 재배가 보고되지 않고 있다(이, 1983). 최근 농식품부의 푸른들가꾸기 사업과 국민들의 친환경 농산물 생산에 대한 열망으로 재배면적이 급격히 증가하여 2007년에 134,000 ha에 이르게 되었다(박 등, 2008).

녹비작물은 공중질소를 고정하는 자운영, 헤어리베치 뿐만 아니라 호밀, 보리 등 화본과 작물도 포함이 된다. 화본과 녹비작물은 공중질소 고정을 통하여 농경지에 질소를 보충 할 수는 없지만 흡수와 무기화를 통하여 질소 보존은 가능하다(Meisinger *et al*., 1991; Shipley *et al*., 1992). 밭토양에서 헤어리베치는 ha 당 질소를 19~351 kg까지 생산 할 수 있다(Power et al., 1991; Holderbarum et al., 1990). 국내의 헤어리베치 이용기술은 답리작(김 등, 2002)과 밭토양에서의 헤어리베치 이용기술(서 등, 2001; Seo et al., 1997; Seo et al., 2000)로 구분할 수 있다. 주로 밭토양에 많이 연구되었고 호밀은 질소 동태(서 등, 2008) 및 피복 효과(서 등, 2008) 즉, 잡초관리 연구가 수행되었다. 두과-화본과 혼파는 두 작물의 상조작용으로 높은 질소 생산성 및 태양 에너지의 이용 효율 증진 등의 이점이 있다. 호밀과 헤어리베치의 다양한 혼파로 녹비생산 후 옥수수 생산의 이용에 대한 시도(Clark & Meisinger, 1994)가 미국에서 있었으나 아직 국내의 혼파로 녹비생산에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

녹비의 혼파란 녹비작물 파종 시 녹비작물 두 종 이상을 혼합하여 파종하는 것을 말하며 겨울철 작물의 경우 키 큰 화본과 작물에 의해 월동력 증진이 되고 단파에 비하여 빨리 지표면을 피복하여 잡초발생을 억제시키기도 한다. 그리

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6783
(E-mail) jeon0550@rda.go.kr <Received August 19, 2009>

고 유용 곤충의 유인 범위가 확대되어 친환경농사 등에 유리하다. 그러나 종자대의 경제성, 과다한 잔존물, 복잡한 영농관리, 파종이 복잡한 것 등 다소 불리한 면도 있다(Clark, 2007).

아직 우리나라에서는 녹비작물의 효율적인 재배방법과 두과와 화본과의 녹비작물간의 혼파 방법 등 재배기술의 개발이 매우 취약한 실정이다. 본 연구는 밭토양에서 헤어리베치와 호밀의 혼파 이용 화학비료 대체 기술을 개발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본시험은 녹비작물 혼파 시 작물의 생육양상 변화를 구명하고자, 2006년 9월부터 2007년 6월까지 농촌진흥청 국립식량과학원 환경포장의 밭토양 중동통에서 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 녹비작물은 헤어리베치, 호밀이었다. 헤어리베치 품종은 중국에서 수입된 H-1을 사용하였고 호밀의 품종은 곡우호밀을 이용하였다. 녹비의 생산력을 높이기 위하여 헤어리베치의 파종량 기준을 10a 당 9 kg, 호밀은 20 kg을 기준하여 혼파비율을 1:1, 2;1 및 3:1로 하였다. 즉 혼파비율 1:1은 베치 4.5 kg, 호밀 10 kg, 2:1은 베치 6 kg, 호밀 6.7 kg, 3:1은 베치 6.75 kg, 호밀 5 kg으로 혼파하였다. 시료 채취는 월동 전·후와 녹비작물 급격히 생장을 하는 4월 중순부터 약 10일 간격으로 5월 하순까지 채취하여 분석하였다. 녹비작물의 생초중은 1 m × 1 m 의 지상부를 예취하여 현장에서 평량 후 환산하였다. 건물중은 충분히 비닐하우스에서 풍건 후 건조기 60℃에서 24시간 건조 후 평량하여 환산하였다. 식물체중의 질소와 탄소는 CNS2000 (Leco, USA)을 이용하여 분석하였다. 질소 생산성은 건물중에서 질소함량을 곱하여 산출하였다. 토양 질산태 질소의 분석은 Inject flower meter(FIAstar5000, FOSS Sweden)를 이용하여 분석하였다. 토양의 유기물 함량도 CNS2000을 이용하여 탄소함량에 계수 1.724를 곱하여 산출하였고 그 외 분석은 농촌진흥청(1988) 토양화학분석법에 준하였다.

결과 및 고찰

생초중은 월동전 2006년 11월 13일부터 월동후 2007년 2월 28일, 4월 중순, 5월 상, 중, 하순 순으로 조사하였다(그림 1). 호밀의 생초량은 4월 중하순에 급격히 증가하였고 헤어리베치는 5월 중순에 급격히 증가하는 양상을 나타내었다. 3:1 혼파를 함으로써 4월 중하순부터 호밀, 헤어리베치 단파보다 높은 생산성을 보였다. 이는 헤어리베치의 파종량이 호밀보다 많음으로써 헤어리베치의 월동전후에 착생된 죽은 뿌리혹의 무기화로 호밀의 생초중이 증가 된 것에 원인이 있는 것으로 추정된다. 2:1과 1:1도 5월 중순경부터 단파보다 높은 생산성을 보였다.

그림 2는 주요시기별 혼파비율에 따른 건물중의 변화를 나타낸 것이다. 전반적으로는 생초중과 유사한 경향이었으나 모든 처리에서 시간이 경과함에 따라서 증가하였다. 특히 혼파 3:1이 4월 중하순에 가장 높은 건물중을 보였고 시기가 경과함에 따라서 더 뚜렷하였다. 따라서 헤어리베치와 호밀의 높은 생산성을 얻기 위해서는 호밀의 파종량보다 헤어리베치의 파종량을 높일 경우에 조기에 높은 생산성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

혼파비율에 따른 주요 시기별 식물체 총 질소함량(T-N)의 변화를 나타낸 것이 표 1이다. 모든 처리에서 생육초기에 질소의 함량이 높고 생육이 진행됨에 따라서 낮아지는 경향을 보였다. 녹비작물 간에는 호밀은 2.91~0.60이었고 헤어리베치의 질소함량은 4.55~3.19로 높았다. 특히 호밀은

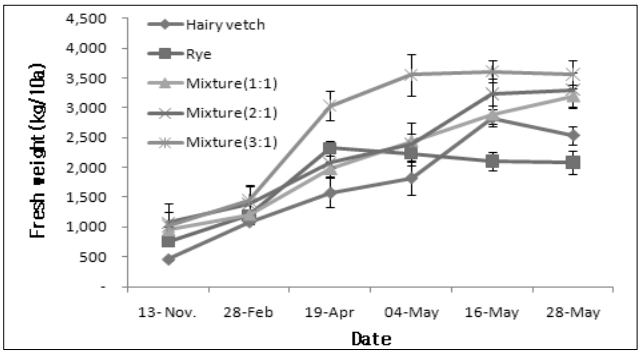

Fig. 1. Changes in fresh weight of green manure crops by different hairy vetch-rye mixtures at various sampling date.

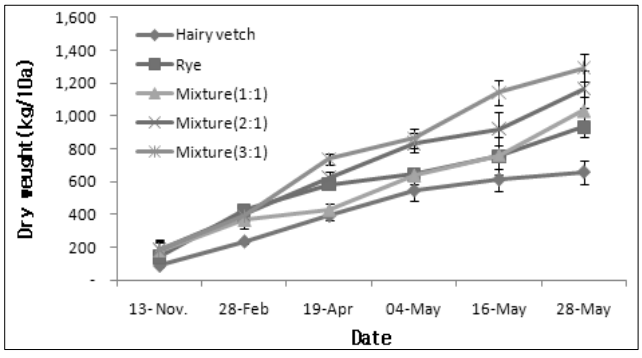

Fig. 2. Changes in dry weight of green manure crops by different hairy vetch-rye mixtures at various sampling date.

출수전인 4월 19일까지는 1.2%이상이었으나 출수후인 5월 상순부터는 급격히 낮아졌다. 이는 호밀의 줄기에는 납질(wax) 함량이 높은데 기인된 것으로 사료된다(Clark 2007).

표 2는 혼파에 따른 주요 시기별 질소생산성 변화를 나타낸 것이다. 질소생산성은 건물중과 질소함량에서 산출된다. 헤어리베치만 재배하여도 5월 상순에 질소 10a당 질소 20 kg이상 생산 가능하였다. 호밀은 건물생산량은 많으나 질소함량이 낮아서 모든 시기에서 10a당 7 kg이하의 생산성을 보였다. 혼파는 헤어리베치의 비율이 높아짐에 따라서 빠른 시기에 많은 질소 생산이 가능하였다. 3:1 혼파에서 4월 19일에 이미 질소를 21.7 kg을 생산하여 옥수수 등 후작 재배에 이용 가능하다. 이와 같이 헤어리베치와 호밀의 혼파를 이용하여 윤작체계상 후작에 이용 가능한 질소를 조기에 생산할 수 있는 이점이 있다. 특히 옥수수의 질소시비량 15~20 kg/10a (농촌진흥청 국립식량과원, 2009)를 상회하여 친환경 옥수수 및 바이오에너지용 옥수수 재배 시 화학비료 대체 기술로의 활용이 가능할 것으로 생각된다. 즉 녹비작물의 혼파를 이용하면 화학비료 생산에 이용되는 화학연료 절감으로 저탄소 즉 CO_2 저감에도 기여할 것으로 생각된다.

녹비작물의 양분공급에 있어서 가장 중요한 요인 중의 하나가 C/N율이다. 표 3은 헤어리베치와 호밀의 혼파 시 주요 시기별 C/N율의 변화를 나타낸 것이다. 헤어리베치의 C/N율은 전 생육시기 동안 15이하의 낮은 값을 보여서 빠른 부숙이 될 것으로 생각되었다. 그러나 호밀은 C/N율이 헤어

Table 1. Changes in total nitrogen content of green manure crops by different hairy vetch-rye mixtures at various sampling date.

Treatment	13. Nov	28. Feb	19. Apr	04. May	16. May	28. May
	%					
Hairy vetch	4.55a	3.29b	3.54a	3.86a	3.39a	3.19a
Rye	2.91c	1.27c	1.20c	0.82c	0.64c	0.60c
Mixture (1:1)	4.01b	2.38b	2.79b	2.75b	2.13a	1.92a
Mixture (2:1)	4.01b	2.64a	2.73b	2.58b	2.30a	2.21a
Mixture (3:1)	3.99b	2.75a	2.95b	2.71b	2.36a	2.20a

Different letters indicate statistical significance at the *p=0.05* level.

Table 2. Changes in nitrogen production of green manure crops by different hairy vetch-rye mixtures at various sampling date.

Treatment	13. Nov	28. Feb	19. Apr	04. May	16. May	28. May
	kg/10a					
Hairy vetch	3.9b	7.7b	13.8c	21.0a	20.7b	20.9c
Rye	4.0b	5.4c	7.0a	5.3c	4.8d	5.6d
Mixture (1:1)	7.1a	8.7b	11.9c	17.5b	16.2c	19.8c
Mixture (2:1)	7.4a	10.5a	17.1b	21.6a	21.2b	25.8b
Mixture (3:1)	7.3a	10.8a	21.7a	23.4a	26.9a	28.4a

Different letters indicate statistical significance at the *p=0.05* level.

Table 3. Changes in C/N ratio of green manure crops by different hairy vetch-rye mixtures at various sampling date.

Treatment	13. Nov	28. Feb	19. Apr	04. May	16. May	28. May
Hairy vetch	10.2a	13.6b	13.3c	11.7c	13.4d	14.3d
Rye	15.9b	30.6a	39.8a	58.6a	76.1a	81.9a
Mixture (1:1)	11.7a	19.4b	22.1b	30.3b	39.5b	36.0b
Mixture (2:1)	11.6a	18.4b	22.3b	30.4b	37.7b	33.6ab
Mixture (3:1)	11.8a	16.6b	20.9b	27.9b	28.0c	28.9c

Different letters indicate statistical significance at the *p=0.05* level.

Table 4. The changes of soil chemical properties after experiment.

Treatment	Soil deph (cm)	pH (1:5)	OM† (g/kg)	NO_3-N (mg/kg)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. cations (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
Hairy vetch	0~10	6.64	17.1	7.84	189	0.15	3.28	0.72
Rye		7.20	13.4	2.46	124	0.10	3.32	0.69
Mixture (1:1)		6.77	16.2	5.75	162	0.12	4.02	0.90
Mixture (2:1)		6.81	16.5	6.64	140	0.05	4.15	0.92
Mixture (3:1)		6.75	16.9	6.75	189	0.14	3.45	0.84
Hairy vetch	10~20	6.61	14.9	9.11	185	0.05	3.55	0.76
Rye		7.16	12.3	1.58	56	0.11	3.38	0.68
Mixture (1:1)		6.89	16.8	3.71	170	0.06	4.15	0.85
Mixture (2:1)		6.82	16.7	5.90	149	0.06	4.03	0.78
Mixture (3:1)		6.70	17.1	6.73	198	0.06	3.52	0.75

†OM : Organic matter, Av. P_2O_5 : Available P_2O_5, Ex cation : Exchangeable cations

리베치보다 높으며 특히 5월부터는 급격이 높아졌다. 혼파구에서도 시기가 경과함에 따라서 높아졌으나 증가 폭은 헤어리베치의 혼파비율이 높을수록 낮았다. 특히 3:1 혼파구의 4월 19일에서는 C/N율이 20.9로 낮고 21.7의 질소생산으로(표 2)와 후작 재배에 용이할 것으로 판단되었다.

녹비작물 혼파는 biomass 뿐만 아니라 토양의 화학성 변화도 수반한다(표 4). 녹비작물 재배 후 토양의 pH는 호밀 재배구에서 높아지고 토양유기물은 헤어리베치 단용구와 혼파 3:1 구에서 다소 높아지는 경향이었다. 치환성양이온과 유효인산은 큰 차이가 없었으나 밭상태에서 주로 이용하는 무기태질소인 질산태질소는 호밀 단용구와 1:1 혼파구에서 낮았다. 이는 화본과 녹비작물이 양분을 포착(catch)한다는 결과(Thomsen, 2005)를 고려해보면 호밀이 질산태질소를 흡수한 것으로 추정되며 녹비작물 헤어리베치를 화본과인 호밀과 혼파를 하면 토양의 질산태 질소의 유실을 저감시킬 수 있을 것으로 생각되었다.

적 요

본 연구에서는 밭토양에서 녹비작물을 이용한 화학비료 대체기술을 개발하고자 2006년 가을부터 2007년 6월까지 농촌진흥청 국립식량과학원 환경포장에서 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 녹비작물 헤어리베치의 생초량은 5월 중순, 호밀은 4월 중·하순에 최대 생산성을 보였고 혼파비율에 따라서는 두과의 혼파 비율은 높은 혼파 3:1에서 전생육기간 동안 가장 높은 생산성을 보였다.

2. 건물중은 생초중과 유사한 경향으로 4월 중순부터 혼파 2:1과 3:1에서 호밀단파 수량보다 지속적으로 높았다.

3. 질소함량은 모든 처리에서 시기가 경과함에 따라서 낮아지는 경향으로 헤어리베치는 전 시험 기간 동안 3%이상을 나타내었고 호밀은 출수 후인 5월 상순부터는 급격히 감소하였으나 혼파구는 헤어리베치의 파종량이 많은 처리구에서는 5월 하순까지 2.2%이상의 질소함량을 나타내었다.

4. 헤어리베치의 질소생산성은 5월 상순경에 최대 생산성을 보였고 호밀은 4월 하순에 최대생산량을 보였다. 혼파 3 : 1에서는 4월 중순에 질소생산성을 10a 당 21.7 kg을 생산하여 옥수수 등의 후작의 화학비료 대체 가능성을 보였다.

5. 헤어리베치는 전 시험 기간동안 C/N율이 15이하였으나 호밀은 5월 상순부터 59로 급격히 높아졌다. 혼파 3:1은 높은 생산을 나타냈지만 모두 30 이하의 낮은 C/N율을 보였다.

6. 헤어리베치 단파구와 혼파구에서 유기물의 함량과 질산태질소의 함량이 증가하는 경향이었고 호밀구에서 반대 경향을 나타내어 혼파는 유기물 증가와 질산태질소의 유실 경감에 기여한 것으로 생각되었다.

인용문헌

Clark, Andy. 2007. Managing cover crops profitably (third edition). Sustainable agriculture network. MD, USA. 244p.

Clark, A. J., A. M, Decker, and J. J. Meisinger. 1994. Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production. Agron. J. 86 : 1065-1071.

Holderbarum, J. F., A. M. Decker, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and L. R. Vough. 1990. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid East. Agron. J. 82 : 117-124.

Meisinger, J. J., W. L. Hargrove, R. L. Mikkelsen, J. R. Williams, and V. W. Benson. 1991. Effects of cover crops on ground water quality. p. 57-68. In W.L. Hargrove (ed) Cover crops for clean water. Soil and Water Conserv. Soc., ankeny, IA.

Power, J. F., J. W. Doran, and P. T. Koerner. 1991. Hairy vetch as a winter cover crop for dryland corn production. J. Prod. Agric. 4 : 62-67.

Seo, J. H., D. H. Kim, G. G Kim, C. G. Kim, S. H. Choi, and M. H. Koh. 1997. Variation of soil inorganic nitrogen and utilization efficiency of nitrogen in maize and oat at different level application. RDA. J. Agro-En. Sci. 39(1) : 43-49.

Seo, J. H., H. J. Lee, and S. J. Kim. 2000. Changes of green manure and nitrogen yield of hairy vetch according to seeding date in autumn Korea J. Crop Sci. 45(6) : 400-404.

Shipley, P. R., J. J Meinsinger, and A. M. Decker. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. Agron. J. 84 : 869-876.

Thomsen, I. K. 2005. Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Reslts from a lysimeter experiment. Agriculture, Ecosystems and Enironment 111 : 21-29.

김충국, 서종호, 조현숙, 최성호, 김시주. 2002. 벼 재배 시 헤어리베치 녹비의 이용 효과. 한국토양비료학회 35(3) : 169-174.

농촌진흥청 국립식량과학원. 2009. 농업과학기술 연구개발 2009년 시험연구사업 과제수행계획서. 문성사. p.70.

농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.

박성태, 전원태, 김민태, 성기영, 구자환, 오인석, 이병규, 윤영환, 이종기, 이건휘, 유진희. 2008. 친환경농업의 이해와 녹비작물 이용 친환경 쌀 생산기술. 농촌진흥청 국립식량과학원. 삼미기획. 수원. pp. 20-21.

서종호, 이재은, 조영손, 이충근, 윤영환, 권영업, 구자환. 2008. 호밀 피복작물 및 보전경운체계가 잡초발생과 콩 입모율에 미치는 영향. 한국잡초학회지 28(4) : 383-390.

서종호, 이호진, 허일봉. 2001. 옥수수-연맥 헤어리베치 작부체계에서 옥수수에 대한 헤어리베치 녹비효과. 한국작물학회지 46(3) : 189-194.

이호진, 1983, 한국농업기술사 제 5 편 사료 및 녹비작물 생산기술. 정민사. pp. 433-459.

전원태, 양원하, 노석원, 김민태, 성기영, 이종기. 2007. 종이멀칭 이앙재배 시 유기물원에 따른 토양산화환원전위, 잡초방제 및 벼 생육특성 변화. 한국토양비료학회 40(6) : 495-500.

조성진, 김무기, 김복진, 김성조, 김용웅, 박우철, 심재성, 양민석, 유관식, 육창수, 윤영상, 정연규. 2003. 삼정 비료학. 향문사. 서울. p. 255.

조재영. 2001. 4정 전작(식용작물학 II). 향문사. 서울. pp. 146-176.