

동계 녹비작물 초종별 화학성분 및 생산성 비교

서종호 · 이호진* · 허일봉 · 김시주 · 김충국 · 조현숙

Comparisons of Chemical Composition and Forage Yield Among Winter Green Manure Crops

Jong-ho Seo, Ho-Jin Lee*, Il-bong Hur, Si-ju Kim, Chung-kuk Kim, Hyeon-suk Jo

Abstract

Plant characteristics of four winter crop hairy vetch, red clover, crimson clover and rye as green manure were evaluated at three harvesting time(April 23, May 9, May 28) in spring to select superior winter green manure crop. Rye and hairy vetch had superior wintering ability and produced high dry matter compared with crimson clover and red clover. But N amount of rye was small because of its low plant N% despite of early dry matter accumulation. Wintering ability of crimson clover was very poor, so its dry matter decreased rapidly with low seeding rate. Hairy vetch had high N % (4%, C:N ratio 11) and produced high N yield among four plant. It is estimated that hairy vetch have high N-fixing ability because its N% was not changed largely despite of dry matter accumulation at late harvesting time contrast to the other legume. It was thought that hairy vetch was superior green manure crop in considering yield of dry matter and N.

(Key words : Winter legumes, Hairy vetch, Green manure yield, Nitrogen concentration)

I. 서 론

동계 휴한기에 재배할 수 있는 녹비작물은 대개 호밀과 이탈리안라이그라스 등 화분과 녹비작물과 헤어리베치, 자운영, 클로버류 등 두과 녹비작물로 크게 나눌 수 있다. 화분과 녹비작물은 생육속도가 상대적으로 빠르나 식물체의 C:N율이 높아 토양 분해시 일시적 토양의 질소기아 및 녹비분해시 방출되는 생육억제 물질에 의해 뒷작물의 발아 및 초기생육이 지장을 받을 염려가 있다. 그러나 두과 녹비작물은 공중질소의 고정에 따라 뒷작물에 많은 량의 질소를 공급하여 시비질소를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 C:N율이 낮아 토양에서 분해가 빠르므로 뒷작물의 생육에 지장이 없을 뿐만

아니라 C:N율이 낮아 토양에서 분해가 빠르므로 뒷작물의 생육에 지장이 없을 뿐만 아니라 여름철 화분과 작물과 윤작효과도 거둘 수 있다(Torbert 등, 1996)

대표적인 콩과작물로는 클로버류와 베치류를 들 수 있다. 클로버류는 다년생이 많아 목초로 대부분 이용되고 종자크기도 적어 녹비로 재배하기에는 어려움이 많다. 그러나 베치류는 종자가 커서 파종작업이 쉬울 뿐만 아니라, 일년생으로 생육속도가 빠르고 생산량이 많으므로 녹비작물로 가장 적당하다. 특히 두과 녹비작물 중 헤어리베치는 내한성이 강하고 및 녹비의 생산성이 많을 뿐만 아니라 낮은 온도(10도)에서 질소 고정능력이 아주 높아(Power and Zachariassen, 1993) 다른 두과

작물시험장(National Crop Experiment Station, RDA. Suwon 441-100, Korea)

* 서울대학교 농업생명과학대학(College of Agric. & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

녹비작물보다 약 1%의 질소 함량이 높으며 동계 두과작물 중 질소의 생산량이 가장 많아 350kgN/ha까지(Holderbaum 등, 1990)의 질소생산도 가능하다.

따라서 본 시험에서는 두과녹비 작물중 유망한 헤어리베치를 중심으로 클로버류중 녹비작물로 가장 우수한 레드클로버, 크림슨클로버와 대표적 화본과 녹비작물인 호밀을 선택하여 파종량별 월동율과 월동 후 생육단계별 건물중, 질소량 그리고 화학성분 변화를 살펴 봄으로서 녹비작물로서의 가능성 및 적절한 녹비 파종량과 이용시기를 결정하는데 필요한 기초자료를 얻고자 본 시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 작물시험장 밭포장에서 1995년 가을에서 1996년 봄에 걸쳐 실시되었다. 녹비작물의 종류 및 품종은 헤어리베치 Madison(미국 Pennington社), 레드클로버 Kenland(미국 Barenbrug社), 크림슨클로버 Tibbe(호주 Seedgrowers社) 등이었으며, 화본과 녹비작물로는 국내육성 칠보호밀(작물시험장 육성)을 사용하였다. 일년생 작물중에서 헤어리베치는 5월 중하순에 개화하는 중만생 계통이었

으며 크림슨클로버 및 호밀은 조생품종이었다. 1995년 9월 20일 산파하였고 파종량은 관행파종량인 헤어리베치 35 kg/ha, 레드클로버 13 kg/ha, 크림슨클로버 25 kg/ha, 호밀 150 kg/ha를 기준으로 각각 관행파종량의 33%, 66% 및 133%로 하였다(표 1). 주요 조사항목으로는 월동 전과 월동 후 3월 28일에 0.18m² 안의 개체를 조사하여 월동율을 조사하였고, 4월 23일, 5월 9일, 5월 28일의 약 20일 간격으로 각각 녹비작물(지상부)을 수확하여 건물중을 조사하였다. 식물체의 전탄소는 탄소자동분석기로(CHN-1000, 미국 LECO社) 전질소는 자동켈달장치로(Kjel-Auto, 일본 MRK社), cellulose, hemicellulose, lignin 함량 조사는 Van Soest(1980) 방법으로 분석 조사하였다.

수확시기별 녹비작물의 생육단계를 보면(표 2) 4월 20일에 헤어리베치 등 두과 녹비작물은 영양생장초기, 호밀은 수잉기에 해당되었다. 5월 9일에는 생육단계가 빠른 크림슨클로버 및 호밀은 개화초기였지만 생육이 느린 헤어리베치 및 레드클로버는 영양생장중기에 그리고 5월 28일은 헤어리베치가 개화중기, 레드클로버는 개화초기, 그리고 크림슨클로버 및 호밀은 각각 개화말기 및 유숙기에 해당되었다.

Table 1. Seeding rates of four winter green manure crops

Seeding rate	Hairy vetch	Red clover	Crimson clover	Rye
 kg/ha			
33% of conventional	12	4	8	50
66% of conventional	23	9	17	100
Conventional	35	13	25	150
133% of conventional	47	17	33	200

Table 2. Growing stages of four winter green manure crops at different harvesting dates

Date	Hairy vetch	Red clover	Crimson clover	Rye
April 23	MV ¹	EV	MV	booting
May 9	LV	MV	EF	EF
May 28	MF	EF	LF	dough

¹EV: Early Vegetative, MV: Middle Vegetative, LV: Late Vegetative
EF: Early Flowering, MF: Middle Flowering, LF: Late Flowering

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 동계 녹비작물의 월동력 및 식물체 화학적 특성

헤어리베치, 레드클로버, 크립슨클로버 및 호밀의 월동율을 보면(표 3) 호밀은 모든 개체가 월동하였고 두과작물 중에서는 헤어리베치가 내한성(월동율 99%)이 가장 강하였다. 내한성이 약한 레드클로버와 크립슨클로버는 파종량이 증가할수록 월동율이 증가되었는데 특히 크립슨클로버는 관행의 33%, 66%, 100%, 133% 파종량에서 각각 25%, 45%, 58%, 82%가 월동하여 월동율을 높이기 위해서는 파종량을 증가시키는 것이 필요하였다.

녹비작물의 수확단계별 식물체의 화학적 특성(표 4)을 보면 헤어리베치가 질소 함량은 4% 내외로 레드클로버 및 크립슨클로버보다 높았고 C:N율은 10~12%로 낮았다. 또 레드클로버, 크립슨클로버 및 호밀은 수확시기가 늦어져 식물체의 생육단계가 진전될수록 질소 함량이 감소되고 C:N율이 증가되었지만 헤어리베치의 질소 함량 및 C:N율은 생육단계의 진전에 따라 큰 변화가 없었는데, 이는 질소를 고정하지 못하거나 두과작물 중 질소 고정력이 다소 떨어지는 작물은 생육의 진전에 따라 건물중이 증가하여 체내 식물체 질소 함

량이 일반적으로 감소하지만 헤어리베치는 생육의 진전에 따른 건물중의 증가에도 불구하고 식물체의 질소 함량이 4% 내외로 변함없는 것은 뿌리에서의 질소 고정 및 그것의 지상부으로의 공급이 왕성하기 때문으로 추측되어진다. 녹비의 유기태 질소가 토양에서 무기화 및 유기화되는 분기점의 녹비 C:N율은 25 정도인데(Allison, 1966) 헤어리베치는 새 수확시기 모두 지상부 식물체의 C:N율이 11 전후로 낮았기 때문에 헤어리베치를 녹비로 토양에 투입할 때 녹비질소의 무기화 속도 및 무기태 질소량이 많을 것으로 추측된다. 속기의 진전이 빠른 크립슨클로버 Tibbe는 식물체의 질소 함량이 수확시기가 늦어질 수록 현저히 감소하고 C:N율이 증가하였는데 5월 28일에는 C:N율이 28.3에 이르렀다. 헤어리베치의 cellulose 함량은 4월 23, 5월 9일, 5월 28일이 각각 13.1%, 22%, 23%로 5월 9일 이후에는 별로 증가하지 않았다. 헤어리베치의 lignin 함량은 9% 내외로 수확시기별로 큰 차이가 없었지만 다른 두과 녹비작물은 수확이 늦어지면 급격히 증가하는 경향이였다.

2. 녹비작물의 수확단계별 수량 및 질소량

수확시기별 동계 녹비작물의 건물중을 보면(표 5) 월동 후 호밀의 재생력이 가장 빨라 수확초기

Table 3. Overwintering rates of winter green manure crops at different seeding rates

Seeding rate	Hairy vetch	Red clover	Crimson clover	Rye	Mean
 %				
33% of conventional	97.5	79.9	25.1	100	75.6
66% of conventional	99.3	84.7	45.2	100	82.3
Conventional [†]	99.8	92.9	58.3	100	87.8
133% of conventional	99.9	92.3	81.7	100	93.5
Mean	99.1	87.5	52.6	100	
LSD(0.05)					
Crop(C)			9.1		
Seeding rate(S)			5.6		
C × S			**		

** , Significant at the 0.01 probability level.

[†]Conventional seeding rate : hairy vetch 35 kg/ha, red clover 13 kg/ha, crimson clover 25 kg/ha, rye 150 kg/ha

Table 4. Chemical compositions of winter green manure crops(above ground) at different harvesting dates

Date	Crop	C	N	C:N	P ₂ O ₅	lignin	cellulose	hemicellulose
	 % %	ratio %			
April 23	†HV	43.1	4.2	10.4	0.98	8.9	13.1	-
	RC	38.1	3.3	11.4	0.92	4.0	10.6	6.4
	CC	36.0	2.7	13.7	0.90	3.8	11.3	13.9
	rye	43.3	1.6	26.8	0.82	3.8	18.6	31.5
May 9	HV	43.3	3.9	11.3	0.80	9.0	22.0	9.6
	RC	43.5	3.6	12.2	0.97	5.7	20.2	8.8
	CC	41.6	2.7	15.7	0.92	5.8	19.4	15.3
	rye	47.3	1.0	48.7	0.57	8.3	33.3	32.3
May 28	HV	46.5	3.8	12.2	0.85	9.8	22.9	11.8
	RC	45.9	2.5	18.7	0.56	9.2	20.1	9.0
	CC	45.7	1.7	28.3	0.57	10.7	24.2	22.1
	rye	47.6	0.5	88.7	0.47	10.5	33.8	27.8
LSD(0.05)								
	Date(D)	2.6	0.4	6.2	0.13	2.3	1.9	NS
	Crop(C)	2.0	0.4	5.8	0.16	1.9	1.6	3.6
	D×C	**	**	**	**	**	**	**

** , Significant at the 0.01 probability level.

†HV : hairy vetch, RC : red clover, CC : crimson clover.

Table 5. Dry matter yield of green manure crop (above ground) as affected by seeding rates at different harvesting time

Date	Crop	Seeding rate					LSD(0.05)
		†33%	66%	100%	133%	Mean	
						 ton/ha
April 23	†HV	0.71	1.41	1.76	1.83	1.43b	crop(C): SR (D): C×D : NS
	CC	0.04	0.19	0.44	0.87	0.44c	
	RC	0.30	0.41	0.59	1.11	0.60c	
	rye	2.95	3.17	3.85	4.76	3.56a	
	Mean	1.21b	1.50ab	1.52ab	2.00a		
May 9	HV	1.32	2.32	2.47	2.50	2.15	crop(C): 0.56 SR(S): 0.34 C×D : **
	CC	0.31	0.57	0.90	1.48	0.86	
	RC	1.30	1.37	1.76	2.04	1.62	
	rye	5.31	5.73	5.19	5.82	5.49	
	Mean	2.31	2.28	2.40	2.77		
May 28	HV	3.59	5.35	5.37	5.98	5.07b	crop(C): SR(S): C×D : NS
	CC	0.60	2.68	3.49	4.62	3.09c	
	RC	3.60	4.92	4.88	4.88	4.63b	
	rye	5.48	8.13	7.99	7.55	7.28a	
	Mean	3.34b	5.28a	5.20a	5.59a		

Means within the same row or within the same column not followed by the same letter are significantly different at P=0.05 on LSD.

† Seeding rate: 33% ; 33% of conventional, 66% ; 66% of conventional
100% ; Conventional, 133% ; 133% of conventional

* Conventional seeding rates are the same as table 3.

†HV, CC, RC are the same as table 4, †SR : Seeding rate.

에 이미 많은 건물중을 확보하였고, 두과 녹비작물 중에서는 세 수확시기 모두 헤어리베치가 레드클로버 및 크립스클로버보다 건물중이 많았다. 헤어리베치는 세 수확시기 모두 관행과종량의 33%에서는 수량이 현저히 감소하였지만 관행과종량의 66%, 100%, 133%간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 내한성이 약한 크립스클로버는 과종량이 감소함에 따라 건물중이 현저히 감소하는 경향을 보였다. 레드클로버는 월동 후 재생초기에는 녹비의 건물중이 낮았지만 5월 28일에는 생육이 많이 회복되어 건물중이 많이 증가하였다.

녹비작물들의 건물중에 질소 함량을 곱하여 환산한 질소량을 보면(표 5) 호밀의 질소 수량은 50 kgN/ha 내외로 5월 9일 이후 큰 차이가 없었지만, 두과 녹비작물은 식물체의 질소고정에 따라 수확시기가 늦어 질수록 질소 수량이 뚜렷이 증가하였는데 특히 헤어리베치의 질소 수량의 증가가 많았

는데 그것은 헤어리베치의 질소 함량이 가장 높을 뿐만 아니라 건물중이 현저히 증가되는 수확 후기까지 질소 함량의 변화가 없었기 때문인데 이는 간접적으로 헤어리베치의 질소 고정력이 수확단계에 관계없이 현저히 높다는 것을 시사한다고 할 수 있다. Ranells과 Wagger(1996)는 헤어리베치, 호밀, 크립스클로버의 건물중과 질소량 그리고 녹비 투입시의 토양질소 공급량을 조사했을 때 헤어리베치 또는 호밀+헤어리베치 혼파의 조합이 호밀 단파 또는 크립스클로버보다 건물중과 토양질소 공급량이 많았다고 하여 건물 및 질소 생산면에서 헤어리베치가 녹비작물로 가장 우수하다고 하였다. 헤어리베치는 5월 9일, 5월 28일 수확에서 관행과종량의 66% 이상에서는 질소 수량의 차이가 없었다. 크립스클로버는 두과 녹비작물중 질소 수량이 가장 적었고 과종량이 증가할수록 월동율이 증가하여 질소 수량이 증가하였다. 레드클로버는

Table 6. N yield of green manure crop (above ground) as affected by seeding rates at different harvesting time

Date time	Crop	Seeding rate					LSD(0.05)
		33%	66%	100%	133%	Mean	
	 kgN/ha					
April 23	†HV	25	57	72	75	57a	crop(C): SR [†] (S): C×S : NS
	CC	1	5	12	24	12b	
	RC	9	13	19	36	19b	
	rye	49	52	59	74	57a	
	Mean	24c	34b	37b	49a		
May 9	HV	54	95	102	103	89	crop(C): 18 SR [†] (S): 8 C×S : **
	CC	8	15	24	40	23	
	RC	46	48	62	72	57	
	rye	53	52	54	60	54	
	Mean	43	53	61	69		
May 28	HV	137	206	207	228	195a	crop(C): SR [†] (S): C×S : NS
	CC	9	41	57	76	50c	
	RC	90	180	173	173	158b	
	rye	31	44	45	39	40c	
	Mean	75b	127a	127a	137a		

Means within the same row or within the same column not followed by the same letter are significantly different at P=0.05 on LSD.

†, †, † are the same as table 4.

5월 9일에는 파종량간 질소 수량에 뚜렷한 차이가 있었으나 5월 28일에는 관행 파종량의 66% 이상에서 차이가 없었다.

결론적으로 동계 두과 녹비작물중 크립스클로버 및 레드클로버는 내한성이 약해 일반 파종량보다 더 많은 파종량을 필요로 하며 숙기의 진전에 따라 질소 함량이 감소되었지만 헤어리베치는 내한성이 강하고 월동 후 초기생육 및 건물중의 증가가 빠르며 질소 함량이 높고 작물에 공급할 수 있는 질소량을 많이 생산할 수 있어 가장 우수한 동계 녹비작물로 판단되었다.

IV. 적 요

동계 녹비작물별 월동력, 녹비수량 및 질소량의 변화를 살펴보기 위하여 헤어리베치, 레드클로버, 크립스클로버 및 호밀을 9월 20일 파종하여 월동 후 월동율을 조사하고 4월 23일, 5월 9일 및 5월 28일에 수확하여 식물체 화학적 특성, 건물중 및 지상부 질소량을 조사하였다. 헤어리베치 및 호밀은 월동율이 높아 거의 대부분의 개체가 월동하였다. 크립스클로버 및 레드클로버는 월동율이 낮았지만 파종량이 증가할수록 월동율이 현저히 증가되었다. 헤어리베치 녹비는 질소 함량이 4%(C:N을 11) 내외로 두과녹비 중 가장 높았으며 수확시기별 큰 차이가 없었으나 크립스클로버 및 호밀은 수확시기가 늦어짐에 따라 C:N율이 뚜렷이 증가하였다. 녹비 건물중의 변화를 보면 호밀이 수확 초기에 가장 많은 건물중을 확보하였고 두과작물 중에서는 세 수확시기 모두 헤어리베치가 레드클로버 및 크립스클로버보다 많았으며 헤어리베치는 관행 파종량의 33% 증감에 따라 건물중의 차이가 없었으며 내한성이 약한 크립스클로버는 파종량의 증가에 따라 건물중이 뚜렷이 증가하였다. 건물중에 질소 함량을 곱한 질소량은 헤어리베치가 질소 함량이 가장 높을 뿐만 아니라 건물중이 증가된 수확후기에도 질소 함량의 변화가 없어 가장 많은 질소량을 나타내어 녹비 건물중 및 질소량을 고려할 때 헤어리베치가 가장 우수한 동계 두과 녹비작물로 판단되었다.

V. 인 용 문 헌

1. Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. Agronomy* 18:219-258
2. Holderbaum, 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
3. Power, J.F. and J.A. Zachariassen. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperatures. *Agron. J.* 85:134-140.
4. Ranells, N.R. and M.G. Waggar. 1996. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agron. J.* 88: 777-782.
5. Smith, M.S., W.W. Frye and J.J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Sci.* 7:95-139.
6. Torbert, H.A., D.W. Reeves and R.L. Mulvaney. 1996. Winter legume cover crop benefits to corn : rotation vs. fixed-nitrogen effects. *Agron. J.* 88:527-535.
7. Van soest, P.T. and J.B. Robertson. 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. p. 49-60. In W.J. Pigden et al. (ed.) *Proc. Int. Workshop on standardization Anal. Method. Feeds*, Ottawa, Canada. 12-14 Mar. 1979. Unipub. New York.