

중부지역에서 이용 가능한 춘파용 두과 녹비작물 선발

조현숙[†] · 전원태 · 성기영 · 김민태 · 이종기 · 김충국 · 정광호

농촌진흥청 국립식량과학원

Evaluation of Legume Green Manure Crops for Spring-Sowing in the Central Regions of Korea

Hyeoun-Suk Cho[†], Weon-Tai Jeon, Ki-Yeung Seong, Min-Tea Kim, Jong-Ki Lee, Chung-Guk Kim, and Kwang-Ho Jeong

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

ABSTRACT The use of green manure crop for sustainable agriculture can reduce the use of chemical fertilizer and herbicides, and the cultivation area of the green manure crop has gradually increased. However, there has been little information about appropriate use of spring-sown green manure crop in the central regions of Korea. This study was conducted to investigate the effect of different legume crops on application of sown green manure in spring. Each of the green manure crops including alfalfa, chinese milk vetch, crimson clover, crotalaria, hairy vetch, lupin, red clover and white clover was grown in upland soil of silt loam. The dry weight and C/N ratio of all crops increased throughout the growing period, while C/N ratio of all crops during growing period was lower than 25. The highest value of dry weight among the green manure crops was observed in crimson clover, followed by red clover, lupin, chinese milk vetch and alfalfa. Also, the highest value of contents of nitrogen, phosphorus and potassium of green manure crops were observed in hairy vetch, alfalfa and crimson clover, respectively. And the values were 41.3, 4.3 and 35.9 g kg⁻¹, respectively. In terms of nitrogen yield, crimson clover that showed 71 kg N ha⁻¹ was the highest yield among the green manure crops, followed by chinese milk vetch of 51 kg ha⁻¹, red clover of 46 kg ha⁻¹, and hairy vetch of 41 kg ha⁻¹. These results suggest that crimson clover, chinese milk vetch, red clover, and hairy vetch could be a suitable green manure crop for spring sowing.

Keywords : green manure crop, nitrogen yield, C/N ratio, legume

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6784
(E-mail) chohs@korea.kr <Received October 4, 2010>

녹비작물이란 식물이 푸른 상태일 때 토양에 환원하여 이용하는 작물로 현재 국내에 유통되고 있는 녹비작물은 화분과, 두과, 국화과, 십자화과, 메꽃과 등 그 종류가 다양하다. 이 작물들은 이용방법과 목적에 따라 선택하게 되는데 특히 두과녹비작물은 공중질소를 고정함으로써 식물체내 질소함량이 높고 식물체가 연하며 C/N율이 낮아 토양에 환원하면 짧은 기간에 분해되어 양분을 공급하기 때문에 다른 녹비작물에 비하여 화학비료 대체효과가 우수한 특징이 있다.

이런 두과녹비작물에는 헤어리베치, 자운영, 클로버, 알팔파, 네마장황 등이 있다. 헤어리베치는 다른 두과 녹비작물에 비해 10 g kg⁻¹ 이상의 높은 질소 고정능을 갖고 있으며 C/N율이 15미만으로 낮아 토양에 환원되면 8주 만에 75~80%가 분해되어 후작물에 양분공급이 가능하여 질소공급을 위한 녹비작물로 중요시되고 있다(Seo *et al.*, 1998; Vaughan & Evanylo, 1998; Smith *et al.*, 1987). 루피너스의 식물체는 녹비, 사료용으로 재배되는데 특히 꽃대가 길고 아름다워 경관조성에 더 많이 이용되고 있으며 수원에서 월동되지 않는다. 네마장황도 수원에서 월동되지 않아 가을파종은 어려우나 파종 후 50일이면 초장이 2 m 내외로 크고 질소함량이 3 g kg⁻¹로 자운영과 비슷하며 선충억제 효과가 인정되어 시설재배지에서 선충방제와 녹비공급을 위하여 봄과 여름에 파종하여 이용되고 있다(농촌진흥청, 2002).

녹비수량은 파종시기와 수확시기에 따라 달라지는데 수원에서 헤어리베치를 10월 중순에 파종하면 ha당 생체수량으로 17.4 ton, 4월에 파종하면 15.9 ton의 수확이 가능하며, 대관령에서는 헤어리베치를 가을에 파종하여 건물중으로 5.3~5.4 ton, 봄에 파종하여 4.3~4.6 ton을 수확하였다. 일본에서는 헤어리베치를 봄에 파종하면 가을에 파종할 때보다 66%의 수량이 감소되어(藤黑與, 1923a; 1923b) 봄 파종

보다 가을파종에서 더 많은 녹비가 생산되었다(서 등, 2000a; 류, 2008). 또한 헤어리베치 수확시기를 5월 중순에 8일 정도 늦추면 녹비수량은 증가하고(Gary *et al.*, 2001) 4월 말(건물중 1.43 ton/ha)에 수확한 헤어리베치보다 5월 말(5.07 ton/ha)로 수확시기를 늦추어 수확하면 녹비수량은 3.5배 증가하였다(서 등, 2000b).

탄질율(C/N율)은 토양 미생물이 활동하는데 필요한 질소와 탄소를 공급하여 미생물 활성을 도와주는데 일반적으로 식물체의 C/N율이 25 미만이면 유기물이 토양에 환원되었을 때 분해가 빠르게 이루어진다. 두과작물의 C/N율은 헤어리베치는 10~15, 크립손클로버는 15~20(Ranells & Wagger, 1997)으로 낮아 토양에 공급되면 4주 내에 분해가 이루어지지만 식물체의 생육 단계가 진전될수록 C/N율이 높아져 분해 속도는 지연되었다(서, 2000; Yadvinder *et al.*, 1992; Wagger, 1989). 그러나 두과작물의 C/N율은 화본과나 십자화과보다 낮기 때문에 토양에 환원되면 대부분 짧은 시간에 분해되어 다음 작물에 양분공급이 이루어진다(농업과학기술원, 2006).

두과작물은 공중질소를 고정하여 많은 양의 질소를 생산하는데 ha당 질소 고정량을 보면 헤어리베치는 90~280 kg, 크립손클로버는 78~146 kg, 레드클로버는 112~123 kg, 화이트클로버는 146 kg, 알팔파 300 kg, 스위트클로버 250 kg, 콩은 150 kg이었다. 헤어리베치를 9월 상순에 파종하면 이듬해 5월에 ha당 201~251 kg의 질소를 생산하고 10월 중순에 파종하면 54~82 kg이 생산되어 파종시기가 늦어질수록 질소생산량도 낮아지는 경향이었다(서 등, 200b; 송 등, 2003; 농촌진흥청, 2008).

화학비료 대체, 토양특성 개량, 잡초방제 등 다양한 기능을 수행하고 있는 두과녹비작물은 토양환경조건과 기상조건 등 지역적인 조건에 따라 녹비수량과 질소생산량에 큰 차이를 보이며 월동기간의 환경에 따라서도 변이가 크게 나타난다(농촌진흥청, 2002). 특히 겨울동안 월 평년(30년 동안) 최저기온이 -5.0~-7.9°C로 낮은 중부지역에서 안정적으로 월동이 가능한 두과녹비작물은 헤어리베치와 알팔파 뿐으로 그 이용에 한계가 있었다(농촌진흥청, 2008). 그러나 겨울에 70~80%가 얼어 죽어 정상적인 생육이 되지 않는 작물도 봄에 파종하면 가을파종보다 수량은 낮으나 녹비

로 이용 할 수 있을 정도의 생육이 가능한 작물들도 있다.

따라서 본 연구에서는 두과녹비작물의 이용률을 높이기 위하여 중부지역에서 봄에 파종하여 녹비로 이용 가능한 두과녹비작물을 선발하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 국립식량과학원 시험포장의 중동통, 사양질의 밭토양에서 2006년 3월 23일에 녹비작물을 파종하여 6월 19일까지 재배하였으며, 시험전 토양의 특성은 표 1과 같다.

시험에 사용한 두과녹비작물은 루피너스(*Lupinus albus*), 자운영(*Astragalus sinicus*), 알팔파(*Medicago sativa*), 크립손클로버(*Trifolium incarnatum*), 레드클로버(*Trifolium pratense*), 화이트클로버(*Trifolium repens*), 헤어리베치(*Vicia villosa*), 네마장황(*Crotalaria juncea*) 8종 이었다. 녹비작물 파종량은 30 kg ha⁻¹이었으며, 파종방법은 동작물인 보리 파종방법에 준하여 25×5 cm로 파종하였다. 이 때 화학비료는 질소, 인산, 칼리 모두 무시비 하였다.

녹비작물의 건물수량을 측정하고자 작물 파종 후 60일인 5월 18일부터 10일 간격으로 4회 시료를 채취하였다. 시료 채취는 1 m²의 식물체를 수확하여 생체중을 측정한 다음 70°C에서 24시간 열풍건조 후 건물중을 측정하였다. 녹비작물의 양분함량을 알아보기 위하여 식물체 2주를 채취하여 50°C에서 24시간 열풍건조 후 마쇄하여 C, N는 CNS분석기(LECO CNS-2000)를 이용하여 정량하였고, P와 K는 분쇄한 시료에 H₂SO₄+HNO₃ 침출액을 혼합하여 초음파분해기(CEM mars-5)로 완전 분해한 다음 ICP(GBC SDS-270)를 이용하여 정량하였다.

결과 및 고찰

중부지역에서 두과녹비작물을 3월 23일에 파종하여 5월 18일(파종 60일)부터 10일 간격으로 6월 19일(파종 90일)까지 식물체를 수확하여 녹비수량을 조사하였다(표 2). 녹비작물의 수량은 생체수량과 건물수량 모두 수확시기가 늦어질수록 증가되는 경향을 보였으며, 이는 8종의 두과녹비작물에서 같은 경향을 보였다. 녹비수량이 가장 많은 작물

Table 1. Property of chemical characteries of soil before the experiment.

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exchange cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)			Soil texture
			Ca	Mg	K	
5.89	13.6	129	5.50	1.78	0.65	SL

Table 2. The changes of fresh weight and dry weight of legume green manure crops according to harvest time in upland soil.

Green manure crops	Fresh weight (ton ha ⁻¹)				Dry weight (ton ha ⁻¹)			
	18 May	26 May	7 June	19 June	18 May	26 May	7 June	19 June
Lupin	2.73	2.64	4.33	8.27	0.43	0.39	0.56	1.57
Chinese milk vetch	0.83	1.02	2.80	6.20	0.15	0.16	0.47	1.57
Alfalfa	2.52	2.79	5.53	5.93	0.53	0.51	0.94	1.46
Crimson clover	6.71	11.05	10.93	23.60	1.29	1.90	1.56	4.16
Red clover	1.25	1.90	5.20	11.00	0.26	0.30	0.75	1.79
Hairy vetch	0.41	1.79	3.20	5.00	0.15	0.35	0.47	1.01
White clover	-*	-	1.13	1.67	-	-	0.11	0.37
<i>Crotalaria</i>	-	-	1.07	4.27	-	-	0.11	0.95

*Not measured

Table 3. The contents of total nitrogen(T-N), phosphate(P₂O₅) and potassium(K₂O) of legume green manure crops at harvest time.

Green manure crops	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- g kg ⁻¹ -----		
Lupin	19.8*	2.6	21.2
Chinese milk vetch	32.2	3.7	23.8
Alfalfa	24.2	4.3	29.3
Crimson clover	17.0	4.2	35.9
Red clover	25.8	3.5	31.9
White clover	29.2	1.4	13.0
Hairy vetch	41.3	2.9	28.4
<i>Crotalaria</i>	29.5	1.6	20.7

*Average of 4 times

은 크림손클로버이었고 레드클로버, 루피너스, 자운영, 알팔파 순이었다. 녹비수량이 가장 높았던 시기는 수확시기가 가장 늦은 6월 19일이었고 이 때 녹비수량은 ha당 생체중으로 1.67~23.6 ton이었으며, 건물중으로는 0.37~4.16 ton이었다. 녹비수량이 가장 많은 크림손클로버는 ha당 생체중으로 23.6 ton, 건물중으로 4.16 ton이 생산되어 다른 두과작물보다 약 2배의 많은 녹비수량을 보였다. 녹비생산량이 가장 적은 화이트클로버를 제외한 다른 녹비작물의 생체수량은 4.27~11 ton으로 작물 간에 차이가 있었으나 건물수량은 1.46~1.79 ton ha⁻¹으로 작물 간 차이가 적었다. 수확시기가 늦어질수록 녹비수량은 증가하였는데 이는 수확시기가 6월로 늦어지면 기온이 높아 작물 생육이 빠르게 진전되었기 때문이다. 3월에 파종된 화이트클로버, 네마장황은 다른 두과녹비작물에 비하여 초기생육이 늦어 5월에는 식물체 수확이 이루어지지 않았다.

녹비작물별 양분함량은 표 3과 같이 질소함량은 kg당

17.0~41.3 g으로 작물에 따라 차이가 많았으며 질소함량이 가장 높은 작물은 헤어리베치로 다른 녹비작물보다 약 10 g kg⁻¹ 이상 높게 함유하고 있었고, 그 다음으로 자운영, 네마장황, 화이트클로버, 레드클로버, 알팔파 순이었다. 크림손클로버와 루피너스는 질소함량이 17.0과 19.8 g kg⁻¹으로 다른 작물에 비하여 낮았다. 두과작물은 많은 양의 질소를 고정하여 이용하는데 작물마다 고정하는 질소 양에 차이가 많았다(농촌진흥청, 2002; Blevins *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 1987). 인산 함량은 kg당 1.4~4.3 g으로 질소와 같은 경향으로 작물간에 차이가 많았으며 8종의 두과녹비작물이 함유하고 있는 인산 함량은 질소나 칼리에 비하여 현저하게 낮은 경향이었다. 인산함량이 가장 높은 작물은 알팔파(4.3 g kg⁻¹)와 크림손클로버(4.2 g kg⁻¹)였고, 자운영, 레드클로버, 헤어리베치, 루피너스 순이었다. 칼리함량은 작물별로 kg당 13.0~35.9 g이었으며 크림손클로버에서 35.9 g으로 가장 많았고 레드클로버, 알팔파, 헤어리베치 순이었다. 두

과작물의 칼리함량은 작물 간에 차이가 많았는데 크림손클로버는 질소보다 약 2배의 칼리를 함유하고 있는 반면 헤어리베치와 화이트클로버는 질소의 1/2에 해당하는 칼리를 함유하고 있었고, 알팔파와 네마장황, 루피너스는 질소와 칼리를 비슷하게 함유하고 있었다. 두과 녹비작물들은 공중질소를 고정하기 때문에 질소 함량은 높은 반면 인산이나 칼리 함량은 낮은 경향이라고 하였는데(농촌진흥청, 2002), 질소함량이 높은 작물에서는 이와 같은 경향이었으나 질소함량이 낮은 크림손클로버에서는 칼리를 더 많이 함유하고 있어 이에 대한 검토가 추후 요구되었다.

녹비작물의 수확시기에 따른 C/N율은 그림 1과 같이 6월 19일 루피너스를 제외한 모든 작물에서 25미만으로 낮아

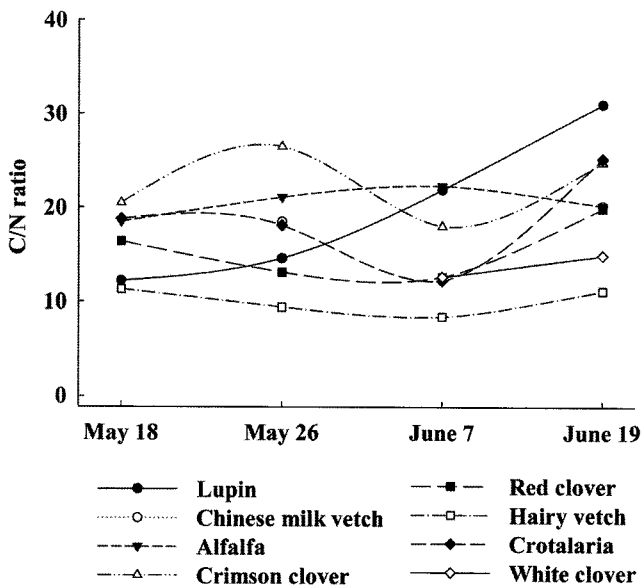


Fig. 1. The changes of C/N ratio of legume green manure crops during growing period.

토양에 환원시 분해가 빨리 이루어 질 것으로 추정되었다. 헤어리베치는 모든 수확시기에 8.4~11.3으로 가장 낮았는데 농촌진흥청(2002)은 헤어리베치는 생육기간 동안 C/N율이 낮아 토양에 환원되면 30일 이내에 90% 이상이 분해된다고 하였다. 두과식물의 경우 식물체가 개화기를 지나면서 잎이나 줄기가 경화되면 C는 증가되는 반면 6월 이후 온도가 높아지면 뿌리혹박테리아(근류균)의 수가 적어지고 활성도 떨어져 고정되는 질소량이 감소되기 때문에(농촌진흥청, 2002) 생육 단계가 진전되고 수확시기가 늦어질수록 C/N율이 높아져 분해 속도가 지연된다(Yadvinder *et al.*, 1992; Wagger, 1989)고 하였다. 본 시험에서도 수확시기가 늦을수록 C/N율은 점차 증가되었으나 25 이상으로 높지는 않았다.

봄에 파종된 두과 녹비작물의 질소생산량은 표 4와 같이 질소생산량이 가장 많은 수확시기는 6월 19일 이었으며 이때 질소생산량은 11~71kg ha⁻¹이었다. 두과 녹비작물 중 질소생산량이 가장 많은 작물은 크림손클로버로 ha당 71 kg 이었고, 자운영, 레드클로버, 헤어리베치 순이었다. 농촌진흥청(2008)은 봄에 녹비작물을 파종하면 초기 생육이 늦은 헤어리베치보다는 크림손클로버에서 더 많은 질소를 생산한다고 하였는데 본 시험에서도 식물체의 질소함량이 높은 헤어리베치보다 크림손클로버에서 약 3.7~1.7배 많은 질소가 생산되었으며 이는 크림손클로버의 녹비수량이 헤어리베치보다 현저히 많았기 때문이었다. 녹비수량이 ha당 1.01 ton으로(표 2) 낮았던 헤어리베치에서 42 kg의 질소가 생산되었는데 이는 헤어리베치 식물체의 질소함량이 kg당 41.3 g으로 다른 작물에 비하여 10 g이상 높았기 때문이다.

녹비작물의 기능은 화학비료 절감, 토양의 물리·화학적인 특성개량, 토양유실방지, 잡초발생 억제, 경관조성 등 다양하지만 이 중에서도 화학비료 절감과 녹비수량에 많은 비중을 두어 평가하고 있다. 봄에 파종하는 녹비작물은 2~3개

Table 4. The changes of nitrogen yield of legume green manure crops according to harvest time in upland soil.

Green manure crops	kg ha ⁻¹			
	18. May	26. May	7. June	19. June
Lupin	9	8	11	31
Chinese milk vetch	5	5	15	51
Alfalfa	13	12	23	35
Crimson clover	22	32	27	71
Red clover	7	8	19	46
White clover	0	0	3	11
Hairy vetch	6	14	19	42
Crotalaria	0	0	3	28

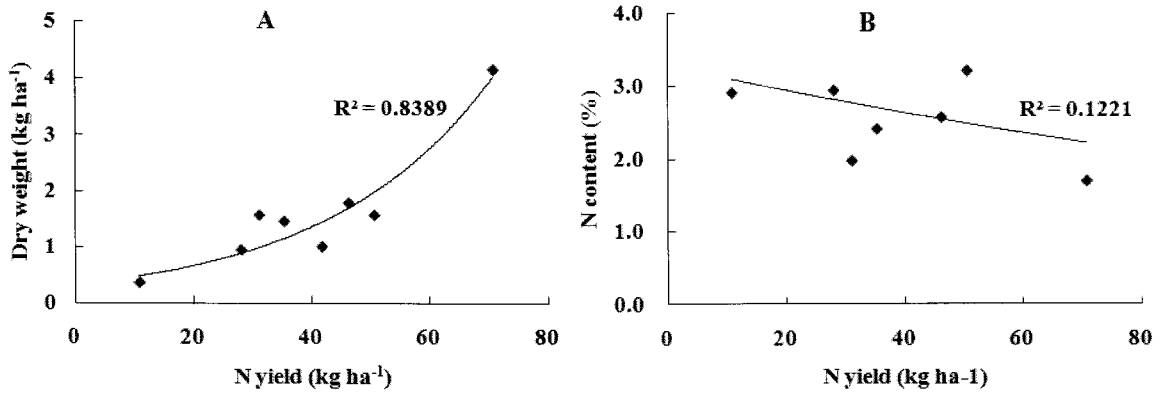


Fig. 2. The relation of nitrogen yield and dry weight (A) and nitrogen yield and total nitrogen content (B) in legume green manure crops at June 19th.

월의 짧은 기간에 재배하여 녹비로 이용하기 위해서 녹비 수량과 질소생산량은 매우 중요한 요소 중 하나이다. 따라서 건물수량과 식물체의 질소함량이 질소생산량에 미치는 영향을 조사하였다(그림 2). 질소 생산량은 식물체의 질소 함량보다는 식물체의 건물수량에 더 밀접한 관계를 보였다. 녹비작물을 봄에 파종하여 이용하기 위해서는 작물의 초기 성장속도가 빠를수록 유리하였으며 식물체의 질소함량이 높은 작물보다는 녹비생산량이 많은 작물이 질소생산량이 많아 녹비작물로서 이용가치가 더 높았다.

적 요

최근 친환경농업과 화학비료의 가격 상승 등으로 인하여 녹비작물의 재배면적이 증가되고 있다. 그러나 중부지역에서 동계 월동이 가능한 녹비작물은 헤어리베치, 알팔파로 그 종류가 적어 이용이 어려운 실정이다. 따라서 녹비작물의 이용확대를 위하여 다양한 종류의 녹비작물을 선발하고자 봄에 두과녹비작물 8종을 발토양에 파종하여 녹비의 이용 가능성을 평가한 결과는 다음과 같다.

녹비작물의 수량은 크림손클로버에서 ha당 생체중으로 23.6 ton, 건물중으로 4.16 ton이 생산되어 가장 많았고, 레드클로버, 루피너스, 자운영, 알팔파 순이었다. 또한 녹비수량은 모든 두과녹비작물에서 수확시기가 늦어질수록 증가하는 경향이였다. 작물별 질소 함량은 헤어리베치에서 kg 당 41.3 g으로 가장 높았고 자운영, 네마장황, 화이트클로버, 레드클로버, 알팔파 순으로 32.2, 29.5, 29.2, 25.8 및 24.2 g이었다. 인산 함량은 알팔파(4.3 g kg⁻¹)와 크림손클로버(4.2 g kg⁻¹)에서 높았고, 자운영, 레드클로버, 헤어리베치, 루피너스 순이었다. 칼리함량은 크림손클로버에서 35.9g

kg⁻¹로 가장 많았고 레드클로버, 알팔파, 헤어리베치 순이었다. C/N율은 녹비작물 8종 수확시기가 늦어질수록 C/N율은 증가하는 경향을 보였으나 25 미만이었다. 두과녹비작물별 질소생산량은 녹비작물 8종 모두 수확시기가 늦을수록 증가하여 6월 19일에 가장 많았으며 작물별로는 크림손클로버에서 ha당 71 kg이 생산되어 가장 많았고, 자운영(51 kg), 레드클로버(46 kg), 헤어리베치(41 kg) 순이었다. 따라서 녹비작물의 건물수량과 C/N율, 질소 생산량을 기준으로 볼 때 수원지역에서 봄에 파종하여 녹비로 이용 가능한 두과녹비작물은 크림손클로버, 자운영, 레드클로버, 헤어리베치가 우수하였다.

인용문헌

농업과학기술원. 2006. 유기농업녹비작물재배기술. 농업과학기술 2006-05.
 농촌진흥청. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용. 농촌진흥청 표준 영농교본-123. p. 161.
 농촌진흥청. 2008. 녹비작물을 이용한 친환경적 비료 절감 연구. 농촌진흥청. p. 261.
 류종원. 2008. 고랭지에서 파종시기에 따른 헤어리베치와 울리포드베치의 생육특성 및 녹비생산량. 한국유기농업학회지. 16(4): 409-420.
 서중호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙. 2000a. 동계녹비작물 초종별 화학성분 및 생산성 비교. 한국잡초학회. 20(3): 193-198.
 서중호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙, 이정삼. 2000b. 헤어리베치 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량 변화. 한국작물학회지. 45(6): 400-404.
 송범현, 이철원, 김홍식, 정봉진, 남택수, 이승환, 김은정, 김윤정, 손은호. 2003. 겨울철 유향 경작지에서의 헤어리베치 재

- 배 이용 환경 친화형 농업기술 개발. 농림부 연구보고서. p. 122.
- 勝黒與三郎. 1923a. 有望なる耐寒性新緑肥 ヘアリベッチに就て (上). 朝鮮農業會報. 18(8): 29-36.
- 勝黒與三郎. 1923b. 有望なる耐寒性新緑肥 ヘアリベッチに就て(下). 朝鮮農業會報. 18(9): 27-34.
- Blevins R. L., J. H. Herbeck and W. W. Frye. 1990. Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum. J. Prod. Agric. 4: 62-67.
- Gary, R. C. and A. F. Silvernail. 2001. Residual nitrogen and kill date effects on winter cover crop growth and nitrogen content in a vegetable production system. 11(2)
- Ranells, N. N. and M. G. Wagger. 1997. Winter gress-legume bicultures for efficient nitrogen management in no-till corn. Agric. Ecosyst. Environ. 65: 23-32.
- Seo, J. H., H. J. Lee., I. B. Huh and S. J. Kim. 1998. Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) green manure on maize growth and nitrogen uptake. RDA. J. Agro-Envir. Sci. 40(1): 62-68.
- Smith M. S., W. W. Frye and J. J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. Adv. Soil Sci. 7: 95-139.
- Vaughan, D. J. and G. K. Evanylo. 1998. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. Agron. J. 90: 536-544.
- Wagger M. G. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. Agron. J. 81: 236-241.
- William S. C. 2001. Website address: <http://fcn.agronomy.Psu.edu/>. 1: 9
- Yadvinder-Singh, Bijay-Singh and C. S. Khind. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manure. Adv. Soil Sci. 20: 237-309.