

가축액상분뇨 시용이 헤어리베치 질소흡수와 후작 배추 생육에 미치는 영향*

류 종 원**

Effects of Animal Slurry Application on Nitrogen Uptake of Hairy Vetch and Growth of Chinese Cabbage

Ryoo, Jong-Won

This experiment was conducted to evaluate the effect of animal slurry on nitrogen uptake of hairy vetch and growth of chinese cabbage in cropping system. Hairy vetch was seeded on September 20 in 2003. We examined the effect of cover crop(hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and slurry application(0, 100, 200kg N/ha) on yield and N uptake. Dry matter yield and nitrogen uptake of hairy vetch were measured. The chinese cabbage succeeding cover crop was harvested in 2004. The nitrogen uptake of hairy vetch was 84, 121, 148kg N/ha respectively, when the slurry application was 0, 100 and 200kg N/ha. In addition. N uptake of hairy vetch at the plot of 100kg and 200 kg N/ha slurry were 44% and 76% higher than that of the plot without slurry application respectively. Slurry application of hairy vetch could increase nitrogen uptake by application of green manure at the harvesting time. The content of organic matter and P-content of soil with hairy vetch plot was higher than that of fallow plot due to inhibition of soil erosion. The organic matter levels tend to improve with the addition of hairy vetch. Hairy vetch could improve soil quality by reducing erosion compared with bare fallow. The green manure of hairy vetch with animal slurry maintained soil nutrient and reduced nitrogen fertilizer of chinese cabbage. The hairy vetch residues decomposed rapidly releasing half of their residues within 40 days after burial. The yield of chinese cabbage was 90% in the plot of manure of hairy vetch compared with chemical fertilizer. The yield in the plot treated with green manure of hairy vetch and 50% of chemical fertilizer was reduced 5% less than that of chemical fertilizer. Therefore, it was estimated that the green manure of hairy vetch-chinese cabbage cropping system could reduce nitrogen chemical fertilizer as much as 84~148kg

* 이 논문은 상지대학교 2003년도 교내연구비 자원에 의하여 수행되었기에 감사를 드립니다.

** 상지대학교 유기농생태학과 교수

N/ha. The green manure of hairy vetch with animal slurry maintained soil nutrient and reduced nitrogen fertilizer of chinese cabbage.

Key words : hairy vetch, animal slurry, chinese cabbage, nitrogen uptake

I. 서 론

헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)는 두과 녹비작물로서 내한성이 강하며 winter vetch, siberian vetch 등으로 불리며(Power 등, 1994) 월동 후 재생속도가 빠르고, 포복성이어서 토양을 피복하는 능력이 다른 초종에 비해 훨씬 뛰어나 녹비 및 피복작물로 많이 재배된다. 헤어리베치는 질소고정 능력이 높아 질소함량이 3.6~4.1%로 다른 두과 녹비작물에 비해 1% 이상 많은 편이다(Blevin 1989, Smith 등 1987). 또한 녹비로 토양에 환원하면 쉽게 분해되고, 분해시 토양에 무기태 질소를 공급하여 질소비료를 절감할 수 있으며 토양의 유기태 질소 고정량이 많기 때문에 지력을 증가시키는 효과(Varco 등 1989, Utimo 등 1990)가 있는 우수한 녹비작물이다.

그러나 녹비질소만으로는 후작물 생육을 위한 질소와 비료 성분이 부족하므로 헤어리베치 재배시 가축 액상분뇨를 함께 사용하면 양분 환원용량을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 미부숙 가축분뇨를 작물재배 직전에 사용하면 가스피해로 인하여 발아장해가 발생할 수 있지만 가축액상분뇨를 헤어리베치에 시용하고 채소재배시 녹비로 활용하면 가축분뇨시용에 따르는 식물생육 장애 현상의 방지가 가능하다. 본 연구에서는 강원도 고랭지 지역 채소 재배 지대에서 유기농업 농가에서 실시되었으며 헤어리베치 재배 시 가축액상분뇨 시용이 헤어리베치 생육, 질소 흡수량과 후작 배추 생육에 미치는 영향을 연구하여 녹비의 화학비료 대체 가능성을 연구하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험에 공시된 헤어리베치 품종은 미국 Pennington종자회사에서 도입한 Nebraska 원산 Madison 품종이다. 헤어리베치 파종은 2003년 9월 30일에 파종하였다. 헤어리베치 파종량은 ha당 50kg을 파종하였다. 시비는 가축액상분뇨를 질소기준 함량으로 100kgN/ha, 200kg N/ha 처리구와 대조구로 동계휴한구를 두었다. 인산과 칼리는 모든 처리구에 동일하게 70kg/ha를 시용하였다. 시험구는 12m²로 하여 난괴법 3반복으로 배치하였다. 배추는 홍농종묘 씨알상실을 공시 품종으로 하여 2004년 6월 20일에 상토에 파종하여 육묘한 후 2004년 7월 25일에 정식하였다. 후작 배추는 2004년 9월 30일에 수확하였다. 헤어리베치 생산성 조사

는 반복구마다 1m² 3반복으로 수확하여 수량을 조사하였다.

Table 1. Treatments of hairy vetch cultivation.

	Treatments	Amount of animal slurry (kg N/ha)
hairy vetch	HS ₀	0
	HS ₁₀₀	100
	HS ₂₀₀	200
Non hairy vetch	Fallow	0

Table 2. Treatments of hairy vetch and succeeding chinese cabbage cultivation.

Treatments	hairy vetch (KgN/ha)	chinese cabbage (KgN/ha)
HS ₀ -CF ₀	0	0
HS ₁₀₀ -CF ₀	100	0
HS ₂₀₀ -CF ₀	200	0
HS ₂₀₀ -CF ₁₀₀	200	100
F-CF ₂₀₀	0	200

* HS : Hairy vetch with slurry, F : fallow, CF : chemical fertilizer

헤어리베치의 월동 후 생육특성과 질소흡수량을 조사하였다. 헤어리베치의 질소 흡수량은 헤어리베치 질소함량에 건물 수량을 곱하여 계산하였다. 또한 헤어리베치를 수확 후 녹비로 이용하였을 때 배추생육에 미치는 영향을 조사하였다. 질소함량은 수확시 헤어리베치의 시료를 채취하고 건조 후 분쇄하여 질소함량을 분석하였다. 분석방법으로는 전 질소함량은 켈달법으로, cellulose 함량조사는 Van Soest(1980)법으로 분석하였다. 또한 헤어리베치 질소흡수량은 질소함량에 질소함량을 곱하여 구하였다.

본 시험은 강원도 횡성군 둔내면 삼교리 농가시험 포장에서 수행하였다. 시험 토양의 화학적 특성은 pH는 6.3, 유기물함량은 5.1%, 가용성 인산 함량이 225mg/kg, 치환성 K은 1.42 cmol⁺/kg이었다<Table 1>.

헤어리베치 재배가 배추생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 무기화의 속도를 지표로서 부숙화율을 조사하였다. 부숙화율 조사는 헤어리베치를 수확 후 일정량을 망사자루에 넣어 피복시키는 방법을 활용하였다. 피복방법은 토양에서 20~30cm 깊이에 묻어 헤어리베치 피복과 동일하게 유지되도록 처리한 후 10일 간격으로 시기별 중량의 변화를 조사하여 부숙화율을 산출하였다.

$$* \text{부숙화율(\%)} = \frac{(\text{최초 건물중} - \text{처리후 시기별 건물중})}{\text{최초 건물중}} \times 100$$

Table 3. Soil chemical properties of trial field at Hoenggye.

pH (1:5)	OM (%)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
				K	Ca	Mg	
6.3	5.1	2.31	225	1.42	10.9	4.6	19.8

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 헤어리베치의 초장

가축 액상분뇨 시비수준에 따른 헤어리베치의 시기별 초장의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같다. 헤어리베치의 초장은 생육기간 동안 무비구, 보비구, 배비구 순서대로 가축액상분뇨 시비수준이 높을수록 더 큰 경향이였다. 마지막 조사일인 5월 30일에 헤어리베치의 초장은 무비구가 65.9cm, 보비구가 78.4cm, 배비구가 88.5cm이었다.

Table 4. Effect of animal slurry on plant height of hairy vetch(cm).

	10 Apr.	20 Apr.	30 Apr.	10 May	20 May	30 May
HS ₀	20.4b*	24.4b	34.6b	39.5c	52.3c	65.9c
HS ₁₀₀	28.3a	36.5a	44.4a	49.7b	62.2b	78.4b
HS ₂₀₀	32.2a	38.7a	46.8a	58.4a	72.7a	88.5a

* Duncan's multiple range test(5%)

- HS₀ : Hairy vetch- No slurry,
- HS₁₀₀ : Hairy vetch-slurry 100kg N/ha
- HS₂₀₀ : Hairy vetch-slurry 200kg N/10ha

2. 헤어리베치의 부숙화율

헤어리베치의 부숙화율 변화는 Table 5에 나타내었다. 부숙화율은 피복 후 50일에 76%, 60일에 82%을 나타내었다. 헤어리베치의 부숙화율은 가축 액상분뇨 시용량 수준간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으며 매몰 후 60일에 80%의 높은 부숙화율을 나타내었다. 헤어

리베치의 토양에서의 빠른 환원은 후작채소 재배시 많은 유효양분을 공급할 수 있으므로 배추의 생육과 수확에 좋은 영향을 미칠 것으로 사료된다. Willson and Hargrove(1986)는 헤어리베치의 잔사는 분해 및 질소 무기화가 빨라 후작물에 질소를 효율적으로 공급하여 수량에 좋은 영향을 끼친다고 보고하였다.

Table 5. Percentage of decomposition of hair vetch residues at the fall sowing.

(unit : %)

Treatments		Days of covering treatment(days)					
		10	20	30	40	50	60
	HS ₀	13	32	43	56	76	82
	HS ₁₀₀	10	28	39	54	69	79
	HS ₂₀₀	9	30	40	54	70	78

* Duncan's multiple range test(5%)

헤어리베치 재배시 액상 분뇨 시용구의 질소흡수량은 액상분뇨 100kg N/ha 시용구에서 121kg, 200kg N/ha 시용구에서 148kg을 나타내었다. 헤어리베치의 ha당 질소흡수량은 84~148kg을 나타내었다<Table 6>. 이는 배추 재배시 질소시비량이 200kg N/ha인 것을 고려하여 화학질소비료 61~74% 대체효과를 기대할 수 있었다. 따라서 헤어리베치 재배시 가축액상분뇨 시용이 녹비에 의한 질소환원 용량증대가 가능하였다. Blevins(1990)도 헤어리베치의 질소고정능력이 높아 다른 두과 녹비작물에 비해 질소함량이 1% 이상 많아서 질소비료 대체효과를 높게 기대한다고 보고하였다.

Table 6. N concentration and N uptake of hairy vetch in 2003.

Treatment	N Concentration(%)	N uptake(kg N/ha)
HS ₀	2.20b	84.1a(100)
HS ₁₀₀	2.42a	121.0b(144)
HS ₂₀₀	2.51a	148.0c(176)

* Duncan's multiple range test(5%)

3. 헤어리베치의 건물수량

헤어리베치의 건물수량은 가축액상분뇨의 시용수준에 따라 유의한 차이를 나타내었다.

헤어리베치 건물수량은 무비구에서 ha당 3.820kg를 나타내었고 액상분뇨 100kg N/ha 사용구에서 5.150, 200kg N/ha 사용구에서 5.900kg을 나타내었다.

Table 7. Effects of animal slurry on dry matter yield of hairy vetch.

Treatments	Dry matter yield(kg/ha)
HS ₀	3.820c
HS ₁₀₀	5.150b
HS ₂₀₀	5.900a

* Duncan's multiple range test(5%)

4. 헤어리베치 재배가 토양의 이화학적 성분에 미치는 영향

헤어리베치 재배구와 동계휴한구의 토양 이화학적 특성을 비교한 결과 헤어리베치구는 유기물함량이 5.0%이고 유효인산은 210.1mg/kg인 반면 헤어리베치를 재배하지 않는 동계휴한구는 유기물함량이 4.0%, 유효인산은 202.3mg/kg으로 낮아졌다. Abdul-Baki 등(1996)도 헤어리베치를 이용하여 토마토를 재배할 때 토양침식방지에 의하여 잔여 영양소들이 보전된다고 보고하였다. 헤어리베치를 이용한 작부체계 연구에서 토양의 생리적·화학적 성분의 변화에 대한 다수의 연구가 수행되었다. Wagger 등(1989)은 피복작물이 토양의 공극, 소공극, hydraulic conductivity를 증가시키는 변화를 가져왔다고 보고하였다.

Table 8. chemical properties affected by cultivation of the hairy vetch.

Treatments	pH (1:5)	OM (%)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
HS ₀	6.4a*	5.0a	2.35a	210.1b	2.35a	10.5a	4.0a	21.0a
HS ₁₀₀	6.5a	5.4a	2.50a	225.3a	2.50a	11.7a	4.5a	23.5a
HS ₂₀₀	6.4a	5.5a	2.52a	232.5a	2.52a	12.1a	4.0a	24.1a
Fellow	6.4a	4.0b	2.25b	202.0c	2.25b	8.6b	2.7b	18.3b

* Duncan's multiple range test(5%)

5. 헤어리베치 녹비가 배추생육과 수량에 미치는 영향

본 연구에서는 헤어리베치 녹비가 후작채소에 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 배

추를 후작물로 하여 실험하였다. 헤어리베치 녹비재배에 따른 정식 후 30의 배추의 생육은 Table 9와 같다. 배추의 초기생육은 헤어리베치 액상분뇨 무시용녹비구(HS₀) 비하여 액상분뇨 100kg N/10a 시용구(HS₁₀₀), 액상분뇨 200kg N/10a 녹비시용구(HS₂₀₀)에서 빠른 생장을 나타내었다. 여름배추 재배 결과 헤어리베치 후작 재배 시 정식 후 30일의 엽수와 생체중은 처리간에 유의한 차이를 나타내었다. 헤어리베치 녹비가 후작채소에 끼치는 영향을 알아보기 위해 배추를 후작으로 하여 재배하였다. Abdul-Baki 등(1997)은 관행농법인 흑색 폴리에틸렌 대신 헤어리베치를 피복한 작부체계를 사용할 시에는 질소손실을 감소시키고, 후작물에 질소 등의 영양분을 더 많이 공급할 수 있으므로 수량이 더 높아졌다고 보고하였다.

Table 9. Growth characteristics of 30 days after transplanting of chinese cabbage.

Treatments	leaf No.	plant weight(g/plant)
HS ₂₀₀ -CF ₀	17.0c*	242c
HS ₁₀₀ -CF ₀	22.0b	295b
HS ₂₀₀ -CF ₀	23.1a	305c
HS ₂₀₀ -CF ₁₀₀	24.6a	326a
F-CF ₁₀₀	25.3a	346a

* Duncan's multiple range test(5%)

HS : Hairy vetch with slurry, CF : Chemical fertilizer

Abdul-Baki 등(1997)은 헤어리베치를 녹비로 하여 후작으로 토마토를 재배한 결과 일반 관행 농법보다 높은 수량을 나타내었다고 보고하였다. 그러나 NeSmith 등(1994)은 헤어리베치를 녹비로 하여 콩을 재배하였을 때는 관행재배와 수량이 차이가 없다고 하였고 Grenoble 등(1989)은 관행재배가 수량이 더 높았다고 보고하였다.

배추의 수확기 생육은 Table 10과 같다. 배추의 1주중은 액상분뇨 200kg/ha 시용 녹비구에서 가장 높았다. 배추의 엽수, 엽장, 엽폭은 HS₁₀₀, HS₂₀₀ 처리구간에 큰 차이를 나타내지 않았으나 HS₂₀₀ 시용구가 엽수, 엽장이 증가하는 경향을 나타내어 액상분뇨 시용 녹비구가 후기생육에 양분의 지속적인 공급효과가 있는 것으로 사료된다. 배추의 구고와 구폭은 HS₂₀₀ 액비시용 녹비 처리구가 관행시비구 보다 다소 낮은 경향이였으나 통계적으로 유의차는 없었다. 헤어리베치 재배 액상분뇨 무시용구의 배추 주중의 1.35kg이었으나 액상분뇨 100kgN, 200kgN 시용녹비구에서의 배추주중은 1.59kg, 1.76kg를 나타내었다. 또한 헤어리베치 재배시 액상분뇨 200kg N/ha + 배추 재배시 화학비료 100kg N/ha 시용구의 배추 주중은 1.88kg으로서 화학비료 표준시용구의 90%의 무게를 나타내었다.

Table 10. growth characteristics of succeeding chinese cabbage.

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Head height (cm)	Head diameter (cm)	Head weight (g/plant)
HS ₀ -CF ₀	26.5b*	18.6c	20.2c	11.4	1.350d
HS ₁₀₀ -CF ₀	35.0a	23.4b	27.4b	14.6	1.550c
HS ₂₀₀ -CF ₀	35.4a	25.6a	29.3a	15.9	1.715b
HS ₂₀₀ -CF ₁₀₀	35.2a	25.4a	29.0a	15.8	1.880a
Fallow-CF ₂₀₀	34.9a	25.1a	28.9a	15.2	2.003a

* Duncan's multiple range test(5%)

6. 배추 수량과 상품 수량

Table 11은 액상분뇨 시용에 따르는 배추의 총수량과 상품 수량을 나타내었다. 배추의 총 수량은 헤어리베치 재배시 액상분뇨 무시용녹비구에서 45.800kg/ha로서 화학비료 표준시비량 대비 72%의 수량을 나타내었다. 헤어리베치 재배시 액상분뇨 100kgN, 200kgN 시용녹비구의 배추수량은 각각 53.900kg/ha, 57.200kg/ha를 나타내어 화학비료 표준시용구(F-CF₂₀₀) 대비 각각 85, 91%의 수량을 나타내었다. 헤어리베치 재배시 200kg N/ha 액상분뇨시용녹비구에서 배추 재배시 100kg N/ha 화학비료 시용구(HS₂₀₀-CF₁₀₀)의 배추수량은 60.400kg/ha으로서 화학비료표준시비 대비 95% 수량을 나타내어 화학비료 시용구와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 배추의 상품수량은 처리구간 차이를 나타내었다. 배추의 상품수량은 이병된 배추나 배추무게가 낮은 개체를 제외한 상품화 할 수 있는 배추의 수량을 나타낸 것이다. HS₂₀₀-CF₁₀₀ 처리구의 상품수량은 ha당 53,950kg이었다. 배추의 상품수량은 HS₂₀₀에서 50,100kg으로서 표준시비 대비 93%의 수량을 나타내었고 HV₂₀₀-CF₁₀₀ 시용구에서 53,950kg/ha로서 표준시비대비 101%의 상품화 수량을 나타내었다. 이러한 결과는 헤어리베치 녹비재배구에서 후기생육이 양호하고 배추의 이병율과 미결구율이 낮은 것이 원인이 된 것으로 사료된다. 따라서 헤어리베치 녹비재배에 의하여 배추의 상품수량 개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Table 11. Yield and growth characteristics of chinese cabbage.

Treatments	Total yield (kg/ha)	Index	Commodity yield(kg/ha)	Index	Percentage of commodity(%)
HS ₀	45.800d*	72	43.900a	82	87
HS ₁₀₀	53.900c	85	46.600c	87	86

Treatments	Total yield (kg/ha)	Index	Commodity yield(kg/ha)	Index	Percentage of commodity(%)
HS ₂₀₀	57.200b	91	50.100b	93	86
HS ₂₀₀ -CF ₁₀₀	60.400a	95	53.950a	101	89
Fallow-CF ₂₀₀	63.200a	100	53.500a	100	85

* Duncan's multiple range test(5%)

IV. 적 요

본 연구는 고랭지 채소재배 단지에서의 헤어리베치를 이용한 환경친화형 채소작부체계로 개발하기 위하여 강원도 횡성군 둔내 시범농가에서 수행하였다. 무화학비료에 의한 채소재배 기술을 개발하기 위하여 가축액상분뇨 시용수준이 헤어리베치의 수량과 질소흡수량, 헤어리베치의 녹비에 의한 후작 채소의 생육과 수량에 미치는 녹비질소의 이용효과를 연구하였다.

1. 고랭지 지역에서 가축액상분뇨 시용수준에 따른 헤어리베치 생육은 가축분뇨 시용량이 높을수록 초장이 높은 경향이었으며 헤어리베치의 건물수량은 무비구 3.820kg/ha 액상분뇨 100kg 시용구에서 5.150kg, 액상분뇨 200kg N/ha 시용구에서 5.900kg를 나타내었다. 질소흡수량은 무비구 84kg, 액상분뇨 100kg N/ha 시용구에서 121kg, 액상분뇨 200kg N/ha 시용구에서 148kg/ha을 나타내었다. 배추 재배 전에 헤어리베치를 녹비로 이용하면 84~148kg/ha의 질소를 후작 채소재배에 환원할 수 있을 것으로 사료된다.
2. 헤어리베치 액상분뇨시용 녹비구에서 배추의 생체중이 1.55kg~1.88kg이었지만 무비구에서는 1.35kg으로 큰 차이를 나타내었다. 가축액상분뇨 시용 헤어리베치 녹비구의 배추수량은 화학비료 표준시비구 대비 91%를 나타내었다. 헤어리베치 녹비와 질소비료 50% 감비시용구의 배추수량은 화학비료 표준시비구에 대비 95%의 수량을 나타내었다.
3. 헤어리베치 재배구 토양의 유기물 함량이 5.0% 유효인산 함량이 210mg/kg으로 유지되었으나 통계 휴한구는 유기물함량은 4.0%, 유효인산이 202mg/kg으로서 통계휴한구는 토양침식에 의하여 토양비료성분의 약 20%가 유실되었다.
4. 고랭지 지역에서 헤어리베치를 이용한 채소 작부체계는 추파 헤어리베치 + 배추 작부

조합이 가능하였다. 헤어리베치 재배에 의하여 토양비료성분유실이 방지되고 녹비에 의하여 시비질소를 60~75% 절감할 수 있을 것으로 사료되며 헤어리베와 액상분뇨를 함께 활용하면 화학비료의 90% 대체가 가능하였다.

[논문접수일 : 2005. 4. 10. 최종논문접수일 : 2005. 6. 8.]

참 고 문 헌

1. Abdul-Baki, A., J. R. Teasdale, R. Korcak, D. J. Chitwood, and R. N. Huettel. 1996. Freshmarket tomato production in a low-input alternative system using cover-crop mulch. Hort Science 31 : 65-69.
2. Abdul-Baki, A., J. R. Teasdale, R. Korcak. 1997. Nitrogen requirement of fresh-market tomatoes on hairy vetch and black polyethylene mulch. Hort Science 32(2) : 217-221.
3. Abdul-Baki, A. and J. R. Teasdale. 1997. Snap bean production in conventional tillage and in no-till hairy vetch mulch. Hort. Science.
4. Blevins, R.L. 1989. Residual effects of nitrogen fertilization and winter cover cropping on nitrogen availability. Soil Science Society of America Journal 53 : 1459-1464.
5. Grenoble, D. W., E. L. Bergman, and M. D. Orzolek. 1989. Effects of tillage methods and soil cover crops on yield and leaf elemental concentrations of snap bean. Appl. Agr. Res. 4 : 81-85.
6. Nesmith, D. S. and D. V. Mccreaken. 1994. snap bean response to soil tillage management and cover crop. Soil. Sci. plant Anal. 25 : 2501-2512
7. Power, J. F. and J. A. Zachariassen. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperature. Agron J. 85 : 134-140
8. Smith, M. S., W. W. Frye, and J. J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. Advances in Soil Sci. 7 : 95-139.
9. Utomo, M., W. W. Frye and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. Agron. J. 82 : 979-983.
10. Van Soest, P. T. and J. B. Robertson 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. pp. 49-60. In W. J. Pigden et al.(ed) Proc. Int. Workshop on standardization Anal. Method. Feeds. Ottawa. Canada. 12-14 Mar. 1979. Unpub. New York.
11. Varco, J. J., W. W. Frye., M. S. Smith and C. T. Mackown. 1989. Tillage Effect on

- nitrogen recovery by corn from a nitrogen-15 labeled legume cover crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 53 : 822-827.
12. Wagger, M. G. Denton, H. P. 1989. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no-till corn. Soil Science Society of America Journal 53(4) : 1206-1210.
 13. Willson, D. O. and W. L. Hargrove. 1986. Release of nitrogen from crimson clover residue under low tillage systems. Soil. Sci. Soc. Am. Jo 50 : 1251-1254.