

헤어리베치 피복을 이용한 옥수수 무경운 재배에 관한 연구

II. 질소시비 및 헤어리베치 피복에 의한 옥수수의 수량 및 질소 흡수량의 변화

서종호 · 이호진*

Study on No-tillage Silage Corn Production with Legume Hairy Vetch (*Vicia Villosa Roth*) Cover

II. Changes of yield and nitrogen uptake of corn by N fertilizer and hairy vetch cover

Jong Ho Seo and Ho Jin Lee*

Summary

Legume winter cover crop hairy vetch(*Vicia villosa* Roth, HV) can supply mineral nitrogen for silage corn by HV cover killed. The purpose of this study was to understand changes of soil mineral N, yield and N uptake of silage corn by N level (0, 135kgFN/ha) and cover crop(no cover crop: NCC, hairy vetch cover crop: HVC) at field of Crop Experiment Station in 1996. HV growth decreased soil mineral N concentration before seeding corn, but killed HV cover increased concentration of soil mineral N at surface soil (0~7.5cm) at six-leaf stage of corn. Total dry matter(DM) and N uptake of corn averaged over N level was more decreased in HVC than in NCC at silk stage, but N uptake of corn after silk was more increased in HVC than in NCC by N mineralized from HV killed, especially in 0kgFN/ha. N fertilization increased total DM and and N uptake of corn averaged over cover crop, especially more increased the DM and N uptake before silk stage. Early application of N fertilizer was recommendable in no-tillage silage corn using hairy vetch cover crop.

I. 서 론

1920년대 우리나라에 도입된 헤어리베치는 내한성이 강해 자운영 등이 월동하기 어려운 중부 이북 지역에서 주로 재배되던 주요 두과 녹비작물이다(藤黑與三郎, 1923). 헤어리베치의 피복은 토양의 유실을 방지하고 잡초발생을 억제하며 후작물에 충분한 질소를 공급하여 지력을 유지하는데 중요한 역할을

한다. 새롭게 대두된 환경보전형 농업에서는 그 동안의 작물의 단작과 화학비료의 사용에 의한 영농방식은 토양의 이화학성 및 미생물상의 파괴 등 지력의 감퇴에 의해 장기적으로 작물의 생산성을 유지할 수 없다고 판단하고 경지에서 윤작과 더불어 피복 및 녹비작물의 이용을 강력히 권고하고 있다(최 등, 1995). 미국 등에서는 질소를 많이 요구하는 하계 옥수수를 동계의 헤어리베치 등의 두과 피복작물과 연

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

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

계시켜 생산하는 대규모 농가가 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(Smith et al., 1987, Frye et al., 1995).

헤어리베치를 옥수수 수확 후 9월말까지만 파종하면 다음 해 4월말에 옥수수에 녹비로 이용할 수 있으므로 동계작물이고 두과작물인 헤어리베치와 하계작물이고 화본과 작물인 옥수수를 결합하는 것은 작부시기적으로도 적절하고 옥수수는 두과작물에 의한 윤작의 효과도 기대할 수 있다. 또 헤어리베치는 질소를 옥수수에 공급할 수 있으므로 옥수수에 대한 질소 시비량 및 질소의 추비에 소요되는 노동력을 현저히 줄일 수 있다. 또한 사료가 부족한 농가에서는 헤어리베치를 사료작물의 생산의 측면에서도 연구할 가치가 있다.

Ebelhar et al. (1984)는 옥수수 무경운 재배시 헤어리베치의 피복은 질소비료 90~100kg/ha의 사용효과가 있다고 했으며, Wagger(1989), Clark et al. (1995)는 헤어리베치의 재배는 봄 초에 무기태 질소를 일시적으로 감소시켜 옥수수의 초기생육에 필요한 질소를 일시적으로 감소시키므로 질소비료를 초기에 사용하는 것이 바람직하다고 했으며, Reeves et al. (1993)도 두과작물 크림슨클로버를 피복작물로 이용한 무경운 옥수수 시험에서 옥수수의 질소비료 요구량은 감소되었으며 질소비료의 분시보다 파종시기 비로 사용하는 것이 옥수수의 수량을 증대시켰다고 하여 헤어리베치를 피복작물로 이용할 때는 관행의 옥수수 재배시와는 질소 시비량과 시비방법이 달라져야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 시험은 옥수수 수확 후 헤어리베치를 파종하여 다음 해에 옥수수의 피복작물로 이용할 때 질소비료의 사용이 토양의 무기태질소 함량과 옥수수의 생육 및 질소 흡수량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 1996년 작물시험장 작물환경과 전작 시험포장에서 실시하였고 헤어리베치는 미국 Pennington 종자회사에서 도입한 Nebraska 원산으로 1995년 9월 20일 파종하여 1996년 5월 5일 Paraquat (1,1'-dimethyl-4, 4-bipyridiumion)로 고사시켜 토양에 피복

하였다. 고사시키기 직전 헤어리베치의 지상부를 1m² 4반복으로 수확하여 건물중을 조사하고 질소 함량을 분석하였는데 건물중은 1,880kg/ha으로 이는 질소량으로 77kg/ha에 해당되었다(표 1). 옥수수의 공시품종은 P3394로 5월 10일 무경운으로 파종하였는데 재식밀도는 57,140plant/ha (70 × 25cm)였다.

Table 1. Dry matter, N concentration and N uptake of hairy vetch plant.

Dry matter (kg/ha)	N concentration (%)	N uptake (kg/ha)
1,880	4.1	77.1

시험구 배치는 주구로서 질소(초안) 0kgFN/ha구, 135kgFN/ha구에 세구로서 hairy vetch cover구(HVC구, 헤어리베치 피복구)와 no hairy vetch구(NCC구, 무피복작물구)를 둔 분할구 4반복으로 배치하였다. 토양 무기태 질소의 조사는 파종전인 5월 7일과 옥수수의 추비시기에 해당하는 6월 27일의 두 시기에 표토층(0~7.5cm)과 층위 7.5~22cm에서 실시하였는데 NO₃⁻-N는 Cd-Cu reduction법으로 NH₄⁺-N은 Indolphenol Blue법 (Keeney & Nelson, 1982)으로 조사하였다. 옥수수 식물체의 조사로는 출사기에 엽록소 측정기 SPAD-502를 이용하여 옥수수 이삭엽의 엽록소(SPAD치)를 조사하였고 또 이삭엽의 전질소의 함량을 조사하였다. 8월 5일에 옥수수의 간장, 착수고, 간경, 이삭엽면적을 조사하였고, 9월 2일 옥수수 수확시는 시험구 가운데 2줄 3m를 수확 건조하여 전 건물중 및 종실중을 조사하였다. 옥수수 지상부 전 질소 흡수량 조사는 옥수수 출사기 및 수확기에 하였는데 각각 구당 평균적인 옥수수 3개체를 건조 마쇄하여 질소 함량을 조사하였고 전질소 흡수량 및 종실질소 흡수량은 질소 함량에 건물중을 곱하여 구하였다. 옥수수 이삭엽 및 간엽, 종실 그리고 헤어리베치 녹비의 질소 함량은 자동 질소 분석장치 Kjel-Auto(MRK사)를 이용한 micro-Kjeldahl법으로 조사하였다.

시험이 실시된 토양은 pH 6.1, 유기물 함량 15g/kg, 유효인산 184mg/kg인 토양으로서 일반적인 밭 토양 특성을 나타내었다(표 2).

Table 2. Soil property of experimental field before hairy vetch seeding.

Soil depth (cm)	Soil texture	Bulk density (g/cc)	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
0~15	loam	1.3	6.1	15	184	0.46	1.66	0.83
15~30	"	1.5	6.2	14	160	0.54	1.59	0.65

III. 결과 및 고찰

1. 헤어리베치의 재배 및 피복에 따른 토양 무기태 질소 함량의 변화

헤어리베치의 재배에 따른 옥수수 파종직전(5월 7일)의 토양의 무기태 질소 함량의 변화를 보면(그림 1) 토양층위 0~7.5cm와 7.5~22cm의 HVC구(헤어리베치 피복구)의 무기태 질소($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$) 함량이 각각 6.3, 2.4mg/kg으로 NCC구(무피복작물구)의 10.5, 6.9mg/kg보다 낮아 헤어리베치의 생육은 무기태 질소를 감소시켜 옥수수가 초기에 흡수 이용할 수 있는 질소를 감소시켰다. 그러나 그림 2에서 보는 바와 같이 헤어리베치를 토양에 고사피복시킨 52일 후인 6월 27일(옥수수 6엽기)에는 0kgFN/ha-NCC구의 토양층위 0~7.5cm의 무기태 질소 함량이 7.0mg/kg으로 0kgFN/ha-HVC구의 4.8mg/kg보다 높아 헤어리베치로부터 무기화된 질소가 표토(0~

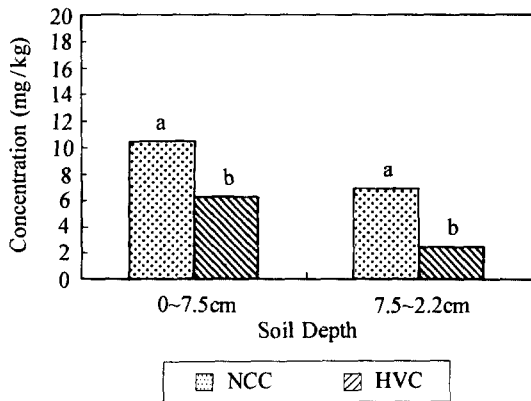
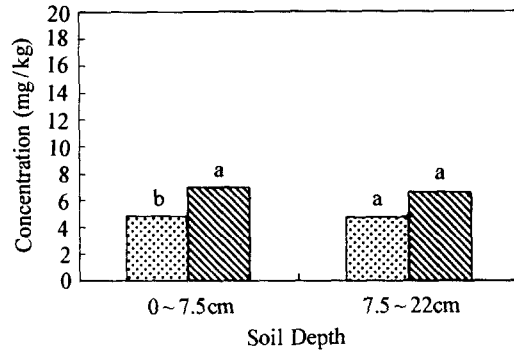


Fig. 1. Soil mineral N ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^- - \text{N}$) concentration at plot of hairy vetch cover(HVC) and no cover crop(NCC) before corn seeding(May 7).

7.5cm)에 공급되는 것을 알 수 있었다. 토양층위 7.5~22cm의 135kgFN/ha-HVC구 및 135kgFN/ha-NCC구의 무기태 질소가 각각 12.4, 18.6mg/kg으로

(a) 0 kgFN/ha



(b) 135 kgFN/ha

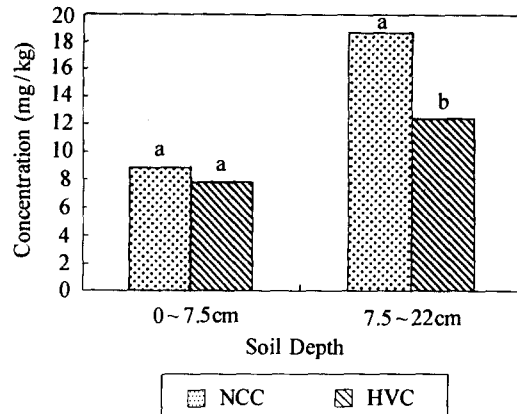


Fig. 2. Soil mineral N ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^- - \text{N}$) concentration at plot of hairy vetch cover(HVC) and no cover crop(NCC) by (a) 0 kgFN/ha (b) 135 kgFN/ha application on June 27 (corn six-leaf stage).

질소비료 135kgFN/ha의 시용에 의해 무기태 질소가 많이 증가되었다. 그러나 토양층위 7.5~22cm 135kg FN/ha-HVC구의 무기태질소 함량은 135kgFN/ha-NCC구보다 낮아 헤어리베치에 의해 감소된 무기태 질소가 아직 회복되지 못함을 알 수 있었다.

2. 헤어리베치의 피복 및 질소시비에 따른 옥수수의 생육 및 질소 흡수량의 변화

질소비료 시용 및 헤어리베치의 피복에 따른 옥수수의 생육 및 수량의 변화를 보면(표 3) 옥수수 출사기는 질소비료 시용에 관계없이 HVC구(헤어리베치 피복구)는 NCC구(무피복작물구)에 비해 출사기가 약 5일 가량 늦었다. 또 이삭엽의 엽면적도 질소

비료 시용에 관계없이 HVC구가 NCC구보다 감소하였다. 옥수수 긴장은 0kgFN/ha-NCC구, 135kgFN/ha-HVC구, 135kgFN/ha-NCC 구간에는 차이가 없었으나 0kgFN/ha-NCC구는 간장이 약 13cm 정도 감소하였다. 헤어리베치 피복은 질소비료의 시용에 관계없이 출사기 건물중을 3.2ton/ha 감소시켰는데 이는 헤어리베치의 생육에 의한 옥수수 생장초기 토양의 무기태 질소의 감소에 따른 옥수수 초기 생육의 부진에 의한 것으로 보인다. 그러나 수확기에서는 질소비료 135kgFN/ha의 시용에 의한 약 3ton/ha 가량의 건물중 증가 외에 헤어리베치 피복에 의한 건물중의 차이가 없어 헤어리베치 피복이 출사기 이후 무피복 작물구에 비해 상대적으로 옥수수의 건물중을 많이 증가시킨 것으로 보였다.

Table 3. Growth status and yield of corn as affected by N level and cover crop.

N level (kg FN/ha)	Cover crop	Days to silking (day)	Stalk height (cm)	Stem thickness (mm)	Area of ear-leaf (cm ²)	Total DM (ton/ha)		Grain yield (ton/ha)
						silk	harvest	
0	NCC ¹	72.5	230	18.5	766	7.06	16.30	8.57
	HVC ¹	76.5	217	18.8	753	4.89	16.02	7.87
135	NCC	71.0	230	19.3	831	8.07	19.62	10.54
	HVC	76.5	231	19.5	769	5.93	18.88	9.73
Mean value								
0		74.5	223	18.7	760	5.98	16.16	8.22
135		73.8	231	19.4	800	7.00	19.25	10.14
	NCC	71.8	230	18.9	799	7.57	17.96	9.56
	HVC	76.5	224	19.2	761	5.41	17.45	8.80
Significance of treatments								
	N level (N)	NS	**	NS	NS	**	*	*
	Cover crop (C)	**	*	NS	*	**	NS	*
	N × C	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS

¹ NCC : No Cover Crop, HVC : Hairy Vetch Cover.

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

NS Not significant.

옥수수 출사기의 이삭엽 질소 함량과 엽록소 (SPAD치)를 보면 이삭엽 질소 함량은 0kgFN/ha구 평균이 2.23%, 135kgFN/ha구 평균이 2.73%이고, 이삭엽 SPAD치는 0kgFN/ha구 평균이 49.1, 135kgFN/ha구 평균이 59.9로 135kgFN/ha의 질소 시용에 의해 이삭엽 질소 함량과 SPAD치가 각각 0.5%, 10정도

증가하였으나 헤어리베치 피복에 의해서는 차이가 나타나지 않았다. 수확기 옥수수 전질소 흡수량은 135kgFN/ha의 질소 시용에 따라 40kgFN/ha 정도의 증가가 있었지만 질소 시비와 피복작물 처리간의 상호작용에 유의성이 나타나 0kgFN/ha구에서는 HVC구가 NCC구에 비해 전질소 흡수량이 증가하였으나

135kgFN/ha구에서는 오히려 HVC구가 NCC구에 비해 질소 흡수량이 감소하였다(표 4).

옥수수의 전질소 흡수량을 파종기에서 출사기까지의 질소 흡수량과 출사기에서 수확기까지의 질소 흡수량으로 나누어 살펴보면 출사기까지의 질소 흡수량은 헤어리베치의 피복에 관계없이 135kgFN/ha 구 평균이 95kgFN/ha로 0kgFN/ha구의 평균 68kg/ha에 비해 27kg/ha 정도 증가하였으나 헤어리베치 피복에 의해서는 증가되지는 않았다. 그러나 출사기에서 수확기까지의 질소 흡수량은 질소비료 시비량 간 차이가 없었으나 헤어리베치의 피복에 의해 증가되었는데 특히 0kgFN/ha-NCC구가 0kgFN/ha-NCC구에 비해 32kg/ha 정도 증가되었다(표 4). 이와 같이 시비된 질소비료는 출사기 이전의 생육초기에 흡수되어 옥수수의 초기 생육에 이용되었고 헤어리베치에 의해 표토에 공급되는 무기태 질소는 주로 출사기 이후에 많이 흡수되었는데 특히 질소비료를 시

용하지 않았을 때 그 경향이 뚜렷히 나타났다.

질소비료 시용은 헤어리베치의 피복에 관계없이 질소비료 무시용에 비해 옥수수의 출사기 이전의 옥수수 생육 및 질소 흡수량을 증가시켰다. Maskina et al. (1993)이 보고한 바와 같이 질소비료 135kgFN/ha 시용시는 헤어리베치 피복구가 무피복구에 비해 출사기까지의 생육과 전질소의 흡수량이 감소되었지만 질소비료 무시용시는 헤어리베치 피복구는 옥수수에 대한 질소 공급효과 특히 출사기 이후 질소 공급 효과가 있어 무피복 작물구에 비해 출사기 이후 건물중과 질소 흡수량이 증가되었다.

결론적으로 피복작물 헤어리베치를 이용한 옥수수 무경운 재배는 토양 유실방지 및 잡초방제 등의 효과를 기대할 수 있지만 헤어리베치를 늦게 고사시켜 피복할 경우 토양의 무기태 질소가 일시적으로 감소되어 옥수수의 초기생육이 나빠질 수 있고 토양 피복의 헤어리베치로부터 공급되는 질소는 무기화

Table 4. N status of ear leaf at silk stage, total N uptake and component of N uptake of corn as affected by N level and cover crop.

N level (kg FN/ha)	Cover crop	N concentration ¹ of ear-leaf (%)	SPAD ¹ Value of ear-leaf	N uptake (kg/ha)			
				Nt ²	Nv ²	Na ²	Ng ²
0	NCC ³	2.21	47.2	124	77	58	92
	HVC ³	2.25	50.5	151	60	90	93
135	NCC	2.75	61.8	185	107	79	108
	HVC	2.70	58.1	163	79	83	95
Mean value							
0		2.23	49.1	136	68	74	93
135		2.73	59.9	174	95	81	101
	NCC	2.48	55.3	155	94	70	101
	HVC	2.48	54.3	158	70	86	94
Significance of treatments							
N level (N)		**	**	**	**	NS	*
Cover crop (C)		NS	NS	NS	NS	*	NS
N × C		NS	*	**	NS	*	NS

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

NS Not significant.

¹ at silk stage.

² Nt : Total amount of plant N at harvest.

Nv : Amount of plant N at silking.

Na : Amount of N accumulated after silking.

Ng : Amount of grain N.

³ : Same as table 3.

속도가 다소 느리고 그것이 먼저 표토에 공급되므로 옥수수가 작토층에서 생육 초기에 그 질소를 흡수 이용할 수가 없다. 그러나 기비로 사용된 질소비료는 옥수수의 출사기 이전에 많은 부분이 옥수수에 흡수 이용될 수 있으므로 옥수수 파종시에 헤어리베치로부터 무기화 될 수 있는 질소를 제외한 나머지 질소를 기비로 사용하는 것이 옥수수의 초기 생육에 부족되기 쉬운 질소를 공급할 수 있어 좋다고 생각되었다.

IV. 적 요

1996년 작물시험장 전작포장에서 헤어리베치의 피복 및 질소시비가 옥수수의 생육 및 질소 흡수량에 미치는 영향을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 봄 초 고사시키기 전 헤어리베치의 피복은 표토층(0~7.5cm)과 층위 7.5~22cm에서 토양의 무기태 질소 함량을 감소시켰으나 옥수수 6엽기(추비시기)의 토양에서 무기태 질소 함량을 증가시켰다. 질소비료 무사용시 헤어리베치의 피복은 출사기까지의 옥수수 생육, 건물중 그리고 출사기 질소 흡수량이 무피복에 비해 감소되었지만 출사기 이후 건물중이 회복되어 수확시에는 차이가 나타나지 않았다. 질소비료 135kgFN/ha 사용시 헤어리베치의 피복은 옥수수 출사기를 다소 늦추고 건물중을 무피복보다 감소시켰으나 수확기에는 차이가 없었다. 질소비료 무사용시 헤어리베치의 피복은 옥수수 전질소 흡수량을 증가시켰는데 이는 주로 출사기 이후의 질소 흡수량의 증가에 기인하였다. 헤어리베치의 피복에 관계없이 질소비료 135kgFN/ha의 사용은 질소 무사용시보다 옥수수 생육과 수량을 증가시키고 수확시 질소 흡수량도 증가시켰는데 특히 무피복구에서 출사기까지의 질소 흡수량을 많이 증가시켰다. 시비한 질소비료는 주로 출사기 전에 주로 흡수되었고 헤어리베치에서 무기화된 질소는 출사기 이후에 많이 흡수되었으므로 헤어리베치를 이용한 옥수수 재배에서는 옥수수의 초기생장 및 질소 흡수량을 증진시키기 위해서 헤어리베치에 의해 무기화 될 질소를 제외한 나머지 질소량은 옥수수 파종전 기비로 전량 사용하

는 것이 바람직한 것으로 보였다.

V. 인용 문헌

1. Clark, A.J., A.M. Decker, J.J. Meisinger, F.R. Mulford, and M.S. McIntosh. 1995. Hairy vetch kill date effects on soil water and corn production. *Agron. J.* 87:597-583.
2. Ebelhar, S.A., W.W. Frye, and R.L. Blevins. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agron. J.* 76:51-55.
3. Frye, W.W., W.G. Smith, and R.J. Williams. 1985. Economics of winter cover crops as a source of nitrogen for no-till corn. *J. Soil and water conser.* 40:246-249.
4. Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. *Methods of soil analysis, part 2.* In A. L. Page ed. pp. 643-698. *Agronomy Monogr.* ASA and SSSA, Madison, WI.
5. Maskina, M.S., J.F. Power, S.W. Doran, and W.W. Wilhelm. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Sci. Am. J.* 57:1555-1560.
6. Reeves, D.W., C.W. Wood, and J.T. Touchton. 1993. Timing nitrogen applications for corn in a winter legume conservation-tillage system. *Agron. J.* 85:98-106.
7. Smith, M.S., W.W. Frye, and J.J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Sci.* 7:95-139.
8. Waggoner, M.G. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agron. J.* 81:533-538.
9. 藤黒與三郎. 1923a. 有望なる耐寒性新緑肥ヘアリベッチに就て(上). *朝鮮農會報* 18(8):29-36.
10. 藤黒與三郎. 1923b. 有望なる耐寒性新緑肥ヘアリベッチに就て(下). *朝鮮農會報* 18(9):27-34.
11. 최진룡, 이석순 윤을수. 1995. 지속농업체계에서 작물생산의 원리와 실제. *영남농업시험장 설립 30주년 기념 심포지움. 환경보전형 저에너지 요구 농업기술개발전략.* pp. 30-54.