

헤어리베치 피복을 이용한 옥수수 무경운재배에 관한 연구 I. 헤어리베치의 피복량별 토양 무기태 질소함량, 옥수수의 수량 및 질소 흡수량의 변화

서종호 · 이호진*

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

I. Changes of soil mineral nitrogen, yield and nitrogen uptake of corn by quantity of hairy vetch cover

Jong Ho Seo and Ho Jin Lee*

Summary

No-tillage silage corn with legume hairy vetch(*Vicia villosa* Roth, HV) has renewed interest in supply of mineral N, soil erosion control at sloping land and weed control by cover of HV killed. This study was conducted to monitor concentration of soil mineral N ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$) and to find out variation of growth, yield and N uptake of silage corn according to quantity of HV cover; HV-removed, 1X-HV, 2X-HV at field of Crop Experiment Station in 1996. HV growth in early spring decreased the mineral N of soil depth 7.5~22cm before corn seeding. But, killed HV cover increased the concentration of soil mineral N at surface soil (0~7.5cm) up to 45.4mg/kg at early growth stage of corn. Dry matter(DM) of corn at harvest was lower in HV-removed than in 0kg FN/ha. But DM and N uptake of corn at harvest were increased by quantity of HV-cover increasing from HV-removed to 2X-HV. Hairy vetch could substitute N fertilizer for silage corn by N mineralized from HV killed, but reduced early growth and N uptake of corn before silk by reducing soil mineral N of plow layer.

I. 서 론

사료용 옥수수는 경사지 밭에서 재배되는 면적이 많기 때문에 경운 후 옥수수를 파종한 토양은 봄철에 많은 강우가 있든지 아니면 장마철의 집중 호우에 토양유실의 위험이 항상 도사리고 있다. 또한 옥수수 파종시 경운은 많은 화석에너지 및 인력이 소요되고 토양 유기물의 분해를 촉진하고 토양의 밀도

를 증가시킬 뿐 아니라 하층에 있는 잡초의 씨를 토양표면에 노출시킴으로서 잡초의 발생을 증가시킨다. 이에 대해 무경운 옥수수 재배는 토양 유실방지 및 화석에너지 절감, 토양의 지력보존, 잡초방지 등의 장점이 있기 때문에(Phillips et al., 1980; Wendt et al., 1985) 미국과 서구에서는 무경운재배의 비율이 증가하고 있는 실정이다. 특히 옥수수 수확 후 동계에 헤어리베치 등 두과 녹비작물을 재배하여 옥수

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

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

수 파종전 이를 고사시킨 후 옥수수를 무경운 파종하는 방법은 토양유실 및 잡초발생을 감소시킬 뿐만 아니라 헤어리베치가 고정한 질소를 후작 옥수수에 공급함으로써 질소시비량 및 시비노력을 절감할 수 있다는 장점(Ebelhar et al. 1984)으로 인해 동계 헤어리베치의 재배면적이 증가하고 이의 이용에 대한 연구도 활발히 전개되고 있다 (Smith et al., 1987; Frye et al., 1985; Hoffman et al., 1993).

헤어리베치의 재배 및 피복은 위에서 언급한 많은 장점이 있는 반면 후작 옥수수에 미치는 단점도 있다. 헤어리베치의 재배는 봄 초에 토양수분 및 무기태 질소 등 양분을 감소시켜 옥수수의 초기 생육에 필요한 수분 및 양분을 일시적으로 감소시키며 (Waggar, 1989), 헤어리베치를 고사시키고 무경운으로 옥수수를 파종하는 것은 헤어리베치를 경운하여 토양에 환원하는 것 보다 토양유실과 잡초를 방지하는 효과가 뛰어나나 지상에 피복된 헤어리베치로부터 무기화된 질소의 휘산에 따라 옥수수에 공급되는 질소량이 현저히 감소된다는 것이다(Power et al., 1991; Janzen, 1991). 따라서 헤어리베치를 피복작물로 이용할 때는 옥수수 파종전 헤어리베치를 고사시키는 기간을 조금 당길 것과 파종전 일찌기 질소비료를 전량 기비로 사용하여 옥수수가 초기에 이용할 수 있는 토양 무기태 질소를 증가시키는 것이 필요하다고 한다(Reeves, 1993; Waggar, 1989).

따라서 본 시험은 옥수수 수확 후 헤어리베치를 파종하여 다음 해에 옥수수의 피복작물로 이용할 때 지상부 헤어리베치의 피복량별 토양의 무기태 질소 함량과 옥수수의 생육 및 질소 흡수량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 1996년 작물시험장 전작 시험포장에서 실시되었는데 헤어리베치는 미국 Pennington 종자회사에서 도입한 Nebraska 원산으로 1995년 9월 20일 파종하여(파종량 35kg/ha, 산파) 1996년 5월 5일 Paraquat (1,1' dimethyl-4, 4-bipyridium)로 고사시켰다. 고사시키기 직전 4반복의 1m²의 헤어리베치

의 지상부를 조사 하였는데 헤어리베치 건물중은 1,880kg/ha으로 이는 질소량으로 77kg/ha에 해당되었다(표 1). 옥수수의 품종은 P3394로 5월 10일 무경운으로 파종 하였는데 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

처리내용은 헤어리베치의 지상부제거구(HV-removed구), 고사피복1배구(1X-HV구), 지상부피복2배구(2X-HV구)와 질소비료 0, 45, 90kgFN/ha구를 난괴법 4반복으로 배치하였다. 인산(P₂O₅)과 가리(K₂O)는 사료용 옥수수 표준 시비량에 해당하는 150kg/ha씩을 각각 사용하였다. 토양의 무기태 질소 함량의 조사는 고사피복1배구(1X-HV구)와 질소비료 0kgFN/ha구에서 옥수수 파종 직전인 5월 7일과 파종 후 14일 간격으로 8월 17일까지 표토층(0~7.5cm)과 층위 7.5~22cm의 토양의 질산태 질소(NO₃⁻-N) 및 암모니아태 질소(NH₄⁺-N)를 조사하였다. NO₃⁻-N는 Cd-Cu reduction법으로 NH₄⁺-N은 Indolphenol Blue법(Keeney & Nelson, 1982)으로 조사하였다. 옥수수 식물체는 출사기인 7월 23일에 엽록소 측정기 SPAD-502를 이용하여 이삭엽 중간부위의 엽색도(SPAD치)를 측정하였고 시험구당 평균적인 5개체를 수확하여 출사기 건물중을 조사하였다. 8월 5일에는 간장, 착수고, 간경, 이삭엽 면적을 조사하였고, 9월 2일 수확시는 시험구 가운데 2줄 3m를 수확 건조하여 전건물중 및 중실중을 조사하였다. 또 수확기에 구당 평균적인 3개체를 건조 마쇄하여 micro-kjeldahl법에 의해 질소 흡수량을 조사하였다.

시험이 실시된 수원지방의 1996년의 3월에서 9월까지의 강우량을 보면 헤어리베치의 생육이 왕성한 4월 초순에서 5월 초순까지와 헤어리베치를 고사시키고 옥수수를 파종한 후인 5월 상순과 하순은 강우

량이 예년에 비해 현저히 감소하였다(그림 1). 토양은 pH 6.1, 유기물함량 15g/kg, 유효인산 184mg/

kg인 토양으로서 일반적인 밭토양 수준을 나타내었다(표 2).

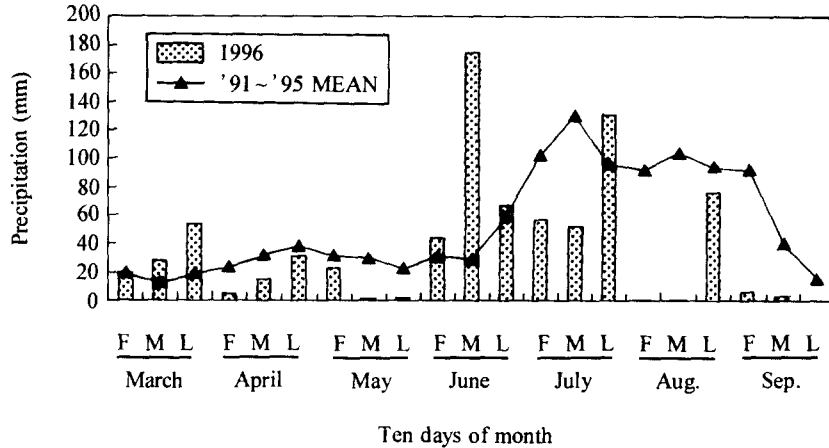


Fig. 1. Rainfall distribution for 1996 growing season averaged over ten day intervals and compared to the 5-yr average (F; the first ten days, M; the middle ten days, L; the last ten days).

Table 2. Soil property of experimental field before planting.

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

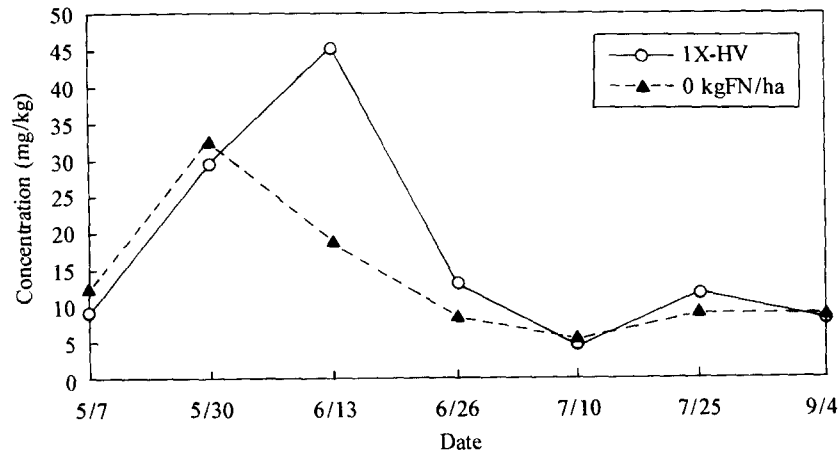
III. 결과 및 고찰

1. 헤어리베치의 재배 및 피복에 따른 토양의 무기태 질소의 변화

토양의 무기태 질소함량의 변화는 0kgFN/ha구(무헤어리베치구)와 1X-HV구(헤어리베치피복구)에서 조사하였는데 옥수수 파종 직전인 5월 7일의 1X-HV구는 0kgFN/ha구 보다 무기태 질소함량이 감소하였는데 특히 1X-HV구의 7.5~22cm 층위는 9.9mg/kg로 0kgFN/ha구의 17.5mg/kg 보다 현저히 낮아 옥수수 파종전 헤어리베치의 재배는 작토층의 무기태

질소를 감소시키는 것을 알 수 있었다. 또 1X-HV구는 토양층위 7.5~22cm에서 옥수수 생육 중기인 6월 26일까지 헤어리베치에 의해 감소된 무기태 질소가 0kgFN/ha구와 같이 회복되지 못하고 계속 낮았다. 그러나 1X-HV구의 표토(0~7.5cm)는 표면에 고사되어 깔린 헤어리베치로부터 무기화된 질소가 표토에 공급되어 6월 13일, 6월 26일의 무기태 질소의 함량이 각각 45.4mg/kg, 12.9mg/kg으로 0kgFN/ha구의 18.8mg/kg과 8.4mg/kg 보다 현저히 증가되었다. 6월 26일 이후는 표토(0~7.5cm) 및 층위 7.5~22cm 모두 무기태 질소함량은 0kgFN/ha구와 1X-HV구간 차이가 없었다(그림 2).

[a] 0~7.5cm



[b] 7.5~22cm

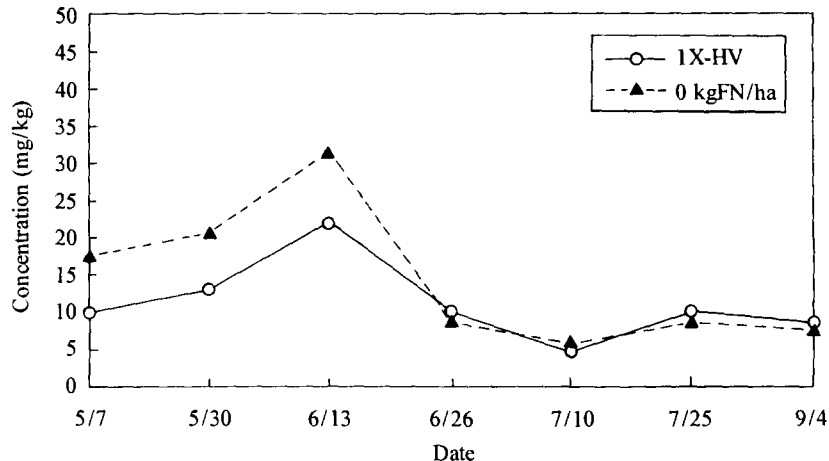


Fig. 2. Biweekly distribution of soil mineral N ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$) concentration [a] at surface soil (0~7.5cm) [b] at soil depth 7.5~22cm, as affected by 1X-HV(hairy vetch cover) and 0kgFN/ha(no hairy vetch).

2. 헤어리베치의 피복량별 옥수수의 생육 및 질소 흡수량의 변화

헤어리베치 피복량별 옥수수 생육 상태를 보면 (표 3) 1X-HV구(헤어리베치피복구) 및 2X-HV구(헤어리베치 지상부피복2배구)는 출사일수가 각각 71, 70일로 45, 90kgFN/ha구의 69일 보다 늦었다. 1X-HV구 및 2X-HV구의 간장은 각각 222cm, 225cm로 0kgFN/ha구와 비슷하였다. HV-removed구(헤어리베

치 지상부제거구)는 0kgFN/ha구 보다 출사일수가 늦고 간장, 간경, 착수고 모두 낮았다. 수확기 전 물중을 보면 2X-HV구는 16.83ton/ha로 1X-HV구의 18.42ton/ha와 유의차는 없으나 1X-HV구는 0, 45kgFN/ha구와, 2X-HV구는 45, 90kgFN/ha구와 같은 수준으로 헤어리베치의 피복량 증가에 따라 건물중이 다소 증가하는 경향을 보였다.

헤어리베치의 피복량별 출사기 이삭엽의 질소함량, 엽록소(SPAD치) 그리고 수확기의 전질소 및 중

실질소 흡수량은 표 4에 나타난 바와 같다. 모든 조사항목에서 HV-removed구와 0kgFN/ha구가 현저히 낮은 경향을 나타내었다. 출사기 이삭엽의 질소함량과 수확기 전질소 흡수량은 1X-HV구는 0, 45kgFN/ha구와 2X-HV구는 45, 90kgFN/ha구와 같이 분류되어, 헤어리베치 피복정도가 증가됨에 따라 두 항목 모두 같이 증가되는 경향을 보였다.

사료용 옥수수 재배시 토양을 피복하고 질소를 공급하기 위한 헤어리베치의 재배는 파종시 및 생육초기에 작토층의 무기태 질소를 감소시켜 초기생육에 나쁜 영향을 주었다. 사료로 이용하기 위해 헤어리

베치를 수확할 때는 옥수수의 생육 및 수량이 질소 무시비구보다 감소되었으나 헤어리베치를 피복할 때는 헤어리베치로부터 무기화된 질소가 피복 후 20일 후부터 표토에 집적되어 초기에 부진하였던 옥수수의 생육이 출사기 이후에 다소 회복되고 출사기 이후의 질소흡수량이 증가되었는데 피복량이 증가할수록 그 경향은 뚜렷이 증가하였다. 따라서 헤어리베치를 피복작물로 이용할 때는 초기에 작토층의 무기태 질소의 감소에 따른 옥수수 초기 생육의 부진을 회복하기 위해 질소를 일찍 시비하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

Table 3. Growth status and yield of corn as affected by different cover treatment of hairy vetch and N level.

Treatment	Days to silking (day)	Stalk height (cm)	Stem diameter (mm)	Ear height (cm)	Total DM (ton/ha) at stage of		Grain yield (ton/ha)
					silk	harvest	
HV-removed	73 ^a	211 ^c	17.4 ^c	94 ^c	6.33 ^c	12.97 ^c	6.35 ^c
1 X-HV ¹	71 ^b	222 ^b	18.5 ^{bc}	109 ^b	6.99 ^{ab}	16.83 ^b	8.17 ^{ab}
2 X-HV ²	70 ^{bc}	225 ^b	19.5 ^{ab}	112 ^{ab}	7.20 ^{ab}	18.42 ^{ab}	9.27 ^{ab}
0 kgFN/ha	71 ^b	226 ^b	18.0 ^{bc}	115 ^{ab}	5.86 ^{bc}	15.03 ^b	6.99 ^{bc}
45 "	69 ^c	235 ^a	19.2 ^{ab}	120 ^a	7.64 ^a	18.08 ^{ab}	9.81 ^a
90 "	69 ^c	237 ^a	20.1 ^a	120 ^a	8.08 ^a	19.84 ^a	9.90 ^a

^{a,b,c} : DMRT 5%.

¹ 1X-HV: Hairy vetch cover crop with aboveground vegetation left in place

² 2X-HV: Same as 1X-HV except supplemented with vegetation from hairy vetch(HV)-removed.

Table 4. N concentration and SPAD value of corn ear-leaf and total(stover plus grain) N uptake and grain of maize as affected by different cover treatment of hairy vetch and N level.

Cover treatment	N conc. † of ear-leaf (%)	SPAD value of † ear-leaf	Total N uptake (kg/ha)	Grain N (kg/ha)
HV-removed	1.9 ^b	44.1 ^d	66 ^d	45 ^c
1 X-HV ¹	2.2 ^{bc}	51.2 ^{bc}	116 ^{bc}	72 ^b
2 X-HV ²	2.3 ^{abc}	53.3 ^b	130 ^{ab}	79 ^b
0 kgFN/ha	2.1 ^{bc}	47.8 ^{dc}	84 ^{dc}	51 ^c
45 "	2.5 ^{ab}	54.6 ^{ba}	127 ^{ab}	86 ^{ab}
90 "	2.8 ^a	58.2 ^a	156 ^a	101 ^a

^{a,b,c,d} : DMRT 5%.

†, † : at silk stage.

^{1,2} : same as table 4.

무경운 헤어리베치피복 옥수수 재배는 토양유실을 방지하고 잡초 발생을 억제하는 효과가 크지만 옥수수 파종전 헤어리베치를 늦게 고사시킬 경우에는 토양의 무기태 질소가 감소되어 옥수수의 초기 생육이 나빠질 우려가 있고 그 경향은 특히 헤어리베치를 수확하여 사료로 이용할 때 더욱 뚜렷이 나타난다고 할 수 있다. 따라서 이 때에는 Wagger (1989), Reeves et al. (1993)이 보고한 바와 같이 헤어리베치를 조기에 고사시키거나 부족되는 질소는 전량 기비로 사용하는 것이 필요하다고 생각된다.

IV. 적 요

1996년 작물시험장 전작포장에서 헤어리베치의 피복량에 따른 토양의 무기태 질소함량과 옥수수의 생육 및 질소 흡수량에 관하여 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 봄초 헤어리베치의 생육은 토양의 무기태 질소를 감소시켰는데 특히 옥수수 생육 초기의 층위 7.5~22cm 무기태 질소함량을 감소시켰다. 헤어리베치 피복구는 피복 후 20일부터 표토(0~7.5cm)에서 무기태 질소가 증가되었으나 층위 7.5~22cm에서는 헤어리베치 고사 전의 무기태 질소의 감소에 의해 무기태 질소가 증가하지 못하여 무헤어리베치구 보다 낮았다. 헤어리베치 제거구가 옥수수 생육, 수확기 전건물중 및 종실중, 그리고 수확기 질소 흡수량이 가장 낮았다. 그러나 헤어리베치의 피복량이 증가할수록 옥수수의 생육 및 건물중 그리고 질소 흡수량이 뚜렷이 증가하였는데 그 증가는 출사기 이후에 더욱 뚜렷하였다. 출사기 이삭엽 질소함량과 수확시 전건물중 및 질소 흡수량은 헤어리베치의 피복1배구가 0, 45kgFN/ha구, 피복2배구가 45, 90kgFN/ha구와 같은 값을 보였다. 피복작물로 헤어리베치를 이용할 때는 출사기 이전의 옥수수 생육 및 질소흡수량을 증가시키기 위해 헤어리베치에 의해 감소된 토양의 무기태 질소를 보충시키기 위해 질소비료를 일찍 사용하는 것이 바람직하다.

V. 인용문헌

1. 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.
2. 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.
3. Hoffman, M.L., E.E. Regnier, and J. Cardina. 1993. Weed and corn(*Zea mays*) responses to a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. *Weed Tech.* 7:594-599.
4. Janzen, H.H., and S.M. Mcginn. 1991. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. *Soil Biol. Biochem.* 23(3):291-297.
5. Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. *Methods of soil analysis, part2.* In A. L. Page ed. p 643-698. *Agronomy Monogr.* ASA and SSSA, Madison, WI.
6. Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomass, W.W. Frye, and S.H. Phillips. 1980 No-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.
7. 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(1):62-67.
8. 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.
9. Smith, M.S., W.W. Frye, and J.J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Sci.* 7:95-139.
10. Wagger, M.G. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agron. J.* 81:533-538.
11. Wendt, R.C., and R.E. Burwell. 1985. Runoff and soil losses for conventional, reduced, and no-till corn. *J. soil water conser.* 40(5):450-454.