

하천변 농경지에서 헤어리베치를 재배한 후 질소시비량에 따른 찰옥수수의 생육과 수량에 미치는 영향

노예진* · 정덕영* · 류진희** · 서정덕*** · 조진웅*[†]

*충남대학교 농업생명과학대학, **국립식량과학원, ***전주대학교

The Effects of Nitrogen Rates on The growth and Yield of Waxy Corn after Cultivating Hairy Vetch in Agricultural Fields with The Stream

Ye-Jin Roh*, Dong-Young Chung*, Jin-Hee Ryu**, Jung D. So***, and Jin-Woong Cho*[†]

*College of Agricultural and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Jeonju 54875, Korea

***Jeongju University, Jeongju 560-759, Korea

ABSTRACT This experiment was carried out to figure out the growth and yield of waxy corn after cultivating the hairy vetch which was mostly used as a green manure crop. The waxy corn showed the growth and yield efficiency relative to conventional culture after the hairy vetch was returned to as the green manure and the amount of nitrogen fertilizer increased, and the LAI was similar to the conventional culture when less than 18 kg. Length of ear slightly decreased compared to 188 mm of conventional culture when the hairy vetch was used as the green manure and the amount of nitrogen fertilizer was less than 9 kg, but the length of ear increased relative to the conventional culture when the amount of applied nitrogen fertilizer was more than 18 kg. The highest 100-kernel weight was 35.4 g with the hairy vetch and 27 kg of nitrogen fertilizer treatment. The lowest 100-kernel weight was 27.4 g with the hairy vetch and 0 kg of nitrogen fertilizer treatment. Quantity with the hairy vetch and 9 kg of the nitrogen fertilizer treatment was similar the conventional culture. Sugar content with the hairy vetch and more than 18 kg of the nitrogen fertilizer treatment was higher than the conventional culture. Thickness of pericarp showed no difference among treatments.

Keywords : waxy corn, nitrogen rate, yield, hairy vetch

녹비작물은 화학비료 대체 또는 절감을 위해 생체로 식물의 잎과 줄기 등을 토양에 처리해 비료로 이용하는 작물로

서 퇴비와 함께 녹비작물은 화학비료 사용량을 줄일수 있으며 녹비작물을 활용하면 장기적으로 토양비옥도를 증진하고 토양 내 무기성분들의 고갈을 막아 농업 생산성을 지속적으로 유지하는데 도움이 된다. 그러나 우리나라에서는 아직 녹비작물을 활용한 작부체계나 기술 개발이 미흡하므로 녹비작물의 종류와 적합한 작부체계에 대해 연구하여 농가의 이용을 확대시키는 것이 필요하다.

옥수수는 다소 척박한 토양에서도 잘 자라며 단위면적당 생산량이 높고 재배관리도 쉽기 때문에 오래전부터 주요 식량작물로 재배해왔다. 옥수수는 비료 흡수 능력이 뛰어나기 때문에 어느 수준까지는 비료를 많이 주어도 흡수량이 계속 증가하고, 수량도 증가한다(Kang *et al.*, 1985). 옥수수의 비료원에 대한 시비 반응을 보면 인산과 칼리에 대해서는 둔감하지만 질소는 매우 민감하여 옥수수 재배시 최대수량 생산을 위한 비배관리는 질소를 중점적으로 관리해야 한다고 한다(Eom and Park, 2012). 또한 질소시비 효과는 토양성분 및 재배연차에 따라 다양하지만 10a 당 28 kg 시비로 가장 많은 종실수량을 얻었다고 한다(Nunez and Kamprath, 1969).

하천변 농경지는 비점오염원등의 오염물질을 고려해야 하는데(Shon *et al.*, 2011) 비점오염원은 주로 비가 올 때 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로서 농지에 살포된 비료나 농약, 토양침식물, 축사유출물, 교통오염물질, 도시지역의 먼지와 쓰레기 등 무엇보다 배출지점이 불명확하

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5725 (E-mail) jwcho@cnu.ac.kr

<Received 12 August, 2015; Accepted 12 September, 2015>

고 오염물질이 배출되면서 희석되거나 넓은 지역으로 확산된다. 또한 비점오염원은 자연적인 영향을 받아 계절이 따른 변화를 수반하는데, 특히 강우의 영향을 많이 받아 강우가 집중되는 6~9월에 내리는 빗물은 많은 양의 농약이나 비료를 씻어내려 인근 강이나 하천으로 흘러 들어가 하천변 토양의 오염원 부하량을 높게 만들고 있다(Cha, 2010).

이처럼 비점오염원으로 인해 질소, 인 등 유기물이 많은 하천변 농경지에서는 다비성 작물 재배가 적합할 수 있는데 옥수수는 대표적인 다비성 전작물로 토양적용력이 높고 흡비력이 강하며 지력소모가 큰 질소 수탈작물로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 하천변에 있는 유희 농경지에서 주작물로 옥수수를 재배 할 때, 녹비작물인 헤어리베치를 재배한 후 질소시비량을 달리하여 주작물인 찰옥수수의 생육과 수량 특성을 알고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

녹비작물은 헤어리베치를 이용하였으며 주작물은 찰옥수수 연농1호를 시험하였다. 재배시험은 세종특별자치시 부강면 금호리 하천변에 위치한 농경지에서 실시하였다. 헤어리베치의 파종량은 10a당 8 kg을 2013년 10월 11일에 산파 파종하였다.

찰옥수수는 재래종에서 선발된 자식계통사이의 단교잡종인 연농1호를 사용하여 녹비작물을 토양에 환원(2014년 4월 28일)한 후 5월 20일에 재식거리 80 cm x 20 cm 간격으로 1주 1립으로 파종하였다.

시비방법

시비량은 찰옥수수 질소시비량 권장량인 10a 당 18 kg을 표준시비량을 기준으로 0%, 50%, 100% 그리고 150%를 헤어리베치를 수확한 후에 찰옥수수 재배를 위하여 각각 시비하였으며, 기비로 50%, 추비는 출용기를 중심으로 나머지 50%를 시용하였다. 각 시험구는 난괴법 3반복으로 하여 수행하였으며 잡초 및 병충해 방제는 필요에 따라 해당 약제를 이용하여 관리하였다.

생육 및 수량 조사

옥수수의 생육은 출사기인 2014년 7월 10일에 초장, 착수고, 절간수, 엽수, 경직경, 엽면적, 건물중 등 지상부 생육 조사를 하였다. 건물중은 잎과 줄기를 건조기에서 55°C에서 72시간동안 건조시킨 후 측정하였다.

수량 및 수량구성요소는 출사 후 약 25일에 조사하였으

며 수확직후에 당도를 측정하고 과피 두께는 수확 직후 벗겨내어 Petri dish에 24시간 건조시킨 후 측정하였다.

질소분석

수확한 옥수수의 질소를 조사하였다. CNS 분석기(Vario-MAX, Germany)를 사용하여 시료를 산화구리와 혼합하여 가열하고 질소를 산화질소의 혼합물로 바꾼 다음, 이것을 가열한 구리층을 통해 N₂의 형태로 바꾸어, 생성된 질소의 부피를 측정하여 질소의 함량을 구하는 Dumas' method of nitrogen estimation으로 분석하여 시료 100g 중의 질소 %를 구하였다.

통계분석

통계분석은 SAS (Statistical Analysis System) 프로그램의 PROC AVOVA procedure를 이용하여 Duncan의 다중 검정방법을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

옥수수 생육특성

헤어리베치를 재배한 후 질소시비수준에 따른 옥수수의 출사기의 초장, 착수고, 경직경, 엽면적지수(LAI; Leaf Area Index) 등 생육특성은 Table 1과 같다. 일반적으로 찰옥수수 연농1호는 타 옥수수 품종에 비해 키가 큰 특성을 보이는데 관행재배인 대조구의 초장은 231.4 cm를 보였다. 헤어리베치를 재배하고 이를 전량 환원한 후 질소시비량에 따른 찰옥수수의 초장은 217~238 cm으로 질소시비량이 10a 당 18 kg이하는 관행재배보다 초장이 적었으나 그 이상의 시비를 할 경우 초장은 길어지는 경향을 보였다. 착수고는 관행재배가 116.8 cm를 보였으며 헤어리베치와 질소시비를 처리한 찰옥수수는 질소시비량이 18 kg이하의 관행재배와 비슷하거나 낮아지는 경향을 보였고 27 kg의 다량의 질소시비는 124.6 cm를 보여 착수고가 관행재배에 비하여 높아지는 경향을 보였다. 일반적으로 착수고는 초장의 약 40~60% 수준을 보이는데(Lee *et al.*, 2009) 착수고가 높으면 도복피해의 우려가 발생하는데 헤어리베치를 녹비로 환원한 후 질소시비량이 18 kg이상일 경우 초장이 길어지고 착수고 높아져 도복의 우려가 있을 것으로 생각된다.

경직경은 23.8 mm의 관행재배와 비교하여 헤어리베치를 재배하고 이를 녹비를 이용하여 재배한 찰옥수수의 경직경은 질소를 전혀 시용하지 않은 것은 20.6 cm를 보였고, 9 kg 질소시비는 21.0 cm, 18 kg은 23.1 cm 그리고 27 kg을 질소를 시용했을 때 23.7 cm를 보여 질소시비량이 많아질수

Table 1. Growth characteristics of waxy corn at silking stege with different N fertilizer rates after hairy vetch cultivation.

	N rate (kg 10a ⁻¹)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Stem diameter (mm)	Dry weight (g plant ⁻¹)		LAI
					Leaf	Stem	
Control	18	231.4b1)	116.8b	23.8b	26.9b	83.1a	5.6a
Hairy vetch	0	217.8a	102.6a	20.6a	22.9a	76.2a	5.3a
	9	222.2a	111.6b	21.0a	26.6b	78.6a	5.5a
	18	237.8b	115.4b	23.1b	27.3b	83.8a	6.4ab
	27	238.0b	124.6c	23.7b	29.5b	92.6b	6.9c

¹⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

록 경직경은 두꺼워지는 경향을 보였다. 건물중의 경우 헤어리베치를 녹비로 환원하고 질소시비를 달리할 경우 0 kg은 잎 건물중이 22.9 g였으며, 9 kg 질소시비 처리가 26.6 g, 18 kg은 27.3 g 그리고 27 kg은 29.5 g을 보였으며 줄기 건물중도 잎 건물중과 비슷한 경향을 보였다. 엽면적지수 역시 헤어리베치와 질소시비량이 18 kg 이상에서 관행재배에 비하여 높은 엽면적지수를 보이는 경향이였다. 일반적으로 엽면적지수가 높으면 잎의 광합성량이 증가하여 생육에 유리하며 균락의 건물생산을 증대시키는데 옥수수의 경우, 수광태세가 좋은 직립엽일 때 최적 엽면적지수는 8 이상이고, 수광태세가 좋지 못한 수평엽일 경우는 2.5~3 사이를 보인다고 하는데 찰옥수수의 엽면적지수가 4.5~6.9 사이를 보이는 것은 찰옥수수인 연농1호의 품종특성에 기인한다고 생각된다.

질소함량

찰옥수수 출사기의 잎과 줄기의 질소함량을 살펴본 결과 헤어리베치를 재배한 후 녹비로 전량 환원하고 질소시비량이 많아질수록 질소함량은 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1). 관행재배의 질소함량은 잎이 2.73%였지만 헤어리베치를 전량 녹비로 환원하고 질소가 0 kg은 2.73%, 9 kg이 4.03%, 18 kg이 4.53% 그리고 27 kg을 시비하였을 경우 4.87%를 보였다. 또한 줄기의 질소함량을 보면 잎과 비슷하게 관행재배보다 헤어리베치와 질소시비를 하여 찰옥수수를 재배한 것이 높아지는 경향을 보였다. Kang *et al.* (1985)는 옥수수 지상부 질소흡수량은 질소시비량이 증가할수록 직선적으로 증가한다는 보고와 Lim *et al.* (2014)의 하천변에서 질소시비량에 따른 질소흡수량의 결과와 비슷하였으며, 이삭의 질소함량은 시비량간에는 차이가 없지만 경엽의 질소함량은 질소시비량이 많을수록 증가한다는 보고(Lee and Choi, 1990)와 비슷한 결과를 보였다.

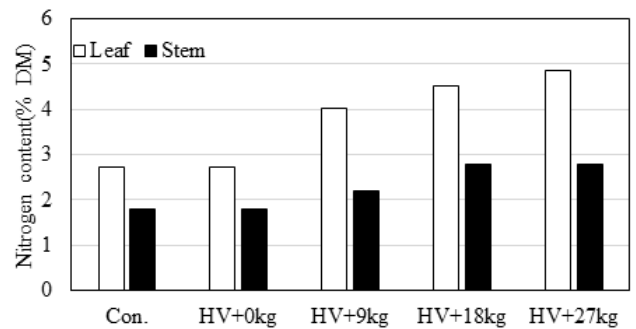


Fig. 1. Nitrogen content of waxy corn with different N fertilizers rates after hairy vetch cultivation.

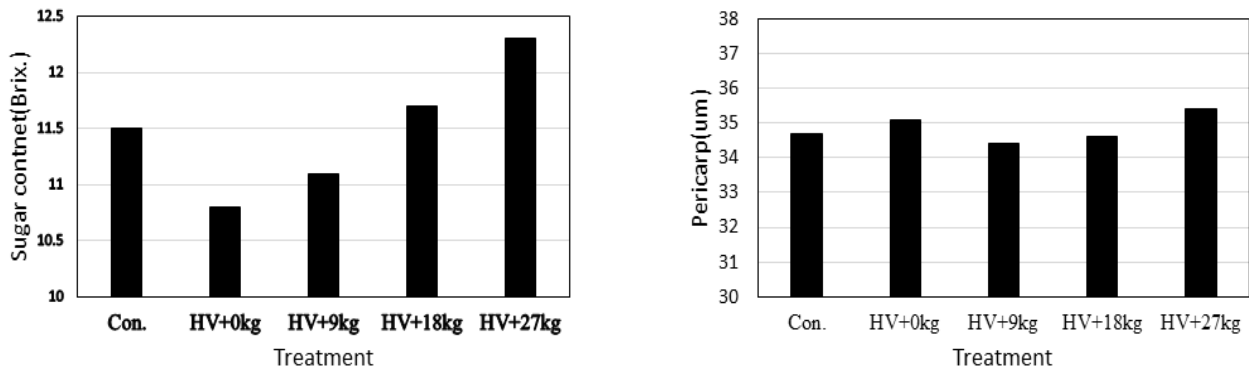
수량과 수량구성요소

녹비작물인 헤어리베치를 재배한 후 이를 전량 녹비로 환원한 다음 찰옥수수를 관행재배의 질소시비량을 기준으로 달리하여 재배했을 경우의 수량과 수량구성요소를 알아본 바, 이삭길이는 관행재배와 비교하여 약간 작거나 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 관행재배의 이삭길이는 188 cm를 보였고, 헤어리베치와 0 또는 9 kg 질소시비는 178 cm와 184 cm였으며 질소시비 수준을 18 kg, 또는 27 kg으로 처리하였을 경우 189 cm와 191 cm를 나타내었다. 그러나 이삭직경은 헤어리베치와 질소 시비 처리한 것이 다소 두꺼워지는 경향을 보였다. Kang *et al.* (1985)은 질소시비량이 증가하면 이삭길이나 두께가 증가하지만 15 kg이상에서는 증가되는 정도가 적다고 하였지만 본 실험 결과 이삭길이는 관행재배와 비교하여 큰 차이를 보이지 않지만 두께는 질소시비량이 많으면 두꺼워지는 결과를 보였다.

100립중은 헤어리베치와 질소시비량이 0 또는 9 kg의 질소시비를 처리한 것이 관행재배보다 다소 작은 27.4 g과 29.7 g을 보였지만 18 kg과 27 kg의 질소시비 처리는 32.6 g과 35.4 g을 보여 관행재배와 비슷하거나 무거운 100립중을 보였다. 또한 단위면적당 수량을 살펴보면 관행재배일 때 858 g을 보였으나 헤어리베치와 질소시비 수준에 따른

Table 2. Yield Components of waxy corn with Cover Crop and Different N Fertilizer Rates.

	N rate (kg 10a ⁻¹)	Ear Length (mm)	Ear Diameter (mm)	100 Kernel Weight (g)	Grain Yield (g m ⁻²)
Control	18	188ab	38.8a	33.5b	858b
Hairy Vetch	0	178a	39.4a	27.4a	716a
	9	184a	41.3a	30.7a	832b
	18	189ab	43.2b	32.6b	848b
	27	191ab	42.1b	35.4b	931d

**Fig. 2.** Sugar content and pericarp of waxy corn with N fertilizer rates after hairy vetch cultivation. HV; hairy vetch.

찰옥수수의 수량은 질소시비량이 증가할수록 증가하였으며 헤어리베치를 재배한 후 이를 전량 녹비로 이용하고 약 9kg의 질소시비를 하였을 때 832 g으로 관행재배와 비슷한 종실 수량을 보였다.

한편, 헤어리베치를 재배한 후 이를 전량 녹비로 이용하고 질소시비 처리에 따른 찰옥수수 종실의 당도를 살펴본 결과 관행재배는 11.5 brix 였으며, 헤어리베치 0 kg의 질소시비 수준이 10.8 brix, 9 kg이 11.1 brix, 18 kg의 질소시비 처리가 11.7 brix 그리고 27 kg의 질소시비 처리가 12.3 brix 수분을 보여 질소시비량이 많아질수록 당도함량이 높아져 식미감을 높여줄 것으로 생각된다(Fig. 2). 또한 과피 두께는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았지만 하천변에서 옥수수를 재배할 때 질소시비량이 증가하면 과피두께가 얇아진다는 보고(Lim *et al.*, 2014)고 있고, Lee *et al.* (1993)은 찰옥수수의 경우 옥수수립의 질감성(tenderness)이 매우 낮아야 하며, 질감성에 크게 영향을 주는 과피의 두께가 50 µm 이하로 얇아야 종실의 과피 두께가 식미에 미치는 영향이 크다고 보고한바 있다. Ho and Hunter (1975), Jung *et al.* (2001)도 씹힘과 과피간에 정의 상관관계를 나타냄으로써 과피가 얇을수록 식미성이 좋다고 하였다. Lee *et al.* (2011) 당도와 과피는 옥수수의 식미를 결정하는 중요한 요소로 당도는 높을수록 상품가치가 올라가고, 과피는 얇을수록 이에

끼이는 것이 없어 식미감이 좋다고 하였는데 헤어리베치를 녹비로 이용하고 질소시비량을 18 kg이하로 재배할 경우 찰옥수수의 품질은 관행재배에 비하여 큰 차이를 보이지 않을 것으로 생각된다.

적 요

이 실험은 녹비작물로 주로 이용되는 헤어리베치를 재배한 후 찰옥수수의 옥수수의 생육과 수량 특성을 알고자 실시하였다. 찰옥수수의 생육 특성은 관행재배에 비하여 헤어리베치를 녹비로 환원하고 질소시비량을 증가할수록 생육 효과를 보였으며, LAI는 18 kg미만일 때 관행재배와 비슷하였다. 이삭 길이는 관행재배의 188 mm와 비교하여 헤어리베치를 녹비로 이용하고 질소시비량이 9 kg이하일 때 다소 감소하였으나 질소시비량이 18 kg 이상일 때 관행재배보다 길었다. 100립중은 헤어리베치와 27 kg의 질소시비량 처리가 35.4 g으로 가장 높았으며 헤어리베치와 0 kg의 질소시비량 처리가 27.4 g으로 가장 적었다. 수량은 헤어리베치와 9 kg의 질소시비량이 관행재배의 수량과 비슷하였으며, 당도는 관행재배에 비하여 헤어리베치와 18 kg 이상의 질소시비 처리에서 더 높았고, 과피 두께는 처리간에 차이를 볼 수 없었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 연구사업(과제번호: PJ00930203)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

인용문헌(REFERENCES)

- Cha, Y. J. 2010. A win-win Situation of preparing fields for planting in river sites of four major rivers. Korea River Association. 6(3) : 14-19.
- Eom, K. C. and S. H. Park. 2012. Effect of Nitrogen Fertilizer on Increasing Yield and Biomass of Maize. KSSF. 10. pp. 229.
- Kang, Y. K., S. U. Park, K. Y. Park, H. G. Moon, and S. J. Lee. 1985. Effects of Compost, Rate and Split Application of Nitrogen on Growth and Yield of Sweet Corn. Korean J. Crop Sci. 30(2) : 140-145.
- Lee, H. B., Y. P. Choi, T. G. Bok, I. K. Song, and H. J. Cha. 2009. Botanical and Ear Characteristics of the Yellow Glutinous Corn Hybrid, Daehakchal Gold 1, at Various Planting Stages. J. Agri. Sci. 36(2) : 123-127.
- Lee, S. S. and S. J. Choi. 1990. Nitrogen Uptake, Yield and Gross Income of Sweet corn as Affected by Nitrogen. Korean J. Crop Sci. 35(1) : 83-89.
- Lee, M. S., T. G. Bok, Y. P. Choi, B. Y. Hong, Y. H. Jo, and H. B. Lee. 2011. Analysis on Botanical Characteristics, Physicochemical Properties Related to Table Qualities of the Developed Waxy Corn Hybrids. Korean J. Crop Sci. 56(1) : 8-13.
- Lee, I. S., B. H. Choe, W. K. Lee and H. B. Lee. 1993. Inheritance of Pericarp Thickness of Waxy Maize. Korean J. Crop Sci. 38(6) : 489-494.
- Lee, H. B., Y. P. Choi, T. G. Bok, I. K. Song, and H. J. Cha. 2009. Botanical and Ear Characteristics of the Yellow Glutinous Corn Hybrid, Daehakchal Gold 1, at Various Planting Stages. J. Agri. Sci. 36(2) : 123-127.
- Lim, J. K., J. H. Chang, Y. J. Rho, J. H. Ryu, D. Y. Chung, and J. W. Cho. 2014. The effect of nitrogen rates on the growth and yield of maize in agricultural fields with the stream. Korean J. Crop Sci. 59 : 101-108.
- Nunez, R. and E. Kamprath. 1969. Relationship bet. N response, plant population and row width on growth and yield of corn. Agron. J. 61 : 279-282.
- Shon, T. S., E. Y. Cho, T. S. Lee, and H. S. Shin. 2011. Computation of Non-point Source Pollutant Loads based on Hydrological Model according to Land Uses in Residential Area. Journal of Korean society of Hazard mitigation. 11(6) : 331-339.