

2기작재배시 후기작 재식밀도에 따른 식용 뜻찰옥수수수의 생육 및 수량

김은석*[†] · 김수경* · 김대호* · 손범영** · 강동주* · 최진룡*** · 송근우*

*慶尙南道農業技術院, **農村振興廳 作物試驗場, ***慶尙大學校 農學科

Effects of Planting Densities on Growth and Yield of Fresh Waxy Corn as Second Crop

Eun-Seok Kim*[†], Su-Kyeng Kim*, Dae-Ho Kim*, Beom-Young Son**,
Dong-Ju Kang*, Zhin-Ryong Choe*** and Geun-Woo Song*

*Kyongnam Provincial ARES, Chinju 660-370, Korea

**National Crop Experiment Station, R.D.A., Suwon 441-100, Korea

***Dep. of Agronomy, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT: Double cropping is important for increase of farm income and rate of arable land utilization. This study was carried out to obtain information for optimum plant density of the second crop in a double cropping system. A waxy corn hybrid, Chalok #2, was sown on July 10 at the first corn cropping site. Growth characteristics and yield response of fresh waxy corn were examined under different planting densities, which were 55.5, 66.6, 83.3, and 111.1 thousands plants ha⁻¹. Plant height was higher under high planting density than low planting density and 154 cm at the 55.5 thousand plants ha⁻¹, and 168 cm at the 111.1 thousand plant ha⁻¹. It showed same trends in ear height and gravity center height. But planting density did not affect root lodging and silking date. At the silking stage, stalk and leaf dry matter weight and leaf area index (LAI) were increased significantly with increasing planting density. Filled ear length was shortened significantly under the highest planting density (111.1 thousand plants ha⁻¹), while ear length and ear diameter were no differences among planting densities. The number of marketable ears increased with increasing planting density, but husked fresh ear weight was the highest at 83.3 thousand plants ha⁻¹ with 11.2MT ha⁻¹ and optimum planting density was estimated as about 80 thousand plants ha⁻¹.

Keywords : corn, double cropping, planting density, growth, yield, *Zea mays* L.

우리나라에서 식용 뜻찰옥수수재배의 시초는 1973년에 도입종 단옥수수인 Golden Cross Bantam 70(GCB 70) 재배에

서 시작된 것으로 알려져 있다. 이 품종은 이삭이 완전히 여물기 전에 수확하여 썰서 먹는 것이 대부분이며 간식용으로 기호도가 높다. 그러다가 1989년부터는 국내에서도 품질이 좋고, 수량이 많은 교잡종 찰옥수수, 단옥수수, 초당옥수수가 육성 보급 되어짐에 따라 뜻옥수수 재배면적이 급격히 늘어 1997년에는 18.1천ha에 이르렀으며, 재배유형도 비닐하우스, 터널, 노지재배 형태로 다양하게 발전되었다. 그러나 출하는 5~7월에 집중되어 있으며, 9~10월은 적은편이다. 뜻옥수수재배는 생육기간이 짧아 남부지역에서는 노지 2기작이 가능하며 경지 이용도를 높일 수 있어 소득이 높은 작부체계로 기대되나 현재까지 2기작재배에 대한 기술이 미흡하여 수량과 상품성이 낮은 것이 문제점으로 지적되었다(Kim *et al.*, 1998). 즉 작물의 수량과 상품성은 품종, 환경조건, 재배기술에 영향을 받으며 2기작재배에서 후기작을 할 때는 지금까지의 관행 재배와는 다른 생육환경에서 자라게 된다. 따라서 재식밀도는 생육과 수량에 밀접한 관련이 있는데 종실용 옥수수 자식계통을 밀식(90천본/ha)과 소식재배(65천본/ha)를 하였을 때 밀식재배에서 절간장이 길어지고 착수고가 높아지며 이삭위 엽수가 많아지고 엽면적도 넓어졌다(Modarrres *et al.*, 1998). 그러나 옥수수 초형에 따라서는 밀식재배로 간장이 단축되고 착수고가 높아지며 종실수량이 감소되었다(Lee, 1994). 또한 재식밀도의 증가는 생육초기에 엽면적 지수를 높여 빛의 차단율 증가로 지상부 건물중을 감소 시키며(Tetio-kagho & Gardner, 1988a; Fery & Janick, 1974), 재식밀도가 감소할수록 뿌리덩이가 커지면서 도복 저항성이 증가 하였다(Seo *et al.*, 1996). 재식밀도에 따른 수량 반응도 다르며(Park *et al.*, 1989; Lee & Back, 1990), 사료용 옥수수에서 m²당 4.3~15.4주까지는 개체당 1이삭이나, 2.3~3.5주는 개체당 2이

[†]Corresponding author: (Phone) +82-591-750-6218 (E-mail) kims1@nces.go.kr <Received May 2, 2000>

삭도 57%, 1.9주까지는 3이삭도 8%나 착생되었으며 재식밀도에 따라 이삭당열수 및 낱알수, 이삭무게도 달라졌다(Tetiokagho & Gardner, 1988b).

우리나라에서 주로 봄에 재배되는 단옥수수의 적정 재식밀도는 이삭수, 이삭중을 고려하여 ha당 65천본이 적절하며 (Park *et al.*, 1987 & 1989), 지금까지 남부지방 노지 풋찰옥수수 재배는 대부분 이 수준을 표준으로 하고 있다. 그러나 2기작재배에서 후기작은 지금까지의 관행 재배인 전기작과는 생육환경이 매우 다르므로 실용화를 위한 자료로 제공코자 재식밀도를 달리하여 생육 및 수량반응을 검토한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 시험은 1997년부터 1998년까지 2년동안 경상남도농업기술원 전작시험포장에서 수행하였다. 파종기는 1기작으로 GCB70을 4월 12일 파종하여 7월 6일 수확한 동일포장에서 7월 10일 재식밀도를 달리하여 찰옥 2호를 직파하고 무피복으로 재배하였다.

재식밀도는 조간거리를 60 cm로 하고 주간거리를 달리하여 ha당 111.1, 83.3, 66.6 및 55.5천본의 4수준을 두었다. 시비량은 질소, 인산, 칼리 및 퇴비를 ha당 각각 150, 130, 130, 10,000 kg으로 하였으며, 질소는 기비와 추비(6엽기)를 50:50%로 분시하였고(추비는 이랑사이 흩어 뿌림), 인산, 칼리 및 퇴비는 전량기비로 로타리하기 전에 사용하였다. 또한 잡초방제를 위하여 파종직후 alachlor입제를 30 kg/ha 살포하였고, 3엽기에 1주 1본씩 남기고 솟음작업을 하였으며, 5엽기에 이랑사이 5 cm정도 깊이로 배토를 1회 하였다. 병충해 방제는 조명나방 방제를 위하여 파종직후 carbofuran 입제를 40 kg/ha 살포 한 후 출용직전(8월 17일)에 fenitrothion 및 출사시(8월 25일)에 phenthoate을 각각 1,000배액으로 하여 1,600 // ha 살포하였다.

시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(1995)에 준 하였다.

결과 및 고찰

간장, 착수고, 중심고 및 도복

2기작에서 재식밀도에 따른 간장, 착수고, 중심고는 Table 1과 같다. 간장은 재식밀도가 가장 낮은 ha당 55.5천본에서 154 cm이었으나 재식밀도가 증가할 수록 점점 커져 111.1천본에서 168 cm이었으며, 착수고와 중심고도 초장과 유사한 경향이었다. 그러나 모든 처리에서 도복은 발생되지 않았다. 재식밀도가 증가함에 따라 간장이 커진 것은 개체간에 햇빛을 향한 경쟁관계가 심했던 결과이며(Park *et al.*, 1989; Modarres *et al.*, 1998), 착수고와 중심고도 간장과 관련이 높다. 또한 재식밀도가 감소 할 수록 뿌리덩이가 커지고 도복저항성이 증가하나(Seo *et al.*, 1996), 본 시험의 모든 처리에서 도복이 없었던 것은 2기작 재배는 전기작보다 생육기간의 단축으로 생육이 저조하며(Kim *et al.*, 1998), 공시된 찰옥 2호가 도복저항성이 강한 품종적 특성 때문이라고 생각되는 한편, 2기작 재배시의 기상은 장마와 태풍이 빈번한 시기이므로 도복의 가능성이 높다. 따라서 내도복성 품종선택과 도복을 경감시킬 수 있는 연구도 이루어져야 할 것이다.

지상부 건물중 변화

옥수수는 다른 작물과 마찬가지로 재식밀도가 건물축적 및 수량에 크게 영향을 미친다. 2기작에서 재식밀도의 차이에 따른 출용시, 출사기 및 수확기에 조사된 단위 면적당 지상부 건물중 변화를 보면(Fig. 1), 2개년 모두 생육 시기별 건물중 증가 양상은 재식밀도간 모두 비슷하나 상대적 건물중은 재식밀도가 증가할 수록 유의적으로 무거워졌다. 단위면적당 건물중은 재배시기나 조건에 따라 크게 다른데 특히 재식밀도와 관련성이 높다. 즉 개체간 생장 경합이 없을 때에는 단위 면적당 재식밀도의 증가로 전체 건물량이 증가하는 것이 일반적이나 개체간 경합이 심해지면 한계 생장에 도달하여 최종수량 일정한 법칙(건물중·밀도=일정)이 성립하여 재식밀도가 더 높은 곳의 개체당 건물중이 감소되어(Duncan, 1958; Tetiokagho & Gardner, 1988a) 단위면적당 건물중이 감소한다. 그

Table 1. Plant, ear, and gravity center height, and root lodging of fresh waxy corn under different planting densities in second crop cultivation.

Planting density (10 ³ plant ha ⁻¹)	Plant height			Ear height			Gravity center height			Root lodging		
	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean
111.1	165	170	168	67	68	67	70	70	70	1	1	1
83.3	164	162	163	63	67	65	66	67	66	1	1	1
66.7	155	156	156	61	61	61	65	65	65	1	1	1
55.5	155	153	154	59	60	60	65	62	63	1	1	1
CV (%)	1.8	4.2	3.1	4.6	4.8	4.4	1.5	1.2	1.7	-	-	-
LSD ₀₅	5.8	NS	6.2	5.6	NS	3.4	2.0	1.5	1.4	-	-	-

NS : not significant.

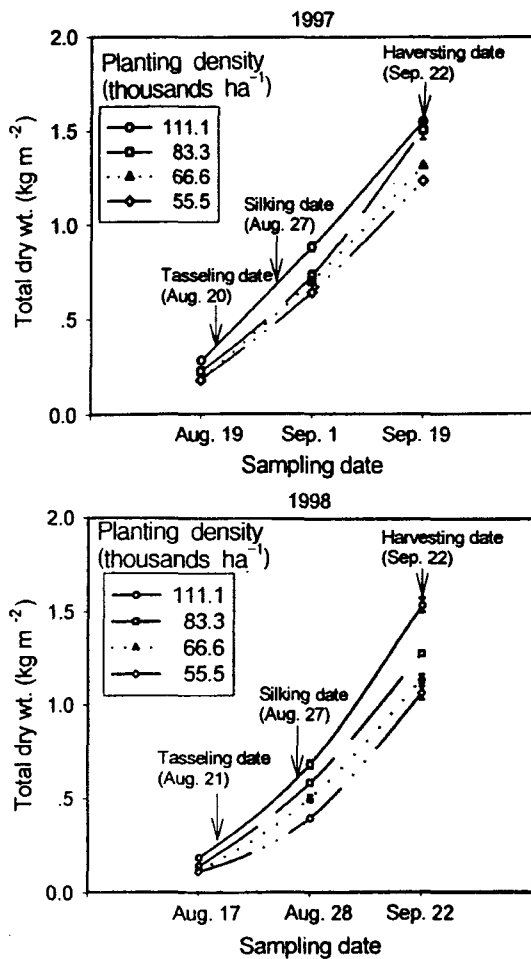


Fig. 1. Changes in dry weight (above : 1997; below : 1998) during growth period of fresh waxy corn under different planting densities as second crop. Vertical bars indicate mean \pm SE.

러나 본 시험에서 밀식할 수록 건물중이 증가한 것은 2기작 성장 기간의 기상 조건이 고온 단일로 옥수수가 기상생태형의 지배를 크게 받아 생식생장으로의 전환이 빨랐기 때문에 밀식처리에서도 개체당 한계 성장에 이르지 못했던 것으로 생각된다.

엽면적 지수

2기작에서 재식밀도 차이에 따른 출사기에 조사한 엽면적 지수는 Fig. 2와 같다. 엽면적지수는 가장 밀식된 ha당 111.1

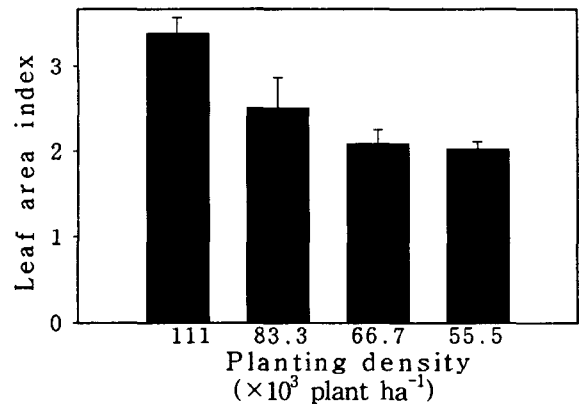


Fig. 2. Comparisons of leaf area index (LAI) of fresh waxy corn under different planting densities at silking stage as second crop. Vertical bars indicate mean \pm SE.

천본에서 3.38로 가장 높았고, 재식밀도가 감소함에 따라 점점 낮아져 83.3천본은 2.50, 66.6천본은 2.08, 55.5천본에서는 2.02였다. 이러한 결과는 재식밀도가 증가함에 따라 개체의 증가로 엽면적 지수가 유의적으로 증가 하였다는 보고(Lee *et al.*, 1985; Tetio-kagho & Gardner, 1988a; Lee & back, 1990)와 유사한 결과이다. 재식밀도 증가로 과도하게 엽면적 지수를 증가시키는 것은 하엽의 광 차단에 의한 엽의 호흡증대로서 수량이 감소되었다(Park *et al.*, 1989). 사료용 옥수수에서 ha당 100천본까지 밀식 할수록 엽면적 지수가 증가 하지만 종실수량이 가장 많은 엽면적 지수는 3~5.6이라고 하였고(Lee *et al.*, 1980), 단옥수수 단작의 경우 2.4~2.5정도에서 최대 수량 반응을 보였다(Park *et al.*, 1989). 따라서 본 시험에서의 찰옥 2호의 경우 ha당 111.1천본 재배는 엽면적지수가 다소 높으며 ha당 66.6 및 55.5천본에서는 다소 낮은 엽면적지수로 나타났다.

출용, 출사 및 수확기

옥수수를 2기작재배 할 때 출사기가 늦으면 저온으로 이삭의 성숙 불량을 유발 할 수 있으므로 상품성이 높은 이삭을 수확하기 위하여 기상생태 반응은 중요한 요인 중의 하나이다. 2기작에서 4수준의 재식밀도 차이에 따른 출용기, 출사기 및 수확기는(Table 2), 각각 8월 20일, 8월 27일, 9월 22일로 재식밀도간에 차이가 없었다. 따라서 소요일수도 각각 42일, 48

Table 2. Tasseling, silking, and harvesting date of waxy corn under different planting densities as second crop in 1997 and 1998.

Planting density (10 ³ plant ha ⁻¹)	Tasseling date	Days to tasseling	Silking date	Days to silking	Harvesting date	Days to harvest
111.1	Aug. 21	42	Aug. 27	48	Sep. 22	76
83.3	Aug. 21	42	Aug. 27	48	Sep. 22	76
66.7	Aug. 21	42	Aug. 27	48	Sep. 22	76
55.5	Aug. 21	42	Aug. 27	48	Sep. 22	76

Mean value of 1997 and 1998.

Table 3. Characteristics of ear length, filled ear length, and ear diameter of fresh waxy corn under different planting densities as second crop.

Planting density (10 ³ plant ha ⁻¹)	Ear length			Filled ear length			Ear diameter		
	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean
	cm								
111.1	17.2	15.7	16.5	15.2	12.6	13.9	4.0	4.1	4.1
83.3	17.4	16.1	16.8	15.8	14.2	15.0	4.0	4.0	4.0
66.7	17.6	16.4	17.0	15.8	14.8	15.3	4.0	4.1	4.1
55.5	17.4	17.1	17.3	15.7	14.9	15.3	4.1	4.2	4.2
CV (%)	1.59	6.16	4.44	3.89	2.55	5.66	1.68	3.43	2.78
LSD _{.05}	NS [†]	NS	NS	NS	1.60	1.03	NS	NS	NS

[†]NS : not significant.

Table 4. Number of ears and husked marketable ear weight of fresh waxy corn under different.

Planting density (10 ³ plant ha ⁻¹)	No. of marketable ears [†]			Husked ear weight		
	1997	1998	Mean	1997	1998	Mean
	10 ³ ears			MT ha ⁻¹		
111.1	71.0	89.9	80.5	10.4	9.3	9.8
83.3	76.6	76.7	77.2	11.4	10.9	11.2
66.7	69.9	65.7	67.7	10.2	9.6	9.9
55.5	53.3	52.2	52.8	8.3	9.3	8.8
CV(%)	3.91	3.73	9.86	3.53	7.08	7.12
LSD _{.05}	10.34	5.32	8.44	0.77	NS [‡]	0.87

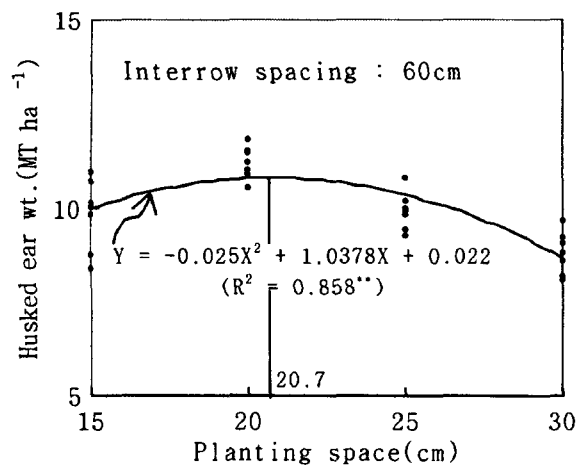
[†]No. of ears over 15 cm in ear length, [‡]NS : not significant.

일, 76일로 처리간에 동일하였다. 재식밀도 차이에 따른 기상 생태반응 대하여 소식보다 밀식할수록 개체의 생육량 차이에 의해 개화 일수가 다소 지연되었다고 하였으나(Lee, 1994), 일반적으로 옥수수는 단일과 고온에 의해 용수의 개화와 자수의 출사가 촉진되는 작물로 알려져 있어(Park *et al.*, 1987), 2기작재배인 본 시험에서는 재식밀도효과 보다 단일과 고온에 의한 효과가 더욱 커서 재식밀도에 의한 출용, 출사기의 문제는 없을 것으로 생각되었다.

이삭특성 및 수량

Table 3에서는 재식밀도에 따른 이삭의 특성을 나타내었는데, 이삭길이는 재식밀도가 높을 수록 다소 짧아지는 경향으로 나타났고, 착립장은 ha당 111.1천본에서 다른 재식밀도보다 유의적으로 짧았으나 이삭폭은 차이를 보이지 않았다. 재식밀도 차이에 따른 옥수수의 이삭특성에 대하여 이삭길이와 착립장이 밀식에서 짧아진 것은 성장 경합에 의한 개체의 생육이 저조했던 결과로 생각된다(Park *et al.*, 1989). 또한 표 4에서 이삭수와 이삭중을 보면 상품(15 cm이상) 이삭수는 가장 밀식인 ha당 111.1천본에서 2개년 평균 80.5천개인 반면 재식밀도가 감소함에 따라 점점 적어져 가장 소식인 55.5천본에서 52.7천개이었다. 그러나 이삭중은 재식밀도가 증가함에 따라 증가하다가 ha당 83.3천본에서 11.2MT로 가장 무거웠고, 가장 밀식인 111.1천본에서는 오히려 감소하였다. 재

식밀도가 증가함에 따라 이삭수가 증가한 것은 단위면적당 개체수의 증가에 의한 것이나, 과도한 밀식은 오히려 이삭중이 감소하므로 이삭중이 최대가 되면서 이삭수가 많은 재식밀도의 선정이 중요하다. 조건거리를 60 cm로 하고 주간거리 조절에 의한 이삭중의 변화를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 이삭중(\hat{Y})과 주간거리(X)간에는 $-0.025X^2 + 1.0378X + 0.022$ ($R^2=0.858$) 의 식으로 최대 이삭중을 계산한 결과, 주

**Fig. 3.** A quadratic relationship between husked ear weight and planting density of fresh waxy corn as second crop.

간거리는 20.7 cm 즉 ha당 약 80천본으로 추정되었다. 식용 풋옥수수 2기작 재배는 1기작인 관행재배와는 재배환경이 매우 다른 상태에서 재배되어진다. 즉 1기작이나 관행재배는 생육 초기에는 저온, 단일하에서 성장되다가 생육이 진전됨에 따라 점점 고온, 장일에 조우되는 반면, 2기작은 대체로 그 반대 경향이다. 그러므로 2기작은 생육 초·중기까지 고온, 단일에 의해 급속한 생장의 진행으로 충분한 영양생장을 갖지 못하고 생식생장으로의 전환이 빠른 점을 감안하면 관행재배보다 다소 밀식인 ha당 약 80천본에서 재배하는 것이 유리하다고 할 수 있을 것이다.

적 요

남부지방 노지에서 식용 풋옥수수 2기작 재배시 적정 재식거리를 구명하기 위하여 1997년부터 1998년까지 2년간에 걸쳐 풋옥수수로 적합한 착육 2호를 7월 10일 파종하였다. 재식밀도는 ha당 55.5천본, 66.6천본, 83.3천본, 111.1천본으로 달리하여 주요 생육특성 및 수량반응을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 간장은 재식밀도가 ha당 55.5천본일때 평균 154 cm이었으나, 재식밀도가 증가할 수록 커져 111.1천본에서는 168 cm로 컸다. 또한 착수고와 중심고도 유사한 경향을 보였으며, 재식밀도 차이에 따른 도복은 없었다.

2. 출사기에 조사한 단위면적당 건물중은 재식밀도의 증가에 따라 무거워졌고, 엽면적지수도 건 물중과 비슷한 경향이 있었다.

3. 2기작에서 출사기는 재식밀도간에 차이가 없이 8월 27일로 동일하였다.

4. 이삭길이와 이삭폭은 재식밀도간에 유의적인 차이가 없었으나, 착립장은 가장 밀식인 ha당 111.1 천본에서 짧았다. 이삭수는 재식밀도가 증가함에 따라 많아졌으나, 이삭중은 ha당 83.3천 본에서 2개년 평균 11.2MT으로 가장 무거워 적정 재식밀도는 약 80천본으로 추정되었다.

引用文獻

- Duncan, W. G. 1958. The relationship between corn population and yield. *Agron. J.* 50:82-84.
- Fery, R. L. and J. Janick. 1974. Response of corn (*Zea mays* L.) to population pressure. *Crop Sci.* 11(2):220-224.
- Kim, E. S., S. K. Kim, B. Y. Son, D. H. Kim, and D. J. Kang. 1998. Growth characteristics and yield of fresh vegetable corn in double cropping. *RDA. J. Crop Sci.* 40(2):166-170.
- Lee, H. J., M. J. Cho, and H. S. Lee. 1985. Effect of canopy reforming on light penetration into crop community and yielding in corn. *Korean J. Crop Sci.* 30(1):76-83.
- Lee, M. H. 1994. Growth and yield response of corn hybrids with different canopy types to planting density. *Korean J. Crop Sci.* 39(4):353-358.
- Lee, S. S. and J. H. Back. 1990. Effect of plant populations on the number and weight of ear and cross income in sweet corn. *Korean J. Crop Sci.* 35(2):117-121.
- Lee, S. S., K. Y. Park, S. K. Kim, S. V. Park, H. G. Moon, Y. S. Ham, and D. H. Bae. 1980. Grain and silage yields of a maize single cross hybrid (*Zea mays* L.) at different plant population and fertilizer levels. *Res. Rept. RDA (crops)*. 22:128-133.
- Modarres, A. M., R. I. Hamilton, M. Dijak, L. M. Dwyer, D. W. Stewart, D. E. Mather, and D. L. Smith. 1998. Plant population density effects on maize inbred lines grown in short-season environments. *Crop Sci.* 38(1):104-108.
- Park, S. U., K. Y. Park, Y. K. Kang, H. G. Moon, and S. K. Jong. 1987. Effect of plant density on growth and yield of sweet corn hybrid. *Korean J. Crop Sci.* 32(1):92-96.
- Park, K. Y., Y. K. Kang, S. U. Park, and H. G. Moon. 1989. Effects of planting density and tiller removal on growth and yield of sweet corn hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 34(2):192-197.
- Seo, J. H., S. J. Han, H. J. Lee, J. D. Kim, S. U. Park, and K. Y. Park. 1996. Relationships between varieties and planting density on root lodging in maize. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1):185-191.
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988a. Responses of maize to plant population density. I. canopy development, light relationships, and vegetable growth. *Agron. J.* 80(6):930-935.
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988b. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield, and yield adjustments. *Agron. J.* 80(6):935-940.