

播種期와 栽植密度가 單交雜種옥수수의 生育 및 種實收量에 미치는 影響

趙載英* · 權赫之* · 姜榮吉** · 鄭丞根***

Effect of Plant Density and Planting Date on Growth and Grain Yield of Maize Hybrids

Cho, J. Y. *, H. J. Kwon*, and Y. K. Kang**, S. K. Jong***

ABSTRACT

Two single cross maize hybrids planted on May 4 and 25 and June 15, 1982 were grown at 40,000:55,000 70,000 and 85,000 plants per hectare to evaluate plant density effect on growth and grain yield at different planting dates. Two hybrids with different leaf angle (Suweon 19 with horizontal leaves and Suweon 58 with erect leaves) and the same maturity were used.

The number of days from planting to silking varied from 74 to 58 days as planting was delayed from May 4 to June 15. However, growing degree days from planting to silking was about 810°C regardless planting dates. Grain yields of two hybrids were significantly decreased as planting was delayed. The number of ears per 100 plants and the number of kernels per ear of two hybrids were linearly decreased with increasing plant density. The optimum plant density for Suweon 19 estimated by Duncan's method was about 55,000 plants hectare for May 4 and 25 plantings and decreased to 32,000 plants/hectare for June 15 planting. The optimum density for Suweon 58 was estimated to be about 71,000 plants/hectare for May 4 planting and 54,000 plants/hectare for May 25 planting, respectively.

緒 言

옥수수는 大體로 分蘖力이 없고 單雌穗性으로 適正栽植密度보다 疎植하면 100本當 이삭數와 穗當粒數는 많으나 單位面積當 이삭數가 적어 크게 減收되며 適正栽植密度보다 密植하면 포기間 競爭이 커서 이삭이 달리지 않은 포기의 發生이 많아지고 이삭이 작아서 收穫勞力이 많이 들 뿐 아니라 種實收量 減少가 크므로 適正立毛의 維持가 重要하다. 最大 收量을 爲한 옥수수의 栽植密度는 品種, 氣象環境, 栽培

條件 등에 따라 다르다. 一般的으로 耐到伏性이 弱한 在來種과 合成品種보다 交雜種이, 晩生種보다 早生種이, 長稈種보다 短稈種이 密植에 더 適應하는 것으로 알려져 있다.^{1,5,9,13,18)} 最大收量을 위한 栽植密度는 土壤肥沃도가 높을 수록, 施肥量이 많을 수록 높고 土壤水分이 充分할 때 높다.^{4,5,9,18)} Dungan *et al*⁵⁾은 早播하는 것이 보다 密植에 適應할 것이라고 하였는데 水原에서 4月 25日 以後 播種이 遲延됨에 따라 穗當粒數가 적어지고 이삭이 달리지 않은 포기가 約 20% 생겼다는 李等¹⁴⁾의 報告로 보아 播種이 遲延되면 適正栽植密度는 낮아질 것 같다. 우리나라

* 高麗大學校 農科大學, ** 作物試驗場, *** 忠北大學校 農科大學

* College of Agriculture, Korea University, Seoul 132, ** Crop Experiment Station, Suwen 170,

*** College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 310, Korea.

에서의 單交雜種 옥수수를 種實用으로 栽培할 때 適正栽植密度는 10a當 約 4000~6700本으로 알려져 있고 싸이레지용으로 栽培할 때는 種實用보다 20~30% 密植하게 된다.^{13,15)}

李等¹³⁾은 水原에서 10a當 栽植密度를 4,000本에서 10,000本으로 增加시키기에 따라 葉面積指數도 3.3에서 7.6으로 增加하였다고 報告하였다. Pendleton et al¹⁶⁾은 葉面積指數가 約 4인 一般型 옥수수의 이삭 上位葉을 受粉에서 收穫期까지 約 10° 直立이 되도록 人爲으로 維持시켰을 때 14%의 種實收量 增加를 보였다고 하였고 Lambert Johnson¹⁷⁾도 葉舌이 없는 直立型 交雜種이 葉舌이 있는 一般型보다 7,500~9,000本/10a에서 7~13% 增收되고 受光量도 많다고 하였다. 그러나 直立型和 一般型 옥수수 間에 收量差異가 없다는 報告^{8,19,21)}도 있어 우리나라에서 直立性 交雜種의 栽植密度反應을 檢討할 必要가 있다. 本 試驗은 播種期와 栽植密度의 差異에 따른 一般型和 直立型 單交雜種 옥수수의 收量構成 形質의 變異와 播種期別 適正栽植密度를 檢討하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1982年 水原에 있는 作物試驗場 田作圃場에서 單交雜種인 水原 19號와 水原 58號를 供試하여 實施하였으며 試驗圃場은 江西細砂壤土이고 pH가 6.1, 有機物含量이 1.4%, 有效磷酸이 128 ppm, 置換性 K, Ca, Mg이 各各 100g當 0.12, 3.5, 0.8 me였다. 出絲期 上位 11葉의 平均葉角(稈과 이루는)은 水原 19號가 83° 이었고 水原 58號가 60° 로 水原 58號는 直立의 草型을 가지고 있었다. 播種은 5月 4日, 5月 25日, 6月 15日에 畦間을 60cm로 하고 株間을 42, 30, 24, 20cm의 間隔으로 2粒씩 點播하였으며 4~5葉期에 株當 1本, 또는 2本(隣接株가 缺株가 되었을 때)을 남기고 숙아주어 10a當 4,000, 5,500, 7,000, 8,500本이 되도록 하였다. 基肥로 窒素, 磷酸(P_2O_5), 加里(K_2O) 10a當 各各 9, 15, 15kg를 複合肥料(18-18-18)에 용성인비와 염화가리를 混合하여 播溝施肥하였고 迫肥로 옥수수 7~8葉期에 10a當 窒素 9kg을 尿素로 施用하였다. 區當面積은 1,2反復이 48m²로 10m씩 8줄을, 3,4反復이 12m²로 5m씩 4줄을 심었다. 試驗區 配置는 播種期別로 品種을 主區로 하고 栽植密度를 細區로 한 分割區 配置 4反復으로 하였다.

生理的 成熟期 以後에 1,2反復은 가운데 4줄 3·

4反復은 가운데 2줄의 3m 내의 모든 이삭을 收穫하였고 乾燥臺에서 말려 脫穀한 後 種實收量과 100粒重을 調査하였으며 電氣式 穀物 水分測定器(Burrows Model 700 Digital Moisture Computer)로 水分含量을 測定하여 穀物水分이 15.5%가 되도록 種實收量과 100粒重을 補正하였다. 其他 收量에 關聯된 形質은 農事試驗研究 調查基準(1977) 옥수수편에 따라 調査하였다. 播種에서 出絲期까지의 有效積算溫度(Growing degree days, GDD)는 다음과 같이 Gilmore·Rogers⁶⁾의 公式을 利用하였다.

$$GDD = \sum \left(\frac{\text{日最高氣溫} + \text{日最低氣溫}}{2} - 10 \right)$$

但 最低氣溫이 10℃以下이면 10℃로, 最高氣溫이 30℃以上이면 30℃로 代置하였다.

本 試驗期間의 氣象을 平年('77~'81年 平均)과 比較해 보면 平均氣溫은 別로 差異가 없었으나 日射量과 降雨量은 顯著히 달랐다. 降雨量의 境遇 5月은 165.3mm로 平年보다 117.6mm가 많았으나 6月 上旬에서 7月 上旬까지 겨우 7.8mm의 降雨量을 보여 7月 上旬에 5月 4日과, 25日 播種區가 萎凋現象을 보였다. 그러나 7月 中旬과 下旬의 223.2mm의 降雨로 土壤水分不足이 解消되었다. 5月 上旬에서 9月 下旬까지의 日射量은 降雨量과는 反對로 平年보다 11.5kcal/cm²가 많았다.

病蟲害發生 程度를 보면 개썩무늬병은 5月 4日과 25日 播種區에는 거의 發病되지 않았고 6月 15日 播種區에서는 多少 發病되었으나 收量에는 거의 影響을 주지 않았던 것으로 여겨진다. 5月 4日 播種區의 萎縮바이러스 羅病株率은 水原 19號가 約 3%, 水原 58號가 約 7%였으며 羅病程度도 아주 輕微하였으나 播種期가 늦어짐에 따라 羅病株率과 程度가 커서 5月 25日 播種區의 水原 19號가 約 10%, 水原 58號가 約 30%의 羅病株率을 보였고, 한편 6月 15日 播種區의 境遇 水原 19號는 約 30%의 羅病株率을 보였을 뿐 아니라 羅病程度도 輕微하였으나 水原 58號는 100% 羅病되었고 羅病程度도 매우 甚하였다. 2화기의 조명나방 被害株率은 約 30%였으며 6月 15日 播種區에서 이보다 多少 적은 편이었다. 5월은 5月 4日과 25日 播種區의 登熟後期에 發生하여 100粒重을 減少시켰지만 6月 15日 播種區에서는 乳熟期에 發生하였으나 藥劑 防除와 發生後의 比較의 低溫으로 因한 응에 增殖이 抑制되어 被害가 거의 없었다.

結果 및 考察

1. 出現 및 出絲日數

播種에서 出現까지의 平均地溫(地中 5cm)은 5月 4日, 5月 25日, 6月 15日 播種區가 各各 18.0, 22.0, 25.6°C로 出現日數는 地溫이 높아짐에 따라 5月 4日 播種區가 9日에서, 5月 25日 播種區가 6日, 6月 15日 播種區가 5日로 短縮되었다. 平均地溫을 利用하여 播種에서 出現까지 期間을 有效積算溫度로 表示하면 5月 4日과 25日 두 播種區가 모두 72°C, 6月 15日 播種區가 77°C로 播種期間 차이가 적어 播種後 土壤水分이 發芽에 알맞을 境遇 有效積算溫度를 利用하여 出現期를 推定할 수 있음을 示唆하고 있다. 美國에서도 播種에서 出現까지의 有效積算溫度는 約 75°C로 알려져 있다.²⁰⁾

播種期 및 栽植密度에 따른 播種에서 出絲까지 所要日數(出絲日數)와 같은 期間의 有效積算溫度는 表 1에서 보면 出絲日數는 5月 4日 播種區에서 73~76日이었고 播種이 遲延 될수록 減少하여 6月 15日 播種區에서 57~60日이었으나 播種에서 出絲까지 期間을 有效積算溫度로 表示하면 播種期間에 差異가 적어 6月 15日 播種區의 水原 58號를 除外하고는 어느 時期에 播種하더라도 播種後 約 810°C가 되면 出絲하여 李等¹⁴⁾의 報告와 거의 一致하여 交雜種의 生育期間을 有效積算溫度로 表示하는 것이 보다 合理的인 것으로 여겨진다. Gilmore·Rogers⁶⁾도 같은 交雜種은 年次, 播種期, 地域이 달라도 生育期間의 有效積算溫度는 비슷하다고 하였다. 두 交雜種의 出絲日數는 거의 같았으나 6月 15日 播種된 水原 58號는 萎縮바이러스의 甚한 羅病으로 水原 19號보다 2日 더 所要되었다. 10a當 7,000本 以上の 栽植密

Table 1. Number of days and growing degree days(GDD) from planting to silking of two maize hybrids as affected by planting date and plant density.

Planting date	Plant density (plants/ha)	Days		GDD(°C)	
		Suweon 19	Suweon 58	Suweon 19	Suweon 58
4 May	40,000	73	74	792	806
	55,000	73	74	792	806
	70,000	74	74	806	806
	85,000	74	76	806	827
25 May	40,000	64	64	805	805
	55,000	64	64	805	805
	70,000	65	64	819	805
	85,000	65	64	819	805
15 June	40,000	57	59	808	840
	55,000	57	59	808	840
	70,000	57	60	808	855
	85,000	58	59	825	840

度에서는 出絲가 1日 遲延되었다.

2. 着穗高, 稈長, 稈徑, 倒伏

播種期別 栽植密度에 따른 두 交雜種의 着穗高, 稈長, 稈徑과 倒伏 程度를 보면 表 2와 같다.

6月 15日 播種區에서의 水原 19號의 着穗高와 水原 19號의 稈長이 栽植密度의 增加에 따라 直線的인 增加를 보였던 것을 除外하고는 栽植密度에 따른 着穗高와 稈長の 變異는 5% 水準에서 有意한 傾向이 없었다. 5月 25日 播種區에서 두 交雜種의 稈長이 比較的 적었던 것은 節間伸長期인 7月 上旬에 土

壤水分 不足에 基因되었던 것으로 보여진다. 稈徑은 萎縮바이러스가 甚하게 羅病되었던 6月 15日 播種區의 水原 58號를 除外하고는 栽植密度의 增加에 따라 播種期에 關係없이 두 交雜種 모두 直線的인 稈徑의 減少를 보여 李等¹³⁾의 報告와 비슷하였다. 10a當 7,000本 以上 密植할 境遇 成熟期에 多少의 倒伏이 있었으나 收量에는 크게 影響을 미치지 않았을 것으로 보인다.

3. 收量構成要素, 種實收量, 適正栽植密度

播種期別 栽植密度와 두 交雜種의 收量構成要素와

Table 2. Effect of plant density on ear height, culm length and diameter, and lodging of two maize hybrids at three planting dates.

Planting date	Plant density (plants/ha)	Ear height(cm)		Culm length(cm)		Culm diameter(cm)		Lodging(1-5)	
		Suweon 19	Suweon 58	Suweon 19	Suweon 58	Suweon 19	Suweon 58	Suweon 19	Suweon 58
4 May	40,000	124	113	235	224	3.1	2.8	1.0	1.3
	55,000	127	118	238	234	2.9	2.8	1.0	1.5
	70,000	131	118	245	229	2.7	2.5	2.3	2.0
	85,000	132	120	247	236	2.5	2.3	2.3	2.3
	Fit ^{a)}	NS	NS	NS	NS	L	L		
25 May	40,000	113	114	227	233	2.9	2.9	1.0	1.0
	55,000	110	115	233	227	2.7	2.7	1.3	1.0
	70,000	115	107	227	213	2.4	2.5	2.0	1.5
	85,000	125	112	229	222	2.4	2.3	2.0	1.5
	Fit	NS	NS	NS	NS	L	L		
15 June	40,000	105	89	241	209	2.7	2.6	1.0	1.0
	55,000	112	99	241	219	2.6	2.4	1.0	1.3
	70,000	107	100	252	220	2.5	2.5	1.3	1.3
	85,000	114	102	254	220	2.5	2.4	1.3	1.8
	Fit	NS	L	L	NS	L	LS		

a) Results of regression analysis : L=linear, NS =not significant.

의 關係는 그림 1 과 같다.

萎縮바이러스 羅病이 甚하여 栽植密度에 反應이 欠

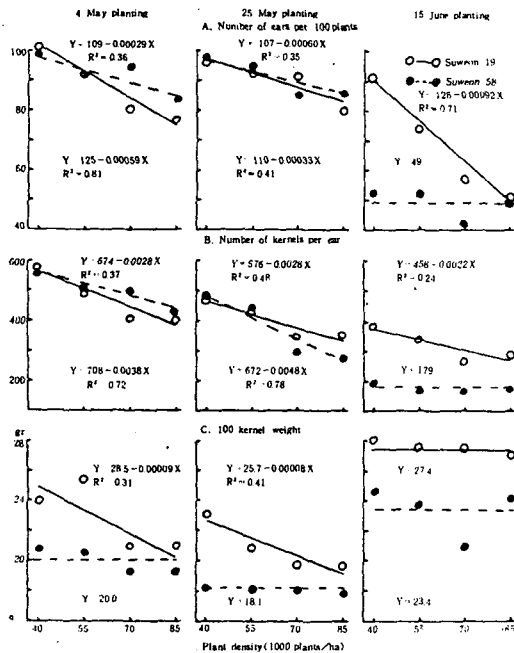


Fig. 1. Grain yield components of two maize hybrids as affected by plant density at three planting dates.

히 없었을 뿐 아니라 100本當 이삭數가 約 50 이었고 穗當粒數가 約 180粒에 지나지 않았던 6月 15日 播種區의 水原 58號를 除外하고는 100本當 이삭數와 穗當粒數는 密植할 수록 直線的인 減少를 보여 Dungan *et al*⁵⁾, 李等¹²⁾ Rossman·Cook¹⁸⁾의 報告와 비슷하였다. 特히 6月 15日에 播種할 境遇 營養生長期間이 짧고 密植할 수록 포기간 競爭이 커져서 雌穗가 發達하지 못하는 포기가 많아지고 花粉飛散보다 出絲가 遲延되어 100本當 이삭數가 10a當 4,000本에서 90個였으나 8,500本에서 50個로 줄어들었다. 李等¹⁴⁾도 水原에서 水原 19號를 10a當 5,500本으로 固定하여 3月 26日부터 15日 間隔으로 7月 9日까지 播種하였을 때 5月 25日까지는 포기當 平均 이삭數가 1個였으나 6月 9日 以後에는 0.8個라고 報告하였다.

5月 4日과 25日 播種한 水原 19號의 100粒重은 密植할 수록 直線的인 減少를 보였으나 6月 15日 播種區의 水原 19號는 5%水準에서 栽植密度間 有意한 差異가 없었다. 水原 58號는 어느 播種期間에서도 栽植密度間에 有意한 100粒重 差異가 認定되지 않았다. Hanway·Russel⁷⁾과 李等¹²⁾은 密植에 依하여 100粒重이 적어진다고 하였으나 李等¹³⁾은 栽植密度間에 顯著한 100粒重 差異를 發見하지 못하였다. 6月 15日 播種區의 100粒重이 5月 5日과 25日

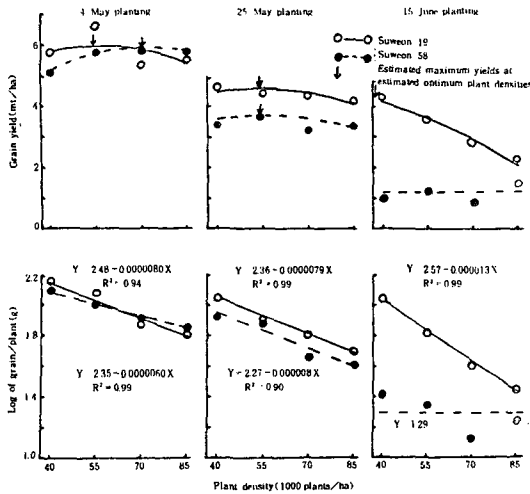


Fig. 2. Relationship between the logarithms of yield per plant and plant density, and the corresponding yields per hectare and plant density at three planting dates.

播種區보다 오히려 부거웠던 것은 6월 15일區에서穗當粒數가 적고 응애의被害가 거의 없는데基因된 것 같다. 10a當 種實收量은 그림 2에서 보는 바와 같이 5월 4일 播種區에서는 水原 19號가 590kg, 水原 58號가 560kg으로 두 交雜種이 비슷한 收量을 보였다. 5월 4일 播種에 比하여 5월 25일 播種은 水原 19號가 24%, 水原 58號가 33%의 減收를 보였으며 6월 15일 播種區에서는 顯著히 減收되었다. 李等¹⁴⁾도 水原 19號의 種實收量은 3월 26일부터 4월 25일까지는 播種期間 差異가 없었으나 그以後 播種이 늦어짐에 따라 크게 減少하였다고 하였다. Johnson·Mulvaney¹⁵⁾은 Illinois州에서 5월 20日以後 播種에서는 옥수수 種實收量이 크게 減少하였다고 하였다. 播種이 遲延될 수록 收量減少는 100本當 이삭數와 穗當粒數의 減少에 基因하였다. Duncan⁴⁾은 美國 옥수수 地帶의 一般의인 栽培密度에서는 個體當 平均 種實重의 對數와 栽培密度間에 一次回歸式이 成立하고 이것을 指數로 表示하면 $y = K10^{bp}$ (y = 個體 平均 種實重, b = 回歸係數, p = 栽培密度, k = 常數)가 된다고 報告하였다. 따라서 單位面積當 收量은 $PK10^{bp}$ 가 成立되고 最大收量을 얻을 수 있는 栽培密度는 $-1/2.303b$ 가 된다. 이 方法의 妥當性은 Brown *et al*²⁾, Carmer·Jackobs³⁾, 若田⁹⁾에 依하여 確認되었다. 本 試驗에서도 그림 2에서 보는 바와 같이 포기當 平均 種實重의 對數와 栽培

密度間에는 6월 15日 播種區의 水原 58號를 除外하고는 一次回歸式이 成立되었다. Duncan⁴⁾의 方法에 依하여 推定된 適正栽培密度는 5월 4日과 25日에 播種된 水原 19號가 10a當 5,500本이었고 6월 15日 播種區의 境遇는 3,200本이었다. 直立型인 水原 58號의 適正栽培密度는 5월 4日 播種區의 境遇 7,100本으로 水原 19號보다 높아 密植適應性이 높은 것으로 보여지나 收量은 水原 19號와 差異가 없었고 5월 25日 播種區에서는 5,400本으로 水原 19號와 適正 栽培密度의 差異가 없었다. 옥수수를 싸이레지用으로 심을 때 種實用보다 20~30% 密植하는 것이 總乾物收量이 많은데^{13,15)} 密植條件에서 直立性 옥수수가 一般型보다 增收한다는 報告^{11,16,17)}가 있으므로 싸이레지用으로 直立性 옥수수의 收量性은 年次를 달리하고 比較的 많은 交雜種을 供試하여 檢討할 必要가 있다.

摘 要

單交雜種 옥수수인 水原 19號(一般型)와 水原 58號(直立型)를 10a當 4,000, 5,500, 7,000, 8,500本の比率로 各各 5월 4日, 5월 25日, 6월 15日에 播種하여 播種期와 栽培密度가 옥수수 및 收量形質에 미치는 影響을 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 播種에서 出絲까지 日數는 5월 4日 播種區가 74日이었으나 播種期가 遲延됨에 따라 減少하여 6월 15日 播種에서는 58日로 短縮되었고 密植에 依하여 出絲期가 1日 늦어졌다. 播種에서 出絲까지 期間을 有效積算溫度로 表示하면 어느 時期에 播種하더라도 約 810°C가 所要되었다.

2. 100本當 이삭數와 穗當粒數는 栽培密度가 增加함에 따라 直線의으로 減少되었다.

3. 5월 4日과 5월 25日 播種한 水原 19號의 100粒重은 密植할 수록 直線의인 減少를 보였으나 水原 58號의 100粒重은 어느 播種期에서도 栽培密度間 有意한 差異가 없었다.

4. 播種이 遲延됨에 따라 두 交雜種의 種實收量은 크게 減少하였으며 특히 水原 58號가 顯著하였다.

5. Duncan의 方法에 依하여 推定한 適正栽培密度는 水原 19號가 5월 4日과 25日 播種時에는 10a當 約 5,500本이고 6월 15日 播種에서는 3,200本이었다. 水原 58號는 5월 4日 播種區가 約 7,100本, 5월 25日 播種區가 約 5,400本이었다.

引用文獻

1. Arnon, I. (1974) Mineral nutrition of maize. International Potash Institute, Bern-Worblaufen /Switzerland.
2. Brown, R.H., E.R.Beaty, W.J.Ethredge, and D.D.Hayes(1970) Influence of row width and plant population on yield of two varieties of corn(*Zea mays* L.). Agron. J. 62 : 767-770.
3. Carmer, S.C. and J.A.Jackobs(1965) An exponential model for predicting optimum plant density and maximum corn yield. Agron. J. 57 : 241-244.
4. Duncan, W.G. (1958) The relationship between corn population and yield. Agron. J. 50 : 82-84.
5. Dungan, G.H., A.L. Lang, and J.W. Pendleton (1958) Corn plant population in relation to soil productivity. Adv. Agron. 10 : 436-471.
6. Gilmore, E.C.Jr., and J.S. Rogers(1958) Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50 : 611-615.
7. Hanway, J. J. and W.A. Russell(1969) Dry matter accumulation in corn(*Zea mays* L.) Plants: comparisons among single-cross hybrids. Agron. J. 61 : 947-951.
8. Hicks, D.R., and R.E.Stucker(1972)Plant density effect on grain yield of corn hybrids diverse in leaf orientation. Agron. J. 64 : 484-487.
9. 岩田文男(1973) トウモロコシの栽培理論とその實證に關する作物學的研究. 東北農試研報 46 : 63-129.
10. Johnson, R.R. and D.L.Mulvaney(1980) Development of a model for use in maize replant decisions. Agron. J. 72 : 459-464.
11. Lambert, R.J. and R.R. Johnson(1978) Leaf angle, tassel morphology, and the performance of maize hybrids. Crop Sci. 499-502.
12. 李東右・韓世紀・金起植・洪正基(1981) 施肥量 및 栽植密度가 옥수수品種의生育 및 收量에 미치는影響. 李正行 博士回甲紀念論文集 212-217.
13. 李錫淳・朴根龍・金順權・朴勝義・文賢貴・咸泳秀・裴東鎬(1980) 施肥量과 栽植密度가 單交雜種 옥수수의生育과 種實 및 Silage 收量에 미치는影響. 農試報告 22輯(作物): 128-133.
14. 李錫淳・朴根龍・鄭丞根(1981) 播種期가 種實 및 싸일레이지 옥수수의生育期間 및 收量에 미치는影響. 韓作誌 26 : 337-343.
15. 朴根龍・咸泳秀・李錫淳(1979) 韓國의 옥수수生産現況과 育種方向. 趙載英 博士回甲紀念論文集 187-199.
16. Pendleton, J.W., G.E. Smith, S.R. Winter, and T.J. Johnston(1968) Field investigations of the relationships of leaf angle in corn(*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron. J. 60 : 422-424.
17. Pepper, G.E., R.B. Pearce, and J.J. Mock(1977) Leaf orientation and yield of maize. Crop Sci. 17 : 883-886.
18. Rossman, E.C. and R.L. Cook(1966) Soil preparation and date, rate, and pattern of planting. pp.53~101 In Advance in Corn Production : principles and practices. Iowa state university press, Ames, Iowa.
19. Russell, W.A. (1972) Effect of leaf angle on hybrid performance in maize(*Zea mays* L.). Crop Sci. 12 : 90-92.
20. Texas Agricultural Experiment Station(1980) A dynamic growth and development model for maize(*Zea mays* L.). Texas Agric. Exp. Stn. Program and Model Documentation No. 80-2.
21. Whighan, D.K., and D.G. Woolley(1974) Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agron. J. 66 : 482-486.