〔韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 39(4) : 353~358(1994)〕

# 옥수수 草型별 栽植密度에 따른 生育 및 收量反應

李 明 薰*

# Growth and Yield Response of Corn Hybrids with Different Canopy Types to Planting Density

Myoung Hoon Lee*

**ABSTRACT** : Grain yields of erect-leaved corn hybrids were reported to be increased as planting density(PD) increased compared to those of horizontal leaf type hybrids. This trial was conducted to investigate the difference between erect and horizontal-leaved hybrids in response to different PD. Grain yields of both type hybrids were decreased at the highest PD, however, that of horizontal-leaved hybrid, Ga209×Ki14A, was decreased more than erect-leaved hybrids which indicated varietal difference in response to PD. Responses to PD for days to tasseling, plant height, ear height, and leaf angle were not significant, also, PD×hybrid interactions were not observed. Yield components were decreased as PD increased and there were no PD×hybrid interactions for these characters. Leaf angle was negatively correlated with grain yield and yield components except for kernel weight.

***Key word*** : Errect-leaved corn hybrid, Horizontal-leaved hybrid, Leaf angle, Planting density

옥수수에 있어서의 密植栽培 效果는 種實을 위한 栽培보다는 사일리지용 栽培에서 더욱 현저하나, 密植效果가 나타나지 않고 오히려 收量이 감소되는 경우가 있다. 옥수수는 $C_4$작물로서 光合成에 대한 光飽和點이 나타나지 않지만 日射量이 높을수록 日射量의 단위 증가에 대한 光合成 효율이 낮아지므로 全日射量에 가까운 日射量은 光合成에 효율적으로 이용되지 못하고 있다. 密植栽培에서의 收量減少 원인은 상위엽에 의한 日射量의 차단으로 하위엽에 日射量이 부족하여 光合成이 저하되기 때문이라고 하며[11,12], Hesketh와 Musgrave[9]는 日射量이 높을 때보다 낮을 때 光合成 효율이 높다고 하였으며 이러한 결과는 光合成 증대를 위한 日射量의 균일한 분포의 중요성을 나타낸다.

栽植密度를 증가시켰을 경우에는 이삭무게와 개체당의 이삭수가 감소하는데[3,17] 이것은 개체간의 경합으로 인하여 光合成에 필요한 日射量 부족이 원인이다. 또한 標準 栽植密度 이상의 密植하에서는 불임률이 증가되어 오히려 收量이 감소하는데[1,6,20] 이러한 경우 日射量의 균일한 분포를 위한 直立形 草型이 바람직하다. Duncan[2]은 直立形 草型에서는 日射量이 하위엽까지 도달될 수 있다고 하였으며, Pendleton[14]등은 密植栽培에서 直立形 草型이 收量 증가에 유리하다고 하였고 인위적으로 草型을 교정한 처리에서 효과가 있다고 보고하였다. 直立形 草型의 효과가 없다는 보고도 있지만

* 東國大學校 農科大學 (Coll. of Agri., Dongguk Univ., Seoul 100-715, Korea) 〈'94. 7. 8 接受〉

[19,22] 그것은 密植상태가 아닌 標準 栽植密度의 경우였다. 옥수수의 생산성 향상을 위한 엽면적 증대의 중요성은 많이 보고되었고[4,5,7,13,23], Winter와 Ohlrogge[21]는 엽면적 지수 4이하일 때는 直立形 草型의 효과가 없었으나 5이상에서는 효과가 있다고 하여 密植에서 直立形 草型이 유리함을 시사한다. Hick와 Stuker[10]는 栽植密度를 달리한 草型間의 비교실험에서 直立形 草型이 水平形 草型보다 收量이 증대되는데 水平形 草型은 76,600株/ha이상에서는 收量이 감소하지만 直立形 草型은 88,900株/ha에서도 收量이 증가한다고 보고하였다. 本 硏究에서는 옥수수 잎의 角度가 다른 交雜種을 栽植密度를 달리하여 栽培하고 이에 따른 種實收量과 主要形質의 반응을 분석하였다.

## 材料 및 方法

本 實驗에 공시된 交雜種은 直立形 草型인 KS7×SC12와 KS42×SC12, 水平形 草型인 Ga209×Ki14A와 Ga209×KS8로 東國大學校 實驗農場에 1990년 4월 30일 播種하였다. 栽植密度는 3개 수준으로 6,000, 8,000, 및 10,000株/10a로서 株間距離는 각각 27.8, 20.8, 및 16.7cm이었으며 畦幅은 60cm이었다. 栽植密度는 6,000株/10a를 標準으로 하였고 8,000株/10a를 密植으로 10,000株/10a를 高密植으로 표시하였다. 적정 栽植密度를 유지하기 위하여 株當 3립씩 파종하였으며 發芽후에 2本씩, 그리고 5-6엽기에 1本씩 남기고 솎았다. 시비량은 N-$P_2O_5$-$K_2O$를 10a당 18-15-15kg 였고 질소는 요소, 인산은 용성인비, 가리는 염화가리로 시용하였는데 인산과 가리는 전량 기비로 요소는 70%를 기비로 30%를 6-7엽기에 시용하였다. 播種후 제초제 라소 입제를 살포하였고 필요에 따라 손제초 작업을 병행하였다. 시험구 면적은 5m 4열로 하였으며 분할구 배치 3반복으로 栽植密度를 주구로 交雜種을 세구로 하였다.

種實收量 및 主要形質은 4열의 중앙 2열에서 조사하였고 種實收量은 수분함량 15%로 보정하였다. 잎의 角度에 대한 조사방법이 체계화 되어 있지 않아 반지름 35cm크기의 1/4원형의 아크릴판으로 角度器를 제작하여 開花 受精後 이삭의 상부 3매의 잎을 구당 5株씩 조사하여 평균하였다. 잎의 角度는 줄기와 잎의 中肋 사이의 角度로서 수치가 작을수록 直立形 草型을 나타내고 클수록 非直立形 草型으로서 本 實驗에서는 60° 이상을 水平形 草型 그리고 35°이하는 直立型 草型이라고 표시하였다.

## 結果 및 考察

種實收量에 대한 草型間의 栽植密度에 대한 반응은 표1에서 보는 바와 같다. 標準 栽植密度(6,000株/10a)보다 密植(8,000株/10a)에서 4交雜種 공히 種實收量이 증가하였으나 高密植(10,000株/10a)에서는 오히려 감소하였다. 直立形 交雜種인 KS7×SC12와 KS42×SC12보다 水平形 交雜種인 Ga209×Ki14A에서 高密植 상태에서 種實收量 감소의 폭이 컸다. 이러한 결과는 直立形 交雜種이 密植하에서 유리하다는 보고와[12] 일치하는 경향이었다. 直立形 交雜種間에는 栽植密度에 따라 두 交雜種 모두 비슷한 경향을 나타내었으나 水平形 交雜種에서는 交雜種間에 반응이 달랐다. 4交雜種의 대한 평균 種實收量을 보면 密植에서 가장 높았고 高密植에서는 가장 낮았다. Phipps[16]와 Prine and Schroder[18] 등에 의하면 栽植密度의 증가에 따라 개체당 이삭무게가 감소한다고 하였으며 本 實驗의 결과도 高密植 상태하에서 태양광선의 부족으로 개체간의 지나친 경합으로 인하여 개체당의 이삭무게가 감소한 것이 원인으로 생각된다.

標準 栽植密度하에서 直立形 交雜種과 水平形 交雜種의 차이는 直立形 交雜種이 수광태세가 양호하여 光合成이 증가하였기 때문인 것으로 보기는 어렵고 水平形 交雜種間에도 高密植 상태하에서의 반응이 다른 것으로 보아 交雜種의 특성으로 보는 것이 타당할 것이다.

開花日數는 高密植에서 0.5일 정도 지연되는 것으로 나타났는데 이러한 결과는 栽植密度의 증가에 따라 開花가 지연된다는 보고[12]와 비슷한 경향이었다. 開花期는 水平形 草型에서 다소 빨랐으며 高密植에서 다소 지연되었으나 栽植密度와 交雜種

Table 1. Grain yield and plant characters of hybrids with different canopy types under different plant densities

| Plant density (Plant /10a) | Canopy type | | | | Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Errect type | | Horizontal type | | |
| | KS7× SC12 | KS42× SC12 | Ga209× Ki14A | Ga209× KS8 | |
| Grain yield(kg /10a) | | | | | |
| 6,000 | 436 | 468 | 260 | 252 | 354 |
| 8,000 | 493 | 516 | 294 | 297 | 400 |
| 10,000 | 430 | 452 | 122 | 240 | 311 |
| Mean | 453 | 479 | 225 | 263 | 355 |
| LSD(5%):PD=50 | | | | | |
| Hybrid=36 | | | | | |
| Days to tasseling(days) | | | | | |
| 6,000 | 68.3 | 68.3 | 67.7 | 66.3 | 67.7 |
| 8,000 | 67.7 | 68.0 | 67.7 | 67.0 | 67.6 |
| 10,000 | 68.3 | 68.7 | 68.3 | 67.3 | 68.2 |
| Mean | 68.1 | 68.3 | 67.9 | 66.9 | 67.8 |
| LSD(5%):PD=NS | | | | | |
| Hybrid=0.7 | | | | | |
| Plant height(cm) | | | | | |
| 6,000 | 75 | 272 | 262 | 267 | 269 |
| 8,000 | 273 | 275 | 255 | 257 | 265 |
| 10,000 | 272 | 273 | 255 | 255 | 264 |
| Mean | 273 | 273 | 254 | 260 | 266 |
| LSD(5%):PD=NS | | | | | |
| Hybrid=8 | | | | | |
| Ear height(cm) | | | | | |
| 6,000 | 102 | 102 | 112 | 112 | 107 |
| 8,000 | 102 | 112 | 110 | 113 | 109 |
| 10,000 | 110 | 127 | 117 | 112 | 117 |
| Mean | 105 | 114 | 113 | 112 | 111 |
| LSD(5%):PD=NS | | | | | |
| Hybrid=NS | | | | | |
| Leaf angle(°) | | | | | |
| 6,000 | 31 | 31 | 65 | 68 | 49 |
| 8,000 | 30 | 32 | 64 | 70 | 40 |
| 10,000 | 30 | 33 | 63 | 70 | 49 |
| Mean | 30 | 32 | 64 | 69 | 49 |
| LSD(5%):PD=NS | | | | | |
| Hybrid=4 | | | | | |

間의 상호작용은 有意性이 인정되지 않았다. Moll과 Kamprath[14]는 栽植密度 증가에 따라 草長이 증가된다고 하였으나 本 實驗에서는 栽植密度가 증가됨에 따라 草長은 짧아지는 경향이었으며 直立形 草型에서 보다 水平形 草型에서 감소의 폭이 더 컸다. 着穗高는 栽植密度 증가에 따라 높아졌고 直立形 交雜種에서 증가 폭이 컸으며 이런 결과는

Table 2. Yield components of hybrids with different canopy types under different plant densities

| Plant density (Plant /10a) | Canopy type | | | | Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Errect type | | Horizontal type | | |
| | KS7× SC12 | KS42× SC12 | Ga209× Ki14A | Ga209× KS8 | |
| Filled ear length (cm) | | | | | |
| 6,000 | 16.7 | 17.6 | 15.5 | 17.0 | 16.7 |
| 8,000 | 16.9 | 17.5 | 14.8 | 16.4 | 16.4 |
| 10,000 | 14.4 | 17.5 | 12.6 | 13.0 | 13.9 |
| Mean | 16.0 | 16.9 | 14.3 | 5.5 | 15.7 |
| LSD(5%):PD=1.7 | | | | | |
| Hybrid=1.1 | | | | | |
| No. of kernel rows | | | | | |
| 6,000 | 14.8 | 14.6 | 12.5 | 12.6 | 13.6 |
| 8,000 | 14.8 | 15.0 | 12.0 | 12.3 | 13.5 |
| 10,000 | 14.4 | 14.4 | 11.4 | 11.3 | 12.9 |
| Mean | 14.7 | 14.6 | 12.0 | 12.1 | 13.3 |
| LSD(5%):PD=0.5 | | | | | |
| Hybrid=0.5 | | | | | |
| No. of kernels per row | | | | | |
| 6,000 | 40.4 | 38.5 | 31.6 | 32.5 | 35.7 |
| 8,000 | 40.4 | 38.7 | 31.2 | 32.3 | 35.7 |
| 10,000 | 30.0 | 33.4 | 25.5 | 19.9 | 27.2 |
| Mean | 36.9 | 36.9 | 29.5 | 28.2 | 32.9 |
| LSD(5%):PD=3.9 | | | | | |
| Hybrid=2.8 | | | | | |
| 100 kernels weight(g) | | | | | |
| 6,000 | 22.4 | 26.3 | 30.1 | 28.1 | 26.7 |
| 8,000 | 22.2 | 26.5 | 27.4 | 27.8 | 26.0 |
| 10,000 | 19.9 | 21.9 | 24.6 | 24.6 | 22.7 |
| Mean | 21.5 | 24.9 | 27.3 | 26.9 | 25.1 |
| LSD(5%):PD=NS | | | | | |
| Hybrid=2.4 | | | | | |

Giesbrecht[8]의 보고와 비슷한 경향이었다. 잎의 角度는 栽植密度에 따라 차이가 없었으며 3개 栽植密度 수준의 평균은 KS7×SC12가 30°였고 KS42×SC12는 32°였다. 水平形 交雜種인 Ga209×Ki14A는 栽植密度의 증가에 따라 잎의 角度가 1°정도 적어진 반면 Ga209×KS8은 2°정도 커졌으며, 栽植密度와 交雜種間의 상호작용은 없었다.

收量構成 要素에서는 4交雜種 평균을 보면 高密植에서 穗長이 현저히 짧아졌으며, 이로 인하여 高密植에서 種實收量이 감소된 것으로 생각된다. 또한 水平形 交雜種이 直立形 交雜種보다 1-3cm정도 짧았는데 水平形 交雜種의 種實收量이 낮은 것이

Table 3. Analysis of variance for agronomic characters and grain yield

| Source | df | Plant height | Leaf angle | Days to tasseling | Ear height | Filled ear length | No. of kernels per row | No. of kernel rows | 100 kernels weight | Grain yield |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plant densities | 2 | 0.18 | 0.10 | 5.10 | 2.36 | 12.91* | 25.05** | 9.95* | 2.51 | 12.30* |
| Hybrid | 3 | 11.79** | 190.64** | 7.59** | 2.69 | 8.98** | 25.18** | 75.16** | 11.10** | 114.62** |
| PD×Hyb. | 6 | 0.57 | 0.17 | 0.13 | 1.63 | 0.58 | 1.57 | 0.81 | 0.37 | 2.73* |

*, ** : Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 4. Correlation coefficients among plant characters, yield components and grain yield

| Character | LA | DTT | EH | FEL | KERNEL | ROW | WT | GY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plant height(PH) | −0.57** | 0.29 | 0.08 | 0.30 | 0.38* | 0.60** | −0.12 | 0.59** |
| Leaf angle(LA) | | −0.50** | 0.17 | −0.38* | −0.62** | −0.89** | 0.52** | −0.84** |
| Days to tasseling(DTT) | | | 0.19 | −0.19 | 0.06 | 0.32* | −0.27 | 0.30 |
| Ear height(EH) | | | | −0.37* | −0.36* | −0.23 | 0.02 | −0.18 |
| Filled ear length(FEL) | | | | | 0.88** | 0.61** | 0.20 | 0.58** |
| No. of kernels per row(KERNEL) | | | | | | 0.77** | −0.01 | 0.71** |
| No. of kernel rows(ROW) | | | | | | | −0.37* | 0.90** |
| 100 kernels weight(WT) | | | | | | | | −0.25 |
| Grain yield(GY) | | | | | | | | |

*, ** : Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

穗長이 짧은데 기인되는 것으로 보인다. 이삭列數에서도 穗長과 비슷한 경향으로서 栽植密度 증가에 따라 감소하였고 草型間에도 차이가 있었다. 列數는 直立形 草型보다 水平形 草型에서 2.5개 정도 적어 種實收量 차이를 설명하고 있으며 栽植密度 증가에 따라 直立形 보다 水平形에서 더욱 감소하는 경향이었다. 列當粒數는 穗長이나 이삭列數 보다 高密植하에서 더욱 감소하였고 草型間의 차이도 더욱 뚜렷하였다. 高密植에서 5-12개가 적어져서 高密植에서의 穗當列數의 감소가 收量감소의 가장 큰 원인으로 보이며, 草型間의 차이에서도 7-9개로서 草型間 種實收量 차이의 원인이 됨을 알 수 있었다. 100립중은 栽植密度의 증가에 따라 감소하였으나 種實收量이 낮았던 水平形 草型이 直立形 草型보다 무거웠다.

種實收量 및 主要形質間의 相關을 보면 種實收量과 잎의 角度와는 負의 相關(r= -0.84**)이 있었고, 種實收量과 收量構成 要素와는 100粒重을 제외하고 穗長, 이삭列數 및 列當粒數와 相關關係가 각각 0.58**, 0.90** 및 0.71** 이였다. 잎의 角度와 開花期는 負의 相關(r= -0.50**)을 보였으며, 草長과도 負의 相關을 보였다(r= -0.57**). 잎의 角度는 100粒重과 正의 相關을 보였을 뿐 穗長, 이삭列數, 列當粒數와 모두 負의 相關을 보였다.

## 摘 要


草型이 다른 옥수수의 栽植密度에 대한 반응차이를 구명하고자 直立形 草型과 水平形 草型 交雜種을 栽植密度를 달리하여 栽培하고 種實收量 및 主要形質을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시된 4交雜種 모두 高密植(10,000株/10a)하에서 種實收量이 감소하였으나 直立形 交雜種보다 水平形 交雜種인 Ga209×Ki14A에서 감소의 폭이 더커서 草型間에 차이가 있었다.
2. 栽植密度 증가에 따라 草長은 짧아지고 着穗高는 높아졌으나 草型間의 차이는 有意性이 없었다.
3. 穗長, 列數, 및 列當粒數는 栽植密度 증가에 따라 감소하였고 草型間에는 차이가 없었다.
4. 잎의 角度는 栽植密度에 따라 차이가 없었으며

種實收量, 穗長, 列數 및 列當粒數와 부의 상관을 보였다.

## 引 用 文 獻


1. Buren, L.L., J.J. Mock and I.C. Anderson. 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop Sci. 14:426-429.
2. Duncan, W.G., R.S. Loomis, W.A. Williams and R. Hanau. 1967. A model for stimulating photosynthesis in plant communities. Hilgardia. 38:181-195.
3. Dungan, G.H., A.L. Lang and J.W. Pendleton. 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. Advance. Agron. 10:435-473.
4. Dwyer, L.M. and D.W. Stewart. 1986. Leaf area development in field grown maize. Agron. J. 77:334-343.
5. Dwyer, L.M., D.W. Stewart, R.I. Hamilton and L. Houwing. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. Agron. J. 84:430-438.
6. Earley, E.B., R.J. Miller, G.L. Reichert, R.H. Hageman and R.D. Seif. 1966. Effect of shade on maize production under field conditions. Crop Sci. 6:1-7.
7. Flesch, T.K. and R.F. Dale. 1987. A leaf area index model for corn with moisture stress reductions. Agron. J. 79:1008-1014.
8. Giesbrecht, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance of 4 corn(*Zea mays* L.) hybrids. Agron. J. 50:611-615.
9. Hesketh, J.D. and R.B. Musgrave. 1962. Photosynthesis under field conditions. Ⅳ. Light studies with individual corn leaves. Crop Sci. 2:311-315.
10. Hicks, K.R. and R.E. Sucker. 1972. Plant density effect on grain yield of corn hybrids diverse in leaf orientation. Agron. J. 64:484-487.
11. Lambart, R.J. and R.R. Johnson. 1978. Leaf angle, tassel morphology and the performance of maize hybrids. Crop Sci. 18:499-502.
12. Mason, L., B.E. Newman, C. Williams, L. Robinson, R. Lockett and P. Martin. 1976. Response of four corn hybrids to different plant densities and row spacings on Oliver soil. Louisiana State Univ. Agric. Exp. St. Bull. No. 695.
13. Mason, L. and M.S. Zuber. 1976. Diallel analysis of maize for leaf angle, leaf area, yield, and yield components. Crop Sci. 16:693-1976.
14. Moll, R.H. and E.J. Kamprath. 1977. Effects of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. Agron. J. 69:81-84.
15. Pendleton, J.W., G.E. Smith, S.R. Winter and T.J. Johnston. 1968. Field investigation of the relationships of leaf angle in corn(*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron. J. 60:422-424.
16. Phipps. R. H. 1975. A note on the effects of genotype, density and row width on the yield and quality of forage maize. J. Agric. Sci. Camb. 84:567-569.
17. Prine, G.M. 1961. Light, a factor to be considered in growing corn. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 21:221-228.
18. Prine, G.M. and V.N. Schroder. 1964. Above-soil environment limits yield of semi prolific corn as plant population increases. Crop Sci. 14:361-362.
19. Russell, W.A. 1972. Effect of leaf angle on hybrid performance on maize. Crop Sci.

12:90-92.

20. Stinson, H.T. and D. N. 1960. Some effects of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant to dense planting. Agron. J. 52:482-484.
21. Winter, S.R. and A.J. Ohlrogge. 1973. Leaf angle, leaf area, and corn(*Zea mays* L.) yield. Agron. J. 65:395-397.
22. Whigham, D.K. and D.G. Wooley. 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agron. J. 66:482-486.
23. Wolfe, D.W., D.W. Henderson, T.C. Hsiao and A. Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senecence of maize. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. Agron. J. 80:865-870.