韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 30(1): 76～83(1985)

옥수수 草型矯正이 群落 透光性 및 收量性에 미치는 影響

李浩鎭*・趙明濟*・李弘石*

Effect of Canopy Reforming on Light Penetration into Crop Community and Yielding in Corn

Ho Jin Lee*, Myeong Je Cho* and Hong Suk Lee*

ABSTRACT

A hypothesis that artificial reforming of corn canopy could improve solar light penetration and dry matter production was tested in corn fields (var. Suwon 19) with three planting densities; low (60 x 40cm), medium (60 x 24cm) and high (60 x 16cm). Natural canopy was found that leaf orientations were even over all azimuth but somewhat inclined toward north-south direction and leaf angle ranged 38° to 71° from horizontal surface. Reforming corn canopy included following treatments: 1) natural canopy planted in north-south rows (natural canopy), 2)east-west plane canopy planted in north-south rows (E-W canopy), 3)east-west plane canopy and upright leaves in north-south rows, 4)north-south plane canopy (N-S canopy) in east-west rows. After corn plots were installed with training system by supporting poles and connecting wires, corn leaves were induced to a reforming direction and tied on wire.

Average light intensity at the mid-point of plant height showed 5-10% increases in E-W canopy and in E-W canopy plus upright leaves, but a 2-10% decrease in N-S canopy from natural canopy. At yellow ripe stage, total dry wt. was increased in E-W canopy but not in N-S canopy. The E-W canopy produced 3-10% more grain yield than natural canopy. Though E-W canopy plus upright leaves yielded less at low density, it yielded up to 10% more at higher density. The N-S canopy yielded similar to low compared with natural canopy.

These results suggests that reforming canopy toward solar incident direction increases light penetration into lower canopy, photosynthetic efficiency and grain yield, especially at high planting density in corn.

緖　　言

作物의 光合成作用은 種에 따른 葉面積과 個葉의 光合成効率에서 기본적으로 差異가 認定되지만 이것은 栽培方式, 環境條件에 따라 左右될 수 있고 더구나 作物群落에서는 密度, 草型, 葉의 配列様式이 光의 透過量을 變化시키고 CO_2의 供給, 群落內部溫度에 影響하여 群落同化量을 決定하는 것으로 알려졌다.[4,7,8,11] 1950年 以來 作物學의 관심은 生産能力을 향상시키는 데 집중되어 多收性作物型인 ideotype를 구상하였고, 이러한 理論을 발전시키는 作物構成學(crop architecture)을 成立시키기에 이르렀다.[10] 또한 ideotype은 벼와 밀의 選拔育種의 理論的 根據를 제시하여 그 결과 IR8, dwarf wheat 等을 育成하여 green revolution의 기틀을 마련하였다.

最近의 作物栽培方法은 限界에 도달한 作物의 收量性을 向上시키려 密植多肥化가 심하여지고 이에 따른 보다 높은 光利用効率을 追求하기에 이르렀다.

現在 옥수수栽培에 있어서도 silage 및 一般種實의

*서울大學校 農學科(Dept. of Agronomy, Seoul National Univ.) 〈1985. 1. 13 接受〉

收量增加手段으로 密植多肥栽培를 하고 있으나 이러한 경우 收量減少의 가장 중요한 要因은 日射의 遮斷으로 下位葉의 同化能力減退 및 雌穗着生率의 低下 등을 들 수 있다.[6,18] 作物體群落으로의 光의 良好한 投入은 直立草型이 有利하며 密植時 收量의 增大를 나타내어 이러한 草型이 바람직하다고 報告하였으며[14,19], Donald 等[2]은 옥수수의 ideotype에 대해 2m 정도의 草高를 갖고 上位葉은 直立하고 짧으며 下位로 내려올수록 길고 水平한 葉이 配列된 것이 理想的이라 제안하였다.

本 實驗에서는 草型構成學의 既存理論과 理想型에 근거하여 옥수수의 自然草型을 해석하고 密植栽培時 適應한 垂直面草型을 조작하여 이 草型으로 이루어진 옥수수群落의 光環境의 狀態와 이에 따른 作物生長과 收量에 미치는 영향을 比較·評價하고저 實施하였다.

材料 및 方法

本 實驗을 위하여 옥수수 品種, 水原 19 號를 1984年 서울大學校 農科大學 實驗農場에 播種하였다. 실험포장의 土壤은 pH가 5.5, 有機物含量이 1.4%이었고 有效燐酸濃度가 매우 낮은 미사질양토였다. 施肥는 4月 27日 播種時에 10a當 질소 10, 인산 10, 카리 12, 석회 100kg을 施用하였고 파종후 50日째가 되는 6月 16日에 질소 10kg을 追施하였다.

實驗區는 分割區 3反復으로 配置하였다. 主區로는 栽植密度를 (1) 疎植(60cm×40cm), 4,167株/10a (2) 適植(60cm×24cm), 6,944株/10a (3) 密植(60cm×16cm), 10,417株/10a로 하고, 細區로서 草型處理를 두었는데 (1) 無處理; 南北 이랑으로 심고 草型을 自然狀態로 放任하였고 (2) 東西向 草型矯正; 남북이랑에 지표위 60cm 이상의 모든 잎들을 東쪽과 西쪽方向으로 配列하여 고정시켰으며 (3)東西向 草型矯正 및 葉角調整; (2) 처리에 덧붙여 雌穗 윗부분의 모든 잎을 줄기로부터 10°가 되도록 葉角을 直立化시켜 고정시 고 (4) 南北向 草型矯正; 東西이랑에 지표위 60cm 이상의 모든 잎들을 南北向이 되도록 配列하여 固定시켰다. 葉의 方位角矯正은 옥수수가 거의 자란 雄穗出現期에 길이 3m의 대나무를 땅에 박고 地表에서 60cm부터 30cm 간격으로 철사를 葉矯正方向으로 연결시키고 葉의 基部 근처를 비닐이 감긴 가는 銅線으로 매어 矯正하려고 하는 方位角方向으로 誘導하였다. 葉角은 옥수수대로부터 약 10°의 角이 되도록 葉들을 誘引하고 좁고 투명한 polyethylene 끈을 감아 直立化시켰다. 이러한 草型의 矯正은 무리한 힘이 加하여지지 않도록 기간을 두고 數次에 걸쳐 실시하였다.

各 細區의 크기는 3.6m×4.2m였고 파종후 5日에 除草劑 알라粒劑(상표명 : 라쏘)를 사용하여 잡초를 방제하였고 그후에는 손으로 제초하였으며, 病虫害防除를 위해 6月 22日에 殺虫劑 및 殺菌劑를, 8月 3日에 殺虫劑를 撒布하였다.

自然狀態의 옥수수草型을 평가하기 위하여 草型을 교정하기 前에 줄기를 中心으로 8개의 方位로 나누어 葉의 展開方向을 분류하였고 아울러 葉角을 측정하였다. 光透過狀態는 quantum meter(英 T & J clump 會社)에 1ft 길이의 line sensor를 사용하여 50cm 높이별로 이랑의 중간위치에서 측정하였고 透光率[13], 光消滅係數[10]를 계산하였다. 草型矯正後 6週째에 草高, 葉面積指數, 乾物重을 측정하였고 8週째인 完熟期에 種實收量과 殘株무게를 조사하였다.

結果 및 考察

1. 自然狀態에서의 옥수수 草型構造

作物群落에서 日射光의 利用은 作物體의 LAI만이 아니라 草高, 葉角 및 葉의 配列狀態 等 草型構造와 밀접히 관련되어 있다.[4,7,8,11] 自然圃場狀態에서 옥수수잎들의 配列은 줄기를 中心으로 모든 方位에 걸쳐 分布되는지 아니면 어떠한 方位角에 밀집되어 있는지를 판단하기 위하여 東西南北과 그 사이를 2등분하여 8方位로 區分하였다. 아울러 옥수수의 草型이 이랑의 方向, 即 東西向과 南北向에 따라 영향받는지를 調査하였다(그림 1).

南北이랑에서 옥수수의 잎들은 어떤 뚜렷한 方位性이 인정되지 않았으나 密植에서는 南北向으로 많이 分布되었으며 東西이랑에서는 疎植에서 南北向으로 현저하게 모여 있었으나 다른 栽植密度에서는 현저하지 않았다. 그러나 이랑방향에 관계없이 葉의 分布를 살펴보았을 때 水原 19號의 葉은 모든 方位에 걸쳐 展開되어 있었고 약간의 南北向을 나타내었으나 有意性은 없었다. 기존의 Nichporovich[12]의 報告에서 밀과 옥수수는 特定한 方位性이 없다고 하였고 Ross 와 Nilson[16]은 옥수수의 中位葉은 이랑에 수직방향으로, 止葉은 南向 혹은 南西向으로 展開되는 部位別 差異를 지적하였다. 한편 Loomis와 Williams[8]는 수수와 옥수수에서 葉이 東西向하는

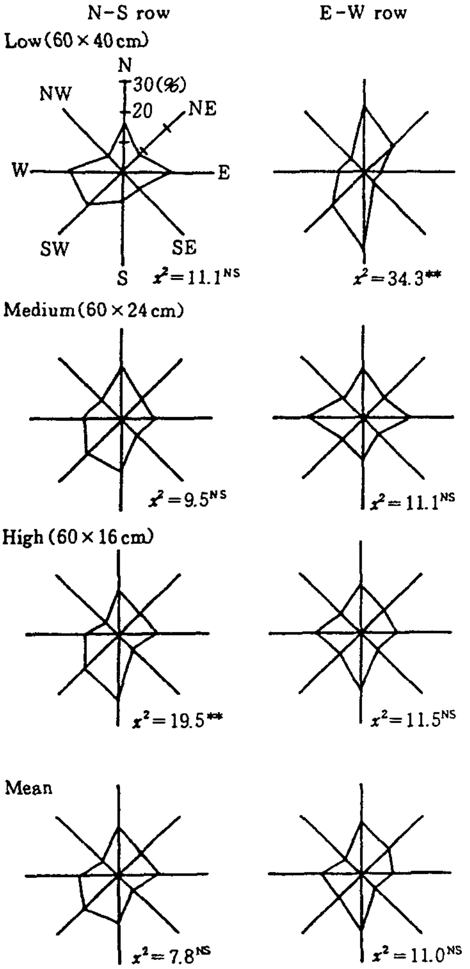

Fig. 1. The plane figure of percent leaves in eight direction classes from 'Suwon 19' grown in three planting densites and row diretions.

성질이 강하다고 하였으며 Lugg 等[9]은 수수에서 東西向 혹은 이랑에 수직적 方位性을 가지나 生育이 진행됨에 따라 葉方向도 바뀐다고 보고하였다.

葉角은 栽植密度 및 이랑方向에 따라서는 差異가 없었으나 葉位別로는 차이가 있었다. 即, 上位 1, 2葉들은 58°~71° 정도로 비교적 直立葉型(electrophile)이었으나 上位 3葉에서 中位葉의 葉들은 38°~47°로 中間葉型(plagiophile)을 가졌고 下位葉들은 47°~57° 정도로 半直立化를 나타내었다(그림 2). 이것은 기존의 옥수수 ideotype의 模型[17]으로 제시된 크리스마스 츄리型이나 'ideal' plant와는 달랐다. 즉 ideotype은 上位葉은 直立하고 짧으며 下位로 갈수록 서서히 葉角이 水平化하며 길어져 受光性을 좋게 하고 또 密植化에 적응하도록 고안된 것들이다.

2. 草型矯正에 따른 日射光의 透過 및 葉面吸光

C_4 作物인 옥수수의 個葉의 同化能力은 部位別로 上位葉, 中位葉, 下位葉 順으로 낮아지는데 下部로의 光透過가 良好하면 下位葉들의 同化能力도 向上된다고 報告하고 있다[18]. 人爲的으로 草型을 변형시킨 後 各 栽植密度別로 비교하여 보면(表 1, 그림 3), 옥수수群落의 栽植密度가 높을수록 透光率은 不良하여 졌고 自然草型區에서 포기 사이를 40cm(疎植)에서 24cm(適植), 16cm(密植)로 좁힘에 따라 群落의 中間 높이에서의 光度(Ht_{50})는 39.7%, 28.9%, 19.3%로 각각 감소하였다. 東西向 草型矯正區 및 東西向에 葉角調整區에서는 Ht_{50}이 5~10% 가량 향상되는 것으로 나타났다. 密植栽培에서 이러한 光透過의 향상은 下位葉들의 光合成을 증가시키고 同化産物生産에 유리한 것으로 판단된다.

반면, 南北向 草型矯正區에서는 Ht_{50}이 2~10% 정도씩 낮아져 日射光의 下部로의 透過가 불리하여 졌다. 각 草型別로 推定된 限界LAI는 無處理에서는 5.1, 東西向草型은 5.9, 東西向에 葉角調整은 7.0으로 향상되었고 南北向草型은 5.7로 나타났다.

光消滅係數인 K値는 LAI와 光度와의 관계를 表示하는데 東西向에 葉角調整區는 自然草型이나 南北向草型들보다 낮게 나타나 上部에서 下部로 日射光의 침투가 용이함을 알 수 있었다.

作物群落의 草高는 草型處理들간에 차이가 없었으며 葉數, 着穗高 역시 處理들간에 有意的인 差異가 인정되지 않았다. LAI는 栽植密度를 증가시킴에 따라 높아져 密植區에서는 平均 5.8에 달하였으나 草型處理들간에는 일정한 경향이나 차이를 인정할 수 없었다. 透光率이나 光消滅係數에서 나타난 變化들은 方位角의 변화와 葉의 直立化에 따른 日射光線의 入射方向으로의 適應을 나타내기 때문이라 생각된다.

옥수수의 草型矯正 시기에 수원지방의 太陽의 高度는 南中高度로서 75°(7월 초순)에서 58°(9월 초순)로 낮아졌고 方位角은 동쪽 하늘에서 한낮에 남쪽을 거쳐 서쪽으로 日中變化하게 된다[5]. 본 실험의 草型矯正 이후 收穫까지 水平面 日射量은 平均 359.3 cal cm^{-2} day^{-1}로서 日中 정오경이 가장 높고 오전

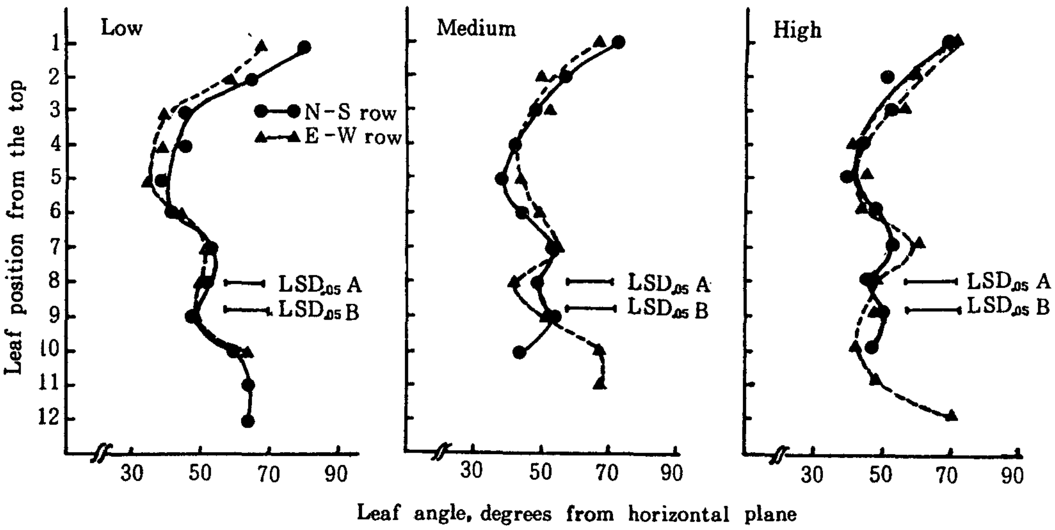

Fig. 2. The vertical distribution of leaf angle of 'Suwon 19' grown in three planting densities and two row directions.
A : between leaf positions for same row direction
B : between leaf positions for different row direction

Table 1. Characteristics of canopy structure of 'Suwon 19' grown in three planting densities and four canopy structures.

Planting density	Canopy structure	Plant height (cm)	No. of leaves/plant	Ear height (cm)	LAI	Light penetration (%)	K of daily average
Low (60×40 cm)	Natural canopy	231.0	12.3	82.0	4.26	18.2	0.400
	E-W canopy	219.7	13.0	88.9	3.92	20.4	0.406
	E-W canopy plus upright leaves	225.3	12.0	83.8	3.76	22.8	0.393
	N-S canopy	204.3	12.0	91.2	3.54	16.4	0.511
	Mean	220.1	12.3	86.5	3.87	19.4	0.428
Medium (60×24 cm)	Natural canopy	229.3	11.3	94.5	3.80	9.3	0.625
	E-W canopy	221.0	12.3	89.7	4.33	10.5	0.524
	E-W canopy plus upright leaves	228.7	12.3	89.7	3.93	11.9	0.542
	N-S canopy	228.0	12.0	95.3	3.89	10.0	0.592
	Mean	226.8	12.0	92.3	3.99	10.4	0.571
High (60×16 cm)	Natural canopy	223.0	12.7	82.7	5.21	5.6	0.553
	E-W canopy	231.0	12.0	112.5	5.72	4.2	0.554
	E-W canopy plus upright leaves	241.3	13.0	100.3	6.80	7.7	0.377
	N-S canopy	222.7	11.0	94.7	5.40	7.0	0.493
	Mean	229.5	12.2	97.6	5.78	6.1	0.494

Contents of canopy structure ; 1. Natural canopy in north-south rows.
2. Canopy reform to east-west plane in north-south rows.
3. Canopy reform to east-west plane and upright leaves in north-south rows.
4. Canopy reform to north-south plane in east-west rows.

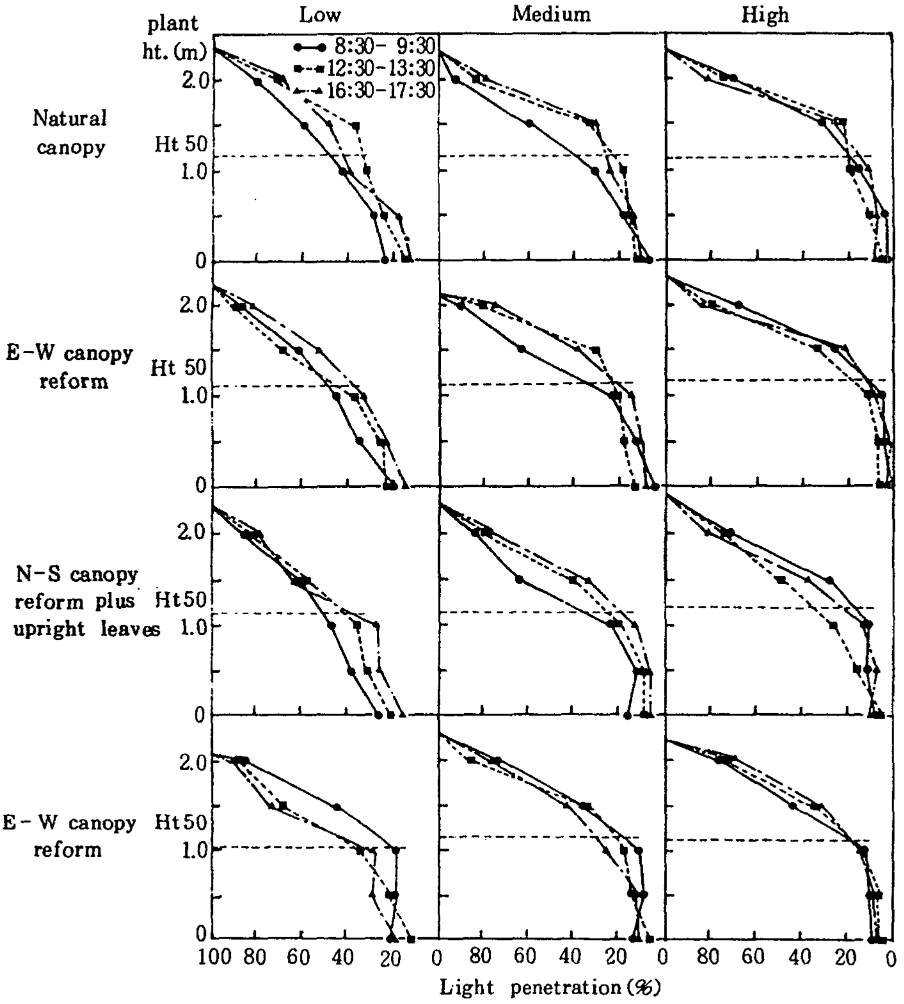

Fig. 3. The verical change of light penetration of 'Suwon 19' grown in three planting densities and four canopy structures.

8~9시경은 정오일사량의 70%, 오후 4~6시경은 38% 정도에 불과하였다.

이랑의 方向에 따라 日射光線의 透光狀態는 변화하였다. 南北이랑에 南西向으로 草型을 矯正한 옥수수集團은 동쪽에 낮게 해가 위치하는 오전에는 群落下部의 透光狀態가 양호하였다가 남쪽하늘에서 高度 58°~75°의 위치에 해가 존재하는 정오는 透光狀態가 불량하여 졌으나 서쪽하늘에서 비스듬히 햇빛이 쪼이는 오후 동안은 다시 透光狀態가 양호하여 졌다. 반면 東西이랑에 南北向으로 草型을 矯正하였던 群落에서는 透光狀態가 정오 동안은 양호하나 오전과 오후 시간 동안은 불량하였다. 이상의 결과를 종합하여 보면 옥수수群落內部로의 透光狀態는 南北이랑이 東西이랑보다 양호하였고 草型의 東西向矯正이 南北向矯正보다 유리하였으며 東西向矯正에 直立葉角은 가장 우량한 集團이었다.

이러한 결과는 Pendleton 等[15]의 귀리재배에서 南北이랑이 東西이랑보다 日射量의 透過量이 훨씬 많았고 또한 收量도 높다고 한 報告와 일치하며 Duncan[3]도 옥수수에서 南北이랑이 유리하다고 설명하였다. 그러나 일부 보고에서는 반대로 東西이랑의 유리함을 보고한 바도 있다.

3. 옥수수의 收量, 乾物生産 및 光에너지 利用效率

옥수수의 乾物重 集積이 最大에 달하는 시기는 黃

熟期로 보고되어 있다.[20] 이 시기에 각 處理區의 옥수수 地上部를 잘라 乾燥한 뒤 乾物重을 비교하였을 때 密植化에 따라 乾物重은 현저히 增加하였고 草型處理間에서도 差異가 있었다(表 2). 密植區의 東西向草型들은 對照區보다 약 16% 정도 높았으며 南北向草型은 3% 정도 낮으나 有意的인 差異는 없었다. 한편 疎植區에서는 東西向 草型矯正에 葉角調整處理가 도리어 乾物重이 減少되었는데 이것은 葉角을 直立化함으로써 面積當 群落의 受光量은 감소되었고 土壤으로의 光損失이 많았기 때문으로 보인다. 同一한 처리가 適植에서는 對照區와 차이가 없었으나 密植에서는 훨씬 높았음은 LAI 증가에 따른 群落의 受光狀態變化에 기인된다.

種實로의 同化產物의 蓄積이 완료되는 完熟期에서 옥수수를 收穫하여 種實收量을 비교하여 보았을 때 東西向 草型矯正은 3~11% 增收되었고 葉角調整까지 하였을 때는 疎植에서는 10%가 減收되었고 適, 密植은 10%와 3%가 各各 對照區보다 增加하였다. 반면 南北向 草型矯正은 疎植에서는 收量에 차이가 없었으나 適植에서는 7% 정도 減收되었다.

黃熟期까지의 光에너지利用効率(Eμ)은 1.34~2.45%의 범위였고 疎植區에서는 對照區가, 適植 및 密植區에서는 東西向 草型矯正 및 葉角調整處理에서 Eμ가 높았으며 種實에 대한 Eμ도 비슷한 경향이었다.

草型을 變型시켜 옥수수의 光利用性이나 生育을 검토한 硏究의 例는 극히 드문데 最近 崔[1] 等의 옥수수 2葉期에 移植하여 옥수수의 葉의 配列方向이 이랑方向 또는 이랑과 直交되게 심은 실험에서 이와 같은 方位性은 生育後期에 들면서 上位葉에서 任

Table 1. The effect of planting density and canopy structure on total top DM wt, grain yield and energy utilization efficiency.

Planting density	Canopy structure	Total top DM wt. in yellow ripe stage (kg/10a)	Kernel wt. (mg)	Grain yield in ripe stage (kg/10a)	Relative grain yield (%)	Top Eμ in yellow ripe stage (%)	Grain Eμ in ripe stage (%)
	Natural canopy	1824.7	314	774.9	100	1.64	0.59
Low	E-W canopy	1752.7	330	862.7	111.3	1.57	0.65
(60×40cm)	E-W canopy plus upright leaves	1680.0	308	694.9	89.7	1.51	0.53
	N-S canopy	1488.1	303	790.9	102.1	0.59	0.60
	Mean	1686.4	314	780.9		1.52	0.59
	Natural canopy	2104.8	267	896.3	100	1.88	0.68
	E-W canopy	2209.1	291	987.4	110.2	1.98	0.75
Medium	E-W canopy plus upright leaves	2183.1	279	985.0	109.9	1.95	0.75
(60×24cm)	N-S canopy	1864.4	248	831.0	92.7	1.67	0.63
	Mean	2090.3	271	924.9		1.87	0.70
	Natural canopy	2246.9	275	1202.7	100	1.28	0.91
	E-W canopy	2553.9	272	1236.0	102.8	2.96	0.94
High	E-W canopy plus upright leaves	2762.7	287	1257.8	104.6	2.45	0.95
(60×16cm)	N-S canopy	2178.1	256	1180.2	98.1	1.92	0.89
	Mean	2435.4	273	1219.2		2.16	0.92
$LSD_{.05}$ between planting density		143.7	20	70.1		0.13	0.39
$LSD_{.05}$ between canopy structure for same planting density		256.2	20	67.9		0.23	0.74
$LSD_{.05}$ between canopy structure for different planting density		262.5	26	90.6		0.24	0.74

Contents of canopy structure; 1. Natural canopy in north-south rows.
2. Canopy reform to east-west plane in north-south rows.
3. Canopy reform to east-west plane and upright leaves in north-south rows.
4. Canopy reform to north-south plane in east-west rows.

意로 變化하여 버렸음을 보고하고 있다. 본 실험에서 草型矯正은 適, 密植栽培에서 옥수수 種實收量을 增加시킬 수 있었는데 그 効果가 10% 미만으로 크지는 못하였지만 草型改善과 受光性의 向上에 따른 增收의 可能性을 보여주고 있다. 그러나 實用化나 栽培上 適用은 매우 어려운 것으로 現狀態에서는 理論上 可能性을 實證하였음에 그 意義를 가질 수 있을 것으로 생각된다. 作物草型改良은 하나의 育種目標로서 設定될 때 ideotype의 구상은 重要한 意味를 갖는다.

摘 要

옥수수의 密度를 疎(60cm×40cm), 適(60cm×24cm), 密植(60cm×16cm)으로 심고 草型處理로서 自然草型(南北이랑), 東西向矯正(남북이랑), 東西向矯正 및 葉角調整(남북이랑), 南北向矯正(東西이랑)을 실시하였다. 草型矯正은 葉出現이 完了된 뒤 철사架를 옥수수群落에 설치하고 옥수수잎들은 東西向이 되록 유인하여 고정시키고, 葉角調整은 水平에서 80°가 되도록 直立化시켰다.

옥수수의 自然草型은 南北이랑이든 東西이랑이든 관계없이 모든 방위로 고루 분포하였고 약간의 南北向 경향을 보였으나 현저하지 않았고 葉角은 直立~中間葉型의 分布를 나타내었다.

群落內部에서 光透過는 草型을 東西向으로 矯正하거나 葉角을 直立化시킴에 따라 草高의 中間높이에서 日平均 光度가 5~10% 가량 향상되었다. 반면 南北向 草型矯正에서는 2~10% 정도 낮아졌다.

黃熟期의 乾物重集積은 密植時 東西向草型이 自然草型보다 6% 증가하였으나 南北向草型은 差異가 없었다. 完熟期의 種實收量에서는 東西向 草型矯正은 3~11% 증가하였으나, 葉角調整까지 하였을 때에는 疎植에서 10% 減少, 適, 密植에서는 10%, 3%씩 各各 對照區보다 증가하였다. 반면 南北向草型은 差異가 없거나 減收로 나타난다.

草型을 太陽의 方位와 高度를 고려하여 變型한다면 密植에서도 日射光의 群落內部로 침투를 용이하게 하며 增收할 수 있음이 확인되었다.

引 用 文 獻

1. 崔鳳鎬·李元鎬·崔彰烈·朴根龍. 1982. 初期 옥수수잎의 展開方向이 生育後期의 特性에 미치는 影響. 月堂 朴贊浩博士 回甲記念論文集 ;52~57.
2. Donald, C. M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron.
3. Duncan, G. H., U. S. Sisodia and G. D. Singh. 1955. The benefit of sowing maize for fodder in north and south lines. Allahabad Farmer(India) 29 : 8—13.
4. Duncan, W. G. 1971. Leaf angles, leaf area and canopy photosynthesis. Crop Sci. 11 : 482—485.
5. 國立天文台. 1985. 曆書 : 40-41.
6. Lambert, R. J. and R. R. Johnson. 1978. Leaf angle, tassel morphology and the performance of maize hybrids. Crop Sci. 17 : 499—502.
7. 李浩鎭·尹進一·李光會·林根發. 1983. 收草單,混播群落에서 草型構造와 光利用性 및 乾物收量生産性. 韓國作物學會誌. 28 (2) : 272—279.
8. Loomis, R. S. and W. A. Willams. 1969. Productivity and morphology of crop stands; Patterns with leaves. Am. Soc. of Agron. 27—47.
9. Lugg, D. G., V. E. Youngman and Greg Hinze. 1981. Leaf azimuthal orientation of sorghum in four row directions. Agron. J. 73 : 497—500.
10. Monsi, M. und T. Saeki. 1953. Über die lichtfaktor in den pflanzengesellshaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. Bot. 14 : 22—52.
11. Monteith, J. L. 1969. Light interception and radition exchange in crop stands. pp. 89—115. In J. D. Eastin et al.(eds.) Physiological aspects of crop yield. ASA and CSSA. Madison, Wis.
12. Nichporovich, A. A. 1961. Properties of plant crops as optical system. Sov. Plant Physiol. 8 : 428—435.
13. Pearce, R. B., R. H. Brown and R. E. Blaser. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in

orchardgrass. Crop Sci. 5 : 553—556.

14. 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.

15. Pendleton, J. W. and G.H. Duncan. 1958. Effect of row direction on spring oats yield. Agron. J. 50 : 341—343.

16. Ross, Y. K. and T. Nilson. 1967. The spatial orientation of leaves in crop stands and its detemination. In "A. A. Nichporovich (ed.) photosynthesis of productive systems."

17. Stoskopf, N.C. 1981. Understanding crop production. Reston Pub. Co., 101 p.

18. Whigham, D.K. and D.G. Woolley. 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agron. J. 66 : 482—486.

19. Winter, S.R. and A.J. Ohlrogge. 1973. Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yield. Agron. J. 65 : 395—397.

20. 양종성 · 한흥전 · 이종열. 1979. 埋草用 옥수수의 收量 및 營養生産에 關한 硏究. 畜試硏報. : 664—686.