

堆肥施用과 窒素施肥 方法이 단옥수수의 生育 및 收量에 미치는 影響

姜榮吉* · 朴勝義* · 朴根龍* · 文賢貴* · 李成宰**

Effects of Compost, Rate and Split Application of Nitrogen on Growth and Yield of Sweet Corn

Young Kil Kang*, Sung Ue Park*, Keun Yong Park*,
Hyeon Gui Moon* and Seong Jae Lee**

ABSTRACT

Field experiments were conducted in Suwon in 1982 and 1983 to evaluate the effects of compost application, nitrogen (N) rate and split application of N on growth, yield and N uptake of sweet corn (*Zea mays* L.) grown under clear polyethylene mulching condition. Urea was banded at N rates of 0 (only in 1983), 5, 10, 15 and 20 kg per 10a with or without compost application of 1500 kg per 10a at planting. In 1982, half of N was sidedressed at the 5-6 leaf stage in case of 15, and 20 kg N per 10a. Compost application increased ear size and ear weight per 10a (10%). The number of ears per 10a markedly increased with an increase in N rates up to 10 kg per 10a but was not significantly affected by further increased N rates. Ear weight per 10a increased linearly as N rate increased from 0 to 20 kg per 10a without compost but increased greatly up to 10 kg N per 10a with compost application. Dry matter yield increased greatly up to 15, 10 kg N per 10a with and without compost application, respectively. Nitrogen uptake increased linearly from 8.1 to 18.8 kg per 10a with an increase in N rates from 0 to 20 kg per 10a. The optimum N rate appeared to be 10 to 15 kg per 10a based on ear number, ear weight and dry weight per 10a. There was no significant difference between basal and split applications of N in terms of ear size, and number and weight of ears per 10a.

緒 言

堆肥 施用效果는 논에서 보다 밭에서 크게 나타나는데^{4,5)} 朴⁵⁾은 麥類 및 콩에서 20% 内外의 增收效果가 있었고 옥수수의 경우 60% 增收되었다고 하였다. 우리 나라에서와 같이 施肥量이 많은 條件에서의 堆肥施用에 依한 增收要因은 養分供給 및 土壤養分の

有效度 增加 等 土壤化學性 改良보다는 通氣 通水性 保水力 等の 物理性 改良에 依한 것으로 解釋되고 있다.^{4,5)}

옥수수가 必要로 하는 充分한 窒素를 土壤中の 窒素로 充當할 수 없으므로 適正量의 窒素施用은 옥수수의 收量 및 品質을 높이기 위하여 必要하다. 옥수수의 窒素不足은 光合成을 低下시켜 이삭이 달리지 않게 하거나 이삭上部에 달린 粒이 登熟되지 않게 하고 粒重

* 作物試驗場 (Crop Experiment Station, Suwon 170, Korea)

** 農村振興廳 試驗局 (Research Bureau, Rural Development Administration, Suwon 170, Korea)

< 1985. 3.15 接受 >

을 減少시켜 收量減少를 招來하며 蛋白質含量을 低下시킨다.³⁾ 窒素過用은 옥수수의 收量增加에 기여하지 못하거나 減少를 招來하여 窒素效率을 低下시키며 NO₃ 溶脫에 의한 水質汚染의 可能性도 크다.⁹⁾ 一般 옥수수의 交雜種에 대한 窒素施肥量 試驗은 많은데 운둥¹⁾은 江原道에서 種實用으로 10a當 0, 12, 24, 36kg의 窒素를 施用할 때 無窒素에 비하여 12kg 施用에 의하여 크게 增收 되었으나 24kg 以上 增施할 때는 약간의 增收에 그쳤다고 하였다. 水原에서 10a當 窒素 5kg에서 5kg間隔으로 50kg水準까지 施用할 때 乾物收量은 窒素 10kg까지는 크게 增加하였고 20kg에서 最高收量을 보였으나 그 以上 施用할 경우 多少의 減少가 있었는데 雌穗重比率은 15kg 以上에서는 큰 差異가 없었다.¹⁰⁾ 一般 옥수수의 경우 窒素肥料은 肥種栽培法, 農民의 趣向 等에 따라 늦가을 또는 봄에 播種時 全量基肥로 施用하거나 分施되는데 大體로 늦가을에 施用하는 것 보다는 播種時 施用하는 것이 有利하며 降雨가 많은 곳이나 砂質土에서는 分施效果가 있는 것으로 알려져 있다.¹³⁾ 우리 나라에서는 窒素半量은 基肥로 하고 半量은 옥수수 7 또는 9葉期에 追肥로 주는 것이 種實收量이 높은 傾向을 보였다.⁶⁾

Rudert & Locascio⁸⁾는 美國 Florida州에서 단 옥수수를 栽培時期와 肥種을 달리하여 10a當 窒素 5.6, 11.2, 22.4kg을 全量基肥 또는 半量 追肥할 경우 단옥수수의 收量은 10a當 窒素 5.6kg에서 11.2kg으로 增施했을 때 크게 增加하였으나 10a當 11.2kg 보다 倍量 增施했을 때는 약간의 增加에 그쳤고 降雨가 많았던 栽培時期에 NO₃態窒素肥料을 施用할 경우를 除外하고는 窒素 分施效果가 없었다고 하였다.

단옥수수는 生育期間이 짧고 出絲後 25-30日에 熟 옥수수로 收穫하는데⁷⁾ 우리 나라에서는 단옥수수의 適正 窒素施肥量과 分施效果는 아직 究明되어 있지 않다. 本 試驗에서는 堆肥施用 및 窒素施肥量의 差異와 窒素分施에 따른 단옥수수의 生育 및 收量形質, 窒素吸收量 等의 變異를 檢討하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1982~1983年에 水原 作物試驗場 田作圃場에서 實施하였는데 試驗圃場은 江西細砂壤土이고, 表土의 化學的인 特性은 pH가 5.3, 有機物含量이 1.4%, 有效磷酸이 140ppm, 置換性 K, Ca, Mg, 이 各各 100g當 0.40, 3.54, 0.66me 였다. 供試品種은 1982年에는 Sun glow (su₁) 였고

1983年에는 Honey Bantam-9 (sh₂) 였다. 播種은 1982年에는 4月26日에, 1983年에는 4月12日에 畦間 60cm, 株間 25cm로 하여 2-3粒씩 點播하여 無色透明 비닐멀칭을 하였다. 3-4葉期에 1本 또는 2本을 남기고 숙아주어 10a當 6670本이 되도록 하였다. 處理로서 2年間 모두 堆肥를 施用하지 않은 區와 10a當 1,500kg을 施用하는 區를 두었고 1982年에는 10a當 窒素 5, 10, 15, 20kg을 全量基肥로 施用하는 區와 더불어 15, 20kg의 경우 半量을 追肥로 5-6葉期에 分施하는 區를 두었으며 1983年에는 10a當 窒素 0kg에서 5kg 間隔으로 20kg까지 全量을 基肥로 施用하였다. 窒素肥料로는 尿素를 使用하였고 磷酸과 加里는 10a當 各各 15kg을 溶成磷肥와 鹽化加里로 施用하였다. 基肥는 播溝 施肥하였다. 區當面積은 12㎡로 5m 長에 4列씩 栽植하였다. 試驗區配置는 堆肥施用量을 主區로 하고 窒素施肥量을 細區로 한 分割區 配置 4反復으로 하였다.

出絲後 25日(1982年) 또는 27日(1983年)에 區當 가운데 2줄의 3m내에 있는 24株를 刈取하여 刈삭을 하고 生稈葉重을 調查하였고 刈삭은 葉을 除去하여 着粒길이가 10cm 以上인 商品價値가 있는 刈삭을 對象으로 10a當 刈삭수와 刈삭무게를 調查하였다. 平均刈삭길이와 목은 商品價値가 있는 刈삭을 크기順으로 配列하고 가운데에 位置한 5個의 刈삭을 測定하였다. 乾物重은 80°C 通風乾燥器에서 4日間 말려 調查하였다. 植物體의 窒素分析은 乾燥試料를 分碎하여 40mesh로 通過시켜 Kjeldahl法으로 分析하였다. 窒素吸收量은 刈삭과 稈葉의 乾物重에 窒素含量을 各各 곱하여 算出하였다.

結果 및 考察

出絲期와 稈長은 堆肥施用, 窒素施肥量, 窒素追肥 等에 따른 差異가 없었다. 出絲期는 1982年에 7月 10日 이었고 1983年에는 6月 12日-13日 이었는데 1983年에 出絲가 빠른 것은 14日 早播되었고 熟期가 빠른 品種이 供試되었기 때문이었다. 稈長도 處理에 關係없이 2年間 모두 135cm 内外였다 (表 1, 3, 4).

1. 堆肥施用의 效果

堆肥無施用區에 비하여 10a當 1,500kg을 施用함으로써 窒素施用量을 平均하여 볼 때 10%, 또는

Table 1. Main effects of compost and nitrogen rates on various characters of Sun glow at 25 days after silking (silked on July 10) in 1982.

Application rate	Plant height	Average ear ^{a)}		Ears ^{a)}	Ear ^{a)} wt.	Stover wt.
		Length	Dia.			
kg/10a		cm		no./10a		kg/10a
Compost (C)						
0	133	15.9	3.8	7,180	752	2,250
1500	140	16.3	3.9	7,940	825	2,570
LSD (10%)	NS	0.2	0.06	260	47	276
LSD (5%)	NS	0.3	NS	NS	64	NS
Nitrogen (N)						
5 Kg/10a	138	15.6	3.8	6,850	777	2,120
10	139	15.8	3.8	7,660	803	2,510
15	134	16.6	3.9	7,990	823	2,320
20	132	16.3	4.0	7,710	835	2,680
8 + 7 ^{b)}	137	16.3	3.7	7,720	784	2,370
10 + 10 ^{b)}	138	16.3	3.8	7,410	709	2,350
LSD (10%)	NS	0.5	0.1	520	62	200
LSD (5%)	NS	0.6	0.1	620	75	380
C x N	NS	+	*	**	NS	NS
CV (%)	9.4	3.9	2.8	8.1	9.3	10.0

a) Husked marketable ears (filled ear length is over 10 cm).

b) Sidedressed at 5 to 6 leaf stage.

+, *, ** Significant at the 10, 5 and 1% probability levels, respectively.

Table 2. Relationship between agronomic characters of Sun glow and nitrogen rates in 1982 ^{a)}.

Character	Regression equation	
Ear length (cm)	$Y = 15.4 + 0.06N$	0.67
Ear diameter (cm)	$Y = 3.3 + 0.014*N$	0.88
Ear number per 10a	$Y = 5,463 + 331N - 10.9N^2$	0.99
Ear weight (kg/10a)	$Y = 744 + 7.38N - 0.14N^2$	0.99
Stover yield (kg/10a)	$Y = 2,035 + 29.8N$	0.63

a) Based on average of two compost rates and data of spilt N plots are not included.

*, ** Significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

5% 水準에서 有意성이 認定된 形質은 1982년에 平均이삭길이 및 폭과 10a當 이삭수, 이삭무게 및 生稈葉重이었고 1983년에는 平均이삭길이 및 폭과 10a當 이삭무게 및 乾物重이었다 (表1, 3). 10a當 이삭수는 堆肥無施用區에서 7,180個였는데 堆肥施用에 의하여 11% 增加되었으나 (表1) 1983년에는 堆肥施用에 關係없이 6,000個 程度였다 (表4). 10a當 이삭무게는 堆肥無施用區에서 1982년에 752kg, 1983년에 1,360kg이었는데 堆肥施用에 의하여 2年間 모두 約 10% 增加되었다 (表1, 4). 1982

년에 비하여 1983년에는 10a當 이삭수는 적으나 이삭무게가 큰 것은 1982년에 供試되었던 Sun glow 보다 1983년에 供試되었던 Honey bantam-9의 株當 이삭수는 적으나 이삭길이와 폭이 큰 것에 基因된 듯하다.

堆肥施用은 植物體의 窒素含量에는 크게 影響하지 않았다 (表3, 4).

단옥수수 의 경우 稈葉도 土壤에 還元되지 않고 소의 飼料로 利用되기 때문에 地力維持增進을 위하여 堆肥 또는 有機物 施用이 必要할 것으로 본다.

2. 窒素施用量의 影響

堆肥施用量을 平均한 窒素施用量의 主效果를 보면 2年間 모두 稈長을 除外한 調査된 모든 形質에서 窒素施用量間에 5% 또는 1% 水準의 有意差를 보였다 (表1, 3). 平均 이삭길이와 폭은 2年間 모두 10a當 窒素 15kg까지는 施用量이 增加할수록 增加되는 傾向을 보였으나 그 以上の 增肥에 따른 平均 이삭길이와 폭은 增加하지 않았다 (表1, 4). 窒素施肥量에 따른 10a當 이삭수와 이삭무게는 2年間 모두 二次曲線의인 增加를 보였는데 이삭수는 10a當 窒素 10kg까지는 크게 增加되었으나 그 以上增

Table 3. F values from analysis of variance for the effect of compost and nitrogen (N) rates on various characters of Honey bantam-9 at 27 days after silking (silked on June 12) in 1983.

Source	df	Plant height	Average ear ^{a)}		Ears ^{a)} 10a	Ear ^{a)} wt/ 10a	Dry wt/ 10a	N uptake/ 10a	N concentration		
			Length	Dia.					Ear leaf ^{b)}	Stover	Ear
Compost (C)	1	0.4	9.0	6.8	1.0	8.1	9.3	2.9	3.8	1.7	0.2
Error a	3	(52.8)	(2.4)	(0.13)	(625,080)	(23,455)	(6,658)	(20.6)	(0.19)	(0.08)	(0.08)
Nitrogen (N)	4	0.5	16.6**	11.5**	10.3	26.2	14.9	26.6	28.8	17.2	4.2
Linear (N _L)	1	0.2	57.5	38.6	35.6	97.9	57.5	104.0	104.0	61.7	13.0
Quadratic (N _Q)	1	0.5	4.5	0.2	3.1+	6.5	1.7	0.1	9.7	1.5	0.5
Residual (N _R)	2	0.7	2.3+	3.6*	1.2	0.3	0.1	0.7	0.7	2.8	0.9
C x N	4	1.3	3.9	1.4	0.6	0.6	1.8	1.9	0.7	1.2	0.9
C x N _L	1	2.7	0.4	1.7	1.2	3.6+	0.8	0.5	0.4	0.0	0.2
C x N _Q	1	0.6	0.1	0.5	0.1	2.9+	3.7*	5.1*	0.5	1.1	0.4
C x N _R	2	0.9	7.6	1.7	0.5	0.0	4.4*	1.0	0.3	1.8	1.5
Error b	24	(21.5)	(0.4)	(0.02)	(711,720)	(33,455)	(12,882)	(6.0)	(0.05)	(0.05)	(0.05)

a) Husked fresh marketable ears (filled ear length is over 10 cm).

b) At silking.

+, **, * Significant at the 10, 5 and 1% probability levels, respectively.

() Values in parenthesis represent error mean squares.

Table 4. Main effects of compost and nitrogen rates on various characters of Honey bantam-9 at 27 days after silking (silked on June 12) in 1983.

Application rate (kg/10a)	Plant height	Average ear ^{a)}		Ears ^{a)}	Ear ^{a)} wt.	Dry wt.	N uptake	N concentration		
		Length	Dia.					Ear leaf ^{b)}	Stover	Ear
		cm		no./10a	kg/10a		%			
Compost										
0	136	19.6	4.6	6,000	1,360	797	13.0	3.01	1.38	1.96
1,500	138	20.1	4.7	6,250	1,500	876	14.4	3.15	1.47	1.87
Nitrogen										
0	137	18.6	4.5	4,710	950	618	8.1	2.46	1.10	1.75
5	136	19.1	4.5	5,630	1,240	752	10.7	2.81	1.19	1.76
10	138	20.2	4.7	6,710	1,550	857	13.4	3.25	1.27	1.98
15	138	10.8	4.8	6,500	1,670	960	17.4	3.43	1.76	2.06
20	135	20.6	4.8	7,080	1,750	996	18.8	3.44	1.83	2.04
Coefficients relating characters to N rates										
Intercept	137	18.4	4.44	4,720	941	642	8.1	2.43	1.02	1.71
Linear	NS	0.21	0.02	224	76	19.3	0.56	0.11	0.04	0.02
Quadratic	NS	-0.01	NS	-5.6	-1.8	NS	NS	-0.003	NS	NS
R ²	0.00	0.94	0.88	0.94	0.99	0.97	0.99	0.99	0.89	0.84

a) Husked fresh marketable ears (filled ear length is over 10 cm).

b) At silking.

肥하여도 이삭수增加는 크지 않았고 이삭무게도 10a 당 窒素 15 kg까지 增肥할수록 크게 增加되었으나 그 이상 增肥할 때는 微微한 增加를 보일 뿐이었다.

Rudert & Locascio⁸⁾도 美國 Florida州에서 단 옥수수에 10a 당 窒素를 5.6, 11.2, 22.4 kg, 施用할 때 10a 당 이삭수와 이삭무게가 窒素 5.6 kg 施用區 보다 11.2 kg 施用區에서 크게 增加되었으나 窒素 22.4 kg 施用區에서는 11.2 kg 施用區에 비하여

增加가 없거나 약간의 增加에 그쳤다고 하였다. 10a 당 이삭수와 이삭무게 모두 1982年보다 1983年에 窒素反應이 크게 나타났는데 1983年에 供試되었던 Sun glow 보다 窒素反應이 컸기 때문일 가능성이 많고 또 1982年 보다 1983年에 14일 早播하였던 데 基因됐을 가능성도 있겠다.

1982年の 10a 當 生稈葉重은 10a 當 窒素 5 kg 施用區보다 10 kg 施用區에서 18% 增加된 2,510

kg이었으나 그 이상 증비에 따른 증가가 거의 없었다(表1).

1983년의 地上部 乾物收量は 無窒素區가 10a當 618 kg이었으나 10a當 窒素 20 kg 施用에서 10a當 996 kg으로 窒素施肥量 增加에 따라 直線的인 增加를 보였다(表3,4).

植物體의 窒素含量은 1983년에만 調査되었는데 10a當 窒素吸收量은 無窒素區에서 8.1 kg 窒素 20 kg 施用區에서 18.8 kg로 窒素施肥量 增加에 따라 直線的인 增加를 보였다(表3,4). 窒素施肥量 增加에 따른 出絲期의 이삭着生葉의 窒素含量은 二次曲線的인 增加를 보였다(表3,4). 이삭着生葉의 臨界 窒素含量(Critical value)은 約 3%로 알려져 있는데²⁾ 本 試驗에서는 10a當 窒素 10 kg 水準에서 3.3 kg였다. 出絲後 27 日에 稈葉과 이삭의 窒素含量은 窒素施肥量이 增加함에 따라 直線的인 增加를 보였다(表3,4). 이삭은 稈葉보다 窒素含量이 훨씬 높고 窒素施肥量間에도 차이가 적었는데 이는 이삭이 窒素의 Sink로서 수용能力이 크기 때문에 생 각된다.

3. 窒素追肥의 影響

1982년에 10a當 窒素 15, 20 kg 施用區에서만 窒素半量을 追肥로 施用하는 處理를 두었는데 全量 基肥區와 半量 追肥區間에 이삭길이와 폭 10a當 이 삭수에서는 差異가 없었고 10a當 이삭무게는 全量 基肥區에서 有利한 傾向을 보였다(表1). Rudert & Locascio⁸⁾도 窒素溶脫이 심한 條件에서 NO_3-N 를 施用할 경우를 除外하고는 窒素全量 基肥와 半量 追肥間에 이삭수와 이삭무게의 差異가 없다고 하였다. 早期栽培나 비닐멀칭 栽培에서는 追肥施用이 不便할 뿐 아니라 단옥수수 是 장마가 시작되기 전에 收穫되기 때문에 生育期間에 窒素溶脫의 염려가 적으므로 窒素도 全量基肥로 施用하는 것이 勞力面에서 도 有利한 것이다.

4. 堆肥와 窒素施肥量間의 相互作用

1982년에는 이삭길이와 폭 10a當 이삭수에서만 堆肥와 窒素施肥量間에 有意한 相互作用이 認定되었으나 뚜렷한 傾向은 없었다. 1983년의 경우도 10a當 이삭무게, 乾物重, 窒素吸收量에서만 堆肥와 窒素의 一次 또는 二次的 反應이 5% 水準 또는 1% 水準에서 有意한 相互作用이 認定되었다.

10a當 窒素 0-10 kg 水準에서는 堆肥를 施用할

때 10a當 이삭무게가 많았으나 10a當 窒素 15 kg 以上에서는 堆肥施用效果가 없었고 窒素施肥量 增加에 따른 10a當 이삭무게는 堆肥無施用區에서는 直線的인 增加를 보였고 堆肥施用區에서는 二次曲線的인 增加를 보였다(그림1). 10a當 窒素施肥量에 대한 乾物重의 反應은 堆肥無施用區에서는 三次曲線的인 增加를 보였으나 堆肥施用區에서는 二次曲線的인 增加를 보였다(그림1). 10a當 窒素吸收量의 경우 堆肥의 窒素施肥量間에 뚜렷한 相互作用이 없고 大體로 窒素施肥量 增加에 따라 直線的인 增加를 보였다.

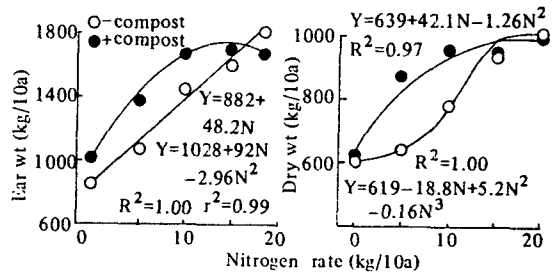


Fig. 1. Ear and dry weights per 10a of Honey bantam9 at 27 days after silking as affected by compost and N rate in 1983.

以上的 結果로 미루어 볼 때 단옥수수 適正 窒素 施肥量은 肥沃한 土壤에서는 10 kg, 肥沃度가 普通인 土壤에서는 10a當 15 kg 程度로 보여지며 모래 땅을 除外하고는 窒素도 全量 基肥로 施用하는 것이 有利한 것으로 본다. 또한 地力增進 및 단옥수수 收量 增加를 위하여 10a當 堆肥 1,500 kg 以上을 施用하는 것이 바람직할 것이다.

摘 要

堆肥施用量(0, 1,500 kg/10a) 및 窒素施肥量(0, 5, 10, 15, 20 kg/10a)과 窒素半量追肥(1982年, 15, 20 kg/10a의 경우)에 따른 단옥수수 Sun glow(1982年 供試) 및 Honey Bantam-9(1983年 供試)의 生育 및 收量性은 다음과 같다.

1. 堆肥施用은 이삭의 크기를 增大시켰고 10a當 이삭무게를 約 10% 增加 시켰다.

2. 10a當 이삭數는 10a當 窒素 10 kg까지 增肥할 때는 크게 增加하였고 이삭무게는 無堆肥區에서 是 10a當 窒素 20 kg까지도 增收되었으나 堆肥施用區에서는 10a當 窒素 10 kg 까지만 큰 增收를 보였다.

3. 10a當 地上部 乾物收量은 無堆肥區에서는 10a當 窒素 15 kg, 堆肥施用區에서는 窒素 10 kg까지 크

게 增加 되었다.

4. 地上部 窒素吸收量은 無窒素에서 8.1 kg였고 10a 當 窒素 20 kg 施用에서 18.8 kg로 窒素施肥量 增加에 따라 直線的인 增加 傾向이었다.

5. 10a 當 이삭수, 이삭무게, 乾物重 등을 고려한 適正 窒素施肥量은 10a 當 10 - 15 kg로 보여진다.

6. 窒素追肥의 效果는 이삭크기, 10a 當 이삭수 및 이삭무게 등에서 認定되지 않았다.

參 考 文 獻

1. Arnon, I. 1974. Mineral nutrition of maize. International Potash Institute, Bern-Worblaufen, Switzerland. p. 452.
2. Jones, J.B. Jr. and H.E. Eck. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. p. 349-364. In L.M. Walsh and J.D. Beaton (eds.) Soil Testing and Plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wis.
3. Larson, W.E. and J.J. Hanway. 1977. Corn Production. p. 625-668. In G.F. Sprague (ed.) Corn and Corn Improvement. Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wis., USA.
4. 任正男. 1978. 土壤의 物理性과 有機物, 韓土肥誌 11(3) : 127 - 160.
5. 朴天緒. 1978. 우리나라에서의 有機物 施用效果. 韓土肥誌 11(3) : 175 - 194.
6. 朴근용 · 최봉호 · 진문섭. 1968. 옥수수 추비시기시험. 작시연보 (전작편) : 677 - 680.
7. 박승의. 1982. 단옥수수 수확기시험. 작시연보 (전작편) : 395 - 400.
8. Rudert, B.D. and S.J. Locascio. 1979. Growth and tissue composition of sweet corn as affected by nitrogen source, nitrapyrin, and season. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(4):520-523.
9. Stanford, G. 1973. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. J. Environ. Quality 2:159-164.
10. 양중성 · 한홍진. 1979. 청예옥수수의 질소시비량시험. 축시연보 : 698 - 703.
11. 윤정희 · 신철우 · 허범량 · 조병옥 · 김인탁 · 박창선. 1979. 옥수수의 시비적량 추천에 관한 시험. 농기연 연보 (토양비료, 열자원) : 363 - 380.