韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 32(3) : 357~368

옥수수와 大豆의 單作 및 交互作에서 作物의 草型構造와 乾物 및 收量生産性

洪璟植 * · 李浩鎭 ** · 兪載敏 ***

Response on Canopy Structure, Dry Matter and Yield of Corn and Soydean in Alternative Row Cropping

Kyung Sik Hong, Ho Jin Lee, Jae Min Rhyu

ABSTRACT

The productivity of cropping systems with corn and soybean were tested in field layouts such as monocultures of each, 1-row alternation(1 : 1), 1-row corn with 2-rows soybean(1 : 2), and 1-row corn with 3 rows soybean(1 : 3). Increasing soybean rows in alternative row croppings modified corn plant short and thick stalk. Decreasing soybean rows induced lodging of soybean plants because of lengthy stem. Although LAI in alternative row croppings increased by 2-8% over monocultures, light transmition into canopy was improved in alternative rows with rearrangement of leaf area and top dry wt.. Top/root ratio of corn plants in alternative rows was decreased as increasing soybean rows. The amount of total nitrogen uptake was increased by 4-22% in alternative row croppings over monocultures. Grain yield of corn plants was increased and that of soybean was decreased as rows of soybean increased in alternative row croppings. Land equivalent ratios were ranged from 0.96 to 1.01, but grain yields, amount of total nitrogen, and dry matter yields were increased by 17-20, 10-25, and 17-20%, respectively, in alternative rows. The 1 : 1 alternative row of corn and soybean was concluded the best cropping system for production of grain and dry matter.

緖 言

間作, 混作, 交互作들은 土地利用率을 向上시키며 生産性을 높이려는 근본 목적 외에 여러가지 災害를 分散시키고 立地空間을 효율적으로 이용하며 飼料價値를 향상시키는 의도로서[14] 실시되어 왔다. 金[6]에 의하면 15세기 初 朝鮮시대에 陸稻, 피, 팥의 混作과 팥, 들깨, 기장 또는 조의 混作에 관한 기록이 있는 것으로 알려져 있다.

최근 두 작물의 混作이 光利用性을 높일 수 있으며[9,18,19] 대두 포장 주위에 옥수수를 2列 심어 防風效果와 토양수분 보존효과가 있었다고[26] 하며 兪等[34]은 토양의 肥沃度가 높아지고 地力이 向上된다

*韓國化學硏究所 (Korea Research Institute of Chemical Technology)
**서울대학교農科大學(College of Agric. Seoul National Univ., Suwon 170, Korea)
***京畿農村振興院(Gyeonggi Provincial Rural Development Administration, Hwasong 170, Korea)
〈'87.9.14 接受〉

고 하였다.

收量에 관하여서는 단옥수수를 單作과 같은 밀도로 심은 후 株間에 大豆를 심음으로써 大豆 單作의 50%에 해당하는 大豆수량을 거둘 수 있었다고 하며[3] Cordero [6]는 옥수수에 大豆 또는 강남콩을 交互 재배하였을 때 單作에 비하여 대두는 33～55%, 강남콩은 약 48% 감수되었다고 하였고 Pendleton et al [24]은 옥수수는 20% 증수 大豆는 20% 감수되었음을 보고하였다.

옥수수와 大豆는 서로 다른 科에 속하고 立地空間, 根分布, 吸收肥料 성분의 質的 量的 차이가 있으므로 間·混作 또는 交互作에서 매우 유리한 特性을 갖추고 있는 작물들이다. 本 硏究에서는 제한된 포장면적에 두 종류의 작물을 재배할 경우 각각의 單作에 대하여 交互作 재배가 갖는 得失을 평가하는데 目的을 두고 있다. 草型이나 養分利用에서 서로 補完性이 큰 옥수수와 대두를 재식비율을 달리하여 재배하고 日光과 토양성분의 利用性과 生育, 乾物 및 收量性을 조사하여 土地利用 효율을 비교함으로서 각 作付方式을 평가하였다.

材料 및 方法

本 實驗은 옥수수와 大豆의 單作 및 交互作栽培時 各作物 相互間의 交互比率에 따른 이들 作物의 生育·草型構造와 乾物 및 收量生産性의 變化를 檢討코자 1894年에 옥수수 水原 19號와 大豆 長葉콩을 다음과 같이 옥수수 單作, 옥수수와 大豆의 交互比率이 各各 1：1, 1：2, 1：3이 되는 이랑 交互作, 그리고 大豆 單作의 5가지 作付樣式을 處理內容으로 하여 亂塊法 3反覆으로 實驗을 遂行하였다.

옥수수는 條間 60 cm 株間 30 cm 간격으로, 大豆는 條間 60cm 株間 15 cm 간격으로 두 作物 모두 5月 5日에 播種하였으며 이때 施肥量은 窒素, 燐酸, 加里를 各各 成分量으로 10a當 옥수수는 18-15-15 kg을, 그리고 大豆는 4-7-9 kg으로 施用하였다. 옥수수에는 窒素肥料의 50%를 本葉 5葉期에 追肥로 施用하였으며 나머지는 全量基肥로 施用하였고 大豆의 肥料는 모두 밑거름으로 주었으며 基肥施用 時 全圃場에 堆肥를 10a當 약 1,000 kg을 施用하였다. 한편 實驗圃場의 土壤分析値는 다음과 같았다.

Cropping patterns and number of plants

Cropping pattern	Number of plants/10a	
	Corn	Soybean
Corn monocrop	5,556	0
Corn 1 : Soybean 1	2,778	5,556
Corn 1 : Soybean 2	1,852	7,407
Corn 1 : Soybean 3	1,389	8,333
Soybean moncrop	0	11,111

Soil characteristics of experimental field

pH (1:5)	O.M. (%)	P_2O_5 (ppm)	Ex.cations(me/100g) K	Ca	Mg	C.E.C (me/100g)
6.1	1.4	363	0.58	5.9	1.8	10.1

雜草防除를 위하여 播種直後 除草劑를 施用하였으며 6月 3日, 7月 13日, 8月 1日에 病蟲害防除를 위하여 農藥을 撒布하였다.

葉面積은 種實發育初期인 7月 20日과 中期인 8月 8日의 두 時期에 sample을 採取하여 葉面積을 測定한 다음 葉面積 指數(LAI)를 換算하였으며 특히 7月 20日 調査時 옥수수는 地上部 50 cm 간격으로, 大豆는 30 cm 간격으로 區分하여 測定함으로써 葉面積의 垂直分布도 아울러 調査하였다.

地上部 乾物重은 7月 20日, 8月 8日, 그리고 8月 23日의 3時期에 各各 sample을 採取하여 葉과 葉以外의 部分으로 나눈 다음 110℃ dry oven에서 1時間 정도 killing 시킨 후 80℃에서 48時間동안 乾燥시킨 다음 秤量하고 이를 20 mesh로 마쇄하여 農村振興廳 綜合分析室에 의뢰 全窒素를 分析하였다. 7月 20日 調査時에는 葉面積의 경우와 마찬가지로 各 作物의 作付樣式別로 乾物重의 垂直分布도 함께 調査하였다.

한편 光透過狀態는 Quantum meter (英 T & J Clump 社)에 1 ft 길이의 line sensor를 부착하여 測定하였고 기타 生育과 收量構成要素 및 收量을 調査하였으며 交互作의 效率을 評價하는 한 方法인 LER (Land equivalent ratio) [2]은 다음 式에 의하여 計算하였다.

$$LER = \sum_{C=1}^{n} \frac{YI_C}{YM_C}$$

YI_C = Yield of crop C in intercrop

YM_C = Yield of crop C in monocrop

또한 生育期間中의 氣象은 平年에 비하여 日平均·最高·最底氣溫이 모두 全生育期間을 통하여

다소 높은 편으로 옥수수와 大豆의 生育에 유리한 溫度條件[13] 下에서 경과되었으며 日照時間도 비교적 충분하였으나 7月 3日(141.7 mm), 7月 4日(41.2 mm), 7月 12日(46.4 mm), 그리고 8月 24日(59.4 mm) 등의 수차에 걸친 호우로 인하여 大豆에서 倒伏이 發生되었다.

結果 및 考察

1. 作付樣式에 따른 各作物의 生育狀況

옥수수와 大豆의 間混作 또는 交互栽培時 키가 큰 옥수수는 유리하고 키가 작은 大豆는 불리하다는 多數의 報告[7,9,24,33]가 있다. 그의 1차적 원인은 光線[9,24]과 根部競合[9] 等이라고 하며 遮光에 의한 光不足時에는 연약한 生長[10,14,28]으로 인한 倒伏의 發生[24] 等으로 減收된다[15,21,25]고 한다.

옥수수의 生育은 表 1a와 같이 稈長은 大豆와의 交互作에 의해 옥수수 單作의 경우보다 짧아졌으며 交互比率間에 統計的인 有意差는 없었으나 大豆의 比率이 증가함에 따라 稈長이 短縮되는 경향을 나타내었다. 地面으로부터 암이삭까지의 높이인 着穗高도 옥수수 單作에 비하여 大豆의 比率이 증가함에 따라 낮아지는 경향을 보였으며 줄기의 直徑은 大豆와의 交互栽培時 옥수수 單作의 경우보다 굵어졌다. 그러나 主稈葉數는 栽培樣式에 따른 一定한 경향을 나타내지 않았으며 모든 處理區에서 옥수수의 倒伏은 발생되지 않았다.

表 1b에서 보는 바와 같이 大豆의 生育은 統計的인 有意差는 없었으나 大豆單作의 경우에 비해 옥수수의 比率이 늘어남에 따라 莖長이 길어지고 줄기의 굵기는 가늘어졌으며 分枝數가 적어지는 傾向을 나타냈으나 主莖의 節數는 栽培樣式에 따른 一定한 傾向을 보이지 않았다. 그리고 遮光에 의한 徒長[14]의 경향과 수차례에 걸친 호우로 인하여 倒伏이 발생되었는데 그 程度는 옥수수의 比率이 증가함에 따라 더욱 심하였다.

따라서 옥수수와 大豆의 生育 모두 옥수수 單作으로부터 콩의 比率이 증가되어 大豆單作으로 변함에 따라 向上되었다. 반면 옥수수의 比率이 증가됨에 따라 相互遮光 또는 他作物에 의한 遮光으로 인하여 줄기가 가늘어지고 키가 커지며 大豆는 分枝數가 減少되고 倒伏이 발생되는 等 不利한 方向으로 변화되었는데 이는 兪 等[33]의 報告와 一致되었다.

2. 葉面積과 透光率

光合成 效率面에서 大豆의 critical LAI는 5~6[13]이라고 하며 大豆의 上, 中, 下部의 葉을 各各 3葉씩 절제하면 17, 24, 4%씩 減收[15]된다고 하였다. Loomis *et al*[20]은 옥수수의 최대 LAI가 출웅기 직후에 5.1이고 이때의 광소멸계수 K는 0.7이었다고 하였으며 Williams *et al*[31]은 50,000本/ha의 栽植密度일 때 90%의 광차단 LAI는 出絲

Table 1a. Agronomic characteristics of corn at different cropping pattern

Cropping pattern	Stalk height (cm)	Ear height (cm)	Stalk diameter (cm)	Number of leaves	Lodging (0-9)
Corn monocrop	252	113	2.8	12.3	0
Corn 1 : Soybean 1	242	108	3.1	11.7	0
Corn 1 : Soybean 2	240	102	3.0	12.1	0
Corn 1 : Soybean 3	238	100	3.2	12.2	0
L.S.D. at 0.05	8.1	N.S.	0.13	N.S.	–

Table 1b. Agronomic characteristics of soybean at different cropping pattern

Cropping pattern	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Number of branches	Number of nodes	Loding (0-9)
Corn 1 : Soybean 1	77.9	8.9	1.7	13.7	5.7
Corn 1 : Soybean 2	75.3	9.9	2.4	14.7	3.7
Corn 1 : Soybean 3	69.9	10.6	2.4	14.6	2.3
Soybean monocrop	68.8	10.1	2.6	13.9	0.7
L.S.D. at 0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	–

Table 2. Changes of leaf area index (LAI) at each cropping pattern

Cropping pattern	July 20				August 8			
	Corn	Soybean	Total	O/E[a)]	Corn	Soybean	Total	O/E[a)]
Corn monocrop	4.81	–	4.81	1.00	2.98	–	2.98	1.00
Corn 1 : Soybean 1	5.48	4.90	5.19	1.02	3.40	2.62	3.01	0.94
Corn 1 : Soybean 2	5.58	5.21	5.33	1.03	3.45	3.21	3.29	1.00
Corn 1 : Soybean 3	5.68	5.31	5.40	1.04	3.52	3.65	3.62	1.08
Soybean monocrop	–	5.40	5.40	1.00	–	3.50	3.50	1.00

[a)] O/E=Observed total LAI÷Expected total LAI.

期의 경우 3.0이며 栽植密度가 높아질수록 葉이 直立化한다고 하였다.

옥수수와 大豆의 單作 및 交互作 栽培時의 葉面積指數를 種實發育初期와 中期의 두 시기에 조사한 결과는 表 2와 같다. 種實發育 初期인 7月 20日의 옥수수의 葉面積指數는 單作의 경우 4.81 이었던데 비하여 옥수수와 大豆를 交互栽培했을 때는 옥수수만을 單作할 경우보다 14～18%의 葉面積指數가 增加되었으며 그 增加程度는 大豆의 比率이 높아질수록 커졌다. 그러나 大豆는 單作의 葉面積指數가 5.40이었던데 비하여 옥수수와 大豆를 交互栽培했을 때 2～9%가 減少되었고 그 減少程度는 옥수수의 比率이 높아질수록 커졌다. 또한 각 작물의 栽培比率에 따른 全圃場의 葉面積指數는 옥수수 單作이 4.8로 가장 낮았으며 大豆의 比率이 증가함에 따라 증가하여 옥수수와 大豆의 1:3 交互作과 大豆單作이 5.40으로 가장 높았다. 그러므로 일정한 面積內에 옥수수와 大豆를 재배하고자 할때 栽培比率에 따라 각 작물을 各各 單作하는 것보다는 交互로 재배함으로써 葉面積指數가 2～4% 증가하는 경향을 나타내었다.

8月 8日의 全圃場葉面積指數는 옥수수 單作과 大豆單作이 각각 2.98과 3.50이었고 옥수수와 大豆의 交互比率이 1:1, 1:2, 1:3으로 변함에 따라 3.01, 3.29, 3.62로 높아졌다. 한편 옥수수의 葉面積指數는 옥수수 單作에 비하여 14～18% 증가되었고 大豆의 葉面積指數는 大豆單作에 비하여 1:1, 1:2 栽培時에는 14%와 6% 減少되었으나 1:3 栽培時에는 3% 增加를 나타내었고 따라서 種實發育中期의 葉面積指數를 기대葉面積指數에 대한 실제 葉面積指數의 比로 살펴볼 때 옥수수와 大豆의 1:1 交互栽培時 6%의 減少, 1:3 栽培時 8% 增加 그리고 1:2 交互栽培時는 單作과 같은 경향을 나타내어 大豆의 比率이 늘어남에 따라 유리하여졌다. 이는 각 작물의 種實發育이 진전됨에 따라 상대적으로 上部에 위치하고 있는 옥수수의 葉老化는 交互比率에 따른 影響을 받지 않았으나 下部에 위치하고 있는 大豆는 옥수수에 의한 遮光의 程度가 심해짐에 따라 葉의 老化가 속히 진행되었기 때문으로 생각되었다.

穗實發育初期인 7月 20日의 葉面積이 作物別 栽培樣式에 따른 垂直分布는 그림 1에 나타난 바와 같이 옥수수는 大豆와의 交互栽培에 의해 株當 葉面積이 증가되었고 그 정도는 大豆의 比率이 늘어남에 따라 더욱 커졌다. 그러나 大豆는 옥수수와는 반대로 옥수수와의 交互栽培에 의해 株當葉面積이 감소되었으며 그 幅은 옥수수의 比率이 증가할수록 커졌다.

옥수수와 大豆 두 作物 모두 他作物과의 交互作에 의해 그리고 交互作間에는 他作物의 比率이 증가됨에 따라 上位葉의 分布比率은 줄어든 反面, 中位 또는 下位葉의 分布比率이 늘어나 각 작물에 있어서 葉面積의 空間配置가 보다 均一하고 고르게 分布되는 方向으로 變化되었다. 이는 두 作物의 葉配列特性 및 草長의 差異에서 기인된 것으로 옥수수는 葉의 配列이 성긴 편이며 따라서 下位葉까지의 光透過가 良好하므로 交互로 栽植된 大豆가 利用하였고[9] 또한 大豆는 葉의 配列이 상대적으로 密한 편이나 草長이 옥수수의 절반에도 미치지 못하므로 大豆의 群落 위로 통과하는 光은 바로 옥수수 群落의 中下部로 침투하기 때문에 各 作物體가 보다 많은 光을 이용하고자 葉의 分布가 고르게 發達된 것으로 판단되었다.

群落內部로의 透光率은 그림 1과 같이 地上 1.5 m 높이에서는 옥수수 單作의 경우 가장 낮았으며 大豆의 交互比率이 늘어남에 따라 높아졌으나 地表面에서의 透光率은 옥수수 單作이 가장 높았고 기타는 大豆의 比率이 증가될수록 높아지는 경향을 나

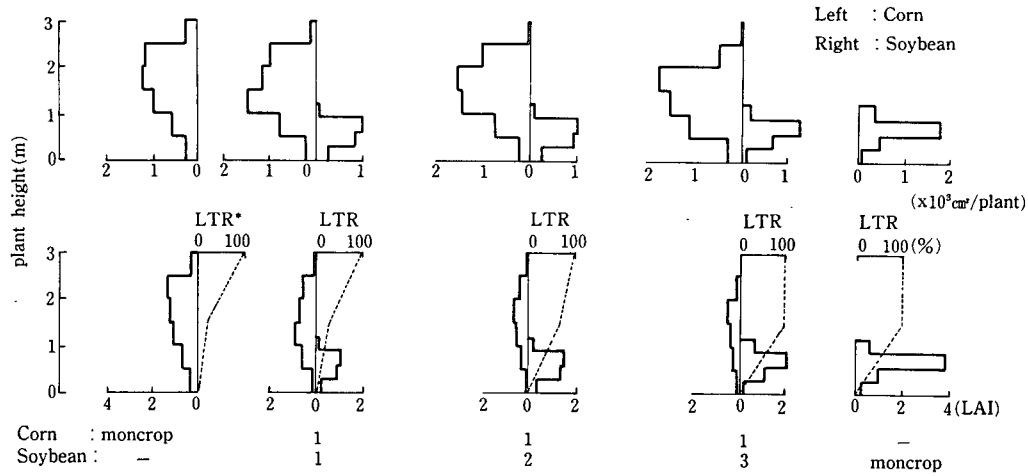

Fig.1. Distribution of leaf area and light transmission ratio(LTR) at each cropping pattern(Upper : Leaf area per plant, Lower : Leaf area index)

*LTR= $I / I_0 \times 100$ (I : Light intensity in the canopy, I_0 : Light intensity above the canopy).

타내었다. 이러한 變化는 前述한 各 작물의 葉의 配列狀態 및 分布 그리고 草長의 차이에 기인된 것으로 생각되었다.

3. 乾物生産

가. 種實發育期間中의 乾物重

옥수수와 大豆의 種實發育初期와 中期, 그리고 末期의 세 時期에 各 作付樣式別로 地上部 乾物重을 測定한 結果는 그림 2 및 表 3과 같다. 植物體當 乾物重(그림 2)를 時期別로 살펴보면 種實發育이 진전됨에 따라 直線的으로 증가[12]되었고 옥수수는 交互作에 의해 乾物重이 증가했으나 交互比率間에는 差異가 없었고 大豆는 交互作에 의해 감소되었으며 옥수수의 比率이 높아질수록 그 減少幅이 커졌다. 따라서 타작물과의 交互栽培時 각 작물 單作에 비하여 옥수수는 乾物 축적이 증가되었으나 大豆는 감소되었다. 이를 全體 圃場單位로 換算하면 表 3에 나타난 바와 같다. 種實發育初期인 7月20日의 乾物重을 살펴보면 옥수수와 大豆의 交互比率이 1 : 1, 1 : 2, 그리고 1 : 3으로 변함에 따라 각 작물과 같은 比率의 面積에 單作했을 때에 비하여 옥수수는 各各 146, 125, 91 kg이 많았고 大豆는 各各 52, 30, 15 kg이 적어 옥수수와 大豆의 1 : 1 栽培時 交互作에 의해 10%, 1 : 2 栽培時 12%, 그리고 1 : 3 栽培時 10%의 乾物生産이 늘었다. 또한 種實發育後期인 8月 23日의 乾物重은 옥수수와 大豆의 栽培比率이 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3으로 변함에 따라 각 작물 單作에 比하여 交互栽培時 옥수수는 各各 424, 269, 208 kg/10 a가 늘었고 大豆는 各各 107, 92, 74 kg/10 a가 줄어들어 전체적으로는 各各 317(12%), 177(8%), 194(11%) kg/10 a의 乾物生産이 늘었다. 이상과 같이 옥수수와 大豆의 栽培時

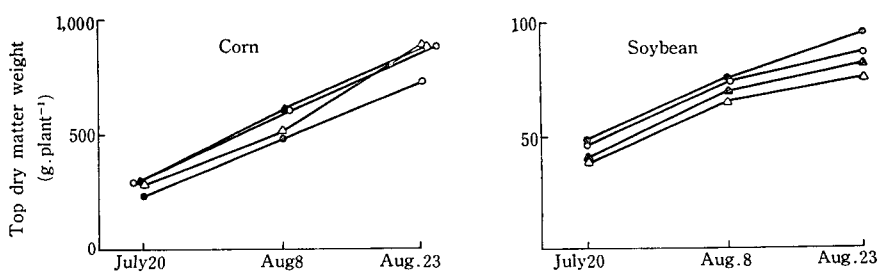

Fig.2. Changes of top dry matter weight(o—o ; monocrop, △—△ ; corn 1 : soybean 1, ▲—▲ ; corn 1 : soybean 2, o—o ; corn 1 : soybean 3).

Table 3. Changes of top dry matter weight at each cropping pattern

(Unit : kg/10a)

Cropping pattern	July 20			August 23		
	Corn	Soybean	Total	Corn	Soybean	Total
Corn monocrop	1,288 (100)	–	1,288	4,127 (100)	–	4,127
Corn 1 : Soybean 1	790 (61)	219 (40)	1,009	2,488 (60)	425 (40)	2,913
Corn 1 : Soybean 2	554 (43)	309 (57)	863	1,645 (40)	617 (58)	2,262
Corn 1 : Soybean 3	413 (32)	391 (72)	804	1,240 (30)	724 (68)	1,964
Soybean monocrop	–	541 (100)	541	–	1,064 (100)	1,064

Note : The value in the parenthesis means the percentage of top dry matter weight at each alternative row cropping pattern compared with that of each monocrop.

이들 作物을 각각 單作하는 것보다는 栽培面積 比率에 따라 이랑 交互栽培함으로써 單位面積當 乾物生産量을 높일 수 있었다.

나. 乾物重의 垂直分布

옥수수와 大豆의 單作 및 交互栽培時의 各 作付樣式에 따른 種實發育初期 地上部 乾物重의 垂直分布를 同化部位(葉) 과 非同化部位(葉 以外의 部分)로 區分하여 나타내면 그림 3과 같다. 株當 乾物重을 살펴보면 옥수수 單作에 比하여 同化部位 및 非同化部位 모두 증가되었으며 그 增加幅은 大豆의 比率이 높아질수록 커졌다. 그러나 大豆는 옥수수와의 交互栽培에 의해 株當 乾物重이 減少되었으며 그 幅은 옥수수의 比率이 증가될수록 커졌다. 한편 乾物重의 垂直分布는 옥수수의 경우 大豆와의 交互作에 의해 中下部의 分布比率이 높아졌으나 大豆는 뚜렷한 變化를 보이지 않았다.

또한 각 작물의 單位面積當 乾物重은 타작물과의 交互比率이 높아질수록 減少되었으며 각 작물 乾物重의 合은 大豆의 栽植比率이 높아질수록 減少되었으며 이의 垂直分布는 옥수수 株當 乾物重의 分布와 같은 경향을 나타내었다.

다. 植物體 部位別 分布와 T/R率

옥수수의 部位別 構成比率에서 種實은 형성되면서부터 계속 增加되어 50 % 以上, 줄기는 30～35 %, 葉은 15～20 % 정도가 된다[8] 고 하며 大豆의 最大營養乾物重 축적시 葉 39～41 %, 줄기 43～46 %, 엽병 15～17 %가 된다[11] 고 한다. 表 4a에 나타난 바와 같이 옥수수의 全體 乾物重에 대한

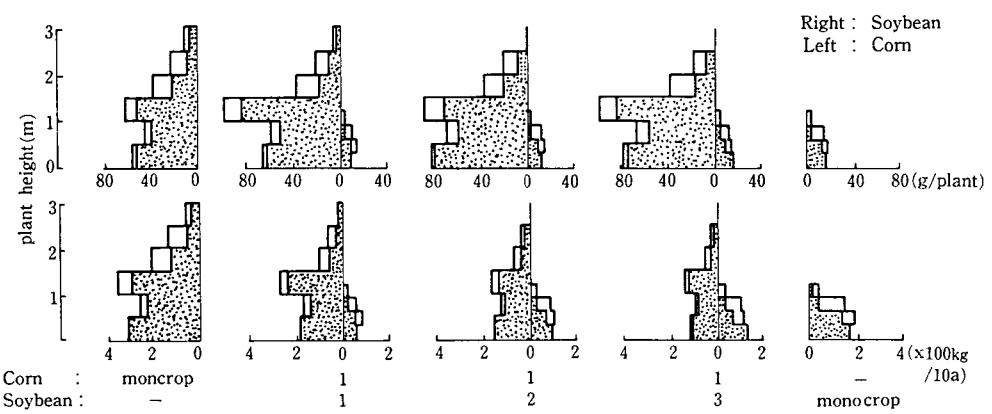

Fig. 3. Vertical distribution of top dry matter weight at each cropping pattern(Upper : D.M.per plant, Lower : D.M.per 10a, □ : Leaf, ▨ : Non-leaf portion).

根重의 比率은 大豆와의 交互作에 의해, 또 大豆의 比率이 높아짐에 따라 증가 경향을 나타내었으나 葉과 줄기의 分布比率은 減少되는 경향을 보였다. 따라서 地下部 乾物重에 대한 地上部 乾物重의 比인 T/R ratio는 大豆와의 交互比率이 높아감에 따라 낮아졌다. 그러나 大豆의 部位別 乾物重 分布比率과 T/R ratio는 表 4b와 같이 栽培樣式에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다. 한편 大豆와의 交互作에 의해 옥수수 單作보다 옥수수 根重이 늘어난 것은 下位葉까지의 光透過의 良好로 因하여 光合成産物의 大部分을 根部로 移動시키는 下位葉의 보다 높은 活力維持와 그에 따른 根部로의 光合成産物 移動 增加에 의한 根重의 增加, 大豆 뿌리혹박테리아에 의해 固定된 窒素肥料 成分의 利用, 土壤環境條件 等 여러 가지를 생각할 수 있으나 本 實驗의 結果로는 직접적인 根重의 增加原因을 판단하기는 곤란하였다. 또한 時期別로는 옥수수와 大豆 모두 栽培樣式에 관계없이 種實의 發育이 진전됨에 따라 全植物體에서 차지하는 根과 葉의 分布比率은 減少된 반면 雌穗나 莢을 포함하는 줄기의 分布比率이 增加되었으며 따라서 T/R ratio 도 높아졌다.

4. 作物生長率(CGR : Crop Growth Rate)

大豆의 CGR은 옥수수에 비하여 극히 낮으며[5] 낮은 CGR 때문에 大豆의 收量이 저하된다고 한다. 또한 作物의 CGR은 乾物重과 높은 相關이 있다[23] 고 한다.

種實發育 前半期인 7月20일부터 8月8日까지의 作物 生長率은 表 5와 같이 옥수수 單作은 74.7g · m^{-2}, day^{-1} 였으나 大豆單作은 15.7g · m^{-2}, day^{-1} 로 극히 적었으며 따라서 栽培樣式別 全體 作物生長率은 大豆의 比率이 높아질수록 減少되었고 따라서 옥수수 單作이 가장 높았다. 그러나옥수수와 大豆를 함께 栽培할 경우 옥수수와 大豆의 交互比率이 1 : 1인 경우를 제외하고는 옥수수와 大豆의 交互栽培時 各 作物 모두 作物生長率이 예상 生長率보다 높아졌고 따라서 옥수수와 大豆를 合한 전체 生長率이 예상 全體 作物生長率보다 옥수수와 大豆의 1 : 1 栽培時를 제외하고는 交互栽培에 의하여 種實發育 前半期의 乾物生産 速度가 빨라졌다.

5. 植物體內 全窒素

各 作物이 吸收한 全窒素量은 表 6과 같이 種實의 發育이 진전됨에 따라 급격히 늘어났으며 交互栽培를 하면 각 작물의 單作에 비하여 옥수수와 大豆의 交互比率에 따라 種實發育 初期에는 4～9%, 中期에는 10～15%, 그리고 後期에는 11～22%가 많아졌다. 따라서 각 작물을 單作하는 것보다 交互栽培함으로써 植物體內의 窒素吸收量을 높일 수 있으므로 보다 良好한 營養狀態를 維持시키고 養分축적을 높일 수 있으리라 생각되었다.

한편 植物體內의 全窒素量은 種實發育이 진전됨에 따라 옥수수와 大豆 모두 植物體內의 全窒素量이 直線的으로 증가되며 葉의 全窒素量은 前半期에는 葉

Table 4a. Distribution of corn dry matter weight at each cropping pattern

(Unit : %)

Cropping pattern	July 20				August 23			
	Root	Leaf	Others	T/R	Root	Leaf	Others	T/R
Corn monocrop	10.1	21.8	68.1	8.9	5.2	6.0	88.8	18.2
Corn 1 : Soybean 1	13.9	17.6	68.5	6.2	8.2	5.7	86.1	11.2
Corn 1 : Soybean 2	15.0	17.6	67.4	5.7	8.3	5.5	86.2	11.0
Corn 1 : Soybean 3	19.0	17.1	63.9	4.3	9.8	5.5	84.7	9.2

Table 4b. Distribution of soybean dry matter weight at each cropping pattern

(Unit : %)

Cropping pattern	July 20				August 23			
	Root	Leaf	Others	T/R	Root	Leaf	Others	T/R
Corn 1 : Soybean 1	11.1	34.5	54.4	8.0	6.0	11.4	82.6	15.7
Corn 1 : Soybean 2	12.0	38.8	49.2	7.3	6.0	14.6	79.4	15.7
Corn 1 : Soybean 3	11.8	38.2	50.0	7.5	6.0	11.9	82.1	15.7
Soybean monocrop	11.0	33.6	55.4	8.1	6.4	13.3	80.3	14.6

Table 5. Crop growth rate(CGR) of corn and soybean at each cropping pattern

(Unit : $g \cdot m^{-2}$, day^{-1})

Cropping pattern	Expected			Observed			Observed
	Corn	Soybean	Total	Corn	Soybean	Total	Expected
Corn monocrop	74.7	–	74.7	74.7	–	74.7	1.00
Corn 1 : Soybean 1	37.4	7.9	45.3	35.1	7.8	42.9	0.95
Corn 1 : Soybean 2	24.9	10.5	35.4	30.8	11.5	42.3	1.19
Corn 1 : Soybean 3	18.7	11.8	30.5	23.3	12.2	35.5	1.16
Soybean monocrop	–	15.7	15.7	–	15.7	15.7	1.00

Table 6. Total N yield and leaf N content at each cropping pattern.

cropping pattern	July 20				August 23			
	corn		soybean		corn		soybean	
	A	B	A	B	A	B	A	B
corn monocrop	20.0	2.60	–	–	41.4	1.65	–	–
corn 1 : soybean 1	12.0	2.78	4.6	3.21	23.0	1.92	12.5	2.87
corn 1 : soybean 2	8.9	2.41	6.4	3.37	17.2	1.78	15.5	2.71
corn 1 : soybean 3	5.4	2.54	8.5	3.48	14.1	1.96	19.9	3.20
soybean monocrop	–	–	10.4	3.40	–	–	22.6	3.09

* A : total N yield(kg/10a), B : leaf N content(%)

의 老化와 더불어 완만히 減少하다가 後半期에는 급격히 減少되었고 種實을 포함한 葉以外 部分의 全窒素量은 種實이 發育함에 따라 直線的으로 增加되었다.

한편 種實發育期間中의 全窒素의 含量은 옥수수와 大豆 모두 種實이 發育함에 따라 葉의 全窒素 含量이 감소되었으나 줄기의 窒素 含量은 옥수수는 減少 그리고 大豆는 增加 경향을 나타내었다. 또한 줄기와 葉 모두 大豆의 窒素 含量이 옥수수보다 높았고 栽培樣式에 따른 含量은 옥수수의 葉과 줄기 그리고 大豆의 줄기에서는 一定한 傾向이 없었으나 大豆葉의 全窒素 含量은 全 時期 모두 옥수수와 大豆의 1 : 3 交互栽培時에 가장 높았다.

6. 收量構成要素 및 收量

가. 收量 構成要素

Prine and Schroder [25] 은 옥수수의 栽植密度는 增加시켰을 때 株當 이삭수와 收量 減少의 1 차적인 원인은 相互遮光에 의한 光環境의 不良때문이라 하였으며 兪 等[33] 은 옥수수는 他作物과의 間作이 混作보다 株當 이삭수에서 유리해 진다고 하였다.

옥수수의 收量은 栽植株數 · 株當이삭수 · 이삭當 粒數 및 粒重의 積으로 表示[14] 되며 表 7a와 같이 大豆와의 交互作에 의해, 그리고 大豆의 比率에 늘어남에 따라 株當이삭수는 증가되었으나 單位面積當 이삭수는 감소되었다. 또한 이삭當 種實數는 統計的인 有意差는 없었으나 증가하는 경향을 보였고 株當種實數는 증가되었으나 單位面積當 種實數는 감소되었다. 한편 種實 100粒重은 35.1 ~ 36.1 g 사이에 分布되었으나 栽培樣式別로 일정한 경향이 없었다.

Table 7a. Yield components of corn at each cropping pattern

Cropping pattern	Number of ears per		Number of grains per			100-grain
	plant	10a	ear	plant	m^2	weight(g)
Corn monocrop	0.84	4,682	516	436	2,421	35.4
Corn 1 : Soybean 1	1.10	3,051	541	594	1,650	36.1
Corn 1 : Soybean 2	1.13	2,100	563	637	1,179	35.1
Corn 1 : Soybean 3	1.16	1,607	579	667	927	35.2
L.S.D. at 0.05	0.18	444.7	NS	116.0	357.7	NS

Table 7b. Yield components of soybean at each cropping pattern

Cropping pattern	Number of pods per		Number of grains per			100-grain
	plant	m²	pod	plant	m²	weight(g)
Corn 1 : Soybean 1	30.1	167	1.87	56.3	313	22.0
Corn 1 : Soybean 2	38.1	287	1.90	72.5	537	22.9
Corn 1 : Soybean 3	43.0	358	1.92	82.6	687	23.4
Soybean monocrop	46.6	518	1.98	92.4	1,027	24.9
L.S.D. at 0.05	2.65	21.1	NS	6.89	53.9	NS

변화되었으나 大豆는 減少되어 不利하게 變化되었다.

나. 收 量

옥수수와 大豆를 交互栽培하면 옥수수는 增收되고 大豆는 減收되거나[7,9,24,33] 單作과 비슷하다[1] 고 하며 土地의 收量生産性을 높일 수 있다[2,6,9] 고 한다.

大豆는 옥수수와의 交互比率이 늘어남에 따라 株當 莢數 및 單位面積當 莢數가 減少되었고 莢當 粒數와 種實 100粒重은 統計的인 有意差는 없었으나 減少 傾向을 나타내었으며 株當 粒數 및 單位面積當 粒數도 감소되었다(表 7b).

이상에서 살펴 본 것과 마찬가지로 옥수수와 大豆를 交互栽培하면 他作物의 比率이 增加함에 따라 個體別 收量構成要素가 옥수수는 增加되어 有利하게

種實收量은 그림 4와 表 8에 나타난 바와 같이 옥수수와 大豆의 交互比率이 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 으로 변함에 따라 各 예상 수량보다 옥수수는 166, 127, 112 kg/10 a 增收되었으나 大豆는 各各 59, 48, 31 kg/10 a 減收되었고 따라서 옥수수와 大豆의 合計 收量은 各各 107, 79, 81 kg/10a 가 增收되었다.

또한 收量에는 단지 種實收量만이 아니라 飼料的인 面에서 總乾物收量, 그리고 營養的인 면의 窒素收量 等도 함께 고려되어야 하므로 이들을 살펴보면 表 9와 같이 옥수수와 大豆를 1 : 1, 1 : 2 또는 1 : 3으로 交互栽培함에 따라 單作할 때의 기대收量

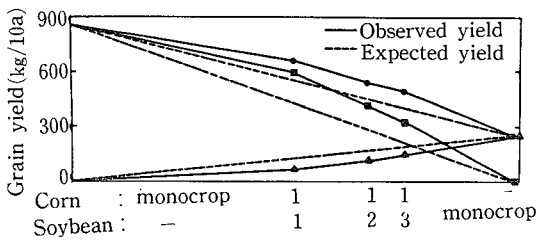

Fig. 4. Grain yield of corn(■), soybean(▲), and their sum(●)at each cropping pattern.

보다 總窒素生産量과 總乾物生産量 역시 늘었으며 따라서 一定面積內에 옥수수와 大豆를 栽培하고자 할 때 各 作物을 單作하는 것보다는 이랑 交互栽培함으로써 種實收量뿐만 아니라 乾物 및 窒素收量도 증대시킬 수 있었다.

한편 交互栽培의 效率을 評價하기 위하여 各種 收量의 實測値와 豫想値를 比較하여 본 결과 表 9와 같이 總窒素收量面에서는 1.10～1.25, 總乾物收量面에서는 1.07～1.12 그리고 種實收量面에서는 1.17～1.20 으로 單作에 비하여 各種 收量生産에 效率的이었으나 LER(Land equivalent ratio)는 0.96～1.01로 Crookston and Hill[3] 의 結果와 마찬가지로 單作과 비슷하였다.

考 察

Table 8. Grain yield of corn and soybean at each cropping pattern

Cropping pattern	Expected(kg/10a)			Observed(kg/10a)		
	Corn	Soybean	Total	Corn	Soybean	Total
Corn monocrop	857	–	857	857	–	857
Corn 1 : Soybean 1	429	128	557	595	69	664
Corn 1 : Soybean 2	286	171	457	413	123	536
Corn 1 : Soybean 3	214	192	406	328	161	487
Soybean monocrop	–	256	256	–	256	256

Table 9. Various yields and the efficiency of alternative row cropping

Cropping pattern	Total nitrogen yield			Dry matter yield			Grain yield			LER*
	Observed (O)	Expected (E)	O/E	O	E	O/E	O	E	O/E	
Corn monocrop	41.4	41.4	1.00	4,127	4,127	1.00	857	857	1.00	1.00
Corn 1 : Soybean 1	35.5	32.0	1.10	2,913	2,596	1.12	664	557	1.19	0.96
Corn 1 : Soybean 2	32.7	28.9	1.13	2,262	2,084	1.08	536	457	1.17	0.96
Corn 1 : Soybean 3	34.0	27.3	1.25	1,964	1,830	1.07	487	406	1.20	1.01
Soybean monocrop	22.6	22.6	1.00	1,064	1,064	1.00	256	256	1.00	1.00

* LER (Land equivalent ratio) $= \sum_{c=1}^{n} \frac{Y_{IC}}{Y_{MC}}$ [Y_{IC} : Yield of crop C in intercrop, Y_{MC} : Yield of crop C in monocrop]

옥수수의 生育은 大豆와의 交互作에 의해 또 交互栽培時 大豆의 比率이 增加함에 따라 稈長이 짧아지고 着穗高가 낮아졌으며 줄기가 굵어졌다. 그러나 大豆의 生育은 옥수수와의 交互作에 의해 또 交互栽培時 옥수수의 比率이 增加함에 따라 莖長이 길어지고 分枝數가 減少되며 줄기가 가늘어져 兪 等[33]의 報告와 유사한 경향을 보였다. 따라서 他作物과의 交互比率이 높아질수록 키가 큰 옥수수는 보다 生育에 有利한 面으로, 그리고 大豆는 보다 生育에 不利한 面으로 變化되었는데 이의 1 차적인 요인은 光[24]으로 옥수수는 군락 內部로의 透光이 용이해졌으나 大豆는 옥수수에 의한 遮光의 영향으로 키가 커지고 연약하게 자라는 徒長現象[14]을 나타내어 결국에는 倒伏이 발생[24,28,30,33]되었다.

Loomis *et al*[20]은 栽植密度가 48,700株/ha 일때 最大 LAI는 5.1이라 하였고 옥수수의 LAI 4.5 이상에서는 收量의 增加가 없다고 하였는데 本實驗에서 옥수수 單作의 LAI는 4.8로 單作에 비해 他作物과의 交互比率이 늘어남에 따라 옥수수의 LAI는 增加되었으나 大豆의 LAI는 減少되었고 全體 葉面積指數가 種實發育 初期에는 2～4% 정도밖에 증가되지 않았으나 種實發育 中期에는 8%까지 늘어났다. 한편 種實의 發育이 진행됨에 따라 相對的으로 上部에 위치하며 잎의 配列이 성긴 옥수수의 下位葉 分布比率은 交互比率에 영향을 받지 않았으나, 相對的으로 下部에 위치하며 葉의 配列이 密한 大豆의 下位葉은 옥수수에 의한 遮光이 심해짐에 따라 分布比率이 低下되었는데 이는 葉의 老化가 속히 진행된 때문으로 추측된다. 한편 葉面積의 垂直分布는 交互作에 의해 보다 均一하게 上下에 고르게 分布되는 경향을 나타내어 光利用에 더욱 有利한 配列을 갖추게 되었다.[19]

옥수수는 下位葉으로의 光透射가 좋은 편이나 또한 下部까지 透射된 光의 流失量이 많으므로 草冠이 낮은 大豆와 같은 作物을 栽培함으로써 낭비되는 光을 利用할 수 있는데[9] 群落內部로의 透光率은 地表面에서 옥수수 單作이 가장 높았고 기타는 大豆의 比率이 增加할수록 높아졌는데 이는 옥수수와 大豆의 草長 및 葉의 垂直分布와 매우 밀접한 관련이 있었다.

Sayer[29]는 種實發育期에 乾重物이 직선적으로 增加한다고 하였으며 本 實驗에서도 같은 경향을 나타내었고 交互栽培時 單作에 비하여 增加되었으며 또한 乾物重의 垂直分布도 비교적 上下에 고르게 分布되었고 全 植物體 中에서 뿌리가 차지하는 比率도 높아져 生育이 보다 健實해지는 方向으로 變化되었다. 한편 植物體內의 全窒素量도 單作에 比하여 交互栽培時 種實發育 初期에는 4～9%, 中期에는 10～15%, 末期에는 11～22% 增加되어 植物體內의 營養狀態가 良好해지고 또한 養分의 축적이 增加되었다.

收量構成要素는 交互作에 의해 옥수수는 增加되었으나 大豆는 減少되었고 따라서 收量도 옥수수는 增收되었으나 大豆는 減收되었다.[7,9,24] 交互作에 의한 옥수수의 增收量이 大豆의 減收量보다 커서 全體的으로 絶對收量은 單作에 比해 17～20% 增加되었으나 相對收量을 나타낸 LER은 0.96～1.01로 Allen and Obura[2] 1.10～1.22, Dolezal[9] 1.10 等과는 달리 單作의 경우와 큰 차이는 없었다.[7,24] 이는 옥수수와 大豆의 絶對的인 收量의 심한 差와 倒伏 等으로 인한 大豆收量 減少[15]의 加重이 復合的으로 作用되어진 결과로 여겨지며 交互作의 利點을 충분히 살리기 위해서는 Crookston and Hill[7]의 主張과 마찬가지로 交互比率 뿐만 아니라 연속되는 列數도 함께 檢討되어야 할 것으로 판단되었다. 그러나 各種 收量의 實測値와 豫想値를 比較하여 보

면 總窒素收量面에서는 10～25%, 總乾物收量面에서는 7～12%, 그리고 種實收量面에서는 17～20% 增收되어 各種收量生産에 交互作이 單作보다 效率的이었다. 특히 옥수수와 대두의 交互作 비율을 1:1로 재배하였을 때 乾物生産이나 種實收量은 單作에 비하여 12% 및 19%씩 각각 증수되어 타 교호작 비율보다 좋은 방법으로 판단되었다. 아울러 交互作 作付體系를 확립하려면 파종법과 시비 및 재배법에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

摘 要

옥수수와 大豆의 單作 및 交互栽培時 各 作物 相互間의 交互比率에 따른 이들 作物의 草型構造와 乾物 및 收量生産의 變化를 檢討하고자 옥수수 單作, 옥수수와 大豆의 交互比率이 各各 1:1, 1:2, 1:3인 이랑 交互作, 그리고 大豆單作의 5가지 栽培樣式으로 實驗을 遂行한 結果는 다음과 같다.

1. 옥수수는 大豆의 比率이 增加함에 따라 稈長이 짧아지고 着穗高가 낮아졌으며 줄기의 굵기는 굵어졌다. 大豆는 옥수수의 比率이 增加함에 따라 莖長이 길어지고 줄기가 가늘어졌으며 生長後期 倒伏의 정도가 심해졌다.

2. 葉面積指數는 交互作에 의해 2～8% 增加되었으며 地上部 乾物重도 다소 늘어났다. 葉面積과 乾物重의 垂直分布는 交互栽培時 中下部의 分布比率이 높아져 보다 고르게 分布되었다.

3. 大豆의 比率이 높아질수록 葉重의 分布比率이 높아지고 葉以外 部分의 比率이 낮아졌다. T/R ratio는 單作보다 交互作에서, 交互作間에는 大豆의 比率이 높아질수록 감소되어 植物體中에 根이 차지하는 비중이 높아졌다.

4. 植物體內 全窒素量은 單作에 比하여 交互作에서 交互比率 및 時期에 따라 4～22% 增加되었다. 그러나 部位別 含量은 뚜렷한 傾向을 보이지 않았다.

5. 他 作物과의 交互比率이 높아짐에 따라 옥수수의 收量構成要素는 增加되었으나 大豆의 收量構成要素는 減少되었다.

6. Land equivalent ratio(LER)은 交互栽培時 0.96～1.01로 單作 1.00과 差異 없었으나 예상수량에 대한 실제 수량의 비로 評價할 때, 總窒素收量은 1.10～1.25, 總乾物收量은 1.07～1.12, 그리고 總種實收量은 1.17～1.20으로 交互栽培에 의해 收量生産性이 높아졌으며 옥수수와 大豆의 1:1 交互作이 比較的 有望하였다.

引 用 文 獻

1. Alexander, M.W.and C.F.Genter, 1962. Production of corn and soybeans in alternate pairs of rows. Agron.J. 54: 233-234.
2. Allen, J.R.and R.K.Obura, 1983. Yield of corn, cowpea and soybean under different intercropping systems. Agron.J. 75: 1005-1009.
3. Beste, C.E, 1976. Co-cropping sweet corn and soybean, Hort Science 11: 236-238.
4. Beuerlein, J.E.and J.W. Pendleton, 1971. Photosynthetic rates and light saturation curves of individual soybean leaves under field conditions. Crop Sci. 11(3): 217-219.
5. Buttery, B.R., 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. Crop Sci. 10(1): 9-13.
6. Cordero, A. and R.E. McCollum, 1979. Yield potential of interplanted annual food crops in southeastern U.S. Agron.J. 71(5): 834-842.
7. Crookston, R.K. and D.S.Hill, 1979. Grain yields and land equivalent ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota. Agron. J. 71(1): 41-44.
8. Cummins, D.G., 1970. Quality and yield of corn plants and component part when harvested for silage at different maturity stage. Agron. J. 62: 781-784.
9. Dolezal, J.A., 1983. Strip-intercropping corn and soybeans. Crops and Soils Magazine (November)18-20.
10. Duncan, W.G., W.A.Williams, and R.S. Loomis, 1967. Tassels and the productivity of maize. Crop Sci. 7(1): 37-39.
minate and indeterminate soybeans. Crop Sci. 13: 220-222.
11. Egli, D.B. and J.E.Leggett, 1973. Dry matter accumulation patterns in deter-

12. Hanway, J.J., 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J. 54 : 145−148.
13. Jeffers, D.L. and R.M.Shibles, 1969. Some effects of leaf area, solar radiation, air temperature and variety on net photosynthesis in field−grown soybeans. Crop Sci. 9(6) : 762−764.
14. 池泳鱗, 1973. 栽培學汎論. 鄕文社.
15. Johnston, T.J.and J.W.Pendleton, 1968. Contribution of leaves at different canopy levels to seed production of upright and lodged soybeans(*Glycine max*. (L.)Merill). Crop Sci.8(3) : 291−292.
16. 金榮鎭, 1985. 農書를 통하여 본 朝鮮時代 主要作物의 作付體系. 農村經濟 8(2) : 1−21.
17. Killman, G.E., J.G. Streater, D.L.Jeffers and R.B.Curry, 1974. Accumulation and distribution of mineral nutrients, carbohydrate, and dry matter in soybean plants as influenced by reproductive sink size. Agron. J. 66 : 549−554.
18. 李浩鎭·姜普鎬, 1984. 오차드그라스와 라디노클로버 混播草地에서 窒素. 燐酸施用에 따른 地上部와 地下部 競合. 韓作誌 29(3) : 298−305.
19. _____·尹進一·李光會·林根發, 1983. 牧草單混播群落에서 草型 構造와 光利用性 및 乾物收量生産性. 韓作誌 28(2) : 272−279.
20. Loomis, R.S., W.A.Williams, W.G. Duncan, A.Dovrat,and F.A.Nunez, 1968. Qduantitative description of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. Crop Sci. 8(3) : 352−356.
21. Mann, J.D. and E.G.Jaworski, 1970. Comparison of stresses which may limit soybean yields. Crop Sci. 10(6) : 620−624.
22. 朴贊浩·李相範·元中植, 1971. 옥수수와 大豆混作에 關한 硏究. 春援 崔範烈 博士 回甲紀念論文集 : 55−63.
23. 朴根龍, 1974. 有·無限型 大豆品種의 栽培條件에 따른 乾物生産 및 形質變異에 關한 硏究. 韓作誌. 17 : 45−78.
24. Pendleton, J.W., C.D.Bolen and R.D. Seif, 1963. Alternating strips of corn and soybeans vs. and solid plantings. Agron. J. 55 : 293−295.
25. Prine, G.M.and V.N. Schroder, 1964. Abovesoil environment limits yields of semiprolific corn as plant population increases. Crop Sci.4 : 361−362.
26. Radke, J.K. and R.T. Hagstrom, 1973. Plant−water measurements on soybeans sheltered by temporary corn windbreaks. Crop Sci. 13(5) : 543−548.
27. Radke, J.W. and W.C.Burrows, 1970. Soybean plant response to temporary windbreaks. Agron.J. 62 : 424−429.
28. 佐信介, 1955. 大豆の生育に及ぼす地温及びその 日變化の影響について. 日作紀 23 : 311−312.
29. Sayer, J.D, 1948. Mineral nutrition in corn. Plant Physiol. 23 : 267−281.
30. 孫世鎬·鄭奎鎔, 1969. 단수수와 大豆混作이 生育·收量 및 品質에 미치는 影響. 農試報告 12 : 117−123.
31. Williams, W.A., R.S.Loomis, W.G. Duncan, A.Dovrat,and F.Nunez A, 1968. Canopy structure at various population densities and the growth and yield of corn. Crop Sci. 8(3) : 303−308.
32. 山木鐵司·古慨留男·石塚降男, 1956. 間作大豆の生育相. 農業 及 園藝 31 : 1401−1402.
33. 兪載敏·洪有基·李章雨·鄭奎鎔·李弘稏, 1980. 大豆·참깨·옥수수 混作이 生育 및 數量에 미치는 影響. 京畿農業硏究 1 : 69−73.
34. _____·宋洙顯·洪有基·李東右, 1985. 콩을 中心으로 한 밭 作付體系 改善에 關한 硏究. 京畿農業硏究 3 : 97−104.