

大豆 品種間 倒伏發生의 差異에 관한 研究

金基駿* · 李弘祐** · 金光鎬*

Varietal Difference of Lodging Occurrence in Soybean Plant

Kim, K. J.*, H. S. Lee** and K. H. Kim*

ABSTRACT

Ten soybean varieties were cultivated to know the varietal differences of lodging patterns of soybean plants under three different plant populations in two growing seasons in 1981. Lodging plant percentage was increased in higher plant populations and lodging responses to plant populations were different between soybean varieties. Lodging plant percentage was also increased by the growth of soybean plant and the patterns of lodging development along with the growth stages could be classified into four types by the varieties used, relatively lower lodging plant percentage from early to later growth stage but high in late and relatively high in middle stage but low in later stage. Williams, indeterminate type, and Kang-lim, determinate type, showed resistance to lodging under six different cultural practices, but Jang-yeop-kong, Dan-yeop-kong and Hwang-keum-kong showed resistance to lodging under specific cultural conditions among ten varieties used. Most of the plants lodged showed main stem bending in parts above first stem node in higher plant population and lodging resistant varieties showed lower frequency of stem bending lodging compared with those of lodging susceptible varieties.

緒 言

農作物의 生育期間中 發生하는 倒伏의 被害는 收量 및 品質을 低下시킬 뿐만 아니라 農作業에 커다란 不便을 주고 있어 各種 作物에서 品種 및 栽培的인 方法으로 倒伏防止를 위한 研究가 계속 되어 왔다. 大豆의 倒伏被害는 經驗的으로 보아 栽培環境 · 栽培方法 및 栽培品種에 따라 큰 差異가 있는 것으로 생각되지만 實際로 우리나라에서는 權等¹⁰⁾이 人爲倒伏의 被害가 最高 66%까지 나타날 수 있음을 報告하였을 뿐 이에 대한 研究實績은 거의 찾을 수 없다. 그러나 Cooper^{1,2,3)}는 倒伏이 大豆의 播種期 및 播種量에 따른 收量反應을 크게 支配하기 때문에 大豆多收穫栽培의 가장 重要한 制限要因이 된다고 하였으며 倒伏에 의한 被害는 最高 23%内外가 되었다고 報告하였다.

특히 大豆栽培에서 播種量, 倒伏 및 收量間에는 複雜한 相互作用이 認定되고 있으나^{2,3,8,9,12,13)} 一般的으로는 大豆의 倒伏이 密植狀態에서 더 심하게 發生되고 이 경우에도 키가 작은 有限型品種은 거의 倒伏이 되지 않았고⁴⁾ 따라서 無限型品種이 심한 倒伏現象을 나타내는 美國의 南部地方에는 倒伏에 강한 有限型品種의 栽培가 훨씬 有利할 것임을 Hartwig等^{7,8)}은 밝힌 바 있다.

大豆의 主莖伸育型을 支配하는 Dt_1 및 Dt_2 遺傳子에 關한 Isogenic line을 利用한 研究報告^{5,6,15)}에 依하면 有限型인 dt_1 遺傳子를 가진 系統은 倒伏에는 아주 強했으나 收量性이 떨어지며 Dt_2 遺傳子를 가진 系統은 倒伏도 상당히 強하고 收量性이 높아서 利用價値가 높다고 하였다. 結局 大豆의 單位面積當 生産性 向上을 爲한 多肥, 密植과 같은 栽培的인 方法이 倒伏 때문에 制限을 받게 되고 따라서 耐倒伏性品種의

* 建國大學校 農科大學, ** 서울大學校 農科大學

* Coll. of Agri., Kon-kuk Univ., Seoul 133, ** Coll. of Agri., Seoul National Univ., Suweon 170, Korea.

育成은 大豆增産을 爲한 基本的인 解決策으로 받아들여지고 있는 實情이다.

本 研究는 大豆生育期間中의 倒伏發生時期와 倒伏發生株比率, 發生部位 및 發生樣相을 調査하여 大豆育種의 基礎資料로 利用할 目的으로 수행하였다. 農業産學協同研究費를 지원하여 淸 農村振興廳 當局에 감사를 드린다.

材料 및 方法

本 實驗은 1981年 5月부터 10월까지 水原에 位置한 서울大學校 農科大學 實驗農場의 田作圃場에서 實施하였다. 栽培時期를 우리나라 中部地方의 適期栽培인 5월 20일 播種과 麥後作栽培인 6월 20日 播種으로 區分하여 3個水準의 栽植密度에서 10個品種을 各各 供試하였다. 3個水準의 栽植密度는 $50 \times 12\text{cm}$ (16.7 個體/ m^2), $50 \times 8\text{cm}$ (25 個體/ m^2) 및 $50 \times 4\text{cm}$ (50 個體/ m^2)로서 播種後 20日 以內에 포기當 1本씩만을 남기고 나머지는 畝아주었다. 供試品種은 國內育成品種이며 有限伸育型 또는 中間型인 6品種과 美國에서 導入한 無限伸育型 및 中間型 4品種, 合計 10品種을 使用하였는데(表 1) 麥後作播種區에서는 適期播種區의 Wayne 대신에 SRF-300을 供試하였다. 栽培時期別로 栽植密度를 主區, 品種을 細區로 한 分割區配置法 3反復으로 試驗區를 配置했으며 試驗區 크기는 畦長 3m, 畦巾 50cm, 4列을 1區로 하였다. 畦長 3m로 밭을 整地하고 50cm 간

격으로 골을 킨 후 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} = 4-6.2-5.2\text{kg}/10\text{a}$ 水準의 肥料를 全量 基肥로 施用한 후 處理區別 株間距離에 맞추어 포기當 3~4粒씩 播種하였다. 播種直後 除草劑를 土壤處理하였고 播種後 30日 사이에 2回의 除草를 實施하였으며 培土는 播種後 20日에 初生葉節이 덮이는 것을 기준으로 하여 均一하게 實施하였다. 진딧물과 멸강충 방제를 위하여 殺虫劑를 各栽培時期마다 生育初期에 3回 撤布하였으며 降雨가 適當하여 灌水는 하지 않았다. 倒伏時期와 樣相을 알기 위하여 全試驗區에서 最初 倒伏이 發生한 날부터 5日 간격으로 單位試驗區 4列中 가운데 2列을 대상으로 倒伏된 個體數와 倒伏部位 및 樣相을 調査하였다.

結果 및 考察

1. 倒伏發生株率

供試한 10個 品種의 栽培時期別, 그리고 栽植密度別 最終 倒伏株率은 表 1에서 보는 바와 같다. 實驗區를 配置할 때 栽培時期는 別個로 취급하였기 때문에 직접 비교할 수는 없지만 全體적으로 보아서 5月 20日 播種한 것이 麥後作으로 6月 20日 播種한 것 보다 倒伏株率이 훨씬 높았는데 이는 經驗적으로 알고 있던 結果와 一致하고 있으나 麥後作栽培에서도 栽植密度 또는 品種에 따라서는 倒伏이 상당히 심하게 發生한다는 것을 알 수 있었다.

同一栽培時期內에서 栽植密度에 따른 倒伏發生株

Table 1. Lodging plant rate of ten soybean varieties under different growing seasons and plant populations.

No.	Variety	Growth habit	% Lodging						Initial flowering (1981)	
			May 20 seeding			June 20 seeding			May 20 seeding	June 20 seeding
			50×4 cm	50×8 cm	50×12 cm	50×4 cm	50×8 cm	50×12 cm		
1	Kang-lim	Determinate	52.3	27.6	2.5	38.3	3.1	9.1	July 18	Aug. 5
2	Kwang-kyo	Determinate	79.2	13.8	53.7	57.3	35.6	4.3	July 19	Aug. 4
3	Bong-eui	Determinate	76.3	58.9	28.3	72.5	18.8	27.1	July 20	Aug. 4
4	Suweon 85	Intermediate	80.7	34.7	29.8	59.9	37.8	27.1	July 23	Aug. 7
5	Suweon 86	Determinate	81.2	25.4	16.7	51.2	5.3	20.4	July 13	July 30
6	Hwang-keum-kong	Determinate	88.7	64.4	26.1	34.4	4.1	2.1	July 14	July 30
7	Clark	Indeterminate	71.9	84.6	87.8	62.9	19.2	34.7	July 13	July 31
8	Hill	Intermediate	84.2	89.3	57.4	58.1	39.4	40.9	July 29	Aug. 8
9	Wayne	Indeterminate	87.8	90.0	56.5	-	-	-	July 10	-
9	SRF-300	Indeterminate	-	-	-	35.4	54.2	50.0	-	July 30
10	Williams	Indeterminate	39.4	27.5	36.7	26.8	19.2	10.0	July 10	July 30

Note: Suweon 85 : Dan-yeop-kong, Suweon 86 : Jang-yeop-kong

率은 密植할 수록 점점 커졌고 栽植密度와 品種의 相互作用이 認定되고 있어 倒伏株率의 品種間 栽植密度 反應은 서로 달랐다. 즉 適期播種區의 長葉콩 및 剛林과 같은 品種은 栽植密度가 낮아질 수록 倒伏株率이 현저히 減少되었는데 반하여 Clark 및 Williams 등의 無限型品種들은 密度에서나 疎植에서나 倒伏株率이 비슷하였으며 麥後作播種區에서도 品種에 따라서 이와 비슷한 現象을 보여주고 있는 것을 찾을 수 있다. 이와 같은 결과는 Cooper^{2,3)} 및 다른 學者들^{11,12)}의 報告와 一致하는 것으로서 大豆의 倒伏이 栽培環境의 影響을 크게 받지만 栽培環境에 대한 倒伏反應은 品種에 따라 상당히 多樣한 것임을 암시해 주고 있다.

Table 2. Test of significance for lodging percentage between different plant populations and varieties in soybean.

Source of variance	Seeding date	
	May 20	June 20
Population (P.)	**	**
Variety (V.)	**	**
P. × V.	**	**

各 處理區別로 大豆의 生育經過에 따라 倒伏株率이 어떻게 進전되는가를 알기 위하여 5日 간격으로 倒伏發生株를 調査한 結果가 그림 1, 2에 提示되어 있다. 全 試驗區 中에서 最初로 倒伏이 發生한 時期는 7月 5日로써 適期播種한 90個의 試驗區中 7區의 試驗區 일부가 倒伏되었는데 이 時期에 200 mm 以上의 降雨과 심한 바람이 있었기 때문이었던 것으로 판단되었다. 適期播種區中 倒伏이 가장 심하였던 密植區(50×4cm)에서의 品種別 倒伏進展狀況을 보면 그 樣相을 크게 4種類로 分類할 수 있다. 즉 光教처럼 生育中期부터 後期까지 倒伏率이 항시 높았던 品種과 剛林과 같이 生育中期에는 높은 倒伏率을 보였으나 後期까지 보면 다른 品種보다 그 비율이 낮은 品種, Williams 처럼 生育初期부터 後期까지 倒伏株率이 낮은 品種 그리고 봉의 및 Hill처럼 生育中期에는 倒伏率이 낮았으나 後期에 倒伏이 심하게 發生하는 경우 등이다. 이와 같이 生育時期別 倒伏進展樣相을 分類하는 것은 다른 栽植密度 또는 다른 栽培環境에도 適用할 수 있을 것으로 판단된다. 倒伏이 크게 問題가 될 것으로 생각되는 密植狀態에서의 倒伏進展樣相을 中心으로 供試品種들의 倒伏抵抗性을 比較해 보면 適期播種의 경우(그림 1) 無限伸育型品種 Williams

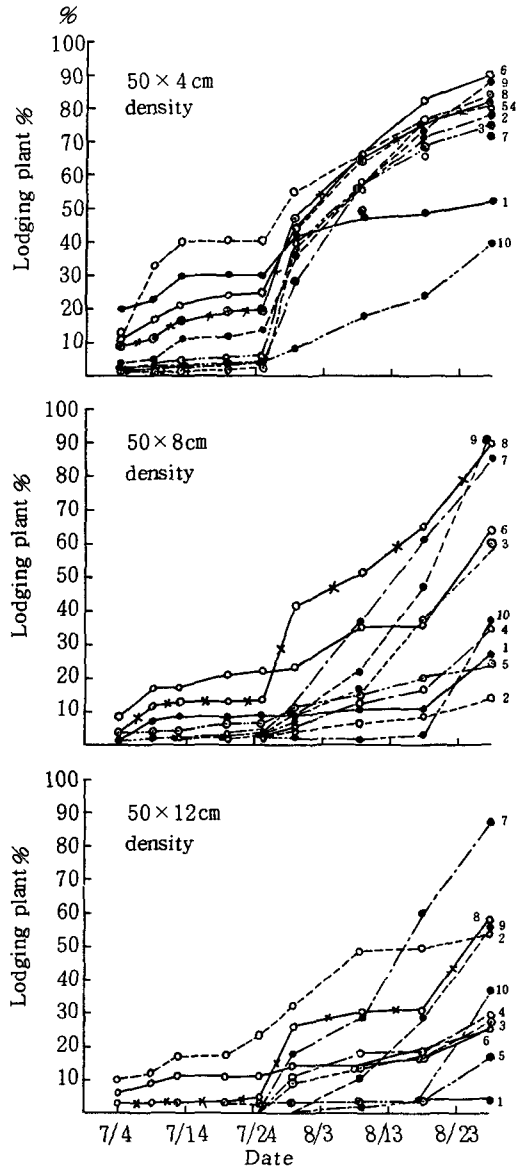


Fig. 1. Successive changes of lodging plant percentage of ten soybean varieties in May 20 seeding field.

가 가장 強하였으며 有限伸育型인 剛林은 生育初期부터 倒伏이 된다는 特徵을 가지고 있지만 最終적으로 보면 倒伏에 상당히 견디었고 短葉콩과 長葉콩은 極密植區(50×4cm)에서는 弱한 反應을 보였으나 50×8cm 및 50×12cm의 栽植密度區에서는 상당히 強하게 나타났다.

栽植密度別로 比較해 보면 密植으로 갈수록 早期의

倒伏株率이 높아져 倒伏에 依한 被害가 더 클 것으로 생각되었다. 그림 1에서 7월 25日以後에 倒伏發生株率이 급격히 증가한 것은 7월 26日以後 8月下旬까지 4회의 심한 降雨과 바람이 있었기 때문이며 따라서 倒伏發生의 生育時期別 進展樣相은 試驗年度의 氣象條件과 關係가 깊은 것으로 생각되었다.

麥後作으로 播種한 경우에도 無限伸育型인 Williams가 3水準의 栽植密度에서 모두 어느 生育時期에서나

倒伏에 強한 反應을 나타냈으며 有限型品種인 剛林과 黃金콩도 倒伏에 強하였는데(그림 2) 우리나라 콩栽培가 麥後作이 一般的이라는 것을 고려한다면 새로 普及된 品種 黃金콩도 倒伏에 關한 限 좋은 特性을 가지고 있다고 할 수 있다.

栽植密度別로 보면 그림 2의 極密植區(50×4cm)에서는 早期부터 倒伏이 심하였고(50×8cm)의 密度에서는 光教와 SRF-300만이 早期부터 倒伏株率이 높아서 品種間 差異가 뚜렷하였으나(50×12cm)의 密度에서는 早期倒伏이 아주 적었다.

大豆品種의 倒伏抵抗性 差異에 대하여 Hicks 等⁸⁾ Hartwing 等⁷⁾, Lebbel¹¹⁾이 報告한 바에 依하면 密植條件에서 品種間 差異가 크게 나타났지만 栽培環境에 따라 그 樣相이 달라진다고 하였고 Hartung 等^{5,6)}은 大豆의 主莖伸長型에 關하여는 遺傳子에 關한 Near isogenic line을 育成하여 比較한 結果 有限伸育型을 支配하는 dt_1 遺傳子를 가지면 倒伏에는 強하였으나 收量性이 낮았고 中間伸育型을 나타내는 Dt_2 遺傳子가 倒伏도 減少시키고 收量性도 높다고 하였다. 그러나 本 實驗에서는 無限伸育型인 Williams가 倒伏에 가장 強하였고 有限伸育型인 剛林도 相當한 倒伏抵抗性을 보여 주고 있어 品種間 倒伏抵抗性의 差異를 伸育型으로만 解析할 수 없음을 示唆해 주고 있었다.

2. 倒伏部位 및 樣相

農作物이 倒伏되는 樣相은 줄기의 擘임(Breakage)과 靨(Bending) 그리고 뿌리에서 넘어지는 根倒伏(Root lodging)의 3가지로 分類할 수 있고 大豆의 倒伏部位도 擘임과 靨은 初生葉節 보다 靨쪽 部位와 그 아래쪽 즉 地表面 部分의 地上 또는 地下莖部位 그리고 根倒伏으로 나눌 수 있다. 適期播種區에서의 倒伏樣相은 表3에서 보는 바와 같이 栽植密度 및 品種에 따라 크게 다르게 나타나 關心을 끌고 있다. 極密植區(50×4cm)에서는 줄기가 휘어서 나타나는 倒伏이 대부분이었고 栽植密度가 낮아지면 뿌리에서 넘어지는 倒伏의 比率이 많아지며 줄기가 擘어지는 倒伏은 어느 경우에도 極히 드물었다.

品種間 比較을 해 보면 有限伸育型中에서 倒伏에 強한 剛林은 極密植區를 除外하고는 줄기가 휘어서 나타나는 倒伏보다는 根倒伏의 比率이 높았는데 反하여 倒伏에 弱한 光教는 倒伏된 個體의 大部分이 줄기가 휘는 것이었고 無限伸育型中 倒伏에 強한 Williams도 極密植區를 除外하고는 根倒伏의 比率이 높은 特

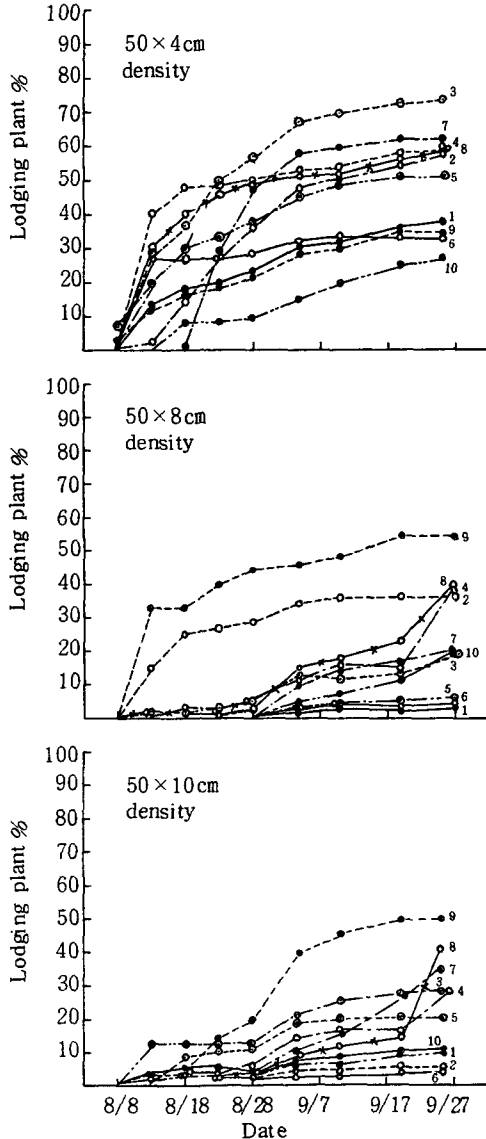


Fig. 2. Successive changes of lodging plant percentage of ten soybean varieties in June 20 seeding field.

성을 보였다. 結局 本實驗에 供試한 品種에 局限해서 살펴보면 倒伏에 강한 品種은 比較的 줄기가 휘어서 나타나는 倒伏의 發生株率在 낮았으며 倒伏에 弱한 品種들은 相對的으로 줄기의 휨에 依한 倒伏比率이 높았음을 알 수 있어 倒伏에 關與하는 要因으로 줄기의 強度 또는 彈性이 重要한 것임을 暗示해 주고 있다. 줄기가 휘거나 꺾여서 倒伏이 되는 경우 主莖의 어느 部分에서 이같은 現象이 發生하는 것인가는 栽植密度 또는 品種에 따라서 그 경향이 서로 달랐는데 全體的으로 보면 初生葉節의 위쪽 줄기에서 더 많은 倒伏이 發生하였다. 一般的으로 大豆는 地際 倒伏이 대부분이라는 概念은 表 3 및 4에서 初生葉節 아랫

부분의 줄기에서 發生하는 倒伏과 根倒伏을 合한 것으로 볼 수 있는데 本 實驗 結果에 따르면 栽植密度 및 品種에 따라서는 그렇지 않은 경우가 많다는 것을 알 수 있었다.

表 4의 麥後作播種區에서도 栽植密度가 높으면 줄기의 휨에 의한 倒伏이 대부분이고 密度가 낮아지면 根倒伏의 比率이 높아졌으며 줄기가 휘거나 꺾이는 경우에는 初生葉節 보다 下쪽 部位에서 發生하는 頻度가 더 높았음을 알 수 있었다. 品種間 倒伏樣相 및 部位의 差異는 栽植密度에 따라서 크게 달라져 一定한 경향을 찾을 수 없었지만 實用的으로 倒伏이 크게 問題가 되는 密植栽培를 고려한다면 倒伏抵抗性的의 要

Table 3. Mechanisms of lodging of ten soybean varieties under three plant populations in May 20 seeding field.

Density	Var.	Bending(%)			Breakage(%)			Root (%)	No. of plants		Lodging (%)
		Base	Top	Total	Base	Top	Total		Lodged	Observed	
50 × 4 cm	1	45.6	44.6	90.2	0.6	5.4	6.0	3.8	58	111	52.3
	2	63.2	33.5	96.2	0	0	0	2.3	103	130	79.2
	3	10.4	88.0	98.4	0	1.1	1.1	0.5	103	135	76.3
	4	19.0	81.0	100.0	0	0	0	0	113	140	80.7
	5	18.7	81.0	99.7	0	0	0	0.3	112	138	81.2
	6	27.9	71.2	99.1	0	0.9	0.9	0	110	124	88.7
	7	29.7	69.5	99.2	0	0	0	0.8	97	135	71.9
	8	46.5	41.5	88.0	0.3	0.3	0.6	11.4	117	139	84.2
	9	37.3	56.3	93.6	0	1.0	1.0	5.4	115	131	87.8
	10	40.8	53.7	94.5	0	0	0	5.5	52	132	39.4
50 × 8 cm	1	29.2	10.4	39.6	0	0	0	60.4	16	58	27.6
	2	20.0	63.9	83.9	0	0	0	16.1	8	58	13.8
	3	8.5	83.7	92.2	0.7	0	0.7	7.1	43	73	58.9
	4	29.2	58.3	87.5	0	0	0	12.5	25	72	34.7
	5	52.1	14.6	66.7	0	0	0	33.3	17	67	25.4
	6	33.6	26.7	60.3	0	1.7	1.7	38.0	38	59	64.4
	7	47.8	39.7	87.5	0	0	0	12.5	55	65	84.6
	8	48.9	70.0	68.9	0	0	0	31.1	61	68	89.7
	9	20.6	62.5	83.1	0	1.6	1.6	15.3	63	70	90.0
	10	3.5	54.4	57.9	0	0	0	42.1	19	69	27.5
50 × 12 cm	1	0	34.0	34.0	0	33.0	33.0	33.0	1	40	2.5
	2	64.8	26.0	90.8	0	0	0	9.2	22	41	53.7
	3	17.5	37.5	55.0	0	0	0	45.0	13	46	28.3
	4	33.3	19.1	52.4	0	4.8	4.8	42.8	14	47	29.8
	5	6.6	46.7	53.3	0	3.3	3.3	43.4	8	48	16.7
	6	37.8	19.0	56.8	0	2.7	2.7	40.5	12	46	26.1
	7	42.5	30.7	73.2	0	0	0	26.8	43	49	87.8
	8	36.1	15.7	51.8	1.2	0	1.2	47.0	27	47	57.4
	9	39.5	28.4	67.9	1.2	0	1.2	30.9	26	46	56.5
	10	0	0	0	0	5.7	5.7	94.3	18	49	36.7

Table 4. Mechanisms of lodging of ten soybean varieties under three planting populations in June 20 seeding field.

Density	Var.	Bending(%)			Breakage(%)			Root (%)	No. of plants		Lodging (%)
		Base	Top	Total	Base	Top	Total		Lodged	Observed	
50 × 4 cm	1	26.4	59.7	86.1	0.77	0.77	1.54	12.5	44	115	38.3
	2	18.6	78.8	97.4	0	0	0	2.6	75	131	57.3
	3	19.9	74.8	94.7	0	0	0	5.3	87	120	72.5
	4	11.5	74.4	85.9	0	0	0	14.1	85	142	59.9
	5	32.3	57.8	90.1	0	0.5	0.5	9.4	63	123	51.2
	6	27.3	68.2	95.5	0	0	0	4.5	44	128	34.4
	7	15.8	80.1	95.9	0	0	0	4.1	88	140	62.9
	8	30.	60.2	91.0	0	0	0	9.0	75	129	58.1
	9	23.	67.2	91.1	0	0	0	8.9	45	127	35.4
	10	17.7	74.0	91.7	0	0	0	8.3	40	149	26.8
50 × 8 cm	1	0	28.6	28.6	0	0	0	71.4	2	65	3.1
	2	28.6	57.2	85.8	0	1.3	1.3	12.9	26	73	35.6
	3	23.5	41.2	64.7	0	0	0	35.3	13	69	18.8
	4	3.6	66.3	69.9	0	0	0	30.1	28	74	37.8
	5	9.0	36.3	45.3	0	0	0	54.7	4	75	5.3
	6	33.3	44.4	77.7	0	0	0	22.3	3	73	4.1
	7	6.4	25.5	31.9	0	0	0	68.1	14	73	19.2
	8	1.1	56.3	57.4	0	0	0	42.6	28	71	39.4
	9	25.4	67.0	92.4	0	0	0	7.6	39	72	54.2
	10	0	76.3	76.3	0	0	0	23.7	14	73	19.2
50 · 12 cm	1	28.5	28.5	57.0	0	0	0	43.0	4	44	9.1
	2	0	0	0	0	0	0	100.0	2	46	4.3
	3	21.1	36.9	58.0	0	0	0	42.0	13	48	27.1
	4	8.1	54.1	62.2	0	0	0	37.8	13	48	27.1
	5	22.6	35.5	58.1	0	0	0	41.9	10	49	20.4
	6	75.2	24.8	100.0	0	0	0	0	1	48	2.1
	7	0	38.5	38.5	0	0	0	61.5	17	49	34.7
	8	1.9	36.5	38.4	0	0	0	61.6	18	44	40.9
	9	27.9	42.6	70.5	0	0	0	29.5	24	48	50.0
	10	0	46.6	46.6	0	0	0	53.4	5	50	10.0

因은 主莖의 強度나 彈性에서 찾아야 할 것으로 判斷 되었다.

摘 要

大豆品種間 倒伏樣相의 差異와 倒伏에 關與하는 要因을 분석하기 위하여 2個의 栽培時期, 3水準의 栽植密度에서 10品種을 供試하여 實驗한 結果를 要約하면 아래와 같다.

1. 倒伏發生株率은 密植할 수록 높아졌고 栽植密度와 品種間에 相互作用이 認定되어 倒伏株率의 品種別 栽植密度反應은 서로 달랐다.

2. 生育經過에 따른 倒伏進展樣相은 4群으로 類別할 수 있는데 供試品種 Williams는 生育初期부터 後期까지 倒伏株率이 낮았으며 剛林은 生育中期까지는 相對적으로 높은 倒伏比率을 보였으나 後期까지 보면 다른 品種보다 그 比率이 낮았다.

3. 供試品種中 Williams와 剛林은 2個의 栽培時期 및 3水準의 栽植密度 모두에서 倒伏에 強한 反應을 보였고 황금콩, 長葉콩 및 短葉콩은 特定한 栽培環境에서만 倒伏에 견디었다.

4. 大豆는 密植할 수록 初生葉節 頂부분의 主莖이 坼으로써 發生하는 倒伏이 많았는데 倒伏에 強한 反應을 보인 品種들은 主莖이 坼에 依한 倒伏發生頻度

가 弱한 品種보다 낮은 것이 特徵이었다.

引 用 文 獻

1. Cooper, R.L.(1971) Influence of early lodging on yield of soybeans (*Glycine max* L. Merr.). Agron. J. 63:449-450.
2. Cooper, R.L.(1971) Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. Agron. J. 63: 490-493.
3. Cooper, R.L.(1977) Response of soybean cultivars to narrow rows on planting rates under weed-free conditions. Agron. J. 69:447-449.
4. Cooper, R.L.(1981) Development of short-statured soybean cultivars. Crop Sci. 21:127-131.
5. Hartung, R.C., J.E. Sprecht, and J.H. Williams (1980) Agronomic performance of selected soybean morphological variants in irrigation culture with two row spacings. Crop Sci. 20: 604-509.
6. Hartung, R.C., J.E. Sprecht, and J.H. Williams (1981) Modification of soybean plant architecture by genes for stem growth habit and maturity. Crop Sci. 21:51-56.
7. Hartwig, E.E., and C.J. Edwards, Jr.(1970) Effects of morphological characteristics upon seed yield in soybeans. Agron. J. 62:64-65.
8. Hicks, D.R., J.W. Pendelton, R.L. Bernard, and T.J. Johnston(1969) Response of soybean plant types to planting patterns. Agron. J. 61: 290-293.
9. Johnson, B.J., and H.B. Harris(1967) Influence of plant population on yield and other characteristics of soybeans. Agron. J. 59:447-449.
10. 權臣漢·金在利(1979) 倒伏이 大豆의 收量 및 其他 形質에 미치는 影響. 韓作誌 24(1):73-77.
11. Lebbel, R.C.(1961) Plant lodging as a selection criterion in soybean breeding. Crop Sci. 1:346-349.
12. Richard, S., I.C. Anderson, and A.H. Gibson (1975) Soybean, in Crop physiology edited by L.T. Evans. Cambridge Univ. Press: 151-159.
13. Weber, C.R., R.M. Shibles, and D.E. Byth (1966) Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. Agron. J. 58:99-102.
14. Weber, C.R., and W.R. Fehr(1966) Seed yield losses from lodging and combine harvesting in soybeans. Agron. J. 58:287-289.
15. Wilcox, J.R.(1980) Comparative performance of semideterminate and indeterminate soybean lines. Crop. Sci. 20:227-280.