

大豆의 倒伏 樣相 및 關聯 形質 研究

朴景烈* · 韓永熙* · 宋洙顯* · 金竝鉉** · 李東右*

Relationship between Lodging and Agronomic Characters of Soybean Plant

Kyeong Yeol Park*, Young Hee Han*, Su Hyeun Song*,
Byeong Hyeon Kim** and Dong Woo Ree*

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the lodging patterns and the direct and indirect effects of several agronomic characters upon lodging of soybean plants.

Most of the lodged plants had bent main stem above first stem node at higher plant density. Lodging was significantly correlated with plant height, internode length and shoot fresh weight in two soybean cultivars, Paldalkong and Jangyeobkong. Root fresh weight was also significantly correlated with lodging in Paldalkong, Jangyeobkong and Kwangkyo. Length of internode showed the greatest direct effect on lodging in Paldalkong and Jangyeobkong.

大豆의 倒伏은 受光態勢를 不良하게 하여 效率的인 光合成, 物質代謝 및 養分の 圓滑한 移行을 阻害하는 生理的 障害를 주어 收量を 減少시킬 뿐만 아니라 莢이 地面에 닿거나 쉽게 罹病되어 品質低下의 原因이 되기도 한다. 倒伏이 되면 收穫作業이 不便함은 물론 콤바인 收穫時 種實 減耗率도 높아진다.¹⁰

콩의 倒伏에 의한 減收程度는 品種, 播種期, 施肥量, 栽植密度 및 生育環境과 倒伏時期에 따라 다르게 나타난다.^{1,4,6,9,11} 倒伏防止區에 比하여 自然倒伏區에서 Johnston & Pendleton⁵⁾은 10%, Weber & Fehr¹⁴⁾은 13%, 그리고 Cooper³⁾은 21~23%가 減收되었다고 하였으며, 權·金⁷⁾은 人爲的으로 倒伏을 誘導한 結果 開花前 75度 倒伏時 66%의 減收가 되었다고 하였다.

Noor & Caviness¹⁰⁾는 無限型에서 着莢盛期(R₄) 倒伏은 收量を 減少시키나 第7葉期(V₈)와 開花期(R₂)의 倒伏에서는 減收가 없었다고 하였고, Wood & Swearingin¹⁵⁾은 粒肥大始(R₅)에 倒伏된 것이 減收가 가장 컸다고 하였다.

倒伏과 關連된 形質에 關하여 蔡²⁾는 콩의 太根의

數가 적을 수록 倒伏이 甚하였고 倒伏에 강한 品種일수록 太根當 地上部重이 가벼웠다고 하였으며, 權·盧⁸⁾는 뿌리倒伏과 關連된 特性으로 太根의 數가 많고 굵으며 分散의 程度가 큰 것이 倒伏에 強하다고 하였다. Stoffella et al.^{12,13)}은 black beans에서도 root biomass는 倒伏抵抗性의 重要한 要素이며 根重과 根倒伏 抵抗性 間에는 正相關이 있다고 하였다. 그러나 콩의 形態의 特性과 倒伏의 關係에 대한 研究는 아직도 未洽한 實情이다.

本 研究는 草型과 耐倒伏性이 다른 品種의 倒伏樣相 및 程度를 調査하고, 이와 關連된 形質들의 直接·間接的인 影響을 究明하여 大豆의 耐倒伏性 品種改良 및 栽培技術 改善에 必要한 基礎資料를 提供하고자 遂行하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1988年 京畿道 農村振興院 田作圃場에서 實施하였다. 供試 品種은 倒伏에 강한 八達콩, 中程度인 長葉콩 그리고 倒伏에 弱한 光敎의 3 品種이었다. 栽植密度는 60 × 15 cm, 30 × 15 cm 및 20

* 京畿道 農村振興院 (Kyonggi Provincial Rural Development Administration, Hwasong 445-970, Korea)

** 農村振興廳 (Research Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea)

< '90. 2. 20 接受 >

×15cm의 3水準으로 5月 11日에 播種한 後 1株 2本으로 栽培하였고, 施肥量은 N-P₂O₅-K₂O를 10a當 4-7-6kg 全量 基肥로 施用하였다. 試驗區 配置는 品種을 主區, 栽植密度를 細區로 分割區配置 3反復으로 하였다.

倒伏의 程度 및 樣相 調査는 倒伏이 처음 發生된 7~15日後인 7月 27日과 成熟期인 9月 29日 2회에 걸쳐 實施하였다.

倒伏의 樣相은 主莖 第1節位 以上の 主莖이 휘는 稈도복, 主莖 第1節位 以下の 뿌리部分이 物理的 힘에 의하여 地上部로 露出되는 뿌리도복, 地上部의 主莖이 꺾이는 꺾임도복으로 區分하여 調査하였고, 倒伏의 程度는 農村振興廳 '改訂 農事試驗研究 調査基準'에 準하였다.

倒伏程度와 倒伏에 關連된 主要 形質의 直·間接 影響은 倒伏의 程度와 3品種 中 어느 한 品種에서라도 有意한 相關이 있었던 形質을 選定하고 그 形質들을 中心으로 農村振興廳 電算機의 AGRISP를 利用하여 經路係數를 求하여 分析하였다.

結果 및 考察

콩의 品種別 栽植密度에 따른 開花期의 生育特性은 表 1과 같다. 莖長은 品種 및 栽植密度間의 差가 있었고, 同一 品種內 栽植密度 間에는 八達콩과 長葉콩에서 密植일 수록 길어지는 傾向으로 各各 畦幅 60cm와 20cm는 有意한 差가 있었으나 光教에

서는 差가 없었다. 主莖節數는 品種間의 差는 있었으나 八達콩과 長葉콩에서 栽植密度間 差는 없었고 光教만은 畦幅 60cm와 20cm間에 有意한 差가 있었다. 節間長도 品種間 差는 있었으나 同一 品種內 栽植密度間에는 八達콩과 長葉콩은 畦幅 60cm에 比하여 20cm가 有意하게 길었으나 光教에서는 栽植密度間의 差가 없어 品種間에 相異한 樣相을 보였다. 이러한 結果는 八達콩과 長葉콩에서는 密植으로 主莖節數가 變化하지 않고 莖長이 12.5~22.8cm 길어져 節間長은 0.9~1.5cm 컸으나 光教에서는 密植이 되어도 莖長의 變化는 없고 主莖節數가 1.3~1.8個 減少하여 節間長은 0.5cm 커 節間伸長이 相對的으로 작았기 때문으로 생각된다. 莖直徑은 品種間 差는 없었으나 同一 品種內 栽植密度間에는 八達콩과 長葉콩에서만 密植일 수록 減少하는 傾向으로 20cm가 60cm보다 1.5mm 가늘었다. 個體當 莖葉生重 및 뿌리生重은 供試品種 모두 密植일 수록 減少하였다.

供試된 3品種의 栽植密度別 倒伏 程度와 樣相은 表 2와 같다. 倒伏程度는 3品種 모두 開花期와 成熟期 間에 有意한 差異가 없었다. 그러나 開花期의 倒伏程度는 品種間에 뚜렷한 差가 있었다. 栽植密度別로는 八達콩과 長葉콩은 密植일 수록 甚하였는데 八達콩보다 長葉콩에서 甚한 傾向이었다. 光教는 畦幅 60cm는 6, 30cm 以上の 密植에서는 9程度로서 모든 個體가 甚하게 倒伏되어 3品種 中 가장 倒伏에 弱하였다. 品種과 栽植密度에 따라서 倒伏程

Table 1. Differences in agronomic characteristics of three varieties grown under the different plant densities.

Treatment		Plant height (cm)	No. of main stem internodes	No. of branches	Stem diameter (mm)	Length of internode (cm)	Shoot fresh weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)
Variety	Plant density							
Paldal-kong	60×15cm	54.1	13.3	1.7	6.7	4.1	64.6	12.1
	30×15cm	60.9	13.4	0.6	5.8	4.5	47.9	8.4
	20×15cm	66.6	13.4	0.0	5.2	5.0	33.9	6.2
Jangyeob-kong	60×15cm	72.4	16.3	3.4	6.8	4.5	83.0	12.8
	30×15cm	88.4	16.1	1.2	5.9	5.5	60.3	9.3
	20×15cm	95.2	15.8	1.0	5.3	6.0	47.1	6.6
Kwangkyo	60×15cm	107.8	17.6	1.4	6.1	6.1	83.7	11.2
	30×15cm	104.2	16.3	1.0	5.3	6.4	55.4	7.7
	20×15cm	104.2	15.8	0.9	5.4	6.6	52.5	6.6
L.S.D.5%	Variety (a)	14.09	1.27	0.88	0.28	0.47	4.87	2.58
	Density (b)	7.91	0.89	0.77	0.54	0.34	13.76	2.09
	a ₀ b ₀ -a ₀ b ₁	13.70	1.54	1.33	0.94	0.59	23.84	3.62
	a ₀ -b ₀ -a ₁ b ₀	17.87	1.77	1.39	0.82	0.67	20.04	3.96

(July 27)

Table 2. Lodging score and patterns of three soybean varieties under three plant densities.

Variety	Treatment Density	Lodging score (0-9)†		Lodging pattern (%) (Sept. 29)			
		July 27	Sept. 29	Non-lodging	Bending	Root lodging	Breakage
Paldalkong	60×15cm	0	0	100.0	0.0	0.0	0.0
	30×15cm	1	1	66.2	9.7	23.6	0.5
	20×15cm	4	4	40.5	49.3	10.2	0.0
Jangyeobkong	60×15cm	2	2	70.9	7.5	21.6	0.0
	30×15cm	5	5	39.1	26.6	33.7	0.6
	20×15cm	8	9	4.3	60.0	35.7	0.0
Kwangyo	60×15cm	6	7	41.0	26.7	31.1	1.2
	30×15cm	9	9	8.0	44.5	47.5	0.0
	20×15cm	9	9	0.6	67.7	31.7	0.0

†Lodging score : 0 =no lodging, 9 = completely lodged.

도가 相異한 것은 Cooper^{3,4}, 金等⁶⁾ 그리고 여러 學者들도 報告한 바 있다.^{8,9,10}

倒伏樣相을 보면 八達콩에서 畦幅 30cm에서는 稈도복 9.7%와 뿌리도복 23.6%, 畦幅 20cm에서는 稈도복 49.3%와 뿌리도복 10.2%이었으며, 長葉콩에서 畦幅 60cm에서는 稈도복 7.5%와 뿌리도복 21.6%, 畦幅 30cm에서는 稈도복 26.6%와 뿌리도복 33.7%, 畦幅 20cm에서는 稈도복 60.0%와 뿌리도복 35.7%로 두 品種 모두 畦幅 30cm까지는 뿌리倒伏이 많았고, 畦幅 20cm에서는 稈도복이 顯著히 많았다. 그러나 光教에서는 畦幅 60cm는 稈도복 26.7%와 뿌리도복 31.1%, 畦幅 30cm는 稈도복 44.5%와 뿌리도복 47.5%로 비슷하였으나 畦幅 20cm에서는 稈도복이 67.7%로 뿌리도복 31.7%보다 顯著히 높았다.

品種에 따라 程度의 差異는 있으나 供試된 品種 모두 密植에서 稈도복이 많았었는데 이는 密植일 수록 節間長이 길어진 結果로 생각되며, 金等⁶⁾의 報告와 같은 傾向이었다.

倒伏과 主要 形質間의 相關關係는 表 3과 같다. 八達콩은 莖長 및 節間長과는 正相關이었으나 莖葉生重 및 뿌리生重과는 負의 相關이 있었고, 長葉콩도 莖長 및 節間長과는 正相關, 莖直徑· 莖葉生重 및 뿌리生重과는 負의 相關이 있었으며, 光教에서는

뿌리生重만이 有意한 負의 相關을 보였는데 八達콩과 長葉콩에서 倒伏과 莖葉生重在 負의 相關을 나타낸 것은 密植일 수록 1個體當 莖葉生重은 減少된 反面 倒伏의 程度는 甚하였기 때문이었다.

倒伏과 相關이 있는 形質들은 品種間에 差異가 있어 長葉콩은 八達콩보다 莖直徑이 한 形質 더 有意하였으며, 光教는 모든 處理에서 倒伏程度가 높고 處理間 差가 없었던 關係로 有意한 相關을 가진 形質이 적었다. 따라서 어느 한 品種이라도 倒伏과 有意한 相關을 보였던 것은 莖長· 莖直徑· 節間長· 莖葉生重 및 뿌리生重의 5形質이었다.

品種別로 倒伏과 有意한 相關이 있었던 形質 相互間의 相關關係는 表 4와 같다. 八達콩은 莖長과 節間長, 莖直徑과 莖葉生重間에는 高度의 正相關, 莖長과 莖直徑 및 莖葉生重은 負의 相關, 莖長과 뿌리生重, 莖直徑과 節間長, 節間長과 莖葉生重 및 뿌리生重間에는 高度의 負相關이 있었다.

長葉콩은 各 形質 相互間에 모두 有意한 相關이 있었는데 莖長과 節間長, 莖直徑과 莖葉生重 및 뿌리生重, 莖葉生重과 뿌리生重間에는 高度의 正相關이었으며, 莖長과 莖直徑 및 莖葉生重, 莖直徑과 節間長, 節間長과 莖葉生重 및 뿌리生重間에는 高度의 負相關, 莖長과 뿌리生重間에는 負의 相關이 있었다.

光教에서는 莖葉生重과 莖直徑 및 뿌리生重間에는

Table 3. Correlation coefficients between lodging and agronomic characters in three soybean varieties.

Variety	Plant height	No. of main stem nodes	No. of branches	Stem diameter	Length of internode	Shoot fresh wt.	Root fresh wt.
Paldalkong	0.6944*	-0.0472	-0.6189	-0.6328	0.8018**	-0.6676*	-0.7644*
Jangyeobkong	0.7247*	-0.5075	-0.6329	-0.7833*	0.7910*	-0.8318**	-0.8202**
Kwangkyo	-0.1455	-0.5334	-0.1628	-0.5391	0.5022	-0.6600	-0.6959*

* : Significant at the 5% level.

** : Significant at the 1% level.

Table 4. Correlation coefficients among five characters in three soybean varieties.

Characteristics	Stem diameter	Length of internode	Shoot fresh weight	Root fresh weight
Plant height	†①-0.7012*	0.9374**	-0.7484*	-0.8225**
	②-0.9285**	0.9883**	-0.8662**	-0.7782*
	③-0.1512	0.5267	0.3516	0.4214
Stem diameter		-0.8663**	0.9819**	0.6450
		-0.9552**	0.9620**	0.9136**
		-0.8132**	0.7788*	0.4957
Length of internode			-0.9072**	-0.8086**
			-0.9076**	-0.8508**
			-0.5968	-0.4818
Shoot fresh weight				0.6354
				0.9392**
				0.9053**

†① Paldalkong ② Jangyeobkong ③ Kwangkyo

Table 5. Partitioning of direct and indirect effects based on phenotypic correlations between lodging and agronomic characters in three soybean varieties.

Type of effect			Paldalkong	Jangyeopkong	Kwangkyo
Effects of plant height (H)					
Direct effect, P ₁ L			-1.5038	-2.8193	-0.5904
Indirect effect via	S,	r ₁₂ P ₂ L	-0.3048	-0.6840	0.4678
"	I,	r ₁₃ P ₃ L	2.5430	3.7342	-0.2617
"	Sw,	r ₁₄ P ₄ L	-0.3729	0.8066	1.7505
"	Rw,	r ₁₅ P ₅ L	0.3330	-0.3128	-1.5117
Effects of stem diameter (S)					
Direct effect, P ₂ L			0.4347	0.7366	-3.0926
Indirect effect via	H,	r ₁₂ P ₁ L	1.0545	2.6178	0.0893
"	I,	r ₂₃ P ₃ L	-2.3502	-3.6092	0.4040
"	Sw,	r ₂₄ P ₄ L	0.4893	-0.8959	3.8772
"	Rw,	r ₂₅ P ₅ L	-0.2611	0.3672	-1.8171
Effects of length of internode (I)					
Direct effect, P ₃ L			2.7128	3.7781	-0.4968
Indirect effect, via	H,	r ₁₃ P ₁ L	-1.4079	-2.7866	-0.3109
"	S,	r ₂₃ P ₂ L	-0.3766	-0.7037	2.5150
"	Sw,	r ₃₄ P ₄ L	-0.4520	0.8452	-2.9712
"	Rw,	r ₃₅ P ₅ L	0.3274	-0.3420	1.7662
Effects of shoot fresh weight (Sw)					
Direct effect, P ₄ L			0.4983	-0.9312	4.9781
Indirect effect via	H,	r ₁₄ P ₁ L	1.1256	2.4423	-0.2076
"	S,	r ₂₄ P ₂ L	0.4268	0.7087	-2.4087
"	I,	r ₃₄ P ₃ L	-2.4611	-3.4293	0.2965
"	Rw,	r ₄₅ P ₅ L	-0.2573	0.3775	-3.3183
Effects of root fresh weight (Rw)					
Direct effect, P ₅ L			-0.4049	0.4019	-3.6654
Indirect effect via	H,	r ₁₅ P ₁ L	1.2370	2.1940	-0.2435
"	S,	r ₂₅ P ₂ L	0.2803	0.6730	-1.5332
"	I,	r ₃₅ P ₃ L	-2.1936	-3.2146	0.2394
"	Sw,	r ₄₅ P ₄ L	0.3166	-0.8746	4.5086

正相關, 莖直徑과 節間長은 負의 相關을 보였다.

八達콩과 長葉콩에서는 密植일 수록 莖長과 節間長은 길어져 두 形質間에 正相關을 나타내는데 比하여 光敎에서는 栽植密度間에 莖長의 差가 없었으므로 莖長과 各 形質間에 有意한 相關이 없었다. 3 品種 모두 密植일 수록 莖直徑은 減少된 反面 節間長은 增加되어 莖直徑과 節間長 間에는 有意한 負의 相關을 보였다.

品種別로 이들 關連된 形質이 倒伏에 미친 直·間接 影響을 經路係數로 分析한 結果는 表 5와 같다. 八達콩에서는 倒伏에 대한 直接影響이 節間長·莖葉生重·莖直徑의 順으로 컸다. 節間長은 倒伏과 高度로 有意한 正相關(0.8018)을 보였는데 直接影響도 2.7128로 가장 높았으며, 莖葉生重 및 莖直徑은 各 各 倒伏과 負의 相關을 보였는데 直接影響보다는 莖長을 통한 間接影響이 더 큰 것으로 나타났다.

長葉콩에서는 節間長·莖直徑·뿌리生重의 順으로 倒伏에 대한 直接影響이 컸으며 倒伏과 높은 正相關을 보였던 節間長の 直接影響이 3.7781로 가장 컸다. 그러나 莖直徑·뿌리生重 및 莖葉生重은 負의 相關으로 直接影響보다 莖長을 통한 間接影響이 컸다. 한편 莖長은 倒伏과 正相關이 있었으나 直接影響보다 節間長을 통한 間接影響이 큰 것으로 나타났다.

八達콩과 長葉콩은 密植일 수록 畝도복이 많았고 節間長이 倒伏과 높은 正相關을 나타내었는데 經路係數 分析 結果도 倒伏에 대한 節間長の 直接影響이 가장 컸다.

光敎에서 倒伏에 直接影響을 가장 크게 준 形質은 莖葉生重이었으며, 其他 形質은 直接影響보다는 間接影響이 큰 것으로 나타나 倒伏에 대한 關連形質의 直·間接 影響이 八達콩이나 長葉콩과는 다른 樣相을 보였다. 이러한 現象은 光敎가 開花期에 모든 處理에서 倒伏이 甚하였기 때문이었다.

콩의 主要 形質이 倒伏에 미치는 直·間接 影響은 品種에 따라 多少 差異는 있으나 增收를 爲하여 密植을 할 때는 耐倒伏性 品種을 栽培하여야 하므로 本 試驗에 供試하였던 耐倒伏性 品種인 八達콩과 長葉콩을 中心으로 보면, 倒伏과 單純相關이 가장 높았던 形質이 節間長이었고, 또한 倒伏에 直接影響이 가장 컸던 形質도 節間長이었으며, 間接影響은 節間長을 통한 莖長이 높은 값을 나타내었다. 이러한 點으로 보아 콩의 倒伏防止를 위해서는 節間長을 考慮한 畝도복에 強한 品種의 育成과 節間伸長

의 效果的인 抑制栽培 技術의 研究가 要求된다고 본다.

摘 要

草型和 耐倒伏性이 다른 品種에 있어서 倒伏의 程度와 樣相을 調査하고 倒伏과 關連된 形質들의 直·間接 影響을 分析하기 爲하여 3 品種을 供試하여 3 水準의 栽植密度로 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 莖長·分枝數·節間長은 品種 및 栽植密度間에 各各 또는 相互間에 差異가 있었으며, 主莖節數는 品種間 差異는 있었으나 同一 品種內 栽植密度間에는 光敎에서만 差異가 있었다.

2. 倒伏樣相은 八達콩과 長葉콩은 比較的 疎植에서는 뿌리도복, 密植에서는 畝도복이 많았고, 光敎에서는 畦幅 30cm까지는 뿌리도복과 畝도복이 비슷한 傾向이었으나 畦幅 20cm에서는 畝도복이 顯著히 많았다.

3. 八達콩과 長葉콩에서는 倒伏과 莖長 및 節間長은 正相關, 莖葉生重 및 뿌리生重과는 負의 相關이 있었으며, 莖直徑은 長葉콩에서만 負의 相關이 있었고 光敎는 뿌리生重만이 倒伏과 負의 相關을 보였다.

4. 倒伏에 대한 直接影響은 八達콩과 長葉콩에서는 節間長이 가장 컸고, 倒伏에 弱한 光敎는 莖葉生重이 가장 컸다.

5. 八達콩과 長葉콩에서는 密植일 수록 畝도복이 많았고, 節間長은 倒伏과 正相關으로 倒伏에 미친 直接影響이 가장 큰 形質이었다.

引 用 文 獻

1. Brevedan, R.E., D.B. Egli, and J.E. Leggett. 1978. Influence of N nutrition on flower and pod abortion and yield of soybeans. *Agron.J.* 70 : 81-84.
2. 蔡濟天. 1983. 大豆의 倒伏과 根部特性과의 關係. *韓作誌* 28(4) : 458-461.
3. Cooper, R.L. 1971. Influence of early lodging on yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Agron.J.* 63 : 449-450.
4. ———. 1971. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly

- productive environments. Agron. J. 63 : 490-493.
5. Johnston, T.J., and J.W. Pendleton. 1968. Contribution of leaves at different canopy leaves to seed production of upright and lodged soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill]. Crop Sci. 8 : 291-292.
 6. 金基駿·李弘祐·金光鎬 . 1982. 大豆의 品種間 倒伏發生의 差異에 關한 研究. 韓作誌 27 (3) : 254-260
 7. 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.
 8. ———. 盧泳德. 1987. 大豆의 倒伏에 關與하는 形質變異와 生化學物質 探索에 關한 研究. 農試論文集 (農業產學協同篇) : 243-251.
 9. Leffel, R.C. 1961. Plant lodging as a selection criterion in soybean breeding. Crop Sci. 1 : 346-349.
 10. Noor, R.B.M., and C.E. Caviness. 1980. Influence of induced lodging on pod distribution and seed yield in soybeans. Agron. J. 72 : 904-906.
 11. 朴然圭·孫錫龍. 1987. 콩의 Source-sink 關係를 中心으로 收量 支配要因 究明에 關한 研究. 農試論文集 (農業產學協同篇) : 263-281.
 12. Stoffella, P.J., R.F. Sandsted, R.W. Zobel, and W.L. Hymes. 1979. Root characteristics of black beans. I. Relationship of root size to lodging and seed yield. Crop Sci. 19 : 823-826.
 13. ———, ———, ———, and ———. 1979. Root characteristics of black beans. II. Morphological differences among genotypes. Crop Sci. 19 : 826-830.
 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. Wood, S.J., and M.L. Swearingin. 1977. Influence of simulated early lodging upon soybean seed yield and its components. Agron. J. 69 : 239-242.