

콩 品種間의 相互接木이 生育과 收量에 미치는 影響

鄭丞根*, 孫錫龍*, 許成秀**

Effects of Reciprocal Grafting between Varieties on Growth and Yield in Soybeans

Seung Keun Jong*, Suk Yeong Son*, and Seong Sou Huh**

ABSTRACT : Self-and reciprocal-graftings were made between soybean varieties(cv. Hwangkeumkong, Paldalkong, Bokwangkong and Jangkyongkong) to ascertain the relative role of shoot and root in soybean growth and yield determination. The influence of grafting *per se* on plant height and leaf number on main stem were negligible as evidenced by the insignificant differences between self-and reciprocal-graftings. The effect of grafting on flowering was different between different set of varieties grafted reciprocally. Self grafting delayed flowering 2 days and reciprocal grafting delayed another 2 days, in general. The effects of grafting on dry weights of different plant parts except pod were also insignificant. Reciprocal grafting increased pod dry weight in Hwangkeumkong and Paldalkong regardless whether they were used as scion or stock. Reciprocal grafting also influenced dry weights of Bokwangkong and Jangkyongkong significantly, but the response was different from those of Hwangkeumkong or Paldalkong. Jangkyongkong, when used as stock, decreased total dry weight of Bokwangkong significantly through the reduction of pod and stem dry weights. Stem diameter was increased by grafting, however, grafting decreased number of branches in all varieties. The average yields of self-and reciprocal-grafting were decreased by 11% and 24%, respectively, comparing to that of non-grafting, while average yield of reciprocal grafting was 14% lower than that of self grafting. Stem weight of grafted soybeans was decreased by 29 - 32% comparing to that of non-grafted soybeans, but the difference between self and reciprocal graftings was negligible. The genetic characteristics of scion was found to be more important than those of stock in determination of yield and stem weight. It was also indicated that varieties and characteristics are different in response to grafting.

* 忠北大學校 農科大學(Dept. of Agron., Col. of Agr., Chungbuk Nat'l Univ., Chongju, 360-763, KOREA)

** 大田實業專門大學(Dept. of Hort., Taejon Vocational Junior College, Taejon, 300-170, KOREA)

〈접수일자 : 1992. 7. 27〉

作物의 生育은 태양에너지를 흡수하여 光合成作用을 하는 地上部와 水分과 無機養分을 吸收하는 地下部の 能力에 의하여 결정된다. 作物의 生産性を 향상시킬 수 있는 가능성을 검토하기 위하여 光合成物質을 생산하는 生産器官(source)과 생산된 光合成物質을 貯藏하는 受容器官(sink)의 관계를 이해하고자 하는 연구결과는 많이 보고되고 있으나, 地下部の 吸收能力和 地上部の 生産能力을 收量과 관련하여 검토한 연구는 별로 이루어지지 않았다. 그것은 주요한 식량작물의 대부분이 禾本과 木本이므로 接木을 통한 地上部와 地下部の 相互關係를 구명하는 것이 불가능하기 때문이었을 것이다.

콩에서 品種間 相互接木을 통하여 臺木의 養分吸收 能力和 接穗의 蓄積能力을 비교하거나, 品種의 育種을 위한 交配效率를 높이기 위한 연구가 여러 사람들에 의하여 이루어졌다. 콩의 品種間 自家接木은 비교적 용이하여 일반적으로 割接이 이용되고 있는데, Bezdicsek 등¹⁾은 割接을 하고 음료수용 스트로우와 고무밴드로 고정하였을 때의 接木活着率은 90% 이상이라고 하였다.

콩의 養分 吸收에는 地下部와 地上部の 遺傳의 特性이 다같이 중요한 것으로 보고되고 있다. Brown 등²⁾과 Foote와 Howell¹⁵⁾은 콩에서 철분과 인산의 흡수는 주로 臺木에 의하여 좌우된다고 하였다. 그러나 Kleese⁸⁾는 地上部の 遺傳子型이 콩종실의 Sr-89와 Ca-45의 축적에 관여하며, 줄기 頂端部の 蓄積에는 地上部와 地下部の 特性이 다같이 관여하지만 地上部の 特性이 더 중요한 역할을 한다고 하였다. Kleese는 성분이나 연구자에 따른 이러한 차이는 接木에 이용된 品種의 선택과 관련이 있다고 해석하였다. 한편 種實의 단백질과 지방 축적은 地上部の 遺傳의 特性이 지배하며 接木을 하였을 때의 地下部 遺傳子型은 接穗의 단백질과 지방 합성에 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있다.

잎의 老化遲延과 뿌리의 과도한 根瘤形成 (supernodulation 및 hypernodulation) 특성은 줄기에 의하여 지배되며, 非根瘤形成(nonnodulation) 특성은 뿌리에 의하여 지배되는 특성인 것으로 接木試驗을 통하여 밝혀지고 있다.^{4,9)} 알팔파

의 相互接木試驗에서는 刈取後의 再生力을 지배하는 요인으로 地下部보다는 地上部の 遺傳의 特性이 더 중요한 것으로 보고되었다.⁶⁾

本 試驗에서는 콩의 品種間 相互接木을 통하여 地上部の 生育과 收量에 영향을 미치는 地下部の 效果를 분석하므로써 콩의 品種改良과 栽培法改善에 필요한 基礎資料를 얻고자 하였다.

本 試驗을 遂行하는데 있어서 처음부터 끝까지 도와준 農學科의 廉圭和군에게 감사하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗에 사용한 品種은 황금콩, 팔달콩, 보광콩 및 장경콩의 4品種이었다. 接木을 하기 위하여 品種別로 1990년 5월 26일-6월 4일 사이에 2-3일 간격으로 직경 7cm, 높이 8cm의 폴리에치렌 컵에 種子를 4립씩 播種하여 온실내에서 發芽시켰다. 發芽 후 10일경 不完全葉이 展開되었을 때 1-2일간격으로 황금콩과 팔달콩, 그리고 보광콩과 장경콩간의 相互接木과 品種別 自家接木을 하였다. 接木은 胚軸의 中央部를 절단한 다음 割接을 하였으며 원예용 接木크립으로 고정하였다. 接木 후에는 습도를 높이기 위해서 컵을 올려놓은 받침 밑에 물을 채웠으며, 活着이 될 때까지 接木한 콩을 가려주어 직사광선이 직접 콩에 닿지 않도록 하였다.

活着이 된 接木個體들을 6월 18일 本圃에 60cm×20cm의 栽植距離로 1株 2本씩 移植하였다. 自家接木과 相互接木을 한 個體 외에 非接木 個體들을 對照로 移植하였다. 施肥는 질소-인산-칼리를 각각 4-6-7 kg/10a의 비율로 요소, 중과석 및 염화칼리를 전량 基肥로 施用하였다. 移植 후에 잡초방제를 위하여 코달액제를 살포하였다.

길이 2m, 폭 60cm인 이랑을 한 試驗區로 하여 區當 22개체가 栽植되었으며, 試驗區配置는 亂塊法 3反復으로 하였다. 反復當 試驗區數는 相互接木 4, 自家接木 4 그리고 非接木 4개 등 12개였다.

結果 및 考察

接木 후 온실에서 활착기간 중 다소 도장하였으나 이식 후의 생육에는 별 영향을 주지않아 콩의 생육은 정상적으로 이루어졌다. 이식 후 7월 11일부터 10일간격으로 조사한 草長의 변화를 보면 그림1과 같다. 草長은 이식 후 35일경까지는 거의 직선적으로 증가하였으나 그 이후에는 증가속도가 완만하여졌다. 供試한 4 品種중에서 보광콩의 草長이 제일 커서 8월 11일(이식 42일 후)에 106-109cm였으며, 팔달콩은 69-70cm로 제일 작았다. 어느 品種의 경우에도 接木을 하지않은

것이 약간 컸으며, 自家接木과 相互接木에서 接穗가 동일한 品種이면 草長의 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히 草長이 짧은 팔달콩의 경우에는 생육이 진전될 수록 처리간의 차이가 줄어들었다.

8월 11일에 조사한 草長과 主莖葉數, 地上部 각 부위의 건물중 및 개화일수는 표1과 같다. 어느 경우에도 品種간의 차이는 유의한 것으로 나타났으며, 接木을 하지않은 것과 自家接木한 것의 차이가 草長이나 主莖葉數에서는 비교적 적었으나 부위별 건물중에서는 처리간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

처리간의 草長을 보면 앞에서 설명한 것과 같이

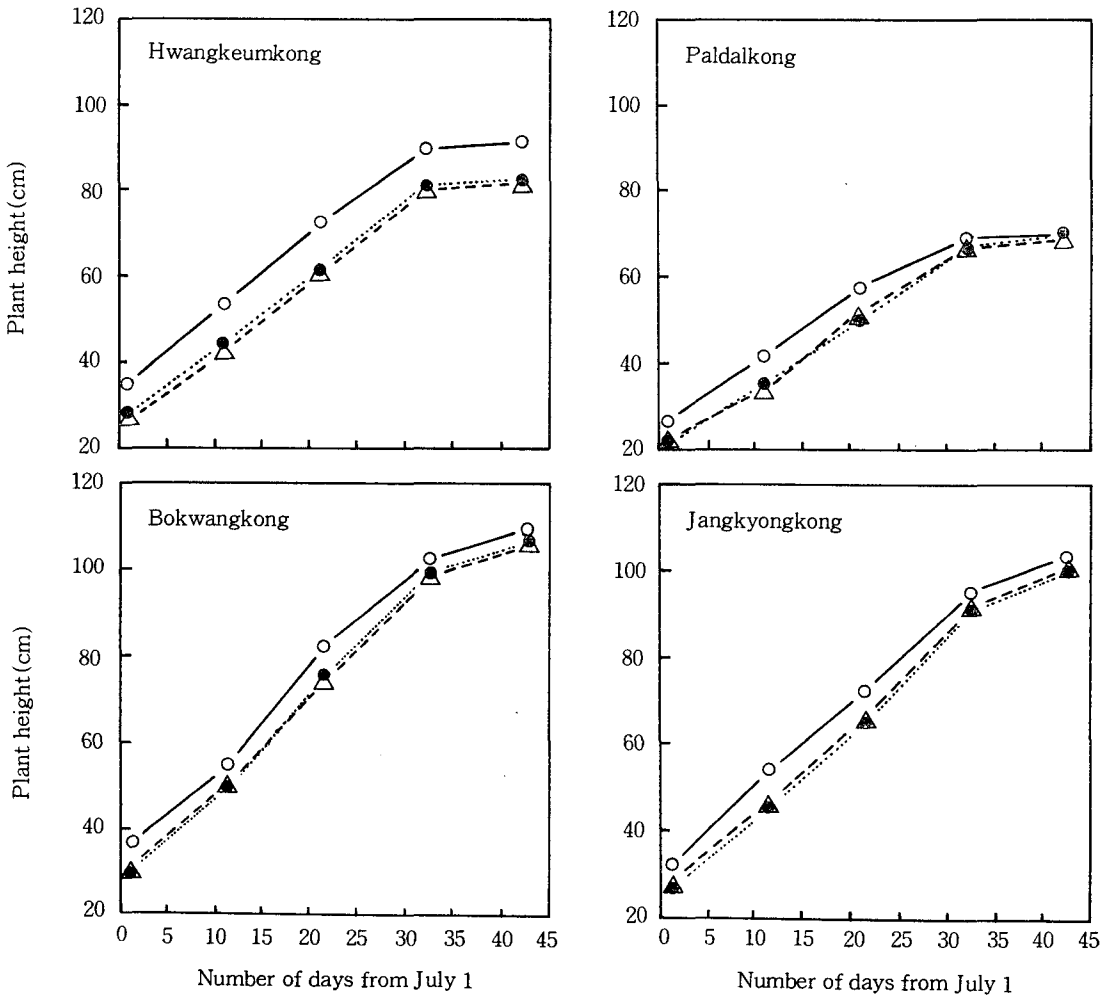


Fig. 1. Temporal change of plant height of grafted and nongrafted soybean plants from July 1 (○ Nongrafted, ● self-grafted and △ reciprocally grafted).

황금콩과 팔달콩간에는 현저한 차이가 있었다(표 1). 황금콩에서는 自家接木한 것의 草長이 85.7-86.7cm였으며, 接木을 하지않은 것은 91.6cm로 接木으로 인하여 草長이 5-6cm정도 감소하였다. 팔달콩에서는 接木을 하지않은 것의 草長이 70.3cm였는데 비하여 自家接木이나 황금콩에 接木한 경우에는 68.6-70.2cm로 그 차이가 적었다. 보광콩과 장경콩에서도 그 경향은 비슷하였으나 接木에 의하여 草長이 3-4cm 감소하였다. 어느 경우애나 接穗品種이 같은 경우에는 처리간에 유의한 차이를 보이지않아 臺木으로 사용한 品種의 地下部가 接穗로 사용된 다른 品種의 草長에는 별로 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

主莖葉數도 品種간의 차이는 분명하였으나 接木의 효과는 인정되지 않았다. 팔달콩을 제외한 다른 세 品種은 主莖葉數가 13-14개로 비슷하였으나 팔달콩은 9-10엽으로 莖長이 짧았을 뿐만 아니라 엽수도 적었다. 地上部가 동일한 경우에는 처리간의 主莖葉數 차이가 1엽미만으로 接木의 효과는 없었다.

部位別 乾物重의 변화를 보면 그림 2와 같다. 보광콩의 部位別 乾物重이 4品種 중에서 가장 많았

으며, 황금콩과 장경콩은 비슷하였다. 어느 品種에서나 대부분의 特性에서 部位別 乾物重은 非接木, 自家接木 및 相互接木의 순으로 감소하였다. 그러나 팔달콩의 경우에는 황금콩을 臺木으로 하였을 때 莖重이 약간 증가하였으며, 보광콩과 장경콩에서는 相互接木에 의하여 部位別 乾物重이 모두 감소하여 品種과 特性에 따라서 接木의 영향이 다르게 나타나는 것으로 판단되었다. 總乾物重도 部位別 乾物重의 處理間 차이와 비슷한 경향이 있었다. 이러한 결과는 接木不親和性, 地上部와 地下部の 相互作用, 또는 地上部同化產物의 轉移能力 차이에 따른 地下部 發育의 차이 등에 기인하는 것으로 생각되나 본 시험의 결과로서는 그 원인을 해석하는 것이 불가능하다.

收穫期の 莖太, 莖長, 分枝數, 收量 및 收穫指數 등에 대한 분산분석결과 接木處理는 고도의 유의한 차이를 보였다(표 2). 그러나 처리의 효과를 좀더 세분하여 비교하여 본 결과 莖長과 收量を 제외한 모든 특성에서 品種의 효과는 유의성을 보인 반면에 接木의 효과는 莖太, 分枝數, 收量 및 莖重에서만 유의하였다. 그러나 接木의 효과에서 나타난 유의성은 非接木과 接木처리간의 차이로 인한

Table 1. Plant height, flowering date and dry weights of plant parts of soybeans reciprocally grafted between varieties.

Treatment*	Plant ht. (cm)	No. of leaves	Flowering date	Dry weight (g / plant)				
				Leaf	Petiol	Pods	Stem	Shoot
Hwangkeum(H)	91.6c**	13.2b	16.6ef	9.7b	3.8abcd	9.1ab	7.2abc	29.9ab
Hsg	86.7c	13.4b	18.6de	8.7bc	3.7abcd	7.6abc	6.8abc	26.8ab
H/P	87.5c	13.3b	20.0cd	8.5bc	3.4bcd	7.6abc	6.1bc	25.5abc
P/H	68.6d	9.6c	16.0f	4.5e	1.9e	6.6bcd	3.5d	16.5d
Psg	70.2d	9.8c	15.6f	5.1de	2.1e	5.9cd	3.5d	16.5d
Paldal(P)	70.3d	9.8c	15.0f	7.0c	2.7de	9.7a	5.1cd	24.5abc
Bokwang(B)	109.8a	13.3b	21.3bc	9.6ab	4.5ab	7.0abcd	8.9a	29.9ab
Bsg	106.7ab	13.7b	25.0a	9.7ab	4.8a	6.8abcd	9.0a	30.3a
B/J	106.3ab	13.6b	23.3ab	6.8cd	3.2cd	4.3d	6.2ab	20.5cd
J/B	101.9b	14.3ab	22.0bc	7.9bc	3.5bcd	5.0cd	7.3abc	23.3bc
Jsg	100.7b	14.2b	24.3a	8.6bc	3.4bcd	6.5bcd	7.0abc	25.5abc
Jangkyong(J)	104.7ab	15.3a	20.3cd	10.7a	4.4abc	6.6bcd	7.6ab	29.2ab

* sg = self-grafed.

H/P = Hwangkeum was grafted as scion on Paldal as stock and vice versa.

** Values within each column not followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level according to Duncan's multiple range test.

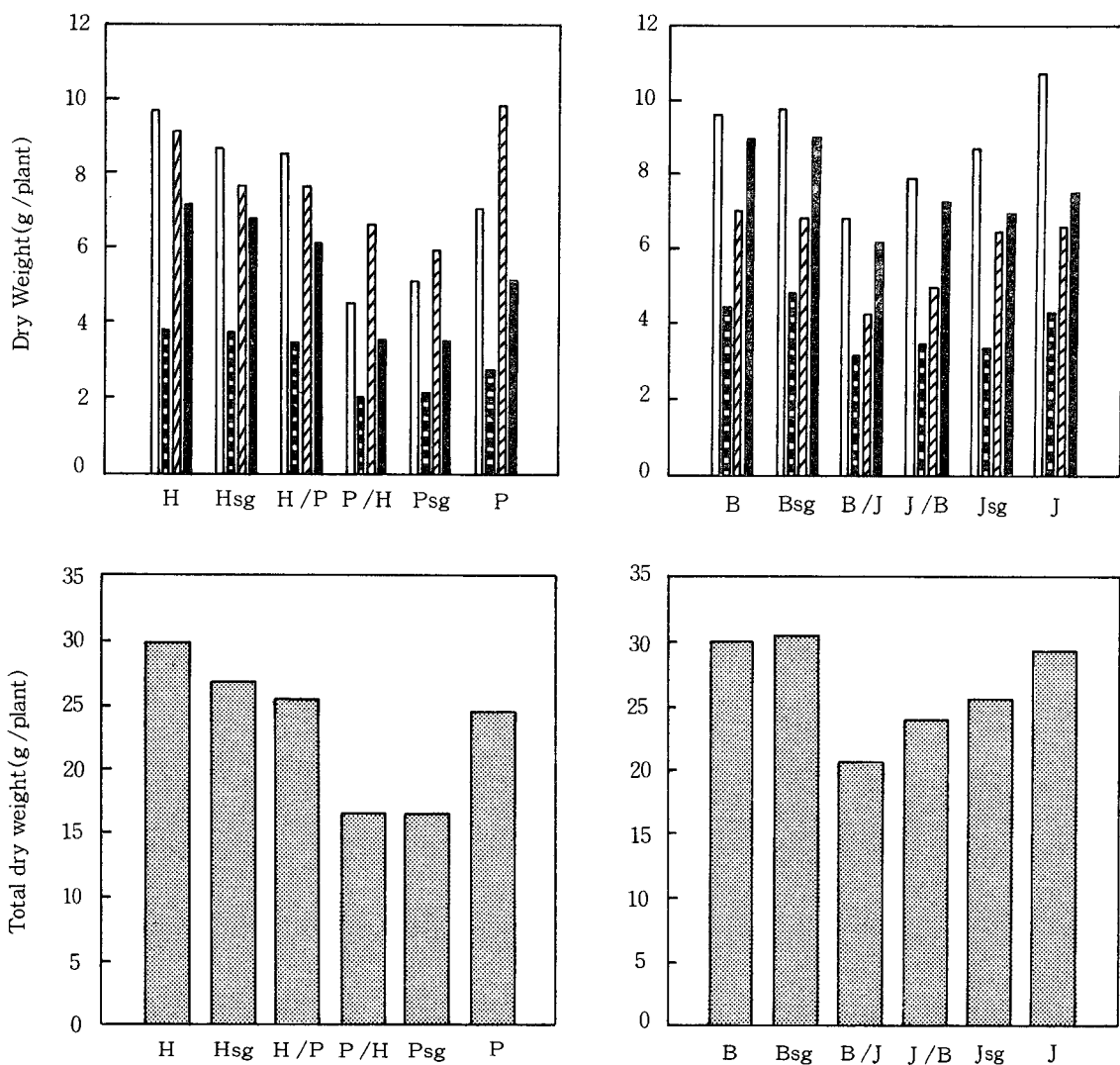


Fig. 2. Effects of grafting on dry weights of plant parts(left \square , petiole \blacksquare , pods ▨ , and stem ▩) and total dry weight per plant (Fig. at below).

Abbreviations are the same as in Table 1.

Table 2. Analysis of variance for stem characteristics, yield components, yield and harvest index of reciprocally grafted soybeans between varieties.

Source	d.f.	Stem diameter	Stem height	No. of branches	Mean squares				
					Pod weight	100 grain weight	Yield	Stem weight	Harvest index
Replications	2	9.39**	93	2.56**	1396	41.4**	15529**	6960**	20
Treatment	11	1.61**	1132**	0.92**	3295**	92.7**	4333	7639**	83**
Varieties(V)	3	1.48*	3523**	0.61	4001**	79.0**	4413	19358**	199**
Grafting(G)	2	4.35**	75	1.55**	1325	4.2	6186*	5596**	38
V×G	6	0.75	288**	0.87**	3599**	129.0**	3675	2461**	39
Error	22	0.44	44	0.21	693	2.5	1930	608	18

결과라고 할 수 있어(표 3) 品種間 相互接木의 효과는 콩의 생육이나 收量에 크게 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다. 그러나 일부 특성에서는 品種과 接木의 相互作用이 유의한 것으로 나타나 品種과 특성에 따라서 接木에 따른 반응이 다소 차이가 있음을 시사해 주고 있다.

收穫期의 莖太, 莖長, 分枝數, 莢重, 100粒重, 收量, 莖重 및 收穫指數는 표 3와 같다. 어느 경우에도 接木을 하였을 때의 莖太가 더 굵었는데 그것은 莖太를 측정된 部位가 接木後의 癒合과정에서 肥大하여진 接木部位였기 때문이었다. 品種별로는 장경콩의 莖太가 굵었고, 팔달콩이 가장 가늘었다. 莖長, 分枝數, 개체당 莢重 및 100粒重은 어느 品種에서나 接木에 의하여 감소하는 경향이 있었다. 莖長은 보광콩과 장경콩이 63.9-77.7cm로 길었으며, 황금콩은 46.8-48.6cm, 그리고 팔달콩은 28.2-31.0cm로 供試品種중에서 가장 짧았다. 팔달콩과 장경콩은 接木에 의하여 分枝數가 1개이상 줄어들어 유의하게 감소하였으나, 황금콩과 보광콩은 그 차이가 없었으며, 보광콩은 接木에 의하여 개체당 莢重이 유의하게 감소하였으나 다른 品種들은 크게 감소하지 않아 接木에 대한 반응은 品種과 특성에 따라서 다르게 나타나는 것으로 생각되었다. 100粒重은 品種간의 차이가 있었으나

接木에 의한 영향은 없었다.

그림 3에서 보는 바와 같이 收量은 황금콩, 보광콩 및 장경콩이 接木을 하지 않았을 때 255-276kg으로 비슷하였으며, 팔달콩은 적정 재식밀도로 재배되지 않았기 때문에 223kg으로 낮았다. 그러나 품종간의 차이보다는 접목처리에 따른 차이가 크게 나타났다. 收量에 미치는 接木의 영향을 보면 自家接木의 평균수량이 225kg으로 非接木의 평균수량 253kg에 비하여 11%, 그리고 相互接木의 평균수량이 193kg으로 自家接木에 비하여 14% 收量이 감소된 것으로 나타났으며, 相互接木은 非接木에 비하여 24%의 收量감소를 보였다. 莖重에서도 이러한 경향은 동일하였으나 그 정도의 차이가 收量에 비하여 다소 큰 것으로 나타났다. 즉 非接木의 平均莖重은 160kg이었고, 自家接木의 平均莖重은 114kg, 그리고 相互接木의 平均莖重은 109kg으로 自家接木은 非接木에 비하여 29% 감소하였으며, 相互接木은 非接木에 비하여 32%, 그리고 自家接木에 비하여서는 4%가 감소하였다. 이러한 결과는 어느 경우에도나 接木하였을 때의 收量이나 莖重이 臺木보다는 接穗의 유전적 특성에 의하여 좌우되는 것으로 나타나 다른 사람들의 보고^{6,8)}와 같은 경향이 있었다.

收穫指數는 接木에 의하여 약간 높아진 것으로

Table 3. Stem diameter, stem height, number of branches, yield components and yield and harvest index of reciprocally grafted soybeans between varieties.

Treatment*	Stem diameter	Stem height	Number of branches	Pod weight	100 grain weight	Yield	Stem weight	Harvest index
	- mm -	- cm -		- g / plt. -	- g -	- kg / 10a -		- % -
Hwangkeum(H)	6.7bc	48.6c	3.9ab	7.3bcd	28.6ab	257a	142bc	50.7abcd
Hsg	7.8ab	48.3c	3.3abcd	7.5bcd	30.0a	254a	107cde	52.9abc
H/P	7.7ab	46.8c	3.1abcd	8.9b	28.8ab	195ab	65ef	56.8a
P/H	7.8ab	28.2d	2.7de	4.8d	15.9d	156b	70ef	51.9abc
Psg	7.4ab	31.0d	2.0e	4.8d	15.0d	162b	61f	54.5ab
Palda(P)	5.8c	28.9d	3.4abcd	5.2cd	17.1d	223ab	96def	47.5bcd
Bokwang(B)	7.4ab	74.0ab	3.2abcd	12.4a	29.9a	276a	234a	37.9e
Bsg	7.8ab	68.4ab	3.4abcd	8.4b	26.4bc	247a	149bc	46.5bcd
B/J	7.3ab	63.9b	2.8cde	8.0bc	29.1ab	211ab	151bc	43.1de
J/B	8.5a	72.0ab	3.6abc	6.7bcd	25.1c	211ab	148bc	45.3cde
Jsg	8.5a	79.5a	3.0bcd	7.3bcd	23.9c	236ab	140bcd	47.7bcd
Jangkyong(J)	7.2ab	77.7a	4.0a	7.9bcd	24.2c	255a	169b	46.3cd

* Abbreviations are the same as those in Table 1.

나타났다. 즉, 황금콩과 팔달콩에서는 接木하였을 때 收穫指數가 2.2-7.0%가 증가하였으며, 보광콩과 장경콩에서는 1.4-5.2% 증가하였다. 이것은 接木으로 인하여 營養生長량이 더 크게 감소하였기 때문인 것으로 생각된다.

收穫期에 조사한 제특성간의 相關關係를 보면 표 4와 같다. 莖長이 길고, 莖重이 무거우며 莢重이 무거울 수록 收量이 많은 것으로 나타났다. 이

것은 生育이 왕성할 수록 收量이 많은 것을 의미하는 것으로, 본 시험에서는 接木하였을 때 生育이 억제되어 接木을 하지 않았을 때 보다 收量이 적었으므로 그러한 경향이 뚜렷하게 나타난 것으로 판단된다. 그러나 營養生長이 많은 경우에는 收穫指數가 감소하여 왕성한 營養生長이 반드시 收量에 유리하게만 작용한 것으로는 인정되지 않았다.

본 시험에서 接木의 효과는 인정되고 있지만 相互接木에 따른 接穗와 臺木品種의 차이가 크게 나타나지 않은 것은 供試된 品種들이 고도의 選拔過程을 거쳐서 育成된 獎勵品種들이므로 地下部나 地上部の 特性이 모두 우수한 것도 하나의 이유가 될 것이다. 따라서 여러 品種들 중에서 地上部와 地下部の 능력이 상당히 다른 品種을 선택하여 相互接木을 한다면 본 시험과는 다른 結果를 얻을 수도 있을 것이다. 또한 비교적 콩과의 接木이 용이한 팥이나 녹두와 相互接木을 하므로서 屬間의 비교를 하는 것도 흥미있는 정보를 얻을 수 있는 방법일 것이다.

摘 要

콩 品種間的 相互接木을 통하여 地上部和 地下部の 능력을 비교하여 콩品種改良이나 栽培法改善의 기초자료를 제공하고자 황금콩, 팔달콩, 보광콩 및 장경콩을 供試하여 自家接木 및 品種間 相互接木을 하여 移植栽培한 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 보광콩의 莖長이 106.3-109.8cm로 가장 컸

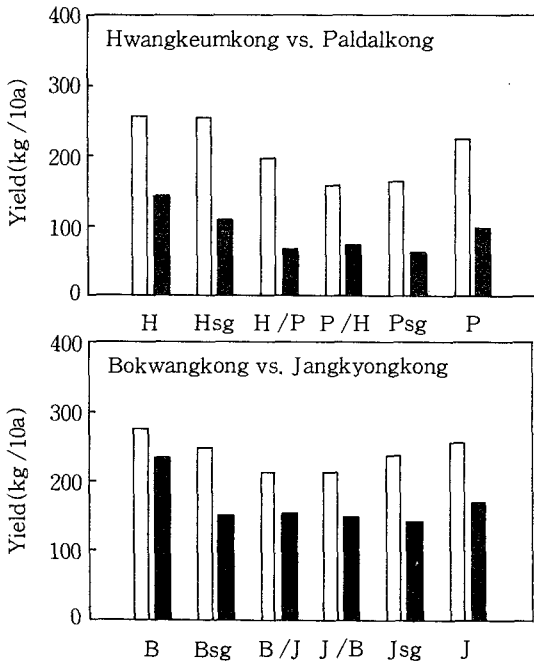


Fig. 3. Effects of self and reciprocal grafting on yield and stem weight.

Abbreviations are the same as in Table 1. (Yield □, Stem weight ■)

Table 4. Correlation coefficients among several characteristics and yield.

Characteristics	Stem ht.	No. of branches	Pod wt.	100 grain wt.	Yield	Stem wt.	Harvest index
Stem diameter	0.478	-0.185	0.147	0.208	0.037	0.204	-0.379
Stem height		0.444	0.654*	0.599*	0.691*	0.854**	-0.791**
No. of branches			0.309	0.476	0.681*	0.466	-0.199
Pod weight				0.796**	0.796**	0.857**	-0.849**
100 grain wt.					0.827**	0.688*	-0.641*
Yield						0.788**	-0.546
Stem weight							-0.896**

으며 팔달콩이 68.6-70.3cm로 제일 작았는데, 接木에 의하여 草長이 감소되기는 하였지만 臺木의 영향은 인정되지 않았다.

2. 葉數는 팔달콩이 9.6-9.8매로 가장 적었으며, 장경콩이 14.2-15.3매로 제일 많았는데 처리간의 차이는 없었다.

3. 開花日數는 接木에 의하여 2-4일 지연되어 유의한 차이를 보였는데, 황금콩과 팔달콩은 自家接木보다는 相互接木에서 지연정도가 컸으나 보광콩과 장경콩은 相互接木보다는 自家接木에서 지연정도가 더 커서 品種間에 接木에 대한 반응이 다른 것으로 나타났다.

4. 部位別 乾物重에 대한 接木의 영향도 品種間에 유의한 차이를 보여 황금콩과 팔달콩에서는 葉重에 대한 接木의 영향이 인정되었고, 보광콩과 장경콩의 相互接木에서도 장경콩이 보광콩의 部位別 乾物重을 유의하게 감소시킨 것으로 나타났다.

5. 莖太는 接木에 의하여 증가하였으며, 分枝數는 감소하였고, 보광콩은 接木에 의하여 莖重이 감소하였다.

6. 收量은 自家接木이 非接木에 비하여 11%, 相互接木은 自家接木에 비하여 14% 그리고 相互接木은 非接木에 비하여 24% 감소하였으며, 莖重은 收量과 같은 경향이었으나 接木에 의한 감소가 29-32%로 정도가 수량에 비하여 더 컸으나 自家接木과 相互接木간의 차이는 거의 없었다.

7. 收穫指數는 接木에 의하여 황금콩과 장경콩은 1.4-6.1% 그리고 팔달콩과 보광콩은 4.4-8.6% 높아졌다.

8. 接木하였을 때의 收量이나 莖重은 臺木보다는 接穗로 사용된 品種의 遺傳的 特性에 의하여 좌우되었으며, 品種과 特性에 따라서 接木에 대한 반응의 차이가 認定되었다.

引用文獻

1. Bezdicsek, D. F., B. H. Magee and J. A. Schillinger. 1972. Improved reciprocal grafting technique for soybean (*Glycine max* L.). Agron. J. 64 : 558.
2. Brown, J. C., R. S. Holms and L. O. Tiffin. 1958. Iron chlorosis in soybeans as related to the genotype of rootstalk. Soil Sci. 86 : 75-82.
3. Caldwell, B. E. and W. D. Hanson. 1968. Relative importance of stem and root genotype in determining differences in percent protein and oil of soybean seed. Crop Sci. 8 : 629-630.
4. Delves, A. C., A. Mathews, D. A. Day, A. S. Carter, B. J. Carrol and P. M. Cresshoff. 1986. Regulation of the soybean-Rhizobium nodule symbiosis by shoot and root factors. Plant Physiol. 82 : 588-590.
5. Foots, B. D. and R. W. Howell. 1964. Phosphorus tolerance and sensitivity of soybeans as related to uptake and translocation. Plant Physiol. 38 : 610-613.
6. Frankhauser, J. J. Jr. and J. J. Volence. 1989. Root vs. shoot effects on herbage regrowth and carbohydrate metabolism of alfalfa. Crop Sci. 29 : 735-740.
7. Kiihl, R. A. S., E. E. Hartwig and T. C. Kilen. 1977. Grafting as a tool in soybean breeding. Crop Sci. 17 : 181-182.
8. Kleese, R. A. 1967. Relative importance of stem and root in determining genotypic differences in Sr-89 and Ca-45 accumulation in soybeans (*Glycine max* L.). Crop Sci. 7 : 53-55.
9. Phillips, D. A., R. O. Pierce, S. A. Edie, K. W. Foster and P. F. Knowles. 1984. Delayed leaf senescence in soybean. Crop Sci. 24 : 518-522.
10. Stoy, V. 1972. Inter-relationships among photosynthesis, respiration and movement of carbon in developing crops. Physiological aspects of crop yield. Am. Soc. Agron. p. 185-206.