

콩 종간교잡에서 주요형질의 유전분석

이정동 · 권택화 · 조호영 · 황영현

경북대학교 농업생명과학대학 식물생명과학부

Genetic Analysis of Agronomic Characters in Interspecific Cross in Soybean.

Jeong-Dong Lee, Taek-Hwa Kwon, Ho-Young Cho, and Young-Hyun Hwang

Division of Plant Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study was conducted to obtain the information of varietal development using wild soybean through investigation of variation and heredity of major agronomic characters in F_2 generation of interspecific cross between *Glycine max* and *G. soja*.

In segregating populations of two crosses, all characters observed except 100-seed weight showed transgressive segregation. Days to flowering showed normal distribution; mean days to flowering in F_1 and F_2 was approximately mean of parent. Mean of F_1 for 100-seed weight was 6.2g and 5.7g for Eunhakong/KLG10084 and Sobaegnamulkong/KLG10084, respectively, which were somewhat skewed distribution to small seeded parents. Mean seed yield of F_2 was about mean of two parents. Degree of vine was 6.4 and 5.7 in F_1 for two crosses but it was 6.0 in F_2 for Eunhakong/KLG10084, which revealed the degree of vine as partial dominance while 4.6 for Sobaegnamulkong/KLG10084, somewhat different results from the previous cross.

Broad-sense heritability(h^2B) for plant height, days to flowering, pods per plant, seed yield, and degree of vine was comparatively high and narrow-sense heritability(h^2N) for 100-seed weight which is the most important character in the development of small seed-size sprout soybean was 52.3% and 65.6% for Eunhakong/KLG10084 and Sobaegnamulkong/KLG10084, respectively, which indicated that selection for the character in early generation was possible.

Key words : Genetic analysis, *Glycine max*, *Glycine soja*, Heritability, Interspecific cross,

서 언

작물 개량을 위해서는 유전적인 변이를 창출해야 하는데, 야생종과 재배종의 상호교배로 인한 새로운 유전자의 도입도 중요한 방법중 하나이다. Hawkes(1997)는 병·해충의 저항성, 광적응성, 세포질 및 세포질적 임성 개선, 생식방법의 교체, 종간 교잡능력 및 환경적응력 향상을 위해 재배종 내에서 저항성이나 적응성의 유전자를 찾지 못하였을 경우는 야생의 자원을 이용하는 것이 바람직하다고 하였다. 그러나 야생종을 이용할 시 교잡의 어려움과 불임성, 야생종의 분류, 지리적 분포, 계통발생학적인 정보의 부재와 낮은 수량, 불량한 농업적 특성과 같은 육종가가 원하지 않는 형질들은 가지고 있어, 이용하는 데 제약이 따른다고 했다(Harlan, 1976).

재배콩의 조상으로 알려진 *Glycine soja*의 경우도 낮은 수량, 덩굴성, 도복, 탈립성, 성숙기의 무낙엽, 종피색 등의 불량한 특성이 있어 이용하기에는 곤란하다(Gai et al., 1981). 그러나 몇몇 연구자들에 의해 재배종과 야생종의 인공교잡 후대에서 몇가지 형질에 대한 조사가 이루어졌는데, *G. max*와 *G. soja*의 교잡에서 F_1 식물체의 표현형은 야생종을 닮았고, F_2 집단에서는 부, 모, 중간적 표현형들이 관찰되었으며(Jerzy and Grzegorz, 1994), 도복, 탈립성, 덩굴성에서는 *G. soja* 편린이 부분적인 우성을 보였는데 이들의 F_2 평균이 F_1 의 것과 비슷하였으며, 정역교배에서 농업적인 특성, 종자 성분, 지방산 함량에서 세포질 효과가 인정되지 않았다(Cianzio and Fehr, 1987). 성숙일수는 초월분리가 일어났는데, F_1 의 성숙기는 거의 양친의 중간이었고, F_2 집단의 평균과 비슷하여 상가적 유전자의 작용에 의한 것으로 평가되었으며, 광의의 유전력이 86%로 소수의 유전자에 의해 유전을 하여 초기세대에 선발하는 것이 유리하다고 하였다(Cianzio and Fehr, 1987;

Weber, 1952). F_1 , F_2 의 100립중은 양친의 영향을 많이 받는데, F_2 의 분포는 소립종 쪽으로 치우친 분포를 보였으며, F_1 의 평균을 볼 때 종자의 크기를 정하는 유전적인 요소는 소립종이 부분적인 우성을 나타낸다. 백립중의 GCA 효과는 F_2 세대 100립중과 유의적인 상관관계를 보였으며 광의의 유전력은 82.2%이었으며 많은 유전자의 작용과 다면발현효과로 상대적으로 복잡한 유전을 한다고 하였다(Lee and Wang, 1988; Cianzio and Fehr, 1987; Weber, 1952).

콩 주요형질들의 유전력은 교배조합(Mahmud and Kramer, 1951; Weber and Moorthy, 1952), 파종기 및 기타 환경조건에 따라 달라지는데(Lu et al., 1967), 일반적으로 경장, 성숙기, 개화기의 유전력은 등숙기간, 입중, 도복에 대하여 높은 반면(Anand and Torrie, 1963; Bartley and Weber, 1952), 수량구성요소의 유전력은 낮으며, 특히 수량은 타 형질에 비해 낮다(Hanson and Weber, 1963; Johnson et al., 1955). Kim(1992)은 유·무한형간 교잡에서 몇몇 형질들에 대해 광의의 유전력을 구하였는데, 유전력이 가장 높은 형질은 생육일수로 75.9-92.5%이었으며, 경장, 주경질수 및 협수의 주경 의존도 등이 높은 유전력을 보였고, 수량형질은 100립중이 35.1-85.4%로 높은 편이었으나, 개체당 협수와 개체당 수량은 각각 10.1-45.3, 12.9-55.4%로 낮았다고 했다.

본 연구는 재배종과 야생종의 인공교잡 분리세대에서 주요형질들의 변이와 유전력을 조사하여 야생종을 이용한 콩 품종육성의 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

재배종인 은하콩, 소백나물콩과 야생종인 KLG10084를 공시하여 1997년 경북대학교 부속

농장에서 인공교배를 하여 은하콩/KLG10084 및 소백나물콩/KLG10084 조합에서 각각 F₁ 종자 16, 10개를 얻었다. 1998년 F₁을 양성하여 두 조합에서 각각 8,262, 3,776개의 F₂ 종자를 얻었으며, F₂종자는 종자 저장고에 저장하였다가 2001년 6월 16일 교배조합별로 양친 20개체, F₁ 10개체, F₂ 400개체를 공시하여 농업적 형질을 조사하였다. 재식거리는 60×15cm, 1주 1본으로 하였고 3립씩 파종하여 자연개기때 수확하였다.

조사형질은 개화시, 경장, 분지, 주경절수, 개체당 협수, 100립중, 수량, 덩굴성, 도복 등이었으며 덩굴성과 도복은 1(완전한 직립, 내도복), 9(완전 덩굴, 도복)로 나타내었다. 광의 유전력은 양친, F₁, F₂개체의 분산을 이용하여 환경분산에 대한 유전분산의 비로 나타내었으며, 100립중에 대한 협수의 유전력은 양친 F₁, F₂ 및 BC₁F₁(P₁, P₂)의 분산을 이용하여 추정하였다.

결과 및 고찰

재배종과 야생종의 교잡에서 양친, F₁ 및 F₂의 주요 형질들의 범위와 평균을 나타낸 결과는 표 1, 2와 같다. 두 교배 조합에서 얻은 F₁ 식물체의 표현형은 야생종을 닮았고, F₂ 분리 집단의 개체 중에는 모본을 닮은 직립형이면서 도복 저항성인 개체로부터 야생종을 닮은 덩굴성이면서 도복을하는 개체와 양친의 중간을 보이는 표현형까지 모두 출현하였다.

개화까지의 일수는 그림 1에서 보인 바와 같이 은하콩 및 소백나물콩 조합의 F₂에서 각각 42-47일, 41-64일로 양친의 범위를 벗어나는 초월 분리를 하였다. 개화일수의 평균은 은하콩 조합에서 F₁, F₂의 평균이 양친의 중간값을 나타내었고, 소백나물콩 조합에서는 F₁이 조금 늦게 개화를 하였지만, F₂에서는 양친의 중간값을 나타

내어 두 조합에서 모두 개화까지의 일수는 유전자의 상가적 작용에 의한 것으로 나타났다.

경장은 두 조합의 F₁의 평균이 각각 96.4, 96.6cm로 양친의 범위보다 높게 나타나 초월우성을 보였으며, F₂ 집단의 분포에서도 초월분리를 하였는데, 은하콩 조합에서는 평균 90cm로 F₁과 비슷하였지만 소백나물콩 조합에서는 F₂의 평균이 55cm로 나타나 교배조합간 차이가 있었으며, 분지수에서도 F₂ 분리집단에서 초월 분리가 일어났는데, F₁의 평균은 은하콩, 소백나물콩 조합 각각 10.0, 8.8개로 양친 보다 많았으며, F₂의 평균은 양친의 중간보다 약간 많은 경향을 나타내었고, 주경절수도 초월분리가 일어났는데, F₁의 평균값이 양친의 중간값 보다 높게 나타나 부분적인 우성을 보였고, 개체당 협수에서는 은하콩/KLG10084에서 분리집단의 범위는 11-571개 이었고 F₁의 평균은 201개, F₂ 집단의 평균은 156개로 양친의 중간값인 129개 보다 높게 나와 역시 초월우성과, 초월분리를 하였는데 소백나물콩 조합에서도 같은 경향이였다.

개체당 수량에서도 초월분리가 일어났는데, F₂ 집단의 범위는 은하콩 조합이 소백나물콩 조합 보다 작았으며, 은하콩 조합에서 F₁의 평균은 양친의 중간값 보다 높게 나타났으나 F₂집단의 평균은 양친의 평균값을 보였고, 소백나물콩 조합의 경우에는 F₁은 양친평균보다 높았지만 F₂의 평균은 양친의 값보다 낮게 나타나 조합간 차이를 보였다.

백립중의 경우에는 양친의 범위에 속해 있었는데, 두 조합 모두 양친의 백립중을 보이는 계통이 없었다. 두 교배조합에 대한 100립중의 분포는 그림 2와 같았다. 은하콩/KLG10084에서는 F₂의 100립중 범위가 2.7-9.4g이었고, 소백나물콩/KLG10084 조합에서는 3.2-9.5g으로 나타나 두 조합간에 비슷한 결과를 보였으며, 두 조합 모두 F₁ 및 F₂의 백립중이 양친의 평균값 보다 작아 100립중은 소립

종 쪽으로 부분적인 우성을 보였다.

도복정도는 두 조합에서 F₁은 8이상으로 거의 야생종을 닮았고, F₂의 평균도 야생종 쪽으로 더 가까워 야생종 쪽으로 부분적인 우성을 보였으며, 덩굴성도 도복과 같은 결과를 나타내었으나, 소백나물콩/KLG10084 조합의 F₂ 평균에서 은하콩/KLG10084 조합보다 덩굴성 정도가 재배종 쪽으로 더 가까웠다.

Jerzy 와 Grzegorz(1994)는 *G. max*와 *G. soja*의 교잡에서 얻은 F₁ 식물체는 야생종을 닮았고, 30%정도가 F₂ 집단에서 양친보다 협과 개체당 립수가 많았으며, F₂ 집단에서 부, 모와 양친의 중간을 닮은 개체들이 나타났다고 하였고, 백립종은 양친과 F₁, F₂의 백립중간에 높은 유의적인 상관관계가 인정되고 양친의 입중은 자손에 중대한 영향을 미치며 F₂의 종자크기의 분포는 소립 쪽으로 치우친 비대칭형의 정규분포를 보였고, F₁ 종자의 크기로 볼 때 소립 쪽으로 부분적인 우성을 보이며, 입중에 관여하는 유전자는 다수일 것이라 하였다(Lee and Wang, 1988; Cianzio and Fehr, 1987; Weber, 1950).

두 종간 교잡에서 조사한 어떠한 형질에서도 세포질 효과를 보이지 않았으며 엽장 및 엽폭에서는 상가적 유전자의 효과가, 도복, 탈립, 덩굴

성에서는 야생종이 우성을 나타내었고, 성숙기는 상가적 유전자의 작용에 의한 것으로 평가되었다(Cianzio and Fehr, 1987; Williams, 1948).

본 연구에서도 F₁, F₂의 표현형, 백립중, 도복, 덩굴성등에서 같은 결과를 보였으며, 경장, 분지수, 개체당 협수에서 잡종강세를 보였다.

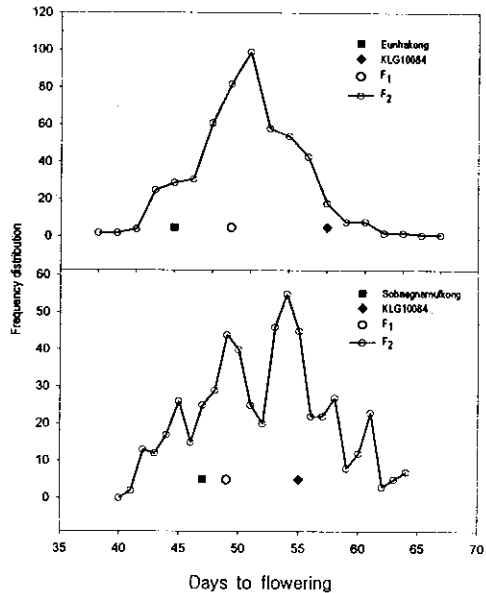


Fig 1. Frequency distribution for days to flowering of parents, F₁, and F₂ in two interspecific soybean crosses.

Table 1. Range of agronomic characteristics of parents, F₁, and F₂ in two interspecific soybean crosses.

Parents and generation	Days to flowering	Plant height (cm)	No. of branches	No. of nodes	No. of pods/plant	100-seed weight(g)	Yield per plant(g)	Lodging [†] (1-9)	Viny [‡] (1-9)
Eunhakong	44~47	47~60	6~15	13~16	64~167	11.0~15.9	16.8~38.3	1	1
KLG10084	54	48~74	6~10	16~22	80~216	2.3~3.0	4.2~10.6	9	9
F ₁	49	88~108	6~12	16~18	162~272	5.7~6.5	11.8~34.8	7~9	6~7
F ₂	42~57	11~195	1~17	10~25	11~571	2.7~9.4	2.2~56.3	1~9	1~9
Sobaegnamulkong	47~49	32~46	5~10	12~15	125~262	8.9~12.1	22.2~51.3	1	1
KLG10084	54~55	66~99	4~13	18~23	100~209	2.3~3.1	2.8~9.9	9	9
F ₁	51~55	81~110	4~13	17~21	166~315	5.1~6.5	14.2~37.5	7~9	5~7
F ₂	41~64	12~148	2~19	7~23	35~660	3.2~9.5	4.2~78.5	1~9	1~9

[†] Lodging score : 1- no lodging, 9 - fully lodging. [‡] Viny score : 1- erect, 9 - viny.

Table 2. Mean and standard deviation of agronomic characteristics of parents, F₁, and F₂ in two interspecific soybean crosses.

	Days to flowering	Plant height (cm)	No. of branches	No. of nodes	No. of pods/plant	100-seed weight(g)	Yield per plant(g)	Lodging [†] (1-9)	Viny [‡] (1-9)
Eumhakong	45.5±0.8 [†]	54±11.1	8.6±4.8	14.1±0.9	116±28.3	13.7±1.3	25.6±8.8	1.0±0.0	1.0±0.0
KLG10084	54.0±0.0	59±8.1	7.6±1.0	19.3±1.8	142±41.2	2.6±0.2	6.8±1.8	9.0±0.0	9.0±0.0
\bar{X}	50.0	56.6	8.1	16.7	129.0	8.2	16.2	5.0	5.0
F ₁	49.0±0.0	96±8.4	10.0±2.5	17.0±1.0	202±44.7	6.2±0.3	23.2±9.3	8.0±0.7	6.4±0.5
F ₂	49.9±2.9	90±38.4	8.6±2.8	17.1±3.3	156±100.3	5.4±1.2	16.3±10.9	6.0±2.2	6.0±1.6
Sobaegnamulkong	47.5±0.6	38±4.0	7.2±1.3	13.6±0.8	175±34.8	10.8±0.8	36.0± 7.7	1.0±0.0	1.0±0.0
KLG10084	54.8±0.4	77±9.2	8.4±2.2	20.3±1.8	160±46.0	2.6±0.3	6.5±2.1	9.0±0.0	9.0±0.0
\bar{X}	51.2	57.9	7.8	17.0	167.3	6.7	21.3	5.0	5.0
F ₁	53.3±1.9	97±11.3	8.8±3.0	18.6±1.6	231±52.2	5.7±0.5	23.4±7.1	8.4±0.5	6.6±0.3
F ₂	51.7±4.9	55±22.5	8.4±2.5	15.1±2.9	176±98.7	5.9±1.3	17.6±10.6	5.4±2.6	4.6±1.7

† Means of parents, ‡ Lodging score : 1- no lodging, 9 - fully lodging. § Viny score : 1- erect, 9 - viny. ¶ : $\bar{X} \pm SD$.

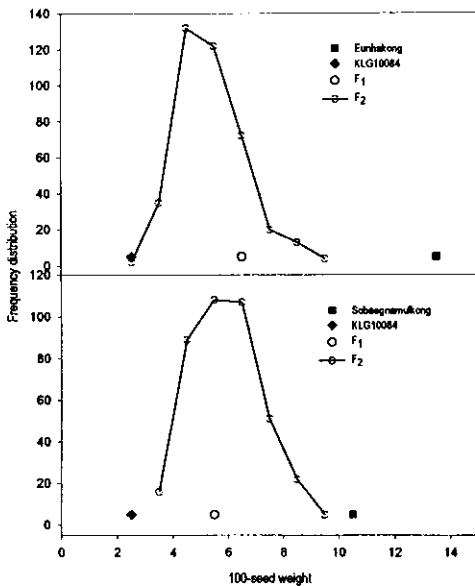


Fig 2. Frequency distribution for 100-seed weight of parents, F₁, and F₂ in two interspecific soybean crosses.

재배종과 야생종의 교배조합별 몇 가지 형질에 대한 광의의 유전력은 표 3과 같다. 개화일

수, 경장, 분지수, 주경절수 등에서 은하콩/KLG10084에서는 각각 97.2, 91.3, 48.1, 25.5%의 유전력을 보였고, 소백나물콩/KLG10084에서는 94.1, 84.9, 41.0, 73.8%의 유전력을 보였는데, 분지수의 경우는 낮은 유전력을 보여 후기 세대에 선발하는 것이 유리한 것으로 평가되었고, 수량 관련 형질인 개체당 협수, 개체당 수량에서 은하콩/KLG10084에서 84.6, 52.3%, 소백나물콩/KLG10084에서 82.1, 65.6%로 높은 유전력을 보여 일반적으로 수량관련 형질인 이들의 유전력은 낮은 것으로 평가되어 있는데, 본 연구에서는 다른 양상을 보였다. 나물콩 육성에서 특히 중요시되고 있는 100립중의 경우는 협의의 유전력이 두 조합에서 각각 57.8, 61.5%로 높게 나타나 입중은 초기세대 선발이 중요한 것으로 평가되었다. 또한 도복과 등굴성에서도 두 조합 모두 90%이상의 광의의 유전력을 보여 초기세대에서 직립형의 유무한 신육형이면서, 도복저항성이고, 목적형질에 맞는 100립중을 선발한다면 후기 세대에서도 원하는 개체를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Broad-sense heritabilities estimated for F₂ generation in two interspecific soybean crosses.

	Days to flowering	Plant height (cm)	No. of branches	No. of nodes	No. of pods/plant	100-seed [†] weight(g)	Yield per plant(g)	Lodging [‡] (1-9)	Viny [§] (1-9)
Eumhakong × KLG10084									
V _P	8.20	1473.0	7.9	11.0	10056.0	1.39	119.3	5.0	2.6
V _E	0.23	126.8	4.1	8.2	1548.9	0.63	56.9	0.2	0.1
V _G	7.97	1346.2	3.8	2.8	8507.1	0.76	62.4	4.8	2.5
h ² _B	97.2	91.3	48.1	25.5	84.6	57.8	52.3	96.7	96.2
Sobaegnamulkong × KLG10084									
V _P	23.6	504.8	6.1	8.4	1126.1	1.3	111.6	6.5	2.8
V _E	1.4	76.3	3.6	2.2	2019.1	0.3	38.4	0.2	0.1
V _G	22.2	428.5	2.5	6.2	9242.0	1.0	73.2	6.7	2.7
h ² _B	94.1	84.9	41.0	73.8	82.1	61.5	65.6	97.0	96.4

[†] Narrow-sense heredity estimated for variance of parents, F₁, F₂, and BC₁F₁.

[‡] Lodging score : 1 - no lodging, 9 - fully lodging.

[§] Viny score : 1 - erect, 9 - viny.

재배종과 야생종의 교잡에서 100립종에 대한 광의의 유전력은 82.2%이었으며(Lee and Wang, 1988), 성숙기는 유전력이 84%, 단백질 함량 70%, 지방함량 64%로 높게 나타나 초기세대 선발이 유리하다고 하였다(Lee and Wang, 1988; Cianzio and Fehr, 1987; Weber, 1950; Williams, 1948).

재배종간의 교잡에서 일반적으로 유전력은 교배조합, 파종기 및 기타 환경조건에 따라 달라진다고 했는데(Lu et al., 1967; Mahmud and Kramer, 1951; Weber and Moorthy, 1952), 경장, 성숙기, 개화기, 성숙기, 입중, 도복에 대한 유전력은 높으나 수량구성요소의 유전력은 낮으며, 특히 수량은 타 요소에 비해 낮다고 하였다(Hanson and Weber, 1962; Johnson et al., 1955).

Kim(1992)은 유무한형의 교잡에서 광의의 유전력을 평가하였는데 생육일수(75.9-92.5%), 경장(64.2-86.8%), 주경절수(50.3-78.7%)에서 높게 나타났고, 수량형질중 100립중이 35.1-85.4%로 높은 편이었고, 개체당 협수는 10.1-45.3%, 개체당 수

량은 12.9-55.4%로 유전력이 낮았다고 했다.

본 연구에서는 일반적으로 유전력이 낮은 것으로 알려진 개체당 협수와 수량에서 높은 광의의 유전력을 나타내었는데, 표 1에서 보는 바와 같이 개체당 협수의 F₂ 범위는 11-571개이고 수량도 2.2-56.3g으로 넓게 분포를 하고 있었다. 야생종과 재배종의 교잡에서 F₂ 분리개체들은 거의 대부분 도복이나 덩굴성을 띠었으며, 직립형의 개체라 하더라도 덩굴성을 띠는 주변의 개체에 의해 생육을 저해 받는 개체들이 많이 관찰되었고, 반면에 덩굴성이면서 왕성한 생육을 하는 개체들이 있었다. 이처럼 재배종과 야생종의 특수한 인공교배 후대에서 개체 개개의 특성이 충분히 나타나지 않아 협수나 수량에서 정밀하게 평가되지 못하여 광의의 유전력에서 유전분산이 커져서 생긴 결과라 생각되며, Yang 등(1994)이 제시한 것과 같이 F₂에서는 덩굴성이나 탈립성, 종피색등을 고려하여 선발하고 낮은 수량과 단간의 직립형이라도 후기 세대에 선발하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

적 요

계배종과 야생종의 인공교잡 분리세대에서 주요형질들의 변이와 유전력을 조사하여 야생종을 이용한 콩 품종육성의 기초자료를 얻고자 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

두 인공교배의 F₂ 집단에서 100립중을 제외한 나머지 조사 형질들은 초월분리를 보였다. F₁과 F₂의 평균 개화일수는 양친의 중간정도로 정규분포를 보였다. 백립중의 F₁ 평균은 은하콩, 소백나물콩 두 조합 각각 6.2, 5.7g으로 소립종 쪽으로 치우쳤으며, 입중의 분포는 소립종 쪽으로 치우친 정규분포를 보였다. F₂의 평균수량은 양친의 중간정도이었다. F₁의 덩굴성은 두 조합 각각 6.4, 6.6이었으며 F₂ 평균은 은하콩 조합이 6.0으로 덩굴성 쪽으로 치우쳐 덩굴성이 부분적인 우성을 보였으나, 소백나물콩 조합에서는 4.6으로 은하콩과는 다른 결과를 보였다.

경장, 개화일수, 개체당 협수, 수량, 도복, 덩굴성 등은 높은 광의의 유전력을 보였으며 100립중은 협의의 유전력이 은하콩 조합에서 52.3%, 소백나물콩 조합에서 65.6%로 평가되어 초기세대에서의 선발이 가능한 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-00084)지원으로 수행되었음.

인용문헌

1. Anand S. C. and J. H. Torrie. 1963. Heritability of yield and other traits and interrelationships

among traits in the F₃ and F₄ generation of three soybean crosses. *Crop Sci.* 3:508-511.

2. Bartley B. G. and C. R. Weber. 1952. Heritable and nonheritable relationship and variability of agronomic characters in successive generation of soybean crosses. *Agron. J.* 44:487-493.

3. Cianzio S. R. and W. R. Fehr. 1987. Inheritance of agronomic and seed composition trait in *Glycine max* × *Glycine soja* crosses. *J. Agric. Univ. P.R.* 71(1):53-63.

4. Gai J. Y., W. R. Fehr, R. G. Palmer. 1981. Performance of lines from four generation of a backcrossing program involving *Glycine max* and *Glycine soja*. *Soybean Gene. Newsl.* 8:111-114.

5. Hanson W. D. and C. R. Weber. 1962. Analysis of genetic variability from generations of plant progeny lines in soybeans. *Crop Sci.* 2:63-67.

6. Harlan J. R. 1976. Genetic resources in wild relatives of crops. *Crop Sci.* 16:329-333.

7. Hawkes J. G. 1977. The importance of wild germplasm in plant breeding. *Euphytica.* 26:615-621.

8. Jerzy Nawracala and Grzegorz Konieczny. 1994. Breeding evaluation of *G. max* × *G. soja* crosses. *Soybean Genet. Newsl.* 21:153-155.

9. Johnson H. W., H. F. Robinson, R. E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agron. J.* 47:314-318.

10. Kim H. S. 1992. Characteristics of growth and yield characters and their inheritance in determinate and indeterminate soybeans(*Glycine max*(L.) Merrill). Ph. D. Dissertation, Chungbuk National University.

11. Lee W. and J. Wang. 1988. An analysis of

- diallel crosses between the lines of interspecific hybrids and cultivars in soybean. I. Overcoming small seed trait of wild and semi-wild soybeans. Soybean Genet. Newsl. 15:36-40.
12. Li X. H., J. L. Wang, Q. K. Yang. 1998. Evaluation of methods for seed size in interspecific crossing of soybeans. Soybean Genet. Newsl. 25:36-38.
 13. Lu Y. C., K. H. Tsai, H. I. Oka. 1967. Studies on soybean breeding in Taiwan. 2. Breeding experiments with successive hybrid generations grown in different seasons. Bot. Bull. Acad. Sinica. 8:80-90.
 14. Mahmud I, Kramer H. H. 1951. Segregation for yield, height, and maturity following a soybean cross. Agron. J. 43:605-608.
 15. Weber C. R. 1950. Inheritance and interrelation of some agronomic and chemical characters in an interspecific cross in soybean, *Glycine max* × *G. ussuriensis*. Iowa Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 374.
 16. Weber C. R. and B. R. Moorthy. 1952. Heritable and non-heritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F₂ generation of soybean cross. Agron. J. 44:202-209.
 17. Williams L. F. 1948. Inheritance in a species cross in soybeans. Genetics. 33:1131-1132.
 18. Yang G., H. Zhen, C. Han, F. Ji, H. J. Feng. 1994. The study on the techniques of usage of wild soybean in soybean breeding. Soybean Genet. Newsl. 21:27-31.