

이면교잡에 의한 강낭콩 F<sub>1</sub> 세대의 조합능력 검정

김 용 철\*

밀양대학교 식물자원학과

Received January 31, 2005 / Accepted March 21, 2005

**Combining Ability Test of F<sub>1</sub> Generation by Diallel Cross in Kidney Bean.** Yong-Chul Kim\*. *Dept. of Plant Resources, Miryang National University, Miryang 627-706, Korea* – The studies were conducted to obtain basic informations on inheritance of some quantitative characters in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Seven parents (Felibon, Renka, Processor, Kaboom, BO<sub>22</sub>, Local variety #1 and Local variety #2) and F<sub>1</sub> hybrids of 21 crosses from a set of diallel cross among varieties were used to estimate combining ability for eight agronomic characters such as days to flowering, days to maturity, stem length, pod numbers per plant, pod length, grain numbers per plant, 100-grain weight and grain weight per plant. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were significantly different among all characters, and values of GCA were greater than those of SCA in all characters except number of grains per plant. In effect of GCA, Felibon expressed high GCA effect for days to flowering and number of grains per plant. Local variety #1 showed high GCA effect for 100-grain weight and stem length. Local variety #2 appeared to high GCA effect for 100-grain weight and grain weight per plant. Processor expressed high GCA effect for days to maturity and grain weight per plant. Kaboom showed high GCA effect days to flowering and days to maturity. BO<sub>22</sub> appeared high GCA effect for all characters except for days to flowering, days to maturity and stem length. In the SCA effect, crosses of Felibon×Renka and Local variety #2×Processor exhibited in high negative effect for days to flowering. Thus, these crosses were evaluated to useful for breeding early maturing variety. Crosses of breeding high yield variety were considered of Felibon×Local variety #1, Felibon×Renka and Local variety #2×BO<sub>22</sub>.

**Key words** – kidney bean, diallel cross, combining ability

강낭콩의 초기육종은 유관속조직에 발달하는 섬유질 제거에 의한 품종개량으로부터 시작하여 최근에는 String less 품종이 개발되고 그 후 가공용으로 백색품종 육성에 주력하였으나 백색품종은 발아와 초기 생육이 불량하고 성장이 현저히 떨어져 수량이 극히 낮았다[4]. 최근 강낭콩의 육종은 내병성 무지주 밀식 다수성에 중점을 두면서 개화기가 짧고, 집중적 개화를 하며, 왜성이고, 꼬투리가 지표면으로부터 높은 부분에 착생되고, 꼬투리가 길고, 종자수가 많은 품종을 개량하는 것이 중요한 과제이다.

작물의 생산력에 관여하는 형질들은 주로 양적 형질들이므로 이들 양적 형질의 발현을 보면 순계품종집단에서도 환경에 따라 다소 변동하고, 잡종의 분리집단에서는 환경변이와 유전적 변이가 함께 일어나므로 각 형질의 변이정도가 더욱 크다. 이러한 원인으로 실용형질의 선발은 매우 곤란하므로 효과적인 육종을 위하여 어떠한 선발양식이 합리적인가를 규명하는 것이 매우 중요한 문제이다.

통계 유전학의 발전에 따라 분리집단의 분산 정도를 조사하여 제 형질의 유전력을 추정하고, 또한 형질들 간의 유전상관의 정도를 산출하여 선발에 이용하며 더 나아가서 개개의 형질이 직접 또는 간접으로 수량에 어느 정도 관여 하는가를 알고자

경로계수분석을 하게 되었다[3]. 또한 diallel cross에 의한 주요 형질의 조기 검정법이 제안되어 F<sub>1</sub>을 이용한 조합능력검정, 우성의 방향, 우성의 정도, 유전자의 분포상태, 유전력 등을 분석할 수 있기에 이르렀다[1,5,7,8].

따라서 본 연구에서도 환경에 대한 적응력이 큰 안전 다수성 강낭콩 품종을 육성하기 위한 유전육종학적 기초연구로서 많은 교배조합을 이용하여 잡종세대의 양부를 조기에 추정할 수 있는 이면교잡을 통해 교배친 7개 품종과 잡종 F<sub>1</sub> 세대가 나타내는 조합능력을 검정하여 신품종육성에 필요한 기초 자료를 얻고자 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 실험에 공시된 강낭콩의 교배친은 주요 형질 상호간의 특성을 고려한 7개 품종으로서 외국에서 도입한 5개 품종, 즉 Felibon, Renka, Processor, Kaboom 및 Bo22와 국내에서 수집한 2개 품종인 Local variety #1과 Local variety #2 등이었으며, 이들을 이면교잡한 21개 조합의 F<sub>1</sub> 종자를 교배친과 함께 유전자분석에 사용하였다.

공시재료의 파종기는 4월 20일 이었고, 재식거리는 휴폭 60 cm, 주간 30 cm로써 결주를 막기 위해 3립씩 점파하고 발아 20일 후에 절제하여 주당 1본립으로 하였다. 시험구 배치는 난파법 3반복으로 하고 개체별로 조사 측정하였으며 기타 재배관리는

\*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5502, Fax : +82-55-350-5509

E-mail : yckim@mnu.ac.kr

표준경종법에 따랐다. 개체별 조사항목은 개화일수, 생육일수, 경장, 분지수, 주당협수, 100립중 및 주당립중 등의 8개 형질이었으며 조사측정은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 따랐다. 조사결과 얻어진 시험성적의 분석은 Jinks[10], Hayman[9] 등의 diallel cross 분석법과 Griffing[6]의 조합능력 검정법에 따라 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 일반조합능력과 특정조합능력의 검정

일반조합능력(GCA: General Combining Ability)과 특정조합능력(SCA: Specific Combining Ability)을 각 형질별로 분산량을 산출한 결과는 Table 1과 같다.

전체의 분산을 상가적 효과로 나타내는 일반조합능력과 우성효과를 나타내는 특정조합능력으로 나누어 본 바, 8개 형질 모두가 높은 유의성이 인정되었고, 분산량은 주당립수를 제외한 전 형질에서 일반조합능력이 특정조합능력보다 높게 평가되었다. 일반조합능력의 분산량중에서는 100립중과 주당립중에서 가장 높았고 다음이 주당립수와 생육일수였으며, 특정조합능력의 분산량 중에서는 주당립중이 가장 높았고 다음이 주당립수와 100립중 순으로 높았다. 주당협수와 협장은 일반조합능력과 특정조합능력에서 가장 낮은 형질들이었다.

본 실험에서 주당립수를 제외한 전 형질에서 SCA보다 GCA가 높았는데 이것은 품종간의 차에서 오는 조합능력이 품종내의 차에서 오는 조합능력보다 더 크다는 것을 의미하며, 또한 상가적 부분이 비상가적 부분보다 높게 작용한 것으로 추정된다. 이러한 조합능력에서 주당립수가 GCA보다 SCA가 높았던 점은 증량적 형질은 비상가적 부분이 상가적 부분보다 크게 작용하였을 것으로 생각된다. 조합능력의 분산량에 대한 Chang[2], Kang et al.[11], Kim and Chang[13] 등의 결과는 GCA의 값이 SCA의 값보다 높다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였으나, Weber et al.[17], Park[15], Kim et al.[12]은 주당립중에서, Yoo[16]는 개화일수에서 각각 특정조합능력이 일반조합능력보다 높다고 하여 본 실험의 결과와는 상반되는 경향이였다. 이와 같이 조합능력의 검정에서 상이한 결과는 교배조합의 차이에서 오는 것이라 생각된다.

#### 일반조합능력과 특정조합능력의 효과

교배친과 조합별 각 형질에 대한 일반조합능력의 효과와 특정조합능력의 효과는 Table 2, 3, 4와 같다.

일반조합능력의 효과를 Table 2에서 보면 평균효과는 주당립중이 가장 높았고, 생육일수, 개화일수, 100립중 순으로 다소 높았으며, 주당협수가 가장 낮았고, 경장과 협장은 중 정도였다. 일반조합능력의 효과를 보면 Felibon이 주당립수와 개화일수

Table 1. Analysis of variance for general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA)

Characters	Source of variance	GCA	SCA	GCA/SCA	Error
	d. f.	6	21		54
Days to flowering		13.68**	2.62**	5.22	0.48
Days to maturity		14.90**	2.93**	5.00	0.64
Stem length		8.96**	4.07**	2.20	1.04
Number of pods per plant		1.76**	1.60**	1.10	0.21
Pod length		2.55**	0.26**	9.80	0.06
Number of grains per plant		20.25**	38.58**	0.07	4.21
100-grain weight		68.58**	25.74**	2.66	0.25
Grain weight per plant		80.79**	45.36**	1.78	13.92

\*p<.05, \*\*p<.01.

Table 2. Estimates of mean and GCA effects for eight characters from analyses of 7×7 diallel crosses in kidney bean

Characters**	DF	DM	SL	PN	PL	GN	100GW	GWP
Mean effect	46.81	80.49	16.16	5.58	9.35	16.18	39.61	<b>97.80</b>
GCA effect A	<b>0.08</b>	-0.46	<b>-1.72</b>	-0.02	-0.45	<b>1.30</b>	-9.82	-38.72
B	-0.91	-0.93	<b>0.96</b>	-0.48	-0.52	-1.16	<b>4.22</b>	-5.64
C	<b>-1.45</b>	<b>-1.34</b>	0.89	-0.06	0.28	-0.22	<b>5.66</b>	<b>11.63</b>
D	-0.88	-0.78	<b>-0.90</b>	-0.43	-0.55	-0.89	-0.10	-18.43
E	0.96	<b>1.50</b>	0.20	0.31	0.47	0.26	-7.45	<b>8.65</b>
F	<b>2.12</b>	<b>2.31</b>	<b>-0.11</b>	-0.10	-0.01	-1.80	0.20	-13.83
G	0.09	0.14	0.67	<b>0.80</b>	0.79	<b>2.51</b>	<b>7.30</b>	<b>26.34</b>

\*A: Felibon, B: Local variety #1, C: Local variety #2, D: Renka, E: Processor, F: Kaboom, G: BO22

\*\*DF: Days to flowering, DM: Days to maturity, SL: Stem length, PN: Number of pods per plant, PL: Pod length, GN: Number of grains per plant, 100GW: 100-grain weight, GWP: Grain weight per plant.

에서, Local variety #1이 100립중과 경장 등에서 효과가 높았고, Local variety #2는 주당립중과 100립중에서, Processor는 주당립중과 생육일수에서, Kaboom은 개화일수와 생육일수에서, BO<sub>22</sub>는 주당립중과 100립중에서 효과가 높게 나타났다. 수량에 직접적인 영향을 미치는 형질로서 주당협수, 주당립수 및 주당립중 등에서 높은 효과를 나타낸 BO<sub>22</sub>는 다수성 품종육성의 모본으로, 개화일수와 생육일수에서 높은 부의 값을 보이는 Local variety #2는 조숙성 품종 육성의 모본으로서 유리할 것으로 생각된다. 또한 100립중에서 높은 효과를 나타낸 Local variety #2는 대립품종 육성의 모본으로, 경장에서 높은 부의 효과를 나타낸 Felibon, Renka, Kaboom 등은 키가 작은 품종육성의 모본으로서 유리할 것으로 추정된다. Park[15]도 강남콩의 6개 품종을 모본으로 한 diallel cross에서 조합능력의 평균효과가 생육일수와 개화일수에서 높게 나타났다고 하여 본 실험과 같은 경향이였다.

Table 3은 특정 조합능력의 효과를 각 형질에 대한 품종별로 나타낸 결과로서, Felibon은 주당립중과 생육일수에서, Local variety #1은 주당립중, 주당립수, 경장에서, Local variety #2는 경장과 주당립수에서 높게 나타났고, Renka는 주당립수에서, Kaboom은 100립중과 주당립수에서, BO<sub>22</sub>는 개화일수에서 높은 부의 효과를 보였다.

특정조합능력의 효과를 교잡 F<sub>1</sub> 세대에서 보면 Table 4와 같다. 특정조합능력의 효과는 조합간에 일정한 경향은 없었으나, 대체로 조숙을 나타내는 조합은 Felibon×Renka, Local variety #1×processor, Local variety #2×Processor 등으로 이들 조합들은 개화일수와 생육일수에서 부의 값을 보여 조숙성 품종육성의 조합으로서 유리할 것으로 추정되었다. 양적형질 중 경장에서는 Local variety #1×Renka, Local variety #1×BO<sub>22</sub>, Local variety #2×Kaboom 조합이 부의 값을 보여 내도복 단경종 품종육성조합으로서 유리할 것으로 생각된다. 또한 수량적

Table 3. Estimates of SCA effects of parents for eight characters from analyses of 7×7 diallel crosses in kidney bean

Characters**	DF	DM	SL	PN	PL	GN	100GW	GWP
SCA effect A	-0.51	<b>0.28</b>	-2.20	-0.11	-0.47	-2.47	-0.01	<b>4.98</b>
B	-0.71	0.29	<b>2.14</b>	0.61	0.27	<b>4.40</b>	-0.41	<b>36.49</b>
C	-0.20	-2.39	<b>1.34</b>	0.71	-0.10	<b>1.06</b>	-3.27	-7.26
D	-1.76	-0.28	<b>2.14</b>	0.67	0.33	<b>6.18</b>	0.05	<b>47.01</b>
E	-2.31	-0.77	0.11	1.73	0.37	<b>10.73</b>	<b>4.84</b>	<b>42.11</b>
F	-1.12	-0.18	1.53	-0.71	0.14	<b>1.74</b>	<b>3.55</b>	-4.13
G	-1.25	-0.10	2.05	1.16	0.11	<b>9.28</b>	0.03	<b>68.98</b>

Note : Parents and characters are shown as in Table 2.

Table 4. Estimates of SCA effects of F<sub>1</sub> eight characters from analyses of 7×7 diallel crosses in kidney bean

Characters**	DF	DM	SL	PN	PL	GN	100GW	GWP
A×B	-0.05	-0.61	1.21	1.20	0.19	<b>5.38</b>	-2.19	<b>29.90</b>
A×C	-0.37	-0.12	3.22	0.88	0.03	2.41	-3.61	-6.24
A×D	<b>-1.08</b>	<b>-2.07</b>	-1.73	0.28	0.21	<b>3.32</b>	-0.58	<b>20.76</b>
A×E	2.93	2.59	-1.96	-3.16	0.31	-7.29	-2.65	-57.65
A×F	-0.23	0.04	1.64	0.15	0.32	1.42	0.89	8.63
A×G	-0.18	-0.33	2.03	0.15	0.51	-0.30	<b>8.17</b>	-5.35
B×C	0.10	0.41	-0.64	-0.16	-0.31	0.26	<b>20.30</b>	13.28
B×D	1.97	1.49	<b>-2.30</b>	-1.86	-0.43	-6.53	2.36	-45.39
B×E	<b>-1.36</b>	-0.21	-0.06	0.93	0.26	-0.78	-4.21	11.26
B×F	0.49	-0.37	0.40	0.17	-0.34	-0.54	3.98	-9.92
B×G	-0.12	-1.30	<b>-2.89</b>	-2.21	0.10	-6.59	-1.16	-72.10
C×D	1.65	1.17	-1.78	-1.13	0.31	-1.41	1.21	-18.26
C×E	<b>-1.36</b>	<b>-1.57</b>	-0.57	-0.58	0.19	-0.71	5.31	5.72
C×F	0.49	3.81	<b>-2.43</b>	0.21	-0.10	-5.34	0.57	10.80
C×G	-0.11	0.51	-0.47	-0.64	0.09	<b>2.88</b>	1.02	<b>9.26</b>
D×E	-0.69	-0.25	2.94	-0.19	0.08	-0.27	<b>8.89</b>	-6.54
D×F	-0.01	<b>-3.31</b>	-1.23	1.15	0.65	6.10	-5.74	-1.80
D×G	1.70	2.45	-0.17	0.41	-1.47	-13.56	-6.24	<b>-42.77</b>
E×F	3.92	1.11	0.29	-0.33	-0.88	-8.18	-10.98	-4.74
E×G	-0.27	-0.14	-0.85	-0.14	-0.07	-4.03	-6.03	<b>-32.25</b>
F×G	0.06	-0.93	-1.73	0.09	0.64	3.06	4.18	5.29

Note : Parents and characters are shown as in Table 2.

형질에서는 Felibon×Local variety #1, Felibon×Kaboom, Local variety #2×BO<sub>22</sub>, Kaboom×BO<sub>22</sub> 등의 조합들이 주당립수와 주당립중에서 타 조합들에 비해 대체로 높게 나와 다수성 품종 육성조합으로서 유리할 것으로 생각된다. 100립중에서는 Felibon×BO<sub>22</sub>, Local variety #1×Local variety #2, Renka×Processor 등의 조합들이 대체로 높게 나타나 대립품종육성을 위한 유리한 조합들로 추정되나 Leffel and Hanson[14]이 대두에서 잡종초기세대의 선발은 F<sub>3</sub>세대에서 가능하다고 보고 한 바 있어, 본 실험에서는 F<sub>1</sub>세대이므로 이러한 연구결과들로 속단 할 수 없고 다음 세대의 연속적인 연구로서, 선발대상형질의 유전양상을 규명 하는 것이 차후의 남은 과제라 하겠다.

이상과 같이 일반조합능력과 특정조합능력 등을 고려할 때 강낭콩은 각 형질의 유전양상이 매우 복잡한 것으로 추정되어 선발 및 육종에 있어서 일반조합능력이 유리한 방향으로 크게 나타나는 품종을 이용하되 특정조합능력도 상당히 감안하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## 요 약

강낭콩 육종을 위한 기초 자료를 얻고자 형질상호간의 특성이 다른 7개 품종과 이들을 이면교잡하여 얻은 F<sub>1</sub> 종자를 재료로 각 형질에 대한 조합능력을 추정한 결과, 주당립수를 제외한 전 형질에서 일반조합능력의 값이 특정조합능력의 값보다 크게 나타났다. 일반조합능력의 효과를 보면 Felibon이 주당립수와 개화일수에서, Local variety #1이 100립중과 경장 등에서 효과가 높았고, Local variety #2는 주당립중과 100립중에서, Processor는 주당립중과 생육일수에서, Kaboom은 개화일수와 생육일수에서, BO<sub>22</sub>는 주당립중과 100립중에서 효과가 높게 나타났다. 특정조합능력의 효과에서는 Felibon×Renka, Local variety #1×Processor, Local variety #2×Processor 등의 조합들이 개화일수와 생육일수에서 높은 부의 효과를 보여 조숙품종 육성조합으로 유망하였다. Felibon×Local variety #1, Felibon×Renka and Local variety #2×BO<sub>22</sub> 등의 조합들은 수량형질에서 높은 정의 효과를 보여 다수성 품종 육성조합으로 유망하였다.

## 참 고 문 헌

1. Ali, A. M., C. T. Hash, A. E. S. Ibrahim and A. G. B. Raj. 2001. Population diallel of elite medium- and long-duration pearl millet composites: I. Populations and their F<sub>1</sub> crosses. *Crop Sci.* **41(3)**, 705-711.
2. Chang, K. Y. 1976. Genetic studies on some soybean characters by the diallel cross. *J. Gyeongsang Natl. Univ.* **15**, 39-46.
3. Chung, Y. J., Y. S. Chung and W. B. Chung. 2002. Hybrid vigor and reciprocal effect of several growth and yield characters in F<sub>1</sub>'s crossed between hulled and naked barley. *Korean J. Life Sci.* **12(3)**, 256-263.
4. Deakin, J. R. 1974. Association of seed color with emergence and seed yield of snap beans. *J. Amer. soc. Hort. Sci.* **99(2)**, 110-114.
5. Egesel, C. O., J. C. Wong, R. J. Lambert and T. R. Rocheford. 2003. Combining ability of maize inbreds for carotenoids and tocopherols. *Crop Sci.* **43(3)**, 818-823.
6. Griffing, B. 1956. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* **10**, 31-50.
7. Hall, M. D. and D. A. V. Sanford. 2003. Diallel analysis of fusarium head resistance in soft red winter wheat. *Crop Sci.* **43(5)**, 1663-1670.
8. Hakizimana, F., A. M. H. Ibrahim, M. A. C. Langham, S. D. Haley and J. C. Rudd. 2004. Diallel analysis of wheat streak mosaic virus resistance in winter wheat. *Crop Sci.* **44(1)**, 89-92.
9. Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* **10**, 235-244.
10. Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* **39**, 767-788.
11. Kang, G. S., K. Y. Chang and J. C. Park. 1982. Genetic studies on the characters of broadbean by diallel cross. *Korean J. Breeding* **14(3)**, 274-279.
12. Kim, J. H., M. S. Ko and K. Y. Chang. 1983. Studies on genetic analysis by the diallel crosses in F<sub>2</sub> generation of cowpea (*Vigna sinensis* Savi.). *Korean J. Crop Sci.* **28(2)**, 216-226.
13. Kim, Y. C. and K. Y. Chang. 1993. Diallel analysis on some quantitative characters in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Combining ability test of diallel cross F<sub>1</sub> generation. *J. Miryang Natl. Univ.* **1**, 41-47.
14. Leffel, R. C. and W. D. Hanson. 1961. Early generation testing of diallel crosses of soybeans. *Crop Sci.* **1**, 169-174.
15. Park, J. C. 1977. Studies on the combining ability and genetic analysis of diallel cross F<sub>1</sub> in kidney bean, *Phaseolus vulgaris* L. *Korean J. Breeding* **9(1)**, 36-44.
16. Yoo, Y. B. 1979. Genetic studies on some cowpea characters by the diallel cross. *Thesis of Gradu. Gyeongsang. Natl. Univ.* **2**, 59-70.
17. Weber, C. R., L. T. Emping and J. C. Thorne. 1970. Heterotic performance and combining ability of two-way F<sub>1</sub> soybean hybrids. *Crop Sci.* **10**, 159-160.