

목화(*Gossypium hirsutum* L.) 수량관련 형질의 잡종강세, 조합능력 및 유전성분분석

박규환*, 김경민¹, 곽태순², 이화근

상주대학교 식물자원학과, ¹상주대학교 환경원예학과, ²상지대학교 친환경식물학부

Heterosis, Combining Ability Analysis, and Components of Genetic Variation for the Yield related Character in Cotton (*Gossypium hirsutum* L)

Gyu Hwan Park*, Kyung Min Kim¹, Tae Soon kwak² and Wha Keun Lee

Department of Plant Resources, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

¹Department of Environmental Horticulture, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

²Division of Environmental Friendly Plant Science, Sangji university, Wonju 220-702, Korea

Abstract - Heterosis, combining ability, genetic components, effective factor no. and heritability for yield of seed cotton per plant, boll no., seeds per boll, seed length, seed width and lint weight per boll were investigated in 5 × 5 half diallel set of crosses involving diverse upland cultivars. Both heterosis and heterobeltiosis for yield per plant, boll number, seed length and lint weight showed significantly negative values. Both general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) showed highly significant. Overdominance was observed for yield per plant, boll number, seeds per boll and seed width, complete dominance for seed length and partial dominance for lint weight. The number of effective factor was estimated as two for yield per plant, boll number and seed length and estimated as one for seeds per boll, seed width and lint weight. Narrow sense heritability was low for yield per plant, boll number and seeds per boll. Broad sense heritability was very high for all the characters excepting lint weight.

Key words - Cotton, Diallel analysis, Heterosis, GCA, SCA

서 언

목화의 재배종은 아시아면(asiatic cotton)이라고 불리어지는 섬유가 짧은 *Gossypium herbaceum*과 *Gossypium arboreum*, 그리고 신대륙에서 육지면(upland cotton)이라고 불려져서 전 세계에서 가장 널리 재배되고 있는 *Gossypium hirsutum*과 해도면(sea-island cotton)이라고 불리어지는 장섬유종인 *Gossypium barbadense*의 4종으로 구분된다(Kim *et al.*, 1992). 우리나라에서 재배하는 목화는 1364년 문익점이 중국에서 아시아면을 도입한 후 전국에 널리 보급되었고, 육지면은 1904년 당시 일본 영사가 우리나라에 처음 도입하여 전남 목포항안의 고하도에서 시험 재배에 성공하였고 이때 육지면이 우리나라의 기후 풍토에 적합하다고 판단되어 최초의 품종 'King's Improved' 를 필두로 여러 품종이 확대 재배되었다

(Kim *et al.*, 1992). 1943년에는 국내생산량이 195,000M/T까지 달하였으나 2차 세계대전의 종료에 따라 미국으로부터 값싼 원면이 대량 도입되면서 육지면의 재배는 점차 쇠퇴하여 1996년 전국 생산량이 약 4M/T으로 거의 재배되지 않는 실정이다(Kim *et al.*, 1992). 세계적으로는 1989~1991년 54,723천M/T에서 1997년 56,376천M/T으로 약 3%정도 증가되었다. 오늘날 인류는 화학섬유보다 탄력성과 장력이 강하고 광택과 촉감이 양호하며 보온력과 흡습성 등이 뛰어난 천연섬유를 선호하고 있으며 특히 목화는 천연섬유로서 우리의 의(衣)생활에 없어서는 안 될 중요한 품목 중의 하나이다. 또한 각종 질병을 치료하는 약용작물로서 뿐만 아니라 다래를 이용한 섬유소 음료 개발 등 다양한 용도로 사용됨으로서 그 이용 가치가 증대되고 있다.

그러나 우리나라는 면방직업이 발달해 있으나 목화의 생산성이 낮고 품질이 뒤떨어져 외국산과의 경쟁이 어렵다. 따라서 우리나라의 기후풍토에 맞는 다수성 양질 목화품종의 육성이 필요하다. 목화의 양적 형질에 대한 유전분석(Al-Rawi *et al.*,

*교신저자(E-mail) : ghpark@sangju.ac.kr

1970; Bowman *et al.*, 1984; Marani, 1968; Patil and Mensinkai, 1971)과 형질상관(Park *et al.*, 2000; Choi *et al.*, 2005) 등은 여러 연구자들에 의해 이루어졌다. Park 등(2000)은 육지면의 사형질에 대한 조합능력과 유전분석을 하였고, Choi 등(2005)은 육지면 F₁ 및 F₂ 세대의 유용형질에 대한 잡종강세와 유전분석 등을 하였고, Chung(2002)과 Chung 등(1993)은 육지면을 대상으로 유전력, 유전상관, 조합능력 및 유전분석 등을 하였으며, Kae(1982)는 목화 품종육성을 위하여 100여 계통을 수집하여 유전분석을 실시하였다.

본 연구에서는 목화의 실용형질 향상을 위한 새로운 품종 육성을 위한 기초 자료를 얻고자 목화 5개 품종과 이들을 이면교잡하여 얻은 F₁ 10개 조합을 대상으로 주당 수량, 주당 삭수, 1삭 종자수, 종자장, 종자폭, 1삭 조면중 등 수량관련 6개 양적형질에 대한 잡종강세, 조합능력(일반조합능력, 특정조합능력), 유전성분, 유효유전자수, 유전력 및 우성순위 등을 검토하였으나 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

공시재료

본 시험에 공시된 재료는 육지면 품종 무안, 임성, 승주, 순천, 서산 등 5개 품종을 교배 모본으로 사용하여 이들을 이면 교배하여 얻은 10개 조합의 F₁세대와 5개 교배친을 시험재료로 이용하였다.

경종개요

이들 재료는 2002년 5월 10일에 휴폭 60cm, 주간거리 50cm로 하여 3립씩 점파 후 흑색 멀칭용 비닐로 피복하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였고, 10a당 시비량은 목화 재배의 표준시비량인 완숙퇴비 800kg에 N : P₂O₅ : K₂O = 6.0 kg : 5.3kg : 5.6kg으로 질소는 기비와 추비를 각각 50%의 비율로 시비하였으며 인산과 칼리는 전량기비로 사용하였다. 종자의 발아촉진을 위하여 파종 직전에 종자를 0.2%의 묽은 황산에 2

분간 침지하여 지모를 제거하였다. 기타 관리는 표준재배법에 준하였다(RDA, 1983).

형질조사 및 통계분석

주연효과를 배제하기 위하여 휴간 양측의 개체를 제외시키고 주당 수량(gm, 1주의 전체 실면 무게), 주당 삭(다래)수, 1삭 종자수, 종자장(mm), 종자폭(mm), 1삭 조면중(gm) 등을 측정하였다. 조사 자료에 대해 heterosis와 heterobeltiosis, 일반조합능력(general combining ability, GCA)과 특정조합능력(specific combining ability, SCA), 유전성분, 유효유전자수, 유전력, 우성의 순위 등을 분석하였다. 그 분석방법은 다음과 같다.

$$\text{Heterosis}(\%) = 100 (F_1 - \text{Mid-parent}) / \text{Mid-parent}$$

$$\text{Heterobeltiosis}(\%) = (F_1 - \text{Higher parent}) / \text{Higher parent}$$

조합능력은 Griffing의 method II(Griffing, 1956)에 따라 일반조합능력과 특정조합능력으로 나누어 검정하였으며, 유전분산 성분분석은 Hayman과 Jinks의 분석법(Hayman, 1954a, Hayman, 1954b, Jinks, 1954, Jinks, 1955)에 의하였다. 유전력은 Mather과 Jinks의 방법(Mather and Jinks, 1982) 따라 계산하였고, 교배친의 우성 순위는 Aksel과 Johnson의 분석방법(Aksel and Johnson, 1961)에 의하였다.

결과 및 고찰

교배친의 특성과 잡종강세

교배친으로 사용한 5개의 품종에 대한 조사 형질의 특성은 Table 1과 같다. 주당 수량은 평균이 235.27gm이고 범위가 204.03~268.73개이었다. 주당 삭수는 평균이 43.36개 · 범위가 38.47~52.30개이었다. 1삭 종자수는 평균이 32.32개 · 범위가 31.67~33.10개이었고, 종자장은 평균이 9.43mm · 범위가 8.97~9.83mm, 종자폭은 평균이 5.33mm · 범위가 5.10~

Table 1. Mean values of six quantitative characters of the five parental varieties of upland cotton

Parents	Yield per plant (gm)	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length (mm)	Seed width(mm)	Lint weight(gm)
1. Muan	241.07	42.67	32.83	9.77	5.27	1.54
2. Imsung	268.73	43.77	31.68	9.83	5.63	2.28
3. Seungju	204.03	39.57	32.30	9.17	5.10	1.61
4. Soonchun	248.53	52.30	31.67	9.40	5.23	1.42
5. Seosan	214.00	38.47	33.10	8.97	5.40	1.52
Mean	235.27	43.36	32.32	9.43	5.33	1.67
S.E.*	11.742	2.438	0.292	0.167	0.090	0.154

* Standard error.

5.63mm, 1삭 조면중은 평균이 1.67gm · 범위가 1.42~2.28gm이었다. 각 형질 모두 교배친 품종간에 다양한 변이를 나타내었다.

F₁세대 10개 조합에 대한 각 조사 형질의 특성은 Table 2와 같다. 주당 수량은 평균이 187.54gm이고 범위가 154.47~214.97gm으로 교배친보다 훨씬 적게 나타났다. 주당 삭수는 평균이 35.92개 · 범위가 32.10~40.57개로 교배친보다 적었고, 1삭 종자수는 평균이 32.53개 · 범위가 31.06~33.82개로 교배친과 개수가 비슷하였다. 종자장은 평균이 9.43mm · 범위가 8.73~9.43mm으로 교배친보다 다소 짧게 나타났으나, 종자폭은 평균이 5.38mm · 범위가 5.03~5.67mm로 교배친과 크기가 비슷하였다.

교배친 및 F₁세대의 조사 형질에 대한 분산분석 결과는 Table 3과 같다. 모든 형질에서 조합간에 고도의 유의차가 있어서 유전분석을 하기에 적합하였으며 집구간에는 주당 수량과 주당 삭수에서 유의차가 있었고 다른 형질에서는 집구간 유의차가 없었다.

1삭 조면중은 평균이 1.56gm · 범위가 1.35~1.75gm으로 교배친보다 무게가 가볍게 나타났다. 따라서 F₁세대에서는 형질의 크기가 대체로 교배친보다 작거나 비슷한 경향을 나타낸다.

F₁세대에 대한 평균잡종강세 정도는 Table 4와 같다. 평균 heterosis는 주당 수량(-20.3%)과 주당 삭수(-17.2%)에서 부(-)의 방향으로 고도로 유의하게 나타났으며, 종자장(-2.9%)과 1삭 조면중(-6.6%)에서도 부의 방향으로 유의하게 나타나 이들 형질은 부의 방향으로 우성을 나타냄을 추정할 수 있다. 1삭 종자수와 종자폭에서는 유의차가 없었다. 평균 heterobeltiosis는 모든 형질에서 부의 값을 나타내었고 주당 수량, 주당 삭수, 종자장 및 1삭 조면중에서 고도로 유의하게 나타났다. 따라서 고도로 유의한 이들 형질들은 부의 방향으로 초우성을 나타내는 것을 추정할 수 있다. Choi 등(2005)도 1삭 싹면중과 1삭 조면중의 평균 heterobeltiosis가 부의 값을 나타낸다고 보고하여 본 시험결과와 일치하였다. Randy Well과 Meredith (1986)는 1삭 종자수에서 정의 방향으로 잡종강세가 나타난다고 보고하였고, Chung(2002)은 주당 싹면중, 주당 삭수, 1삭 종자수 및 1삭 조면중에서 평균 heterosis는 정의 방향으로 고도의 유의차가 있다고 보고하여 본 실험과는 결과가 달랐다. 이는 실험에 사용한 공시 품종의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

10개 조합의 F₁ 크기를 큰 친, 작은 친 및 중간 친과 비교한 성적은 Table 5와 같다. F₁이 큰 친과 같거나 큰 친보다 큰 조합수는 1삭 종자수에서 5개 · 종자폭 5개 · 1삭 조면중에서 1개 조합

Table 2. Mean values of six quantitative characters of the ten F₁ hybrids of upland cotton

F ₁ hybrids	Yield per plant(gm)	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length (mm)	Seed width (mm)	Lint weight (gm)
Muan × Imsung	203.97	32.10	33.06	9.43	5.67	1.75
Seungju	154.47	32.33	32.40	9.17	5.33	1.51
Soonchun	180.30	33.37	31.76	9.27	5.07	1.51
Seosan	208.17	38.03	33.82	8.73	5.53	1.72
Imsung × Seungju	180.13	32.80	32.81	9.37	5.63	1.59
Soonchun	214.97	37.87	32.56	9.27	5.60	1.60
Seosan	168.53	38.03	31.93	9.00	5.63	1.58
Seungju × Soonchun	198.60	40.57	31.06	9.30	5.07	1.35
Seosan	197.13	37.53	33.71	8.90	5.03	1.50
Soonchun × Seosan	169.13	36.53	32.20	9.20	5.20	1.44
Mean	187.54	35.92	32.53	9.16	5.38	1.56
S.E.*	10.312	2.134	0.24	0.159	0.10	0.123

* Standard error.

Table 3. Analysis of variance for 6 characters calculated from F₁ generations of 6 × 6 half-diallel cross

Source of variation	df	Mean squares					
		Yield per plant (gm)	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length (mm)	Seed width (mm)	Lint weight (gm)
Entries	14	2981.89**	82.34**	1.82**	0.26**	0.17**	0.14**
Replication	2	715.26*	19.17*	0.07	0.00	0.01	0.01
Error	28	148.46	3.99	0.14	0.01	0.00	0.01

*, ** Significant at 5 % and 1% level, respectively.

Table 4. Overall means of mid and higher parents, F₁, heterosis and heterobeltiosis

Character	Mid parent	Higher parent	F ₁	Heterosis	Heterobeltiosis
				— % —	
Yield per plant (gm)	235.27	251.67	187.54	-20.3**	-25.5**
Boll no. per plant (ea)	43.36	46.54	35.92	-17.2**	-22.8**
Seed no. per boll (ea)	32.32	32.72	32.53	0.6	-0.6
Seed length (ea)	9.43	9.66	9.16	-2.9*	-8.6**
Seed width (mm)	5.33	5.45	5.38	0.9	-1.3
Lint weight (gm)	1.67	1.86	1.56	-6.6*	-16.1**

*, **Significant at 5% and 1% level, respectively.

으로 나타났으며, F₁이 중간 친 보다 큰 크고 큰 친보다 작은 조합수는 종자장에서 2개 · 종자폭 1개 · 1삭 조면중에서 1개 조합이었다. 중간 친보다는 작고 작은 친보다는 큰 조합수는 주당 삭수에서 1개 · 1삭 종자수 4개 · 종자장 2개 · 1삭 조면중에서 3개 조합이었으며, 작은 친과 같거나 작은 친보다 작은 조합수는 주당 수량에서 모든 조합인 10개 · 주당 삭수 9개 · 1삭 종자수 1개 · 종자장 6개 · 종자폭 4개 · 1삭 조면중에서 5개 조합으로 나타났다. 따라서 주당 수량과 주당 삭수의 경우는 작은 쪽으로 초우성을 나타내었다. 1삭 종자수와 종자폭에서는 교배 조합간에 우열의 방향이 일정치 않았다. 종자장과 1삭 조면중에서는 대체로 작은 쪽으로 초우성 내지는 부분우성을 나타내었다.

잡종강세의 이용은 일반적으로 잡종세대의 최대의 생산능력을 목표로 추구하므로 여러 형질에 대한 헤테로시스 정도를 평가하기 위한 많은 교배조합을 작성하고 우수한 능력을 나타내는 교배조합의 탐구와 우수한 교배친을 찾는 것이 가장 중요한 과제라 할 수 있다. 본 실험에서는 거의 모든 형질에서 부의 방향으로 우성을 보이고 있으나, 섬유생산측면에서 고려해볼 때 1삭 조면중에서 큰 친보다 큰 조합이 무안×서산의 1개 조합이 있으

므로 다수성 품종 육성시 이들 교배친의 특성을 잘 검토하면 효과적일 것으로 생각된다.

조합능력

교잡 육종에서는 교배친의 선정이 바로 육종의 성패에 밀접한 영향을 미치게 된다. 잡종세대에서 발현되는 잡종강세의 정도는 교배친의 조합능력에 따라 크게 좌우되기 때문에 각 형질별로 교배친에 대한 일반조합능력(GCA)과 교배 조합별 특정조합능력(SCA)의 정도를 신중하게 평가해 볼 필요가 있다. 조합능력에 대한 분산분석 결과는 Table 6과 같다. 일반조합능력과 특정조합능력은 모든 형질에서 고도의 유의성을 나타내었다. 이는 유전자의 상가적 및 비상가적 작용이 모든 형질의 발현에 아주 밀접하게 관련되어 있음을 나타내어준다. Chung 등(1993)과 Kae(1976)도 주당 삭수, 삭당 종자수, 종자장, 종자폭, 삭당조면중 등에서 GCA와 SCA가 고도로 유의하다고 하여 본 실험과 일치하고 있다.

각 형질에 대한 교배친의 GCA 효과는 Table 7과 같다. 주당 수량, 종자장과 종자폭 및 1삭 조면중이 가장 임성은 이들 형질

Table 5. Frequency distribution of 10 F₁ and comparison with their parents and mid-parents

F ₁ s performance	Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint weight
F ₁ ≥ HP	0	0	5	0	5	1
HP > F ₁ > MP	0	0	0	2	1	1
LP < F ₁ < MP	0	1	4	2	0	3
F ₁ ≤ LP	10	9	1	6	4	5
Total	10	10	10	10	10	10

HP: Higher parent, MP: Mid-parent, LP: Lower parent.

Table 6. Analysis of variance for combining ability

Source of variation	df	Mean squares					
		Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint weight
GCA	4	642.29**	24.03**	1.04**	0.19**	0.15**	0.12**
SCA	10	1134.63**	28.81**	0.43**	0.05**	0.02**	0.02**
Error	28	49.49	1.33	0.05	0.002	0.001	0.003

** Significant at 1% level, df: degree of freedom.

Table 7. Estimates of GCA effects for six quantitative characters

Parents	Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint weight
Muan	1.19	-1.32	0.28	0.09	-0.00	0.00
Imsung	12.05	-0.29	-0.15	0.18	0.23	0.22
Seungju	-11.76	-1.14	-0.03	-0.06	-0.13	-0.06
Sooncheon	5.62	3.22	-0.55	0.05	-0.11	-0.12
Seosan	-7.11	-0.47	0.44	-0.25	0.01	-0.04
S.E.*	2.38	0.39	0.07	0.02	0.01	0.02

* Standard error.

에서 정의 높은 GCA 효과를 나타내어 유전자의 상가적 작용으로 이들 형질들을 증량적으로 개선하기에 가장 효과적인 품종으로 나타났다. 주당 삭수가 가장 많은 순천은 주당 삭수에서 정의 높은 GCA 효과를 나타내었고, 1삭 종자수는 서산이 정의 높은 GCA 효과를 나타내었다. 교배친들의 GCA 효과는 일정한 경향

이 없었고 그 크기와 방향이 서로 다르게 나타났다. 한편 승주는 모든 형질에서 높은 부의 GCA 효과를 나타내어 교배친으로 사용하지 않은 것이 합리적일 것으로 생각된다.

각 형질에 대한 F1 조합들의 SCA 효과는 Table 8과 같다. 조합에 따라 그 크기 및 방향이 모두 달랐다. 주당 수량의 경우

Table 8. Estimates of SCA effects for characters per plant in cotton

Characters	Parents	Muan	Imsung	Seungju	Sooncheon	Seosan	
Yield plant	per	Muan	35.24	-12.73	-38.42	-29.96	10.63
		Imsung		41.18	-23.61	-6.16	-39.86
		Seungju			24.10	1.28	12.55
		Sooncheon				33.84	-32.83
		Seosan					24.76
		S.E.*(sii) = 4.85, S.E.(sij) = 6.14					
Boll no. plant	per	Muan	6.90	-4.69	-3.60	-6.94	1.43
		Imsung		5.95	-4.16	-3.46	0.40
		Seungju			3.46	0.09	0.75
		Sooncheon				7.46	-4.61
		Seosan					1.02
		S.E.(sii) = 0.80, S.E.(sij) = 1.01					
Seed no. boll	per	Muan	-0.18	0.47	-0.31	-0.43	0.64
		Imsung		-0.48	0.52	0.79	-0.83
		Seungju			-0.11	-0.82	0.83
		Sooncheon				0.31	-0.15
		Seosan					-0.25
		S.E.(sii) = 0.15, S.E.(sij) = 0.19					
Seed length		Muan	0.34	-0.08	-0.11	-0.12	-0.36
		Imsung		0.23	0.00	-0.21	-0.18
		Seungju			0.04	0.07	-0.04
		Sooncheon				0.06	0.15
		Seosan					0.21
		S.E.(sii) = 0.03, S.E.(sij) = 0.04					
Seed width		Muan	-0.09	0.08	0.10	-0.18	0.17
		Imsung		-0.20	0.17	0.11	0.03
		Seungju			-0.00	-0.06	-0.20
		Sooncheon				0.09	-0.06
		Seosan					0.03
		S.E.(sii) = 0.03, S.E.(sij) = 0.03					
Lint weight		Muan	-0.06	-0.06	-0.03	0.04	0.17
		Imsung		0.25	-0.16	-0.10	-0.19
		Seungju			0.13	-0.06	0.00
		Sooncheon				0.06	0.00
		Seosan					0.01
		S.E.(sii) = 0.04, S.E.(sij) = 0.05					

*Standard error.

SCA 효과가 정의 방향으로 유의한 조합은 하나도 없었다. 주당 삭수에서는 무안×서산 조합이 정의 SCA 효과를 보였다. 1삭 종자수에서는 승주×서산, 임성×순천, 무안×서산 조합에서 정의 유의한 SCA 효과가 있었고, 종자장에서는 순천×서산의 조합에서, 종자폭에서는 무안×서산 조합과 임성×승주의 조합에서, 1삭 조면중에서는 무안×서산 조합에서 정의 유의한 SCA 효과를 나타내었다. 대체적으로 GCA의 효과와 SCA 효과의 크기 사이에는 일정한 관계가 없었다.

일반적으로 품종간 교잡을 이용하거나 계통 육성을 통하여 잡종후대에서 특정한 형질을 개량하고자 할 경우는 GCA 효과가 높은 교배친을 선정하는 것이 효과적이다. 또한 특정조합에서의 SCA 효과가 높은 경우 이들 조합을 고려한 교배가 이루어져야 육종효율을 높일 수 있다. '임성'은 수량과 관련이 높은 주당 실면중, 종자장, 종자폭 및 조면중에서 정의 유의한 GCA 효과를 나타내었고, 순천은 주당 삭수에서, 서산은 종자수에서 높은 정의 GCA 효과를 나타내었으나 이들 교배친과의 교배조합에서 정의 높은 SCA 효과를 나타내는 조합은 없었고 부의 방향으로 유의한 SCA 효과를 나타내는 조합이 대부분이었다.

유전성분 분석

이면교잡에 의한 유전분산 성분을 추정함에 있어서 각 형질별로 가설에 만족하는 지를 검정하여야 한다. 즉, 2배체분리, 정역교배간의 차이가 없고, 비대립유전자의 작용이 독립적이고, 복대립유전자가 아니며, 교배친은 동형접합이고 교배친간에 유전자들이 독립적으로 분포하여야 한다(Hayman, 1945a, Hayman, 1945b). 비대립유전자의 상호작용 효과가 있는지는 $Wr-Vr$ 의 유의성과 Vr 과 Wr 의 회귀계수의 유의성 여부로써 판

정한다. Table 9는 $Wr-Vr$ 의 분산분석 결과이다. 주당 수량, 1삭 종자수, 종자폭, 1삭 조면중에서는 유의성이 없어 가설에 만족하였으나 주당 삭수와 종자장은 일부가설에 충족되지 않아 우성효과나 비대립유전자의 상호작용이 있는 것으로 추정되었다. Table 10은 Vr/Wr 의 회귀분석 결과이다. 종자수에서 회귀계수 b 가 0으로 유의차가 없었고 종자폭에서는 회귀계수가 1과 유의하여 일부 가설에 만족되지 않는 것으로 나타났다. Hayman (1945b)은 이면교잡 분석시 일부 가설에 충족되지 않은 형질의 경우는 유전양상이 이론적 모델에 충족하는 것보다 더욱 복잡하지만 이러한 경우에도 신뢰성은 다소 떨어지나 분석이 가능하다고 하였다.

6개의 조사 형질에 대한 유전성분 분석 결과는 Table 11 및 Table 12와 같다. 주당 수량에서는 D 와 H_1 이 유의하여 유전자의 상가적 효과와 비상가적 효과가 함께 작용하고 있으며, 평균 우성정도(H_1/D)^{*}는 2.25로 1보다 커서 초우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도($H_2/4H_1$)는 0.26으로 그 빈도가 균형을 이루고 있어 우성유전자와 열성유전자들 사이에 고루 분포되어있다. 유효유전자수(K)는 1.73으로 2개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.03으로 매우 낮았으며, 광의의 유전력은 0.95로 높았다. Patil 과 Mensikai (1971)도 주당 수량은 초우성을 나타낸다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. $r(Wr+Vr) : Yr$ 이 정의 높은 유의 상관(0.98)을 보여 주당 수량이 낮은 쪽으로 초우성을 보였다. 친의 우성순위는 서산, 승주, 무안, 순천, 임성의 순위로 서산은 가장 우성의 정도가 컸고 임성은 열성을 나타내었다.

주당 삭수에서는 D 와 H_1 이 유의하여 유전자의 상가적 효과와 비상가적 효과가 함께 작용하고 있으며, 평균우성정도(H_1/D)^{*}는

Table 9. Analysis of variance of ($Wr - Vr$) for six quantitative characters

Source of variation	df	Mean squares					
		Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint weight
Reps.	2	28500	223.0	0.25	0.00	0.00	0.00
Arrays	4	4700 ^{ns} (2.57)	264.8 ^{**} (8.25 ^{**})	0.03 ^{ns} (0.36)	0.00 ^{**} (64.44 ^{**})	0.00 ^{ns} (1.81)	0.00 ^{ns} (2.01)
Error	8	1800	32.1	0.09	0.00	0.00	0.00

** Significant at 1% level, () : F-values, df : degree of freedom.

Table 10. The test statistics of the regression coefficient of Wr on Vr

Characters	Linear regression formula [intercept and slope(b)]	S_b	t_b	$t_{(b-1)}$
Boll no. per plant	-8.76 + 0.70 Vr	0.22	3.18 ^{ns}	1.36
Seed no. per boll	-0.18 + 0.73 Vr	0.17	4.29 [*]	1.59
Seed length	-0.01 + 0.98 Vr	0.24	4.08 [*]	0.08
Seed width	0.00 + 0.64 Vr	0.11	5.82 [*]	3.27 [*]
Lint Weight	0.01 + 1.01 Vr	0.12	8.42 ^{**}	0.08

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

Table 11. Estimated values, with standard errors, of genetic component in upland cotton

Components	Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint Weight
D	639.86*	28.40*	0.38*	0.14**	0.04*	0.12**
	±142.10	±10.14	±0.11	±0.03	±0.01	±0.01
H _i	3239.36**	88.34*	1.65**	0.16	0.09*	0.08*
	±383.75	±27.39	±0.30	±0.07	±0.03	±0.02
H _b	3356.13**	80.17*	1.70**	0.14	0.08	0.06*
	±348.06	±24.84	±0.28	±0.06	±0.03	±0.02
F	466.37	30.88	-0.18	0.07	-0.04	0.09*
	±354.96	±25.34	±0.28	±0.06	±0.03	±0.02
E	49.49	1.33	0.05	0.00	0.00	0.00
	±58.01	±4.14	±0.05	±0.01	±0.00	±0.00

*,**Significant at 5% and 1% level, respectively.

Table 12. Estimated values of genetic ratios between components in upland cotton

Components	Yield per plant	Boll no. per plant	Seed no. per boll	Seed length	Seed width	Lint Weight
(H _i /D) [‡]	2.25	1.76	2.10	1.09	1.55	0.81
H _b /4H _i	0.26	0.23	0.26	0.22	0.20	0.20
K	1.73	1.76	0.05	1.24	0.07	0.55
H _N ²	0.03	0.12	0.35	0.55	0.71	0.53
H _b ²	0.95	0.95	0.93	0.97	0.98	0.55
r(W _r +V _r) : Y _r	0.98**	0.96**	0.76	0.82	-0.84**	0.98**
Order of dominance of parents (Dominant ⇒ Recessive)	53142	51324	42153	45321	21453	54312
Order of parental performance (Short ⇒ Long)	35142	53124	42315	53412	34152	45132

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

1.76으로 1보다 커서 초우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도(H_b/4H_i)가 0.23으로 우성유전자와 열성유전자가 친들 사이에 고루 분포되어있는 것으로 나타났다. 유효유전자수(K)는 1.76으로 2개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.12로 낮았으며, 광의의 유전력은 0.95로 높았다. Choi 등(2005)은 주당삭수는 초우성이며, 광의의 유전력은 0.89로 높았다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. Chung 등(1993)은 완전우성이고 유전력은 높다고 하였다. r(W_r+V_r) : Y_r이 정의 높은 유의 상관(0.96)을 보여 주당 삭수가 적은 쪽으로 초우성을 보였다. 친의 우성순위는 서산, 무안, 승주, 임성, 순천의 순위로 서산은 가장 우성의 정도가 컸고 순천은 열성을 나타내었다.

1삭 종자수에서는 D와 H_i이 유의하여 유전자의 상가적 효과와 비상가적 효과가 함께 작용하고 있으며, 평균우성정도(H_i/D)[‡]는 2.10로 1보다 커서 초우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도(H_b/4H_i)는 0.26으로 그 빈도가 균형을 이루고 있어 우성유전자와 열성유전자가 친들 사이에 고루 분포되어있다. 유효유전자수(K)는 0.05로 1개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.35으로 낮았으며, 광의의 유전력은 0.93으로 높았다. Chung 등(1993)도 삭당 종자수는 초우성이며, 협의

와 광의의 유전력은 다소 높다고 보고하였다. r(W_r+V_r) : Y_r이 정의 높은 상관(0.76)을 보여 1삭 종자수 작은 쪽으로 초우성을 보였다. 친의 우성순위는 순천, 임성, 무안, 서산, 승주의 순위로 순천은 가장 우성의 정도가 컸고 승주는 열성을 나타내었다.

종자장에서는 D가 유의하고 H_i은 유의성이 없어 유전자의 상가적 효과가 작용하고 있으며, 평균우성정도(H_i/D)[‡]는 1.09로 1과 같아 완전우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도(H_b/4H_i)는 0.22로 0.25와 차가 있어 우성유전자와 열성유전자가 친들 사이에 고루 분포되어있지 않는 것으로 나타났다. 유효유전자수(K)는 1.24으로 2개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.55로 다소 높았으며, 광의의 유전력은 0.97로 높았다. Chung 등(1993)은 종자장은 부분우성이며, 유전력은 다소 높았다고 보고하였다. r(W_r+V_r) : Y_r이 정의 높은 상관(0.82)을 보여 종자장이 짧은 쪽으로 완전우성을 보였다. 친의 우성순위는 순천, 서산, 승주, 임성, 무안의 순위로 순천은 가장 우성의 정도가 컸고 무안은 열성을 나타내었다.

종자폭에서는 D와 H_i이 유의하여 유전자의 상가적 효과와 비상가적 효과가 함께 작용하고 있으며, 평균우성정도(H_i/D)[‡]는 1.55로 1보다 커서 초우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도(H_b/4H_i)는 0.20으로 0.25와 차가 있어

우성유전자와 열성유전자가 친들 사이에 고루 분포되어있지 않는 것으로 나타났다. 유효유전자수(K)는 0.07로 1개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.71로 높았으며, 광의의 유전력은 0.98로 매우 높았다. Chung 등(1993)은 종자폭은 부분우성이며, 유전력은 낮다고 보고하였다. 이는 본시험의 결과와 같은 점도 있으나 다른 경향도 있어 Bowman 과 Jones(1984)가 지적한 바와 같이 교배조합 또는 연차간의 환경조건에 기인한 것으로 생각된다. $r(Wr+Vr) : Yr$ 이 부의 높은 유의상관(-0.84)을 보여 종자폭이 큰 쪽으로 초우성을 보였다. 친의 우성순위는 임성, 무안, 순천, 서산, 승주의 순위로 임성은 가장 우성의 정도가 컸고 승주는 열성을 나타내었다.

1삭 조면중에서는 D와 H1이 유의하여 유전자의 상가적 효과와 비상가적 효과가 함께 작용하고 있으며, 평균우성정도 $(H1/D)^*$ 는 0.81로 1보다 작아 부분우성을 나타내었다. 정과 부의 효과를 나타내는 유전자의 평균빈도($H_2/4H_1$)는 0.20이고 F가 정의 방향으로 유의하여 우성유전자가 친들 사이에 많이 분포되어있는 것으로 나타났다. 유효유전자수(K)는 0.55으로 1개로 추정되었다. 협의의 유전력은 0.53으로 높았으며, 광의의 유전력은 0.55로 낮았다. Choi 등(2005)은 수량은 초우성이며, 유전력은 높다고 보고하여 본 실험의 결과와 다소 유사하였다. $r(Wr+Vr) : Yr$ 이 정의 높은 유의 상관(0.98)을 보여 1삭 조면중이 낮은 쪽으로 부분우성을 보였다. 친의 우성순위는 서산, 순천, 승주, 무안, 임성의 순위로 서산은 가장 우성의 정도가 컸고 임성은 열성을 나타내었다.

육종목표로 하는 형질들에 대하여 그 유전양식을 파악하고 교배친에 대한 우성 및 열성유전자의 관여 정도를 파악함으로써 육종목표에 대한 계획을 효율적으로 수립할 수 있다. 대체로 양적 형질의 유전에는 polygene이 관여하는 경우도 많으며 잡종세대에서는 비대립유전자의 작용을 포함하는 잡종강세 및 우성 효과는 교배조합에 따라 부가됨으로 형질의 유전정도는 다양하게 결정된다고 하겠다. 또한 형질들의 우성정도와 교배친의 유전적 영향을 추정하는 것은 육종목표 계획수립에 매우 중요하다. 주당 수량, 주당 삭수, 1삭 종자수, 종자폭은 초우성으로 유전되었으며, 종자장은 완전우성, 1삭 조면중은 부분우성으로 유전되는 양상을 보였다. 종자폭을 제외하고는 작은 쪽이 우성대에 위치함에 따라 수량의 증대를 위한 육종을 하기에는 다소 어려움이 따른다. 초우성을 보이는 형질에서는 유전분산중에서 우성효과가 차지하는 비중이 크기 때문에 협의의 유전력이 아주 낮게 나타났다. 광의의 유전력은 1삭 조면중을 제외한 모든 형질에서 90%이상의 높은 값을 나타내었다. 협의의 유전력이 낮은 형질에서는 초기세대에서 유전자의 상가적 효과보다는 우성 효과가 크게 관여하기 때문에 초기세대에서의 선발은 잡종강세 개체를 잘못 선발할 가능성이 높으므로 후기세대에서의 선발이

효율적일 것으로 사료된다. 또한 유전력은 파종기, 년차, 세대, 지역 또는 품종 등에 따라 다소 달라질 수도 있다.

적 요

본 연구는 목화의 실용형질 향상으로 새로운 품종 육성을 위한 기초자료를 얻고자 육지면 5개 품종과 이들을 이면교잡 하여 얻은 F₁ 10개 조합을 재료로 주당 수량, 주당 삭수, 1삭 종자수, 종자장, 종자폭, 1삭 조면중 등 6개 형질에 대한 잡종강세, 조합능력, 유전성분, 유효유전자수, 유전력 등을 분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다. Heterosis와 heterobeltiosis는 주당 수량, 주당 삭수, 종자장, 1삭 조면중에서 부의 방향으로 유의하였다. GCA와 SCA는 모든 형질에서 고도로 유의하였다. 평균우성정도는 주당수량, 주당 삭수, 1삭 종자수 및 종자폭에서 초우성으로 나타났고, 종자장은 완전우성, 1삭 조면중은 부분우성으로 나타났다. 유효유전자수는 주당 수량, 주당 삭수, 종자장에서 2개, 1삭 종자수, 종자폭 그리고 1삭 조면중에서 1개로 추정되었다. 협의의 유전력은 주당 수량, 주당 삭수 및 1삭 종자수에서는 낮았으나 종자폭에서는 높았다. 광의의 유전력은 1삭 조면중을 제외한 모든 형질에서 높았다.

사 사

이 논문은 상주대학교(2007년도) 학술연구지원금에 의해 연구되었음.

인용문헌

- Aksel, R. and L.P.V. Johnson. 1961. Genetic studies on sowing to heading to ripening periods in barley and their relation to yield and yield components. *Can. J. Gent. Cytol.* 3: 242-259.
- Al-Rawi, K.M. and R.J. Kohel. 1970. Gene action in the inheritance of fiber properties in intervarietal diallel crosses of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci.* 10: 82-85.
- Bowman, D.T. and J.E. Jones. 1984. A diallel study bract surface area/lint weight per boll ratio in cotton. *Crop Sci.* 24: 1137-1141.
- Choi, C.H., S.W. Lee, C.H. Lee and H.S. Chun. 2005. Vr-Wr Analysis of Yield Characters in Cotton. *J. Life Sci.* 15: 365-373.
- Chung, W.B. 2002. Genetic analysis of quantitative characters by diallel cross in cotton. *J. Life Sci.* 12: 213-218.
- Chung, W.B., D.S. Chung, H.J. Chung and K.Y. Chang. 1993. Genetic analysis on quantitative characters of upland cotton by diallel cross. *Korean J. Breed.* 24: 242-250.

- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.* 9: 462-493.
- Hayman, B.I. 1954a. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* 10: 235-244.
- Hayman, B.I. 1954b. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789-809.
- Jinks, J.L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel crosses of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* 39: 767-786.
- Jinks, J.L. 1955. A survey of the genetical basis of heterosis in a variety of diallel cross. *Heredity* 9: 223-238.
- Kae, B.M. 1976. Studies on the inheritance of agronomic characteristics in upland cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 21: 96-128.
- Kae, B.M. 1982. Studies on population genetics and breeding of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Korea. *Korean J. Breed.* 14: 187-232.
- Kim, H.T., C.H. Ahn and S.H. Sohn. 1992. *Industrial Crops*. Seoul. Hyangmoon Press. 1992. pp. 35-38.
- Marani, A. 1968. Heterosis and inheritance of quantitative characters in interspecific crosses of cotton. *Crop Sci.* 8: 299-303.
- Mather, K. and J.L. Jinks. 1982. *Biometrical genetics*, 3rd ed., Cambridge univ. Press, pp. 255-291.
- Park, G.H., J.S. EO, C.H. Choi and I.Y. Baek. 2000. Combining ability and genetic analysis of boll characters in cotton (*G. Hirsutum* L.). *J. Life Sci.* 10: 317-325.
- Patil, M.S. and S.W. Mensinkai. 1971. Components of genetic variation for some quantitative characters in diploid cotton (*G. herbaceum* L.). *Can. J. Cytol.* 13: 499-504.
- Randy, W. and W.R. Meredith Jr. 1986. Heterosis in upland cotton. I. Growth and leaf area partitioning. *Crop Sci.* 26: 1119-1123.
- RDA. 1983. Investigation standard of agricultural experiments. pp. 130-131.

(접수일 2007. 1. 8 ; 수락일 2007. 3. 10)