

## 참깨의 탈립성 및 양적형질에 대한 유전분석

김동휘\*<sup>†</sup> · 강철환\*\* · 심강보\*\* · 박장환\* · 이성우\*

\*작물과학원, \*\*영남농업연구소

## Genetic Analysis of Shattering Habit and Some Quantitative Characters in Sesame

Dong-Hwi Kim\*<sup>†</sup>, Chul-Whan Kang\*\*, Kang-Bo Shim\*\*, Chang-Hwan Park\*, and Sung-Woo Lee\*

\*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

\*\*Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

**ABSTRACT** This study was carried out to obtain basic informations for gene action of quantitative characters including shattering resistance. The parental varieties used for 5×5 half diallel crosses were ‘Yangbaek’ and ‘Ansan’ of normal type, ‘Suwon177’ and ‘Suwon195’ of placenta adhesion type (PA) and ‘SIG960320-5-1-1’ of indehiscent type (ID). PA and ID type are shattering-resistant sesames, and Yangbaek and Ansan are shattering sesames. All the characters were sufficient to the assumption for diallel analysis in this experiment. Over dominance was exhibited by the number of capsules per plant, while partial dominance by plant height, capsule setting stem length, grain yield per plant and shattering rate, complete dominance by the number of branches per plant. Additive effect was higher than dominance in shattering rate. High shattering rate was dominant over low shattering rate. Suwon195, shattering resistant sesame, showed to have the many recessive genes which reduced the shattering rate of sesame seed. Broad sense heritability for all the characters was more than 0.8. Narrow sense heritability for the number of branches per plant, the number of capsules per plant, grain yield per plant and shattering rate was 0.45 to 0.63, and plant height and capsule setting stem length was more than 0.8.

**Keywords** : sesame (*Sesamum indicum*), diallel cross, genetic analysis, shattering resistance

**참깨**는 세계적으로 재배역사가 가장 오래된 유지작물의 하나로(Bedgian & Harlan, 1986) 우리나라에서는 삼국시대부터 재배되어 온 전통적인 조미 및 식용유지 작물이다. 우

리나라 전역에서 생산이 가능하고 재배규모는 적으나 많은 농가에서 재배되고 있는 중요 작물이다. 완전자급(1987)을 이룩하기도 했으나 재배면적 및 생산량은 94,300 ha(1987), 52,000톤(1988)을 정점으로 점차 줄고 있는 실정이다. 병해 및 기상재해 등에 의해 야기되는 생산의 불안정성과 함께 국제경쟁력의 약화로 생산기반의 유지가 쉽지 않은 상황이다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위한 수단으로서 생산비 절감을 위한 생력기계화 재배의 도입이 시도되고 있다. 생력기계화 재배과정 중 수확작업의 기계화에 대한 관심이 최근 커지고 있는데, 참깨의 특성상 기계수확을 하게 되면 탈립손실이 발생하게 되므로 수확기를 관행재배 보다 앞당기는 등의 노력이 필요하다. 이러한 노력은 수량감소를 수반하게 된다. 따라서 이를 해소하기 위해서는 효율적인 수확기계와 함께 이에 적응할 수 있는 품종이 개발되어야 한다. 현재 국내에서는 농촌진흥청 작물과학원에서 수확시 탈립에 저항성을 지닌 참깨 신품종을 육성하고 있으며 일정 부분 성과를 거두고 있다. 지금까지 외국에서 육성되었거나 수집된 탈립저항성 참깨들(ID type, seamless type, S8826, SB764 등)은 유용형질의 특성, 수량성 및 국내 적응성이 기존품종에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 이들 자원과 국내 우량품종을 접목하여 개량을 거듭한 끝에 탈립에 저항성이 강하면서 수량 및 기타형질이 기존품종에 뒤지 않는 내탈립성 참깨들(수원177호, 수원195호)이 현재 개발되고 있다. 이에 본 연구에서는 내탈립성 참깨의 특성을 이용하여 탈립저항성의 개선과 함께 수량증대가 가능한 참깨품종의 개발을 위한 기초자료를 얻고자 이면교배를 통해 양친 및 각 형질에서의 유전양상을 검토하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6606

(E-mail) kimdh@rda.go.kr <Received December 28, 2006>

**재료 및 방법**

본 시험에서는 기 투고된 ‘이면교잡에 의한 참깨의 탈립성 및 생육형질의 유전변이와 조합능력’에서 시험재료로 이용된 품종 및 계통을 활용 5×5 반이면교잡을 하여 얻어진 F<sub>1</sub>과 양친 품종을 이용하였다(Kim *et al.*, 2006).

시험재료인 교배친, F<sub>1</sub> 종자를 함께 2002년 5월 23일에 참깨 전용 유공 흑색비닐을 피복한 후 재식거리를 30×10 m 여 점파하였으며, 참깨 표준재배법에 따라 재배를 하였다. 조사 개체수는 반복별로 F<sub>1</sub>은 100개체, 교배친은 400개체 전후를 조사하였으며, 탈립율은 수확 후에 그 밖의 형질들에 대한 조사는 수확직전에 실시하였다. 이면교잡의 유전분석(diallel cross analysis)은 Hayman의 분석법(Hayman, 1954a, 1954b, 1958)에 따랐다.

**결과 및 고찰**

이면교잡의 가정을 검정하기 위한 분석결과 분산(Vr)과 공분산(Wr)의 차간의 유의성 검정에 의한 유전자 작용을 보면 탈립율 등 6가지 형질에서 모두 유의한 차이가 나타나

지 않아 비대립 유전자간에 상호작용이 관여하지 않음을 알 수 있었다(Table 1). Wr+Vr의 유의성 검정에 의한 유전자 작용은 주당수량과 탈립율이 유의성을 보여 이들 형질에서는 우성적 또는 상승적 유전변이가 존재하는 것으로 판단되는데, Wr-Vr의 유의성 검정의 결과로 볼 때 이들의 유의적인 차이에 이르는 비상가적 유전분산은 교배친에 독립적으로 분포하는 유전자의 우성효과에 기인하는 것으로 분석되었다. 또한 분산, 공분산(Vr, Wr)간의 회귀계수에 대한 유의성 검정 결과 어느 형질도 분산, 공분산간 회귀계수가 unit slope(b=1)로부터 유의한 차이가 없다는 t-검정결과로 보아, 결론적으로 이들 형질들은 이면교배에 의한 유전분석의 가정에 적합한 것으로 판단되었다(Table 1). 주당삭수는 어느 변이성분 분석에서도 유의성을 나타내지 않았는데 이는 환경변이가 상대적으로 크기 때문에 나타난 결과로 추정되며, Wallace *et al.*(1972)이 보고한 바와 같이 수량구성 요인에 관여한 유전자간 상호작용 방향이 조합에 따라 다르고 이를 지배하는 유전적 요소의 간접적 제어작용의 결과 때문인 것으로 해석된다.

Table 2에서 보면 경장을 비롯한 모든 형질들은 조합 간에 현저한 유전적 차이를 보였는데, 이는 상가적 유전변이

**Table 1.** Significancy of Wr + Vr and Wr-Vr array by analysis of variance, and significancy of regression coefficients between Vr and Wr for six characters in five-parent diallel crosses.

Item	df	PH <sup>a</sup>	CSL	NB	NC	GY	SR
Wr + Vr	4	NS	NS	NS	NS	*	*
Wr-Vr	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
t <sub>1</sub> <sup>b</sup>	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
t <sub>2</sub>	3	**	**	**	NS	**	*

a : PH (plant height), CSL (capsule setting stem length), NB (number of branches per plant),

NC (number of capsules per plant), GY (grain yield per plant), SR (shattering rate)

b : t<sub>1</sub> = (1-b)/(error MS/ΣVr<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>, t<sub>2</sub> = b/(error MS/ΣVr<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% level, respectively

NS : Non-significant at 5% level

**Table 2.** Significant levels for various source of variation in six characters in five-parent diallel crosses.

S.V	df	PH <sup>c</sup>	CSL	NB	NC	GY	SR
Cross	14	**	**	**	**	**	**
Replication	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
a <sup>d</sup>	4	**	**	**	**	**	**
b <sup>1</sup>	1	NS	NS	**	**	**	**
b <sup>2</sup>	4	NS	NS	NS	*	NS	**
b <sup>3</sup>	5	NS	NS	NS	NS	NS	NS

c : PH (plant height), CSL (capsule setting stem length), NB (number of branches per plant),

NC (number of capsules per plant), GY (grain yield per plant), SR (shattering rate)

d : a = D-F+H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>, b<sub>1</sub> = h<sup>2</sup>, b<sub>2</sub> = H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% level, respectively

NS : Non-significant at 5% level

(a)에 크게 지배를 받고 있는 것으로 추정되었다. 우성적 변이 중  $F_1$ 과 그들 교배친 중간치간의 평균편차 검정요소인  $b_1$ 이 유의성을 보였던 분지수, 꼬투리수, 수량 및 탈립율이 모두 어느 일정한 방향으로 우성효과를 크게 나타냄을 알 수 있었고, 이 중에서 특히 각 친 계열내에서 교배친 중간치로부터  $F_1$ 의 평균 우성편차가 전 계열에 걸쳐 같은지 다른지를 검정하는 요소인  $b_2$ 에서 유의성을 보인 꼬투리수와 탈립율은 어떤 친이 더 많은 우성 대립인자를 가지고 있는 것으로 판단되었다. 또한 어느 특정  $F_1$ 에서만 유일하게 존재하는 우성편차 부분의 검정요소인  $b_3$ 에서는 모든 형질이 유의성을 보이지 않았다. 따라서 경장과 착색부위장은 주로 상가적 유전변이에 의해 지배를 받고 있는 반면, 그 외의 형질들은 상가적 유전변이 뿐만 아니라 우성적 유전변이에도 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

경장 등 6개 형질들에 대한 분산성분들을 분석하고(Table 3), 이들 분산성분들을 기초로 하여 각 형질별로 유전자의 분포상태 및 그 작용을 보다 명확하게 하기 위하여  $F_1$ 의

Vr-Wr 그래프를 그림으로 나타내었다(Fig. 1).

탈립율은 우성의 방향( $F_1-P=14.805$ )이 탈립율이 큰쪽으로 나타났으며, 평균 우성도 $[(H_1/D)^{1/2}]$ 는 0.756으로 부분우성인 것으로 나타났다. 유전자의 상가적 효과를 나타내는 D 값은 우성적 효과를 나타내는 H( $H_1, H_2$ )값 보다 크게 나타나, 탈립율에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 부분우성으로 작용함을 알 수 있었다. 탈립율의 정도에 관여하는 정(u)과 부(v)의 대립유전자 비율( $H_2/4H_1$ )은 대립유전자 빈도가 동일할 경우 최대 0.25로 나타나는데, 탈립율을 증가시키는 유전자와 감소시키는 유전자의 비( $H_2/4H_1$ )는 0.196으로 나타나 유전자의 빈도가 균등하지 않았으며, 우성유전자의 관여가 매우 큰 것으로 나타났다( $KD/KR=2.627$ ). 탈립율에 대한 Vr-Wr graph를 보면 회귀직선이 원점의 윗부분을 통과하고 있어, 평균우성도의 값에서 나타난 바와 같이  $F_1$ 의 탈립율이 부분우성에 의해 지배되고 있음을 알 수 있었다. 그리고 각 친 품종에 있어서 유전자의 분포상태는 원점에 가까울수록 우성유전자가 많이 존재하고 원점에서 먼 회귀

Table 3. Estimates of genetic components and heritability for six characters.

Components of variation	PH <sup>a</sup>	CSL	NB	NC	GY	SR
D <sup>c</sup>	278.271	110.428	0.625	69.364	0.984	832.545
H <sub>1</sub>	36.314	22.005	2.631	143.571	0.732	476.406
H <sub>2</sub>	20.697	12.271	2.577	118.305	0.623	372.902
h <sub>2</sub>	10.783	4.356	0.938	358.582	2.552	865.878
F <sub>1</sub> -P	-2.050	1.505	0.495	9.550	0.809	14.805
F	135.361	-18.116	-0.472	-0.028	0.458	565.019
E	9.405	7.351	0.067	9.770	0.105	16.701
D-H <sub>1</sub>	241.957	88.423	-2.007	-74.206	0.251	356.139
(H <sub>1</sub> /D) <sup>1/2</sup>	0.361	0.446	2.052	1.439	0.863	0.756
H <sub>2</sub> /4H <sub>1</sub>	0.142	0.139	0.245	0.206	0.213	0.196
KD/KR <sup>b</sup>	5.121	0.690	0.689	0.999	1.740	2.627
K	0.521	0.355	0.364	3.031	4.096	2.322
r	0.815	0.096	-0.803	-0.927	-0.908	-0.872
h <sup>2</sup> N	0.845	0.869	0.447	0.546	0.549	0.628
h <sup>2</sup> B	0.899	0.906	0.948	0.887	0.818	0.943

a : PH (plant height), CSL (capsule setting stem length), NB (number of branches per plant),

NC (number of capsules per plant), GY (grain yield per plant), SR (shattering rate)

b :  $KD/KR = [(4DH_1)^{1/2} + F] / [(4DH_1)^{1/2} - F]$

c <sup>☞</sup> D : due to additive effect of gene, F : recessive allelomorphs at loci, H<sub>1</sub> : due to dominance effect of gene, H<sub>2</sub> : dominance indicating asymmetry of positive and negative effect of genes, H<sub>1</sub>/D : degree of dominance, (H<sub>1</sub>/D)<sup>1/2</sup> : mean degree of dominance over all loci, H<sub>2</sub>/4H<sub>1</sub> : the proportion of the genes with positive and negative effects in parents, r : the correlation coefficient between the parental order of dominance and parental measurements, h<sup>2</sup>N : heritability of narrow sense, h<sup>2</sup>B : heritability of broad sense

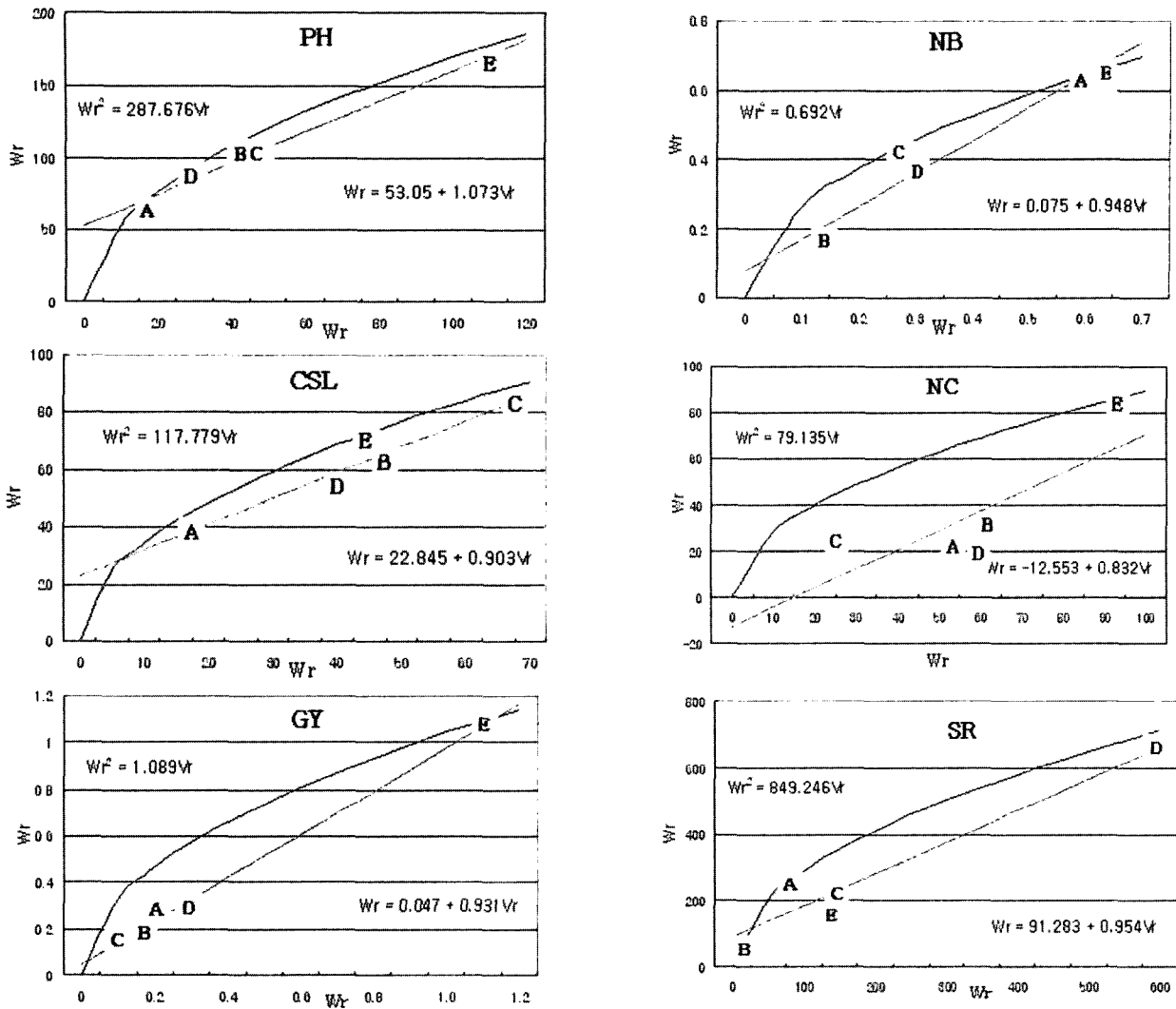


Fig. 1. Variance (Vr) and covariance (Wr) graphs of plant height (PH), number of branches per plant (NB), capsule setting stem length (CSL), number of capsules per plant (NC), grain yield per plant (GY) and shattering rate (SR). A (Yangback), B (Ansan), C (Suwon177), D (Suwon195), E (SIG96320-5-1-1).

직선상에 위치할수록 많은 열성유전자를 가지게 되는데, 탈립에 대한 저항성이 가장 강한 수원195호(Kim *et al.*, 2004a, 2004b)는 탈립을 지배하는 많은 열성유전자를 가지는 것으로 판단되었다(Table 3, Fig. 1).

경장에 대한 분산성분과 유전모수는 우성의 방향( $F_1-P$ )은 경장의 길이가 짧은 방향으로 나타났고, 평균우성도( $[H_1/D]^{1/2}$ )는 0.361로 부분우성인 것으로 나타났다. D값은  $H_1$ ,  $H_2$ 값 보다 매우 크게 나타나, 경장에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 부분우성으로 나타나는 것으로 보였다. 경장을 증가시키는 유전자와 감소시키는 유전자의 비( $H_2/4H_1$ )는 0.142로 나타나 빈도가 같지 않게 나타났으며, 우성유전자와 열성유전자의 비(KD/KR)는 5.121로 매우 크게 나타나,

우성유전자의 관여가 많은 것으로 판단되었다. 이런 경향은 경장에 대한 Vr-Wr 그래프에서도 같았다. 그림에서 볼 때 회귀계수가 1.073으로 1과 유의차가 없으며, 5개 교배친이 거의 회귀직선상에 위치하고 있어  $F_1$ 에서 경장은 비대립 유전자간의 상호작용이 없는 것으로 판단되었다. 또한, 회귀직선은 원점 위를 통과하고 있어 부분우성으로 유전되고 있다는 사실을 알 수 있었다. 유전자의 분포상태로 볼 때 양백깨는 경장을 지배하는 우성유전자를, ID형(SIG96320-5-1-1) 참깨는 열성유전자를 많이 가지는 것으로 나타났으며, 협의의 유전력( $h^2N$ )과 광의의 유전력( $h^2B$ )은 각기 0.845와 0.89%로 그 차이가 적게 나타났다(Table 3, Fig. 1).

착삭부위장은 상가적 효과가 우성효과보다 크고, 우성의

방향( $F_1-P$ )은 착삭부위장이 길어지는 방향으로 나타났으며, 평균우성도는 0.446으로 나타나, 부분우성임을 알 수 있었다. 착삭부위장을 길게 하는 유전자와 짧게 하는 유전자의 비( $H_2/4H_1=0.139$ )는 매우 작아 유전자의 빈도가 다르게 분포되어 있었고, 열성유전자의 관여가 컸다( $KD/KR=0.69$ ). 착삭부위장에 대한 Vr-Wr graph 상에서 회귀직선이 원점의 위를 통과하고 있어  $F_1$ 의 착삭부위장은 부분우성에 의해 결정되는 것으로 나타났다. 그래프 상에서 양백개는 원점과 가까운 곳에, 수원177호는 가장 먼 곳에 위치하고 있어 양백개에서는 착삭부위장을 지배하는 우성유전자의 관여가 크고 수원177호에서는 열성유전자의 관여가 큰 것을 알 수 있었다. 협의의 유전력은 0.869로 광의의 유전력은 0.906으로 모든 형질 중에서 가장 그 차이가 적게 나타났다.

분지수는 우성효과가 상가적 효과보다 크게 나타났으며, 우성의 방향( $F_1-P=0.495$ )과 평균우성도[( $H_1/D$ )<sup>1/2</sup>=2.052]는 분지수가 많은 방향으로 부분우성을 보였다. 분지수를 많게 하는 유전자와 적게 하는 유전자의 비율( $H_2/4H_1$ )은 0.245로 0.25와 거의 같아 대립유전자가 균등하게 분포하고 있음을 알 수 있었고, 우성유전자와 열성유전자의 비율( $KD/KR$ )은 0.689로 열성유전자의 관여가 큰 것으로 판단되었다. Vr-Wr graph 상에서는 회귀직선이 거의 원점에 가깝게 통과하고 있어 분지수는 완전우성에 가깝게 유전되는 것으로 생각되었고, 유전자의 분포상태를 봤을 때 양백개와 ID형(SIG96320-5-1-1) 참깨는 분지수를 지배하는 열성유전자를 안산개는 우성유전자를 많이 가지는 것으로 나타났다. 협의의 유전력은 0.447로 조사 형질 중 가장 낮게 나타났으나, 광의의 유전력은 0.948로 가장 높게 나타났다.

주당삭수는 분지수의 경우와 마찬가지로 우성효과( $H_1, H_2$ )가 상가적 효과(D)보다 크게 나타났으며, 우성의 방향( $F_1-P=9.55$ )과 평균우성도[( $H_1/D$ )<sup>1/2</sup>=1.439]는 주당삭수가 많은 방향으로 초우성을 보였다. 주당삭수를 많게 하는 유전자와 적게 하는 유전자의 비율( $H_2/4H_1$ )은 0.206으로 한쪽으로 치우쳐 분포하고 있음을 알 수 있었고, 우성유전자와 열성유전자의 비율( $KD/KR$ )은 0.999로 우성유전자와 열성유전자의 관여 정도가 거의 같은 것으로 판단되었다. Vr-Wr graph 상에서는 회귀직선이 원점 밑을 통과하고 있어 주당삭수는 초우성에 의해 지배되고 있음을 알 수 있었다. 유전자의 분포상태를 봤을 때 ID형(SIG96320-5-1-1) 참깨는 주당삭수를 지배하는 많은 열성유전자를 가지는 것으로 나타났으며, 협의의 유전력 및 광의의 유전력은 각기 0.546, 0.887로 나타났다.

개체당 수량의 유전에 대한 분산성분은 상가적 효과가 우성효과보다 크고, 우성의 방향( $F_1-P$ )은 수량이 많은 방향으

로 작용하였으며, 평균 우성도는 0.863으로 나타나, 부분우성임을 알 수 있었다. 주당삭수를 많게 하는 유전자와 적게 하는 유전자의 비( $H_2/4H_1=0.213$ )는 0.25보다 작아 유전자의 빈도가 다르게 분포되어 있었고, 우성유전자의 관여가 컸다( $KD/KR=1.74$ ). 주당삭수에 대한 Vr-Wr graph를 보면 회귀직선이 거의 원점을 가깝게 통과하고 있어  $F_1$ 의 주당삭수는 완전우성에 가깝게 유전되는 것으로 나타났다. 그래프 상에서 유전자의 분포상태를 보면 ID형(SIG96320-5-1-1) 참깨는 원점에서 가장 먼 곳에 위치하고 있어 열성유전자의 관여가 많은 것으로 나타났으며, 협의의 유전력은 0.628로 광의의 유전력은 0.943으로 나타났다.

## 적 요

참깨는 무한화서의 특성을 지니고 있어 생육후기까지도 생식생장이 지속되어 한국의 기후상황에서는 필연적으로 미등숙 종실의 발생과 탈립으로 인한 수량 손실 등 재배상 여러 가지 문제점을 수반하게 된다. 현재 개발되고 있는 내탈립성 참깨들에 의해 이러한 문제점은 개선이 가능할 것으로 기대되고 있다. 본 연구는 새로 개발된 내탈립성 참깨와 기존의 탈립성 참깨들 간의 이면교잡을 통하여 내탈립성 및 기타 양적형질들의 유전분석을 실시하여 보다 개량된 내탈립성 참깨 품종육성의 기초자료로 이용하고자 수행되었으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유전분석 결과 조사된 6개 양적형질 모두 비대립 유전자의 상호작용이 존재하지 않음이 인정되었다.
2. 경장, 착삭부위장, 주당수량 및 탈립율은 상가적 효과가 큰 부분우성으로, 분지수는 완전우성에 가깝게, 주당삭수는 초우성에 의해 지배되는 것으로 판단되었다.
3. 탈립율의 우성방향은 탈립율이 큰쪽이었으며, 내탈립성 참깨 수원195호는 탈립을 적게 하는 열성유전자를 많이 가진 것으로 나타났다.
4. 모든 형질에서 광의의 유전력은 0.8이상으로 높게 나타났고, 분지수, 주당삭수, 주당수량 및 탈립율의 협의의 유전력은 0.447~0.628로 낮았으며, 경장과 착삭부위장은 협의의 유전력도 0.8이상으로 높게 나타났다.

## 인용문헌

- Bedigian, D. and J. R. Harlan. 1986. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. *Econ. Bot.* 40 : 137-154
- Hayman, B. I. 1954a. The analysis of variance of diallel

- crosses. *Biometrics* 10 : 235-244.
- Hayman, B. I. 1954b. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39 : 789-809.
- Hayman, B. I. 1958. The theory and analysis of diallel crosses II. *Genetics* 43 : 63-85.
- Kim, D. H., C. W. Kang, C. H. Park, Y. A. Chae, and N. S. Seong. 2004a. Grain shattering resistance and its screening method of sesame. *Korean J. Crop Sci.* 49(6) : 491-495.
- Kim, D. H., C. W. Kang, K. B. Shim, C. H. Park, S. W. Lee, and N. S. Seong. 2004b. Grain shattering resistance and other characteristics of shattering-resistant sesames. *Korean J. Breed.* 36(5) : 302-308.
- Kim, D. H., C. W. Kang, K. B. Shim, C. H. Park, S. W. Lee, and N. S. Seong. 2006. Genetic variance and combining ability of shattering and growth characters by diallel crosses of sesame. *Korean J. Crop Sci.* 51(7) : 652-657.
- Wallace D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. *Adv. Agro.* 24 : 97-145.