

옥수수 유망자식계통들의 잡종집단에서 주요 농업형질들의 유전분석

이주경, 박종열¹⁾, 박기진¹⁾, 류시환¹⁾, 신지현, 이명숙, 민황기¹⁾, 김남수*

강원대학교 농업생명과학대학 생명공학부, ¹⁾강원대학교 산림과학대학 산림자원학부

Genetic Studies of Major Agronomic Traits in Hybrid Populations of Maize Inbred Lines.

Ju-Kyong Lee, Jong-Yeol Park¹⁾, Ki-Jin Park¹⁾, Si-Hwan Ryu¹⁾, Ji-Hyun Shin, Myung-Sook Lee, Hwang-Kee Min¹⁾ and Nam-Soo Kim*

Division of Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

¹⁾Maize Experiment Station, Kangwon Agricultural Research and Extension Services, Hongcheon, 250-823, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to find out the scientific maize breeding protocol for developing high performing single cross hybrid using introduced U.S. elite inbred lines; the pattern of inheritance, heterosis and heritabilities of six agronomic traits were studied in the progenies derived from five crosses (Mo17/B14A, Va85/B73, C103/ND203, FR35/Oh43, Wf9/A632). Among the five cross combinations, the cross combination of Mo17/B14A showed the highest heterosis for the most agronomic traits. Among 6 agronomic traits, the grain yield showed the highest heterosis effect in most cross combinations. Most of the agronomic traits in this study showed more than 50% heritability for six cross combinations, with an exception of the ear length trait. In conclusion, since Mo17/B14A showed excellent performance for most of the agronomic traits, these inbred lines were desirable combination and regarded as superior germplasm sources for F1 hybrid development. The results of current studies will be utilized for developing high performing single cross hybrid from maize inbred lines, and will be used for the further genetic analysis of agronomic traits and maize breeding programs.

Key words : agronomic trait, cross combination, F₁ hybrid development, Maize, maize breeding program

* 교신저자 : E-mail : kimnamsu@kangwon.ac.kr

서언

옥수수(*Zea mays* L.)는 주요 곡물들 중에서 밀, 벼와 함께 세계 3대 작물에 속해 있다. 오늘날 국내에서의 옥수수 소비는 국민의 식생활이 점차 서구화되면서 육류섭취가 늘어남에 따라 그 수요가 점점 늘어가고 있다. 한 예로 국민 1인당 옥수수의 연간 소비량은 1970년에는 1.1kg이었으나, 1997년에는 3.7kg으로 약 3배 이상 늘어났으며, 그에 따른 수입량도 1970년의 284천 톤에 비하여 1997년에는 8,634천 톤으로 무려 30배 이상이 늘어나 전 곡물 수입중량으로는 58%, 금액으로는 49%를 차지하였다(작물통계, 1998). 그러나 이와 같은 옥수수의 소비 증가에도 불구하고 국내에서의 옥수수의 재배면적은 점차 감소하여 최근 국내에서의 옥수수의 자급도는 0.9% 정도에 불과하다(작물통계, 1998). 또한 오늘날 국내에서 옥수수의 재배동향을 살펴보면 과거(1970년대)에 비해 종실용 옥수수의 재배면적은 55% 이상 감소한 반면에 식용 옥수수는 44%가량 늘어나서, 오늘날 종실용 옥수수보다는 식용 옥수수의 소비가 급격히 증가되고 있다(작물통계, 1998).

세계에서의 옥수수의 품종개발은 주로 미국의 주도하에 이루어져 왔다. 1800년대에는 미국에서도 집단선발에 의한 재래식 육종으로 약 100여종의 방입수분 품종들이 재배되었으나(Troyer, 1999), 1900년대로 들어와서는 Shull(1908, 1909, 1910)에 의해 교잡종 이론이 제기되면서 옥수수의 육종에 획기적인 전기가 마련되었으나 실용화되지는 못하였고, Jones(1918)가 복교잡종 이론을 제안하면서 순수계통선발과 교잡종 옥수수에 대한 연구가 진행되면서 1930년대 초반부터 1960년대 초반까지 복교잡종이 미국에서 재배용 옥수수의 대부분을 차지하였다. 그러나 복교잡종은 단교잡종보다 일반적으로 생산력이 떨어지고 채종 작업이 복잡하기 때문에 1960년대 후반부터는 생산력이 우수한 자식계통을 이용한 단교잡종의 개발과 함께 비료, 농약이 개발되고 기계화가 이루어지면서 단교잡종이 현재는 미국의 Corn belt 전역에 확산되어 재배되고 있다. 그러나 오늘날 옥수수의 수량증가는 과거 20-30년 전보다 뚜렷하

게 증가되지 않고 있으며, 또한 지금까지의 옥수수 육종은 과학적인 근거 없이 개개의 육종가들에 의하여 경험적 또는 직감적으로 이루어져 왔으므로, 보다 과학적인 육종을 하기 위한 새로운 방법들이 요구되고 있다. 현재 국내에서의 옥수수 육종도 자본이 많이 투자되고, 시간이 길게 소요되어 조직적 그리고 체계적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

어떤 작물의 유전자원 보존과 그 작물의 품종개발을 성공적으로 수행하기 위해서는, 먼저 수집된 계통들에 대한 유전적 변이의 특성을 측정 평가하고 이해하는 것이 무엇보다 가장 중요하다. 따라서 본 연구는 국내에서의 옥수수 육종방법을 보다 과학적이고 체계적으로 확립하기 위하여 미국에서 도입된 유망 자식계통들 간에 교잡된 F₁ 및 F₂ 집단들에서의 유전적 변이의 측정과 주요 농업형질들에 대한 유전적 특성을 조사함으로써 옥수수의 생산능력 방법을 개선하기 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료는 미국에서 도입된 우수한 자식계통 (elite inbred line)들을 이용하였는데, Gerdes *et al.* (1993)와 Lee *et al.* (2002)의 결과를 기초로 하여 집단간에 근연관계가 먼 Lancaster Sure Crop 집단과

Table 1. Corn inbred lines used in this study

Inbred lines	Source
Mo17	Lancaster Sure Crop
Va85	Lancaster Sure Crop
C103	Lancaster Sure Crop
Oh43	Lancaster Sure Crop
B14A	Reid Yellow Dent
B73	Reid Yellow Dent
FR35	Reid Yellow Dent
Wf9	Reid Yellow Dent
A632	Reid Yellow Dent
ND203	Haney's Minnesota No. 13

* Classifications based on Gerdes *et al.* (1993).

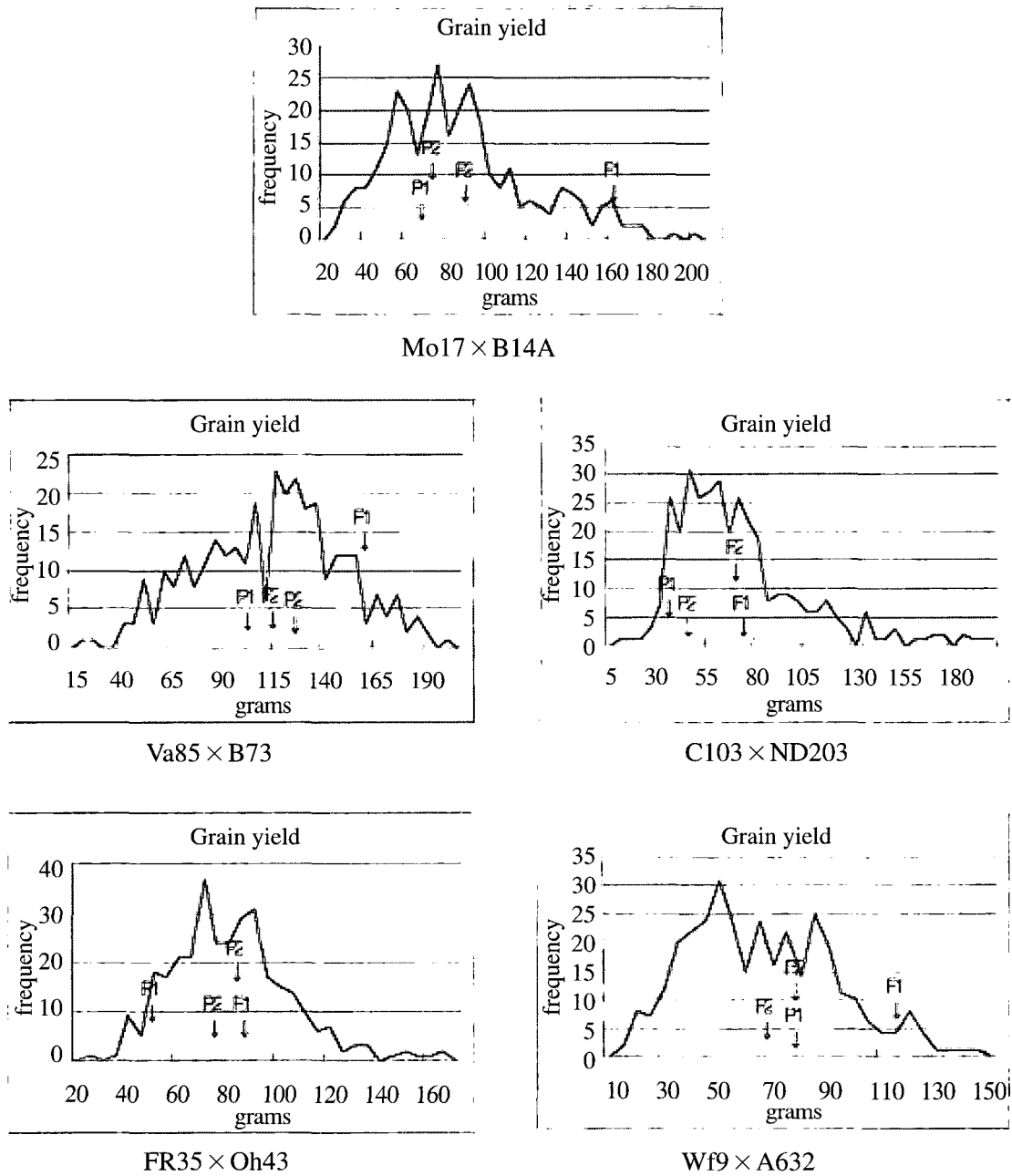


Fig. 1. Distribution of Grain yield for F₂ population in each of 5 cross combinations.

Reid Yellow Dent 집단에서 유래한 계통들을 중심으로 선발하였다(Table 1). 분석에 이용된 5개 교배조합들의 구성은 Lee *et al.* (2002)의 결과에 기초하여 26개의 교배조합들 중에서 대비조합으로 쓰인 Mo17/B14A(수원 19호)보다 수량성이 높은 2조합

(Va85/B73, C103/ND203)과 수량성이 낮은 2조합(FR35/Oh43, Wf9/A632) 등 총 5조합을 선정한 후, 이들 교배조합의 양친(P₁, P₂)들과 F₁ 및 F₂ 세대를 2002년 4월에 강원도 홍천군에 위치한 강원도 농업기술원 옥수수시험장 포장에서 재배하여 각 교배조합의

Table 2. Description of traits measured on individual maize plants

Traits	Abbr.	Description	Units
Plant height	PH	Height to top leaf node at maturity	cm
Ear height	EH	Distance between ground and top-ear node	cm
Ear length	EL	Top ear length	cm
Ear diameter	ED	Top ear diameter at widest point	cm
100 kernel weight	HW	Weight of 100 kernel	g
Grain yield	GY	Grain weight per plant	g

집단들에 대하여 형질별 특성을 조사하였다. 포장에서의 재배법은 옥수수 표준 재배법에 준하여 실시하였고, 주요 조사 농업형질로는 간장(plant height, PH), 착수고(ear height, EH), 이삭길이(ear length, EL), 이삭폭(ear diameter, ED), 100립중(100 kernel weight, HW) 그리고 종자생산량(grain yield, GY) 등 총 6개의 특성에 대하여 조사하였으며(Table 2), 그리고 F₂ 세대의 각 형질별 조사 개체수는 100-120주였다. 관련형질의 조사된 성적에 대하여 세대별 평균과 표준편차를 분석한 후, 잡종강세 및 유전력 등을 계산하였다. 잡종강세의 계산식은 [(F_s-MP)/MP]x100으로 F₁ 또는 F₂와 양친의 평균치와의 차이를 구하여 양친 평균치에 대한 비율로 계산하였는데, 여기서 F_s는 F₁ 또는 F₂의 평균이며, MP는 양친의 평균이다. 그리고 각 교배조합들의 F₁과 F₂에서의 자식약세 정도(%)는 [(F₁-F₂)/F₁]x100으로 계산하였다. 또한 각 교배조합들의 F₂에서의 유전력은 F₂의 분산에서 친계통의 평균 환경분산을 뺀 유전분산을 F₂의 분산에 대한 비율로 계산하였는데, 그 계산식은 [VF₂-1/4(VP₁+VP₂+2VF₁)]/VF₂x100으로 여기서 VP₁, VP₂는 각 양친의 분산이고, VF₁, VF₂는 F₁과 F₂의 분산이다. 그리고 조사된 농업형질들에 대한 통계분석은 Excel 97 통계 프로그램을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 교배조합과 이들 양친들에서의 생육 및 수량 특성의 변이와 분포

공시된 5개의 F₁ 교배조합들과 이들 양친들에서의 생육 및 수량 특성의 변이와 분포는 Table 3에 나타내었다. 공시된 교배조합들과 이들 양친들 사이의 생육 및 수량 특성을 비교하여 보면, 간장(PH)의 경우 교배조합의 양친들에서의 평균값은 188.3cm이었지만 F₁ 교배조합들에서는 평균값은 231.9cm로, 이 중에서 Mo17/B14A 그리고 Wf9/A632 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 착수고(EH)의 경우는 양친들에서의 평균값은 89.4cm이었지만 F₁ 교배조합들에서의 평균값은 121.4cm로 이 중에서 Mo17/B14A, C103/ND203 그리고 Wf9/A632 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 이삭길이(EL)의 경우는 양친들에서의 평균값은 15.4cm이었지만 F₁ 교배조합들에서의 평균값은 18.2cm로 이 중에서 Mo17/B14A, Va85/B73 그리고 FR35/Oh43 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 이삭폭(ED)의 경우는 양친들에서의 평균값은 3.82cm이었지만, F₁ 교배조합들에서의 평균값은 4.4cm로 이 중에서 Mo17/B14A과 Va85/B73 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 100립중(HW)의 경우는 양친들에서의 평균값은 24.9g이었지만 F₁ 교배조합들에서의 평균값은 27.4g로 이 중에서 Mo17/B14A 그리고 Va85/B73 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 종자생산량(GY)의 경우도 양친들에서의 평균값은 65.6g이었지만 F₁ 교배조합들에서의 평균값은 116.8g로 이 중에서 Mo17/B14A 그리고 Va85/B73 조합들은 평균값보다 높게, 그 밖의 조합들은 평균값

Table 3. Means and mid parent heterosis (MPH) of 6 agronomic traits in 5 cross combinations

Traits		Cross combination					AVG±SD
		Mo17/B14A	Va85/B73	C103/ND203	FR35/Oh43	Wf9/A632	
Plant height	P ₁	188.6±1.85	199.3±2.30	151.6±1.95	153.8±1.73	222.8±2.32	
	P ₂	187.7±2.03	210.9±3.65	225.1±5.43	170.3±2.49	172.2±2.61	
	MP	188.2±1.94	205.1±2.98	188.4±3.69	162.1±2.11	197.5±2.47	188.3±16.2
	F ₁	253.0±2.45	226.9±2.51	227.7±2.76	201.3±1.85	250.7±2.95	231.9±21.2
	F ₂	223.2±0.98	205.1±1.07	200.9±1.21	181.1±0.95	225.3±1.61	207.1±18.1
Ear height	P ₁	91.1±1.41	105.6±1.41	61.4±1.22	55.1±2.23	114.9±2.32	
	P ₂	82.6±1.25	98.7±2.73	125.2±4.84	77.0±1.33	82.4±4.03	
	MP	86.9±1.33	102.2±2.07	93.3±3.03	66.1±1.78	98.7±3.18	89.4±14.3
	F ₁	128.8±4.18	120.3±1.26	123.4±1.34	93.3±1.67	141.3±1.98	121.4±17.6
	F ₂	108.3±0.84	108.5±0.72	104.1±0.93	74.6±0.73	125.5±1.04	104.2±18.5
Ear length	P ₁	14.1±0.4	18.8±1.13	11.3±0.21	16.6±0.61	14.1±0.27	
	P ₂	14.9±0.29	17.8±0.42	12.4±0.39	18.5±0.27	15.0±0.24	
	MP	14.5±0.35	18.3±0.78	11.9±0.3	17.6±0.44	14.6±0.26	15.4±2.61
	F ₁	19.5±0.32	18.5±0.38	17.1±0.27	18.5±0.3	17.2±0.25	18.2±1.01
	F ₂	16.1±0.14	16.8±0.14	15.4±0.13	18.2±0.13	13.2±0.12	15.9±1.85
Ear diameter	P ₁	3.6±0.08	4.4±0.10	3.1±0.05	3.6±0.10	4.3±0.05	
	P ₂	3.9±0.05	4.4±0.06	3.2±0.09	3.5±0.04	4.2±0.07	
	MP	3.75±0.07	4.4±0.08	3.15±0.07	3.55±0.07	4.25±0.06	3.82±0.51
	F ₁	4.8±0.05	5.0±0.03	3.8±0.05	4.1±0.04	4.3±0.04	4.40±0.49
	F ₂	4.1±0.02	4.5±0.02	3.8±0.02	3.9±0.04	3.9±0.06	4.04±0.28
100 kernel weight	P ₁	27.7±0.59	35.5±0.67	12.7±0.4	21.0±1.67	29.9±0.68	
	P ₂	29.0±0.7	32.2±0.59	18.3±0.82	21.8±0.41	21.1±1.01	
	MP	28.4±0.65	33.9±0.63	15.5±0.61	21.4±1.04	25.5±0.85	24.9±6.95
	F ₁	34.5±0.94	35.3±0.53	15.9±0.56	24.9±0.64	26.5±0.8	27.4±7.94
	F ₂	25.9±0.39	33.1±0.35	20.6±0.4	23.9±0.27	20.9±0.36	24.9±5.09
Grain yield	P ₁	61.6±0.18	85.5±11.4	27.1±1.21	38.1±3.03	88.2±4.58	
	P ₂	64.1±3.05	119.3±6.31	36.0±2.31	65.1±2.22	71.2±4.34	
	MP	62.9±1.62	102.4±8.86	31.6±1.76	51.6±2.63	79.7±4.46	65.6±27.0
	F ₁	161.6±5.1	162.0±3.86	64.4±2.63	79.5±3.44	116.6±5.3	116.8±45.2
	F ₂	82.6±1.95	110.4±1.99	67.9±1.91	77.9±1.34	63.1±1.5	80.4±18.5

보다 낮게 나타났다. 그리고 조사된 6개의 농업형질들에 대한 이들 교배조합들의 F₂ 개체들에서의 분포 형태는 교배조합들에 따라 다소 차이는 있지만 6개의 농업형질 모두에서 전체적으로 다수인자가 관여

하는 정규분포 양상을 보였는데, 이와 같은 결과는 이전에 민(2000) 그리고 박 등(2001)의 보고와도 일치하였다. Fig. 1은 조사된 6개의 농업형질들 중에서의 하나의 예로 종자생산량에 대한 5개 교배조합들의

Table 4. Heterosis(%) for six agronomic traits in the F₁ and F₂ generations from five crosses in maize

Cross	Generation	PH	EH	EL	ED	HW	GY
Mo17/B14A	F ₁	34.5	48.3	34.5	28.0	21.7	157.1
	F ₂	18.6	24.4	11.0	9.3	-8.6	31.4
Va85/B73	F ₁	10.6	17.8	1.1	13.6	4.3	58.2
	F ₂	0	6.2	-8.2	2.3	-2.2	7.8
C103/ND203	F ₁	20.9	32.3	44.3	20.6	2.6	104.1
	F ₂	6.7	11.6	30.0	20.6	32.9	115.2
FR35/Oh43	F ₁	24.2	41.3	5.4	15.5	16.4	54.1
	F ₂	11.8	12.9	3.7	9.9	11.7	51.0
Wf9/A632	F ₁	26.9	43.2	18.2	1.2	3.9	46.3
	F ₂	14.1	27.2	-9.3	8.2	-18.0	-20.8
AVG	F ₁	23.4	36.6	20.7	15.8	9.78	84.0
	F ₂	10.2	16.5	5.44	10.1	3.16	36.9

F₂개체들에서의 분포 형태를 나타내었다. 이와 같이 대비조합으로 쓰인 Mo17/B14A 조합은 분석에 이용된 6개의 형질들 모두에서 평균값 이상의 높은 수치를 나타내었으며, 그밖에 Va85/B73 조합도 6개의 형질들 중에서 이삭길이, 100립중, 종자생산량 등의 형질들에서 평균값 이상의 높은 수치를 나타내었다.

한편, 본 실험에서 교배조합들 간에 비교적 뚜렷한 변이를 나타낸 몇몇의 농업형질들에 대하여 미국에서 가장 많이 사용되고 있는 Lancaster Sure Crop(LSC) 집단에서 유래된 Mo17, Va85, C103, Oh43 계통들과 Iowa Stiff Stalk Synthetic(BSSS)에서 유래된 B14A, B73, FR35, Wf9 그리고 A632 계통들 그리고 다른 기원인 ND203 계통으로 구분하여 비교해 보면, BSSS와 LSC 집단 그리고 LSC와 다른 기원에서 유래된 2개의 교배조합 (FR35/Oh43, C103/ND203)을 제외한 나머지 교배조합들은 비교적 우수한 수량구성요소 및 수량성을 나타내었다. 특히, 본 실험에서 이용된 5개의 교배조합들 중에서 대비조합으로 쓰인 Mo17/B14A와 비슷하게 Va85/B73 조합도 수량구성요소 및 수량성이 뛰어났으므로 앞으로 계통선발에 따른 품종육성에 중요한 자원이 될 것으로 생각되었다. 그러나 본 실험에 이용된 5개의 교배조합들 중에서 FR35/Oh43과

C103/ND203 조합들은 비록 LSC군과 BSSS군 또는 다른 기원인 heterotic 집단간에 이루어진 교배 조합들이지만, 종실수량은 이전의 Lee *et al.* (2002)의 결과와 마찬가지로 5개의 교배조합 중에서 가장 낮은 수량성을 나타내었다. 이러한 결과는 비록 유전적 배경이 서로 다른 계통끼리의 교배조합일지라도 잡종강세 효과가 반드시 나타나지 않는다는 것을 보여 주었다. Fountain(1996)은 3개의 F₂ 집단(B73×B84, B90×Mo17, B73×Mo17)과 3개의 협의의 합성집단 및 3개의 광의의 합성집단을 가지고 유전적 변이를 조사하였는데, B90과 Mo17은 같은 유전적 배경에 속해 있음에도 불구하고 유전적 변이가 크게 나타나서 우수한 계통육성 모본으로 사용할 수 있다고 한 것으로 보아 양친계통의 계보에 의해 교배 조합을 만드는 것도 어느 정도 한계가 있음을 나타내었다.

2. 교배조합들에서의 농업형질의 유전적 변이

1) 잡종강세

공시된 교배조합들에서 측정된 농업형질의 평균에 대한 잡종강세 효과는 Table 4에 나타내었다. 이 결과에 의하면, 비록 교배조합 및 조사된 농업형질들에 따라서 다소 차이는 있지만 전체적으로 F₁에서의 잡종강세가 F₂에서의 잡종강세보다 크게 나타났

다. 각 형질별 F_1 교배조합들에서의 잡종강세를 보면, 간장의 경우는 교배조합들 사이에서의 평균값은 23.4%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A, FR35/Oh43 그리고 Wf9/A632 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 착수고의 경우는 교배조합들에서의 평균값은 36.6%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A, FR35/Oh43 그리고 Wf9/A632 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 이삭길이의 경우는 교배조합들에서의 평균값은 20.7%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A와 C103/ND203 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 이삭폭의 경우는 교배조합들에서의 평균값은 15.8%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A와 C103/ND203 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 100립중의 경우는 교배조합들에서의 평균값은 9.78%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A와 FR35/Oh43 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다. 종자생산량의 경우는 교배조합들에서의 평균값이 84%로 나타났는데, 이 중에서 Mo17/B14A와 C103/ND203 조합들은 평균값보다 높게 나타났고, 그 밖의 조합들은 평균값보다 낮게 나타났다.

이상의 결과에 의하면, 5개의 F_1 교배조합들에 대하여 조사한 6개의 농업형질들 중에서 종자생산량은 평균 84%의 잡종강세를 나타내어 가장 큰 잡종강세 효과를 나타내었으며, 반면에 100립중은 평균 9.78%의 잡종강세를 나타내어 조사된 농업형질들 중에서 가장 낮은 잡종강세 효과를 나타내었다. 그 밖에 간장, 착수고, 이삭길이 등의 형질들도 5개의 교배조합들 모두에서 평균 20% 이상의 잡종강세 효과를 나타내었으므로 옥수수의 교잡육종에서 중요한 선발형질들로 생각되었다. 또한 공시된 5개의 F_1 교배조합들 중에서, 특히 대비조합으로 쓰인 Mo17/B14A 조합은 조사된 6개의 농업형질들 중에서 이삭길이를 제외한 나머지 5개의 농업형질들에서 가장 뚜렷한 잡종강세 효과를 나타내었으므로,

Mo17/B14A 조합 또는 이들 계통들은 옥수수의 계통 선발에 의한 품종육성에 중요한 자원 및 품종인 것으로 생각되었다.

2) 자식약세

조사된 6개의 농업형질들의 F_1 에 대한 F_2 의 자식약세 현상은 Table 5에 나타내었다. 각 형질별 자식약세 현상은 간장의 경우 Mo17/B14A와 C103/ND203 조합들이 11.8%로 가장 크게 나타났고, 반면에 Va85/B73 조합이 9.61%로 가장 작게 나타났다. 착수고의 경우는 FR35/Oh43 조합이 20%로 가장 크게 나타났고, 반면에 Va85/B73 조합이 9.81%로 가장 작게 나타났다. 이삭길이의 경우는 Wf9/A632 조합이 23.3%로 가장 크게 나타났고, 반면에 FR35/Oh43 조합이 1.62%로 가장 작게 나타났다. 이삭폭의 경우는 Mo17/B14A 조합이 14.6%로 가장 크게 나타났고, 반면에 C103/ND203 조합은 0%로 F_1 에 대한 F_2 의 자식약세가 전혀 나타나지 않았다. 100립중의 경우는 Mo17/B14A 조합이 24.9%로 가장 크게, 반면에 C103/ND203 조합이 -29.6%로 가장 작게 나타났다. 그리고 종자생산량의 경우도 Mo17/B14A 조합이 48.9%로 가장 크게 나타났고, 반면에 C103/ND203 조합이 -5.43%로 가장 작게 나타났다. 이상의 결과에 의하면, 조사된 6개의 농업형질들 중에서 특히 종자생산량은 C103/ND203과 FR35/Oh43 조합을 제외한 나머지 조합들에서 자식약세가 다른 형질들보다 큰 것으로 나타났는데, 이와 같은 결과는 비록 공시된 교배조합들에 따라 자식약세의 정도가 다소 차이는 있지만, 옥수수과 같은 타식성 작물의 경우 잡종 초기세대에서 자식을 시킬 경우 수량 감소의 주요인이 됨을 알 수가 있었다. 그리고 이전에 보고된 연구들(Walters *et al.*, 1991; Choi, 1993; 박 등, 2001)의 경우 출용일수나 출사일수와 같은 형질들은 부의 방향으로 자식약세가 나타난다고 하였는데, 그러나 본 연구에 이용된 대부분의 수량관련 형질들은 일부 교배조합들에서의 예외적 경우를 제외하면 모두 정의 방향으로 자식약세 현상이 나타났다.

Table 5. Inbreeding depression(%) and heritability for six agronomic traits from five crosses in maize

Traits		Cross combination					AVG±SD
		Mo17/B14A	Va85/B73	C103/ND203	FR35/Oh43	Wf9/A632	
Plant height	ID*	11.8	9.61	11.8	10.0	10.1	10.7±1.05
	He	0.71	0.44	0.51	0.68	0.73	0.61±0.13
Ear height	ID	15.9	9.81	15.6	20.0	11.2	14.5±4.07
	He	0.76	0.35	0.73	0.64	0.71	0.64±0.17
Ear length	ID	17.4	9.19	9.94	1.62	23.3	12.3±8.31
	He	0.6	0.16	0.74	0.33	0.54	0.47±0.23
Ear diameter	ID	14.6	10.0	0.0	4.88	9.3	7.76±5.54
	He	0.75	0.31	0.71	0.4	0.62	0.56±0.19
100 kernel weight	ID	24.9	6.23	-29.6	4.02	21.1	5.33±21.5
	He	0.73	0.77	0.75	0.42	0.56	0.65±0.15
Grain yield	ID	48.9	31.9	-5.43	2.01	45.9	24.7±25.1
	He	0.69	0.33	0.88	0.46	0.35	0.54±0.24

*ID: Inbreeding depression, He: Heritability.

3) 유전력

조사된 6개의 농업형질들에 대한 유전력은 Table 5에 나타내었다. 이 결과에 의하면 각 형질들에서의 유전력은 교배조합에 따라 다소 다르게 나타났지만, 간장의 경우 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력은 61%로 나타났고, 이 중에서 Va85/B73 조합(44%)을 제외한 모든 조합들이 50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타냈다. 착수고의 경우도 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력은 64%로 나타났고, 이 중에서 Va85/B73 조합(35%)을 제외한 모든 조합들은 50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타냈다. 이삭길이의 경우는 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력은 47%로 조사된 6개의 농업형질들 중에서 가장 낮은 유전력을 나타내었으나, 이 중에서 Mo17/B14A, C103/ND203 그리고 Wf9/A632 조합들은 50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타내었다. 이삭폭의 경우도 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력은 56%로 나타났고, 이 중에서 Mo17/B14A, C103/ND203 그리고 Wf9/A632 조합들은 50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타내었다. 100립중의 경우는 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력은 65%로 나타났고, 이 중에서 FR35/Oh43 조합(42%)을 제외한 모든 조합들은

50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타내었다. 종자생산량의 경우는 5개의 교배조합들에서의 평균 유전력이 54%로 나타났으며, 이 중에서 Mo17/B14A와 C103/ND203 조합들은 50% 이상의 비교적 높은 유전력을 나타낸 반면, 나머지의 조합들은 모두 50% 이하의 낮은 유전력을 나타내었다. 이상의 결과에 의하면, 5개의 교배조합 중에서 Mo17/B14A, C103/ND203 조합들은 조사된 6개의 농업형질들 모두에서 50% 이상의 비교적 높은 유전성을 나타내었고, 반면에 Va85/B73 조합은 100립중을 제외한 모든 형질들에서 그리고 FR35/Oh43 조합은 간장과 착수고를 제외한 모든 형질들에서 50% 이하의 낮은 유전력을 나타내었다. 일반적으로 유전력이 50% 이상일 때 높다고 하고 20% 이하이면 유전력이 낮다고 하는데, 특히 유전력이 높은 형질들은 환경의 영향을 적게 받는다고 하였다(민, 2000; 류 등, 2001). 따라서 조사된 6개의 농업형질들 중에서 이삭길이를 제외한 모든 형질들은 교배조합들에서 평균 유전력이 50% 이상을 나타내었으므로 이러한 형질들은 옥수수의 교잡육종을 위한 중요한 선발형질들임을 시사하였다.

적요

본 연구는 교잡종 옥수수의 품종개발 및 옥수수의 생산능력 방법을 개선하기 위한 기초연구로 미국에서 도입된 유망자식계통들을 이용한 5개의 교배조합들 그리고 이들의 F₁ 및 F₂ 세대에서 6개의 농업형질들에 대한 유전양상을 구명하였다. 공시된 5개의 교배조합들과 조사된 6개의 농업형질들에서의 잡종강세효과는 교배조합 및 농업형질들에 따라 다소 차이는 있었지만 교배조합들 중에서는 Mo17/B14A, Va85/B73 조합들이 조사된 대부분의 형질들에서 가장 뚜렷한 잡종강세 효과를 나타내었으며, 그리고 조사된 6개의 농업형질들 중에서는 종자생산량이 교배조합들 사이에서 가장 큰 잡종강세 효과를 나타내었다. 조사된 6개의 농업형질들 중에서 종자생산량은 5개의 교배조합들 중에서 C103/ND203과 FR35/Oh43 조합을 제외한 나머지 조합들에서 자식약세 현상이 다른 형질들보다 가장 크게 나타났고, 그리고 이들 수량관련 형질들은 일부 교배조합들에서의 예외적 경우를 제외하면 모두 정방향으로 자식약세 현상이 나타나는 것으로 관찰되었다. 공시된 5개의 교배조합들 중에서 Mo17/B14A, C103/ND203 조합들은 조사된 6개의 농업형질들 모두에서 50% 이상의 비교적 높은 유전성을 나타내었고, 반면에 Va85/B73 조합은 100립중을 제외한 모든 형질들에서, 그리고 FR35/Oh43 조합은 간장과 착수고를 제외한 모든 형질들에서 50% 이하의 낮은 유전력을 나타내었다. 그리고 조사된 6개의 농업형질들 중에서 이삭길이를 제외한 모든 형질들은 5개의 교배조합들 모두에서 평균 유전력이 50% 이상을 나타내었으므로 이러한 형질들은 옥수수의 교잡육종을 위한 중요한 선발형질들임을 나타내었다. 이상의 결과에 의하면, 본 연구에 이용된 5개의 교배조합들 중에서 대비조합으로 쓰인 Mo17/B14A (수원19호) 조합은 조사된 대부분의 형질들에서 비교적 높은 생육 및 수량특성을 나타내었으므로 옥수수의 계통선발에 의한 품종육성에 유용한 품종 및 자원인 것으로 확인되었다.

사사

본 연구는 농진청 Biogreen 21 사업 발작물사업단의 연구지원금에 의해서 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

Choi K.J. 1993. Variation of characters related to stay-green by cultural condition and their inheritance in Maize(*Zea mays* L.). Ph. D. Thesis, Seoul National Univ.

Fountain M.D. and Hallauer A.R. 1996. Genetic variation within maize breeding populations. *Crop Sci.* 36: 26-32.

Gerdes J.J., Behr C.F., Coors J.G. and Tracy W.F. 1993. Compilation of north American maize breeding germplasm. CSSA. Madison, WI, USA.

Jones D.F. 1918. The effects of inbreeding and cross breeding upon development. In *Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull.* 207. pp. 5-100.

Lee J.K., Min H-K., Park J-Y., Huh N-K., Park K-J., Choi J-K., Park K-C. and Kim N-S. 2002. Molecular genetic distances and hybrid performances among maize inbred and their hybrids. *Kor. J. Genet.* 24: 281-290.

Shull G.H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Breeders' Assoc. Rep.* 4: 296-301.

Shull G.H. 1909. A pure-line method in corn breeding. *Am. Breeders' Assoc. Rep.* 5: 51-59.

Shull G.H. 1910. Hybridization methods in corn breeding. *Am. Breeders' Mag.* 1: 98-107.

Troyer A.F. 1999. Background of U.S. hybrid corn. *Crop Sci.* 39: 601-626.

Walters S.P., Russel W.A., Lamkey K.R. and White P.R. 1991. Performance and breeding depression between a synthetic and three improved population of maize. *Crop Sci.* 31: 80-83.

농림부. 국립농산물 검사소. 1998. 작물통계. p. 36, 67.

류시환, 박종열, 박기진, 허남기, 민황기. 2001. 검정찰옥수수에서 양친의 유전적 유사성과 조합능력의 상관. 한국육종학회지. 33(2): 95-103.

민황기. 2000. 분자유전학적 유연관계 분석을 이용한 옥수수 교잡종 육성에 관한 연구. 강원대학교

박사학위논문.

박종열, 김남수, 최재근, 민황기. 2001. 찰/초당 옥수수 잡종집단의 주요 농업형질들의 유전분석. 한국육종학회지. 33(2): 104-109.

(접수일 2004. 7. 30)

(수락일 2004. 9. 13)