핵심집단 육성을 위한 옥수수 계통의 형태적 특성 연구

김오겸¹ · 홍탁기¹ · 고우리¹ · 우수연¹ · 마술천¹ · 박종원² · 사규진¹ · 이주경^{1*}

¹강원대학교 농업생명과학대학 식물자원응용공학과, ²강원도 농업기술원

Analysis of Morphological Characteristics for a Core Set of 194 Maize Accessions

O Gyeom Kim¹, Tak Ki Hong¹, Woo Ri Ko¹, Su Yeon Woo¹, Shi Jun Ma¹,
Jong Won Park², Kyu Jin Sa¹, and Ju Kyong Lee^{1*}

¹Department of Applied Plant Sciences, College of Agriculture and Life Science,
Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24226, Korea

Abstract : In order to develop a core set and new corn variety in Korea, we evaluated the morphological characteristics of 194 maize accessions by examining eight quantitative characteristics. On the evaluation of quantitative traits for 194 maize accessions, they showed the morphological variations in tassel length (35.1 ± 5.0 cm), plant height (226.1 ± 33.7 cm), ear height (86.3 ± 22.6 cm), stem diameter (2.3 ± 0.6 cm), leaf width (9.3 ± 1.1 cm), ear length (14.5 ± 2.4 cm), ear row number (14.1 ± 1.9 row), and 100 kernel weight (24.9 ± 4.4 g). The results of principal component analysis (PCA) indicated that the tassel length, plant height, and ear height greatly contributed to positive direction on the first principal component axis. One-hundred kernel weight contributed to negative direction on the second principal component axis. Thus these morphological characteristics, which contributed greatly in the first and second principal components, might be useful for discrimination among 194 maize accessions. In our study, seven accessions, such as IT026357, IT026441, IT027321, IT033271, IT033591, IT033597 and IT124273, particularly were measured high on yield-related traits. Consequently, the 194 maize accessions used in this study could be used as promising materials for maize breeding programs such as development of new hybrid in Korea.

Keywords : maize, morphological variation, principal component analysis, core set, maize breeding programs

서 언

옥수수(*Zea mays* L.)는 벼, 밀과 함께 세계 3대 식량작물 중 하나로 우리나라를 포함하여 전세계적으로 식용, 간식용, 사료용, 공업용 등 다양한 용도로 이용되고 있다. 우리나라에서는 주로 식용 옥수수를 재배, 이용하고 있지만, 사료용 옥수수는 대부분 수입에 의존하고 있다. 2014년 국내의 옥수수 수급 동향을 살펴보면 옥수수 수입량은 약 10,138천 톤으로 많은 양이 수입되고 있으며, 그 중 약 80%(8,104천 톤)가 사료용 옥수수로 이용되고 있다(농림축산식품부 2015. 농림축산식품 주요통계).

더욱이 사료용을 포함한 옥수수의 국내 곡물자급도는 1%에 불과하기 때문에(Son et al. 2015), 국내에서 옥수수의 수입량 감소 및 곡물자급도 향상을 위해서는 국내 환경에 맞는 우수한 옥수수 신품종 개발이 필요하다.

현재 국내 옥수수 품종 육종은 국립식량과학원, 홍천 옥수수연구소 등의 국가기관의 주도 하에 이루어지고 있으며, 많은 우량 품종들이 육성되었다. 주로 식용 옥수수인 찰옥수수(Park et al. 2007a), 단옥수수(Lee et al. 2014), 초당옥수수(감미옥) 품종에 관심을 기울이고 있다. 최근 국민의 식생활의 변화로 축산물의 수요가 증가하면서 사료용 옥수수 품종들이 육성되어 이용되고 있지만, 여전히 국내산 옥수수 곡물가격이 수입산과 비교하여 2~3배 이상 높은 가격으로 인하여 경쟁력이 낮은 상황이다(Son et al. 2014, Son et al. 2015). 더욱이 소비자들의 건강에 대한

*Corresponding author (E-mail: jukyonglee@kangwon.ac.kr, Tel: +82-33-250-6415, Fax: +82-33-244-6410)

(Received on February 17, 2016. Accepted on April 1, 2016.)

관심이 급증함에 따라 안토시아닌 색소 등과 같은 기능성 물질이 추가된 옥수수 품종들이 개발되었다(Lee et al. 2011, Park et al. 2007b).

농촌진흥청 국립농업유전자원센터에서는 2008년을 기준으로 약 7,000 여 개의 옥수수 품종 및 계통들을 수집, 보존하고 있다(RDA 2009). 수집한 작물의 유전자원 보존과 품종 개발을 성공적으로 하기 위해서는 수집된 작물의 유전자원들에 대한 유전적 변이의 다양성을 측정 평가하고 이해하는 것이 매우 중요하다. 최근 수집된 유전자원의 수가 증가하면서 이러한 유전자원들의 효율적인 관리, 평가, 활용에 많은 제약이 발생하고 있다(Li et al. 2004). 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서 Frankel & Brown (1984)은 전체 유전자원의 유전적 다양성을 포함하는 소수의 핵심집단 육성을 제안하였다. 다양한 수집자원이나 품종들의 객관적이면서도 종합적인 분류방법인 다변량 분석법(Multivariate analysis)은 형태적 특성에 기초하여 수집된 집단 및 계통들 내에서 유전변이를 분석하는데 유용한 방법 중 하나이다(Nielsen & Munck 2003). 그 중에서 주성분분석법(Principal component analysis, PCA)은 형태학적 특성을 이용하여 수집된 식물 집단의 유전자원 분류에 많이 이용되고 있으며, 효과적이면서도 비교적 용이한 분석법 중 하나이다(Khorasani et al. 2011).

본 연구에서는 옥수수 신품종개발을 위한 자식계통 육성 및 핵심집단 육성을 목적으로 농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터에서 보존하고 있는 옥수수 유전자원들 중에서 분양을 받은 194개의 옥수수 유전자원 계통들에 대하여 형태적 특성 조사와 주성분분석을 이용한 형태적 변이를 분석하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 형태적 변이 조사

본 연구에서 분석에 이용한 옥수수 계통들은 2013년도에 국립농업과학원 농업유전자원센터에서 분양 받은 옥수수 계통들로서 IT번호는 Table 1에 나타내었다. 이들 분양 받은 옥수수 계통들 중에서 2014년에 총 500계통 옥수수에 대한 형태적 특성을 조사하기 위하여 강원대학교 부속농장에 각 계통 별로 20립씩 종자를 파종하여 20개체를 심었으며, 개체 간 거리는 25 cm, 계통 간 거리는 70 cm로 하여 일반 관행 재배법으로 재배하였다. 형태적 특성 조사는 각 계통별로 10개체씩 생육시기 별로 형태조사를 실시하였으며, 조사한 형질들은 웅수길이(QN1), 간장(QN2), 착수고(QN3), 간경(QN4), 엽폭(QN5), 이

삭장(QN6), 이삭열수(QN7), 백립중(QN8) 등 총 8개의 양적 형질이다(Table 2). 이들 중에서 계통 고정 여부, 재배 안정성(착수고) 및 수량성(이삭장, 이삭열수, 백립중) 등을 고려하여, 옥수수 194계통들을 선별하였다.

Data 통계 분석

옥수수 194계통들에서 측정한 8개의 양적 형질들에 대한 통계 분석은 Microsoft Excel 통계 프로그램 및 NTSYS 2.1 프로그램을 이용하여 수행하였다. 통계분석은 194개의 옥수수 계통들에서 조사한 형질들에 대하여 평균 및 편차 등 각 계통들에 대한 형질별 변이 분포를 조사하였다. 194개의 옥수수 계통들에 대한 형태적 변이 수준을 이해하기 8개의 양적 형질을 이용하여 주성분분석과 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

옥수수 계통들의 형태적 변이

본 연구에서 옥수수 194계통들에 대하여 8개의 양적 형질을 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 그 결과 웅수길이(QN1)는 21.0~49.8 cm의 범위로, 평균 35.1 ± 5.0 cm을 나타내었으며, 간장(QN2)은 150.4~323.4 cm의 범위로, 평균 226.1 ± 33.7 cm의 값을 나타내었다. 착수고(QN3)의 경우는 평균 86.3 ± 22.6 cm로 최소 40.0 cm에서 최대 171.5 cm의 범위를 나타내었다. 간경(QN4)은 평균 2.3 ± 0.6 cm로 1.3~5.0 cm의 범위를 나타내었다(Table 3). 일반적으로 내도복성은 옥수수 재배 시 매우 중요한 형질 중의 하나이며, 간경은 도복을 결정하는 중요한 형질들 중 하나인 것으로 확인되었다(Kashiwagi et al. 2008). 이전의 연구 결과, 내도복성을 나타내는 계통들은 착수고율이 50% 내외로 알려져 있으며(Ryu et al. 2001), 본 연구에서 이용된 옥수수 계통들은 모두 착수고율이 50% 내외였다. 더욱이 간장과 착수고의 길이를 고려했을 때, 간장이 길고 착수고가 높은 품종이 도복이 증가하고 수량감소를 유발한다고 보고되었다(Aldrich et al. 1986, Kim et al. 1997). 본 연구에 이용된 계통들은 착수고율은 50% 내외였지만, 많은 계통들이 너무 긴 간장과 착수고를 나타내어 도복에 약할 것으로 생각되었다. 엽폭(QN5)은 평균 9.3 ± 1.1 cm로 최소 5.9 cm에서 최대 12.2 cm의 범위를 나타내었다. 더욱이 엽폭은 엽면적을 구성하는 요인 중의 하나이며(Li et al. 2015), 엽면적은 바이오매스 및 최종 수량에도 간접적으로 관여하는 형질이다(Baute et al. 2015). 따라서 엽폭 역시 옥수수 육종에서 고려할 중요한 형질이다.

No.	IT number	Source	No.	IT number	Source	No.	IT number	Source	No.	IT number	Source	No.	IT number	Source
1	IT026342	(Suom3) flint	41	IT027186	KLC79327	81	IT027559	DS425	121	IT028038	DS2160	161	IT033602	Pioneer 3360
2	IT026345	bx,xx/bx3b	42	IT027187	KLC79328	82	IT027586	DS478	122	IT028072	DS2402	162	IT033606	NC6131
3	IT026348	la±/la1	43	IT027190	KLC79332	83	IT027627	DS563	123	IT028076	DS2402	163	IT033608	Royal dent Linda 85
4	IT026350	b2±, AB, P1	44	IT027193	KLC79338	84	IT027629	DS565	124	IT028098	DS2467	164	IT033609	Royal dent Nice 95
5	IT026351	ITU(+) [⊗]	45	IT027197	KLC79342	85	IT027649	DS593	125	IT028119	DS789	165	IT033610	Royal dent 100
6	IT026356	Oh 43 lg2	46	IT027198	KLC79343	86	IT027660	DS615	126	IT033248	PX 9144	166	IT033612	Royal dent 110
7	IT026357	P × 50A(F2)	47	IT027202	KLC79348	87	IT027662	DS619	127	IT033249	PX 14	167	IT033613	Royal dent Exp 108
8	IT026360	RH 49 Ht 1A	48	IT027208	KLC79360	88	IT027679	DS685	128	IT033250	PX 9288	168	IT102790	Huin Oksusu
9	IT026361	b2/b2→	49	IT027213	KLC79366	89	IT027681	DS688	129	IT033251	PX 39	169	IT103365	NereidRz.250
10	IT026362	xb2/b2 ×	50	IT027220	KLC79373	90	IT027706	DS721	130	IT033252	PX 933	170	IT103366	Austria 272
11	IT026363	103**51 × NN14 B	51	IT027221	KLC79374	91	IT027718	DS738	131	IT033254	PX 69 A	171	IT103367	Austria 290
12	IT026372	A619(FR)	52	IT027222	KLC79377	92	IT027721	DS743	132	IT033255	PX 9527	172	IT103368	Austria 390
13	IT026382	C128A	53	IT027243	KLC79407	93	IT027723	DS745	133	IT033257	PX 79	173	IT103369	HuonRz.440
14	IT026385	C188A	54	IT027244	KLC79409	94	IT027737	DS785	134	IT033258	H 765018	174	IT103370	Austria 430
15	IT026401	N5	55	IT027253	KLC79423	95	IT027742	DS798	135	IT033259	RX622	175	IT115021	S-19-84
16	IT026413	R71	56	IT027259	KLC79430	96	IT027768	DS882	136	IT033260	RX777	176	IT124200	A656
17	IT026415	R105	57	IT027261	KLC79433	97	IT027785	DS935	137	IT033261	RX864	177	IT124211	A632
18	IT026428	T111	58	IT027274	KLC79455	98	IT027788	DS942	138	IT033262	RX140 A	178	IT124217	AR204
19	IT026441	B37	59	IT027275	KLC79456	99	IT027798	DS973	139	IT033270	3382	179	IT124221	AR260
20	IT026442	N28	60	IT027277	KLC79458	100	IT027814	DS1011	140	IT033271	3424	180	IT124222	AR250
21	IT026453	KW×7	61	IT027285	KLC79469	101	IT027848	DS1101	141	IT033272	3529	181	IT124226	B79
22	IT026455	KW×10	62	IT027292	KLC79487	102	IT027864	DS1125	142	IT033273	3715	182	IT124228	B68
23	IT026463	KW×18	63	IT027295	KLC79490	103	IT027874	DS1141	143	IT033275	3747	183	IT124236	CI40A
24	IT026467	KW×22	64	IT027301	KLC79500	104	IT027887	DS1163	144	IT033278	XL28	184	IT124242	CI872
25	IT026473	KW×28	65	IT027306	KLC79513	105	IT027896	DS1185	145	IT033280	XL57	185	IT124245	DMR19
26	IT026582	442-1886(Sweet Com)	66	IT027308	KLC79516	106	IT027902	DS1195	146	IT033281	XL67	186	IT124246	DMR116
27	IT026587	T24(S,C)	67	IT027321	KLC79546	107	IT027917	DS1251	147	IT033282	XL73	187	IT124247	DMR119
28	IT026619	Syn A high 3rd Cycle	68	IT027325	KLC79551	108	IT027921	DS1268	148	IT033283	XL82	188	IT124259	H95
29	IT026627	7407,OPEar(100)	69	IT027338	To7	109	IT027943	DS1358	149	IT033284	XL394	189	IT124263	H60
30	IT026634	MER7501 4-1	70	IT027344	KS15	110	IT027945	DS1363	150	IT033286	82069	190	IT124264	H91
31	IT026994	LG11	71	IT027348	KS7	111	IT027944	DS1366	151	IT033288	MTC-4	191	IT124271	J2678T
32	IT026995	LG12	72	IT027357	Female8(KIP-1)	112	IT027965	DS1475	152	IT033290	Stardent A	192	IT124273	K1o7
33	IT026996	LG26	73	IT027359	Female8(KIP-3)	113	IT027966	DS1485	153	IT033292	Stardent A	193	IT124279	KI64A
34	IT027066	KLC79105	74	IT027360	Female10(KIP-4)	114	IT027974	DS1534	154	IT033588	Royal dent 95	194	IT124282	KI13A
35	IT027068	KLC79108	75	IT027379	DS22	115	IT027975	DS1535	155	IT033589	Royal dent 100			
36	IT027076	KLC79123	76	IT027448	DS180	116	IT027989	DS1642	156	IT033591	Royal dent 120			
37	IT027083	KLC79147	77	IT027470	DS230	117	IT027998	DS1694	157	IT033593	OS-950			
38	IT027106	KLC79195	78	IT027488	DS265	118	IT028015	DS1767	158	IT033594	OS-821			
39	IT027108	KLC79201	79	IT027501	DS291	119	IT028019	DS1805	159	IT033596	OS-990			
40	IT027112	KLC79205	80	IT027506	DS297	120	IT028027	DS1867	160	IT033597	OS-970			

Table 2. Characters used in the morphological analysis of 194 maize accessions.

Abbreviation	Character	When/how measured	Category
QN1	Length of Tassel	at flowering stage	cm
QN2	Plant Height	at maturing stage	cm
QN3	Ear Height	at maturing stage	cm
QN4	Stem Diameter	at maturing stage	cm
QN5	Leaf Width	at maturing stage	cm
QN6	Ear Length	after harvest	cm
QN7	Ear Row Number	after harvest	row
QN8	100 Kernel Weight	after harvest	g

Table 3. Mean, standard deviation and range for 8 quantitative characteristics in 194 maize accessions.

Morphological character	Unit	Mean $\pm$ SD	Minimum	Maximum
Tassel Length	cm	35.1 $\pm$ 5.0	21.0	49.8
Plant Height	cm	226.1 $\pm$ 33.7	150.4	323.4
Ear Height	cm	86.3 $\pm$ 22.6	40.0	171.5
Stem Diameter	cm	2.3 $\pm$ 0.6	1.3	5.0
Leaf Width	cm	9.3 $\pm$ 1.1	5.9	12.2
Ear Length	cm	14.5 $\pm$ 2.4	8.0	22.0
Ear Row Number	row	14.1 $\pm$ 1.9	8.0	18.0
100 Kernel Weight	g	24.9 $\pm$ 4.4	12.0	38.0

수량성과 관련 있는 형질들에서 이삭장(QN6)은 8.0~22.0 cm의 범위로, 14.5 $\pm$ 2.4 cm의 평균값을 나타내었다. 이삭열수(QN7)의 경우는 평균 14.1 $\pm$ 1.9 열로, 최소 8.0 열에서 최대 18.0 열의 범위를 나타내었다. 백립중(QN8)은 최소 12.0 g에서 최대 38.0 g의 범위로, 평균 24.9 $\pm$ 4.4 g의 값을 나타내었다(Table 3). 수량성은 이삭과 종실에 관여하는 형질들에 의해서 좌우되며, 본 연구에서는 분석에 이용된 194개의 옥수수 계통들에 대하여 이삭과 종실에 관련된 3개의 형질들에 대하여 비교적 높은 수치를 나타내는 계통들을 확인하였다. 그 결과, 194개의 옥수수 계통들 중에서 7개의 옥수수 계통(IT026357, IT026441, IT027321, IT033271, IT033591, IT033597, IT124273)들은 조사된 3개의 형질들 중에서 2개 이상의 형질들에서 비교적 높은 특성을 나타내었다. 따라서 이러한 계통들은 앞으로 이삭 및 종실수량이 높은 품종을 육성함에 있어서 유용한 육종소재로 생각되었다.

한편 본 연구에서는 194개의 옥수수 계통들에서 조사된 8개의 양적 형질들에 대하여 5%와 1%의 유의수준에서 상관관계 분석을 실시한 결과, 5%의 유의수준에서는 총 20개의 형질 조합에서 유의성이 인정되었고, 1%의 유의수준에서는 총 13개의 형질

조합에서 유의한 상관관계를 나타내었다(Table 4). 간장과 착수고 사이(0.798**)에서 1% 유의수준에서 가장 높은 정의 상관관계를 나타냈으며, 이삭열수와 백립중 사이(-0.162*)에서만 부의 상관관계를 나타내었다. 더욱이 웅수길이는 간장(0.504**)와 착수고(0.418**) 사이에서 비교적 높은 상관관계를 나타내었다(Table 4). 더욱이 본 연구에서 가장 높은 상관계수를 나타낸 간장 및 착수고 사이의 매우 밀접한 관계를 확인하였으며, 이들 두 형질은 재식밀도, 도복, 식물체의 건물중 등과 매우 높은 상관관계를 나타내는 것으로 알려져 있으며, 옥수수에서 주요 육종 형질이다(Cai et al. 2012).

옥수수 계통들의 주성분분석

본 연구에서는 194개의 옥수수 계통들 사이에서 계통들의 형태적 변이를 식별하기 위하여 8개의 양적 형질을 이용하여 주성분분석을 수행한 결과, 주성분의 기여율을 보면 제 1주성분에서 제 5주성분까지 전체 변이의 83.683%를 나타내었다(Table 5). 더욱이 고유치(Eigen value)가 1보다 크다는 것은 하나의 주성분이 변수 한 개 이상의 분산을 설명하므로 일반적으로 고유치가 1보다 큰 주성분만을 추출한다(Lee & Park 2003).

Table 4. Pearson correlation coefficients among 8 quantitative traits in 194 maize accessions.

	QN2	QN3	QN4	QN5	QN6	QN7	QN8
QN1	0.504**	0.418**	0.168*	0.234**	0.207**	0.143*	0.027
QN2		0.798**	0.321**	0.227**	0.309**	0.183*	0.183*
QN3			0.291**	0.099	0.280**	0.164*	0.032
QN4				0.314**	0.049	0.142*	0.055
QN5					0.136	0.189**	0.304**
QN6						0.020	0.131
QN7							-0.162*

** : Significance at $P < 0.01$; * : Significance at $P < 0.05$

Table 5. Eigen value estimated from principal component analysis.

Principal component	Eigen Value	Cumulative Variance
PC1	2.685	33.560
PC2	1.259	49.302
PC3	1.141	63.568
PC4	0.865	74.381
PC5	0.744	83.683
PC6	0.676	92.128
PC7	0.452	97.782
PC8	0.177	100

Table 6. Eigen vector from the first to third principal components.

Traits	PC1	PC2	PC3
Tassel Length	0.663	0.146	0.093
Plant Height	0.880	0.102	0.195
Ear Height	0.805	0.270	0.253
Stem Diameter	0.506	-0.076	-0.467
Leaf Width	0.464	-0.516	-0.516
Ear Length	0.450	-0.144	0.431
Ear Row Number	0.309	0.414	-0.589
100 Kernel Weight	0.227	-0.831	0.117

본 연구에서는 제 1, 2, 3주성분의 고유치가 1보다 큰 것으로 확인되어 제 1, 2, 3주성분만을 추출하여 이후 과정을 진행하였다. 더욱이 분석에 이용된 8개의 양적 형질들 중에서 웅수길이(0.663), 간장(0.880), 착수고(0.805)는 제 1주성분에서 양의 방향에 크게 기여하였다. 반면에 제 2주성분에서는 백립중(-0.831), 엽폭(-0.516)이 음의 방향으로 비교적 크게 기여하였으며, 제 3주성분에서는 이삭열수(-0.589)와 엽폭(-0.516)이 음의 방향으로 비교적 크게 기여하였다(Table 6). 이들 결과를 바탕으로 제 1, 2, 3축의 주성분에서 양과 음의 방향에 크게

기여한 형질들은 분석에 이용한 194개의 옥수수 계통들을 식별하는데 유용한 형질들인 것으로 생각되었다.

본 연구에서는 주성분분석 결과를 바탕으로 제 1, 2주성분을 이용하여 194개의 옥수수 계통들에 대하여 scatter diagram을 나타내었다(Fig. 1). 그 결과, 제 1축과 제 2축을 기준으로 4개의 사분면으로 나누어졌으며, 제 1사분면에는 IT027213를 포함하여 총 42개의 계통들이 위치하였으며, 제 2사분면에는 IT027308을 포함하여 총 52개의 계통들이 포함되었다. 더욱이 제 3사분면에는 IT027357를 포함한 총 55개의 계통들이 포함되었다. 마치

Fig. 1. Scatter diagram of 194 maize accessions based on principal components I (PC1) and II (PC2). ●: 42 accessions that relatively higher for QN1, QN2, QN3 and QN4 included in first quadrant; ○: 52 accessions included in second quadrant; ■: 52 accessions that relatively higher for QN8 included in third quadrant; □: 45 accessions that relatively higher for QN1, QN2, QN3, QN4 and QN8 included in fourth quadrant.

막으로 제 4사분면에는 IT028072를 비롯한 총 45개의 계통들이 포함되었다. 이상의 결과에 의하면 형태특성조사에서 엽폭(QN5), 이삭장(QN6), 이삭열수(QN7) 등의 형질들은 모든 사분면의 계통들에서 큰 차이를 보이지 않은 반면에, 웅수길이(QN1), 간장(QN2), 착수고(QN3), 간경(QN4)이 비교적 큰 계통들은 제 1, 4사분면에 분포하고 있었으며, 백립중(QN8)이 비교적 높은 계통들은 제 3, 4사분면에 분포하고 있었다(Fig. 1). 이상으로 본 연구에서 분석에 이용한 194개 옥수수 핵심집단은 앞으로 우량 옥수수 품종 개발에 매우 중요한 육종소재가 될 것으로 생각이 되며, 이들 재료들에 대한 형태적 변이 및 주성분분석의 결과는 이들을 육종소재로 이용함에 있어 계통 육성 및 교배조합을 예측하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 옥수수 핵심집단 및 신품종을 육성하기 위하여 국립농업과학원 농업유전자원센터에서 분양 받은 194개의 옥수수 계통들에 대하여 총 8개의 양적 형질들을 이용하여 형태적 변이 연구를 수행하였다. 8개의 양적 형질을 조사한 결과, 웅수길

이는 평균 35.1 ± 5.0 cm를, 간장은 평균 226.1 ± 33.7 cm를, 착수고는 평균 86.3 ± 22.6 cm를, 간경은 평균 2.3 ± 0.6 cm를, 엽폭은 평균 9.3 ± 1.1 cm를, 이삭장은 평균 14.5 ± 2.4 cm를, 이삭열수는 평균 14.1 ± 1.9 열을, 백립중은 평균 24.9 ± 4.4 g를 각각 나타내었다. 주성분분석결과에서는 8개의 양적 형질들 중에서 웅수길이, 간장, 착수고는 제 1주성분에서 양의 방향에 크게 기여하였다. 반면에 제 2주성분에서는 백립중(-0.831)이 음의 방향으로 크게 기여하였다. 따라서 본 연구에서 제 1축 및 제 2축의 주성분에서 양의 방향과 음의 방향에 크게 기여한 형질들은 분석에 이용한 194개의 옥수수 계통들을 식별하는데 유용한 형질들이므로 생각되었다. 본 연구에서 이삭과 종실에 관련된 형질들에서 비교적 높은 수치를 나타낸 7개의 계통들(IT026357, IT026441, IT027321, IT033271, IT033591, IT033597, IT124273)은 이삭 및 종실수량이 높은 품종을 육성함에 있어서 유용한 육종소재로 생각된다. 이상으로 본 연구에서 분석에 이용한 194개 옥수수 핵심집단은 앞으로 우량 옥수수 품종 개발에 매우 중요한 육종소재가 될 것으로 생각이 되며, 이들 계통들에 대한 형태적 변이 및 주성분분석의 결과는 이들을 육종소재로 이용함에 있어 계통 육성 및 교배조합을 예측하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 골든씨드프로젝트(식량중자사업단, 213001-04-3-SBA10, PJ009940022015)의 지원에 의하여 연구 되었음.

REFERENCES

1. Aldrich SR, Scott WO, Hoeft RG. 1986. Modern corn production A&L. Publications Inc. Station. Illinois.
2. Baute J, Herman D, Coppens F, De Block J, Slabbinck B, Dell'Acqua M, Pè ME, Maere S, Nelissen H, Inzé D. 2015. Correlation analysis of the transcriptome of growing leaves with mature leaf parameters in a maize RIL population. *Genome Biology* 16: 168.
3. Cai H, Chu Q, Yuan L, Liu J, Chen X, Chen F, Mi G, Zhang F. 2012. Identification of quantitative trait loci for leaf area and chlorophyll content in maize (*Zea mays*) under low nitrogen and low phosphorus supply. *MolBreed* 30: 251-266.
4. Frankel OH, Brown AHD. 1984. Current plant genetic resources - a critical appraisal. In *Genetics: New Frontiers*, Vol IV, pp 1-11. Oxford and IBH Publ. Co., New Delhi.
5. Kashiwagi T, Togawa E, Hirotsu N, Ishimaru K. 2008. Improvement of lodging resistance with QTLs for stem diameter in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor Appl Genet* 117: 749-757.
6. Khorasani SK, Mostafavi K, Zandipour E, Heidarian A. 2011. Multivariate analysis of agronomic traits of new corn hybrids (*Zea mays* L.). *International Journal of Agri Science* 1: 314-322.
7. Kim DA, Koh SB, Kwon CH, Kim MC, Han KJ, Kim JD, Lee KN, Shin DU, Kim JK. 1997. Evaluation of Early Maturing and Superior Performance Corn Hybrids for Silage in the Central North and Cheju Regions. *J Korean Grassl Sci* 17: 323-328.
8. Lee IS, Park JO. 2003. Assessment and classification of Korean indigenous corn lines by application of principal component analysis. *Korean Journal of Life Science* 13: 343-348.
9. Lee JS, Jung TW, Son BY, Shin SH, Kim JT, Bae HH, Baek SB, Ku JH, Hwang JJ, Kim SL, Kim SK, Kwon YU. 2014. A yellow sweet corn hybrid with high sugar content and lodging tolerance, 'Godangok'. *Korean J Breed Sci* 46: 476-480.
10. Lee JS, Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Kim SK, Kim SL, Baek SB, Seo JH, Lee JE, Kim SJ, Kwon YU, Kim WH, Park KJ, Shin HM, Huh CS, Kang DS. 2011. A bicolor waxy corn hybrid with high eating quality, 'Eolrukchal 1'. *Korean J Breed Sci* 43: 553-558.
11. Li C, Li Y, Shi Y, Song Y, Zhang D, Buckler ES, Zhang Z, Wang T, Li Y. 2015. Genetic control of the leaf angle and leaf orientation value as revealed by ultra-high density maps in three connected maize populations. *PLoS One* 10(3): e0121624.
12. Li Y, Shi Y, Cao Y, Wang T. 2004. Establishment of a core collection for maize germplasm preserved in Chinese National Genebank using geographic distribution and characterization data. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 845-852.
13. Nielsen JP, Munck L. 2003. Evaluation of malting barley quality using exploratory data analysis. I. Extraction of information from micromalting data of spring and winter barley. *J Cereal Sci* 38: 173-180.
14. Park KJ, Park JY, Ryu SH, Goh BD, Seo JS, Min HK, Jung TW, Huh CS, Ryu IM. 2007a. A new waxy corn hybrid cultivar, "Mibaek 2" with good eating quality and lodging resistance. *Korean J Breed Sci* 39: 108-109.
15. Park KJ, Ryu SH, Min HK, Seo JS, Park JY, Goh BD, Jang JS, Kim NS. 2007b. A new black waxy corn hybrid cultivar, "Miheugchal" with good eating quality and high yield. *Korean J Breed Sci* 39: 106-107.
16. RDA. 2009. Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Second Country Report to FAO.
17. Ryu SH, Park JY, Huh NK, Min HK. 2001. Relationship between genetic distance and hybrid performance of black waxy corn (*Zea mays* L.). *Korean J Breed Sci* 33: 95-103.
18. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Bae HH, Kim WH, Jung JK, Seo BY, Huh CS, Park JY. 2015. Single cross maize hybrid with lodging tolerance for grain, 'Dapyeongok'. *Korean J Breed Sci* 47: 87-91.
19. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Kim WH, Roh JH, Kim SL, Jung GH, Kwon YU, Ji HJ, Huh CS, Park JY. 2014. A new single cross maize hybrid for silage and grain, 'Cheongdaok' with lodging tolerance. *Korean J Breed Sci* 46: 172-177.