

과제 구분	기본연구	Code : LS0204	수행구분	전반기	연구기간	'02 ~ '03(완결)
연구과제명	옥수수 육종기술개발 및 재배법 개선			연구책임자	민 황 기	
세부과제명	찰옥수수 우량계통 품질검정시험					
연구원별임무						
구 분	소 속	성 명	담 당 임 무			
세부과제책임자	옥수수시험장	박 기 진	세부연구과제 총괄수행			
공동연구자	"	민 황 기	계통 선발			
	"	류 시 환	계통 선발			
색인용어	찰옥수수, 자식계통, 품질검정, 과피두께, 식미					

ABSTRACT

This experiment was conducted to estimate quality waxy maize lines developed at the Maize Experiment Station in GARES. Among 87 waxy inbreds, 20 inbreds were selected as the quality lines by investigating grain yield, 100-kernel weight, ear aspect, pericarp thickness, sucrose range, and panel taste.

1. 연구배경

찰옥수수의 품종육성은 고품질 소비 옥구를 충족하기 위하여 고품질 지향 육종방법이 절실한 실정이다. 그럼에도 불구하고 품질육종의 기반이 되는 품질관련 농업형질들의 실질적이고 구체적인 연구 상태는 미흡하다고 할 수 있다.

한국에서의 찰옥수수의 품질 연구는 품질 관련 형질이나 양질의 식용옥수수로서 갖추어야 할 주요 식미 관련 형질에 대한 연구이며, 이것은 육종 부분에서 실용화 되거나 사용된 예가 많지 않다. 전 세계적으로 옥수수의 육종 및 품질관련 연구는 활발하고 상당히 진전되어 있는 것이 사실이나 대부분 마치종의 일반 옥수수나 공업용 찰옥수수로 국한되어 있다. 한국, 중국, 동남아에서처럼 직접 삶거나 증숙하여 이용하는 풋찰옥수수는 상당히 많은 형태이지만 어떤 농업 형질이 찰옥수수 식미를 결정하는지에 대한 명확한 검토나 제안이 필요하다. 찰옥수수 품질 평가기준에는 어느 것이 필요하고 무엇을 육종 대상형질로 할지에 대한 연구가 절실한 실정이다. 우리나라에서는 전 충남대 최봉호 교수의 연구실에서 진행하였고 현재는 작물시험장 옥수수연구실에서 품질관련 형질에 대한 연구가 진행중이다.

지금까지의 찰옥수수 품질관련 형질중 대표적인 육종형질은 과피두께, 당도, 식미, 경도 등 이었으며 특히 과피두께에 대한 연구는 옥수수립의 부위별로 교잡종에 따라 차이가 있고 교잡종 옥수수의 과피두께는 모부본에 따른 정역효과가 있으며, 교잡종의 과피두께에 영향을 미치는 자식계통의 영향은 유전자의 상가적 효과가 다른 우성적 효과나 상위적 효과보다 커서 과피두께의 질적 향상(얇은 방향으로)을 위한 육종 계통의 효과를 기대할 수 있다고 하며, 과피두께에 관여하는 유전인자의 효과는 비교적 단순하면서도 얇게하는 유전인자의 효과는 두껍게 하는 유전인자의 효과보다 크다고 하여 육종적인 선발로 과피를 쉽게 조절할 수 있는 형질로 인식하고 있다. 과피두께에 대한 넓은 의미의 유전력은 출사후 일수에 상관없이 0.5이상을 보여 상당히 높았다. 수확시기에 따른 과피두께의 차이는 거의 없으며 도리어 수확시기가 출사후 30일 이상일 경우에는 도리어 얇아지는 경향을 보인다고 하였다.

외국에서의 과피두께에 대한 연구는 과피 유전분석에서는 한개의 주동유전자가 관여한다고 하는 보고와 단순인자에 의한다고 보다는 양적유전에 의해 지배되거나 과피의 육종적 조절이 가능한 수준의 유전인자에 의한다는 보고가 함께 있다. 그리고 옥수수의 배유의 유전자형 sugary, waxy, shrunken의 인자가 과피 두께에 미치는 영향에 대해서는 그다지 크지 않았고 과피를 얇게 하는 육종수단은 집단선발법이 효과적이라고 하였다. 또 다른 찰옥수수의 식미에 관련된 형질중에 경도는 수확시기가 늦추어질수록 확연하게 증가하는 경향이지만 계통간에는 수확시기에 상관없이 대단히 유의하게 차이를 보였고 경도에 대한 광의의 높은 유전력으로 우량계통의 선발이 대단히 중요하다고 하였다. 찰옥수수에 대한 당도와 식미와의 관련성은 보고된 바가 없으며 단옥수수, 초당옥수수의 대한 당도는 대략적으로 7~20%의 brix당도를 보이는 것으로 보고되고 있고 찰옥수수는 출사후 수확시기에 따라 당도의 변화가 있지만 풋옥수수의 경우에는 4-6% 정도로 보고되고 있다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 공시한 재료는 옥수수시험장에서 품질육종을 목표로 하여 육성한 과피두께가 비교적 얇은 87개 자식계통이며 옥수수시험장 육종포장에서 '02년과 '03년에 걸쳐 각각 2반복으로 파종시기는 2002년에는 5월 14일, 2003년에는 5월 12일로 실시하였다. 재식거리는 70×25cm로 하였고 기타 재배법은 옥수수 표준재배법에 준하였다. 품질검정과 관련된 형질(과피두께, 찰성, 당도, 식미)의 조사 대상 재료는 자식(selfing)을 통하여 얻어진 재료로 하였으며 당도 및 식미 재료는 DAP(days after pollination) 26일에 기준하여 샘플하였다. 당도검정은 시험구당 3이삭을 기본으로 하여 02년에는 각각 이삭당 5립을, 03년에는 이삭당 3립을 샘플하여 환원당중 glucose 함량에 대한 비색계 조사로 발색정도에 따라 당도정도(1:불량-4:우량)로 표시하였다. 식미조사는 출사일수별로 수확후 바로 증숙하여 -20℃ 냉동실에 저장한후 동일한 저장 시간이 경과하도록 하고 찰옥수수를 자주 먹어본 사람(평균 9명)이 오후 3시경 평가하였다. 찰성분석과 과피두께 조사는 자식된 알곡이 완전히 여은후 충분히 건조한 재료에 대하여 실시하였다. 찰성분석은 전체 알곡에 대상으로 Juliano's method를 따랐으며 과피두께 상온의 증류수에 24시간 충분히 침지후 과피측정기(일본 Saginomiya 모델명 : BGM-3)를 이용하여 배의 반대 부분의 과피를 5알곡에 대하여 조사한 후 최대값과 최소값을 제외한 3개의 자료를 평균하여 이용하였다. 다른 농업형질 조사는 옥수수 표준 조사 방법에 따랐다.

3. 결과 및 고찰

가. 계통간 농업형질, 품질형질 분석

대부분의 농업형질이 연차간의 유의한 차이를 보임으로서 기상이나 토양 등의 환경에 영향을 받는 것으로 판단되지만 이곳에서의 과피두께는 환경에 상당히 안정적인 형질으로 볼 수 있다. 이것으로 품질형질의 중요한 지표인 과피두께는 환경조건에 상당히 안정적이고 계통간 유의성이 있어 선발에 의한 효과가 대단히 크다고 기대할 수 있다.

Table 1. Significance levels of F-test in anova table for agronomic traits.

Source	DF	Ldg	PH	EHR	EA	EL	EW	GW	GY	PT	AC	SR
Year	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	**
Inbred	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
rep	**	**	**	**	*	ns	ns	**	**	*	**	ns
C.V.	3.11	63.15	7.27	8.74	18.53	10.11	8.03	13.79	27.96	12.18	0.73	19.45

DF - days to flowering, Ldg - lodging, PH - plant height,
 EHR - ear height ratio(ear height/plant height*100), EA - ear aspect, EL - ear length,
 EW - ear width, GW - 100-grain weight, GY - grain yield,
 PT - pericarp thickness, AC - amylopectin content,
 SR - sucrose range

Table 2. Significance levels of F-test in anova table for quality traits.

Source	PT	AC	SR	Lk	Flv	Sk	TS	Cw	TT
line	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
rep	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.	13.59	0.60	22.26	25.63	25.54	16.39	14.2	16.18	19.07

PT - pericarp thickness, AC - Amylopectin content, SR - sucrose range, Lk -looking,
 Flv - flavor, Sk -stickiness, TS - taste of sesame, CT - chewing taste, TT - total taste

반면에 아밀로펙틴 함량에 대한 계통간 차이는 없는 것으로 나타나 현실적(육안)으로 찰옥수수라고 할 수 있는 육종재료에 대해서는 현재와 같은 찰성의 함량분석은 찰옥수수내에서는 큰 의미가 없는 것으로 판단되며 도리어 아밀로펙틴 찰성분석의 향후 방향을 구성 찰성의 물리적, 이화학적 차이에 맞추어야 할 것으로 판단된다. 당도정도에 대한 자식계통간에도 유의한 차이를 보여 찰옥수수이면서도 당도가 높은 찰옥수수에 대한 기대를 하게 한다.

나. 상관 분석

출사일수에 대한 이삭상품성(EA), 백립중(GW), 종실중(GY)의 높은 상관성은 시험이 수행된 강원 흥천지역의 파종시기인 4월 하순으로부터 2-3주 이후에 재배됨으로서 이삭상품성, 백립중 그리고 종실수량이 떨어지는 것으로 이어졌다고 할 수 있다. 간장은 특히 착수고율, 종실수량과 정의 상관을 보였으며 이삭상품성(1:우량-5:불량)은 이삭길기와 종실수량 형질에 대하여 높은 부의 상관을 보임으로서 이삭상품성의 판단지표로 이삭길이, 백립중 그리고 종실중이 주요 대상이었음을 알 수 있다. 종실수량 관련에서는 조사된 수량구성 형질 중 이삭길기가 가장 상관이 높았고 이삭경, 백립중이 높았다.

Table 3. The relationships among agronomic traits of the waxy maize inbred.

	Ldg	PH	EHR	EA	EL	EW	GW	GY
DF	-0.209**	0.118*	0.075	0.575**	-0.263**	0.165**	-0.332**	-0.442**
Ldg		0.168**	0.139**	-0.258**	-0.000	-0.022	-0.132*	0.111*
PH			0.406**	-0.278**	0.231**	0.237**	0.062	0.369**
EHR				-0.235**	0.110*	0.249**	-0.119*	0.308**
EA					-0.561**	-0.138*	-0.323**	-0.800**
EL						0.113*	0.325**	0.646**
EW							0.067	0.370**
GW								0.364**

DF - days from planting to flowering, Ldg - lodging, PH - plant height, EHR - ear height ratio(ear height/plant height*100), EA - ear aspect, EL - ear length, EW - ear width, GW - 100-grain weight, GY - grain yield

과피두께가 클수록 식미조사 대부분의 형질에서 나쁘게 나타나는 경향이 뚜렷하였으며 착성은 자식계통간의 차이가 없었던 결과(Table.1)로 찰옥수수라고 하는 계통은 아밀로펙틴의 계통간 차이가 식미와 상관을 보일 정도로 차이가 나지 않는다고 할 수 있다.

당도 정도는 계통간에 차이가 있지만 이 실험에서는 맛에서의 차이로 구분할 수는 없었다. 식미조사 형질간의 상관에서는 전체적인 맛은 차진맛, 씹는맛, 고소한맛과 상관이 높았으며 이는 이들 맛이 전체적인 맛의 좋고 나쁨을 결정하는데 중요한 조사형질임을 반증한다고 할 수 있다. 이어서 향기와 외관도 전체적인 식미를 결정하는데 중요한 조사 형질로 나타났다.

Table 4. The relationships among quality traits of the waxy maize inbred.

	AC	SR	Lk	Flv	Sk	TS	CT	Total taste
PT	0.123	-0.057	-0.191*	-0.218**	-0.215**	-0.223**	-0.268**	-0.212**
AC		-0.047	0.077	0.012	0.031	0.117	0.043	0.144
SR			-0.033	-0.075	0.097	0.091	0.191*	-0.000
Lk				0.574**	0.355**	0.510**	0.380**	0.485**
Flv					0.448**	0.607**	0.463**	0.513**
Sk						0.717**	0.824**	0.793**
TS							0.696**	0.750**
CT								0.792**

PT - pericarp thickness, AC - amylopectin content, SR - sucrose range, Lk -looking, Flv - flavor, Sk -stickiness, TS - taste of sesame, CT - chewing taste, TT - total taste

다. 우량 자식계통의 선발

자체 육성한 87 자식계통 중에서 20계통을 선발하였으며 농업형질에서는 채종과 깊은 관련이 있는 종실수량, 백립중, 이삭상품성에, 품질관련 형질에서는 종피두께, 당도, 식미(전체기호도)를 주요 형질로 선발하였다.

Table 5. The performance of agricultural traits of the selected waxy maize inbred.

Entry No.	Pedigree	Source	DF (days)	Bm (1~9)	Et (1~9)	PT (1~9)	PH (cm)	EH (cm)	Ldg (1~9)
6	01S5058	Daehakchal	84	6.0	1.5	4.5	132	62	1.0
10	01S5319	Daehakchal(op)	81	7.0	1.0	4.5	137	55	1.0
16	01S6067	Daehakchal/KW7	80	6.5	1.0	3.5	140	75	1.0
17	01S6071	Daehakchal/KW7	79	7.5	1.0	4.0	132	68	1.5
27	01S6123	Daehakchal	79	8.0	1.0	4.0	156	67	1.3
28	01S6147	Daehakchal/KW7	80	7.0	2.0	5.5	125	64	1.0
29	01S6149	Daehakchal/KW7	81	4.0	3.0	3.0	163	88	1.0
30	01S6151	Daehakchal/KW7	80	7.5	3.5	6.5	127	62	1.0
34	01S7024	Daehakchal	80	4.0	1.0	5.5	141	54	1.5
40	01S7115	Daehakchal/KW7	83	6.0	3.0	3.5	143	74	1.5
50	01S8043	Daehakchal/KW7	85	7.5	1.0	5.0	145	64	1.3
52	01S8056	Daehakchal	79	4.5	1.5	5.0	145	57	1.3
57	01S8098	Daehakchal/KW7	78	7.5	2.5	5.0	133	65	1.8
64	01BS5040	Hwachen	86	5.5	1.0	6.0	164	95	3.3
70	01BS6067	Yoengidongmyen	92	7.5	1.0	6.0	150	97	2.8
73	01BS7058	Yanggubangsan	80	7.5	1.0	5.5	130	68	2.5
79	01BS7073	Hwachen	82	6.0	1.0	6.0	174	103	2.3
90	01BS7144	Misang/Yuengil	84	7.5	1.5	6.0	155	74	2.3
91	01BS7147	Misang/Yuengil	85	8.0	1.0	6.0	163	80	2.8
94	01BS8063	Tongyoung	86	6.5	1.0	6.0	166	83	1.3
Mean	-		82.2	6.3	1.5	4.9	146.1	72.8	1.6
Total Mean	-		81.4	6.7	1.5	5.4	133.2	62.7	1.7

Bm(*Bipolaris maydis*), Et(*Exserohilum turcicum*), Ldg - 1:Strong ~ 9:weak

PT - 1:good ~ 9 :bad, DF - days to flowering, Ldg - lodging, PH - plant height,

EH - ear height, PT - plant type

전체 시험의 종실중 평균은 170.9kg/10a이지만 선발된 자식계통의 평균은 196.2kg/10a로 약 115% 수준이며 백립중은 19.5g 으로 전체 평균 18.1g보다 108% 수준이다. 당도 정도는 선발계통이 전체 평균과 비슷한 수준이며, 식미는 전체 시험구 평균이 2.9의 값을 보인 반면 선발계통의 평균은 3.2로 식미가 우수한 계통을 선발하였다. 선발된 계통은 전체 평균보다 출사일수가 약 1일 더 많고 간장과 착수고에서는 다소 큰 것으로 선발되었다.

Table 6. Yield and edible quality traits of the selected waxy maize inbred.

Entry No.	Pedigree	Seed color	GY (kg/10a)	GW (g)	EL (cm)	EW (cm)	EA (1-9) b	PT (μ m)	AC (%)	SR (1-4) J	TT (1-5) J
6	01S5058	W	172	22.9	11.0	3.1	4.0	55.7	94.1	2.2	3.3
10	01S5319	"	187	19.0	12.3	3.2	4.5	56.2	94.2	2.1	3.0
16	01S6067	"	208	19.4	12.1	3.0	3.8	45.3	94.1	2.0	3.3
17	01S6071	"	232	21.1	11.7	3.2	3.5	41.1	94.0	2.0	3.1
27	01S6123	"	210	25.5	12.0	3.0	3.5	61.3	94.1	2.7	3.2
28	01S6147	"	170	18.1	11.4	3.0	4.0	38.2	94.5	2.0	3.3
29	01S6149	"	283	22.2	13.1	3.2	2.5	60.2	94.6	2.1	3.4
30	01S6151	"	229	21.4	12.0	3.1	3.8	43.9	93.6	2.2	3.3
34	01S7024	"	220	24.9	12.1	2.9	4.0	50.7	94.3	2.4	3.4
40	01S7115	"	195	20.1	12.8	3.2	3.5	45.8	94.0	2.4	3.5
50	01S8043	"	164	18.5	12.2	3.1	4.0	44.0	94.5	2.0	3.3
52	01S8056	"	206	23.7	11.7	2.8	4.3	54.5	94.5	2.5	3.7
57	01S8098	"	214	21.0	11.8	3.0	3.8	44.2	94.8	2.3	3.4
64	01BS5040	BL	213	16.0	11.9	3.5	4.0	49.4	93.9	2.2	3.1
70	01BS6067	"	173	13.4	9.6	3.6	4.3	48.5	91.9	1.6	3.1
73	01BS7058	"	176	19.3	10.2	3.7	4.8	59.9	94.1	2.2	3.1
79	01BS7073	"	217	17.8	11.3	3.4	4.3	55.3	94.7	2.1	3.2
90	01BS7144	"	228	16.0	10.4	3.5	3.5	53.5	93.4	2.1	2.9
91	01BS7147	"	183	14.1	11.6	3.1	4.5	55.1	93.1	1.9	3.3
94	01BS8063	"	231	15.4	12.7	3.3	3.5	59.4	93.7	1.8	3.4
Mean	-	-	196.2	19.5	11.7	3.2	3.8	51.1	94.0	2.1	3.2
Total Mean	-	-	170.9	18.1	11.1	3.1	4.5	54.8	94.0	2.0	2.9

♪ : EA - 1(good) ~ 9(bad)

J : SR - 1(bad) ~ 4(good), TT - 1(bad) ~ 5(good)

DF - days to flowering, Ldg - lodging, PH - plant height, EA - ear aspect,

EL - ear length, EW - ear width, GW - 100-grain weight, GY - grain yield,

PT - pericarp thickness, AC - amylopectin content,

SR - sucrose range, TT - total taste

4. 적 요

수년간 육성한 찰옥수수 자식계통을 농업형질과 품질관련 형질의 조사로 품질 우량 자식계통을 선발하기 위한 실험에서 87 자식계통을 평가하여 종실수량, 백립중, 이삭상품성의 생육형질과 과피두께, 당도정도, 식미를 평가함으로써 품질 및 생육 우량한 20 자식계통을 선발함으로써 품질육종의 교배친으로 활용할 수 있어 실질적인 품질우량 교잡종의 육성의 단초가 되었다. 하지만 선발되어진 흰찰옥수수 자식계통은 대학찰(연농1호)에서 교잡, 분리된 계통이 대부분이어서 품질 육종의 기본 자원의 확대가 시급하다고 할수 있다.

또한 찰옥수수 품질관련 관능평가를 오차가 적으며 신뢰할수 있는 평가기준과 기술이 절실히 요구 된다. 지금까지 풋옥수수의 관능검사는 대략적인 경향을 확인하는 정도로 진행되어 온 것이 현재까지의 수준이지만 앞으로 더욱 객관적이고 실험오차를 줄이며 식미 조사형질에 대한 명확한 판단기준을 제시하는 등 관능검사의 방법을 개선해야 한다. 그리고 식미를 결정하는 중요 형질을 명확히 하고 발굴하여 풋찰옥수수의 식미와 관련성이 있음을 확인해야 한다. 그리고 옥수수의 전분질에 대한 세밀한 구분과 식미와의 연관성을 연구하는

것이 품질육종의 중요한 과제이다.

5. 인용문헌

이인섭, 최봉호, 이원구, 이희봉. 1993. 찰옥수수 과피두께의 유전. 한작지 38(6) : 489-494.

정만곤, 전영승, 이서구, 박종문, 임번삼. 1998. 찰옥수수 산화전분의 이화학적 특성. 한국 식품과학회지 30(1) : 42-48.

최봉호, 이원구, 백만기, 이희봉, 박승의. 1993. 식용찰옥수수의 질감성에 관한 연구. 농업 논문집(농업산학협동) 35 : 33-44.

Helm, J.L., and M. S. Zuber. 1969. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. Crop Sci. 9 : 803-804.

St. Martin S., P.J. Loesch, and W.J. Wisner. 1980. A simplified technique for measuring pericarp thickness in maize. Maydica 25 : 9-16.

6. 연구결과 활용제목

- 찰옥수수 자식계통의 품질관련 형질의 상관 및 선발지수를 이용한 품질우량계통의 선발