

찰 옥수수果皮두께의 遺傳

李仁燮* · 崔鳳鎬** · 李元九** · 李喜鳳**

Interitance of Pericarp Thickness of Waxy Maize

In Sup Lee* · Bong Ho Choe** · Won Koo Lee** and Hee Bong Lee**

ABSTRACT : The amount of maize being imported from other countries to meet the national demand are increasing every year. Regardless of the usage whether it is for silage or for human consumption, amount of seeds for farmers are ever being increased. In order to solve the problems arising from the seed import, a program for developing waxy hybrids with high quality was set up at the College of Agr., Chungnam National University. The main breeding targets for high quality waxy hybrids are focused on the pericarp thickness. In order to obtain basic information needed for developing hybrids with thin pericarp, six inbred lines all derived from open pollinated Korean waxy lines were diallel crossed.

Results obtained indicate that waxy hybrids with thin pericarp can be developed by choosing proper parental lines. Of the six inbreds, Jewon inbred had utmost thin pericarp compared with other lines. Hybrids crossed with Jewon showed also thinner pericarp than other hybrids. However, Danyang which has thick pericarp showed thicker pericarp in hybrid combinations. Variance due to general combining abilities was greater than the variance due to the specific combining abilities, indicating that additive gene effects are more important. The pericarp thickness of waxy hybrid endosperm varied with the parts of pericarp. The germinal side of the pericarp is comparatively thinner than the abgerminal side. The upper part(crown) has thicker pericarp than lower part(tip) of the kernel.

Key word : Waxy maize, Pericarp thickness

매년 食用옥수수의 國內 需要를 충족하기 위하여 外國으로부터 수입하는 種子量은 增加 趨勢에 있고, 이에 소요되는 外貨 또한 증가하고 있다. 따라서 옥수수의 國內 需要를 충족하고 外國으로부터 수입하는 옥수수의 종자를 대체할 수 있는 食用 옥수수의 交雜種 개발은 매우 필요하고 절실한 문제가운데 하나이다.

이같은 절실한 문제를 해결하고자 현재 국내에서 유일하게 노력하고 연구하고 있는 研究機關은 農村振興廳 作物試驗場 田作2科와 忠南大學校 農科大學 農學科의 遺傳·育種 연구실 뿐이다.

그간 이 두 機關에서 食用 옥수수 개발을 위하여 연구한 결과를 보면 우선 農村振興廳의 作物試驗場 田作2科에서는 실질적인 交雜種(예, 단옥2호,

* 경성대학교 이과대학 생물학과(College. Natural Sci., Kyungseong Univ., Pusan)

** 충남대학교 농과대학 농학과(Agr. College., Chungnam National Univ., Taejon, Korea)

〈'93. 11. 3 接受〉

찰옥1호 등)을 개발하여 발표한 바 있으며, 忠南大學校 農科大學 農學科 遺傳·育種 研究室에서는 在來種 옥수수를 전국적으로 수집하여 많은 育種 資料를 확인 평가하고 交雜種에 이용할 自殖系統 들을 遺傳資源으로서 육성 보존하고 있다. 그러나 어찌된 이유에서인지 아직도 輸入되는 옥수수의 種子量은 줄지 않고 있으며, 내년(1994)에도 금년 과 마찬가지로 많은 量의 옥수수 종자(주로 단 옥수수나 초당 옥수수)가 수입될 전망이다. 이와같은 엄연한 현실적인 문제를 하루빨리 해결하여야 하는 것이 農村振興廳 作物試驗場 田作2科와 忠南大學校 農科大學 農學科 遺傳·育種 研究室의 당면 과제라 하겠다. 문제의 해결은 무엇보다도 우수한 양질의 식용옥수수를 하루 속히 개발함으로써 가능할 것이다. 여기서 우수한 良質의 食用 옥수수가 함은 다음과 같은 조건을 충족함을 뜻한다.

1. 재배에 안전성이 높고 수확량이 높을것. 즉 耐倒伏性이나 耐病性등이 강하며, 상품가치가 있는 옥수수 이삭(이삭길이 17cm 이상)으로 反當 4500개 이상 수확할 수 있어야 한다.
2. 輸入옥수수보다 質的인 면에서 우수해야 된다. 즉 단 옥수수인 경우에는 총당함량이 6.0% 이상이어야 하며, 초당 옥수수인 경우에는 20% 이상이어야 한다.
3. 찰옥수수인 경우에는 옥수수립의 질김성(tenderness)이 매우 낮아야 한다. 찰옥수수의 질김성은 주로 옥수수의 果皮에 의하여 크게 영향을 받음으로 우선 果皮 두께가 50 μ m이하로 얇아야 된다.

이상과 같은 食用 옥수수로서의 조건을 충족시키기 위하여는 육종재료의 선택이 중요할 것으로 생각된다. 옥수수의 육종연구가 대단히 많고 또 활발하게 진행되고 있는 미국에서 흔히 이용되고 있는 옥수수는 馬齒種 옥수수이고, 찰옥수수는 食用이 아닌 工業用으로 이용되고 있다. 따라서 찰옥수수 육종을 위한 육종재료를 미국의 옥수수에서 찾는 것보다는, 오랜 기간동안 우리나라의 환경조건 하에서 순화 적응되어 재배되어 온 재래종이 적합할 것으로 보여 忠南大學校 農科大學 農學科 遺傳·育種 研究室에서 著者들은 1978년부터 전국을 통하여 在來種을 蒐集, 保存, 評價하며 自殖系統을

육성하여 왔다.

그동안 果皮의 두께에 대한 연구를 보면, 과피는 食用 옥수수의 食味에 영향을 주며^{7,8)}, 한편으로는 옥수수립의 보호와 불량한 조건하에서의 發芽등에도 영향을 준다는 보고도 있다^{3,4,5)}. 그러나 본 연구에서는 과피의 두께가 양질의 옥수수를 육성하는데 크게 영향을 줄 것으로 생각되어 과피의 두께에 관한 유전적 정보를 얻고자 양친으로 육성한 自殖系統과, 이들 계통들의 二面交配에 의해 만들어진 交雜種들에 대해 분석하였다.

材料 및 方法

본 연구에 공시한 材料는 寶城외 5개 自殖系統과 6개 自殖系統間에 二面交配된 30개 交雜種(逆交配 포함)이었다. 이들 自殖系統들을 1992년 겨울에 필리핀 소재 필리핀 대학교 식물육종연구소(Institute of Plant Breeding, IPB)에 파종한 후 交配하여 얻은 종자를 1993년 5월 10일 忠南大學校 試驗農場에 파종하여 분석하였다. 파종거리는 5m 畦長에 60cm 畦間이었고, 株間거리는 30cm로, 구당 4열식 파종되었다. 自殖系統은 自殖시켰으며, 交雜種 역시 自殖하여 F₂ 종자를 얻었다. 측정할 果皮는 완전히 성숙한 옥수수의 이삭 중간 부위에서 10粒을 임의로 취하여 常溫의 물에 24시간 담근 후 꺼내어 Wolf등¹⁴⁾이 발표한 방법에 따라 취하였다. 측정할 과피 부위는 胚부위, 胚의 裏面부위, 粒의 左, 右부위와 각 부위를 다시 각각 上, 下로 나눈 총 8개 부위였다. 각 부위의 크기는 약 4mm²였고 완전 건조 후 日本의 有限會社 德丸理研에서 제작한 MDC-25M형의 두께 측정기(micrometer)로 果皮두께를 측정하였다.

結果 및 考察

1. 自殖系統과 交雜種의 平均 果皮두께 비교

자식계통별 평균 과피 두께를 과피의 部位에 관계없이 본 결과는 표 1과 같다.

自殖系統 중에서 堤原系統의 果皮가 평균 43.4 μ m

으로 가장 얇았고 다음으로 唐津系統과 七寶系統 순으로 얇았다. 果皮 두께가 가장 두터웠던 계통은 丹陽系統이었다. 이처럼 자식계통중에서도 果皮의 평균 두께가 다르다는 보고는 기히 Helm 등²⁻⁵⁾이 보고한 바 있으며 두께의 절대값만 다를 뿐 동일한 결과를 최 등¹⁾은 보고한 바 있다. 果皮두께가 얇았던 계통(예, 堤原, 唐津 등)은 食味が 좋은 찰옥수수의 육중에 활용될 수 있을 것으로 본다.

한편 이들 自殖系統들을 二面交配하여 얻은 交雜種들에 대한 果皮의 평균 두께를 果皮의 부위에 관계없이 보면 표 2와 같다. 표 2에서와 같이 寶城 × 堤原 조합과 堤原 × 陸熙 조합의 果皮두께가 매우 얇았는데 이들은 모두 堤原系統을 交配親으로 이용하였던 交雜種들이었다. 한편 丹陽계통과 교배된 交雜種에서는 한결같이 果皮가 두꺼운 편이었다. 특히 흥미있었던 것은 표의 하단과 우편에 있는 평균치를 비교하면 어떤 계통과 교배될 경우 과피가 두껍게 되고 어떤 계통과 교배될 경우 果皮 두께가 얇게 되는지를 알 수 있었다. 交雜種들에 대한 이같은 果皮두께의 차이에 대해 많은 보고가 馬齒種 옥수수와 단옥수수에서 있었다^{6,7,10-12)}. 이

들 보고에 의하면 한결같이 交配組合에 따라 果皮 두께는 차이가 있다고 하였으나 표 2에서와 같이 계통에 따라 큰 차이를 보인 시험결과는 매우 드문 것으로 생각된다. 이에 대해서는 다음의 組合能力에서 다시 고찰하였다. 또한 交雜種들에 대한 果皮 두께는 옥수수립의 발달시기별로도 차이가 있음을 崔¹⁾ 등은 보고한 바 있으나 본 연구에서는 이점에 대해서 조사하지는 않았다. 正交配와 逆交配를 한 二面交配에서 逆交配가 果皮의 두께에 영향을 미치는지 여부를 조사하였던 바 교배조합에 따라 正逆效果가 있었음을 알 수 있었다.

2. 옥수수립의 部位別 果皮두께 비교

옥수수립의 胚가 있는 부위(germinal)와 그 반대쪽(abgerminal), 그리고 옥수수수립의 양쪽(left와 right) 果皮의 두께가 각각 다른가를 알기 위하여 交雜種(역교배 불포함)들에 대하여 分散分析한 결과 交雜種에 따라 고도의 유의성이 인정되었고(표 3), 옥수수립의 部位간에도 고도의 有意성이 인정되었다. 특히 주목할 것은 交雜種과 部位와의 相互作用도 高度의 有意성을 보여주었다는 점이다. 이는 部位別 粒의 두께가 交雜種에 따라 차이가 있음을 뜻한다고 할 수 있다. 우선 交雜種과 相互作用을 무시한 채 부위별 평균 果皮두께를 보면(표 4) 胚가 있는 부위가 80.3 μ m로 가장 얇았고 다음이 胚 뒷면의 果皮가 얇았으며 옥수수립의 양쪽은 모두 두꺼웠으나 粒의 兩面사이에는 유의성 있는 차이가 인정되지 않았다. 다음 相互作用에 대해서는 交雜種 가운데 堤原 × 陸熙, 堤原 × 唐津, 七

Table 1. Mean pericarp thickness of inbred lines, μ m

Bosung	Jewon	Chilbo	Yunghee	Dangjin	Danyang
103.2b*	43.4d	65.2c	98.5b	62.5c	115.3a

* Means followed by the same letter within row are not significantly different at 1% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 2. Mean pericarp thickness of inbreds and hybrids from diallel crosses, μ m

	Bosung	Jewon	Chilbo	Yunghee	Dangjin	Danyang	Mean
Bosung	100.1 a*	44.8 bc	88.3 ab	87.8 abc	121.0 a	119.4 a	94.1 ab
Jewon	60.4 c	43.4 c	73.6 bc	56.5 d	64.5 c	71. c	61.6 d
Chilbo	79.3 b	51.8 abc	65.2 c	75.0 c	74.6 c	115.2 a	76.8 c
Yunghee	82.1 b	54.6 abc	75.0 bc	98.5 bc	58.2 c	90.8 b	76.5 c
Dangjin	101.7 a	61.3 ab	98.4 a	80.5 a	62.5 c	124.7 a	88.2 b
Danyang	86.8 ab	68.1 a	105.3 a	94.7 a	102.3 b	115.3 a	95.4 a
Mean	85.6	54.0	84.3	82.2	80.5	82.1	82.1

Diagonal values from top left to down right are pericarp thickness of parental inbreds.

Values above and below the diagonal are pericarp thickness of hybrids and reciprocal hybrids.

* Means followed by the same letter within column are not significantly different at 1% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Analysis of variance for pericarp thickness of different parts of endosperm

S.V	D.F	F
Treatments	55	112.8 **
Hybrids (A)	14	443.5 **
Parts ¹ (B)	3	28.9 **
A×B	42	9.1 **
level ² (C)	1	65.2 **
A×C	14	10.8 **

¹ Germinal, abgerminal, left, and right sides of the kernel.

² Upper and below parts of the kernel

** Significant at 1% level.

寶×唐津, 陸熙×唐津 組合은 胚부위가 반대쪽 부위보다 두꺼웠고 반면에 寶城×陸熙, 寶城×唐津, 寶城×丹陽, 堤原×丹陽, 七寶×丹陽, 唐津×丹陽 組合들은 胚 부위가 오히려 반대 부위 보다 얇았다. Helm등⁵⁾과 Ito⁷⁾등도 사료용 옥수수과 단옥수수에서 과피두께가 과피의 부위에 따라 차이가 있음을 보고한 바 있다.

3. 옥수수립의 上, 下부위에 따른 果皮두께

옥수수립의 上, 下부위별 과피 두께의 차이를 알 고자 15개 교잡종 종자에서 각각 10립씩 임의로 취

하여 종자의 果皮를 上, 下로 구분하여 측정 한 후 분산 분석한 결과를 보면 교잡종들 사이에 고도의 차이가 있었고, 上, 下 부위에 따라서도 고도의 차이가 인정되었다(표 4). 물론 크지는 않지만 교잡종과 부위사이의 상호작용에도 유의성이 인정되었다. 상위 부분과 하위 부분의 果皮의 평균두께는 각각 82.7과 86.1로 상위부분의 두께가 下位 보다 얇았었다(표 4). 이같은 결과는 Wolf⁴⁾등이 馬齒種 옥수수에 대해 발표한 것과도 일치한다.

4. 果皮의 두께에 대한 組合能力檢定

우리가 食用으로 이용하는 것은 F₁ 식물체에 달린 F₂ 종자가 된다. 따라서 F₂ 종자의 果皮는 母體 즉 F₁ 식물체에 해당된다. 본 연구에서 二面交配하여 얻은 F₂ 이상의 果皮 두께에 미치는 양친 자식계통들의 영향을 알고자 一般組合能力과 特定組合能力을 분석한 결과를 보면 표 5와 같다. 표 5의 分散分析에서 보는 바와 같이 一般組合能力의 효과와 特定組合能力이 다 같이 고도의 유의성이 있었으나 대부분의 分散은 일반조합능력에 의한 것이고 특정 조합능력이나 역교배의 효과에 의한 分散의 크기는 비교적 작았다. 이와 같이 일반조합 능력의 효과가 크다는 것은 유전자의 상가적 효과가 다른 優性的 效果나 上

Table 4. Mean pericarp thickness of different parts of endosperm, μm

Hybrids	Germ.	Abgerm.	Left	Right	Up	Down	Mean
Bosung / Jewon	46.6	46.6	42.1	43.9	44.5	45.8	44.8 j*
Bosung / Chilbo	85.1	86.4	90.3	91.6	83.3	88.1	88.3 de
Bosung / Yunghee	76.1	104.1	85.1	85.7	79.0	96.6	87.7 e
Bosung / Dangjin	108.5	112.8	131.1	131.9	122.1	120.0	121.0 b
Bosung / Danyang	110.7	130.1	118.4	118.6	114.0	124.0	119.4 b
Jewon / Chilbo	73.2	71.0	74.2	76.1	73.4	73.9	73.6 f
Jewon / Yunghee	58.6	50.5	58.0	59.0	54.2	58.8	56.5 i
Jewon / Dangjin	68.7	58.6	64.6	66.2	63.1	66.0	64.5 h
Jewon / Danyang	61.3	73.1	74.6	74.9	71.1	70.8	71.0 g
Chilbo / Dangjin	82.4	59.6	78.2	78.2	76.0	73.2	74.6 f
Chilbo / Danyang	99.4	123.8	118.7	119.1	113.4	117.2	115.2 c
Yunghee / Dangjin	61.1	49.4	63.8	58.7	58.2	58.3	58.2 i
Yunghee / Dnyang	84.9	93.5	94.2	90.6	88.9	92.7	90.8 d
Dangjin / Danyang	108.5	117.6	136.1	136.8	121.4	128.1	124.7 a
Dangjin / Yunghee	87.3	62.2	71.0	85.5	77.7	77.0	77.3 f
Mean	80.3 c	84.1 b	87.8 a	87.9 a	82.7 b	86.1 a	

* Within a column or row, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

Table 5. Analysis of variance for general and specific combining abilities of pericarp thickness

S.V	D.F	M.S	F
GCA	5	2432.6	347.1 **
SCA	15	242.9	34.6 **
Reciprocal	15	132.4	18.9 **
Error	35	7.0	

** Significant at 0.01 level.

位的 效果보다 크다는 것을 뜻함으로 果皮두께의 향상을 위한 육종적 효과를 기대할 수 있을 것으로 본다.

각 自殖系統別로 일반조합능력의 효과를 비교한 결과(표 6)를 보면 매우 대조적인 두가지 사항을 알 수 있었다. 즉 제원 계통은 일반조합능력의 효과가 負의 값으로 -24.3이었는데 반하여 단양계통은 正의 값인 18.6으로 일반조합능력의 효과에 대한 분산(표 5)은 이 두 자식계통에 의해 좌우되었다고 하여도 무방할 것이다. 堤原이 -24.3이었다는 것은 堤原을 양친으로 이용하였을 경우 한결같이 交配組合들의 果皮 두께를 얇게 하는 방향으로 효과가 크다고 할 수 있고, 반면에 丹陽系統이 交配組合으로 이용되었을 경우에는 교잡종들의 果皮 두께를 두껍게 하는데 효과가 있음을 뜻한다. 寶城 역시 果皮를 두껍게 하는데 얼마간 효과가 있었다고 생각되나 그외의 자식계통들에 대해서는 일정한 경향이 없었다.

이면교배분석시 정역교배의 효과가 뚜렷하면 원래의 유전분석의 필요조건에 위배되나 果皮의 두께가 세포질의 유전에 의해서도 영향을 받는지를 알고자 정역교배를 하여 분석한 결과 역시 그 효과가 크지 않음을 알 수 있었다.

5. 優性程度 效果 分析

Mather와 Jinks⁹⁾는 교배친들이 모두 동질접합체이고 F_1 이 이질접합체라는 전제하에 추정된 관여 인자(들)의 우성정도를 符號에 관계없이 1이면 完全優性, 1보다 적으면 部分優性, 1보다 크면 超越優性이라 하였다. 따라서 이와 같은 전제조건하에서 추정된 優性程度를 보면 표 7과 같이 매우 명확한 두가지 사실을 알 수 있었다. 그 하나는 우성정도의 값이 負의 값을 가지며 1에 가깝거나 큰 경

Table 6. Mean effects of general and specific combining abilities for pericarp thickness

Lines	SCA effects					gca
	Jewon	Chilbo	Yunghee	Dangjin	Danyang	effects
Bosung	-12.9	-4.5	-2.1	19.3	-5.4	7.7
Jewon		6.5	0.5	2.9	-6.9	-24.3
Chilbo			-2.8	3.7	11.1	-1.5
Yunghee				-12.2	-5.2	-2.8
Dangjin					10.5	2.3
Danyang						18.6

Table 7. Estimation of degree of dominance for pericarp thickness

	Bosung	Jewon	Chilbo	Yunghee	Dangjin	Danyang
Bosung	103.1*	-0.95	0.22	-5.51	1.88	1.69
Jewon		43.4	1.78	-0.52	1.21	-0.23
Chilbo			65.1	-0.41	8.31	1.00
Yunghee				98.4	-1.24	-1.90
Dangjin					62.5	1.36
Danyang						115.2

* Diagonal values from top left to below right are pericarp thickness of parents in μm .

우(예, 보성×제원, 용회 조합의 전부)인것과 다른 하나는 正의 값을 가지며 1보다 큰 경우(당진 조합의 거의 전부, 단양×보성, 단양×칠보, 단양×당진)이다. 負의 값을 가지는 것은 양친가운데 果皮의 두께가 얇은 것이 우성적으로 작용한다고 볼 수 있으며 본 연구에서 堤原 계통의 果皮두께에 작용하는 유전인자는 果皮두께가 두꺼웠던 寶城계통과 교배되었을 때 우성적으로 작용하였다고 볼 수 있다. 반면에 丹陽계통은 果皮가 두꺼웠는데(표 2) 이 계통과 교배된 경우에는 대개 果皮를 두껍게 하는 것이 우성적으로 작용하였다. 이상과 같이 계통에 따라 우성정도의 근거가 다르다고 하는것은 본 연구에서 계통의 효과(line effects)가 매우 컸음을 뜻한다 하겠다. 따라서 果皮의 두께에 관한 육수수의 육종은 양친의 선택이 무엇보다도 중요하다고 생각할 수 있다.

摘 要

6개 自殖系統 육수수에 의한 二面交配 組合들

(역교배 포함 30조합)에 대하여 찰옥수수의 食味를 좌우하는 果皮두께에 관한 유전분석을 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 自殖系統 가운데서 옥수수 果皮의 두께가 가장 얇았던 것은 堤原系統이었다.
2. 交雜種 중에서 果皮의 두께가 가장 얇았던 것은 堤原을 花粉親으로 하여 교배된 交雜種들이었다.
3. 자식계통 가운데 七寶와 唐津 계통도 果皮가 얇은 편이었는데 이들이 교배된 조합들 역시 果皮두께가 얇았다.
4. 果皮두께가 가장 두터웠던 自殖系統은 丹陽系統이었는데, 이를 양친으로 이용된 교배조합들이 비교적 果皮두께가 두터웠다.
5. 옥수수립의 果皮두께는 옥수수립의 부위에 따라 차이가 있어 옥수수의 胚 부위의 果皮가 얇았고, 옥수수립의 측면에서는 큰 차이를 찾아볼 수 없었으나 다른 부위보다는 비교적 두꺼웠다.
6. 옥수수립의 上, 下 부위에 따른 果皮 두께도 교잡종에 따라 차이가 있었으나 粒의 下位부분보다 上位부위의 두께가 좀 더 얇았다.
7. 옥수수粒의 두께에 미치는 유전적 효과를 보면 일반조합능력의 효과에 의한 영향이 보다 컸고, 특정조합능력의 효과는 분산의 크기에 있어서 일반조합능력의 효과보다 적었다.
8. 양친 계통의 일반조합능력 효과에 있어서도 堤原계통의 효과와 丹陽계통에 의한 효과가 대조적으로 큰 차이가 있어서 계통효과(line effects)가 컸음을 확인하였다.
9. 果皮두께에 관여하는 유전인자의 효과는 비교적 단순하면서도 과피두께를 얇게 하는 유전인자 효과는 果皮를 두껍게 하는 유전인자의 효과보다 우성적으로 작용하는 것으로 추정되었다.

引用文獻

1. 최봉호, 이원구, 백만기, 이희봉, 박승희. 1993. 식용 찰옥수수의 질감성에 관한 연구. 농촌진흥청. 농업논문집(농산학협동) 35 : 33-24.
2. Helm, J.L. and M.S.Zuber. 1969. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. *Crop Sci.* 9 : 803-804.
3. Helm, J.L. and M.S.Zuber. 1970. Effect of harvest date on pericarp thickness in dent corn. *Can. J. Plant Sci.* 50 : 411-415.
4. Helm, J.L. and M.S.Zuber. 1972. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. *Crop Sci.* 12 : 428-430.
5. Helm, J.L. D.V.Glover, and M.S.Zuber. 1970. Effect of endosperm mutants on pericarp thickness in corn. *Crop Sci.* 10 : 105-106.
6. Ho. L.C. L.W.Kannenber, and R.B. Hunter. 1975. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. *Can. J. Genet. Cytol.* 17 : 621-629.
7. Ito, G.M. and J.L.Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. *J.Am. Soc. Hort. Sci.* 106-496-499.
8. Mather, K. and J.L.Jinks. 1977. Introduction to biometrical genetics. Science paperbacks, London
9. 박승의, 박근용, 차선우 등 1992. 조숙 양질 찰옥수수 교잡종 “찰옥1호”. 농시논문집(전, 특작편) 34(1) : 61-64.
10. Purdy, J. L. and P.L., Crane. 1967. Influence of pericarp on differential drying rate in mature corn. *Crop Sci.* 7 : 379-381.
11. Richardson, D.L. 1960. Pericarp thickness in popcorn. *Agron.J.* 52 : 77-80.
12. St. Martin, S., P.J.Loesch, and W.J. Wiser. 1980. A simplified technique for measuring pericarp thickness in maize. *Maydica* 25 : 9-16.
13. Trace, W. F. and D.H.Schmidt. 1987. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbreds. *Crop Sci.* 27 : 692-694.
14. Wolf, M.J., I.M.Cull, J.L.Helm, and M.S. Zuber. 1968. Measuring thickness if excised mature corn pericarp. *Agron. J.* 61 : 777-779.