

## 찰옥수수 신품종 ‘찰옥2호’의 안전채종 재배법

류시환\*<sup>†</sup> · 민황기\* · 차선우\*\* · 박기진\* · 박종열\* · 허남기\*\*\*

\*강원도농업기술원 옥수수시험장, \*\*농업생명공학연구원, \*\*\*강원도농업기술원 농산물이용시험장

### Seed Production Method for Waxy Corn Hybrid, Chalok 2

Si Hwan Ryu\*<sup>†</sup>, Hwang Kee Min\*, Seon Woo Cha\*\*, Ki Jin Park\*, Jong Yeol Park\*, and Nam Kee Huh\*\*\*

\*Maize Experiment Station, Gangwon ARES, Hongcheon 250-823, Korea

\*\*National Institute of Agricultural Biotechnology, RDA, Suwon 441-707, Korea

\*\*\*Agriproduct Processing Experiment Station, Gangwon ARES, Chuncheon 200-822, Korea

**ABSTRACT :** This study was conducted to find out the optimum cultural method for hybrid seed production of Chalok 2. Higher seed yield was obtained when KW3 was used as a seed parent (female). KW7 was shown higher barren stalk occurrence which caused significant seed yield reduction when it was used as a seed parent (female). The ratio of female (KW3) to male (KW7) rows with 4 to 1 had higher seed yield than that of 2:1 or 3:1. In case of using KW3 for a seed parent, KW3 was susceptible to stem and ear rotting disease. The 35th day after silking was optimal period to harvest due to higher 100-grain weight, lower rotten grain, and higher germination rate.

**Keywords:** waxy corn, Chalok 2, hybrid seed production

**옥수수**는 수량성, 내재해성, 균일성 등의 특성을 고려하여 대부분의 품종이 두 양친간의 단교잡종으로 만들어진다. 단교잡종을 만드는데 필수적인 절차는 부분(화분친)과 모본(종자친)을 교호 파종하여 1대교잡종 종자를 생산하는 것이다. 이 때 종자생산량은 그 품종의 보급과 유지에 매우 중요한 요인이라고 할 수 있다.

품종개발의 역사를 살펴보면, 1800년대에는 집단선택에 의한 재래식 육종이 주류를 이루었고 그후 Shull(1908)이 단교잡종 이론을 제기하였으나 실용화되지 못하였다. Jones(1918)가 복교잡종 이론을 제기하면서 순수계통선택과 교잡종 옥수수에 대한 연구가 활발히 이루어졌고 1930년 초반부터 1960년 초반까지 복교잡종이 미국 재배옥수수의 대부분을 차지하였다. 복교잡종은 생산력이 떨어지고 종자생산이 복잡하기 때문에 1960년 후반부터는 우수 자식계통을 이용한 단교잡종의 개발이 적극적으로 활성화되어 현재 미국을 비롯한 옥수수 주요 재배 국가의 대부분은 단교잡종 품종을 재배하고 있다.

단교잡종 종자를 생산하기 위해서는 각기 다른 특성을 지닌 계통간의 교잡이 이루어져야 하므로 전 생육기간 동안 특별한 주의가 요구된다. 특히 개화시기에 더욱 세심한 관리가 요구되며, 모본의 응수(수꽃)를 제거하는 방법 또한 순도 높은 옥수수 종자생산에 매우 중요한 역할을 한다. 응수제거 방법에는 다음과 같은 2가지가 있다. 하나는 인위적으로 응수를 뽑거나 잘라주는 방법이고, 또 다른 하나는 모본으로 이용되는 계통의 응성불임성을 이용하는 방법이다. 응성불임을 이용한 종자생산은 제염작업이 필요 없기 때문에 1970년 이전 미국 내 옥수수 종자생산의 90% 이상을 차지하였으나, 깨씨무늬병(*Helminthosporium maydis*)에 의해 막대한 피해를 입은 후 새로운 세포질적 응성불임계통이 연구되어 사용되고 있다 (Stanley & Ramstad, 1987).

정역교배는 F<sub>1</sub>생산, 이면교배 등에 이용되며 반성유전이나 세포질유전의 양식을 구명하고자 할 때 이용되기도 한다. 분꽃의 잎색유전과 제초제저항성 유전자의 이용 등은 색소체유전, F<sub>1</sub>종자생산에 이용되는 세포질응성불임성은 미토콘드리아 유전의 좋은 본보기이다. 옥수수에 정역교배에 의해 생산된 종자가 유전적으로 다르다거나, 생육단계 및 수량에서 차이가 있다는 보고는 발표된 것이 없다.

찰옥2호는 차 등(1995)이 1994년 작물시험장에서 육성한 품종으로 병충해와 도복에 강하고, 중생종이며, 찰기가 높고 맛이 우수한 찰옥수수로서 소비자의 기호도가 높아 많은 관심을 모았던 품종이었다. 그러나 '97년 보급종을 생산하는 단계에서 모본으로 사용되는 KW7에 불임피해가 발생하였다. 이로 인해 '97년 강원도 영월군 일대의 찰옥 2호 채종지 19.2ha에서 25톤의 보급종 종자를 생산할 계획이었으나 수정불량에 의해 7.4톤밖에 생산하지 못하였다. 불임유형을 살펴보면, 출사가 안 되는 이삭, 출사가 정상보다 낮은 이삭, 정상적으로 출사가 되었으나 수정이 불량한 이삭, 그리고 모본의 첫 번째 이삭의 출사 지연 및 수정불량으로 인해 두 번째, 세 번째 이삭의 발육 등이 그 원인이었다.

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-33-435-3757, (E-mail) sihwanryu@hanmail.net

<Received February 15, 2003>

Hallauer(1990)는 1960년대 초까지 미국 옥수수 품종의 대부분을 차지하던 복교잡종이 단교잡종으로 대체될 수 있었던 요인은, 복교잡종에 비해 종자생산이 어려운 단교잡종의 단점을 재배법 개선으로 생산력의 증대를 피하였기 때문이라고 하였다. 따라서 본 시험은 모·부분의 개화시기가 다른 찰옥수수 신품종 찰옥2호의 안정적인 종자생산 및 공급을 위한 채종 재배기술을 확립하여 F<sub>1</sub> 채종량을 증대시키고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

옥수수시험장의 포장에서 1년차에는 파종기에 따른 옥수수 생육 및 채종량을 검토하기 위하여 파종기를 4월 25일과 5월 5일 등 2회에 파종하였으며, 정·역교배를 파종지역을 달리하여 시험하였다. 찰옥2호의 정교배 KW7(♀)/KW3(♂)를 생산하기 위하여 파종시기 및 재식비율을 각각 2처리를 두었다. KW7의 출사기가 KW3의 화분비산기보다 늦기 때문에 수분시기를 맞추기 위하여 KW7을 파종한 후 10일 및 15일에 KW3를 파종하였고, ♀:♂의 재식비율은 부분인 KW3가 모본인 KW7보다 간장이 작고 화분량이 많지 않기 때문에 2:1과 2:1웅주간파를 하였다. 2~3년차에는 KW3의 파종은 KW7파종 후 15일에 실시하였고, 재식비율은 2:1로 하였다. 2:1 파종은 모본 2열 및 부분 1열을 동일한 간격으로 하였으며, 2:1 웅주간파는 모본을 75 cm 간격으로 파종한 후 2열마다 모본 사이에 부분을 파종하였다.

역교배인 KW3/KW7을 생산하기 위한 1년차 파종은 모본과 부분을 동시에 파종하였고, 재식비율은 2:1로 하였으며 부분인 KW7을 비닐피복하여 생육 단축효과를 유도하였다. 피복비닐은 중앙이 투명한 흰색이고 옆이 검정색인 배색비닐을 사용하였다. 2년차 파종은 재식비율을 2:1, 3:1, 4:1로 확대하여 수행하였다. 3년차에는 재식비율을 3:1 및 4:1로 하였으며, 수확시기에 따른 부패립 발생 정도와 발아율을 검토하기 위하여 출사후 25일부터 45일까지 5일 간격으로 수확하였다.

열간거리×주간거리는 2:1파종구에서 60×25 cm 2:1웅주간파구에서 75×30 cm, 그리고 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=15-13-13/10a을 사용하였다. 수분 및 수정은 자연교배에 의하여 이루어졌고, 완전히 등숙된 이후에 수확하여 이삭길이, 이삭수, 100립중, 임실을 및 채종량을 조사하였다.

GDD계산방법은 Gilmore & Rogers(1958)의 잉여온도형을 이용하였다. 이 방법은 최저기준온도를 10°C, 최고한계온도를 30°C로 하여 일당GDD=[(최고온도+최저온도)/2]-10°C으로 계산하되 10°C 이하의 최저온도는 10°C로, 30°C이상의 최고온도는 30°C 계산하고, 일당GDD의 누계를 표시하였다.

발아시험은 35×60×3 cm 플라스틱 박스에 6겹의 paper towel을 깔고 충분히 수분을 공급하였다. 각 수확기별 50립씩 3반복으로 하였으며 25°C에서 7일간 보관후 발아율을 조사하였다. 포장에서의 발아력을 보기 위해 cold test를 실시하였

으며 옥수수를 재배한 포장의 흙을 2 cm 두께로 넣고 각 수확기별 50립씩 3반복으로 파종한 후 다시 2 cm의 흙을 복토하였다. 토양수분함량이 70%가 되도록 물을 공급하였고 10°C에 7일간 보관한 후 25°C로 옮겨 4일 후에 출아율을 조사하였다. 발아율 및 출아율은 AOSA(1990)의 방법으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

찰옥2호 F<sub>1</sub>종자생산은 첫째 파종기, 재식비율 및 시차파종에 따른 정교배(KW7/KW3)의 종자생산 비교 및 역교배(KW3/KW7)의 가능성 검정, 둘째 역교배에 중점을 둔 파종방법에 따른 수량비교, 셋째 부패립의 발생을 최소화하고 충실한 종자를 얻을 수 있는 적정 수확기 구명 등의 단계로 시험하였다.

파종방법에 따른 정교배(KW7/KW3)의 종자생산 비교 및 역교배(KW3/KW7)의 가능성 검정 결과는 표 1과 같다. KW7/KW3의 재식비율에 따른 종자생산량을 보면, 파종시기에 관계없이 2:1과 2:1웅주간파가 큰 차이를 보이지 않았다. 2:1웅주간파는 채종포내에서 KW7이 일정한 간격으로 파종되어 있는 열 사이에 KW3를 파종해야 하므로 협소한 열간거리 때문에 파종 뿐만아니라 김매기등의 관리에도 어려움이 있었다. 이를 고려해 볼 때 재식비율 2:1이 종자생산에는 적합한 방법이라고 판단하였고 2년차부터는 이를 적용하였다. KW7/KW3의 5월 5일 재식비율 2:1의 10일차 파종구는 부분인 KW3의 입모율이 낮아 단위면적당 화분량이 적어서 임실율과 종실수량이 감소하였다.

찰옥2호는 모본과 부분의 출사일수가 다르므로 이를 고려하여 KW7을 파종하고 10일과 15일 후에 KW3를 파종하는 방법을 사용하였다. 그 결과 15일 시차파종이 보다 더 안정적인 종자생산에 적합한 것으로 판단되었으며, 2년차부터 이를 적용하였다.

양친을 교환하여 시험한 KW3/KW7 교배조합에서는 KW7/KW3보다 이삭길이가 짧고 100립중이 낮았지만, 임실율이 월등히 높아 채종수량이 많았다.

KW7 파종 15일 후에 KW3를 파종한 정교배(KW7/KW3)와 KW7에 비닐피복을 하고 모·부분을 동시에 파종한 역교배(KW3/KW7)의 옥수수 생육상황은 표 2와 같다. KW7/KW3의 2:1 파종구는 3년 평균치이며, KW3/KW7의 3:1 및 4:1 파종구는 2년 평균치이다. 정·역교배 모두 모본의 출사기와 부분의 출용기가 일치하여 수정에 적합하였다. 특히 KW3/KW7 조합의 부분인 KW7은 출용 한 이후에 화분이 비산하는 특성이 있기 때문에 화분 비산은 7월 4일부터 시작되었으므로 모본인 KW3와의 수정에는 문제가 없었다.

GDD(Growing Degree Days)는 모본은 출사기까지, 부분은 화분비산기까지의 누적값을 표기하였다. KW7/KW3조합은 시차파종을 하였으므로 KW7은 752°C, KW3는 651°C로 차이를

**Table 1.** Effect of combination and planting methods on the grain yield and yield components of Chalok 2 in 1998.

Combination	Planting date	Planting patterns	Ear length (cm)	No. of ears/10a	100- grain weight (g)	PFG <sup>†</sup> (%)	Grain yield (kg/10a)
KW7/KW3	Apr. 25	2:1	11.4	6,073	20.4	22.6	66 ± 10.2 <sup>§</sup>
			10.9	6,271	20.2	14.2	64 ± 2.5
		2:1(MI <sup>‡</sup> )	11.4	6,696	20.9	16.2	62 ± 8.4
	11.9		6,755	20.1	24.8	84 ± 13.7	
	May 5	2:1	10.6	8,147	18.9	4.3	15 ± 2.1
			11.5	8,197	19.1	22.8	92 ± 9.5
2:1(MI)		11.3	7,170	20.1	24.8	66 ± 13.9	
	10.9	8,355	18.4	28.5	97 ± 16.9		
KW3/KW7 <sup>‡</sup>	Apr. 25	2:1	8.0	4,148	16.2	98.0	139 ± 5.5
	May 5		8.2	4,839	14.6	96.0	146 ± 7.4

<sup>†</sup> PFG : Percentage of fertile grain.

<sup>‡</sup> MI : Male interplanting.

<sup>‡</sup> KW7 : Polyethylene(PE) film mulching for pollen parent.

<sup>§</sup> Values are means ± standard error.

**Table 2.** Growth characteristics of Chalok 2 parents in the hybrid seed production.

Planting patterns	Inbred line	Emergence date	Tasseling date	Silking date	GDD <sup>b</sup> (°C)	Plant height (cm)	Ear height (cm)
2:1	KW7(♀)	May 8	Jul. 6	Jul. 11	752	156	78
	KW3(♂)	May 20	Jul. 10	Jul. 13	651	114	49
3:1	KW3(♀)	May 9	Jun. 29	Jul. 6	705	105	54
	KW7 <sup>‡</sup> (♂)	May 6	Jul. 2	Jul. 10	712	169	76
4:1	KW3(♀)	May 9	Jun. 29	Jul. 6	705	100	47
	KW7 <sup>‡</sup> (♂)	May 6	Jul. 2	Jul. 10	712	167	77

<sup>b</sup> GDD : Growing degree days.

Seed parent(♀) : from planting date to silking date.

Pollen parent(♂) : from planting date to pollen shedding date.

<sup>‡</sup> KW7 : Polyethylene(PE) film mulching for pollen parent.

보였다. 부분에 비닐피복한 KW3/KW7조합의 경우 KW3는 705°C, KW7은 712°C로 출사기인 7월의 기온을 고려할 때 모·부분의 GDD는 대차 없었다. KW3의 GDD가 차이를 보이는 이유는 부분으로 사용된 경우에는 화분비산기까지, 모본으로 사용된 경우에는 출사기까지의 누계를 표시하였기 때문이다. 또한 KW7/KW3조합의 GDD를 구하는데 사용한 기상 자료는 시험포장과 약 30 km 떨어진 기상대의 자료를 이용하였기에 오차가 있었을 것으로 판단된다. 정 등(1986)은 수원 19호를 이용하여 24가지의 GDD 계산방법을 비교 분석하였는데, 기준온도를 10°C로 하고 최저온도와 최고온도를 보정해주는 방법이 변이계수가 가장 낮았다고 하였다. 찰옥수수 채종시에 이용되는 계통에 대한 GDD 계산방법은 보다 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 보인다.

KW7/KW3 조합에서는 KW3의 화분이 적기 때문에 재식비율을 2:1 이상으로 높일 수가 없었다. 그러나 KW3/KW7 조합은 KW7이 키가 크고, 화분량이 많기 때문에 재식비율을

2:1, 3:1, 4:1 등으로 확대하여 처리할 수 있었다. 2년차 시험에서 2:1보다는 3:1과 4:1에서 높은 수량을 보였기에 이를 3년차에서 비교 시험하였다.

정·역교배간의 F<sub>1</sub>생육 및 채종수량은 표 3과 같다. KW3/KW7 교배조합에서 재식비율에 따른 수량을 비교해 보면, 3:1보다 4:1에서 높은 수량을 보였다. 그리고 KW7/KW3 조합보다 KW3/KW7 조합의 4:1과중구가 57% 증수되어 찰옥2호 F<sub>1</sub>종자를 생산하는 방법으로는 KW3를 모본으로, KW7을 부분으로 사용하고 4:1비율로 재식하며 부분은 비닐피복을 하는 것이 가장 안정적이고 유리한 방법이었다. 또한 KW7/KW3 조합은 모본인 KW7의 입실율이 37.2%로 낮기 때문에 KW7을 종자친으로 이용하는 것은 어려웠다.

KW3/KW7 조합은 동시에 과종하기 때문에, 환경요인에 의해 큰 제약을 받거나 과종의 번거로움을 주는 시차과종의 단점을 해소할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 이 조합에서 모본으로 사용되는 KW3는 등숙과정에서 줄기 및 이삭썩음병에

**Table 3.** Effect of combination and planting methods on the grain yield and yield components of Chalok 2.

Combination	Planting patterns	Ear length (cm)	No. of ears/10a	100-grain weight (g)	PFG <sup>†</sup> (%)	PRS <sup>b</sup> (%)	Grain yield (kg/10a)
KW7/KW3	2 : 1	10.5	6,062	19.8	37.2	—	81 ± 2.8 <sup>§</sup>
KW3/KW7 <sup>▷</sup>	3 : 1	6.6	5,777	15.0	87.0	7.8	102 ± 5.5
	4 : 1	6.8	5,701	14.8	89.0	9.3	116 ± 6.1

<sup>†</sup>PFG : Percentage of fertile grain.

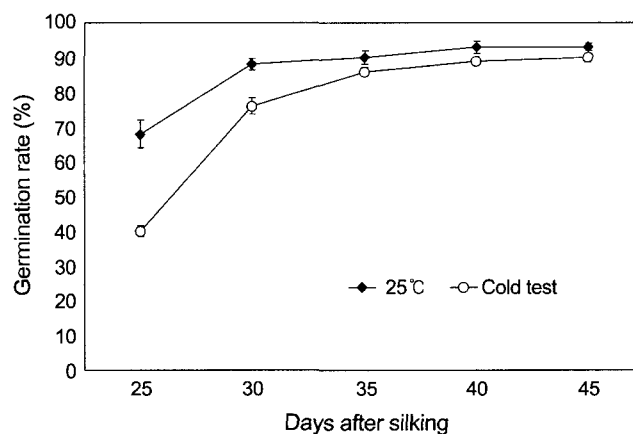
<sup>b</sup>PRS : Percentage of rotten seed(%) = rotten seed(kg)/total yield(kg) × 100.

<sup>▷</sup>KW7 : Polyethylene(PE) film mulching for pollen parent.

<sup>§</sup> Values are means ± standard error.

약하여 종자의 부패립이 많이 발생하였다. 특히 등숙후기의 연속된 강우는 종자품질 저하 및 수확량의 급감을 초래할 수 있다. 또한 수확이후의 건조과정에서 관리가 소홀하면 부패립이 증가할 수 있는 가능성이 높다고 할 수 있다.

KW3/KW7조합의 이러한 단점을 최소화 하기 위하여 부패립을 줄이면서 성숙된 종자를 생산하고자 수확시기를 달리하였으며 그 결과는 표 4와 같다. 재식비율에 관계없이 부패립은 등숙후기로 갈수록 증가하였다. 종실의 성숙에 관계가 있는 100립중은 출사 35일 이후에는 16 g 이상으로 비교적 안정적이었다. 출사후 30일 이전에 수확한 종실 수량은 낮았으나 35일 이후에 수확한 종실 수량은 수확시기에 따른 차이는 없었다. 그림 1에서와 같이 F<sub>1</sub> 종자의 발아시험 결과를 보면 25°C의 경우 출사 30일 이후에 수확한 종자의 발아율이 높았으나, cold test에서는 출사 30일 이전에는 발아율이 76% 이하로 낮았으며 출사 35일 이후에는 86% 이상으로 높게 나타났다. 옥수수는 일반적으로 생리적인 성숙이 되는 즉시 수확하는 것이 좋다고 한다. 생리적 성숙단계의 종실 수분은 30~38%정도인데, Craig(1977)은 이 수분상태에서는 수확을 빨리 하는 것이 동해의 위험을 감소시키고, 수확시 손실량을 줄



**Fig. 1.** Changes in germination rates of F<sub>1</sub> hybrid seeds in 25°C and cold test.

이며, 병충해에 의한 손실을 줄일 수 있다고 하였다. Sprague (1936)은 수정후 50일 이전의 수확은 발아세나 저온 토양에서의 발아율에 영향을 줄 수 있지만, 수정후 21일에 수확하여 수분 16%까지 건조한 후 발아율 시험을 한 결과 6일만에 100% 발아하였다고 하였다.

**Table 4.** Seed yield and percentage of rotten seed according to harvesting period.

Combination	Planting patterns	Harvesting time (DAS*)	Ear length (cm)	No. of ears/10a	100-grain weight (g)	PFG <sup>†</sup> (%)	PRS <sup>b</sup> (%)	Grain yield (kg/10a)
KW3/KW7 <sup>▷</sup>	3 : 1	25	7.1	5,456	11.3 ± 0.4 <sup>§</sup>	89	1.5 ± 0.2	83 ± 4.8
		30	7.3	5,580	14.1 ± 0.6	91	3.3 ± 0.6	103 ± 2.8
		35	7.5	5,869	16.7 ± 0.3	87	5.1 ± 1.0	129 ± 3.4
		40	7.0	5,828	16.4 ± 0.9	89	8.6 ± 0.8	129 ± 2.3
		45	7.6	5,704	17.0 ± 0.1	86	9.8 ± 1.2	130 ± 8.1
KW3/KW7 <sup>▷</sup>	4 : 1	25	7.3	6,039	12.1 ± 0.1	89	1.4 ± 0.2	95 ± 4.9
		30	8.2	6,084	14.8 ± 0.3	89	3.7 ± 0.6	123 ± 4.8
		35	7.8	5,951	16.3 ± 0.1	91	4.9 ± 0.9	146 ± 3.6
		40	8.2	6,172	17.6 ± 0.6	86	10.2 ± 0.6	145 ± 8.9
		45	7.9	6,128	17.5 ± 0.4	88	10.0 ± 0.9	149 ± 6.4

\*DAS : Days after silking

<sup>†</sup>PFG : Percentage of fertile grain

<sup>b</sup>PRS : Percentage of rotten seed(%) = rotten seed(kg)/total yield(kg) × 100

<sup>▷</sup>KW7 : Polyethylene(PE) film mulching for pollen parent.

<sup>§</sup> Values are means ± standard error.

이러한 결과로 볼 때 부패립의 발생이 5% 이하이고 종실의 성숙이 안정적이며, 포장에서의 발아능력도 높은 출사후 35일이 적정 수확시기로 판단된다.

### 적 요

옥수수 신품종 찰옥2호의 안정적인 F<sub>1</sub>종자 생산에 적합한 채종 재배법을 구명하고자 1998~2000년 3년간 시험을 수행하였던 바 그 결과는 다음과 같다.

1. 찰옥2호의 KW7/KW3 교배조합은 KW7의 수입능력 부족과 KW3의 화분비산거리가 짧아서 F<sub>1</sub>종자 생산량이 적었다.
2. 찰옥2호의 F<sub>1</sub>종자 생산은 KW3/KW7 조합으로 하고 KW7에 비닐피복하여 모·부분을 동시에 파종하며, 재식비율 4:1로 파종하는 것이 가장 효과적이었다.
3. 찰옥2호의 KW3/KW7 교배조합은 KW3의 부패립 발생이 문제가 된다. 따라서 종자의 품질저하 방지와 발아율을 고려하여 출사후 35일에 수확하는 것이 바람직하였다.

### 인 용 문 헌

- 정승근, 이석하, 박근용. 1986. 옥수수의 생육기간 예측을 위한 Growing Degree Days의 계산방법. 한국작물학회지. 31(2): 186-194.
- 차선우, 박승의, 김선림, 정태욱, 최근진, 문현귀, 최병한, 권규철, 진문섭, 김석동, 박근용, 김윤선. 1995. 고품질 내도복성 찰옥수수 신품종 “찰옥2호”. 농업논문 집. 37(2): 144-148.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1990. Rules for seed testing. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 60: 27-76.
- Craig, W. F. 1977. Production of hybrid corn seed. In G. F. Sprague(ed.) Corn and corn improvement, 2nd ed. Agronomy 18. pp. 671-719.
- Gilmore, E. C. Jr., and J. S. Rogers. 1958. Heat units method of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50: 611-615.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbred. *Maydica* 35: 1-16.
- Jones, D. F. 1918. The effects of inbreeding and cross breeding upon development. In Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull. 207. pp. 5-100.
- Shull, G. H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Breeders' Assoc. Rep.* 4: 296-301.
- Sprague, G. F. 1936. The relationship of moisture content and time of harvest to germination of immature corn. *J. Ame. Soc. Agron.* 28: 472-478.
- Stanley, A. W. and P. E. Ramstad. 1987. Corn: Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem. Inc. pp. 47-50.