

찰옥수수 립의 아밀로그램 분석과 식미 관련 특성과의 관계

이문섭* · 이경은** · 정상욱** · 이희봉**[†]

*미국 일리노이대학교 농학과, **충남대학교 식물자원학과

Relationships of Amylogram Characteristics and Table Quality in Waxy Corn Kernel

Moon-Sub Lee*, Kyeong-Eun Lee**, San-Guk Jong**, and Hee-Bong Lee**[†]

*Department of Crop Sci. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, USA

**Department of Crop Sci., College of Agriculture & Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

ABSTRACT This study was carried out to compare botanical and amylogram characteristics including table quality in waxy corn kernel. The used materials in this experiment were produced and evaluated at Corn Breeding Laboratory, Coll. of Agri. & Life Sci., in CNU. In botanical characteristics CNU H09-26 among used hybrids was highest in stem height as 228.5 cm, but that of CNU H09-30 was lowest. Ear height was highest in CNU H09-23 as 78.2 cm, but that of CNU H09-30 was lowest. Ear length among hybrids were also variable as 21.2 cm to 10.8 cm. in amylogram analysis CNU H09-23 hybrid was lowest in pasting temperature, while break down of this hybrid was highest. These results appeared highly in table quality. Accordingly we thought that this hybrid will be adapted as a leading variety for edible waxy corn.

Keywords : amylogram, corn hybrid, botanical characteristics, pasting

옥수수(*Zea mays* L.)는 고광도와 고온의 이용 능력이 뛰어나 광합성 능력이 높은 C4 작물로 분류되며, 단위면적당 생산량이 높고(Cho, 2001) 세계적으로 재배 면적이나 소비량이 높아 밀, 벼와 더불어 세계 3대 작물의 하나이다. 최근 옥수수의 이용은 가축사료, 식용, 가공용, 공업용, 약용을 포함해 바이오 에너지 원료로 재배 및 생산량이 크게 증가하고 있다(Hw *et al.*, 2007).

이 중에서 식용인 찰옥수수는 섬유질이 높기 때문에 다이어트용으로 각광을 받고 있으며, 쌀과 함께 옥미라는 브랜드화 되어 혼반용으로 쓰이고 있다. 이 경우 찰옥수수의 종피를 제

거하지 않을 경우 호화성의 정도가 문제시 되고 있는데 이들 두 특성은 취반용으로 식감(Son *et al.*, 1999)을 좌우하기 때문에 옥수수립의 아밀로특성과 식미관련 립특성과의 관련성이(Hwang *et al.*, 1995) 중요시 되고 있으나 아직까지 이들 관련 특성은 보고된바 없다. 따라서 본 연구는 찰옥수수 교잡종에 대한 식물학적 특성, 이삭특성 및 취반용 립의 물리성을 식미성과의 관계를 통해 알아보하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시재료는 충남대학교 유전육종학 실험실에서 작성한 CNU09H-1외 29점의 교잡종과 대조구로 품종보호 품종인 대덕찰 1호(Lee *et al.*, 2009)와 대학찰 골드 1호(Lee *et al.*, 2010), 홍천 옥수수 시험장에서 육성한 미백 2호(Park *et al.*, 2007), 연농찰(Choe *et al.*, 2002)을 사용하였다. Table 1은 교잡종 육성에 공시된 30개의 교잡종을 나 타낸다.

공시된 30개의 교잡종은 2010년 4월 23일 충남대학교 옥수 수 육종포장에 재식밀도를 70 cm × 30 cm으로 하고 주당 2립 씩 점파한 후 15일 후에 1본씩 남기고 솎아주었다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 성분비로 10a당 각각 20 kg -15 kg -10kg 전 량기비로 사용하였다. 경운 및 정지 작업시 토양살충제를 처리 후 비닐멀칭 재배하였고, 생육 중 조명나방 발생 성기에 방제를 위해 후라단 10a당 2 kg를 1회 살포하였다. 기타 비·배 관리는 옥수수 표준 경종법에 준하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5727 (E-mail) hblee@cnu.ac.kr

<Received September 15, 2015; Revised October 27, 2015; Accepted December 10, 2015>

아밀로그램 특성

종실 특성의 성분을 조사하기 위해 수정 후 30일에 수확한 생체 이삭을 -80°C에서 동결 건조된 립을 마쇄하여 단백질과 아밀로펙틴 함량 및 아밀로그램 특성을 조사하였는데, 단백질 함량은 단백질 자동분석기(2400 Kjeltex, FOSS)를 이용하여 측정하였고, 아밀로펙틴 함량은 Juliano법(Juliano *et al.*, 1981)에 의하여 분석하였다. 아밀로그램 특성은 RVA (Rapid Visco Analyzer)를 이용하여 호화개시온도, 최고 점도, 최저 점도, 최종 점도를 구분하였고 이들 특성으로부터 강하 점도, 치반 점도 및 응집 점도를 계산하였다.

식미관련 특성

식용인 찰옥수수는 간식이나 혼반용으로 사용하기 위해 수정 후 30일경에 식물학적 특성이 우수한 CNU 찰옥수수 12점을 생체 수확하여 식미관련 특성으로 과피(micrometer), 당도(refractometer) 및 경도(FR5105, 국산)를 측정하였다. 또한 혼반용인 경우에는 호화온도를 건조상태인 알곡에 대해 상기한 바와 같이 아밀로그램 특성을 평가하여 생체생태의 물리성과 관련성을 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

식물학적 특성

경직경은 교잡종 사이에서는 CNU H09-16이 32.0 cm으로 가장 높게 나타났고 CNU H09-17에서 17.3 cm으로 가장 작게 나타났다. 주당 분얼수는 평균 0.4개로 나타났고 CNU H09-11이 1.8개로 가장 많은 분얼수로 나타났다. 경직경은 도복과 밀접한 관계가 있는데, 공시 교잡종의 대부분은 간장 대 착수고의 비율이 50% 미만으로 안정된 초형을 보였다(Lee *et al.*, 2001).

이삭길이는 평균 15.6 cm 이었는데 CNU H09-13이 10.8 cm으로 가장 작게 나타났고 CNU H09-26이 21.2 cm으로 가장 긴 이삭길이를 나타냈다. 공시 교잡종 중에서 상품성이 우수한 교잡종은 사진 1과 같이 흰색(CNU H09-26, 대덕찰), 노란찰(대학찰 골드, CNU H09-21), 자주찰(CNU H09-14, CNU H09-11), 얼룩찰(CNUH09-12, CNU H09-16)이 비교적 우수 교잡종으로 선발 되었다. 개화기는 평균 61일이었는데 교잡종 CNU H09-5가 54일로 가장 빨랐고, CNUH09-17이 67일로 가장 늦었다. 대조품종에서는 평균 개화일보다 늦어 새로 작성된 교잡종의 개화일이 빠른 것으로 나타났다. 공시종의 착수고는 평균 59.3 cm으로 나타났는데 CNU H09-30에서 가장 낮은 21.2 cm, CNU H09-23이 78.2 cm으로 높게 나타난 반면에 대조품종에서 110 cm 이상으로 나타나 공시종 간에 큰 차이를 보였다. 공시 교잡종으로 사용한 30개 조합 중에서 CNU H09-6, CNU H09-14, CNU H09-16, CNU H09-23 및 CNU H09-26이 식물학적 특성으로 안정되었고 기타 이삭특성에서 우수한 형질을 가진 것으로 나타나 기존 품종에 비하여 경쟁력이 높을 것으로 보여진다. 특히, CNU H09-26의 흰색 교잡종과 CNU H09-11, CNU H09-14 (이상 자주찰)은 대조품종과 비교하였을 때 간장과 착수고의 비율이 낮게 나타났고 개화일수와 이삭길이가 우수한 것으로 나타나 향후 재배상 유리할 뿐만 아니라 상품성 역시 높을 것으로 판단된다. 간장에 대한 착수고 비율은 CNU H09-17에서 33.9%로 가장 높게 나타났고, CNUH09-11에서 19.3%로 가장 낮게 나타났는데, 이들 비율이 50% 미만일 경우 초형이 안정적이고 도복 등 기상재해에 유리하다고 보고 되었으며(Lee *et al.*, 2001) 대조품종인 미백2호는 52.6%로 가장 높게 나타났다.

교배조합의 특성

Table 1. Botanical characteristics of F₁ hybrids used in this study.

Hybrids	Height		B/A (%)	Tillers /plant (ea)	Stem dia. (mm)	Day to tassel (days)	Day to silk (days)	Ear length (cm)	Kernel color
	stem(A) cm	ear(B) cm							
H09-1	172.4	52.4	30.4	0.2	24.5	57	62	15.8	purple
H09-2	170.2	34.6	20.3	0.1	24.4	50	55	15.8	purple
H09-3	217.6	48.0	22.1	0.2	27.6	59	61	15.4	purple
H09-5	147.4	37.2	25.2	0.2	19.1	51	54	14.2	purple
H09-6	199.8	45.0	22.5	0.3	26.8	58	60	17.6	purple
H09-7	197.7	40.4	20.4	0.4	25.7	56	60	15.6	purple
H09-8	205.9	53.2	25.8	0.4	22.3	59	62	15.4	purple
H09-9	201.9	52.2	25.9	0.3	21	58	62	14.6	purple

Table 1. Botanical characteristics of F₁ hybrids used in this study (Continue).

Hybrids	Height		B/A (%)	Tillers /plant (ea)	Stem dia. (mm)	Day to tassel (days)	Day to silk (days)	Ear length (cm)	Kernel color
	stem(A) cm	ear(B) cm							
H09-10	211.0	55.6	26.4	1.1	26.4	54	63	16.6	purple
H09-11	182.1	35.2	19.3	1.8	26	55	58	18.2	purple
H09-12	181.6	51.8	28.5	1.0	23.3	55	59	17.4	purple
H09-13	157.4	43.2	27.4	0.5	25.4	56	59	10.8	purple
H09-14	186.2	52.0	27.9	0.3	27.7	55	58	18.8	purple
H09-15	178.2	42.8	24.0	0.2	22.2	59	61	11.2	purple
H09-16	216.4	63.6	29.4	0.3	32.0	63	64	17.8	purple
H09-17	173.3	58.8	33.9	0.1	17.3	64	67	15.3	purple
H09-19	205.2	59.4	28.9	0.0	28.2	62	64	12.0	purple
H09-21	210.0	64.6	30.8	0.1	28.0	58	64	18.0	yellow
H09-22	226.9	64.4	28.4	0.3	29.8	62	64	17.2	yellow
H09-23	194.8	78.2	40.1	0.6	26.7	59	62	17.8	yellow
H09-25	172.2	46.8	27.2	0.3	23.8	57	59	12.8	white
H09-26	228.5	54.2	23.7	1.5	25.8	53	58	21.2	white
H09-27	172.3.	42.8	24.8	0.4	26.6	55	59	14.4	white
H09-28	166.1	35.6	21.4	0.4	23.4	55	59	13.6	white
H09-29	196.0	44.6	22.8	1.4	31.0	52	56	15.8	white
H09-30	135.2	21.2	15.7	0.2	24.5	54	58	11.8	white
Yeonnomgchal [†]	229.4	72.2	31.4	0.0	28.5	63	67	14.3	white
Ilmichal [†]	250.8	110.1	43.8	0.1	28.7	65	66	13.4	white
Daedeokchal 1 [†]	248.5	128.9	51.8	0.2	33.6	64	67	17.8	white
Mibaek 2 [†]	236.4	125.1	52.9	0.3	29.7	63	65	16.5	white
Daehakchal Gold [†]	240.1	126.4	52.6	0.2	31.5	61	63	18.1	yellow
Min.	135.2	21.2	15.7	0.0	17.3	50	54	10.8	-
Max.	248.5	128.9	52.9	1.8	33.6	65	67	18.1	-
Mean	197.4	59.3	29.2	0.4	26.1	57.8	61.1	15.6	-

[†]check hybrids

식미관련 특성

교잡종 옥수수에 대한 식미관련 특성과 아밀로그램 분석과의 관련성을 구명하고자 공시된 30점의 F₁종실 중 생체 이삭이 이삭길이 16 cm 이상, 착립율 90% 이상을 갖는 상품성이 우수한 9개 교잡종과 대조구 3품종을 공시하여 과피, 당도 및 경도를 조사한 결과는 Table 2와 같다.

9개의 CNU교잡종의 과피는 CNU H09-6의 46.2 μm가 가장 두꺼웠으며 CNU H09-23의 38.7 μm로 가장 얇았다. 당도는 CNU09H-26의 12.7 brix가 가장 높았으며 CNU09H-1에서 7.8 brix로 가장 낮게 나타났다. 이 같은 결과는 아밀로 분석 결과

에서 호화온도가 가장 낮은 교잡종일수록 과피가 얇은 것으로 나타나 Cha *et al.* (2000), Lee *et al.* (2001)의 실험 결과와 일치하였다. 경도 역시 비슷한 경향을 보였으나 교잡종간에 차이가 크게 나타났는데, 자주찰이 비교적 높았고 이어서 노란찰, 흰찰순으로 낮게 나타났다.

아밀로그램 특성

본 실험에 공시된 교잡종에 대한 종실을 -80°C에서 동결 건조 후 마쇄한 시료에 대해 아밀로그램을 RVA에 의해 분석을 실시한 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. Comparisons of kernel traits for the selected 9 hybrids.

Hybrids	Seed color	Pericarp (μm)	Sugar (brix, %)	Hardness (kg)
CNU H09-6	white	46.2	12.3	68
CNU H09-11	white	42.6	10.2	60
CNU H09-12	white	38.6	8.7	55
CNU H09-14	purple	39.8	10.8	72
CNU H09-16	white	44.2	11.4	65
CNU H09-1	purple	46.2	7.8	68
CNU H09-21	yellow	39.8	10.6	62
CNU H09-22	yellow	45.3	8.5	64
CNU H09-23	yellow	38.7	12.5	60
CNU H09-26	purple	42.5	12.7	62
Mibaek 2 [†]	white	44.7	10.6	58
Daehakchal Gold [†]	yellow	42.8	10.5	64
Yeonnomgchal [†]	white	36.9	11.8	60
Mean	-	42.2	10.6	62.9

찰옥수수 교잡종 중에서 호화개시온도는 CNU H-23의 경우 71.1°C로 가장 낮은 반면에 CNU H-7은 76.0°C로 가장 높은 온도에서 호화가 시작되었으며 대조구로 사용된 국내 재배 품종들은 75.2에서 76.7°C로 높게 나타났다. 호화는 전분입자가 열에 의해 물을 흡수하여 팽윤을 시작하는 것으로서 Jane 등 (1992)은 palm으로부터 분리된 Sarapiqui 전분은 60°C 호화온도가 가장 낮았고 점도는 52°C에서 가장 높았다. Kim 등 (1999)은 검은찰 옥수수의 안토시아닌 색소분리 및 동정을 통하여 6종이 함유하고 있으며, 최대흡수 파장은 526 nm, 286 nm이고 아밀로펙틴의 긴 가지사슬이 호화개시 온도에 영향을 주며 이들의 양이 적을수록 호화개시 온도가 낮아지고 팽윤력이 더 커지는데(Kwak, 2005) 식미가 양호한 품종들은 호화온도가 낮아 기호성이 높다고 보고하였다. 또한 식미가 양호한 품종은 치반점도가 낮다. 이와 같은 연구결과로 미루어 볼 때 CNUH09-23, CNU H09-1, CNU H09-27, CNU H09-28 등은 상대적으로 팽윤력이 높고 식미가 좋을 것으로 판단되었으며 그와 반대로 CNU H09-7은 호화개시온도가 높아 팽윤력이 억제되는데, 종실내 단백질 함량이 호화온도에 영향을 미친다고 보고하였다

Table 3. Physical traits of kernel for 30 CNU hybrids including four checks.

Hybrids	Peak viscosity	Trough	Break down	Final viscosity	Setback	Peak time	Pasting temp.
CNU H09-1	66.8	34.3	32.6	49.0	-17.8	3.6	73.4
CNU H09-2	51.9	33.3	18.6	54.1	2.2	3.7	75.2
CNU H09-3	200.8	105.8	95.0	169.6	-31.3	4.3	75.0
CNU H09-7	147.9	84.9	63.0	142.2	-5.8	4.6	76.0
CNU H09-13	120.4	69.7	50.8	123.2	2.8	4.3	75.2
CNU H09-15	83.3	71.8	11.6	106.4	23.1	4.4	75.1
CNU H09-16	104.5	65.4	39.1	90.7	-13.8	3.9	75.3
CNU H09-19	82.2	46.6	35.6	69.8	-12.3	4.0	75.9
CNU H09-21	124.4	75.8	48.6	105.8	-18.6	4.1	75.1
CNU H09-23	96.7	30.4	66.3	44.3	-52.4	3.5	71.1
CNU H09-25	58.8	32.2	26.6	47.6	-11.2	4.1	74.4
CNU H09-27	106.7	61.8	44.8	85.2	-21.5	4.0	73.5
CNU H09-28	77.4	50.8	26.6	73.0	-4.4	3.8	73.5
CNU H09-29	110.7	61.1	49.6	91.4	-19.3	4.1	75.9
CNU H09-30	140.2	76.1	64.1	111.7	-28.5	4.1	74.3
Daehakchal Gold [†]	60.7	31.3	29.3	50.4	-10.3	4.2	76.7
Daedeokchal 1 [†]	59.1	22.7	36.4	36.8	-22.3	3.7	75.2
Mibaek 2 [†]	81.1	37.4	43.7	57.4	-23.7	4.1	76.0
Yeonnomgchal [†]	54.2	21.7	32.5	36.0	-18.2	3.8	75.2
Mean	96.2	53.3	42.8	91.2	-14.9	4.0	74.8

[†]check hybrids

(Lee *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2008).

적 요

공시된 교잡종에 대한 식물학적 특성, 잡종강세와 유전적 거리 및 종실특성에 대한 분석 결과는 공시 교잡종에 대한 간장은 CNU H09-26에서 228.5 cm, CNU H09-30에서 135.2 cm 범위로 큰 변이를 나타냈으며, 착수고 역시 CNU H09-23에서는 78.2 cm, CNU H09-30에서 22.1 cm으로 교잡종간에 큰 차이를 보였다. 이삭길이는 공시종 중에서 CNU H09-26에서 21.2 cm로 가장 길었고 CNU H09-13에서 10.8 cm로 가장 작게 나타났다. 아밀로 그래프의 특성 중에서 호화개시온도는 CNU H09-23의 71.1°C로 가장 낮은 온도에서 호화가 시작되었으며 식미가 우수한 반면 CNU H09-7은 76.0°C로 호화온도가 가장 높았다.

인용문헌(REFERENCES)

- Cha, S. W., T. W. Jung, H. G. Moon, Y. H. Lee, and M. N. Chung. 2000. Variation and distribution of pericarp thickness in waxy corn. *Korean J. Crop Sci.* 45(1) : 96-97.
- Cho, D. H. 2001. Photosynthetic Performance of Transgenic Rice Plants Overexpressing Maize C₄ Photosynthesis Enzymes. *Korean J. Crop Sci.* 2001(1) : 30-38.
- Hwang, H. G., S. J. Lim, B. T. Jun, and M. S. Lim. Comparison of amylogram characteristics of milled rice between two instruments. *Korean J. Breed.* 27(2) : 191-196.
- Jane, J. L., L. Shen, and F. Aguilar. 1992. Characterization of pejiabaye starch *Cereal Chem.* 69 : 96-100.
- Kim, S. L., E. H. Kim, Y. K. Son, J. C. Song, J. J. Hang, and H. S. Hur. 1999. Identification of anthocyanin pigments in black waxy corn kernels. *Korean J. Breed.* 31(4) : 408-415.
- Kim, J. S., S. N. Ahn, H. K. Kang, Y. H. Cho, J. G. Gwag, and S. Y. Lee. 2008. Estimation of physicochemical characteristics of domestic aroma rice and foreign aroma rice. *Korean J. Crop Sci.* 53(2) : 203-216.
- Kim, K. S., Y. B. Kim, Y. S. Hang, and J. K. Bang. 2007. *J Plant Biotechnol.* 34(2) : 103-109.
- Kwak, T. S. 2005. Comparison of amylogram properties among several subspecies of rice. *Korean J. Crop Sci.* 50(3) : 186-190.
- Lee, H. B., H. G. Kim, J. Y. Jung, H. G. Choi, D. U. Kim, and J. P. Kim. 2001. Growth and Yield in Waxy Maize Hybrid. "Yeonngong x Jaerae" *CNU* 28(2) : 65-69.
- Lee, W. K., H. J. Ji, H. B. Lee, and B. H. Choe. 1992. Characteristics of Glutinous Waxy Maize Hybrids. *Journal of Agricultural Science*, 19(2) : 130-136.
- Son, Y. K., J. R. Son, K. J. Kim, and S. L. Kim. 1999. *Postharvest biotechnology of vegetable corn in Korea.* *Korean J. Intl. Agri.* 11(4) : 391-402.