열대성 조숙 내도복 다수성 단교잡종 옥수수 ‘케이엠1’

백성범^{1*} · 손범영¹ · 김정태¹ · 이진석¹ · 배환희¹ · 신성휴² · 송형석¹ · 김상곤³ · 김병주¹ · 이상규⁴ · 고영삼¹ · 김선림¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청, ³(재)경남한방향노화연구원, ⁴농업회사법인 아시아종묘(주)

Tropical Single Cross Corn Hybrid ‘KM1’ with Early Maturity, Lodging Tolerance, and High Yield

Seong-Bum Baek^{1*}, Beom-Young Son¹, Jung-Tae Kim¹, Jin-Seok Lee¹, Hwan-Hee Bae¹, Seong-Hyu Shin², Hyung-Seok Song¹, Sang-Gon Kim³, Byung-Joo Kim¹, Sang-Kyu Lee⁴, Young-Sam Go¹, and Sun-Lim Kim¹

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 16429, Republic of Korea

²Rural Development Administration, Jeonju, 54875, Republic of Korea

³Gyeongnam Oriental Anti-aging institute, Sacheon, 52215, Republic of Korea

⁴Asia-Seed Company, Limited, Seoul, 05828, Republic of Korea

Abstract ‘KM1’, a corn hybrid was developed for seed export to Southeast Asia by the maize breeding team of the National Institute of Crop Science (NICS), RDA in 2016. The hybrid ‘KM1’ was obtained by crossing two inbred lines, ‘KS155’ and ‘15VL060’. After yield trials at Dong Trieu, Vietnam for one year, country adaptability trials were subsequently carried out in three countries (Vietnam, Cambodia, and Indonesia) in 2016. ‘KM1’ is a white-yellow and dent-like corn, and the plant adapts to the northern part of Vietnam and northwestern part of Cambodia; and the corn can be used as food and feed. The plant is fast flowering and has strong lodging tolerance and resistance to southern leaf blight and downy mildew. Silking date of ‘KM1’ is 5 days earlier than that of Vietnam’s leading cultivar ‘LVN10’. The grain yield of ‘KM1’ is 879 kg/10a in Vietnam, which is 22% higher than that of LVN10, and 914 kg/10a in Cambodia, which is 5% higher than that of Cambodia’s leading cultivar ‘CP888’. This hybrid requires the implementation of disease control measures because it is susceptible to corn rust. (Registration No. 7507).

Keywords Corn, Maize, Hybrid, KM1

Received on March 15, 2019. Revised on April 9, 2019. Accepted on May 15, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: sbbaek@korea.kr, Tel: +82-31-695-4038, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

옥수수(*Zea mays* L.)는 벼, 밀과 함께 세계 3대 식량 작물로서 연간 생산량이 1,038백만 톤으로 식량작물 중에서 가장 많으며, 재배면적은 183백만 ha로서 밀에 이어 두 번째로 많은 주요 작물이다(MAFRA 2017). 세계 옥수수의 생산량과 소비량은 지속적으로 증가하여 왔으며(FAOSTAT 2019), 2027년까지 향후 10년간 OECD/FAO의 옥수수 수급 전망을 보아도 세계 옥수수의 생산량, 소비량 및 교역량 등이 모두 증가할 것으로 보고 있다(OECD/FAO 2018).

사료용을 제외한 국내 옥수수 재배면적이 약 1.5만 ha (MAFRA 2017)로 많지 않으나, 국내에서 옥수수 품종은 사일리지용으로 다정옥(Son et al. 2018), 종실용으로 신황옥(Son et al. 2017),

간식용으로 황미찰(Lee et al. 2018) 등이 최근까지 개발·보급되어 왔으며, 국립종자원에 등록된 옥수수 품종이 110개(KSVS 2019)에 달하는 등, 옥수수 품종과 품종개발 관련 기술이 꾸준히 발전되어 왔다. 또한 국내 옥수수 품종 개발이 민간의 영역으로 점차 확대되고, 품종 개발 기술이 발전함에 따라 옥수수 종자 산업을 세계적 수준으로 육성할 필요성이 제기되고 있다. 그러나 지금까지는 주로 내수용 품종을 개발하는 데에 역량을 집중하여, 해외 시장에 진출할 수 있는 품종은 찾아보기 힘들며, 국내 옥수수 육종에 관한 인적 자원도 많지 않아 어려운 상황이다.

Lee et al. (2015)는 동남아시아의 옥수수 생산량은 1990년대를 기점으로 가축사육 증가와 더불어 지속적으로 증가하고 있어 시장 규모가 크고, 시장 진입이 상대적으로 유리하다 하였고, 동남아시아 종자 시장으로의 진입을 위해 품질 및 가격 경쟁력을

갖춘 품종 개발이 필요하다고 지적하였다. 아시아 지역에서의 옥수수 주요 생산성 제한 요인은 생물적 요인으로 노균병, 깨씨무늬병, 조명나방 등이 있고 비생물적 요인으로는 척박한 토양과 한발해 등인 것으로 알려져 있다(Gerpacio & Pingali 2007). Baek et al. (2015)은 동남아시아에서 내습성 품종과 습한 기후에 많이 발생하는 노균병, 녹병 등 병에 강한 내병성 품종이 필요하며, 건기에는 한발 피해가 우려되므로 내건성 품종이 필요하다고 하였다.

이에 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 해외 종자시장 진출을 목표로 옥수수 품종 개발을 위하여 노력한 결과, 동남아시아에 잘 적응하는 열대성 조숙 내도복 다수성 신품종 ‘케이엠1’을 개발하게 되어 이 품종의 육성경위와 주요특성을 보고하는 바이다.

재료 및 방법

생산력검정시험은 2015년부터 2016년까지 2년간 베트남 Hanoi 동부 Dong Trieu에서 베트남 재배종인 LVN10을 대조품종으로 하여 난괴법 3반복으로 실시하였다. 국가별 적응성시험은 2016년에 베트남 Dong Trieu에서 실시한 생산력검정시험을 포함하여 캄보디아의 서북부 옥수수 재배지대인 Battambang과 인도네시아 중자바 지역의 Yogyakarta 등 3지역에서 수행하였다. 대조품종으로 베트남 재배종인 LVN10을 사용하였으나 캄보디아에서는 CP888을, 인도네시아에서는 P21 등 각국의 재배종을 대조품종으로 추가하여 난괴법 3반복으로 실시하였다.

고유특성조사는 2016년에 베트남 Dong Trieu에서 국립종자원의 ‘신품종 심사를 위한 작물별 특성조사 기준’(KSVS 2019)에 준하여 조사하였다.

파종은 베트남에서 2015년 2월 10일과 2016년 2월 19일에, 캄보디아에서는 2016년 6월 20일, 인도네시아에서 2016년 6월 27일에 재식밀도를 70 × 25 cm (5,700 본/10a)로 조절하여 2립씩 파종하였으며, 3~4엽기에 1개체만 남기고 솎아 주었다. 시비량은 10a당 N-P₂O₅-K₂O = 17.4-3.0-6.9 kg으로 하였는데,

그 중 질소(N) 8.7 kg, 인산(P₂O₅) 3.0 kg, 칼리(K₂O) 6.9 kg은 기비로 사용하였고, 본엽 7~8엽기에 질소(N) 8.7 kg은 추비로 사용하였다. 퇴비는 10a당 2톤을 사용하였다.

출사일수는 파종부터 출사까지의 소요일수로 하였다. 간장은 지면에서 옥수목까지의 길이를 측정하였고 착수고율은 지면으로부터 최상단 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하여 간장에 대한 비율로 산출하였다. 도복과 깨씨무늬병(Southern leaf blight), 노균병(Downy mildew), 녹병(Rust)은 자연발생조건에서 조사하였으며, 단백질은 국립식량과학원(NICS)에서 Kjeldahl 분석법에 따라 Kjeltec 2400 auto analyzer (Foss Tecator, Huddinge, Sweden)로 하였고, 전분은 total starch assay kit (Megazyme, K-TSTA)를 이용하여 AOAC 방법으로 측정하였다. 기타 농업적 특성과 수량성은 농촌진흥청 농업과학기술연구조사분석기준(RDA 2012)에 따라 조사하였다.

통계처리는 SAS 9.2 (SAS Institute inc.)를 이용하여 Student's T-test로 수행하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘케이엠1’은 열대성 내도복 다수성의 수출용 옥수수 품종을 육성할 목적으로 1999년에 육성된 자식계통 KS155를 종자친(모본)으로 하고 2015년에 베트남에서 육성된 자식계통 15VL060을 화분친(부본)으로 하여 교잡된 단교잡종이다. ‘케이엠1’은 2015년 베트남에서 생산력검정시험을 실시한 결과 여러 농업형질이 우수하여 ‘아세7호’로 교잡계명을 부여하고, 2016년에 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개 국가에서 국가별로 적응성시험을 실시하였다. 그 결과 도복에 강하고 수량이 많은 동남아시아 적응형으로 그 우수성이 인정되어 2016 농작물직무육성신품종선정심의회에서 신품종으로 선정되었으며 품종명을 ‘케이엠1’으로 명명하였다(Figs. 1, 2).

Year	♀ '93 ♂ '10	'94 ~ '98 '10 ~ '14	'99 '15	'15 ~ '16	
Generation	S ₀ ~S ₇		Inbred	-	
Female (♀)	Introduce	LATNESS-14-1-1-1-MD70-1	KS155	□	KS155/15VL060 ⇒ KM1 (Ase7)
Male (♂)	CNA	0009-1-1-1-1-6-1	15VL060		
Remark	Selection of line		Cross ('15)	Yield trials	Country adaptability trials

Fig. 1. Breeding procedure of 'KM1'.

Fig. 2. Plant type and ear appearance of ‘KM1’(left: plants, right: ears).

Table 1. Inherent characteristics of ‘KM1’ (2016, Vietnam).

Hybrid	Color of silk	Color of tassel	Color of seed coat	Type of grain
KM1	Purple	Light purple	White-yellow	Dent-like
LVN10	Dark purple	Purple	Yellow	Flint-like

Table 2. Agronomic characteristics of ‘KM1’ (2015~2016, Vietnam).

Hybrid	Days to silking (days)	Culm length (cm)	Ear height ratio (%)	Ear characteristics			100-kernel Weight (g)
				Length (cm)	Width (cm)	Kernel set ratio (%)	
KM1	73b	177a	36b	18.4a	5.0a	97a	33.1b
LVN10	78a	170a	49a	18.1a	4.5b	95a	36.8a

Values followed by the same letters within the same characteristic are not significantly different at $p \leq 0.05$.

고유 특성 및 농업적 특성

‘케이엠1’은 수염색이 자색이며 웅수색은 담자색이다. 립색은 황백색이며 입질은 반마치종이다(Table 1, Fig. 2). 베트남에서 ‘케이엠1’의 출사일수는 73일로 베트남 재배종인 LVN10보다 5일 빠르며, 착수고율은 36%로 LVN10보다 낮고 안정적이다. ‘케이엠1’의 간장과 이삭길이는 LVN10과 비슷한 경향이거나, 이삭 폭이 굵다. 백립중은 33.1 g으로 LVN10 보다 가볍다(Table 2).

내병성 및 내도복성

2016년 자연발생조건에서 ‘케이엠1’의 내병성을 검정한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 캄보디아에서 깨씨무늬병은 발병등급 3, 노균병은 발병등급 1로 깨씨무늬병에는 동남아시아 재배 품종인 LVN10과 CP888에 비하여 다소 약한 것으로 조사되었으나 노균병에는 현지 재배 품종들과 대등하게 강한 경향이 있었다. 인도네시아에서는 깨씨무늬병 발병은 없었으며, 노균병의

발병등급이 3으로 LVN10, CP888, P21 등과 같은 수준으로 강하였다. 동남아시아에서 옥수수 생산성에 가장 큰 영향을 주는 병은 노균병(Baek et al. 2015, Gerpacio & Pingali 2007)이며, 노균병은 심하면 100%까지 수량 손실을 주는 병(Sudjono 1988)으로 알려져 있으나, ‘케이엠1’은 노균병에 대하여 캄보디아와 인도네시아에서 현지 재배 품종들과 대등하게 강한 경향이 있었다. 다만, 녹병에는 비교적 약한 것으로 조사되어 녹병이 심한 상습발병지에서는 재배를 피하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 도복은 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개 국가에서 발생하지 않아 현지 재배 품종들과 같은 수준으로 재배 안정성이 높았다.

품질특성

‘케이엠1’은 종실의 조단백질 함량이 9.3%로 LVN10의 11.3%에 비하여 유의적으로 낮은 수준($p < 0.05$)이나 전분 함량은 63.9%로 LVN10의 64.4%와 비슷한 경향으로 종실 사료용과 식가공용

Table 3. Resistance to disease and lodging tolerance of ‘KM1’ in country adaptability trials (2016, Vietnam, Cambodia and Indonesia).

Hybrid	Disease resistance (0~9) ^z				Lodging ^{z,y} tolerance (1~9)
	Cambodia		Indonesia		
	Southern leaf blight	Downy mildew	Downy mildew	Rust	
KM1	3	1	3	7	1
LVN10	1	1	3	5	1
CP888	1	1	3	7	1
P21	-	-	3	5	1

^zResistance to disease (0: resistant, 9: susceptible), lodging tolerance (1: strong, 9: weak)^yLodging tolerance data from Vietnam, Cambodia and Indonesia**Table 4.** Grain yields of ‘KM1’ in yield trials (2015~2016, Vietnam).

Hybrid	Grain yields (kg/10a)			Index
	2015	2016	Mean	
KM1	872	887	879a	122
LVN10	728	716	722a	100

Values followed by the same letters within mean are not significantly different at $p \leq 0.05$ **Table 5.** Grain yields of ‘KM1’ in country adaptability trials (2016, Vietnam, Cambodia and Indonesia).

Location	KM1		LVN10	
	Grain yields (kg/10a)	Index	Grain yields (kg/10a)	Index
Vietnam	887a	124	716a	100
Cambodia	914a	116	791a	100
Indonesia	653a	99	662a	100
Mean	818a	113	723a	100

Values followed by the same letters within the same row are not significantly different at $p \leq 0.05$.

으로 알맞다.

수량성

2015~2016년에 베트남에서 수행한 생산력검정시험에서 ‘케이엠1’의 평균 종실수량은 879 kg/10a로 대비 품종인 LVN10보다 22% 증수하였으나 통계적인 유의성은 없었다(Table 4). 2016년 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개소에서 LVN10과 비교하여 실시한 국가별 적응성시험 결과, ‘케이엠1’의 수량성은 Table 5와 같다. ‘케이엠1’의 종실수량은 3개소 평균 818 kg/10a으로서 통계적 유의성은 인정되지 않았으나, 대비품종 LVN10의 723 kg/10a에 비하여 13% 많은 다수성 품종이었다. 각국의 대비 품종과 비교한 종실수량도 통계적 유의성은 인정되지 않았으나 베트남에서 LVN10 대비 24%, 캄보디아에서 CP888 대비 5% 많았고, 인도네시아에서는 P21 대비 13% 감수하였다(Fig. 3).

적응지역 및 재배상의 유의점

‘케이엠1’은 동남아시아 지역에 적응하는 품종으로 베트남의 북부지역, 캄보디아 서북부 지역 재배에 적합하다. 잡종강세를 이용한 단교잡종이므로 매년 갱신된 종자를 이용하여 재배해야 한다. 노균병에 강하나 다발생 시 방제가 필요하며, 녹병에 약하므로 녹병 다발생 지역에서는 재배를 피하는 것이 좋다. ‘케이엠1’은 노균병 등 병해에 대하여 대체로 강한 것으로 조사되었으나, 아시아에서 노균병은 4종이 주종을 이루며, 태국에는 주로 필리핀형 등 3종, 인도네시아에는 자바형 등 2종이 분포(White 1999)하는 등 노균병의 종류가 많을 뿐 아니라, 본 품종의 적응지역이 광활하므로 이에 대한 더욱 정밀한 검정이 요구된다. 종실의 품질 유지를 위해서는 적기 수확을 권장 한다.

Fig. 3. Comparison of grain yields between 'KM1' and leading cultivars of different countries in country adaptability trials (2016, Vietnam, Cambodia and Indonesia). Values followed by the same letters within each country are not significantly different at $p \leq 0.05$.

적 요

'케이엠1'은 열대성 내도복 다수성의 수출용 옥수수 품종을 육성할 목적으로 1999년에 육성된 자식계통 KS155를 종자친(모본)으로 하고 2015년에 육성된 자식계통 15VL060을 화분친(부본)으로 하여 교잡된 단교잡종이다. '케이엠1'은 2015년 베트남에서 생산력검정시험을 실시한 결과 여러 농업 형질이 우수하여 '아세7호'로 교잡계명을 부여하고 2016년에 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개 국가에서 국가별 적응성시험을 실시하였다. '케이엠1'은 베트남 북부와 캄보디아 서북부에 적응력이 좋은 사료용 및 식가공용 품종으로 이삭색이 황백색이며 반마치종이다. 출사가 베트남 선도 품종 LVN10보다 5일 빠르고 착수고(36%)가 낮다. 깨씨무늬병과 노균병에 강하며, 도복에 강하다. 종실수량은 베트남에서 879 kg/10a로 LVN10 대비 22% 증수하고 캄보디아에서는 914 kg/10a로 CP888대비 5% 증수하는 다수성 품종이다. '케이엠1'은 녹병에 약하므로 녹병 다 발생 지역에서는 재배를 피하는 것이 좋다.

사 사

본 논문은 농림축산식품부 · 해양수산부 · 농촌진흥청 · 산림청의 재원으로 농림식품기술기획평가원 Golden Seed 프로젝트 사업의 지원을 받아 연구되었음(213009-05-3-SB720, PJ012649 012019).

REFERENCES

- Baek SB, Son BY, Kim JT, Lee JS, Bae HH, Kim SG, Lee SK, Lee BM, Seo MJ, Park CH, Lee JH, Park BY. 2015. Maize production and constraints to increasing productivity in Indonesia. *J Korean Soc Int Agric* 27: 609-613.
- FAOSTAT. 2019. Food and agricultural organization of the united nations. FAOSTAT on-line database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed February 28, 2019.
- Gerpacio RV, Pingali PL. 2007. Tropical and subtropical maize in Asia: Production systems, constraints, and research priorities. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Korea Seed Variety Service (KSVS), MAFRA. 2019. KSVS on-line database. <http://www.seed.go.kr/seed/270/subview.do>. Accessed February 28, 2019.
- Lee JS, Son BY, Shin SH, Kim JT, Bae HH, Baek SB, Jung TW, Kim SK, Kwon YU. 2018. 'Hwangmichal', a yellow waxy corn F1 hybrid with high carotenoid content. *Korean J Breed Sci* 50: 510-515.
- Lee SK, Song JH, Baek SB, Kwon YU, Lee BM. 2015. Status of maize production and distribution in south east Asia. *Korean J Crop Sci* 60: 318-332.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2017. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook. pp. 72, 370-371.
- OECD/FAO. 2018. OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027: Grain. United States: OECD.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. pp. 366-385.
- Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Bae HH. 2018. Single cross maize hybrid for silage with lodging tolerance and high yield, 'Dacheongok'. *Korean J Breed Sci* 50: 145-149.
- Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Bae HH, Park CH,

- Seo MJ, Lee JH. 2017. Single cross maize hybrid for grain, 'Sinhwangok'. Korean J Breed Sci 49: 109-112.
12. Sudjono MS 1988. Penyakit jagung dan pengendaliannya. Dalam Subandi, M. Syam, dan A. Widjono. Jagung. Puslitbangtan Bogor.
13. White DG. 1999. Compendium of corn diseases. The American Phytopathological Society. p. 26.