열대 적응형 조숙 다수성 단교잡종 옥수수 ‘케이엠2’

배환희¹ · 신성휴^{1*} · 고영삼¹ · 하준영¹ · 최유찬¹ · 손재한¹ · 정태욱¹ · 백성범¹ · 김정태¹ · 이진석² · 손범영¹ · 김기영¹¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청

KM2: a Tropical Single Cross Corn Hybrid with Early Mature and High Grain Yield

Hwan-Hee Bae¹, Seong-hyu Shin^{1*}, Young-Sam Go¹, Jun Young Ha¹, Yoo-Chan Choi¹, Jae-Han Son¹,
Tae-Wook Jung¹, Seong-Bum Baek¹, Jung-Tae Kim¹, Jin-Seok Lee², Beom-young Son¹, and Ki-Young Kim¹¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 16429, Republic of Korea²Rural Development Administration, Jeonju, 54875, Republic of Korea

Abstract ‘KM2’, a maize hybrid grain was developed for the Southeast Asian seed market by the maize breeding team of the Rural Development Administration (RDA), South Korea 2018. ‘KM2’ was bred by crossing two inbred lines, ‘15VL065’ and ‘KS155’. After a advanced yield trial at Dong Trieu, Vietnam, for the first cropping cycle in 2016, country adaptability trials were performed twice in three different countries: Vietnam, Cambodia, and Indonesia, in 2016 and 2017. ‘KM2’, a yellow intermediate seed for food and feed, adapts well to the northern Vietnam, northwestern Cambodia, and Central Java in Indonesia. It is an early maturing high-grain yield F1 hybrid. This hybrid is resistant to downy mildew, but not corn rust. The silking date of ‘KM2’ is 10 days earlier than that of ‘LVN10’, a leading cultivar in Vietnam. ‘KM2’ produced grain yields of 811 kg/10a, 845 kg/10a, and 783 kg/10a in Vietnam, Cambodia, and Indonesia, respectively, showing even higher grain yield than the countries’ respective leading cultivar. ‘KM2’ produced 61%, 17%, and 14% higher grain yield in Vietnam, Cambodia, and Indonesia, respectively, than their respective control cultivars (‘LVN10’, ‘CP888’, ‘P21’) (Registration No. 8192).

Keywords corn, maize, hybrid, KM2

Received on March 25, 2021. Revised on March 25, 2021. Accepted on May 14, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: shin2004@korea.kr, Tel: +82-31-695-4038, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

옥수수(*Zea mays* L.)는 탄수화물 작물로서 인류의 주요 에너지원 작물이다. 옥수수는 사료, 전분, 시럽, 바이오 에탄올 등 다양한 산업 재료로도 사용되고 있다. 전세계적으로 옥수수는 1억9천7백만ha 정도가 재배되고 있고 11억9천만톤 정도가 생산되고 있다(FAOSTAT 2021). OECD/FAO의 옥수수 수급 전망에 따르면 세계 옥수수의 생산량, 소비량 및 교역량 등이 모두 증가할 것으로 예상된다(OECD/FAO 2018).

2010년 기준 세계 옥수수 종자시장 규모는 약 8조4천억원(76억불)이며, 아시아 옥수수 종자 시장 규모는 약 2조3천억원(23억불) 정도이다. 장기적으로 세계 옥수수 생산량과 소비량은 증가할 것으로 예측되므로 이에 따라 옥수수 종자시장 규모도 지속적으로 성장하여 2025년까지는 32조원까지 성장할 것으로 기대된다(Lee et al. 2017). 우리나라에서는 농촌진흥청 국립식량과학원을 중심으로 non-GMO 종실 옥수수 1대 교잡계 품종을 개발하

고 있고 종실 수량이 8톤/ha 이상인 광평옥, 신황옥, 황다옥 등 다양한 1대 교잡계 옥수수 품종을 개발하였다(National Institute of Crop Science 2019).

동남아시아 지역에서 옥수수의 생산량은 1990년대를 기점으로 가축 사육 증가와 더불어 지속적으로 증가하여 옥수수가 11백만ha 정도 재배되고 있고, 52백만톤 정도 생산되었으며 단위면적당 수량은 4.7톤/ha 정도이다(Lee et al. 2015, FAOSTAT 2021). 한편, 동남아시아 지역에서는 아직까지 옥수수 재래종을 많이 재배하고 있고 인도네시아 등 이슬람국가 할랄식품에서는 유전자변형 옥수수를 사용할 수 없으므로 동남아시아 국가의 옥수수 종자시장 진입 장벽은 비교적 낮은 편이라고 할 수 있다(Lee et al. 2015). 우리나라가 동남아시아 옥수수 종자 시장으로의 진입을 위해서는 동남아시아 지역 현지에서 개발하여 그 지역에 맞는 품질과 가격을 갖춘 품종 개발이 필요하다. 아시아 지역에서 옥수수를 가해하는 주요 병해충은 노균병, 깨씨무늬병, 조명나방 등이고 척박한 토양과 건기 가뭄 피해가 크기 때문에 동남아시아

지역 적응 옥수수 품종은 습해, 가뭄, 노균병, 녹병에 강한 특성이 필요하다(Gerpacio & Pingali 2007, Baek et al. 2015).

이에 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 동남아시아 지역 옥수수 종자시장 진출을 목표로 베트남 현지 육종포장에서 동남아시아에 잘 적응하는 열대성 조숙 다수성 신품종 ‘케이엠2’를 개발하였다. 이에 따라 이 품종의 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

생산력검정시험은 2016년부터 2017년까지 2년간 베트남 북부 Dong Trieu에서 베트남 재배종인 ‘LVN10’을 대조품종으로 하여 난괴법 3반복으로 실시하였다. 국가별 적응성시험은 2016년부터 2017년까지 2년간 베트남 Dong Trieu에서 실시한 생산력검정시험을 포함하여 캄보디아의 서북부 옥수수 재배지대인 Battambang과 인도네시아 중자바 지역의 Yogyakarta 등 3지역에서 수행하였다. 대조품종으로 베트남 재배종인 ‘LVN10’을 사용하였으나 캄보디아에서는 ‘CP888’을, 인도네시아에서는 ‘P21’ 등 각국의 재배종을 대조품종으로 추가하여 난괴법 3반복으로 실시하였다.

고유특성조사는 2017년에 베트남 Dong Trieu에서 국립종자원의 ‘신품종 심사를 위한 작물별 특성조사 기준’(KSVS 2019)에 준하여 조사하였다.

파종은 베트남에서 2016년 9월 24일과 2017년 2월 15일에, 캄보디아에서는 2016년 11월 27일과 2017년 5월 30일에, 인도네시아에서는 2016년 11월 27일과 2017년 5월 30일에 파종하였다. 재식밀도는 5,700 본/10a(70 × 25 cm)이었고 2립씩 파종하였으며, 3~4엽기에 1개체만 남기고 솎았다. 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 시용하였고, 본엽 7~8엽기에 질소(N) 8.7 kg은 추비로 시용하였다. 퇴비는 10a당 2톤을 시용하였다.

출사일수는 파종부터 출사까지 걸린 일수로 하였다. 간장은 지면에서 웅수 때 아래 마디까지의 길이를 측정하였고 착수고울은 지면으로부터 최상단 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하여 간장에 대한 비율로 계산하였다. 도복과 깨씨무늬병(Southern leaf blight), 노균병(Downy mildew), 녹병(Rust)은 자연발생조건에서 조사하였다. 옥수수 종질의 단백질은 국립식량과학원(NICS)에서 Kjeldahl 분석법에 따라 Kjeltac 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.

모든 통계처리는 SAS 9.2(SAS Institute inc.)를 이용하였고 처리 평균간 비교는 Student’s t-test로 수행하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘케이엠2’는 동남아시아 지역 수출용 옥수수 품종으로 개발된 열대 적응형 조숙 내도복 단교잡 1대 잡종이다. 2015년 베트남에서 육성된 자식계통 15VL065를 종자친(모본)으로 하고 1999년에 육성된 자식계통 KS155를 화분친(부본)으로 하여 교잡된 단교잡종이다. ‘케이엠2’는 2016년 베트남에서 생산력검정시험을 실시한 결과 여러 농업 형질이 우수하여 ‘아세9호’로 교잡계명을 부여하고, 2016년 하반기와 2017년 상반기에 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개 국가에서 적응성시험을 실시하였다. 그 결과 도복에 강하고 조숙이면서 수량이 많은 동남아시아 적응형으로 그 우수성이 인정되어 2017년 농작물직무육성신품종선정심의회에서 신품종으로 선정되었으며 품종명을 ‘케이엠2’로 명명하였다(Figs. 1, 2).

고유 특성 및 농업적 특성

‘케이엠2’는 수염색이 자색이며 웅수색은 담자색이다. 립색은 황색이며 립질은 중간종이다(Table 1, Fig. 2).

베트남에서 ‘케이엠2’의 출사일수는 63일로 베트남 재배종인 ‘LVN10’보다 10일 빠르며, 착수고울은 37%로 ‘LVN10’보다 12%p 낮고 안정적이다. ‘케이엠2’의 간장과 이삭길이는 ‘LVN10’과 비슷하였으나, 이삭너비가 더 굵고 착립장률이 2%p 정도 높은 편이다. 백립중은 29.9 g으로 ‘LVN10’보다 2 g 정도 가볍다(Table 2).

내병성 및 내도복성

2016년과 2017년 ‘케이엠2’의 캄보디아와 인도네시아 적응성 시험포장에서 자연발생한 깨씨무늬병(Southern leaf blight), 노균병(Downy mildew), 녹병(Rust) 피해 발생정도를 검정한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 캄보디아와 인도네시아에서 ‘케이엠2’의 깨씨무늬병은 발병 등급 3이었는데 대조 품종들과 비슷한 수준이었다. 동남아시아 지역에서 가장 문제시 되는 병해인 노균병에 대한 ‘KM2’의 발병등급 0이었고 ‘LVN10’, ‘CP888’, ‘P21’과 같거나 강한 편이었다. ‘KM2’의 녹병 발병등

Year	♀ '10 ♂ '93	'10~'14 '94~'98	'15 '99	'16~'17
Generation	S ₀ ~S ₇		Inbred	-
Female(♀)	Collected	CNA008-1-1-1-1-4-1	15VL065	15VL065/KS155 ⇒ KM2 (Ase9)
Male(♂)	Introduced	LATNESS-14-1-1-1-MD70-1	KS155	
Remark	Selection of line		Cross('15)	Yield trials & Country adaptability trials

Fig. 1. Breeding procedure of 'KM2'.

Fig. 2. Plant type and ear appearance of 'KM2' and 'LVN10'

Table 1. Inherent characteristics of 'KM2' (2017, Vietnam).

Hybrid	Color of silk	Color of tassel	Color of seed coat	Type of grain
KM2	Purple	Light purple	Yellow	Intermediate
LVN10	Dark purple	Purple	Yellow	Flint-like

Table 2. Agronomic characteristics of 'KM2' (2016~2017, Vietnam).

Hybrid	Days to silking (days)	Stem length (cm)	Ear height ratio (%)	Ear characteristics			100-kernel Weight (g)
				Length (cm)	Width (cm)	Tip-fill (%)	
KM2	63	165	37	16.1	4.8	93	29.9
LVN10	73	165	49	17.0	4.4	91	31.9
t-Value ^z	2.94*	0.01 ^{ns}	4.31**	1.19 ^{ns}	2.25*	0.69 ^{ns}	0.75 ^{ns}

^zns, * and ** indicate not significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

급은 5로 'LVN10'과 'P21' 보다는 비교적 약한 편이었다. 노균병은 동남아시아에서 옥수수 수량에 가장 큰 피해를 주는 병으로 심하면 100%까지 수량이 감소하는 병으로 알려져 있다(Baek

et al. 2015, Gerpacio & Pingali 2007, Sudjono 1988).

따라서 '케이엠2'는 캄보디아와 인도네시아 등 동남아시아 지역에서 노균병에 강한 품종으로 자리 잡을 수 있을 것으로

Table 3. Disease and lodging occurrence of ‘KM2’ in country adaptability trials (2017, Vietnam, Cambodia and Indonesia).

Hybrid	Disease occurrence(0~9) ^z			Lodging occurrence (1~9) ^y
	Southern leaf blight	Downy mildew	Rust	
KM2	3	0	5	2
LVN10	3	1	4	1
CP888	2	1	-	1
P21	2	0	2	-

^zSouthern leaf blight : 0, no occurrence; 1, ~1%; 3, ~10%; 5, ~20%; 7, ~40%; 9, 41%~

Downy mildew and Rust : 0, no occurrence; 1, ~1%; 3, ~10%; 5, ~30%; 7, ~50%; 9, 51%~

^yLodging : 1, ~10%; 3, ~30%; 5, ~50%; 7, ~70%; 9, 81%~

보인다. 다만, 녹병에는 비교적 약한 것으로 조사되어 녹병이 심한 상습발병지에서는 재배를 피하는 것이 좋을 것으로 판단된다. ‘케이엠2’의 도복 발생등급은 2정도로 베트남과 캄보디아 현지 재배 품종보다 약간 더 발생하였지만 문제가 될 정도는 아니었다.

품질특성

‘케이엠2’ 종실의 단백질 함량은 9.1%로 ‘LVN10’(8.7%), ‘CP888’(9.3%), ‘P21’(9.0%)과 비슷하였다(Table 4). ‘케이엠2’ 종실의 전분 함량은 71.9%로 ‘LVN10’(71.1%)과 ‘P21’(73.1%)과는 비슷한 수준이었으나 ‘CP888’(62.2%) 보다는 함량이 9.7%p 정도 높은 경향이었다(Table 4). 따라서 ‘케이엠2’는 종실 단백질과 전분 함량으로 보아 종실 사료용과 식가공용으로 알맞다.

수량성

‘케이엠2’의 종실 수량은 베트남, 캄보디아, 인도네시아에서 수행한 국가별 지역 적응성 시험(2016~2017년)에서 각각 811, 845, 783 kg/10a이었다(Fig. 3). 베트남에서는 ‘LVN10’보다 61% 정도 수량성이 유의적으로 높았고, 캄보디아와 인도네시아에서도 각 나라의 대비품종인 ‘CP888’과 ‘P21’보다 수량성이 각각 17%와 14% 정도 더 높은 경향이었다(Fig. 3).

적응지역 및 재배상의 유의점

‘케이엠2’는 동남아시아 지역에 적응하는 품종으로 베트남의 북부지역, 캄보디아 서북부 지역, 인도네시아 중자바 지역 재배에 적합하다. 잡종강세를 이용한 단교잡종이므로 매년 갱신된 종자를 이용하여야 한다. 노균병에 강하나 다발생 시 방제가 필요하며, 녹병에 약하므로 녹병 다발생 지역에서는 재배를 피하는 것이 좋다. ‘케이엠2’는 노균병 등 병해에 대하여 대체로 강한 편이었으나, 아시아 지역에서 노균병은 4종이 주종을 이루

Table 4. Starch and protein contents in grain of ‘KM2’ in country adaptability trials (2016, Vietnam, Cambodia and Indonesia)

Hybrid	Starch (%)	Protein (%)
KM2	71.9	9.1
LVN10 ^z	71.1	8.7
CP888 ^z	62.2	9.3
P21 ^z	73.1	9.0

^zLVN10, CP888, and P21 are the leading corn variety of Vietnam, Cambodia, and Indonesia, respectively. ^zns and * indicate not significant and significant at $p \leq 0.05$, respectively.**Fig. 3.** Comparison of grain yield (kg 10a⁻¹) between ‘KM2’ and the leading cultivar of the country where adaptability trials were performed (2016~2017, Vietnam, Cambodia and Indonesia). Error bar is standard deviation (n=6). Bracket, () means grain yield index of ‘KM2’ compared to that of the leading cultivar.

며, 태국에는 주로 필리핀형 등 3종, 인도네시아에는 자바형 등 2종이 분포(White 1999)하는 등 노균병의 종류가 많을 뿐 아니라, 본 품종의 적응 지역이 넓으므로 이에 대한 더욱 정밀한

검정이 요구된다. 종실의 품질 유지를 위해서는 적기 수확을 권장 한다

적 요

‘케이엠2’는 열대 적응형 조숙이면서 다수성인 동남아 지역 수출용 옥수수 품종으로 2015년에 베트남에서 육성된 자식계통 15VL0656를 종자친(모본)으로 하고 1999년에 육성된 자식계통 KS155를 화분친(부본)으로 하여 교잡된 단교잡종이다. ‘케이엠2’는 2016년 베트남에서 생산력검정시험을 실시한 결과 여러 농업 형질이 우수하여 ‘아세9호’로 교잡계명을 부여하고 2016년 하반기와 2017년 상반기에 베트남, 캄보디아, 인도네시아 등 3개 국가에서 국가별 적응성시험을 실시하였다. ‘케이엠2’는 베트남 북부와 캄보디아 서북부, 인도네시아 중자바 지역에서 적응력이 좋은 사료용 및 식가공용 품종으로 이삭색이 황색이며 중간종이다. 출사가 베트남 선도 품종 ‘LVN10’보다 10일 빠르고 착수고(37%)가 낮다. 깨씨무늬병과 노균병에 비교적 강한 편이고, 도복에도 강한 편이다. 종실수량은 베트남에서 811 kg/10a로 ‘LVN10’ 대비 61% 증수하고 캄보디아에서는 845 kg/10a로 ‘CP888’ 대비 17% 증수, 인도네시아에서는 783 kg/10a로 ‘P21’ 대비 14% 증수하는 다수성 품종이다. ‘케이엠2’는 녹병에 약하므로 녹병 다발생 지역에서는 재배를 피하는 것이 좋다.

사 사

본 논문은 농림축산식품부·해양수산부·농촌진흥청·산림청의 재원으로 농림식품기술기획평가원 Golden Seed 프로젝트 사업의 지원을 받아 연구되었음(213009-05-5-CG700, PJ01264 9012021).

REFERENCES

1. 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.
2. FAOSTAT. 2021. Food and agricultural organization of the united nations. FAOSTAT on-line database. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
3. Gerpacio RV, Pingali PL. 2007. Tropical and subtropical Maize in Asia: Production Systems, Constraints, and Research Priorities. Mexico, DF: CIMMYT.
4. Korea Seed Variety Service (KSVS), MAFRA. 2019. KSVS on-line database. <http://www.seed.go.kr/seed/270/subview.do>. Accessed February 28, 2019.
5. 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.
6. Lee, JK, Kim NS, Kim YS. 2017. Development of export promotion technology and export maize variety in East Asia. p. 14.
7. National Institute of Crop Science (NICS). 2019. 2019 Guide Book of Upland Crops Varieties.
8. OECD/FAO. 2018. OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027: Grain. United States: OECD.
9. Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. pp. 366-385.
10. Sudjono MS. 1988. Penyakit jagung dan pengendaliannya. Dalam Subandi, M. Syam, dan A. Widjono. Jagung. Puslitbangtan Bogor.
11. White DG. 1999. Compendium of corn diseases. The American Phytopathological Society. p. 26.