내도복 다수성 사료용 옥수수 단교잡 신품종 ‘다청옥’

손범영* · 백성범 · 김정태 · 이진석 · 배환희

국립식량과학원

Single Cross Maize Hybrid for Silage with Lodging Tolerance and High Yield, ‘Dacheongok’

Beom-Young Son*, Seong-Bum Baek, Jung-Tae Kim, Jin-Seok Lee, and Hwan-Hee Bae

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

Abstract ‘Dacheongok’, a new maize F₁ hybrid (*Zea mays* L.), is developed by the maize breeding team at the National Institute of Crop Science (NICS), RDA in 2016. The high-yielding hybrid, named ‘Dacheongok’ was bred by crossing between two inbred lines, ‘KS197’ and ‘KS202’. It is a yellow dent maize hybrid. After advanced yield trial of ‘Dacheongok’ in Suwon for one year, regional yield trial was subsequently carried out for evaluation of its growth and yield at four different locations from 2014 to 2016. The days to silking of ‘Dacheongok’ are 80, similar to ‘Kwangpyeongok’. The plant height of ‘Dacheongok’ is 267 cm, similar to ‘Kwangpyeongok’, and its ear height ratio is 51%, similar with that of ‘Kwangpyeongok’. It has resistance to lodging. The stay-green of ‘Dacheongok’ is not different with that of ‘Kwangpyeongok’. The number of ear per 100 plants of ‘Dacheongok’ is 95, similar to ‘Kwangpyeongok’. The ear length of ‘Dacheongok’ is 18.6 cm, longer than that of ‘Kwangpyeongok’. The weight of 100 seeds of ‘Dacheongok’ is 29.8 g, similar to that of ‘Kwangpyeongok’. It has moderate resistance to southern leaf blight (*Bipolaris maydis*). It has moderate resistance to European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis*). The dry matter yield (23.69 ton/ha) of ‘Dacheongok’ was 10% higher than that of ‘Kwangpyeongok’. The TDN (Total Digestible Nutrients) yield (16.11 ton/ha) of ‘Dacheongok’ was 7% higher than that of ‘Kwangpyeongok’. The seed production of ‘Dacheongok’ was acceptable due to a good synchronization of flowering period during crossing between the seed parent, KS197, and the pollen parent, KS202, in Yeongwol and F₁ seed yield was 2.46 ton/ha. ‘Dacheongok’ would be a suitable cultivar to all plain area in Korea. (Variety registration No. 7054)

Keywords Maize, Crossing, Dry matter, TDN, Yield, Seed production

Received on January 31, 2018. Accepted on March 12, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: sonby@korea.kr, Tel: +82-31-695-4039, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

옥수수(*Zea mays* L.)는 세계적으로 중요한 작물 중에서도 가장 생산성이 높은 작물이다. 옥수수를 사일리지용으로 재배할 경우 생체무게로 10a당 6톤 이상을 생산할 수 있으며, 다른 사료작물과는 달리 영양분이 풍부한 종실과 함께 이용하기 때문에 조사료로써의 가치와 농후사료(배합사료)로써의 역할을 함께 하는 우수한 사료가 된다. 사일리지용 옥수수는 건물생산성이 높고 가소화영양소총량(TDN)이 높기 때문에 어느 작물보다 수량과 품질이 우수한 옥수수를 재배하는 것이 적합하다고 할 수 있다(Kim 1986). 옥수수는 사일리지용으로 단위 면적당 수확량이 가장 높고 기호성도 좋다(Son et al. 2006). 우리나라에서 이용되는 종실 옥수수의 수입량은 연간 1,000만톤 내외인데 주로

미국, 브라질, 아르헨티나 등으로부터 수입하고 있다(Statistics Korea 2016). 2015년의 통계자료를 보면 소, 돼지, 닭 등 가축의 배합사료용으로 이용된 것이 800만톤으로 옥수수 수입량의 대부분을 차지하고 있다(Statistics Korea 2016). 현재 사료용을 포함한 옥수수 곡물자급률은 0.8%에 불과해 곡물자급률을 제고하기 위한 적극적인 정책수단과 노력이 필요한 것으로 보고 있다(Statistics Korea 2016). 우리나라 사료곡물자급률과 더불어 조사료자급률을 높이기 위한 방안은 수량이 높고 품질이 우수한 사료용 옥수수를 육성하고 다수확 재배기술을 개발하여 옥수수 생산성을 높이는 것이다. 최근 옥수수 국제곡물가격의 상승에 따른 배합사료 및 조사료 수입가격이 급등하여 축산농가의 어려움이 가중되고 있어 사료비용 절감을 위해 옥수수 등 사료작물 재배가 늘어나는 추세이다. 국내에서 재배되는 사일리지용 옥수

수는 P3394, 32P75 및 P32W86 등 수입종이 70% 이상 차지하고 있으며, 광평옥(Moon et al. 2001) 등 국내 육성 품종은 2016년 종자공급량 235톤 중 64톤이 보급되어 27% 정도 밖에 되지 않는다. 따라서 수입종을 대체할 수 있는 우수한 국산 사료용 옥수수 품종 개발 및 보급이 시급한 실정이다. 이에 국립식량과학원에서는 안전 다수성 사료용 우량교잡종을 육성하기 위하여 새로운 계통을 육성하고, 생산력 검정과 지역적응시험을 수행하여 기존의 품종 및 수입종보다 우수한 신품종 ‘다청옥’을 개발하였기에 품종의 육성경위, 주요 생육특성 및 수량성 등을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

고유특성조사 및 생산력 검정시험

출사일수는 파종기부터 출사기까지의 소요된 생육일수로 하였다. 간장은 지면에서 웅수목까지의 길이를 측정하였고 착수고는 지면으로부터 최상단 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였다. 도복과 후기녹체성의 조사범위는 1~9로 우수한 것을 1, 불량한 것을 9로 표시하였다. 깨씨무늬병(Southern leaf blight: *Bipolaris maydis*), 그을음무늬병(Northern leaf blight: *Exserohilum turcicum*)의 조사범위는 0~9로 저항성은 0, 불량한 것을 9로 표시하였다. 깨씨무늬병은 인공접종하였고, 그을음무늬병은 자연발생조건에서 조사하였다. 조명나방(Corn borer: *Ostrinia furnacalis*)은 자연발생조건에서 조사하였다. 단백질의 분석은 Kjeldahl 분석법에 따라 Kjeltac 2400 auto analyzer (Foss Tecator, Huddinge, Sweden)로 분석을 하였고, ADF (acid detergent fiber)와 NDF (neutral detergent fiber)는 Goering and Van Soest 법에서 사용되는 시약을 이용하여 Ankom fiber analyzer (Ankom technology)로 분석하였다. 수량조사는 구당 4열 가운데 2줄을 수확하여 암이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였으며 구당 2줄을 취하여 경엽과 암이삭을 분리하여 60°C의 열풍건조기에서 72시간 건조 후 칭량하여 건물물을 산출하고 생초수량에 건물물을 곱하여 건물수량을 계산하였다. 건물물은 생초수량에 대한 건물수량 비율로 계산하였다. 가소화영양소총량(TDN) 수량은 Pioneer Hi-bred사가 제시한 TDN(Total Digestible Nutrients)=(경엽건물수량×0.582)+(암이삭 건물수량×0.85)의 공식으로 계산하였다(Holland et al. 1990). 생산력검정 시험은 2013년 1년간 수원에서 수행하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 수행하였으며, 재식밀도는 60×25 cm(66,000 본/ha)로 하였으며 대조품종은 ‘광평옥’으로 하였다. 파종은 4월17일에 하였다.

지역적응성 시험

지역적응성 시험은 2014~2016년까지 3년간 수원, 천안, 홍천, 대구 등 4지역에서 수행하였다. 시험품종은 ‘다청옥’이며 대비품종은 ‘광평옥’으로 하였다. ‘광평옥’(Moon et al. 2001)은 2000년 사료용으로 육성이 되었다. 시비량은 ha당 N-P₂O₅-K₂O = 200-150-150 kg로 그 중 ha당 질소(N) 100 kg, 인산(P₂O₅) 150 kg, 칼리(K₂O) 150 kg를 기비로 파종 전에 사용하였고, 파종 후 본엽 7~8엽기에 질소(N) 100 kg를 추비로 사용하였다. 퇴비는 ha당 15톤을 사용하였다. 파종은 2014년도 수원에서 4월 14일, 천안에서 4월 16일, 홍천에서 4월 25일, 대구에서 4월 14일에 하였으며, 2015년 수원에서 4월 28일, 천안에서 4월 28일, 홍천에서 4월 30일, 대구에서 4월 15일에 하였다. 또한 2016년도 수원에서 4월 18일, 천안에서 4월 26일, 홍천에서 4월 25일, 대구에서 4월 14일에 하였다. 재식밀도는 60×30 cm(55,000 본/ha)로 하였으며, 한 주에 2립씩 심어 3~4엽기에 한 주에 1개체만 남기고 솟아 주었다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 통계처리에는 SAS프로그램(V.9.1)의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 최소유의차검정법(Least Significant Difference Test, LSD)를 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘다청옥’의 교잡 모본인 KS197 및 부분인 KS202는 2003년 육성재료로 도입한 Pedigree를 7세대에 걸쳐 자식(Selfing)시켜 계통으로 육성한 것이다. ‘다청옥’은 2009년에 육성된 자식계통 KS197을 종자친(모본)으로 하고 2009년에 육성된 자식계통 KS202를 화분친(부분)으로 하여 교잡된 단교잡종이다. ‘다청옥’은 2013년 1년 동안 수원에서 생산력검정시험을 거쳐 2014~2016년까지 3년 동안 수원 등 4지역에서 지역적응시험을 실시하였다. 그 결과 그 우수성이 인정되어 2016년 농작물 직무육성 신품종으로 결정되어 ‘다청옥’으로 명명되었다(Figs. 1, 2).

Year	(♀) 2003 (♂) 2003	2004~2008 1004~2008	2009 2009	2013	2014~2016
Generation	-	S ₀ ~S ₇	Line	Multiplication & cross	-
Female (♀)	Introduce	04004-7-3-3-7-2-2-1	KS197	□	KS197/KS202 ⇒Dacheongok
Male (♂)	Introduce	04021-1-6-1-4-1-1-1	KS202		
Remark	Selection of line		Cross	AYT	RYT

AYT (advanced yield trial), RYT (regional yield trial)

Fig. 1. Breeding procedure of 'Dacheongok'

Plant type of Dacheongok

Ear shape of Dacheongok

Fig. 2. Picture of plant type and ear appearance of Dacheongok

고유특성 및 사료가치

‘다청옥’의 수염색은 자색인 반면 대비품종인 ‘광평옥’은 담녹색이고 종피색은 황색이며 입질은 마치종이다(Table 1). ‘다청옥’의 출사일수는 80일로 ‘광평옥’과 비슷하다. 간장은 267 cm로 ‘광평옥’과 비슷하며 또한 착수고율도 ‘광평옥’과 비슷하다. 도복은 1.5로 ‘광평옥’ 정도로 강한 것으로 나타났다. 100주당 이삭수는 95개로 비슷하며 이삭길이(18.6 cm) 또한 ‘광평옥’과 보다 길었지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. Moon et al. (2001)은 광평옥의 수량구성요소에 영향을 미치는 이삭길이가 짧아 개선이 요구된다고 하였다. 그래서 이삭길이가 개선되어 육성된 다청옥은 이삭길이가 길어 축산농가의 재배선택도가 높을 것으로 사료된다. 100립중은 ‘광평옥’과 비슷하다(Table 2).

Table 3. Resistance to disease of 'Dacheongok'

Hybrid	Disease resistance		Corn borer (0~9)
	Southern leaf blight (0~9)	Northern leaf blight (0~9)	
Dacheongok	MR (5.7a)	R (1.0a)	MR (6.7a)
Kwangpyeongok	MR (5.0a)	R (1.7a)	MR (6.2a)

R: Resistance, MR: Moderate Resistance

Table 1. Color of silk, seed coat and type of grain of 'Dacheongok'

Hybrid	Color of silk	Color of seed coat	Type of grain
Dacheongok	Purple	Yellow	Dent
Kwangpyeongok	Light green	Yellow	Dent

Table 2. Agronomic characteristics of 'Dacheongok'

Hybrid	Days to silking (days)	Plant height (cm)	Ratio ^z (%)	Lodging ^y (1~9)	Stay-green ^x (1~9)	Ear per 100 plants (No.)	Ear length (cm)	100 seeds weight (g)
Dacheongok	80a	267a	51a	1.5a	2.9a	95a	18.6a	29.8a
Kwangpyeongok	78a	280a	52a	1.8a	2.8a	94a	16.5a	28.4a

^zRatio: Ear height ratio = ear height/plant height×100

^yLodging, ^xStay-green : (1:excellent, 9:poor)

깨씨무늬병은 중간정도의 저항성이며 그을음무늬병에는 강한 저항성이었다(Table 3). 다청옥의 잎과 줄기의 조단백질 함량은 광평옥과 비슷하나 수입종인 P3394보다는 많았다. 다청옥의 잎과 줄기의 사료가치인 NDF와 ADF는 광평옥과 수입종과 유의

적인 차이는 없었다(Table 4).

수량성

‘다청옥’(수원203호)의 생산력검정시험을 2013년 수원에서 실시하였다. 생산력검정시험에서 ‘다청옥’의 건물수량은 ha당 15.59 톤으로 ‘광평옥’보다 많았다(Table 5).

‘다청옥’의 지역적응시험을 2014~2016년까지 3년간 수원 등 4지역에서 수행하였다. ‘다청옥’의 건물수량(23.69 톤/ha)은 ‘광평옥’보다 10% 많으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다(Table 6). 또한 TDN수량(16.11 톤/ha)도 ‘광평옥’보다 7% 많으나 통계적 유의한 차이는 없었다(Table 7).

옥수수 1대교잡품종(F₁품종)은 해마다 교잡하여 종자를 채종한다. 채종할 때 채종지역의 기상, 토양 등에 따라 지역간 모본과 부분의 개화반응이 다르게 나타나므로 최근 보급종을 생산하고 있는 강원도 영월지역에서 채종 안정성을 검토하였다. 2016년에 ‘다청옥’ 모본(KS197)과 부분(KS202)의 재식비율을 4 : 1로 동시 파종하여 채종시험을 한 결과 모본의 출사기와 부분의 화분

Table 4. Color protein, NDF and ADF of leaves and stem of ‘Dacheongok’

Hybrid	Crude protein (%)	NDF (%)	ADF (%)
Dacheongok	7.3a	64.2a	36.3a
Kwangpyeongok	6.9a	61.0a	35.1a
P3394	5.4b	65.0a	37.1a

NDF : Neutral Detergent Fiber, ADF : Acid Detergent Fiber

Table 5. Dry matter yield of ‘Dacheongok’ in advanced yield trial at 2013 in Suwon, NICS

Hybrid	Dry matter yield (ton/ha)	Index (%)
	2013	
Dacheongok	15.59a	134
Kwangpyeongok	11.62b	100

Table 6. Dry matter yield of ‘Dacheongok’ in regional yield trial from 2014 to 2016

Location	Dacheongok (ton/ha)				Kwangpyeongok (ton/ha)			
	2014	2015	2016	Mean	2014	2015	2016	Mean
Suwon	25.49	18.11	26.13	23.24	25.23	16.39	26.29	22.64
Cheonan	12.17	17.55	19.53	16.42	17.54	15.32	16.87	16.58
Hongcheon	29.39	28.65	24.27	27.44	20.84	24.63	21.47	22.31
Daegu	23.28	28.81	30.93	27.67	23.36	26.33	23.81	24.50
Mean	22.58	23.28	25.22	23.69a (110)	21.74	20.67	22.11	21.51a (100)

Table 7. TDN yield of ‘Dacheongok’ in regional yield trial from 2014 to 2016

Location	Dacheongok (ton/ha)				Kwangpyeongok (ton/ha)			
	2014	2015	2016	Mean	2014	2015	2016	Mean
Suwon	17.13	12.27	17.99	15.80	17.56	11.29	18.26	15.70
Cheonan	8.11	11.80	13.63	11.18	12.14	10.63	11.90	11.56
Hongcheon	19.91	18.10	17.26	18.42	14.49	16.10	15.95	15.51
Daegu	16.14	19.76	21.23	19.04	16.74	18.34	16.80	17.29
Mean	15.32	15.48	17.53	16.11a (107)	15.23	14.09	15.73	15.02a (100)

Table 8. F₁ Seed production trial of ‘Dacheongok’ at Yeongwol

Planting rate (♀:♂)	Inbred	Silking date	Pollen dispersal period	Ear length (cm)	Fertile kernels (%)	100 seeds weight (g)	F ₁ seed yield (ton/ha)
4 : 1	KS197 (♀)	July 15	-	17.3	93	33.7	2.46
	KS202 (♂)	-	July 14~19	-	-	-	-

비산기간이 일치하였고 착립장률은 93%였다. '다청옥'의 채종 수량은 ha당 2.46 톤이었다(Table 8).

재배상의 유의점

'다청옥'은 전국에서 재배가 가능하지만 남부평야지의 검은 줄오갈병이 많이 발생하는 지역(Lee et al. 1987, Lee et al. 1988)에서는 재배를 피하고, 4월 중순 및 하순경에 토양수분이 충분할 때 파종하며 검은줄오갈병 매개체인 애벌레 발생시기를 피하여야 한다.

적 요

'다청옥'은 다수성 사일리지 옥수수 품종 개발을 위하여 2009년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 자식계통 KS197과 KS202를 교잡하여 육성한 다수성 1대 교잡품종(F_1 품종)이다. '다청옥'의 종피색은 황색이며 입질은 마치종이다. 2013년 생산력검정시험을 거쳐 2014~2016년까지 3년 동안 수원 등 4지역에서 지역적응시험을 실시하였다. 그 결과 우수성이 인정되어 2016년 농작물 직무육성 신품종으로 결정되었고 '다청옥'으로 명명하였다. '다청옥'의 출사일수는 80일이며 '광평옥'과 비슷하다. 간장은 267 cm로 '광평옥'과 비슷하며 착수고율(51%) 또한 '광평옥'과 비슷하다. 도복은 '광평옥' 정도로 강한 것으로 나타났다. 후기녹체성은 '광평옥'과 비슷하다. 100주당 이삭수는 95개로 '광평옥'과 비슷하며, 이삭길이는 '광평옥'보다 길지만 통계적인 유의성은 없었다. 100립중은 '광평옥'과 비슷하다. 깨씨무늬병은 중간 정도의 저항성이며 그을음무늬병에는 강한 저항성이었다. 조명나방 저항성은 중 정도를 보인다. '다청옥'의 건물수량은 ha당 23.69 톤으로 '광평옥'보다 10% 많으나 통계적 유의한 차이는 없었다. 또한 '다청옥'의 TDN 수량은 ha당 16.11 톤으로 '광평옥'보다 7% 많으나 통계적 유의한 차이는 없었다. 동시 파종하여 채종시험한 결과 모본 출사기와 부분 화분비산기간이 일치하였으며

채종수량은 ha당 2.46 톤이었다. '다청옥'은 전국적으로 재배가 가능하다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ00636601)의 지원에 의해 이루어진 것임

REFERENCES

- Holland C, Kezar W, Kautz WP, Lazowski EJ, Mahanna WC, Reinhart R. 1990. The Pioneer forage manual : A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred Int., Des Moines, IA.
- Kim, DA. 1986. Forage crops : its characteristics and cultivation method. Sunjinmunhwasa. Seoul. pp. 167-198.
- Lee SS, Lee JM. 1987. Productivity of silage corn hybrids in rice black-streaked dwarf virus prevalent region. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 7: 140-145.
- Lee SS, Park KY, Park SU, Lee SS. 1988. Population of Laodelphax striatellus, percentage of rice black-streaked dwarf virus (RBSDV) viruliferous vector and RBSDV infection of maize in different locations. Korean Journal of Crop Science. 33: 74-80.
- Moon HG, Son BY, Cha SW, Jung TW, Lee YH, Seo JH, Min HK, Choi KJ, Huh CS, Kim SD. 2001. A new single cross hybrid for silage "Kwangpyeongok". Korean J Breed Sci 33: 350-351.
- Son BY, Moon HG, Jung TW, Kim SJ, Kim JD. 2006. Comparison of agronomic characteristics, yield and feed value of different corn hybrids for silage. J Kor Crop Sci 51: 233-238.
- Statistics Korea. Agriculture, Forestry and Fisheries. 2016. <http://lib.mafra.go.kr>