한국 옥수수 품종 개발의 변천과 전망

백성범* · 손범영 · 김정태 · 배환희 · 고영삼 · 김선림

농촌진흥청 국립식량과학원

Changes and Prospects in the Development of Corn Varieties in Korea

Seong-Bum Baek*, Beom-Young Son, Jung-Tae Kim, Hwan-Hee Bae, Young-Sam Go, and Sun-Lim Kim

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

Abstract In Korea, native or open pollinated corn varieties that were not improved before 1960 were cultivated. The 1960s was a step that created the foundation for the development of varieties. In 1962, systematic corn breeding was started when the synthetic type 'Hwangok 2' was distributed to farmers. The 1970s was the era of the change from synthetic varieties to hybrid ones, with a focus on the development of single-cross hybrids among the corn hybrids. The single-cross corn hybrid, 'Suwon 19', was an epoch-marking variety that had a unit-yield closer to that of advanced countries. The 1980s was a time when the breeding direction was changed from grain corn to silage because the corn cultivation area for silage increased rapidly with the government's livestock promotion policy, and the corn seed supply system of single-cross hybrids was established. In the 1990s, the era of globalization and the launching of imports of agricultural products, the living standards of consumers became more advanced, and the development system of corn varieties was established for various use purposes. As we entered the 2000s, it started the heyday of developing corn varieties, with 29 corn varieties of various use purposes and excellent cultivation stability developed. In the 2010s, the scope of corn variety development expanded from government or universities to private seed companies. Thus, the corn varieties in Korea have changed and developed in response to the situation of the times, and there are currently 110 corn varieties registered with Korea Seed & Variety Service (KSVS). In the future, vegetable corn is expected to be continuously developed, with functional ingredients such as strengthening vitamins, trace elements, and antioxidant components. Specialized grain corn, such as lysine and maltodextrin, will be developed and commercialized in order to improve the value added. In the case of silage corn, there will be varieties of early maturing and late planting adaptability, with no more than 110 days until maturity, suitable for the cropping system, such as second cropping and double cropping, as well as high digestion rate and nutrition varieties with high feed value, and excessive water tolerance corn varieties that adapt well to paddy fields. Furthermore, it is expected that corn varieties that adapt well to Southeast Asia, Latin America, and Africa will continue to be developed and supplied.

Keywords corn, maize, plant breeding, variety, hybrid

Received on December 11, 2019. Revised on January 13, 2020. Accepted on January 31, 2020.

* 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, 세계 재배면적은 182 백만ha로 밀에 이어 두 번째이지만 생산량은 1,011 백만톤으로 식량작물 중에서 생산량이 가장 많은 주요 작물이다. 국가별로는 중국의 재배면적이 38 백만ha로 가장 많으며, 미국이 33 백만ha로 그 뒤를 잇고 있다. 생산량은 미국이 345 백만톤으로 가장 많으며, 중국은 이보다 다소 적지만 225 백만톤 규모로 두 국가가 세계 옥수수 생산량의 약 56%를 점유하고 있다(MAFRA 2018)(Table 1). 세계의 옥수수 생산과 소비는 지속적으로 증가하고 있으며(FAOSTAT 2019), 향후 세계 옥수

수의 수급에 대한 전망을 보아도 생산량, 소비량 및 교역량 등 모든 측면에서 증가할 것으로 예상하고 있다(OECD/FAO 2018).

우리나라의 옥수는 쌀이나 보리의 재배가 어려운 산간지역에서 오랜 세월을 거쳐서 식량 대용으로 재배하여 왔으며 일부 남부 평야지에서 간식 대용으로 재배했다. 우리나라는 1970년대 축산업과 가공 산업의 발달로 옥수수 수요가 급격히 증가하였고 옥수수의 재배면적도 증가하였지만 생산량이 수요량에 비해 턱없이 부족하여 수요량의 대부분을 수입에 의존하여 왔다. 우리나라 옥수수의 재배면적은 많지 않아 27 천ha로 이 중 16 천ha는 간식용 풋옥수수이며, 나머지 11 천ha는 알곡 및 사일리지용이다. 따라서 옥수수의 곡물자급률은 0.8%, 사료를 포함하는 식량

Table 1. Maize cultivation area, production, and grain yield in major countries of the world in 2017.

Countries	Cultivation area (million ha)	Production (million ton)	Grain yield (ton/ha)
Total	182.5	1,010.6	5.5
China	38.2	224.8	5.9
USA	32.7	345.5	10.5
Brazil	15.4	85.3	5.5
India	8.7	22.6	2.6
Republic of Korea	0.03	0.08	5.1
Other countries	87.5	332.4	3.8

자급률은 3.3%에 머물러 있는데, 이는 주요 식량작물 중 가장 낮은 수준에 속한다(MAFRA 2018). 이렇게 부족한 물량은 주로 미국, 브라질 등에서 대부분 알곡으로 수입하는데 최근에는 그 물량이 9,348 천톤(17)을 기록하고 있다(MAFRA 2018). 이처럼 국내 옥수수의 수급은 사회 경제적으로 많은 영향을 주는 중요한 사안으로서, 그 근간이 되는 옥수수 품종 개발은 매우 중요한 국가적 과제라 할 수 있다.

우리나라의 옥수수 품종개발은 1960년대에 이르러서야 비로소 이루어 졌다. 초기에는 종자생산이 수월한 합성품종을 개발하여 보급하기 시작하였고, 1970년대에 이르러 교잡종으로 전환하면서 괄목할 만한 성과를 달성하기 시작하여, 최근까지 간식용 찰옥수수 ‘황미찰’(Lee et al. 2018), 종실용으로 ‘신황옥’(Son et al. 2017), 사일리지용으로 ‘다청옥’(Son et al. 2018) 등 우량 품종을 지속적으로 개발·보급하여 왔다. 옥수수 품종은 시대적, 사회적 환경 변화에 따라 개량 형질의 우선 순위가 조정되면서 생산자와 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 꾸준히 발전되어 왔는데, 현재 국립종자원에 등록된 옥수수 품종이 110개(KSVS 2019)에 달할 정도로 품종이 다양화되었다. 또한 최근에는 국내 옥수수 품종 개발이 민간의 영역으로 점차 확대되면서 옥수수 종자 산업을 세계적 수준으로 육성하기 위해, 내수 시장이 아닌 해외 시장을 향한 노력도 시도되고 있다.

국내 옥수수 연구 수준은, 찰옥수수 등 식용 풋옥수수 품종 개발의 경우 외국산 보다 품질이 뛰어난 것으로 평가를 받고 있으며, 사일리지용 옥수수 품종도 수입종자를 대체할 수 있는 수준까지 발전하였다. 육종에 참여하는 인적 자원이 많지 않은 상황에서 찰옥수수와 사일리지용 옥수수 부분에서 경쟁력을 갖춘 다수의 품종을 개발하여 보급하고 있는 것은 커다란 성과라 하겠다. 다만, 종실옥수수(알곡용)의 경우, 농가수량이 '60년대 대비 8.3배(5.0 ton/ha)까지 증가하였지만, 타 작물에 비하여 수익성이 낮고, 집약적인 농업 형태를 벗어나지 못하고 있어서

대면적을 운영하는 조방적인 옥수수 재배 국가와 비교하면 상대적으로 열세에 놓여 있다. 이러한 시점에서 개발된 옥수수 품종을 되짚어 보고 미래 연구 방향을 점검해 보는 것은 매우 의미 있는 일이 될 것이다.

그동안 우리 옥수수의 자급생산과 국제경쟁력 향상을 위하여 옥수수 품종개발에 기울인 노력과 성과를 살펴보고 향후 옥수수 품종개발 방향이 어떠한 방향으로 추진될 지를 조명해 보고자 한다.

옥수수 품종의 변천

우리나라의 옥수수 품종 개량은 주로 병해와 충해 등 생물적 스트레스에 대한 저항성과 옥수수 재배에 적합하지 않은 온도 등 환경스트레스에 대한 내성을 향상시키는 등 생산성 향상을 목적으로 발전하여 왔으며, 또한 용도별로 품질 개량을 위한 영양성분과 물리성 개선, 시장성 향상을 위한 노력이 지속되어 왔다. 또한 시대적, 사회적 환경 변화에 따라 생산자와 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 개량 대상 형질의 우선순위가 변해 왔는데, 1960년대부터 현재에 이르기 까지 시대별로 개발 품종들의 이용분야, 교잡유형, 육종목표 및 주요 품종 등을 살펴보면 Table 2에서 보는 바와 같다.

우리나라의 옥수수 품종은 1960년까지 재래종 혹은 방임수분 품종이 재배되었다. 체계적으로 옥수수 육종이 시작되었던 것은 1959년으로, 작물시험장에서 미국 네브래스카 대학으로부터 ‘SSS(III) Syn-3’ 등 5개의 합성품종과 ‘Neb.806’ 등 8개 복교잡종을 도입하면서부터 이루어졌다. 1960년대는 옥수수 품종개발의 기반을 조성하는 단계로써, 육종의 근간은 도입 육종이었으나, 새로운 자식계통을 개발하기 위해 1962년부터 수집한 재래종을 이용하여 자식계통 육성에 힘을 기울였다. 종자 생산이 수월하여 농가에서 스스로 종자를 생산할 수 있도록 교잡종보다

Table 2. Major changes of development of maize varieties, in 1960s~2010s.

Item	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	2010s
Use	Grain	Grain	Grain ⇒ Silage & Green corn	Grain, Silage & Green corn	Grain-Silage & Green corn	Grain-Silage & Green corn, Seed export
Cross type	Native variety Synthetic variety	Synthetic variety Double cross	Three-way cross Single cross	Single cross	Single cross	Single cross
Breeding target	High yielding	High yielding	Stability High yielding	High quality	High quality	Increase in added value
Major variety	Hwangok 2 ('62) Bokgyo 1 ('67)	Bokgyo 2 ('73) Hwangok 3 ('76) Suwon 19 ('76) Suwon 20 ('76) Suwon 21 ('76) Gwangok ('78)	Hoengseongok ('80) Jinjuok ('83) Danok 1 ('84) Yangjuok ('84) Nampyeongok ('86) Chalok 1 ('89) Tanok 2 ('89) Gwanganok ('89)	Jungbuok ('90) Chodangok 1 ('92) Yeonngong 1 ('92) Chalok 2 ('94) Suwonok ('96) Geumdanok ('98) Dumechal ('99)	Heukjeomchal ('00) Gwangpyeongok ('00) Tanok 3 ('01) Gammiok ('03) Chalok 4 ('04) Miheukchal ('04) Ilmichal ('05) Mibaek 2 ('05) Gammichal ('05) Gangilok ('05) Eolrukchal 1 ('07) Heukjinjuchal ('08) Heukjeom 2 ('08) Arichal ('09) Guseulok ('09)	Godangok ('11) Cheongchunchal ('13) Jangsuheukchal ('13) Saekso 2 ('14) Mithas ('16) Oryun 2 ('16) Hwangdaok ('16) Dacheongok ('16) Hwanggeummachal ('17)

는 합성품종 개발에 주력했다. 1962년 도입품종의 지역적응시험에서 재래종에 비해 41% 증수한 합성품종 'A(III)Syn-3'을 선발, '황옥2호'로 명명하여 1963년부터 농가에 보급했다(CES 1963).

1970대는 합성품종에서 교잡종으로 전환하는 시대였다. 1973년에 '북교2호'(Park et al. 1975)가 육성되었으나 당시 채종체계가 미흡하여 종자 생산도 하지 못하고 보급이 중단되었다. 1976년이 되어서야 단교잡종 '수원19호'(Kim et al. 1978b), '수원20호'(Kim et al. 1978a), '수원21호'(Kim et al. 1978c) 등이 내도복, 내병, 다수성 교잡종으로 개발되어 처음으로 단교잡종을 농가에 보급하게 되었다. 간식용 옥수수 품종은 1975년부터 단옥수수와 찰옥수수 유전자원을 수집하여 처음으로 육종에 착수했으나, 주된 수요가 종실용 옥수수이었기에 연구가 집중적으로 이뤄지지 못했다.

1980년대는 1970년대의 종실 위주의 품종개발에서 정부의 축산진흥시책과 함께 재배면적이 급격히 증가하였던 사일리지용 옥수수 품종개발로 육종목표가 전환되는 시기였으며 이 시기에 단교잡종 옥수수 품종 보급 시스템이 정착되었다. 또한, 당시 경제작물로 부각되었던 단옥수수와 찰옥수수에 대한 품종 개량이 이루어지기 시작하였다.

사료용 옥수수 중 단교잡종과 유사한 특성을 가지면서 채종량이 많아 종자 생산비를 절감시키는 데 유리한 3계교잡종 '형성

옥'(NICS 2009)과 변형단교잡종인 '제천옥'(Park et al. 1981), 1983년에는 3계교잡종 '진주옥'(Park et al. 1984a) 등이 개발되었다. 또한 수확기까지 푸른 잎을 유지하는 사일리지용 옥수수 교잡종이 속속 개발되었는데 1989년에 수입 품종 'P3160'보다 생육 후기까지 하위엽이 녹색을 유지하는 후기녹체성이 우수하고 검은줄오갈병에 강한 단교잡종 '광안옥'(Park et al. 1990)이 육성되어 축산 농가에 보급되었다.

간식용 옥수수는 1983년에 우리나라 최초로 단옥수수 단교잡종인 '단옥1호'(Park et al. 1984b)를 육성하여 1987년부터 농가에 보급하였으나 숙기가 늦어 조기재배를 원하는 농가의 호응을 받지 못하고 보급 2년 후에 중단되었다. 그러다 1989년에 도입 품종인 'GCB70'보다 숙기가 2~3일 빠른 준조숙종인 '단옥2호'(Park et al. 1991a)가 개발되었다. 또한 같은 해에 육성종으로는 국내 최초로 찰옥수수와 튀김옥수수가 개발·보급되었는데, 재래종 찰옥수수 대체 품종으로 극조숙종인 '찰옥1호'(Park et al. 1992b)가 개발·보급되면서 '찰옥1호'를 포함한 찰옥수수 2기작 재배와 타 작물과의 2모작 재배가 원활하게 이루어졌다. 또한 소립이면서 튀김률이 높아 품질 면에서 수입 품종과 비슷한 튀김옥수수 '튀김옥1호'(Park et al. 1992a)가 개발되었다.

1990년대는 옥수수 용도별로 품질이 우수한 단교잡종이 개발되었던 시기였다. 국립식량과학원에서 식용 풋옥수수 품종으로

1992년 *sh2* 유전자를 갖는 ‘초당옥1호’(Park et al. 1993)가 개발되었는데 총당함량이 23.5%로 *su* 유전자를 갖는 ‘단옥2호’보다 약 2배가 많았다. 1994년에 육성된 ‘찰옥2호’(Cha et al. 1995)는 과피가 얇고 차져 품질이 좋고 깨씨무늬병과 도복에 강하지만 F_1 종자 생산 시 채종량이 불안정하여 보급중 생산이 중단되었다. 1999년에 강원도농업기술원 옥수수연구소에서는 중숙종이며 이삭이 큰 ‘두메찰’을 개발했다. 사일리지용 옥수수 품종으로 후기녹체성이 좋아 품질이 우수하고 종실수량도 높은 양질의 조사료용으로 1990년에 ‘중부옥’(Park et al. 1991b), 1996년에 ‘수원옥’(NICS 2009)이 개발되었다.

2000년대는 건강식품 또는 고소득 작물로 식용 풋옥수수가, 축산 농가의 경영비 개선 및 고급육 생산을 위한 작물로 사료용 옥수수가 부각되었던 시기였다.

찰옥수수는 국립식량과학원에서 2004년에 과피 두께가 얇고 부드러운 맛이 좋은 ‘찰옥4호’(Jung et al. 2006a), 2005년에는 이삭의 끝달림률이 높아 상품성이 좋고 도복에 강하여 밀식 적응성이 우수한 ‘일미찰’(Jung et al. 2006b)을 개발했다. 2007년에는 옥수수 알색이 흑색과 백색이 혼합된 ‘얼룩찰1호’(Lee et al. 2011), 2008년에는 옥수수 알색이 흑색인 ‘흑진주찰’(Jung et al. 2009) 등 유색 찰옥수수를 잇달아 개발했다. 강원도농업기술원 옥수수연구소에서는 2004년에 ‘미흑찰’(Park et al. 2007b), 2008년에 ‘흑점2호’ 등 유색 찰옥수수를 개발했으며, 2005년에는 도복에 강하고 상품성이 우수한 ‘미백2호’(Park et al. 2007a)를 개발하였다. 또한 2009년에는 혼반 및 빵튀기 등 알곡 전용 품종인 ‘아리찰’을 육성했다. 경상북도농업기술원에서 2005년, 2007년에 찰옥수수와 초당옥수수 알이 한이삭에 섞여 있는 찰·초당옥수수 ‘감미찰’과 ‘감미찰2호’를 잇달아 개발함으로써 2000년대에는 찰옥수수 품종이 색깔과 맛뿐만 아니라 용도 면에

서도 매우 다양화 되었다.

단옥수수는 국립식량과학원에서 2009년에 *su* (sugary) 유전자를 보유한 단옥수수의 당 함량을 개선하고 초당옥수수의 발아율을 개선한 *se* (sugary enhancer) 유전자를 이용하여 ‘구슬옥’(Lee et al. 2013)을 개발했다. 초당옥수수는 경상북도농업기술원에서 2002년에 결가지가 적게 발생하고 저온 발아성이 좋은 ‘경초옥’, 2005년에 내도복성이며 식미가 우수한 ‘신선옥’을 개발했다.

사료용 옥수수 품종으로 2000년에 국립식량과학원에서 ‘광평옥’을 개발하였다. ‘광평옥’은 후기녹체성이 좋고 검은줄오갈병에 강하며 종실수량도 많다. 또한 재배 목적에 따라 알곡 또는 사일리지로 이용할 수 있어 활용면에서 유리하다(Moon et al. 2001). 이 외에도 2002년에는 직립초형으로 밀식 적응성이 높은 ‘청안옥’(Son et al. 2003), 2003년에는 채종이 안정적이며 이삭이 크고 알곡 수량이 많은 종실용 옥수수 ‘장다옥’(Son et al. 2004), 그리고 2005년 알곡 및 사일리지 겸용으로 도복에 강한 ‘강다옥’(Son et al. 2006) 등을 개발하였다.

2010년대에는 시대적 여건이 더욱 다변화되면서 육종의 범위가 더욱 확대되었다. 수요자가 직접 선발하고 육성한 지역특화용 찰옥수수 ‘황금맛찰’(NICS 2019), 인도시장에서 판매되고 있는 종자수출용 단옥수수 ‘Mithas’ 등 우량 품종들이 지속적으로 개발되었다. 2010년 이후 개발된 용도별 주요 품종은 Table 3에서 보는 바와 같다.

찰옥수수는 국립식량과학원에서 2014년과 2017년에는 카로티노이드가 풍부한 황색 찰옥수수 ‘황미찰’과 ‘황금맛찰’을 개발하였고(NICS 2019), 경기도농업기술원에서 2013년에 안토시아닌을 함유한 ‘장수흑찰’, 강원도농업기술원 옥수수연구소에서는 2013년에는 안토시아닌 함량이 18,809 mg/kg으로 현재까지 육성된 찰옥수수 중 최고의 함량을 갖는 ‘청춘찰’(Park et al.

Table 3. Newly developed major corn varieties for various use in 2010s.

Item	Newly developed corn varieties
Sweet corn	Godangok ('11) ² , Honeygold 1 ('13), Baekgeumok ('15), Godangok 1 ('16)
Waxy corn	Gammichal 3 ('10), Hayanchal 95 ('11), Damichal ('12), Cheongchunchal ('13), Jangsuheukchal ('13), Jangsuchal ('14), Hwangmichal ('15), Goldchal ('15), Hwangchalok ('15), Hwanggeummachal ('17)
Pop corn	Oryunpopcom ('11) Zipopcorn ('14), Oryun 2 ('16)
Normal and silage corn	Dapyeongok ('10), Cheongdaok ('10), Andaok ('11), Pyeonggangok ('11), Singwangok ('12), Yanganok ('12), Gangok 2 ('12), Daanok ('13), Gangok 3 ('14), Sinhwangok ('15), Dreamok ('15), Hwangdaok ('16), Dacheongok ('16), Gangok 4 ('16), Sinhwangok 2 ('18)
Export	Gangyeon 1 ('14), GW222 ('14), Mithas ('14), Daeryukok ('15), KM1 ('16), KM2 ('17), KM3 ('17), KM4 ('18), KM5 ('18), Daeryuk 2 ('18)
The others	Seakso 1 ('10), Seakso 2 ('14)

²Bold type is varieties which seeds are currently being distributed.

2016b), 2014년에는 이삭이 긴 흰찰옥수수 ‘장수찰’(Seo et al. 2018), 2015년에는 황색 찰옥수수 ‘골드찰’(NICS 2019)을 잇달아 개발했다. 경북도농업기술원에서도 2010년에 찰초당옥수수 ‘감미찰3호’를 개발하였고, 2016년에 조기재배용으로 황색 찰옥수수인 ‘황찰옥’(NICS 2019)을 개발했다.

단옥수수는 국립식량과학원에서 ‘고당옥’과 ‘고당옥’의 알곡 크기를 개선한 ‘고당옥1호’ 등 *se* 인자를 보유한 4품종(Lee et al. 2014, NICS 2019)을 잇달아 개발하였다. 한편 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 2011년 ‘오륜팝콘’(Chang 2013)을 시작으로 팝콘용 품종 3품종과 색소용 옥수수 ‘색소1호’, ‘색소2호’(Park et al. 2016a)를 개발하여 보급함으로써 옥수수 이용 범위가 더욱 확대되었다.

사료용 옥수수는 국립식량과학원에서 2010년에는 알곡 및 사일리지 겸용인 ‘청다옥’(Son et al. 2014)을, 2011년과 2012년에는 논 재배에 적응력이 뛰어난 ‘평강옥’과 ‘양안옥’을 개발(Son et al. 2012, Son et al. 2013) 하였으며, 2015년에는 조숙성 품종 ‘신황옥’(Son et al. 2017)을 개발함으로써 사일리지용 옥수수의 2기작 재배를 가능케 하였다. 2016년에 역대 최고의 수량을 보이는 사일리지 전용 ‘다청옥’(Son et al. 2018)과 종실 전용 ‘황다옥’(Son et al. 2019)을 개발함으로써 옥수수 농가 소득 증대에 기여하고 있다. 강원도 옥수수연구소에서는 종실용으로 ‘강옥2호’ 등 3품종을 개발하였다.

2010년대 진입하면서 그 동안 내수용으로 한정되어 있던 옥수수 품종 개발이 해외시장을 목표로 육종 영역이 확대되었고, 남부아시아 적응형 단옥수수 ‘Mithas’ 개발을 시작으로 연해주, 중국 등 고위도 지역과 동남아시아 등 저위도 지역에 잘 적응하는 10품종을 개발함으로써 종자 수출 기반이 마련되었다.

품종 개발의 주요 성과

2019년 현재 국립종자원에 출원 및 등록된 옥수수 품종은 출원 179품종, 등록 110품종으로 다양하다(KSVS 2019). Table 4에서 보는 바와 같이 국립식량과학원 등 기관에서 개발한 품종은 단·초당옥수수 14품종, 찰옥수수 28품종, 튀김옥수수 4품종, 종실 및 사일리지용 41 품종 등 87품종으로 이 가운데 찰옥수수 ‘미백2호’와 사료용 옥수수 ‘광평옥’ 등 17품종이 보급되고 있다. 옥수수는 타식성 작물로서 자식성 작물에 비하여 종자생산이 어려움에도 불구하고 수요자에게 품종 선택의 기회를 널리 제공하고 있는 것은 하나의 성과라 할 수 있다.

단교잡종 옥수수 품종을 개발하면서 옥수수 수량성은 획기적으로 향상되었다. 1976년 우리나라 최초의 단교잡종 ‘수원19호’는 26개 시험지에서 2년간 시험 결과 ‘황옥2호’와 ‘황옥3호’에 비해 전국평균 32%의 증수를 보였고, 특히 강원도 옥수수 주산지의 평균수량이 928 kg으로 ‘황옥2호’ 대비 67%까지 증수되어 우리나라 단위 수량을 선진 생산국 수준으로 근접시킨 획기적인 품종이었다(Kim et al. 1978b). 이후 옥수수 종실 수량은 국립식량과학원 등 시험장, 연구소 뿐만 아니라 농가 수준에서도 괄목할 만한 성장을 하였는데 종실 수량은 시험장의 경우 1960년대 전국 평균 4.6 에서 8.9 ton/ha로 193% 증가 하였고, 농가 수량도 1960년대 0.6에서 5.0 ton/ha로 833% 증가하였다. 사일리지 수량도 1960년대 12.8에서 21.5 ton/ha로 괄목할 만한 성장을 이루었다(Table 5). 최근 개발된 사일리지용 옥수수 ‘다청옥’은 건물수량이 23.7 ton/ha에 달하고, 종실용 옥수수 ‘황다옥’은 종실수량이 10.0 ton/ha에 이른다(Son et al. 2018, Son et al. 2019).

1989년 처음으로 ‘찰옥1호’가 개발되어 선보였고(Park et al. 1992b), 충남대에서 1992년에 ‘연농1호’를 개발하였다(Lee et al. 1992). 극조숙종인 ‘찰옥1호’가 육성·보급되면서 찰옥수수가

Table 4. Number of corn varieties developed by institution.

Institution ^z	Breeding start year	Number of developed varieties					
		Edible corn				Normal and silage corn	Total
		Sweet corn	Waxy corn	Pop corn	Sub total		
NICS	1962	10(1)	11(5)	1	22(6)	33(3)	55(9)
GARES	2009	-	2(1)	-	2(1)	-	2(1)
GWARES	1994	-	11(4)	3(1)	14(5)	8(2)	22(7)
GBARES	1996	4	4	-	8	-	8
Total		14(1)	28(10)	4(1)	46(12)	41(5)	87(17)

() is the number of varieties in which seeds are currently supplied.

^zNICS; National Institute of Crop Science, RDA. GARES; Gyeonggi Agricultural Research & Extension Services. GWARES; Gangwon Agricultural Research & Extension Services. GBARES; Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Service.

Table 5. Changes in maize yield of developed varieties during the last six decades.

Decades	Grain				Whole crop (Institute)	
	Institute		Farm		Dry matter yield (ton/ha)	Index
	Grain yield (ton/ha)	Index	Grain yield (ton/ha)	Index		
1960s	4.6	100	0.6	100	12.8	100
1970s	6.8	148	1.5	250	13.0	102
1980s	8.0	175	3.9	650	16.4	132
1990s	8.4	183	4.4	733	19.7	154
2000s	8.4	182	4.6	767	19.1	149
2010s	8.9	193	5.0	833	21.5	168

경제작물로 인식되었고 남부 지역에서는 ‘찰옥1호’를 위주로 한 찰옥수수 2기작 재배가, 중남부 내륙 지역에서는 타 작물과의 2모작 재배가 이루어져, 찰옥수수 주재배지가 강원도와 충북 일부 지역에서 전국으로 확산되는 성과를 얻었다. 또한 ‘연농1호’는 부드러운 맛(Jung et al. 2005)으로 소비자의 관심을 받으며 폭발적으로 수요가 증가하면서 찰옥수수의 대중화에 크게 기여하였다.

2000년대의 스타품종 출현도 하나의 성과라 할 수 있다. 도복에 강하고 상품성이 우수한 찰옥수수 ‘미백2호’(Park et al. 2007a), 사일리지용으로 후기녹체성이 좋고 건물수량이 많은 ‘광평옥’(Moon et al. 2001)은 인기가 높아 지금도 가장 많이 재배되는 품종으로 국내 옥수수 자급률 향상에 크게 공헌하였다. ‘미백2호’는 2018년 간식용 옥수수 재배면적 50.4%를 점유하는 등 매년 점유율이 증가하는 추세이다. ‘광평옥’은 2013년 사료용 옥수수 재배면적 점유율 43.0%를 기록하며 수입산 사료용 옥수수를 대체하는데 앞장섰고 2019년에도 45.3%를 점유할 것으로 예상된다.

그 외에도 자색찰옥수수(Lee et al. 2011, Jung et al. 2009, Park et al. 2007b), 황색찰옥수수(NICS 2019), 팝콘옥수수(Park et al. 1992a, Chang 2013), 혼반전용 찰옥수수(NICS 2019), 찰과 초당옥수수 알이 섞여 있는 찰초당옥수수(NICS 2009), 색소 가공용(Park et al. 2016a) 등으로 품종이 분화되면서 옥수수의 이용 범위가 확장되었으며, 단옥수수도 *su*, *se*, *sh2* 등 단맛과 관련된 다양한 유전자를 도입함으로써 옥수수 품종의 다양화에 크게 기여하였다. 간식용 찰옥수수는 수입산 보다 품질과 재배안정성이 뛰어난 것으로 평가받고 있으며, 종실 및 사일리지용도 수입 품종을 대체할 수 있는 수준으로 발전하였다(Son et al. 2018, Son et al. 2019).

해외 시장 공급을 위한 수출용 옥수수 품종 개발도 활발하여 (주)농우바이오는 남부아시아에 적응하는 단옥수수 ‘Mithas’를

개발하여 국내 최초로 해외 시장에 공급하였다. ‘Mithas’는 인도 현지 단옥수수 우점종보다 농가에서 선호하여 인도에서의 판매 실적이 매년 증가하고 있는데, 향후 인도네시아, 중국 등으로 수출시장이 확대될 전망이다. 그 밖에 국립식량과학원에서 열대 적응형 품종으로 ‘KM1’~‘KM5’, 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 동북아 적응형 품종으로 ‘강연1호’, ‘대륙옥’, ‘대륙2호’ 등을 개발하여 종자 수출 기반을 구축한 것도 커다란 성과라 하겠다.

품종 개발 전망

우리나라 옥수수 품종은 시대적 사회적 요구에 따라 생산자와 소비자의 욕구를 충족시키기 위하여 개량 대상 형질들의 우선순위가 바뀌면서 지속적으로 발전되어 왔다. 다행스러운 것은 최근 국내에 옥수수 품종 개발 인력과 연구기반이 확대되고 있어 향후 옥수수 품종이 더욱 다양해질 것으로 예상된다.

식용 옥수수는 안심먹거리 및 기능성 식품에 대한 관심 증가로 비타민과 미량요소, 항산화 성분 등을 강화한 고기능성 품종이 지속적으로 개발될 전망이다. 찰옥수수는 소비자가 원하는 40 μ m 이하의 저과피율, 질감과 향기, 증자 후 물리성 등이 우수한 최고 품질과, 생산자가 원하는 안정성과 상품성(이삭길이는 20 cm 이상, 착립장률은 95% 이상), 가공업자가 원하는 가공적성 등 3박자를 고루 갖춘 우량 품종이 지속적으로 개발될 전망이다. 최근, 지구 온난화의 영향으로 평균기온 상승과 무상기간이 길어짐에 따라 2모작과 2기작에 유용하게 활용할 수 있는 생육일수 90일 이하인 조숙성 품종도 곧 출현할 것이다. 저연령층에서 선호하는 간식용 옥수수는 찰옥수수보다는 단옥수수와 초당옥수수이므로 현재의 찰옥수수 소비 위주의 시장구조가 단·초당 옥수수로 전환될 것으로 보인다. 따라서 단·초당옥수수는 향후

아동들의 영양 간식용으로서의 개발 전망이 밝다. 단·초당옥수수는 당 함량이 20 °Bx 이상으로 높으면서 식미가 부드러운 간식용 품종뿐만 아니라, 레토르트용, 통조림용 등 가공에 적합한 용도로 품종을 개발하는 것도 과제로 남아 있다. 한편, 찰, 단옥수수의 특성을 모두 발현하는 Double mutant 품종 개발도 기대를 모으고 있다.

종실용 옥수수는 필수아미노산인 lysine이 부족하기 때문에 영양적으로 단백질의 질적 문제를 해결하기 위해서는 opaque-2 인자를 이용한 lysine 함량이 높은 품종의 개발이 필요하다. 일반 옥수수보다 lysine 함량이 많은 양질의 고lysine 품종은 유아용 이유식으로 유용할 뿐만 아니라, 사료용으로서 돼지, 닭 등 단위 동물의 체중을 증가시키는데 크게 기여할 것으로 본다. 종실용 옥수수는 부가가치가 향상을 위하여 lysine, maltodextrin 등 특수 성분이 강화된 품종이 개발되어 상용화 될 것으로 예상된다. 튀김 옥수수는 소립이면서 튀김유평과 질감, 향 등이 우수한 품종이 개발되고 있지만, 과열강도, 배와 배유의 비율, 연질과 경질녹말의 비율 등이 튀김옥수수의 품질에 관여하므로 이와 같이 품질에 관련되는 형질을 개량하는 성분육종이 필요하다(Kim et al. 1995).

사일리지용 옥수수는 수입종보다 우수한 양질의 안정 조숙 다수성 품종 개발이 요구된다. 현재는 건물수량과 가소화양분총량(TND)이 많으며 수확기까지 푸른 잎을 유지하는 후기녹체성 품종개발에 주력하고 있지만, 앞으로 조사료 생산성증대를 위해 동계 사료작물과 옥수수와 2모작 작부체계 운영에 적합한 숙기가 110일 이하인 조숙 품종과, 2기작 재배 시 요구되는 조숙이면서 만식적응형인 품종, bm (brown mid-rib) 인자를 도입한 고소화율 품종 및 이삭비율이 55% 이상 되는 사료가치가 높은 양질의 사일리지용 품종 출현이 기대된다. 또한 논 농업 다양화 및 조사료 확대 재배 등 국가 정책에 따라 내습성 등 환경스트레스에 내성을 갖고 있어 논에 잘 적응하는 논 재배 전용 품종뿐만 아니라, 무엽설 인자가 도입된 직립초형의 밀식적응형 고biomass 품종 개발이 기대된다. 남북통일이 되면 축산물의 수요는 더욱 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 사료용 옥수수의 수요도 급증할 것으로 예상된다. 북한의 옥수수 생산성을 높인다면 상당한 비율의 옥수수 수입량을 줄일 수 있으므로 남북통일 이후 북한에 적응할 수 있는 숙기가 빠르며 감부기병과 그을음무늬병에 강한 복합 내재해성 종실 및 사일리지 겸용 옥수수 품종 개발도 요구된다.

수출용 품종개발 분야에서도 동남아, 중남미, 아프리카 등에 잘 적응하는 옥수수 품종을 지속적으로 개발하여 보급함으로써 종자 선진국 대열에 합류하고, 개발도상국에 옥수수 재배 및

종자생산 기술을 원조함으로써 세계 옥수수 시장에서 신뢰를 구축함과 동시에 우리나라의 식량종자 브랜드 가치를 높일 것으로 기대한다.

결론

이처럼 국내에서 1960년 이전에는 육종적으로 개량이 되지 않은 재래종 또는 방임 수분 품종들이 재배되었다. 1960년대는 품종개발 기반을 조성하는 단계로, 1959년 미국에서 합성품종을 도입하여 적응력이 높은 ‘황옥2호’를 선발하여 1962년부터 농가에 보급하면서 체계적인 옥수수 육종이 시작되었다. 당시에는 옥수수 육종이 이루어지기 시작한 초기 세대였던 만큼 종자생산이 비교적 수월한 합성품종 위주로 개발·보급하기 시작하였다. 1970년대는 합성품종에서 교잡종으로 전환하는 시대였으며 교잡종 중에서도 단교잡종 육성에 치중하였다. 전술한 바와 같이, 단교잡종 옥수수 ‘수원19호’는 1976년에 내병 내도복 다수성 품종으로 개발되었는데 수량이 10a당 928 kg으로 ‘황옥2호’보다 67% 증수되는, 단위수량이 선진국 수준에 근접하는 품종으로 우리나라 옥수수 육종사에서 일대 전환점이 되었다. 1980년대는 1970년대의 종실 위주의 육종에서 정부의 축산진흥정책과 함께 재배면적이 급격히 증가하였던 사일리지용 옥수수로 육종 목표가 전환되는 시기였으며, 이 시기에 비로소 단교잡종 보급 시스템이 정착되었다. 또한 이 시기에 경제작물로 부각되었던 단옥수수와 찰옥수수에 대한 품종개발이 이루어지기 시작하여 처음으로 단옥수수인 ‘단옥1호’와 찰옥수수인 ‘찰옥1호’가 개발되어 선보였고, 사료용을 포함하여 10개의 품종이 개발되면서 용도별로 품종이 개발되기 시작하였다. 1990년대는 국제화 및 농산물 수입 개방화 시대를 맞아 소비자의 생활수준이 고급화되면서 소비자의 요구가 다양화 되면서 비로소 용도별로 품종개발 체계가 정착되어 종실 및 사일리지용 2, 찰옥수수 2, 단옥 및 초당옥수수 2품종이 개발 보급되기에 이르렀다.

2000년대에 들어서면서 FTA 등 외부 농업 환경변화, 기후변화에 따른 품종개발의 방향전환 등 현안 대응 연구가 활발해지면서 용도별로 품질이 다양화되고 재배 안정성이 뛰어난 품종들이 잇달아 개발되는 등, 우리나라 옥수수 품종 개발의 전성기를 맞이하였다. 사일리지용으로 후기녹체성이 좋고 건물수량이 높은 ‘광평옥’, 도복에 강하고 맛과 상품성이 우수한 찰옥수수 ‘미백2호’는 지금도 인기가 좋아 가장 많이 재배되는 품종으로 국내 옥수수 종자의 안정공급과 종자자급률 향상에 크게 공헌하였다. 그 외에도 자색찰옥수수, 팝콘옥수수, 혼반 전용 찰옥수수,

찰과 초당옥수수 알이 섞여 있는 찰초당옥수수 등이 이 시기에 개발·보급되면서 우리나라 옥수수 품종 개발 수준이 한 단계 도약하였다.

2010년대에는 시대적 여건이 더욱 다변화되었고 품종 개발이 관 또는 대학 주도에서 종묘회사 등의 민간영역으로 확대되면서, 수요자가 직접 참여하여 품종을 개발하는 수요자 참여형 품종개발 시스템을 도입하고 종자 수출용 품종을 개발하게 되면서 육종의 범위가 더욱 확대되었다. 수요자가 직접 선발하고 육성한 지역특화형 찰옥수수 ‘황금찰’, 인도시장에서 판매되고 있는 종자수출용 단옥수수 ‘Mithas’ 등 우량 품종들이 지속적으로 개발되었다. 수출용 옥수수 품종 개발은 우리나라 옥수수 육종에 있어서 새로운 영역에 진입한 것으로서 그 의미가 클 뿐만 아니라, 향후 발전 가능성도 높을 것으로 기대된다. 찰옥수수는 수입산보다 품질과 재배안정성이 뛰어난 것으로 평가받아, 국내 개발 품종의 국내 재배 점유율이 99%에 이른다. 종실 및 사일리지용도 수입 품종을 대체할 수 있는 수준(‘황다옥’ 종실수량 1,000 kg/10a, ‘다청옥’ 건물수량 2,369 kg/10a)으로 발전하여 수입산 옥수수와 무한 경쟁을 하고 있다. 이와 같이 우리나라의 옥수수 품종은 시대적 상황에 대응하여 변화·발전하여 왔다.

향후 옥수수 품종 개발 인력과 연구기반이 확대되면 옥수수 품종은 더욱 다양해지고 질적인 도약이 이루어질 전망이다. 참살이문화 확산에 따른 안심먹거리 및 기능성 식품에 대한 관심 증가로 식용 풋옥수수는 비타민 및 미량요소 강화, 항산화 성분 강화 등 고농도의 기능성분을 보유한 품종이 지속적으로 개발될 전망이다. 다만, 단옥수수와 초당옥수수를 저연령층에서 매우 선호하므로 현재의 찰옥수수 소비 위주의 시장구조가 단·초당 옥수수로 전환될 것으로 보이므로 이에 대한 준비가 필요하다. 종실용 옥수수는 lysine, maltodextrin 등 특수성분이 강화된 품종을 개발하여 상용화함으로써 부가가치를 향상시킬 수 있을 것으로 보이나, 알곡은 물론 수염, 줄기 등 부위별로 특수성분과 기능성 물질을 탐색하고 생리 활성을 구명하는 검증 연구가 선행되어야 할 것이다. 사일리지옥수수는 생산성 증대를 위해 2모작과 2기작 등 작부체계에 적합한 숙기가 110일 이하인 조숙 및 만식적응형 품종, 사료가치가 높은 고소화율 및 고영양 품종, 논에 잘 적응하는 내습성 고바이오패스 품종 등이 개발·보급됨으로써 조사료 자급율이 향상되기를 기대한다. 수출용 품종개발 분야에서도 동남아, 중남미, 아프리카 등 저위도 지역뿐만 아니라 고위도지역에도 잘 적응하는 옥수수 품종이 지속적으로 개발되어 우리나라의 식량종자 브랜드 가치를 높일 것이다.

최근 국내 옥수수 연구기반이 확대되고 품종개발 인력이 다소

증가되어 다행이지만 옥수수 품질의 고급화, 해외시장 개척 등 우리나라 옥수수 산업의 경쟁력 강화를 위해서는 품종개발 분야 뿐만 아니라 여러 관련 분야에서 긴밀한 연구협력이 이루어져야 할 것이다.

적 요

우리나라에서 옥수수는 1960년 이전에는 재래종 또는 방입 수분 품종들이 재배되었다. 1960년대는 품종개발 기반을 조성하였던 단계로, 1962년부터 합성품종인 ‘황옥2호’를 농가에 보급하면서 체계적인 옥수수 육종이 시작되었다. 1970년대는 합성품종에서 교잡종으로 전환하는 시대였으며 교잡종 중에서도 단교잡종 육종에 치중하였다. 단교잡종 ‘수원19호’는 단위수량을 선진국 수준으로 근접시킨 획기적인 품종이었다. 1980년대는 종실 위주의 육종에서 정부의 축산진흥정책과 함께 재배면적이 급격히 증가하였던 사일리지용 옥수수로 육종목표가 전환되는 시기였으며 단교잡종 보급이 정착되었다. 1990년대는 국제화 및 농산물 수입 개방화 시대를 맞아 소비자의 생활수준이 고급화되면서 소비자의 요구가 다양화되었고, 이 때에 비로소 용도별로 품종개발 체계가 정착되었다. 2000년대에 들어서면서 용도별로 품질이 다양화되고 재배 안정성이 뛰어난 품종이 29개나 육성되는 등, 옥수수 품종 개발의 전성기를 맞이하였고, 2010년대에는 품종개발이 관 또는 대학 주도에서 종묘회사 등의 민간 영역으로 확대되기에 이르렀다. 이와 같이 한국의 옥수수 품종 개발은 시대적 상황에 대응하여 변화·발전하여 왔으며, 현재 국립종자원에 등록된 옥수수 품종이 110개에 달한다. 향후 식용 풋옥수수는 비타민 및 미량요소 강화, 항산화 성분 강화 등 고농도의 기능성분을 보유한 품종이 지속적으로 개발될 전망이다. 종실용 옥수수는 부가가치 향상을 위하여 lysine, maltodextrin 등 특수성분이 강화된 품종이 개발되어 상용화 될 것이며, 사일리지용 옥수수는 생산성 증대를 위해 2모작과 2기작 등 작부체계에 적합한 숙기가 110일 이하인 조숙 및 만식적응형 품종, 사료가치가 높은 고소화율 및 고영양 품종, 논에 잘 적응하는 내습성 고바이오패스 품종이 출현할 것으로 보인다. 수출용 품종개발 분야에서도 동남아, 중남미, 아프리카 등에 잘 적응하는 옥수수 품종이 지속적으로 개발되어 보급될 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청연구사업(과제번호: PJ01249702)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

REFERENCES

1. Cha SW, Park SU, Kim SL, Jung TW, Choi KJ, Moon HG, Choi BH, Keon KC, Chin MS, Kim SD, Park KY, Kim YS. 1995. A good quality and lodging resistant waxy corn hybrid “Chalok 2”. RDA J Agri Sci 37: 144-148.
2. Chang EH. 2013. Breeding of ‘Oryunpopcorn’ cultivar using popcorn Inbred lines. M.S degree in Kangwon National University, Korea.
3. Crop Experiment Station (CES). 1963. Research report of Crop Experiment Station. pp. 324-325.
4. 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.
5. Jung TW, Kim SL, Moon HG, Son BY, Kim SJ, Kim SK. 2005. Major characteristics related to eating quality in waxy corn hybrids. Korean J Crop Sci 50(S): 152-160.
6. Jung TW, Moon HG, Cha SW, Min HG, Choi HJ, Son BY, Kim SJ, Lee IM. 2006a. A new waxy corn hybrid cultivar, “Chalok 4” with good eating quality and high yield. Korean J Breed Sci 38: 133-134.
7. Jung TW, Moon HG, Cha SW, Min HK, Choi HJ, Son BY, Kim SJ, Lee IM. 2006b. A new waxy corn hybrid cultivar, “Ilmichal” with good eating quality and lodging resistance. Korean J Breed Sci 38: 135-136.
8. Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Baek SB, Kim CK, Kim SL, Kim SJ, Kim SK, Park KJ, Shin HM, Huh CS. 2009. A black waxy hybrid corn, “Heukjinjuchal” with good eating quality. Korean J Breed Sci 41: 599-602.
9. Kim SK, Choi HO, Park KY, Moon HG, Park SU, Kim SD, Ham YS, Brewbaker JL. 1978a. An erect leaf, lodging resistant, and high yielding maize hybrid, “Suweon 20”. Res Rept ORD (Crops) 20: 157-162.
10. Kim SK, Ham YS, Park KY, Park SU, Moon HG, Choi HO, Kim SD, Brewbaker JL. 1978b. A disease, insect, and lodging resistant, and superb high yielding maize hybrid, “Suweon 19”. Res Rept ORD (Crops) 20: 149-156.
11. Kim SK, Park KY, Kim SD, Moon HG, Park SU, Choi HO, Ham YS, Brewbaker JL. 1978c. Lodging, disease, and insect resistant, and high yielding maize hybrid, “Suweon 21”. Res Rept ORD (Crops) 20: 163-168.
12. Kim SL, Park SU, Cha SW, Seo JH. 1995. Major Characteristics Affecting Popping Volume of Popcorn. Korean J of Crop Science 40: 167-174.
13. Korea Seed Variety Service (KSVS), MAFRA. 2019. KSVS on-line database. <http://www.seed.go.kr/seed/270/subview.do>. Accessed May 28, 2019.
14. Lee JS, Jung TW, Son BY, Shin SH, Kim JT, Bae HH, Baek SB, Ku JH, Hwang JJ, Kim SL, Kim SK, Kwon YU. 2014. A yellow sweet corn hybrid with high sugar content and lodging tolerance, “Godangok”. Korean J Breed Sci 46: 476-480.
15. Lee JS, Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Jung GH, Shin SH, Kim SK, Seo JH, Lee JE, Baek SB, Kim SL, Kim CK, Kim WH, Kwon YU. 2013. A new sweet corn hybrid with good eating quality and high sugar content, ‘Guseulok’. Korean J Breed Sci 45: 416-419.
16. Lee JS, Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Kim SK, Kim SL, Baek SB, Seo JH, Lee JE, Kim SJ, Kwon YU, Kim WH, Park KJ, Shin HM, Huh CS, Kang DS. 2011. A bicolor waxy corn hybrid with high eating quality, ‘Eolrukchal 1’. Korean J Breed Sci 43: 554-558.
17. 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.
18. Lee WK, Lee HB, Choi JE, Choi CH, Choe BH, Park SU. 1992. Agronomic characteristics of a glutinous maize, Huin Chal 1. J Agri Sci Chungnam Nat’l Univ, Korea 19: 269-272.
19. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2018. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook. pp. 72, 214, 370-371.
20. 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.
21. NICS. 2009. Guide book of Korean corn varieties. pp. 13-36. National Institute of Crop Science, RDA.
22. NICS. 2019. Guide book of major up-land crop cultivars. pp. 156-185. National Institute of Crop Science, RDA.
23. OECD/FAO. 2018. OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027: Grain. United States: OECD.
24. Park KJ, Park JY, Ryu SH, Goh BD, Seo JS, Min HK, Jung TW, Huh CS, Ryu IM. 2007a. A new waxy corn hybrid cultivar, “Mibaek 2” with good eating quality and lodging resistance. Korean J Breed Sci 39: 108-109.
25. Park KJ, Park JY, Ryu SH, Seo YH, Choe JK, Yong WS, Lee JH, Kim KH. 2016a. An anthocyanin-rich grain corn hybrid cultivar, ‘Saekso2’. Annual Symposium of Korean

- Society of Breeding Science. Cheongju, Korea. p. 127.
26. Park KJ, Park JY, Seo YH, Ryu SH, Choi JK, Kim HY. 2016b. Anthocyanin-rich purple waxy corn single cross hybrid 'Cheongchunchal'. Korean J Breed Sci 48: 541-546.
27. Park KJ, Ryu SH, Min HK, Seo JS, Park JY, Goh BD, Jang JS, Kim NS. 2007b. A new black waxy corn hybrid cultivar, "Miheugchal" with good eating quality and high yield. Korean J Breed Sci 39: 106-107.
28. Park KY, Kim SK, Kim YW. 1975. New double cross maize hybrid "Bokkyo 2". Res Rept ORD (Crops) 17: 55-58.
29. Park KY, Moon HG, Park SU, Choi KJ, Park RK, Song SH, Lee HB, Lee HD. 1991a. An early maturing single cross sweet corn hybrid "Tanok 2". Res Rept RDA (U&I) 33: 29-32.
30. Park KY, Moon HG, Park SU, Choi KJ, Park RK, Song SH, Lee HB, Lee HD. 1991b. A new single cross maize hybrid with leaf stay green for silage and grain type "Jungbuok". Res Rept RDA (U&I) 33: 22-28.
31. Park KY, Park SU, Kim SK, Moon HG, Ham YS, Choi DU, Lee KS, Jong SK. 1984a. A new three-way cross maize hybrid with resistance to BSDV "Jinjuok". Res Rept ORD (Crops) 26: 94-98.
32. Park KY, Park SU, Moon HG, Choi KJ, Park RK, Lee JH, Lee KS, Choi DW. 1990. A silage type single cross maize hybrid resistance to black streaked dwarf virus "Kwanganok". Res Rept RDA (U&I) 32: 32-38.
33. Park KY, Park SU, Moon HG, Jong SK, Ham YS. 1981. A new modified single cross maize hybrid "Jecheonok". Res Rept ORD (Crops) 23: 169-174.
34. Park KY, Park SU, Moon HG, Kang YK, Ham YS, Jung SK. 1984b. A new high yielding sweet corn hybrid 'Tanok1'. Res Rept ORD (Crops) 26: 118-121.
35. Park SU, Cha SW, Kim IK, Kim SL, Cho CY, Ryu HY, Lee SY, Ryu IM. 1993. A new early maturing and super seet corn hybrid "Chodangok 1". RDA J Agri Sci 35: 190-194.
36. Park SU, Park KY, Cha SW, Choi KJ, Park RK, Hong JK. 1992a. A high popping ability and high quality popcorn hybrid "Tuygimok". Res Rept RDA (U&I) 34: 65-67.
37. Park SU, Park KY, Cha SW, Son YH, Park RK, Song SH, Hong JK, Kim UH. 1992b. A new early maturing and high quality single cross maize hybrid "Chalok 1". Res Rept RDA (U&I) 34: 61-64.
38. Seo YH, Park KJ, Ryu SH, Park JY, Choe JK. 2018. A high-yielding white Waxy corn single cross hybrid 'Jangsuchal' with long ear. Korean J Breed Sci 50: 150-154.
39. 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.
40. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Bae HH, Go YS, Kim SL. 2019. Single cross maize hybrid 'Hwangdaok' for high grain yield. Korean J Breed Sci 51: 105-109.
41. 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.
42. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Hwang JJ, Kwon YU, Ji HJ, Huh CS, Park JY. 2012. A new single cross maize hybrid for grain and silage, 'Pyeongangok'. J Kor Grassl Forage Sci 32: 203-208.
43. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Kim WH, Roh JH, Kim SL, Jung GH, Kwon YU, Ji HJ, Huh CS, Park JY. 2014. A new single cross maize hybrid for silage and grain, 'Cheongdaok' with lodging tolerance. Korean J Breed Sci 46: 172-177.
44. Son BY, Baek SB, Kim JT, Lee JS, Ku JH, Kim SL, Jung GH, Kwon YU, Ji HJ, Huh CS, Park JY. 2013. Growth characteristics and productivity of single cross maize new hybrid for silage and grain, 'Yanganok'. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 33: 94-99.
45. Son BY, Moon HG, Jung TW, Cha SW, Kim SK, Park NK, Ryu YH, Seo JH, Choi KJ, Sung BR, Choi HJ, Min HK. 2003. A new single cross maize hybrid for silage and grain "Cheonganok". Korean J Breed Sci 35: 271-272.
46. Son BY, Moon HG, Jung TW, Kim SJ, Sung BR, Huh CS, Ryu SH. 2006. A new corn hybrid cultivar, "Gangdaok" for silage. Korean J Breed Sci 38: 147-148.
47. Son BY, Moon HG, Jung TW, Park NK, Kim SK, Cha SW, Rye YH, Sung BR, Huh CS, Ryu SH. 2004. A new single cross maize hybrid cultivar, "Jangdaok" for grain and silage. Korean J Breed Sci 36: 185-186.