

파종시기별 유효적산온도(GDD)가 옥수수의 생육 및 수량변화에 미치는 영향

김미정¹ · 정건호^{2,†} · 김성국² · 이재은² · 전원태² · 심강보² · 김민태² · 우관식² · 권영업² · 허성기²

Effects of Growing Degree Days on Growth and Yield of Maize Depending on the Sowing Date

Mi Jung Kim¹, Gun Ho Jung^{2,†}, Sung Kook Kim², Jae Eun Lee², Weon Tai Jeon², Kang Bo Shim², Min Tai Kim², Koan Sik Woo², Yong Up Kwon², and Sunggi Heu²

ABSTRACT A total of 15 different corn hybrids, Kwangpyeongok, Gangdaok, Yanganok, Singwangok, Jangdaok, Cheonganok, Cheongdaok, Andaok, Dapyeongok, Pyeongkangok, Pyeonganok, Daanok, Sunwon 184, Gangilok, and P3394 was used to investigate the growth and yield depending on the sowing date. The sowing dates were April 5, June 25, and July 5 and each experiments was performed in triplicste. The growth of Gangdaok was the highest. However, although the growth of Kwangpyeongok, was lower thanthar of Gangdaok, its stem height to ear height ratio was lower than that of Gangdaok, thus , Kwangpyeongok may be more suitable for stable cultivation. Both growth and yield of Daanok were low, regardless of planting date, but yield and ear shape of Pyeongkangok and Dapyeongok were for fresh corn. Growth and yield of the 15 different corn hybrids varied depending on the planting date, However, the growth degree days (GDD) was the most important factor governing the maturity of corn. More than 1500°C of GDD was sufficient to harvest mature corn hybrids in the central region of Korea. Besides yield and growth, other characteristics, such as sweetness and taste of the hybrids, should be investigated further the selection of the best corn hybrid.

Keywords : growth yield, GDD, maize, planting date

옥수수(*Zea mays* L.)는 밀, 벼와 함께 3대 작물로 세계 각 지역에서 식량으로 이용되고 있다. 옥수수는 중앙아메리카에서 북쪽으로는 캐나다, 남쪽으로는 아르헨티나 까지 종류와 품종이 다양하게 분화되고 개발되었으며 멕시코의 tehyacan 계곡에서 발견된 것이 가장 오래된 옥수수로 간주되며 약 7,000년 전부터 재배된 것으로 추정된다(Jung *et al.*, 1996). 우리나라에서는 중국에 옥수수가 전래된 시기를 계산하여 볼 때 16 세기 조선시대에 중국을 통하여 전해진 것으로 추정하고 있으며 쌀이나 보리를 재배하지 못하는 산간 지대에서 주로 식량 대용으로 재배되어 왔다(Jung *et al.*, 1996). 옥수수재배에서 생산량은 시비관리, 병해충방제

등 재배기술의 향상과 품종개량에 의해 지속적으로 증가하였으나, 가뭄, 홍수, 이른 봄서리 피해 등 최근의 이상기후가 수량 감소의 주요인으로 나타나고 있다(Thomas *et al.*, 2009). 적절한 강우와 시비관리 및 병해충이 없는 경우 기온과 일사량이 수량에 영향을 주는 주요인이다(Ottman & Welch, 1988). 국내 기후변화를 살펴보면 약 100년간(1912~2008) 한반도 평균기온 상승률은 1.7°C로 동일기간의 전 지구 평균기온 상승률(0.74±0.03°C)에 비해 높으며(NIMR, 2009), 한반도의 기온 및 강수량은 1970년대에 비해 2000년대에 유의하게 증가 했고 일조시간은 유의하게 감소했다고 보고했다(Jung *et al.*, 2014). 온도는 옥수수 생육에 가장 큰 영향을 미치는 기상 요인 중 하나이다. 일반적으로 작물

¹농촌진흥청 (R&D Coordination Division, Crop Sci., National Institute of Crop Science, 300 Nongsaengmyeong-ro, Wanju-gun, Jeonju-si 54875, Korea)

²국립식량과학원 중부작물부 (National Institute of Crop Science, RDA., Department of Central Area, Crop Sci., National Institute of Crop Science, 54 Seoho-ro, Gwonseongu, Suwon, Gyeonggido 16429, Korea)

†Corresponding author: Gun Ho Jung; (Phone) +82-31-695-0642; (E-mail) ideaway@korea.kr

<Received 12 April, 2017; Revised 8 July, 2017; Accepted 13 July, 2017>

은 호흡을 통하여 생육에 필요한 에너지를 생산하며, 호흡은 온도가 높아지며 함께 증가하나 한계를 벗어난 고온은 작물의 생장에 오히려 저해 작용을 한다. 옥수수의 경우 비교적 높은 45°C까지 작물의 생장에 문제없이 호흡이 증가가 이루어지는 것으로 보고가 되었다(Nevins *et al.*, 1970).

옥수수는 생육기간이 짧아 2기작이 가능한 작물이며(Jung, 2012), 단위면적당 건물생산성이 높을 뿐 아니라 영양가가 높고 기호성이 좋아 우리나라와 같은 좁은 면적에서는 옥수수 재배하는 것이 적합하다고 하였으며(Kim, 1986) 국내 풋옥수수의 재배면적은 15,000ha로 매년 증가 추세이다('92: 12.8천 ha, '00: 14.1천 ha, '08: 16.9천 ha, '09: 17천 ha, '10: 15천 ha) (Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statiscal Yearbook, 2010). 이러한 재배면적의 증가에도 불구하고 국내 옥수수의 연구는 매우 제한되어 있다. 국내 기후 데이터베이스를 이용한 사일리지용 옥수수의 재배 적지구분 등의 연구가 보고되어 있으며(Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013) 사일리지용 옥수수의 건물수량이 적산온도, 일조시간 및 강수량과 관계 있음이 보고되기도 하였으나(Peng *et al.*, 2015), 대부분의 연구가 최근의 사료용 옥수수의 사료 가치에 초점이 맞추어져 있었다(Son *et al.*, 2006; Son *et al.*, 2009; Son *et al.*, 2015). 또한 가공용 옥수수의 수요 증가에 따라 여러 가지 가공용 특성 조사에 대한 연구가 많이 증가하였다(Jung *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2015). 그러나 재배환경 및 기후변화에 따른 국내 개발 육성된 옥수수들끼리의 비교 분석이 이루어져 있지 않아 각각의 다른 재배환경 및 기후에서 최적의 품종 선발이 어려운 상황이다. 이에 본 연구는 2015년에 국립식량과학원 시험포장에서 광평옥, 강다옥, 양안옥, 신광옥, 장다옥, 청안옥, 청다옥, 안다옥, 다평옥, 평강옥, 평안옥, 다안옥, 수원 184, 강일옥, P3394 등 총 15종의 옥수수 품종을 재료로 하여 곡실용 옥수수의 생육 온도에 따른 개화 및 수량의 변화를 알아보고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험 재료

본 시험은 경기도 수원시 탑동에 위치한 발작물 시험연

구 포장에서 이루어 졌다. 시험재료는 광평옥, 강다옥, 양안옥, 신광옥, 장다옥, 청안옥, 청다옥, 안다옥, 다평옥, 평강옥, 평안옥, 다안옥, 수원 184, 강일옥, P3394 등 총 15종의 옥수수 품종이 사용되었다. 파종기는 4월 5일, 6월 25일, 7월 5일 총 3회 파종하였다. 재식거리는 옥수수 표준 재식밀도(5,714본/10a)에 따라서 재식거리를 70 × 25 cm (휴폭×주간거리)로 하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비를 10a당 17-3-6-1,000 kg 수준으로 사용하였는데, 질소비료는 기비와 추비(5~6엽기)를 50 : 50으로 각각 분시하였고, 인산, 칼리 및 퇴비는 전량을 기비로 로타리 작업 전에 사용하였다. 조명나방(*Ostrina furnacalis*) 방제를 위하여 파종직후 Carbofuran 입제를 10a당 4 kg를 살포한 후 출용 직전에 Fenitrothion 및 출사시에 Phenthoate을 각각 1,000배액으로 하여 10a당 160l를 살포하였다. 재배관리는 농촌진흥청 옥수수표준재배법(RDA, 2003)에 준하였다. 시험구 면적은 250m²(휴장 5m, 72열)로서 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였고, 조사항목은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석 기준(RDA, 2011)에 준하였다. 출사기까지의 유효적산온도(*growing degree days* : GDD)는 Gilmore *et al.* (1958)의 방법을 이용하였다.

본 실험포장의 토양의 이화학적 특성은 사양토였으며 pH는 6.0로 약산성 정도의 토양으로 Total N는 0.07%이었다. 유기질은 22.5 g/kg, 유효인산은 120 mg/kg이었다. K 함량은 0.8 cmol/kg이고 Ca 함량은 11.8 cmol/kg이고 Mg 함량은 각각 2.6 cmol/kg인 토양이었다(Table 1).

이삭 및 종실 특성 조사

각 파종기별 출수기는 옥수수 수염이 50%가 나온 날로 정하고 등숙기는 출수기에서 성숙기까지로 하였다. 생육특성은 각 품종들을 수확하여 간장, 경태, 수장, 이삭폭, 엽수 그리고 엽장을 조사하였으며, 수량 특성으로 이삭당 립수, 천립중, 그리고 수량을 조사하였다. 옥수수의 전분함량은 total starch assay kit (Megazyme International, Wicklow, Ireland)를 이용하여 분석하였다. 기타 재배관리 및 조사는 농촌진흥청의 기준과 조사방법에 준하여 실시하였다.

본 시험이 실시된 2015년 4월부터 10월까지의 기상은 Table 2에 나타내었고, 시험결과의 통계처리는 SAS 9.2

Table 1. Soil chemical properties in the field before the experiment.

| Soil depth | pH (1:5) | Total N (%) | O.M. (g/kg) | Av.P ₂ O ₅ (mg/kg) | Ex. cation (cmol ⁺ /Kg) | | |
|--------------------|----------|-------------|-------------|--|------------------------------------|------|-----|
| | | | | | K | Ca | Mg |
| Top soil (1-15 cm) | 6.0 | 0.07 | 22.5 | 120 | 0.8 | 11.8 | 2.6 |

Table 2. Monthly average of daily mean temperature, monthly average of daily mean duration of sunshine, and monthly average of daily mean precipitation in the field during the growth period in 2015.

| Monthly average | | Aprill | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Average |
|------------------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|
| Temperature (°C) | Normal year | 11.7 | 17.1 | 21.7 | 24.8 | 25.6 | 20.8 | 14.1 | 19.4 |
| | 2015 | 13.1 | 18.1 | 23.1 | 25.4 | 26.3 | 22.1 | 15.4 | 20.5 |
| Sunshine duration (hr) | Normal year | 71.7 | 73.8 | 62.8 | 45.6 | 55.3 | 60.6 | 66.7 | 437 [†] |
| | 2015 | 65.6 | 54.0 | 81.8 | 72.2 | 68.1 | 80.5 | 73.4 | 496 [†] |
| Precipitation (mm) | Normal year | 60.5 | 100.7 | 131.0 | 350.6 | 298.9 | 151.3 | 53.8 | 1,147 [†] |
| | 2015 | 99.2 | 32.6 | 30.2 | 225.8 | 71.0 | 6.9 | 67.4 | 533 [†] |

[†]Represents total precipitation, normal year (1981-2010)

(Statistical Analysis Systems Inc., Raleigh, NC, USA)을 이용하여 분산분석(analysis of variance)을 하였으며, 던컨의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

2015년도 기상 현황

옥수수 생육과 수량은 온도, 강수량, 그리고 일장과 밀접하게 관련되어 있다(Herrero & Johnson, 1980; 1981; Park *et al.*, 1987). 본 시험을 수행한 2015년의 옥수수 재배기간 동안 순별 평균기온, 강수량과 일조시간을 평년(1981~2010)의 자료와 함께 Fig. 1에 나타내었다. 일반적으로 옥수수의 생육 적온은 25~30°C로 알려져 있으나, 여름재배를 할 때에는 고온기에 영양생장과 출사기를 거치게 되는데 Herrero와 Johnson (1980)은 기온이 32°C이상되는 고온으로 지속되면 화분의 발육정지 및 파열로 수정불량을 일으킨다고 하였다. Song *et al.* (1985)은 생육기간의 강수량은 생육 전반에 필요하고 1개월에 90 mm 정도가 적당하며 시기적으로는 출수 개화기부터 1개월이 옥수수 생육에 중요하다고 하였다. 2015년 재배기간의 최고온도가 가장 높았던 시기는 7월 하순~8월 중순이며, 옥수수 재배기간(4월 상순~10월 하순) 동안 평균 기온은 18.4°C로 평년 17.3°C보다 1.1°C 높았다. 5월 중순부터 7월 상순까지 한발이 발생하였고 강우는 7월 하순에 집중되었으며 8월 하순부터 9월 하순까지 비가 적게 내렸다. 평년보다 일조, 일사량은 많았고 강수량은 580.8 mm로 평년 1214.6 mm 보다 633.8 mm 적게 내렸다(Table 2).

파종시기별 옥수수의 생육과 적산온도

우리나라에서 옥수수는 주로 중북부 지역에서 재배되며

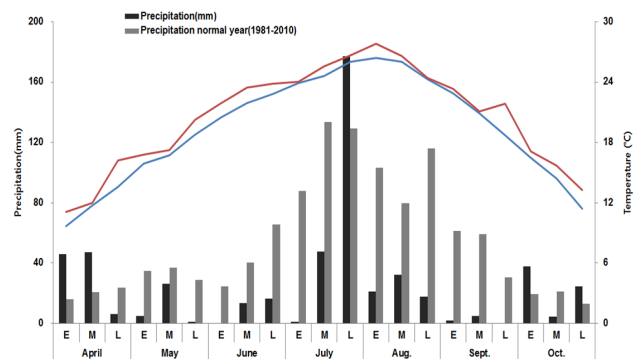


Fig. 1. Variation in mean temperature, monthly average of daily mean duration of sunshine duration per 10 days during the growth period of Corn in 2015 and normal years (1981-2010).

강원도에서 가장 많이 재배되었으나 최근 개발된 옥수수는 강원, 충청지역에 많이 재배되고 있으며 전국적으로 보급되고 있다(Jung *et al.*, 1996). 수원에서 가장 이른 파종시기인 4월 5일 파종한 옥수수는 평균 88일 뒤인 7월 2일 전후 일주일에 출용기를 맞았다(Table 3). 수술이 나온 뒤 3일 후에 출사기를 맞아 7월 5일 전후 일주일에 수염이 형성되기 시작하였다. 수술의 형성이 가장 빠른 옥수수는 6월 27일에 수술이 형성되기 시작한 안다옥이었으며 신평옥, 다안옥이 P3394와 함께 2일 뒤인 6월 29일에 수술이 형성되기 시작하였다. 강다옥이 가장 늦게 수술이 형성되기 시작하여 안다옥 보다 10일 뒤인 7월 9일에 수술이 형성이 보였다. 평균 간장은 183 cm이었으며 청안옥이 161 cm로 가장 짧았고 청다옥이 그보다 38 cm가 더 큰 199 cm로 가장 길었다. 평균 경태는 23.2 mm였으며 안다옥이 가장 가늘은 19.6 mm였으며 광평옥이 가장 두꺼운 26.5 mm를 보였다.

6월 25일 파종한 옥수수의 경우 파종 62일 뒤인 8월 26

Table 3. Effect of sowing date on the growth characteristics of corn hybrids (Sowing date : April 5).

| Hybrid | Days to silking | Stem height (cm) | Stem diameter (mm) | Ear height (cm) | Stem to Ear height ratio (%) |
|---------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Kwangpyeongok | 89 | 205a | 28.1a | 101ab | 49.4 |
| Gangdaok | 97 | 186b | 26.3bc | 105a | 56.4 |
| Yanganok | 92 | 152g | 25.5bcd | 85c | 56.0 |
| Singkwangok | 88 | 178bcde | 24.0de | 68f | 38.2 |
| Jangdaok | 90 | 180bcd | 25.5bcd | 84c | 46.6 |
| Cheonganok | 90 | 163f | 25.2cd | 77de | 47.2 |
| Cheongdaok | 90 | 200a | 25.2cd | 85c | 42.3 |
| Andaok | 86 | 198a | 25.2fg | 80c | 42.9 |
| Dapyeongok | 94 | 171def | 25.2cd | 80c | 47.0 |
| Pyeongkangok | 94 | 198a | 27.0ab | 85c | 43.0 |
| Pyeonganok | 95 | 169ef | 22.7ef | 81c | 47.8 |
| Daanok | 88 | 164f | 20.6g | 76de | 46.0 |
| Sunwon 184 | 90 | 175cde | 22.7ef | 85c | 48.7 |
| Gangilok | 94 | 183bc | 20.2f | 96b | 52.5 |
| P3394 | 88 | 169ef | 24.9cd | 88c | 51.8 |
| Average | 91 | 179.40 | 24.55 | 85.07 | 47.7 |
| Cultivar | | ** | ** | ** | |
| LSD | | 9.19 | 1.44 | 6.39 | |

- 1) Means in the columns by different letters are significantly different at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.
 2) *,**. Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

일 전후 일 주일에 수술이 형성되었으며 양안옥, 신평옥, 다안옥이 8월 21~23일로 가장 일찍 수술형성을 보였고 강다옥이 8월 30일로 가장 늦게 수술형성을 보였다(Table 5). 모두 3일 뒤에 수염이 형성되었으며 간장은 평균 242 cm였다. 양안옥이 가장 작은 214 cm를 보였고 강다옥이 가장 키가 커서 가장 양안옥 보다 무려 56 cm가 큰 270 cm였다. 평균 줄기 둘레 길이는 21.3 mm였으며 양안옥이 20.0 mm, 다안옥이 18.0 mm였었고 강다옥이 24.7 mm로 가장 두꺼웠다.

7월 5일 파종한 곡실용 옥수수의 경우 파종 57일 뒤인 8월 31일 전후 일주일에 수술이 형성되었으며 다안옥이 8월 26일에 수술형성을 보였으며 강다옥이 9월4일에 수술 형성을 보였다(Table 4). 모두 3일 뒤 실크 형성을 보였으며 7월 5일 파종한 옥수수의 평균 간장은 222 cm이었다. 간장은 다안옥이 186 cm로 가장 작았으며 신평옥이 58 cm가 더 큰 244 cm로 가장 컸다. 줄기 둘레는 평균 21.6 mm이었으며 다안옥이 16.6 mm로 가장 가늘었고 강다옥이 25.4 mm로 가장 두꺼웠다.

파종기에 따른 수술 형성 시기를 보면 6월 25일에 파종한 옥수수의 경우와 7월 5일 파종한 옥수수의 출수기는 모두 60일로 차이를 보이지 않았으나 4월 파종한 경우 91일이 지난 후에도 출수를 하였다. 수술의 형성에는 온도와 강수량이 가장 큰 영향을 미친다고 되어있다(Jung *et al.*, 1996). Table 2에서 보면 7월에 온도가 급격히 상승하였고 일장기간도 급격히 증가하였으며 강수량도 급격히 증가하였다. 6월 25일 파종한 옥수수와 7월 5일에 파종한 옥수수의 생육에는 모두 같은 정도의 기후변화가 적용되어 동시에 수술이 형성되었을 것으로 판단되어진다.

파종시기에 따라 출사기까지 일수에는 커다란 차이가 있었다. 4월 5일 파종한 옥수수는 88일, 6월 25일 파종한 옥수수는 62일 그리고 7월 5일 파종한 옥수수는 57일의 출사기가 필요하였다. 이러한 기간의 적산온도를 살펴보았다(Fig. 2). 그림2에서와 같이 출사기 까지 기간은 매우 달라도 이 기간의 적산온도는 매우 유사하였다. 출사기까지 평균 적산온도는 파종시기에 따라 4월 5일(1,702°C), 6월 25일(1,598°C), 7월 5일(1,532°C)와 같이 거의 유사한 적산온

Table 4. Effect of sowing date on the growth characteristics of corn hybrids (Sowing date : June 25).

| Hybrid | Days to silking | Stem height (cm) | Stem diameter (mm) | Ear height (cm) | Stem to Ear height ratio (%) |
|---------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Kwangpyeongok | 61 | 257bcd | 20.8cdef | 120ab | 46.7 |
| Gangdaok | 66 | 270a | 24.7a | 126a | 46.7 |
| Yanganok | 59 | 116i | 20.0ef | 116bc | 54.0 |
| Singkwangok | 58 | 224h | 20.5def | 80i | 35.7 |
| Jangdaok | 65 | 253cd | 22.4bc | 105fg | 41.3 |
| Cheonganok | 61 | 234fg | 21.9bcd | 103fg | 44.2 |
| Cheongdaok | 62 | 236fg | 23.7ab | 81i | 34.2 |
| Andaok | 58 | 244ef | 19.3fg | 90gh | 36.8 |
| Dapyeongok | 62 | 216gi | 23.4ab | 86hi | 39.8 |
| Pyeongkangok | 63 | 250cd | 22.1bcd | 95g | 37.9 |
| Pyeonganok | 63 | 257bcd | 21.9bcd | 111cde | 43.4 |
| Daanok | 57 | 221gi | 18.0g | 108def | 48.9 |
| Sunwon 184 | 61 | 262abc | 20.0ef | 122ab | 46.6 |
| Gangilok | 62 | 263ab | 21.5cde | 113cde | 43.1 |
| P3394 | 61 | 240ef | 19.7ef | 104fg | 43.2 |
| Average | 61 | 236.20 | 21.33 | 104.00 | 42.83 |
| Cultivar | | ** | ** | ** | |
| LSD | | 8.73 | 1.59 | 6.10 | |

1) Means in the columns by different letters are significantly different at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.

2) *, **. Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

Table 5. Effect of sowing date on the growth characteristics of corn hybrids (Sowing date : July 5).

| Hybrid | Days to silking | Stem height (cm) | Stem diameter (mm) | Ear height (cm) | Stem to Ear height ratio (%) |
|---------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Kwangpyeongok | 59 | 236a | 21.8abc | 115bc | 43 |
| Gangdaok | 61 | 226b | 22.7a | 127a | 48 |
| Yanganok | 56 | 203fg | 20.9abc | 108cd | 49 |
| Singkwangok | 58 | 216cde | 20.2bc | 83jk | 32 |
| Jangdaok | 60 | 213cde | 21.6abc | 95ghi | 39 |
| Cheonganok | 59 | 207efg | 20.1c | 95ghi | 41 |
| Cheongdaok | 57 | 214cde | 21.1abc | 84jk | 31 |
| Andaok | 57 | 219bc | 15.5e | 89hij | 36 |
| Dapyeongok | 59 | 192h | 22.5a | 80k | 36 |
| Pyeongkangok | 59 | 219bc | 22.5a | 87ijk | 37 |
| Pyeonganok | 59 | 220bc | 20.1c | 107cde | 42 |
| Daanok | 55 | 207efg | 18.2d | 97fgh | 41 |
| Sunwon 184 | 61 | 208def | 22.1ab | 116b | 44 |
| Gangilok | 61 | 241a | 18.2d | 104def | 43 |
| P3394 | 72 | 218bcd | 19.9cd | 99efg | 43 |
| Average | 60 | 215.93 | 20.49 | 99.07 | 40.3 |
| Cultivar | | ** | ** | ** | |
| LSD | | 8.88 | 1.67 | 7.51 | |

1) Means in the columns by different letters are significantly different at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.

2) *, **. Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

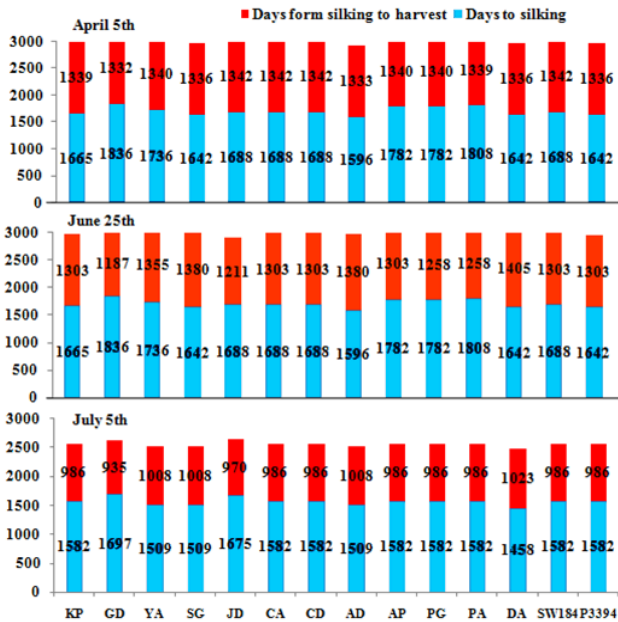


Fig. 2. Comparison of the growing degree days (G.D.D.) during the growth stages of corn hybrids with different seeding dates.

도를 가지고 있었다($P < 0.05$, Fig 2). 이와 같은 결과로 국내 중부지방에서 옥수수의 출사기에 최소 필요한 적산온도는 $1,532^{\circ}\text{C} \sim 1,702^{\circ}\text{C}$ 가 필요함을 알 수 있었다. 이 결과는 작기에 따라서 출사와 수확 소요일수는 달라도 적산온도가 비슷한 것은 기온이 생장을 크게 지배한다는 Benoit *et al.* (1965)의 보고와 비슷하다. 특히 7월 5일 파종에서 등숙기 중의 생장온도일수가 다른 파종시기에 비하여 크게 낮았는데 이는 등숙기의 기온이 상대적으로 낮은 것이 원인으로 판단되어진다.

간장의 경우 7월 이후에 파종한 경우 차이가 없이 220 cm 이상을 보였으나 4월에 파종한 경우 평균 188 cm로 약 30 cm 이상이 적었다($P < 0.05$). 경태의 경우 파종기가 늦어짐에 따라 24.5 mm, 21.33 mm, 21.49 mm로 약간 가늘어지는 경향을 보였다($P < 0.05$). 각각의 품종별로 살펴보면 파종기에 상관없이 다안옥의 출용기가 가장 빨랐고 강다옥의 출용기는 열흘 정도 늦었다. 청안옥의 경우 4월에 파종하였을 때 6월이나 7월 파종보다 간장이 현저하게 짧았다. 경태는 강다옥이 가장 두꺼웠고 안다옥이 가장 얇았다. 4월에 파종한 경우 간장이 긴 품종이 경태도 두꺼워 정의 상관관계를 보였으나 7월에 파종한 경우는 강다옥과 장다옥의 경우에는 키도 크고 경태도 두꺼웠으나 광평옥의 경우 키는 컸으나 줄기 둘레가 평균보다 약간 적은 경향을 보였다. 강다옥, 장다옥의 경우 일장에 대한 반응이 좋아 간장과 경태

가 함께 잘 이루어진 것으로 보인다(Son *et al.*, 2006; Son *et al.*, 2009; Son *et al.*, 2015).

옥수수의 최상위 이삭이 달린 위치를 측정된 착수고의 평균은 4월에 파종한 옥수수와 7월 파종에 파종한 옥수수에서 거의 차이를 볼 수 없었다($P < 0.05$). 4월에 파종한 옥수수의 경우 가장 높은 곳에 이삭이 달린 강다옥의 경우 115 cm에 이삭이 달려 있었으나 가장 낮은 위치에 달린 신광옥의 경우 73 cm에 이삭이 달려 그 차이가 42 cm였다. 6월 25일에 파종한 옥수수의 경우엔 강다옥이 126 cm로 가장 높은 곳에 이삭이 달렸고 청다옥이 81 cm에 이삭이 달려 그 차이가 45 cm에 이르렀다. 7월 5일에 파종한 옥수수 품종 중에는 역시 강다옥이 가장 높은 위치인 112 cm에 이삭이 달렸고 청다옥이 64 cm에 달려 그 차이가 48 cm에 이르렀다. 즉 7월에 파종한 옥수수의 경우 4월에 파종한 옥수수보다 생육이 빨라 간장의 차이가 크며 이삭이 달리는 위치에서도 차이가 크다고 볼 수 있었다(Son *et al.*, 2006; Son *et al.*, 2009; Son *et al.*, 2015).

옥수수의 도복에 가장 많은 영향을 미치는 지상에서 이삭목 까지 간장에서 최상위 이삭이 달린 위치까지의 비율인 착수고율을 살펴보면 4월 5일에 파종한 경우 평균 착수고율이 48%였으며 7월에 파종한 옥수수의 평균 착수고율은 파종 시기에 관계없이 40%를 보였다. 이는 파종시기가 지연됨에 따라 착수고율이 높아지는 경향을 보였던 George (1981)의 보고와는 상반되는 결과이며 5월 이후에는 파종이 늦어짐에 따라 착수고가 낮아진다고 Kim *et al.* (1996)의 보고와 비슷한 경향을 보였다. 이 결과는 7월에 파종한 옥수수의 경우 광량이 충분하여 생육도 왕성하고 이삭도 비교적 빨리 달리는 것으로 생각되며 4월에 파종한 옥수수의 경우 이삭이 달릴 때까지 많은 시간이 필요하기 때문이라고 판단되어진다. 모든 파종시기에서 착수고율이 가장 낮은 것은 신광옥이 있으며 높은 것은 강다옥으로 나타났다. 청다옥의 경우 7월 이후의 파종에서는 현저히 착수고율이 낮아져서 만파의 도복에는 강할 것으로 판단되어진다. 이는 내도복성으로 개발된 청다옥의 특성을 잘 나타내었다(Son *et al.*, 2014).

파종 시기에 따른 곡실용 옥수수의 이삭 및 종실 특성

본 실험은 우리나라 옥수수 품종을 곡실용으로 사용함 목적으로 수행되었기에 이삭과 종실의 특성을 살펴보았다(Table 6). 먼저 4월 5일에 파종한 옥수수 중에서 가장 이삭 무게가 무거운 품종은 평강옥이었다. 평강옥의 평균 이삭 무게는 384 g이었고 그에 반하여 가장 가벼운 품종인 양안옥은 235 g으로 149 g의 차이가 있었다. 시험품종의 평균

이삭 무게는 303 g이었다. 4월 5일 파종한 옥수수 품종 간 이삭의 직경이나 길이는 커다란 차이가 없었으나(P<0.05). 종실 무게에는 많은 차이가 있었다(P<0.05). 이삭당 종실 무게는 211 g으로 평강옥이 가장 무거웠으며 양안옥이 146 g으로 가장 가벼웠다. 즉 종실의 무게에 의하여 이삭의 무게가 결정되었다.

6월 25일 파종한 옥수수의 이삭의 평균 무게는 342 g으로 4월 5일 파종한 옥수수들의 평균 무게인 303 g보다 약간 무거웠다(P<0.05). 7월 5일 파종한 경우도 평강옥의 이삭 무게가 가장 무거웠으며 401 g이었고, 가장 가벼운 것은 다안옥으로 301.6 g이었다(P<0.05).

7월 5일 파종한 옥수수의 이삭의 평균 무게는 311 g으로 4월 5일 파종한 옥수수들의 평균 무게인 307 g보다 약간 무거웠다(P<0.05). 7월 5일 파종한 경우도 평강옥의 이삭 무게가 가장 무거웠으며 401 g이었고, 가장 가벼운 것은 다안옥으로 206 g이었다(P<0.05). 7월 5일 파종한 옥수수도 이삭의 길이와 두께에는 큰 차이가 없었으며(P<0.05), 종실

의 무게에 의하여 이삭의 무게가 결정되었다. 파종시기에 따른 평균 종실무게가 303, 342, 307 g으로 큰 차이는 없었다(P<0.05).

곡실용 옥수수 품종들의 이상적인 옥수수 형태를 구명하고자 이삭 길이에 대한 이삭 직경의 비율을 알아보았다 (Table 7). 파종시기와 관계없이 광평옥, 다안옥, 수원 184의 경우 이삭의 길이에 비하여 이삭직경이 두꺼워 약간 짧고 통통한 형태를 하고 있었으며 4월 파종에서는 청다옥이 길고 가느다란 형태를 하고 있었으며 7월 파종에서는 장다옥이 길고 가느다란 이삭 형태를 하고 있었다.

파종 시기에 따른 곡실용 옥수수의 수량

파종시기에 따른 곡실용 옥수수의 수량을 살펴보았다 (Table 8). 평균 수량은 4월 5일에 파종한 옥수수들의 평균 수량은 10a 당 706 kg으로 가장 높았으며 6월 25일 파종한 옥수수의 수량은 755 kg 그리고 7월 5일에 파종한 옥수수의 수량은 680 kg으로 파종기가 늦어질수록 수량이 현저히

Table 6. Effect of different sowing dates on the ear characteristics of corn hybrids.

| Hybrid | April 5 | | | Jun. 25 | | | July 5 | | |
|---------------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|
| | Ear weight (g) | Seed weight (g) | Ratio (%) | Ear weight (g) | Seed weight (g) | Ratio (%) | Ear weight (g) | Seed weight (g) | Ratio (%) |
| Kwangpyeongok | 328e | 180e | 54.9 | 340e | 182e | 53.5 | 343d | 169ef | 49.3 |
| Gangdaok | 335de | 185de | 55.2 | 408c | 229b | 56.1 | 325e | 153h | 47.1 |
| Yanganok | 235k | 146hi | 62.1 | 307gh | 188d | 61.2 | 292h | 162g | 55.5 |
| Singwangok | 261i | 153gh | 58.6 | 320f | 176gf | 55.0 | 286hi | 148i | 51.7 |
| Jangdaok | 333de | 196b | 58.9 | 310g | 151j | 48.7 | 369c | 175d | 47.4 |
| Cheonganok | 314f | 184de | 58.6 | 310g | 161hi | 51.9 | 300g | 153hi | 51.0 |
| Cheongdaok | 340cd | 197b | 57.9 | 346de | 201c | 58.1 | 341d | 168f | 49.3 |
| Andaok | 269i | 164f | 61.0 | 297i | 174gf | 58.6 | 314f | 163g | 51.9 |
| Dapyeongok | 352b | 193bc | 54.8 | 436a | 232b | 53.2 | 391b | 192c | 49.1 |
| Pyeongkangok | 384a | 211a | 54.9 | 416b | 244a | 58.7 | 401a | 200b | 49.9 |
| Pyeonganok | 269i | 158fg | 58.7 | 352d | 202c | 57.4 | 241l | 155h | 64.3 |
| Daanok | 237k | 160fg | 67.5 | 301ih | 173g | 57.5 | 206m | 162g | 78.6 |
| Sunwon 184 | 346bc | 192bcd | 55.5 | 321f | 157i | 48.9 | 268j | 172def | 64.2 |
| Gangilok | 250j | 142i | 56.8 | 340e | 188d | 55.3 | 252k | 174de | 69.0 |
| P3394 | 292g | 188cde | 64.4 | 320f | 178ef | 55.6 | 280l | 206a | 73.6 |
| Average | 303 | 176.60 | 59 | 342 | 189.07 | 55 | 307 | 170.13 | 57 |
| Cultivar | ** | ** | | ** | ** | | ** | ** | |
| LSD | 2.07 | 76.6 | | 2.52 | 49.8 | | 2.59 | 45.9 | |

1) Means in the columns by different letters are significantly different at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.
 2) *, **, Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

Table 7. Comparison of ear length, ear diameter and ear weight of corn hybrids with different sowing dates.

| Hybrid | April 5 | | | Jun. 25 | | | July 5 | | |
|---------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| | Ear length (cm) | Ear diameter (mm) | Ear weight (g) | Ear length (cm) | Ear diameter (mm) | Ear weight (g) | Ear length (cm) | Ear diameter (mm) | Ear weight (g) |
| Kwangpyeongok | 18.5b | 51.3b | 328e | 18.1d | 48.6cd | 340e | 16.3e | 49.6cde | 343d |
| Gangdaok | 21.3a | 48.5de | 335de | 20.4abc | 53.9a | 408c | 16.8e | 47.7defg | 325e |
| Yanganok | 18.4b | 44.4h | 235k | 18.5cd | 45.7ef | 307gh | 17.4de | 45.8gfh | 292h |
| Singwangok | 18.2b | 45.9ghf | 261i | 20.4abc | 47.6cdef | 320f | 17.2e | 45.7gh | 286hi |
| Jangdaok | 20.9a | 49.2dc | 333de | 20.5abc | 42.6g | 310g | 20.3a | 45.7gh | 369c |
| Cheonganok | 20.7a | 46.9def | 314f | 19.2bcd | 42.8g | 310g | 18.0bcde | 43.8h | 300g |
| Cheongdaok | 21.6a | 48.3de | 340cd | 21.5ab | 44.9gf | 346de | 18.0bcde | 47.5defg | 341d |
| Andaok | 17.7bc | 47.5def | 269i | 18.5d | 48.3cd | 297i | 17.5cde | 47.1gef | 314f |
| Dapyeongok | 21.5a | 48.8de | 352b | 21.3a | 51.4b | 436a | 19.6ab | 49.8bcd | 391b |
| Pyeongkangok | 20.7a | 49.8ab | 384a | 20.6ab | 52.3ab | 416b | 19.4ab | 48.7cde | 401a |
| Pyeonganok | 18.6c | 45.4gh | 269i | 19.1bcd | 52.0ab | 352d | 19.1abcd | 50.8bc | 241l |
| Daanok | 16.4c | 48.1de | 237k | 18.5d | 48.2cde | 301ih | 16.7e | 50.0bcd | 206m |
| Sunwon 184 | 17.7bc | 53.5a | 346bc | 16.4ef | 48.8c | 321f | 17.4de | 54.2a | 268j |
| Gangilok | 16.4c | 45.8ghf | 250j | 19.1bcd | 46.7cdef | 340e | 19.2abc | 48.4cdef | 252k |
| P3394 | 17.9bc | 49.0d | 292g | 18.0de | 46.1def | 320f | 19.0abcd | 52.3ab | 280l |
| Average | 19.1 | 48.2 | 303 | 19.3 | 48.0 | 342 | 18.1 | 48.5 | 307 |
| Cultivar | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD | 1.50 | 0.90 | 2.07 | 1.68 | 1.48 | 2.52 | 1.76 | 1.89 | 2.59 |

1) Means in the column by different letters are significantly different the at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

2) *, **. Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

감소함을 알 수 있었다($P<0.05$). 전체적으로는 평강옥의 수량이 가장 높았으며 6월 25일 파종한 평강옥의 수량이 976 kg으로 가장 높은 수량을 나타내었고 7월 5일 파종에서도 평강옥이 801 kg으로 그 다음 높은 수량을 보였다($P<0.05$). 4월 5일에 파종한 옥수수의 평균 백립중은 36 g이었으며 평균 리터중은 810 g이었다. 반면 6월 25일 파종한 옥수수의 경우 백립중과 1리터중이 32.2 g과 804 g으로 7월 5일에 파종한 옥수수의 경우 백립중과 1리터중은 29.4 g과 811 g으로 백립중, 1리터중은 높았다($P<0.05$). 이는 곡실의 충실도가 7월 5일을 넘기면서 현저히 감소되는 것을 알 수 있었다.

결론

국내 중북부지역 기후에서는 다양한 국내 육성 옥수수 품종들이 모두 4월 파종부터 7월 파종까지 재배와 수확이

가능하였으며 생육과 수량에 큰 차이가 없이 2모작도 가능하였다. 각각의 15품종 옥수수의 생육 특성이 파종 시기에 따라 조금씩 차이는 있었으나 이러한 재배기간 및 생육은 유효적산온도가 가장 크게 작용을 하였다(Jung *et al.*, 2012). 파종부터 출사기까지 유효적산 온도가 1,500°C~1,800°C 이상이 되면 최종 수량에는 커다란 차이가 없는 것으로 나타났다.

적요

국내에서 육성된 옥수수의 파종기에 따른 생육 및 수량을 알아보기 위하여 광평옥, 강다옥, 양안옥, 신광옥, 장다옥, 청안옥, 청다옥, 안다옥, 다평옥, 평강옥, 평안옥, 다안옥, 수원 184, 강일옥, P3394 등 총 15종의 옥수수품종이 시험연구에 사용되었다. 파종기는 4월 5일, 6월 25일, 7월 5일 총 3회 파종하였다. 종합적인 생육을 보면 강다옥이 착수고울

Table 8. Effect of different sowing dates on the yield characteristics of corn hybrids.

| Hybrid | April 5 | | | Jun. 25 | | | July 5 | | |
|---------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| | 100 grain weight (g) | 1 L weight (g) | Yield (kg/10a) | 100 grain weight (g) | 1 L weight (g) | Yield (kg/10a) | 100 grain weight (g) | 1 L weight (g) | Yield (kg/10a) |
| Kwangpyeongok | 40.5b | 789hi | 720e | 33.9c | 793gf | 726e | 28.1f | 799h | 678ef |
| Gangdaok | 27.4h | 822b | 738de | 31.5d | 803e | 916b | 23.7h | 811e | 614h |
| Yanganok | 39.4bc | 799egf | 584hi | 34.9bc | 809cd | 750d | 34.4b | 820d | 649g |
| Singwangok | 32.9ef | 805ed | 612gh | 34.8bc | 830a | 702gf | 32.6c | 847a | 592i |
| Jangdaok | 38.4c | 803edf | 784b | 26.1f | 796f | 604j | 28.0f | 799h | 699d |
| Cheonganok | 39.0bc | 804ed | 736de | 27.1ef | 796f | 644hi | 29.2e | 812e | 610hi |
| Cheongdaok | 30.2g | 821b | 788b | 32.0d | 817b | 802c | 26.9g | 820d | 673f |
| Andaok | 32.3f | 808d | 654d | 34.9bc | 823b | 694gf | 30.6d | 830c | 650g |
| Dapyeongok | 39.2bc | 806ed | 770de | 31.8d | 789g | 926b | 28.6ef | 802fg | 766c |
| Pyeongkangok | 40.4b | 785i | 844a | 34.4c | 794gf | 976a | 28.6ef | 800hg | 801b |
| Pyeonganok | 45.3a | 844a | 632gf | 28.2e | 830a | 808c | 22.1i | 804f | 620h |
| Daanok | 27.7h | 810cd | 638gf | 32.0d | 812c | 690g | 31.0d | 839b | 647g |
| Sunwon 184 | 36.4d | 799egf | 766bcd | 28.2e | 760i | 628i | 33.1c | 787i | 686def |
| Gangilok | 36.1d | 818bc | 568i | 36.0ab | 806ed | 750d | 32.4c | 801hg | 694de |
| P3394 | 34.3c | 844hgf | 750cde | 36.8a | 807cde | 712ef | 34.4b | 783j | 825a |
| Average | 35.97 | 810.47 | 705.60 | 32.17 | 804.33 | 755.20 | 29.58 | 810.27 | 638.60 |
| Cultivar | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD | 1.45 | 8.64 | 30.66 | 1.46 | 5.54 | 19.92 | 0.78 | 2.61 | 18.38 |

1) Means in the columns by different letters are significantly different at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.

2) *,**. Significant at the 0.05, and 0.01 probability levels, respectively.

은 조금 높지만 생육이 4월 또는 7월에 파종 시 가장 좋았다. 그 다음엔 광평옥으로 광평옥의 경우 전체적인 생육은 강다옥 보다는 조금 낮았지만 착수고율이 낮아 재배 시에 좀 더 유리하게 작용할 수 있겠다. 단안옥의 경우 생육은 4월에 파종하나 7월에 파종하나 모든 경우에 다 좋지 않았다. 그러나 식용으로 사용하기 위하여 재배적인 측면에서 곡실의 수량과 이삭의 형태 등만을 고려한다면 파종 시기에 관계없이 평강옥과 다평옥이 이삭무게와 종실무게가 많아서 좋은 품종으로 제시할 수 있다. 곡실용 옥수수의 생육에는 출사기까지 유효적산온도가 가장 중요한 요인으로 작용하였으며 유효적산 온도가 1500°C~1800°C 이상만 되면 정상적인 생육이 이루어지고 충분한 수량을 확보할 수 있었다. 식용 옥수수의 경우 당도와 질감 등 많은 고려 요소가 필수 요소로 첨가 되어야 하므로 앞으로 이러한 연구가 더 진행되어 재배적인 측면과 식품으로서의 가치 평가가 함께 이루어져야 정확한 품종 제시가 가능해 질 것이다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(ATIS 과제번호 : PJ01117202)의 지원으로 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Benoit, G. R., A. L. Hatfield, and J. L. Ragland. 1965. The growth and yield of corn. Soil moisture and temperature effects. *Agron. J.* 57 : 223-226.
- Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook, 2010.
- George, J. R. 1981. Grain crop production in the North Central United States. 3rd Print.
- Gilmore, E. C and Rogers, J. S. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50 : 611-615.
- Herrero, M. P. and R. R. Johnson. 1981. Drought stress and its effect on maize reproductive systems. *Crop Science.* 21(1) : 105-110.

- Herrero, M. P., and R. R. Johnson, 1980: High temperature stress and pollen viability of maize. *Crop Science*. 20(6) : 796-800.
- Jung, G. H., J. E. Lee, J. H. Seo, S. L. Kim, D. W. Kim, J. T. Kim, T. Y. Hwang, and Y. U. Kwon. 2012. Effects of seeding dates on harvesting time of double cropped waxy corn. *Korean Journal of Crop Science*. 57(2) : 195-201.
- Jung, G. H., S. L. Kim, and Y. U. Kwon. 2014. Effects of sowing time on growth and yield of sweet corns. *Korean Journal of International Agriculture*. 26(4) : 496-504.
- Jung, M. P., K. M. Shim, Y. S. Kim, S. C. Kim, and K. H. So. 2014. Changing trends of climatic variables of agro-climatic zones of rice in South Korea. *Climate Change Research*. 5(1) : 13-19.
- Jung, S. K., S. S. Lee, S. Y. Park, D. H. Bae. Comprehensive technology of corn cultivation and utilization. 1996. Nongmin news.
- Jung, T. W., S. L. Kim, S. W. Cha, and D. U. Kim. 2000. Kernel characteristics and germination rate during the grain filling in super sweet corn. *Korean Journal of Crop Science*. 45(3) : 176-180.
- Kim, D. A. 1986. Forage crops: its characteristics and cultivation method, Sunjinmunhwasa, pp. 167-198.
- Kim, D. A., G. Y. Lee, D. E. Shin, J. D. Kim, and J. K. Han. 1996. Effect of planting date on the forage yield and quality of corn four maturity groups. *Journal of Korean Grassland Forage Science*. 16(4) : 327-337.
- Kim, K. D. 2012. Soil climate maps and suitability classes for forage production in Gangwon province using soil and climate digital database. Ph. D. thesis, Kangwon National University. Chuncheon. Korea.
- Kim, M. J., H. J. Park, S. L. Kim, G. H. Jung, J. T. Kim, S. H. Shin, Y. U. Kwon, and I. M. Chung. 2014. Changes in the physicochemical characteristics of sweet corn kernels during grain filling stage with different sowing date. *Korean Journal of Crop Science*. 59(4) : 445-456.
- Kim, M. J., J. E. Lee, J. T. Kim, G. H. Jung, J. S. Lee, S. L. Kim, K. J. Youn, W. H. Kim, and I. M. Chung. 2015. Changes in ear and kernel characteristics of colored waxy corn hybrids during ripening with different sowing dates. *Korean Journal of Crop Science*. 60(3) : 308-317.
- Kim, M. J., J. E. Lee, J. T. Kim, G. H. Jung, Y. Y. Lee, S. L. Kim, and Y. U. Kwon. 2014. Changes in ear and kernel characteristics of waxy corn during grain filling stage by double cropping. *Korean Journal of Crop Science*. 59(1) : 73-82.
- National Institute of Meteorological Research. 2009. Understanding Climate Change II : Present and future of climate change in Korea. pp. 86.
- Nevins, D. J. and R. S. Loomins. 1970. A method for determining net photosynthesis and transpiration of plant leaves. *Crop Science*. 10 : 3-6.
- Ottman, M. J. and L. F. Welch, 1988: Supplemental radiation effects on senescence, plant nutrition and yield of field grown corn. *Agronomy Journal*. 80 : 619-626.
- Park, S. U., K. Y. Park, Y. K. Kang, H. G. Hong, and S. K. Jong. 1987. Effect on the plant density on growth and yield of sweet corn hybrid. *Korean Journal of Crop Science*. 32(1) : 92-96.
- Peng, J. L., M. J. Kim, M. H. Jo, J. G. Nejad, B. H. Lee, D. H. Ji, J. Y. Kim, S. M. Oh, B. W. Kim, K. D. Kim, M. J. So, H. S. Park, and K. I. Sung. 2015. Detecting the climate factors related to dry matter yield of whole crop maize. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 17(3) : 261-269.
- Rural Development Administration. 2003. Corn standard cultivation method.
- Rural Development Administration. 2011. Agricultural science and technology research standard.
- Son, B. Y., H. G. Moon, T. W. Jung, S. J. Kim, and J. D. Kim. 2006. Comparison of agronomic characteristics, yield and feed value of different corn hybrids for silage. *Korean Journal of Crop Science*. 51(3) : 233-238.
- Son, B. Y., J. T. Kim, S. Y. Song, S. B. Baek, C. K. Kim, and J. D. Kim, 2009: Comparison of yield and forage quality of silage corns at different planting dates. *Journal of Korean Grassland Forage Science*. 29(3) : 179-186.
- Son, B. Y., S. B. Baek, J. T. Kim, J. S. Lee, W. H. Kim, J. H. Roh, S. L. Kim, G. H. Jung, Y. u. Kwon, H. J. Ji, C. S. Huh, and J. Y. Park. 2014. A new single cross maize hybrid for silage and grain, 'Cheongdaok' with lodging tolerance. *Korean Journal of Breeding Science*. 46(2) : 172-177.
- Song, S. H., J. M. Yoo, Y. K. Hong, D. W. Rdd, and S. K. Kim. 1985. Effect of the planting date on growth and yield of fall-harvest sweet corn. *Kyunggido Agricultural Research Report*. 3 : 89-95.
- Thomas, R. K., M. M. Jerry, and C. P. Thomas. 2009. Global climate change impacts in the united states. Cambridge University Press. pp. 71-78.