

가을 출하용 단옥수수 극만파재배시 파종기가 단옥수수의 생육과 수량에 미치는 영향

신성휴 · 정건호[†] · 김미정 · 이진석 · 손범영 · 김정태 · 배환희 · 김상곤 · 권영업 · 백성범

농촌진흥청 국립식량과학원 전작과

Effect of Planting Dates on Growth and Yield of Late-planted Sweet Corn (*Zea mays* L.) to Sell Fresh Ears in the Autumn

Seonghyu Shin, Gun-Ho Jung[†], Mi-Jung Kim, Jin-Seok Lee, Beom-Young Son, Jung-Tae Kim, Hwan-Hui Bae, Sang Gon Kim, Young-Up Kwon, and Seong-Bum Baek

Upland Crop Research Division, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Republic of Korea

ABSTRACT Fresh edible sweet corns demand relatively short period to harvest fresh ears, which can allow farmers to make a choice sweet corns for various cropping systems. For this reason, we were to find the optimum planting date of late-planted sweet corns to sell fresh ears in the autumn linked to cropping system with winter crops, investigating yield and properties of marketable fresh ears and growth traits of sweet corns (cv. 'Godangok' and cv. 'Guseulok') depending on planting dates such as 10 July, 20 July, and 30 July in Suwon 2012 and 2013, respectively. The 20 July-planted sweet corns showed the most fresh ear yield. However, the 10 July-planted and the 30 July-planted had 32% less yield caused by consecutive rainfall from 10 July through 20 July, and 15% less yield due to low air temperature during ripening than the 20 July-planted, respectively. The 10 and 20 July-planted sweet corns had average 140g of a fresh ear weight and 15% heavier ear than the 30 July-planted. For the July-planted sweet corns, silking days after planting ($r=-0.80^{**}$), and harvesting days after silking ($r=-0.97^{**}$) and planting ($r=-0.91^{**}$) were highly negatively correlated with daily mean air temperature during the period, resulting in it takes 1,100 growing degree days (GDD) to harvest fresh ears from the July-planted sweet corns. The fresh ears of the 20 July-planted sweet corns are able to be harvested by early October. Therefore it will be a good choice for the cropping system based on winter vegetable cash crops such as temperate garlic and onion with medium or late maturity. Among three planting dates 20 July-planted sweet corns had the best field performance in every year considering fresh ear yield, ear size, and stability to grow.

Keywords : sweet corn, late-planted, Guseulok, Godangok, yield

단옥수수는 간식용 풋옥수수로 이용하거나 통조림 등으로 가공하여 이용하며, 우리나라에서는 1973년부터 소득작물로 재배하기 시작한 것으로 알려져 있다(Lee & Back, 1990). 단옥수수는 재배시기, 시비량, 재식밀도 등에 따라 상품성 있는 풋이삭 수량과 이삭크기가 달라지고 출하시기에 따른 가격변동도 커 재배양식에 따라 농가 수익성이 크게 변한다(Lee & Kim, 1986; Park *et al.*, 1987a).

옥수수 품종의 적응 지역은 무상기간, 온도, 일장 반응에 의해 결정되는데(Major *et al.*, 1983), 온도가 옥수수의 발육 속도를 결정하는 가장 중요한 요소로 알려져 있다(Major *et al.*, 1983). 옥수수의 생장과 발육은 일반적으로 일장보다는 온도에 영향을 많이 받으며 옥수수의 생장속도와 발육단계 진전은 10°C에서 30°C에 이르기까지 거의 직선적으로 증가하고(Wiebold, 2014), 등숙기간은 유효적산온도와 가장 밀접한 관계를 가지는 것으로 알려져 있다(Andrew *et al.*, 1956; Gilmore & Rogers, 1958). 이를 바탕으로 미국에서는 최저 온도 10°C와 최고온도 30°C를 기준으로 하는 'Growing degree days (GDD)'라는 유효생육적산온도 개념이 1970년에 Rahn에 의해 고안되어 널리 이용되고 있다.

Warrington과 Kanemasu (1983)는 일반 옥수수에 대한 일장과 온도 반응 시험에서 옹수 형성(tassel initiation), 출용 등에 필요한 유효생육적산온도(이하 GDD)를 구하였으

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6768 (E-mail) ideaway@korea.kr
<Received 9 June, 2014; Revised 14 July, 2014; Accepted 21 August, 2014>

며 파종에서 출몰까지 GDD의 1/3 값 정도에서 옥수수가 옥수수형성기에 이른다고 하였다. 미국 일리노이주에서 단옥수수 파종기가 단옥수수 수량과 생육에 미치는 영향을 시험한 결과, 4월 중순에 파종한 단옥수수는 출몰일이 64일 정도이었고, 7월 초에 파종한 단옥수수는 출몰일이 45일 정도이었다. 이처럼 7월 초 파종한 단옥수수는 4월 중순에 파종한 것보다 출몰일이 19일 정도 감소하였지만 파종에서 출몰까지의 토양온도 GDD는 비슷하였다(Williams, 2008).

미국 일리노이주에서 조생종 단옥수수를 5월 초~6월 말까지 파종기를 달리하여 시험한 결과, 6월 말에 파종한 단옥수수는 5월 초에 파종한 것에 비해 지상부건물중은 18% 증가하고 엽면적지수는 43% 낮았다(Williams & Lindquist, 2007). 미국 일리노이주에서 조생종 단옥수수 품종 'BC0805'를 파종기를 달리하여 시험하였는데, 6월 중순과 7월 초에 파종한 단옥수수는 4월 중순~5월말에 파종한 것 보다 잎수가 11%~25% 정도 적었으나 잎 건물중은 비슷하였다. 또한 출몰시에 생식기관과 지상부 건물중을 조사하였는데, 7월 초에 파종한 단옥수수는 5월에 파종한 단옥수수보다 생식기관 건물중은 41% 정도 감소하였고 지상부 건물중은 29% 정도 감소하였다. 결과적으로 7월 초에 파종한 단옥수수는 꽃이삭수량이 5월에 파종한 단옥수수보다 68% 정도 감소하였다(Williams, 2008). 캐나다 뉴펀들랜드에서 단옥수수를 5월 초~말까지 4주간 파종기를 달리하여 시험한 결과 단옥수수 수량에 영향은 없었고(Kwabiah, 2004), 미국 일리노이주에서 단옥수수를 5월 초에 파종하였을 때와 6월 말에 파종하였을 때도 수량에 큰 차이는 없었다(Williams, 2006). 이처럼 단옥수수 파종기가 단옥수수 꽃이삭 수량에 미치는 영향은 연구 보고마다 일정하지는 않다.

간식용 단옥수수는 타 작물에 비하여 80~95일 정도로 생육기간이 짧아 다양한 작부체계에 적용할 수 있는 장점이 있으나 출몰시기에 따라 가격차이가 크다는 문제가 있다. 꽃옥수수 가격은 7월 초까지 높고 그 이후 급격히 하락하다 9월 말 이후 가격이 상승하는 양상을 보이고 있다. 따라서 간식용 단옥수수를 2월 파종의 극조기재배에서 7월 파종의 극만파재배까지 재배시기를 조절하여 5월부터 10월까지 출몰기간을 넓히면 농가 수익을 안정적으로 얻을 수 있을 것이다. 특히, 우리나라는 기후온난화가 빨리 진행되어 기상재해가 자주 발생하기도 하지만 무상기간이 1991년 대비 2007년에 15.7일 길어져 작물재배 가능기간이 늘어나고 있다. 따라서 생육기간이 짧은 단옥수수를 활용하여 다양한 고수익 작부체계를 만들 수 있다.

지금까지 우리나라에서 단옥수수 시험연구는 주로 3월~5월에 외국 품종을 사용하여 시험하였다(Lee & Back, 1990;

Lee & Kim, 1986; Park *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1987b). 최근 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 우리나라에서 널리 재배되고 있는 *su* 인자를 가진 외국품종 '골든크로스반담 70 (GCB70)' 보다 당도가 높은 *se* 인자를 가지면서 도복에도 강하고 초당옥수수보다 발아율이 높고 씹는 맛이 좋은 '구슬옥'과 '고당옥'을 개발하였다(이 등 2012; Lee *et al.*, 2013).

따라서 본 연구에서는 추파 월동작물과 작부체계를 구성할 수 있으면서 옥수수 꽃이삭의 출몰가격이 높은 시기인 9월 중하순~10월초에 단옥수수 꽃이삭을 출몰할 수 있도록 극만파재배할 때, 우리나라 단옥수수 품종의 적정 파종기를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

단옥수수 시험품종은 구슬옥과 고당옥을 사용하였으며, 단옥수수 종자를 72공 플라스틱 육묘상자에 7월 10일, 7월 20일, 7월 30일에 각각 파종하고 10일묘를 1주당 1개체로 이식하였다. 단옥수수의 재식거리는 70cm x 25cm (10a 당 5,710주)이었다. 질소-인산-칼리 비료는 농촌진흥청 추천 시비량(N-P₂O₅-K₂O = 14.5-3.0-6.0 kg/10a)에 따라 사용하였으며 인산과 칼리질 비료는 전량 기비로 주었고, 질소질 비료는 반량은 기비로 주었고, 나머지 반량은 잎이 4~5개 되었을 때 주었다. 처리별 시험구 면적은 12~14 m²이었으며 난괴법으로 처리구를 배치하였고 모든 처리는 3 반복이었다. 모든 시험은 농촌진흥청 국립식량과학원 발작물 시험연구포장(수원, N126°58' E37°15')에서 2012년~2013년 2년간 수행하였다.

단옥수수 꽃이삭 수확기에 처리별로 간장과 지상부 생체중을 조사하였으며 수확한 꽃이삭의 전체 무게를 조사하였고 이삭의 포엽을 제거하여 종실 등숙불량, 병해충 가해흔적 등 결점이 있는 꽃이삭을 비상품 이삭으로 하고 이와 같은 결점이 없어 소비자에게 팔 수 있는 정상 꽃이삭을 상품 이삭으로 구분하여 각각의 무게를 조사하였다. 지상부 생체중은 처리구 평균 수분함량인 81.1%로 조정하여 구하였고, 수확지수는 수확한 전체 꽃이삭 무게를 지상부 생체중으로 나누어 구하였다. 상품이삭의 길이, 직경, 착립장을 조사하였고 Brix⁰ 당도계(PR-32A, Atago, 일본)를 이용하여 단옥수수 꽃이삭 종실의 당도를 처리구별로 2반복 측정하였다. 처리구별 조사구 면적은 5.4~6.3 m²이었다. 처리구별로 단옥수수 파종에서 수확까지 유효생육적산온도(Growing Degree Days, GDD)를 다음과 같이 구하였고, 일최고기온(T_{max})이 30°C 이상이면 30°C이고, 일최저기온(T_{min})이 10°C 이하이면 10°C로 계산하였다(Sacksa & Kucharika, 2011).

$$GDD = \sum \left(\frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} - 10^{\circ}\text{C} \right)$$

(T_{\max} , 일최고기온; T_{\min} , 일최저기온)

강수량, 최고기온, 최저기온, 평균기온은 시험장소에 직선거리로 2km 정도 떨어져 있는 수원기상대(수원, N126°59' E37°16')에서 제공하는 데이터를 수집하여 사용하였다.

모든 처리구의 조사 성적은 평균값으로 나타내었으며 분산분석은 proc glm으로 하였고 평균간 비교는 Duncan의 다중검정(유의수준 5%)으로 하였다. 또한 상관분석과 회귀분석은 proc corr과 proc reg corr으로 각각 하였다. 모든 통계 분석은 SAS 소프트웨어(ver. 9.2)를 이용하였다.

결과 및 고찰

시험기간 중 강수량과 평균기온

2012년과 2013년 모두 7월 20일까지 비가 자주 내렸고 특히 시험기간중 7월 10일부터 7월 20일까지 거의 매일 비가 내렸다(Fig. 1). 이로 인해 7월 10일에 파종한 단옥수수는 입모 초기 습해가 발생하였다. 평균기온은 7월과 8월에는 25~30°C 정도를 유지하였는데 7월 하순~8월 상순 평균기온은 2012년이 2013년 보다 2°C 정도 높았으며, 반대로 8월 중순~하순에는 1~2°C 정도 낮았다. 9월에는 20~25°C를 유지하였는데 9월 중순 평균기온이 2012년이 2013년보다 2~3°C 정도 낮았고, 이후 기온이 서서히 떨어져 10월 중

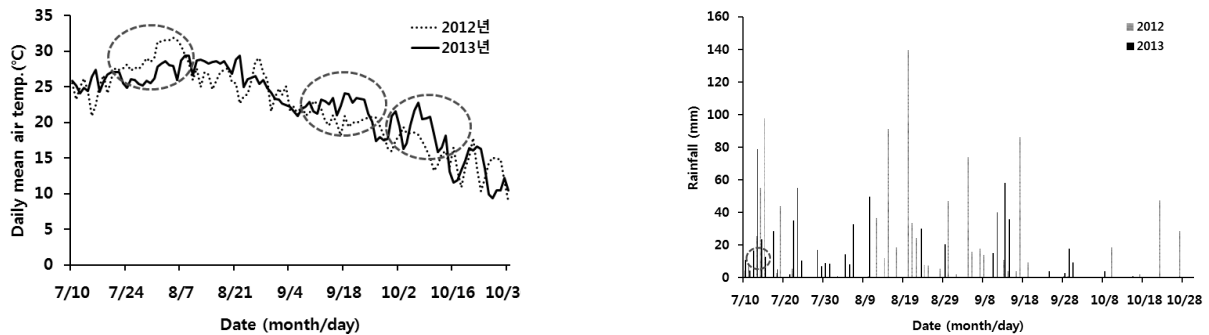


Fig. 1. Rainfall and daily mean air temperature during the experiment (Suwon, 2012~2013).

Table 1. Days from planting to silking, from silking to harvest, and from planting to harvest of sweet corns planted at different dates.

| Planting date | Cultivar | Days from planting to silking | | Days from silking to harvest | | Days from planting to harvest | |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| | | -2012- | -2013- | -2012- | -2013- | -2012- | -2013- |
| 10 July | Godangok | 47 | 52 | 24 | 25 | 71 | 77 |
| | Guseulok | 45 | 51 | 25 | 25 | 70 | 76 |
| | Mean [†] | 48.7 ^b | | 24.8 ^b | | 73.0 ^b | |
| 20 July | Godangok | 47 | 47 | 27 | 26 | 74 | 73 |
| | Guseulok | 46 | 46 | 27 | 26 | 73 | 72 |
| | Mean [†] | 46.5 ^b | | 26.5 ^b | | 73.5 ^b | |
| 30 July | Godangok | 53 | 53 | 33 | 29 | 86 | 82 |
| | Guseulok | 52 | 52 | 33 | 29 | 85 | 81 |
| | Mean [†] | 52.5 ^a | | 31.0 ^a | | 83.5 ^a | |
| Planting date (A) | | * | | * | | * | |
| Cultivar (B) | | ns | | ns | | ns | |
| A*B | | ns | | ns | | ns | |

[†]Means were calculated from 2012 and 2013 were separated with LSD at the P=0.05 level.

순경에는 15°C 아래까지 기온이 내려갔다. 특히 2013년에는 9월 하순~10월 중순까지 평균기온이 2012년보다 1~3°C 정도 높았다(Fig. 1).

파종기별 단옥수수의 생육일수와 유효생육적산온도(GDD)

7월에 파종한 단옥수수의 출사기와 꽃이삭 수확에 소요 되는 기간은 파종기가 늦어질수록 길어졌고, 품종별로도 달라 구슬옥이 고당옥보다 하루 정도 출사가 빨랐다. 2012년과 2013년에 단옥수수의 파종에서 꽃이삭 수확까지 걸린 기간(생육일수)은 7월 10일 파종기에서는 70~77일, 7월 20일 파종기에는 72~74일, 7월 30일 파종기에는 81~86일이 었다(Table 1).

따라서 고당옥과 구슬옥을 7월 파종하면 단옥수수는 70~86 일이면 수확할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 7월 20일까지 단옥수수를 파종하면 10월 1일 경에 수확할 수 있을 것으로 판단되었다.

우리나라 중부지방에서 한지형 마늘은 보통 10월 상순~중순에 파종하여 6월 중순~7월 상순에 수확하며, 중만생종 양파는 10월 상순~하순에 정식하여 6월 중에 수확한다(농촌진흥청 2012; 농촌진흥청 2013). 따라서 중부지방에서 한지형 마늘과 양파를 재배하는 농가에서는 단옥수수를 마늘과 양파의 전후작 작물로 안전하게 재배할 수 있다(Fig. 2).

2012년 7월 10일 파종기의 단옥수수 출사일수가 2013년보다 5~6일 더 짧았는데 이는 7월 하순~8월 상순 평균기온이 2012년에 2°C 정도 높았기 때문이었다. 반대로 2012년 7월 30일 파종기의 단옥수수 등숙일수가 2013년보다 4일 정도 더 길었는데 이는 9월 중하순 이후 평균기온이 2012년이 더 낮았기 때문이었다(Table 1, Fig. 1).

7월 10일과 7월 20일에 파종한 단옥수수는 출사일수가 비슷하였지만 7월 30일 파종한 단옥수수는 출사일수가 앞선 두 파종기보다 6일 정도 길었다. 또한 등숙일수도 비슷

한 경향이었는데, 7월 20일에 파종한 단옥수수는 7월 10일 파종한 것 보다 1~3일 정도 등숙일수가 길었고 7월 30일 파종한 단옥수수는 7월 20일 파종한 것보다 3~6일 정도 길었다.

7월 10일, 7월 20일, 7월 30일에 파종한 단옥수수가 출사할 때까지 영양생장기 동안 일평균기온(2012년~2013년 평균)은 각각 26.9°C, 26.9°C, 25.3°C로 7월 10일과 7월 20일 파종기는 같았고 7월 30일 파종기는 1.6°C 정도 낮았다(Table 2). 또한 7월 10일, 7월 20일, 7월 30일에 파종한 단옥수수가 출사 후 수확할 때까지 등숙기간 동안 일평균기온(2012년~2013년 평균)은 각각 22.8°C, 21.0°C, 17.7°C로 7월 10일 파종기는 7월 20일 파종기 보다 1.8°C 정도 높았고, 7월 20일 파종기는 7월 30일 파종기 보다 3.3°C 정도 높았다. 이처럼 파종기별 출사일수와 등숙일수 차이가 파종기별 영양생장기(파종~출사)와 등숙기간(출사~수확) 동안의 일평균기온 차이와 일치하는 경향을 나타내었다.

한편 7월 30일 파종기 단옥수수의 등숙기간 일평균기온은 7월 10일과 7월 20일 파종기에서 보다 각각 5.1°C와 3.3°C 정도 낮았다(Table 2). 즉, 영양생장기 일평균기온은 파종기별로 큰 차이가 없었으나 등숙기간중 일평균기온은 7월 30일 파종기에서 특히 낮았다.

파종기별 고당옥과 구슬옥의 GDD(파종~수확)를 보면, 7월 10일은 각각 1,145°C과 1,133°C, 7월 20일은 각각 1,083°C과 1,074°C, 7월 30일은 각각 1,108°C과 1,100°C이었다(Table 2). 즉, 파종기별로 출사일수와 등숙일수는 서로 차이가 났지만 GDD는 서로 비슷하였다. 이는 옥수수의 발육속도가 온도와 밀접한 관계가 있기 때문인 것으로 보인다.

이에 따라 2012년과 2013년에 시험한 구슬옥과 고당옥의 출사일수(파종~출사, y_1), 등숙일수(출사~수확, y_2), 그리고 생육일수(파종~수확, y_3)와 각 해당 기간 동안 일평균기온의 관계식을 구하였다(Fig. 3). 일평균기온은 출사일수(-0.801**), 등숙일수(-0.973**), 생육일수(-0.913**)와 각각 높은 부의 상관관계를 나타내었다. 이에 따라 회귀분석을 통해 단순 선형 회귀식을 구하였고(Fig. 3), 이 식을 이용하면 일평균기온으로 단옥수수의 출사와 수확 가능일을 추정할 수 있을 것으로 기대된다.

$$\text{출사일수}(y_1) = -3.1252 \times \text{일평균기온} + 131.64 \quad (R^2 = 0.6419^{**})$$

$$\text{등숙일수}(y_2) = -1.2735 \times \text{일평균기온} + 53.517 \quad (R^2 = 0.9459^{**})$$

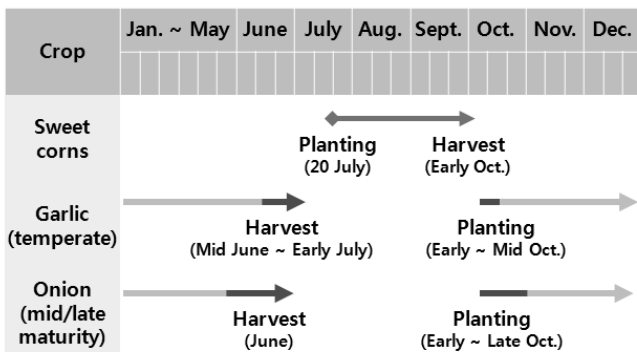


Fig. 2. Schematic cropping system of sweet corn and garlic or onion in central region of Korea.

Table 2. Daily mean air temperature from planting to silking and from silking to harvest and growing degree days of sweet corns planted at different dates.

| Planting date | Cultivar | Daily mean air temperature (°C) | | Growing degree days (GDD) | | |
|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| | | planting~silking | silking~harvest | planting~silking | silking~harvest | planting~harvest |
| 10 July | Godangok | 26.9 | 22.7 | 832 | 313 | 1,145 |
| | Guseulok | 26.9 | 22.9 | 808 | 325 | 1,133 |
| | Mean [†] | 26.9 ^a | 22.8 ^a | 820 ^{ns} | 319 ^{ns} | 1,139 ^{ns} |
| 20 July | Godangok | 26.9 | 20.9 | 786 | 297 | 1,083 |
| | Guseulok | 27.0 | 21.0 | 774 | 300 | 1,074 |
| | Mean [†] | 26.9 ^a | 21.0 ^b | 780 ^{ns} | 298 ^{ns} | 1,078 ^{ns} |
| 30 July | Godangok | 25.3 | 17.6 | 809 | 299 | 1,108 |
| | Guseulok | 25.3 | 17.9 | 797 | 303 | 1,100 |
| | Mean [†] | 25.3 ^b | 17.7 ^c | 803 ^{ns} | 301 ^{ns} | 1,104 ^{ns} |
| Planting date (A) | | * | * | ns | ns | ns |
| Cultivar (B) | | ns | ns | ns | ns | ns |
| A*B | | ns | ns | ns | ns | ns |

[†]Means were calculated from 2012 and 2013 were separated with LSD at the P=0.05 level.

$$\text{생육일수}(y_3) = -3.6070 \times \text{일평균기온} + 164.05 \quad (R^2 = 0.8337^{**})$$

옥수수의 발육 속도는 온도, 일장, 토양수분, 토양비옥도 조건과 유전자의 상호작용에 따라 결정되는데, 옥수수의 발육 속도를 결정하는데 가장 중요한 것은 온도인 것으로 알려져 있다(Major *et al.*, 1983). 기온이 10°C에서 30°C에 이르기까지 온도가 증가할수록 옥수수 발육속도가 거의 직선적으로 증가하고(Wiebold, 2014), 등숙일수는 유효적산온도와 가장 밀접한 관계를 가지는 것으로 밝혀졌다(Andrew *et al.*, 1956; Gilmore & Rogers 1958). 실제 Warrington과

Kanemasu (1983)는 일장과 온도를 달리하여 일반 옥수수 F₁ 두 품종의 발육 반응을 시험하여 이들 품종의 웅수 형성과 출용 등에 필요한 GDD를 구하였다. Williams (2008)는 미국 일리노이주에서 7월 초에 파종한 단옥수수가 4월 중순에 파종한 단옥수수 보다 출사일수가 15~27일 정도 짧았지만 토양온도 GDD는 큰 차이가 없었다고 하였는데, 이는 본 연구결과와 일치한다. 이러한 결과로 보았을 때 구슬옥과 고당옥을 7월에 파종할 경우 출사까지 800 GDD 정도가 필요하고 출사에서 수확까지는 약 300 GDD 정도가 필요한 것으로 판단하였다.

파종기에 따른 단옥수수의 풋이삭 수량 반응

7월 10일, 7월 20일, 7월 30일 파종기별 단옥수수 풋이삭의 상품 이삭수량은 2012년과 2013년 모두 7월 20일 파종기에서 상품이삭수량이 가장 높아 평균 683 kg/10a이었으며 7월 10일 파종기 보다는 32%, 7월 30일 파종기 보다는 23% 정도 각각 높았다(Fig. 4).

파종기별 수확한 단옥수수 풋이삭의 전체이삭수량을 보면, 7월 20일이 761 kg/10a로 가장 높았고, 7월 30일이 643 kg/10a, 7월 10일이 568 kg/10a이었다(Fig. 4). 이처럼 7월 10일 파종기의 상품이삭수량이 크게 낮은 이유는 생육초기 잦은 강우로 습해가 발생하여 풋이삭을 수확할 수 있는 개체수가 적었기 때문이다(Fig. 6).

Lee와 Kim (1986)은 폴리에틸렌 필름 터널재배로 ‘Great

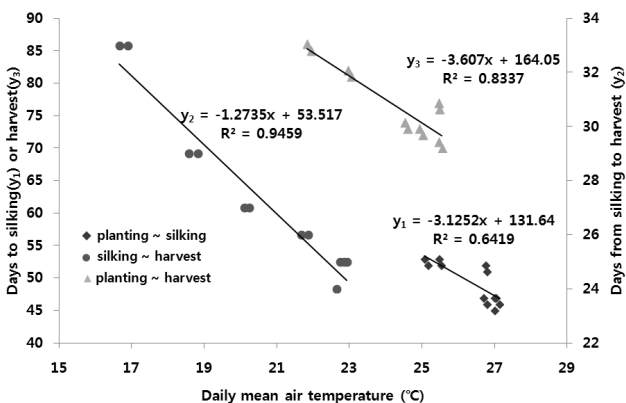


Fig. 3. Relationship between daily mean air temperature and days to silking (y_1), from silking to harvest (y_2), and from planting to harvest (y_3).

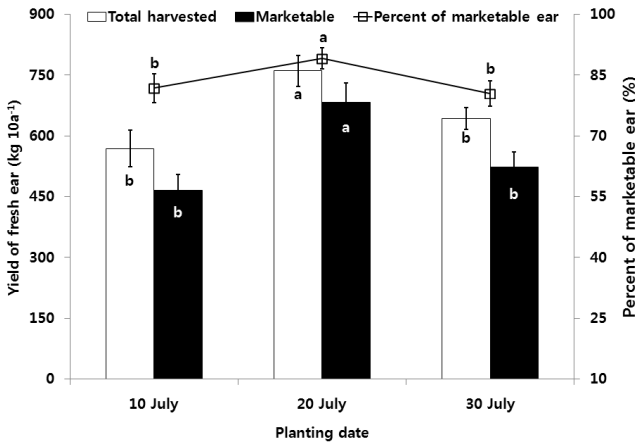


Fig. 4. Effect of planting date on yield of total harvested and marketable fresh ear and percentage of marketable ear. Values are averages for 2012 and 2013 and the error bar indicates standard error.

Bell' 품종을 3월 5일부터 4월 10일까지 파종하여 시험한 결과, 파종기에 따라 단위면적당 상품 이삭수에는 차이가 없었다고 하였다. Williams (2008)는 미국 일리노이주에서 단옥수수 품종 'BC0805'를 파종기를 달리하여 시험하였는데 7월 초에 파종한 단옥수수는 풋이삭 수량이 5월에 파종한 단옥수수보다 68% 정도 감소하였다고 하였다. 하지만 Williams (2006)의 또다른 연구에서는 일리노이주에서 단옥수수를 5월 초에 파종하였을 때와 6월 말에 파종하였을 때 수량에 큰 차이는 없었다고 하였다. 이처럼 단옥수수 파종기가 단옥수수 풋이삭 수량에 미치는 영향은 연구 보고마다 일정하지는 않다.

한편 7월 10일, 7월 20일, 7월 30일 파종기별 상품이삭률은 7월 20일이 89%로 가장 높았고, 7월 10일이 82%, 7월 30일이 80%이었다(Fig. 4). 즉, 7월 20일 파종기의 상품이삭률은 다른 두 파종기보다 7%~9% 정도 높았다.

결과적으로 2012년과 2013년 모두 7월 20일 파종한 단옥수수의 풋이삭 전체이삭수량과 상품이삭수량이 가장 높았고 상품이삭률도 가장 좋아 단옥수수 풋이삭을 가을에 수확하여 판매하고자 7월에 파종할 경우 7월 20일경이 가장 좋은 것으로 판단되었으며, 7월 10일 파종기는 습해에 의한 수확개체수 감소가 발생하였고, 7월 30일 파종기는 상품이삭률이 낮아지는 것으로 나타났다.

파종기에 따른 단옥수수 상품 풋이삭의 특성 변화

7월 10일 과 7월 20일에 파종한 단옥수수의 상품 풋이삭 개당무게는 144 g과 140 g으로 비슷하였으나 7월 30일 파종한 단옥수수는 120 g으로 작아, 7월 20일 파종기의 상품

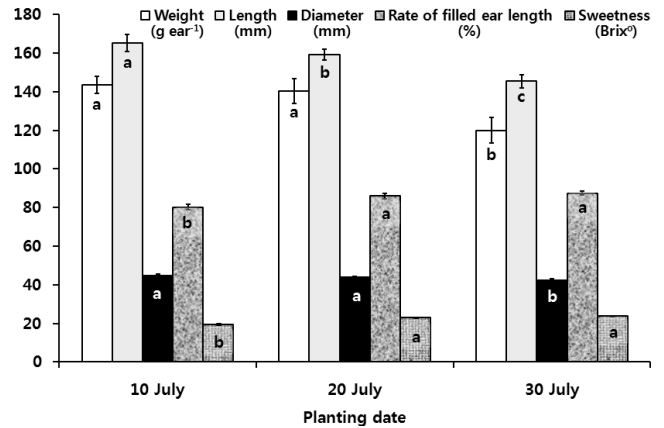


Fig. 5. Effect of planting date on weight, length, diameter, rate of filled ear length, and sweetness of marketable fresh ear. Values are averages for 2012 and 2013 except for sweetness only for 2013 and the error bar indicates standard error.

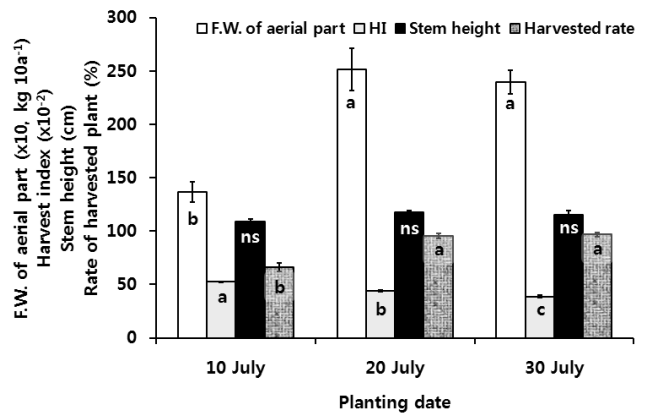


Fig. 6. Effect of planting date on fresh weight (F.W.) of aerial part, harvest index (HI), stem height, and rate of harvested plant. Values are averages for 2013 and the error bar indicates standard error.

이삭 개당무게가 7월 30일 보다 약 15% 정도 컸다(Fig. 5).

단옥수수 상품 풋이삭의 이삭길이는 파종기가 늦어질수록 짧아졌으며 특히, 7월 30일 파종기의 상품이삭길이가 7월 10일과 7월 20일 파종 시험구에 비해 2 cm 정도 짧았다(Fig. 5). 이삭직경도 이삭길이와 비슷한 경향을 나타내어 7월 10일과 7월 20일 파종한 단옥수수의 상품 풋이삭 직경은 각각 45 mm와 44 mm로 7월 30일 파종한 것보다 2 mm 정도 컸다(Fig. 5).

하지만 상품 풋이삭의 끝달림은 7월에 늦게 파종하면 오히려 더 좋아 상품 풋이삭의 착립장률이 7월 30일 파종기에 87.5%로 가장 높았고, 7월 20일은 86.0%, 7월 10일은 80.3%이었다(Fig. 5). 또한 상품 풋이삭의 종실당도를 보면 파종

기가 늦어질수록 종실당도가 높아졌으며, 7월 30일 파종기에 23.8 °Brix로 가장 높았고 7월 20일 파종기에 22.9°Brix이었으며 7월 10일 파종기에 가장 낮아 19.6°Brix이었다 (Fig. 5).

파종기별 상품이삭의 특성을 종합하면 상품이삭의 크기는 7월 10일과 7월 20일 파종기에서 비슷하였지만 7월 30일 파종기에서는 앞선 두 파종기보다 이삭크기가 작아졌으며 종실당도는 7월 20일과 7월 30일 파종기에서 높았다.

파종기에 따른 단옥수수 생육특성 변화

파종기별 지상부 생체량은 7월 20일과 7월 30일 파종기에 각각 2,514 kg/10a와 2,397 kg/10a로 비슷하였지만 7월 10일 파종기에는 지상부 생체량이 크게 감소하여 1,369 kg/10a로 7월 20일 파종기 보다는 46% 정도 작았고, 7월 30일 파종기 보다는 43% 정도 작았다(Fig. 6). 이처럼 7월 10일에 파종한 단옥수수의 지상부 생체량이 작은 것은 7월 상순 연속 강우(Fig. 1)로 인한 습해가 발생하여 수확개체율이 낮았기 때문이다(Fig. 6).

한편 7월 20일과 7월 30일 파종기의 단옥수수 간장은 7월 10일 파종기 보다 각각 9 cm와 7 cm 정도 컸지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

미국 일리노이주에서 조생종 단옥수수를 5월 초~6월 말까지 파종기를 달리하여 시험한 결과, 6월 말에 파종한 단옥수수는 5월 초에 파종한 것에 비해 지상부건물중은 18% 증가하고 엽면적지수는 43% 감소한다고 하였다(Williams & Lindquist, 2007). 미국 일리노이주에서 조생종 단옥수수 'BC0805'를 파종기를 달리하여 출사기에 단옥수수의 생식기관과 지상부 건물중을 조사하였는데, 7월 초에 파종한 단옥수수는 5월에 파종한 것보다 생식기관 건물중은 41% 정도 감소하였고 지상부 건물중은 29% 정도 감소하였다. 이처럼 파종기가 단옥수수의 지상부생장량에 미치는 영향도 연구보고마다 다르다.

수확개체율은 7월 20일과 7월 30일 파종기에 95%이상이었지만, 7월 10일 파종기에는 습해로 인해 수확개체율이 66% 정도로 낮았다(Fig. 6). 따라서 7월 10일에 우리나라 중부지방에서 장마기간이 끝나지 않은 시기이어서 단옥수수의 재배적 안전성이 떨어지는 것으로 나타났다.

파종기가 늦어질수록 수확지수가 감소하였는데, 7월 10일 파종한 단옥수수의 수확지수가 가장 높은 0.52이었고, 다음이 7월 20일 파종한 것으로 0.44, 7월 30일에 파종한 것은 0.39로 가장 작았다. 한편 7월 30일 파종기의 단옥수수는 지상부생체량이 7월 20일과 비슷하였지만 수확지수는 더 낮았는데(Fig. 6), 이는 7월 30일에 파종한 단옥수수의

지상부 생체량에 비해 풋이삭 수량은 7월 20일 파종기 보다 작았기 때문이었다(Fig. 4). 이처럼 지상부 생체량과 이삭수량의 경향이 다른 것은 7월 20일과 7월 30일 파종기 단옥수수의 영양생장기 일평균기온의 차이가 1.6°C이었지만, 등숙기간 동안 일평균기온 차이가 이보다 2배인 3.3°C이었기 때문인 것으로 추정된다.

적 요

우리나라 단옥수수 품종 구슬옥과 고당옥을 가을에 출하기 위하여 극만파재배할 때 단옥수수의 적정 파종기를 구명하고자 7월 10일과 7월 20일, 그리고 7월 30일에 파종하여 단옥수수의 수량과 상품이삭특성, 그리고 생육특성을 조사하였다.

우리나라 중부지방(수원)에서는 2012년과 2013년 모두 7월 20일까지 거의 매일 비가 내려 7월 10일 파종기의 재배적 안전성이 낮아 수확할 수 있는 단옥수수 풋이삭수 감소로 인하여 상품이삭수량이 낮았다.

구슬옥과 고당옥을 7월에 파종하면 70일~86일이면 수확할 수 있었고 7월 20일까지 파종하면 단옥수수 풋이삭을 수확할 수 있어 10월 1일경(출사 후 26~27일)에 수확할 수 있었다. 따라서 중부지역의 한지형 마늘이나 중만생종 양파 재배농가에서 마늘과 양파 전후작으로 단옥수수를 안전하게 재배할 수 있을 것으로 판단되었다.

파종기별로 생육일수는 최대 15일까지 차이가 났지만 유효생육적산온도 (GDD)는 파종기에 따라 차이가 거의 없어 7월에 파종하는 단옥수수는 파종에서 출사까지 약 1,100 GDD가 필요한 것으로 나타났다. 또한 일평균기온이 높으면 단옥수수의 출사일수, 등숙일수, 생육일수가 직선적으로 짧아졌으며 이들 간에 높은 부의 상관관계가 있어 일평균기온으로 출사일수와 등숙일수 그리고 생육일수를 추정할 수 있는 단순선형 회귀식을 구하였다.

7월 20일과 7월 30일에 파종한 단옥수수는 지상부생체량이 비슷하였지만 이삭수량은 7월 30일이 낮아 7월 30일 파종기의 수확지수가 낮았는데, 이는 영양생장기간 기온은 두 파종기간에 1.6°C 정도만 차이가 났지만 등숙기간 기온은 3.3°C 정도 차이가 났기 때문인 것으로 판단되었다.

2012년과 2013년 모두 7월 20일에 파종한 단옥수수의 풋이삭 수량이 가장 높았고 상품이삭률도 가장 좋아, 상품이삭수량이 7월 10일 파종기 보다는 32%, 7월 30일 파종기 보다는 23% 정도 각각 높았다. 또한 상품이삭의 크기는 7월 10일과 7월 20일에 파종한 단옥수수가 7월 30일 파종한 것 보다 컸다. 따라서 중부지방에서 단옥수수 풋이삭을 가

을에 출하하기 위해서는 단옥수수를 7월 20일경에 파종하는 것이 재배적 안전성, 상품이삭율과 상품이삭수량 그리고 상품이삭특성으로 보았을 때 가장 적기라고 생각되었다.

사 사

이 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ00871201, PJ00871202)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Rural Development Administration. 2012. Garlic: Agricultural Science and technology research. Rural Development Administration. p. 13.
- Rural Development Administration. 2013. Onion: Agricultural Science and technology research. Rural Development Administration. pp. 37-38.
- Lee, J. S., B. Y. Son, J. T. Kim, J. H. Ku, S. K. Kim, T. W. Jung, S. B. Baek, J. J. Hwang, S. L. Kim, and Y. U. Kwon. 2012. A New Sweet Corn Hybrid “Godangok” with Good Eating Quality and High Sugar Content. *Korean J. Crop. Sci.* 57 (Supp. 2) 119.
- Andrew, R. H., R. P. Ferwerda, and A. M. Strommen. 1956. Maturation and yield of corn as influenced by climate and production technique. *Agronomy Journal.* 48 : 231-236.
- Gilmore, E. C. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal.* 50 : 611-615.
- Kwabiah, A. B. 2004. Growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L.) cultivars in response to planting date and plastic mulch in a short-season environment. *Scientia Hort.* 102 : 147-166.
- Lee, J. S., T. W. Jung, B. Y. Son, J. T. Kim, G. H. Jung, S. H. Shin, S. K. Kim, J. H. Seo, J. E. Lee, S. B. Baek, S. L. Kim, C. K. Kim, W. H. Kim, and Y. U. Kwon. 2013. A new sweet corn hybrid with good eating quality and high sugar content, ‘Guseulok’. *Korean J. Breed. Sci.* 45(4) : 416-419.
- Lee, S. S. and J. H. Back. 1990. Effect of plant populations on the number and weight of ear and gross income in sweet corn. *Korean J. Crop Sci.* 35(2) : 117-121.
- Lee, S. S. and T. J. Kim. 1986. Temperature and sweet corn production at different planting dates under polyethylene tunnel and mulch. *Korean J. Crop Sci.* 31(1) : 84-90.
- Major, D. J., D. M. Brown, A. Bootsma, G. Dupuis, N.A. Fairey, E. A. Grand, D. G. Green, R. I. Hamilton, J. Langille, L. G. Sonmor, G. C. Smeltzer, and R. P. White. 1983. An evaluation of the corn heat unit system for the short-season growing regions across Canada. *Canadian Journal of Plant Science.* 63(1) : 121-130.
- Park, K. Y., Y. K. Kang, S. U. Park and H. G. Moon. 1989. Effects of planting density and tiller removal on growth and yield of sweet corn hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 34(2) : 192-197.
- Park, S. U., K. Y. Park, Y. K. Kang, and S. K. Jong. 1987a. Effects of polyethylene mulching and tunnel on the growth and yield of early produced sweet corn. *Res. Rep. RDA (Crops).* 29(1) : 245-250.
- Park, S. U., K. Y. Park, Y. K. Kang, H. G. Moon, and S. K. Jong. 1987b. Effects of plant density on growth and yield of sweet corn hybrid. *Korean J. Crop Sci.* 32(1) : 92-96.
- Sacksa, W. J. and Kucharika, C. J. 2011. Crop management and phenology trends in the U.S. Corn Belt: Impacts on yields, evapotranspiration and energy balance. *Agri. Forest Meteorology,* 151 : 882-894.
- Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy Journal.* 75(5) : 749-754.
- Wiebold, B. 2014. Growing degree days and corn maturity. Retrieved May. 25, 2014 from http://plantsci.missouri.edu/grains/corn/cornfacts/corn_heat_units.pdf.
- Williams, M. M. and J. L. Lindquist, 2007. Influence of planting date and weed interference on sweet corn growth and development. *Agronomy Journal,* 99 : 1066-1072.
- Williams, M. M. 2006. Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. *Weed Science,* 54 : 928-933.
- Williams, M. M. 2008. Sweet corn growth and yield responses to planting dates of the North Central United States. *HortScience,* 43(6) : 1775-1779.