**Iranian Journal of Field Crop Science**
Vol 49, No 2, Sumer 2018 (93-103)
DOI: 10.22059/ ijfcs.2017.138472.654004

**علوم گیاهان زراعی ایران**
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷ (ص۱۰۳-۹۳)

# تأثیر تاریخ کشت و تراکم بوتهٔ مادری بر عملکرد و کیفیت تجاری بذر دورگ ذرت (*Zea mays* L.) سینگل کراس۷۰۴

**محمد رحمانی[۱]، محسن زواره[۲*]، آیدین حمیدی[۳] و گریت هوگنبوم[۴]**
**۱و۲. دانشجوی دکترای زراعت و دانشیار گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان**
**۳. دانشیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال**
**۴. استاد دانشگاه ایالتی واشنگتن امریکا**
**(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۰۸ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۱۹)**

## چکیده

**با هدف بررسی تأثیر تاریخ کشت و تراکم بوتهٔ رگهٔ خویش‌آمیختهٔ (اینبردلاین) مادری ذرت B73 بر کیفیت‌های تجاری بذر دورگ (هیبرید) ذرت رقم ۷۰۴، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد که در آن تاریخ کشت در پنج سطح در کرت‌های اصلی و تراکم بوته در پنج سطح در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد، دمای بالاتر از ۳۴$^{oc}$ در دورهٔ گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد و شمار بذر در بوته و افزایش درصد بذرهای با اندازهٔ تجاری گرد نسبت به پهن در توده بذری شده است. به ازای هر ۱ درجهٔ سلسیوس افزایش دمای دورهٔ گرده‌افشانی از ۳۴$^{oc}$، نسبت بذرهای پهن متوسط و درشت (مطلوب‌ترین اندازه‌های تجاری) به میزان ۳/۸ درصد کاهش پیدا کرد. افت دما در دورهٔ رسیدگی فیزیولوژیک به کمتر از ۱۳$^{oc}$، سبب کاهش نسبت بذرهای گرد شد. دما تأثیر معنی‌داری بر میانگین وزن هزار بذر نگذاشت. مشاهده شد با افزایش نسبت بذر گرد درشت و پهن متوسط درصد جوانه‌زنی تودهٔ بذری به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت. افزایش تراکم بوته، سبب کاهش اندازه و شمار بذر در بوته و افزایش نسبت بذرهای گرد شد. بیشترین نسبت بذر پهن و کمترین میزان افت بذر، از تراکم ۶۰ و۷۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت، تولیدکنندهٔ بذر دورگ ۷۰۴ برای افزایش درصد بذرهای پهن متوسط و درشت در تودهٔ بذری، لازم است رگهٔ (لاین) مادری B73 را با تراکم ۶ تا ۷ بوته در مترمربع و در هنگامی کشت نماید که احتمال همزمانی گرده-افشانی با دمای بالاتر از ۳۴$^{oc}$، کاهش یابد.**

**واژه‌های کلیدی:** اندازهٔ بذر، تابع CERES، دمای گرده‌افشانی، رقابت، کیفیت بذر.

# Effect of Planting date and Density on Yield and Commercial Qualities of Hybrid Seed Production of Maize (*Zea mays* L. cv. SC 704)

**Mohammad Rahmani[1], Mohsen Zavareh[2*], Aidin Hamidi[3], Gerrit Hoogenboom[4]**
1 and 2 Ph.D. in Agriculture and Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan
3. Associate Professor of Seed and Plant Registration and Certification Institute
4. Professor at Washington State University
(Received: January 28, 2016- Accepted: December 10, 2017)

## ABSTRACT

To investigate the effects of planting date (PD) and density (DNS) of B73 maize inbred line on commercial qualities of seeds of KSC704 hybrid maize, a split plot experiment was conducted where five PDs kept in main plots and five DNSs in sub-plots. Results showed that the maximum temperature higher than 34°C during fertilization lead to reduction in seed yield and seed number per plant with an increase in weight ratio of Large-round seeds in favor of flat one. For each degree Celsius increase in maximum temperature during fertilization over 34°C, the proportion of flat seeds (the most desirable size commercially) decreased about 3.8 percent. When temperature during seed filling dropped below 13°C, the weight ratio of Large-round size decreased in the harvested seed lot. Temperature had not any significant effect on the average seed weight. On the other hand, the germination percentage of seed lots with higher portion of large-round and medium-flat seeds, increased and decreased respectively. The higher DNS changed the weight ratio of Large-round seeds in favorite to Large-flat seeds, in the way that the highest proportion of flat seeds and lowest proportion of off-size seeds produced from 60 and 70 plant per hectare. It concluded that, commercial seed growers may achieve higher portion of flat seeds in KSC704 hybrid maize seed production by planting 6 to 7 each square meter and choosing a PD that pollination is not going to face with temperatures higher than 34°C.

**Keywords**: CERES function, Competition, Seed size, Seed quality, Temperature during Pollination.

* Corresponding author E-mail: mzavareh@guilan.ac.ir

## مقدمه

مدیریت شرایط محیطی از جمله مهم‌ترین راهکارهای کنترل و بهبود کمی و کیفی تولید گیاهان زراعی است که از راه تغییر شاخص‌های تعیین‌کنندهٔ عملکرد اعمال می‌شود (Mwakangwale, 2003; Tsimba,*et al*., 2013). برای نمونه، دمای بالا همراه با رطوبت نسبی پایین در زمان گرده‌افشانی، می‌تواند تعیین‌کنندهٔ شمار تخمک تلقیح یافته یا بیشترین شمار بذر تولیدی از هر بوته باشد (Kumudini *et al*., 2014) و از این راه بر تولید بذر گیاهان اثر بگذارد (Choukan, 2004). سقط تخمک بارورشده به دلیل دمای زیاد در هنگام تلقیح (Cirilo and Andrade, 1994) نیز از جمله عامل‌هایی به‌شمار می‌آید که تولید و کیفیت-های تجاری بذر را متأثر می‌سازد. شکل و اندازهٔ تجاری بذر[1] ذرت، از جمله ویژگی‌های مهمی است که افزون بر عامل‌های محیطی، تحت تأثیر عامل‌هایی مانند ویژگی‌های والدین خویش‌آمیخته (اینبرد) و شرایط رشد و نمو بذر- به‌ویژه در دورهٔ تلقیح و پر شدن- نیز قرارگرفته و درنهایت بر سودمندی تجاری بذر تولیدی اثر می‌گذارد (Elmore & Abenodrth, 2005). بذر ذرت از نظر شکل و اندازه در شش گروه گرد درشت، پهن درشت، گرد متوسط، پهن متوسط، گرد ریز و پهن ریز درجه‌بندی شده است (Wych,1988). با این حال، در طول فرایند فرآوری بذر[1] این گیاه، تنها دو گروه گرد و پهن جداسازی می‌شوند که در این میان، دو اندازهٔ پهن متوسط و پهن درشت از نظر آسانگری کشت و یکنواختی سبز برتری دارند (Popp; 2003; Smith & Betrán, 2004). پاره‌ای پژوهش‌ها نشان داده‌اند، اندازهٔ بذر بر سرعت استقرار یا شمار روز تا رسیدن به ۵۰درصد سبز گیاهچه تأثیر می‌گذارد (Enayatgholizadeh, 2012) به عبارتی، با افزایش اندازهٔ بذر، جوانه‌زنی یکنواخت‌تر می‌شود. افزون بر این، دیده‌شده که بذرهای پهن ذرت نسبت به گرد و بذرهای درشت نسبت به بذرهای ریز از نظر جوانه‌زنی و سبز شدن به‌ویژه در شرایط سرد یا خاک‌های سله‌دار برتری دارند (Popp, 2003; Hamidi *et al*., 2005; Matthews, 2006; Shirin *et al*., 2008). این دلایل تولیدکنندگان بذر را بر آن داشته است که بذر ذرت را از نظر اندازه و شکل درجه‌بندی و عرضه کنند. بنابراین، بهینه‌سازی شرایط محیطی، زراعی و مدیریتی برای بیشینه کردن عملکرد و شمار بذر و افزایش نسبت اندازه و شکل بذر پهن در تودهٔ بذر تولیدی، به مفهوم تولید بذر مرغوب‌تر است. شکل بذر ذرت در درجهٔ نخست به محل قرار گرفتن آن روی چوب بلال وابسته است. به‌طورمعمول بذرهای گرد درشت در ناحیهٔ پایین بلال، بذرهای پهن در ناحیهٔ میانی و بذرهای گرد ریز در نوک بلال شکل می‌گیرند (Smith & Betrán, 2004; Enayatgholizadeh, 2012) ولی در صورت پایین بودن درصد تلقیح و وجود فضای مناسب و مواد نورساختی (فتوسنتزی) کافی برای بذرها، شکل و اندازهٔ آن‌ها دستخوش تغییرهایی می‌شود که ممکن است برای تولید-کننده و مصرف‌کنندهٔ بذر مطلوب نباشد. در حدود ۷۵ درصد بذرهای یک بلال را بذرهای پهن در اندازه‌های درشت و متوسط تشکیل می‌دهد و این شکل و اندازهٔ بذر به‌طور سنتی مورد پذیرش صنعت بذر ذرت قرار گرفته است (Smith & Betrán, 2004). شمار بذر در بوته، صفت انعطاف‌پذیری است که تابع منابع موجود (رابطهٔ ۱) و ثبات نسبی وزن بذر (رابطهٔ ۲) است (Echart *et al*., 2000).

$$SNo = \frac{R}{SW} \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

$$SNo = \frac{R}{k} \qquad \text{رابطهٔ ۲}$$

که در آن‌ها $SNo$، شمار بذر، $SW$، وزن بذر، $R$، سرعت رشد در زمان گلدهی و $k$، ضریب تخصیص پایهٔ مادری است که Echart *et al*. (2000) شمار آن را در تراکم کشت ۳ تا ۱۸ بوته در مترمربع ۸/۲ میلی‌گرم تعیین کرده‌اند .مشاهده شده است، تاریخ کاشت برشمار ردیف بذر در بلال، شمار بذر در ردیف و وزن هزار بذر رگهٔ (لاین) مادری دورگ (هیبرید) سینگل‌کراس ۷۰۴ تأثیر داشته است (Estakhr & Choukan, 2005). درکشت دیرهنگام، وزن بذر و عملکرد ذرت به دلیل همزمانی دورهٔ پر شدن با دمای پایین‌تر از نیاز پایه رشد و توقف انتقال مواد، کاهش یافته است (Wilhelm *et al*., 1999). در دماهای بیشتر از حد بحرانی در دورهٔ گرده‌افشانی و پر شدن دانه (۳۵°c)، سرعت پر شدن بذر کاهش پیدا می‌کند و دمای بالاتر از ۴۰ تا ۴۵°c، منجر به کاهش اندازهٔ بذر و عملکرد می‌شود

1. Commercial Seed Size
1. Seed size

(Karsson & Orlander,2002). درحالی‌که دمای بهینهٔ رشد باعث افزایش طول دورهٔ پر شدن دانه و بزرگ‌تر شدن اندازهٔ بذرها می‌شود (Valentinuz & Tollenar, 2004). در کنار این‌ها، عملکرد و اجزاء عملکرد یک بوته ذرت، تحت تأثیر رقابت بوته‌های کناری هم قرار می‌گیرد به‌طوری‌که افزایش زیاد تراکم می‌تواند به ناباروری (عقیمی) گل‌ها (Harper, 1977)، ریزش (سقط) دانه در انتهای بلال و کاهش شمار دانه در بوته (Saberi, *et al*.,2009; Hashemi-Dezfuli & Herbert, 1992) نیز منجر شود. این آزمایش باهدف بررسی تغییرپذیری کیفیت‌های زراعی و تجاری بذر ذرت دورگ ذرت تحت تأثیر دماهای مختلف تشکیل بذر ناشی از تاریخ کشت و رقابت ناشی از تراکم بوتهٔ مادری، طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعهٔ پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال واقع در کرج (طول جغرافیایی ۳۵درجه و ۴۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه و ارتفاع ۱۲۹۳ متر از سطح دریا) در قطعه‌ای با وسعت ۰/۹ هکتار که به مدت ۲ سال زراعی زیر کشت ذرت نبود، انجام شد. جدول ۱ ویژگی‌های خاک مزرعهٔ آزمایشی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ خاک محل اجرای آزمایش به‌دست‌آمده از نمونهٔ برداشته‌شده از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک.

Table 1. Soil analysis results for 0 to 30 cm depth of experimental field

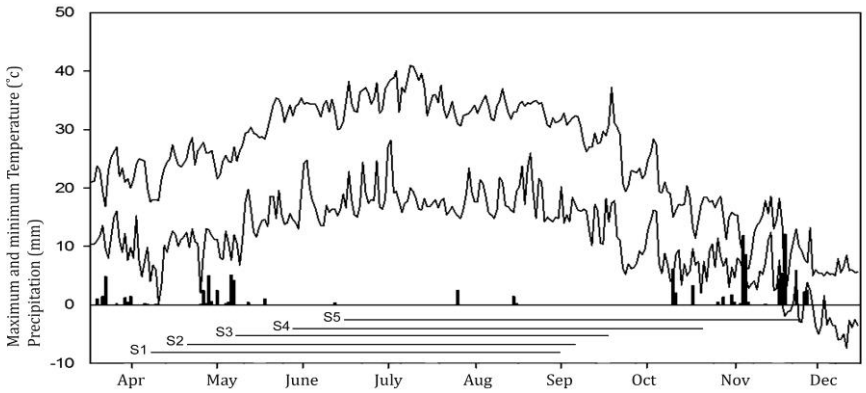
| Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | Soil Texture | P (ppm) | K (ppm) | Total N (%) | Organic C (%) | pH | EC (ds/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 42 | 34 | Loam | 20.3 | 279.4 | 0.12 | 1.22 | 8 | 2.52 |

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار اجرا شد. پنج تاریخ کاشت (دوم اردیبهشت، ۱۵ اردیبهشت، اول خرداد، ۲۲خرداد و هشتم تیرماه) در کرت‌های اصلی و پنج تراکم بوته (۳۵، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت شامل ۱۸ردیف کشت ۵ متری با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر به‌صورت شرقی- غربی بود و نسبت ردیف‌های والد پدری (رگهٔ MO۱۷) به والد مادری (رگهٔ B۷۳) دوبه‌چهار رعایت شد. برای بهبود گرده‌افشانی دو ردیف رگه پدری در دو زمان متفاوت جوانه‌زنی بذر مادری زیر خاک و خروج گیاهچهٔ مادری از خاک کشت شدند. اطلاعات هواشناسی (نمودار ۱) از ایستگاه همدید (سینوپتیک) دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران گرفته شد. برای برآورد زمان دمایی رخداد مراحل مختلف پدیدشناختی (فنولوژیک)، از درجهٔ روز رشد استفاده شد که برای محاسبهٔ آن، دقت پنج تابع مختلف رایج در محاسبهٔ درجهٔ روز رشد شامل $GDD_{10,30}$، CERES، CHU، APSIM و MAIZSIM بررسی شد (Kumudini *et al*., 2014). از میان تابع‌های مورد بررسی، تابع دمایی CERES که بیشترین دقت را داشت (Rahmani *et al*., unpublished data) انتخاب و محاسبات درجهٔ روز رشد روزانه و تجمعی در دوره‌های مختلف رشد، با استفاده از این تابع انجام شد. برای این کار با استفاده از تابع سینوسی، دماهای ساعتی روزانه محاسبه و درجهٔ روز رشد روزانه بر پایهٔ میانگین دمای ساعتی برآورد شد. در این تابع دمای کمینه یا پایه (Tbase)، دمای بهینهٔ رشد (Topt) و دمای بیشینه یا سقف رشد (Tceil) به ترتیب ۸°C، ۳۴°C و ۴۴°C در نظر گرفته شدند (Kumudini *et al*., 2014). ازآنجاکه تاریخ کشت تأثیر خود را بر عملکرد از راه فراسنجه (پارامتر)هایی مانند میانگین دمای روزانه، بیشینه و بهینهٔ بیشینهٔ دما در هنگام گلدهی و پر شدن دانه می‌گذارد، پنج متغیر دمایی شامل میانگین دما از سبز تا تاسل‌دهی، دمای بیشینه و رکورد دما در دورهٔ گرده‌افشانی، میانگین درجهٔ روز رشد تا زمان ظهور تاسل و درجهٔ روز رشد روزانه در دورهٔ زایشی برای تفسیر تغییرپذیری‌ها در اندازه و شکل بذر محاسبه و بررسی شدند (جدول ۲).

عملکرد، اجزای عملکرد، اندازهٔ بذر[1] (درشتی و شکل تجاری بذر)، با بلال چینی دو ردیف وسط از الگوی کشت میانی برآورد شد. بلال‌ها در دمای ۳۴°C تا رطوبت ۱۴درصد خشک شدند. بذرها به‌وسیلهٔ دستگاه بوجار

1. Seed size

آزمایشگاهی (مدل Westrup LA-LS، ساخت دانمارک) بوجاری و درجه‌بندی شدند. در این فرایند از غربال‌های ۵/۵ چاکدار، ۷ گرد و ۶ گرد استفاده شد. مقدار و درصد وزنی بذرهای پهن بزرگ، گرد درشت و پهن متوسط و گرد ریز یا افت بذر (که زیر اندازهٔ تجاری شناخته می‌شوند) اندازه‌گیری شد.




نمودار ۱. دماهای بیشینه (منحنی بالایی) و کمینه (منحنی پایینی) و بارندگی روزانه (نمودارهای ستونی) در طول دورهٔ رشد در سال ۱۳۹۲ در کرج و محدودهٔ دورهٔ رشد در هر یک از تاریخ‌های کشت پنجگانهٔ آزمایش (خط‌های افقی زیر نمودار: S1: تاریخ کشت اول، S2: تاریخ کشت دوم، S3: تاریخ کشت سوم، S4: تاریخ کشت چهارم، S5: تاریخ کشت پنجم).

Fig 1. Maximum (upper graph) and minimum temperatures (lower graph) and daily precipitation (column chart) during 2013 cropping season of Karaj and the growing period of each of five sowing dates (horizontal lines: S1; 1st , S2; 2nd, S3; 3rd , S4; 4th and S5: 5th sowing date)

جدول ۲. میانگین و رکورد دماهای حیاتی و میانگین درجهٔ روز رشد دوره‌های رشد رویشی و زایشی هر تاریخ کشت.

Table 2. Mean and maximum crucial temperatures and mean growth degree day of vegetative and reproductive stages at each sowing date or temperature condition.

| Temperature | Sowing date | Tavr(veg) | Tmax(VT-R2) | GDD(veg) | GDD(VT) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 (38°C) | 21 April | 23 | 38 (41) | 12 | 14 |
| T2 (34°C) | 4 May | 25 | 34 (37) | 13 | 14 |
| T3 (34°C) | 21 May | 26 | 34 (37) | 14 | 13.4 |
| T4(33°C) | 11 June | 26 | 33 (36) | 14 | 10 |
| T5 (33°C) | 28 June | 27 | 33 (35) | 14 | 7 |

Tavr(veg): میانگین دما در دورهٔ رشد رویشی، Tmax(VT-R2): بیشترین دما در دورهٔ گرده‌افشانی، GDD(veg): درجهٔ روز رشد روزانه در دورهٔ رشد رویشی، GDD(VT): درجهٔ روز رشد روزانه در ‘گل‌دهی، T1-T5 شرایط دمایی هر یک از تاریخ‌های کشت است.

Tavr(veg): mean temperature during vegetative phase, Tmax(VT-R2): maximum temperature during pollination, GDD(veg): Growth degree day during vegetative phase, GDD(VT): Growth degree day during anthesis, T1-T5: temperature situation in each PD.

درصد جوانه‌زنی توده‌های بذری مورد بررسی با روش استاندارد انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ایستا)[1] برای ذرت آزمایش شد. بذرها به روش بین کاغذ رول به‌صورت دو ردیف ۲۵ عددی با چهار تکرار در اتاق رشد (فیتوترون) با دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و دورهٔ نوری ۱۶ ساعت نور، ۸ ساعت تاریکی کشت شدند و شمارش جوانه‌زنی نهایی گیاهچه‌های عادی در روز هفتم انجام گرفت ( ISTA, 2012). داده‌های آزمایش با استفاده از رویه‌های مختلف نرم‌افزار SAS (نسخهٔ ۹/۰) تجزیه شدند. .نمودارها با نرم‌افزار Excel (نسخهٔ ۲۰۱۰) رسم شدند. تجزیهٔ رگرسیون و برازش‌ها با نرم‌افزار SigmaPlot (نسخهٔ۲۰۱۱) انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد

ازآنجاکه بذرهای دورگ گیاهان زراعی از جمله ذرت بر پایهٔ وزن یا شمار مشخص بذر بسته‌بندی و به بازار عرضه می-

1. International Seed Testing Association (ISTA)

شوند (Choukan, 2012)، برای تولیدکنندهٔ بذر، برداشت شمار بذر بیشتر در واحد سطح به‌اندازهٔ وزن بذر دورگ تولیدشده در واحد سطح یا عملکرد بذر اهمیت دارد. یافته‌های این آزمایش نشان داد، عملکرد بذر در تاریخ‌های مختلف کشت، به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد، کمترین عملکرد بذر (۳۵۶۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت دوم اردیبهشت تولید شد (جدول ۴). عملکرد بذر در دیگر تاریخ‌های کشت تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴). نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول۳) همچنین نشان داد، تراکم بوته و به‌بیان‌دیگر، رقابت بین بوته‌ای، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد داشته است. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد، با افزایش تراکم از ۳۵ به ۷۰ هزار بوته در هکتار عملکرد زیاد شده است. بیشترین عملکرد از تراکم ۷۰هزار بوته در هکتار (۵۶۵۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۴). در این آزمایش، برهمکنش تاریخ کشت و تراکم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بذرها نداشت (جدول ۳). با توجه به اینکه ذرت از جمله گیاهان زراعی است که به رقابت بسیار واکنش نشان می‌دهد، برای هر هدف تولیدی (دانه، سیلو یا بذر) باید تراکم مناسب آن را تأمین کرد (Sangoi, 2001, Farnham, 2001, Sarlangue *et al*., 2007). در آزمایشی روی شش رقم ذرت از گروه‌های رسیدگی مختلف مشاهده گردید، بهترین عملکرد هر رقم دورگ ذرت در تراکم خاصی به دست می‌آید (Farnham, 2001). آزمایش‌های مختلف نشان داده‌اند، هرچند عملکرد ذرت با افزایش تراکم افزایش پیدا می‌کند اما ممکن است در تراکم بالا با کاهش گلچه‌های بارور همراه باشد (Sangoi, 2001, Dahmardeh, 2011). بنابراین، تراکم بین ۳۰ تا ۹۰ هزار بوته با در نظر گرفتن هدف‌های تولید توصیه شده است.

**شمار بذر**

در این آزمایش، شمار بذر تولیدشده در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کشت، تراکم و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). تأثیر تراکم بوته برشمار بذر در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تراکم بوته، شمار بذر در واحد سطح افزایش و از شمار بذر در بوته کاسته شد (جدول ۴). برهمکنش تاریخ کشت و تراکم بوته برشمار بذر در بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج یک پژوهش بر روی رگه مادری دورگ سینگل‌کراس ۷۰۴ نشان داده است که تاریخ کاشت بر شمار ردیف بذر در بلال تأثیر داشته است (Estakhr, A. and Choukan, R. 2005). در تاریخ کشت دوم اردیبهشت، دورهٔ گرده‌افشانی همزمان با بیشینه دمای روزانه $38^{oC}$ بوده و دماهای بالاتر تا $41^{oC}$ نیز به‌طور پیاپی رخ داده است (جدول ۲). این در حالی است که، تلقیح در ذرت به دماهای بالاتر از $34^{oC}$ حساس است (Cirilo and Andrade, 1994; Choukan, 2004). با مرور نتایج تحقیقات مختلف درزمینهٔ دماهای آستانه‌ای ذرت اعلام شده است که دمای بالاتر از ۳۵ درجهٔ سلسیوس برای دانه‌های گردهٔ ذرت کُشنده بوده و باعث کاهش تشکیل دانه می‌شود (Luo, Q. 2011). بیشینه دمای روزانه در دیگر تاریخ‌های کشت ۳۳ تا $34^{oC}$ بود (جدول ۲). از این‌رو می‌توان گفت، با توجه به اینکه وزن هزار بذر در تاریخ‌های کشت مختلف، تفاوت نداشته است (جدول۳)، افت عملکرد در تاریخ کشت دوم اردیبهشت، ناشی از کاهش شمار بذر در بوته به دلیل همزمانی تلقیح با دمای بالاتر از سقف دمای گرده‌افشانی بوده است. محققان در نتایج گزارش‌های دیگر نیز مشاهده کردند، دمای بالاتر از $34^{oC}$ باعث سقط‌جنین‌های تشکیل‌شده روی بلال و کاهش شمار دانه در ردیف (Cirilo & Andrade, 1994,) و کاهش عملکرد شده است (Hallauer & Marcelo, 2009). از سویی با کاهش تدریجی دمای دورهٔ گرده‌افشانی از تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت تا هشت تیرماه، شمار بذر در بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). در نتایج آزمایشی روی دو رقم ذرت زودرس در تاریخ‌های کشت مختلف مشاهده شده است که همزمان شدن دورهٔ گرده‌افشانی با دمای بالا در عین ثبات شمار ردیف در بلال، باعث کاهش شمار دانه در ردیف و بلال شده است (Naderi *et al*., 2010). در نتایج بررسی تأثیر گرما و خشکی در دورهٔ گرده‌افشانی مشاهده شده که تنش گرمایی در این دوره، شمار دانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر می‌دهد درحالی‌که تنش خشکی چنین تأثیری نداشته است (Plaut *et.al*., 2004).

چنانکه گفته شد، با افزایش تراکم بوته، شمار بذر در واحد سطح افزایش و از شمار بذر در بوته کاسته شده است (جدول۴). برهمکنش تاریخ کشت و تراکم بوته برشمار بذر در بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در تاریخ

کشت اول (شرایط دمایی T۱) این تأثیر معنی‌دار نبود که می‌تواند به دلیل شمار بذر در بوته کمتر و رقابت ناچیز باشد (نمودار **۲،الف**). در مقابل، با کاهش دمای دورهٔ گرده‌افشانی در تاریخ‌های کشت چهارم و پنجم (شرایط دمایی T۴ و T۵)، برهمکنش تراکم بوته و تاریخ کشت تأثیر معنی‌داری برشمار بذر در واحد سطح گذاشت که می‌تواند ناشی از وجود شمار بذر بیشتر در بوته باشد (نمودار ۲، الف). نتایج پژوهش‌های چندی نشان داده است، عملکرد و شمار بذر در واحد سطح با افزایش تراکم بوته افزایش می‌یابد (Sangoi, 2001, Dahmardeh, 2011).

جدول ۳. میانگین مربعات نتایج تجزیهٔ واریانس صفات عملکرد، شمار بذر، وزن هزار بذر، شمار بذر در ردیف و درصد وزنی اندازه‌های بذری

Table 3. Mean square of analysis of variations of yield, seed number, unit seed weight, seed number per row and different seed size and shape composition

| Treatment | df | Mean square | | | | | Mean square of seed size composition | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Yield | Seed/plant | Seed/m$^2$ | Seed/row | Thousand seed wt. | Under size | Medium flat | Large flat | Large round |
| block | 3 | 907134.9$^{**}$ | 20562.5 $^{ns}$ | 586185$^{**}$ | 9.79$^{**}$ | 56.5 $^{ns}$ | 5.27$^{**}$ | 68.43$^{**}$ | 110.20$^{**}$ | 1.00 $^{ns}$ |
| Planting date | 4 | 8523349.3$^{**}$ | 238424$^{**}$ | 4861008$^{**}$ | 52.56$^{**}$ | 112.2 $^{ns}$ | 7.41$^{**}$ | 965.78$^{**}$ | 717.04$^{**}$ | 1562.7$^{**}$ |
| Block × date | 12 | 837244.1 | 14113.3 | 358103$^{**}$ | 3.67 | 176.8 | 4.84 | 79.00 | 38.59 | 33.53 |
| Plant density | 4 | 311498305$^{*}$* | 293643.3$^{**}$ | 1802307$^{**}$ | 12.51$^{**}$ | 1244.9$^{**}$ | 13.89$^{**}$ | 26.50$^{**}$ | 266.03$^{**}$ | 146.18$^{**}$ |
| Date × density | 16 | 211742 $^{ns}$ | 24799.5$^{**}$ | 303610 $^{ns}$ | 1.15 $^{ns}$ | 213.3$^{**}$ | 14.19$^{**}$ | 63.22$^{**}$ | 17.33$^{**}$ | 56.34$^{**}$ |
| CV | - | 7.82 | 10.76 | 12.01 | 4.19 | 3.52 | 24.8 | 8.98 | 8.45 | 11.68 |

** و *ns* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

** and *ns* represent significant difference at 0.01 and non-significant difference, respectively.

## وزن هزار بذر

دمای دورهٔ پر شدن بذر تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار بذر (به‌عنوان معیار میانگین وزن تک بذر) نگذاشت. (2003) . Popp, (2000) Echart *et al*. نیز با توجه به نتیجه پژوهش‌های خود بر این باورند که میانگین وزن بذر ثبات نسبی دارد رقابت ناشی از تراکم تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار بذر داشت (MS=۱۲۴۴/۹۱ ،p<۰/۰۰۰۱) به‌گونه‌ای که با افزایش رقابت بین بوته‌ای وزن هزار بذر کمتر شد (نمودار **۲،ب**). مقایسهٔ وزن هزار بذر در تراکم‌های مختلف نشان می‌دهد که رقابت بین بوته‌ای عامل ایجاد ۹درصد از تغییرپذیری‌ها در میانگین وزن هزار بذر بوده است. این یافته با گزارش‌هایی که بیشینهٔ این تأثیر را ۱۰درصد اعلام کرده‌اند همخوانی دارد (Harper; 1977).

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثر سادهٔ عملکرد و شمار بذر در ردیف در دماهای مختلف رشد و نمو و تراکم‌های مختلف

Table 4. Simple effects of yield and seed number in different growth temperature and plant density

| Planting date / Temperature condition | Means | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Yield | Seed/m$^2$ | Seed/plant | Seed/row | Germination |
| T1 (38°C) | 3565$^{b}$ | 2352.7$^{a}$ | 472.45$^{d}$ | 29.8$^{d}$ | 98$^{a}$ |
| T2 (34°C) | 4908$^{a}$ | 2926.3$^{b}$ | 586.85$^{c}$ | 33.5$^{a}$ | 98$^{a}$ |
| T3 (34°C) | 5024$^{a}$ | 2018.9$^{c}$ | 618.40$^{c}$ | 32.4$^{b}$ | 97$^{b}$ |
| T4 (33°C) | 5028$^{a}$ | 3648.9$^{c}$ | 759.15$^{a}$ | 32.9$^{ab}$ | 97$^{b}$ |
| T5 (33°C) | 5105$^{a}$ | 3352.5$^{d}$ | 695.20$^{b}$ | 31.5$^{c}$ | 95$^{c}$ |
| LSD | 233.97 | 232.29 | 42.65 | 0.85 | 0.42 |
| 35000 plant/ha | 3739$^{e}$ | 2658.6$^{c}$ | 759.60$^{a}$ | 32.85$^{a}$ | 97$^{a}$ |
| 40000 plant/ha | 4232$^{d}$ | 2979.0$^{b}$ | 744.90$^{a}$ | 32.00$^{ab}$ | 97$^{a}$ |
| 50000 plant/ha | 4810$^{c}$ | 3012.7$^{b}$ | 602.45$^{b}$ | 32.20$^{c}$ | 97$^{ab}$ |
| 60000 plant/ha | 5194$^{b}$ | 3165.6$^{b}$ | 527.50$^{c}$ | 31.25$^{b}$ | 96.8$^{ab}$ |
| 70000 plant/ha | 5651$^{a}$ | 3483.5$^{a}$ | 497.60$^{c}$ | 30.85$^{a}$ | 96.5$^{b}$ |
| LSD | 233.97 | 232.29 | 42.65 | 0.85 | 0.42 |

میانگین‌های با حرف‌های همسان در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند

Means followed by the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level.

**ترکیب اندازه و شکل بذر**

درجه‌بندی بذر[1] ذرت از نظر اندازه و شکل از فرایندهای ضروری برای عرضهٔ تجاری بذر در جهان است. وضعیت مطلوب برای تولیدکنندهٔ بذر تجاری، برداشت بیشترین میزان بذر در اندازه و شکل پهن متوسط و پهن درشت است (Smithand *et al*, 2004). در این بررسی مشاهده شده است که در تاریخ کاشت دوم اردیبهشت (T1) که دورهٔ گرده‌افشانی آن با گرمای ۳۴ تا $^{o}$C ۴۱ همزمان شد (جدول۲)، نسبت بذرهای گرد درشت به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تاریخ‌های کاشت بود و این افزایش همراه با کاهش نسبت بذرهای پهن درشت بود (نمودار۲،**ج**). تمایز در اندازه و شکل بذر نتیجهٔ موقعیت قرار گرفتن بذر و فراوانی بذر در هر بخش از بلال است که تحت تأثیر شرایط اقلیمی نمو بذر به‌ویژه شرایط دمایی قرار می‌گیرد ( Plaut *et al*., 2004). در گزارش نتایج بررسی تأثیر زمان گرده‌افشانی بر دانه‌بندی ذرت اعلام داشتند، با کاهش میزان گردهٔ زنده در تنش دمای بالا و شمار دانهٔ تلقیح‌شده در بلال و انتقال مواد نورساختی به‌طورعمده به دانه‌های پایین بلال محدود می‌شود (Cárcova and Otegui, 2001) این دانه‌ها به‌طور عمده شکل گرد درشت را تشکیل می‌دهند (Smithand *et al*., 2004). به‌این ترتیب، نسبت بذر گرد درشت تولیدشده در تودهٔ بذری به‌دست‌آمده بیشتر خواهد شد. درعین‌حال، در همین شرایط دمایی، تراکم باعث کاهش نسبت بذرهای گرد درشت و افزایش بذرهای پهن درشت شد (نمودار ۲، **ج**–**د**). بررسی روابط رگرسیونی میان نسبت وزنی اندازه‌های بذری در شرایط دمایی دورهٔ پر شدن بذر نشان داد، با کاهش دما به پایین‌تر از $^{o}$C ۱۳ طی دورهٔ پر شدن بذر (جدول۲)، نسبت وزنی بذرهای اندازهٔ گرد درشت کاهش یافت و نسبت وزنی بذرهای با اندازهٔ پهن متوسط زیاد شد (نمودار ۳-**ب**). در نتایج بررسی‌های می‌یابد (Cárcova and Otegui, 2001) گزارش گردید، با کاهش دمای انتهای فصل تخصیص مواد به بذرهای نوک بلال (محل بذرهای گرد درشت) کاهش و درنتیجه شمار بذر کمتری در انتهای بالایی بلال تشکیل و پر می‌شود. در چنین شرایطی با اختصاص فضای بیشتر به رشد بذر در قسمت میانی بلال نسبت بذرهای پهن متوسط افزایش می‌یابد. بر پایهٔ مدل Charles-Edwards (1984) هر مخزن در حال نمو نیاز به جذب کمترین مواد نورساختی دارد و در کمتر از آن مخزن حذف خواهد شد با کاهش زمان انتقال مواد به بذرهای ابتدای بلال، وزن بذرها در این ناحیه کاهش می‌یابد (Egli, 1998; Echarte *et. al*., 2000).

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، نسبت بذرهای پهن (دو اندازهٔ درشت و متوسط) در بوته در تاریخ‌های کشت دوم تا پنجم که شرایط دمایی (T۲ تا T۵) برای تلقیح و تشکیل بذر مطلوب‌تر بوده است، به‌طور میانگین ۷۳/۶ درصد بوده است. در نتایج بررسی‌های Smith et al., (2004) بیان شده است، در این شرایط بذرهای پهن می‌تواند در حدود ۷۵درصد از بذرهای یک بلال را تشکیل دهد. افزون بر این مشاهده شد، کاهش دمای دورهٔ گرده‌افشانی به میزان ۱ درجه از $^{o}$C ۳۴ در T۲ و T۳ به $^{o}$C ۳۳ در T۴ و T۵ نسبت بذرهای پهن را از ۷۱درصد به ۷۶درصد افزایش داد. درحالی‌که افزایش دما از $^{o}$C ۳۴ به $^{o}$C ۳۸ در زمان تلقیح تاریخ کشت دوم اردیبهشت (شرایط دمایی T۱) نسبت بذرهای پهن را تا ۱۶ درصد کاهش داد. برازش تابع رگرسیونی تأثیر دمای دورهٔ تلقیح بر نسبت بذرهای پهن (رابطهٔ ۳) نشان داد که هر ۱ درجهٔ سلسیوس افزایش دما از $^{o}$C ۳۴ می‌تواند سهم بذرهای پهن در تودهٔ بذری را حدود ۳/۸±۰/۳ افزایش یا کاهش دهد (نمودار ۳-الف).

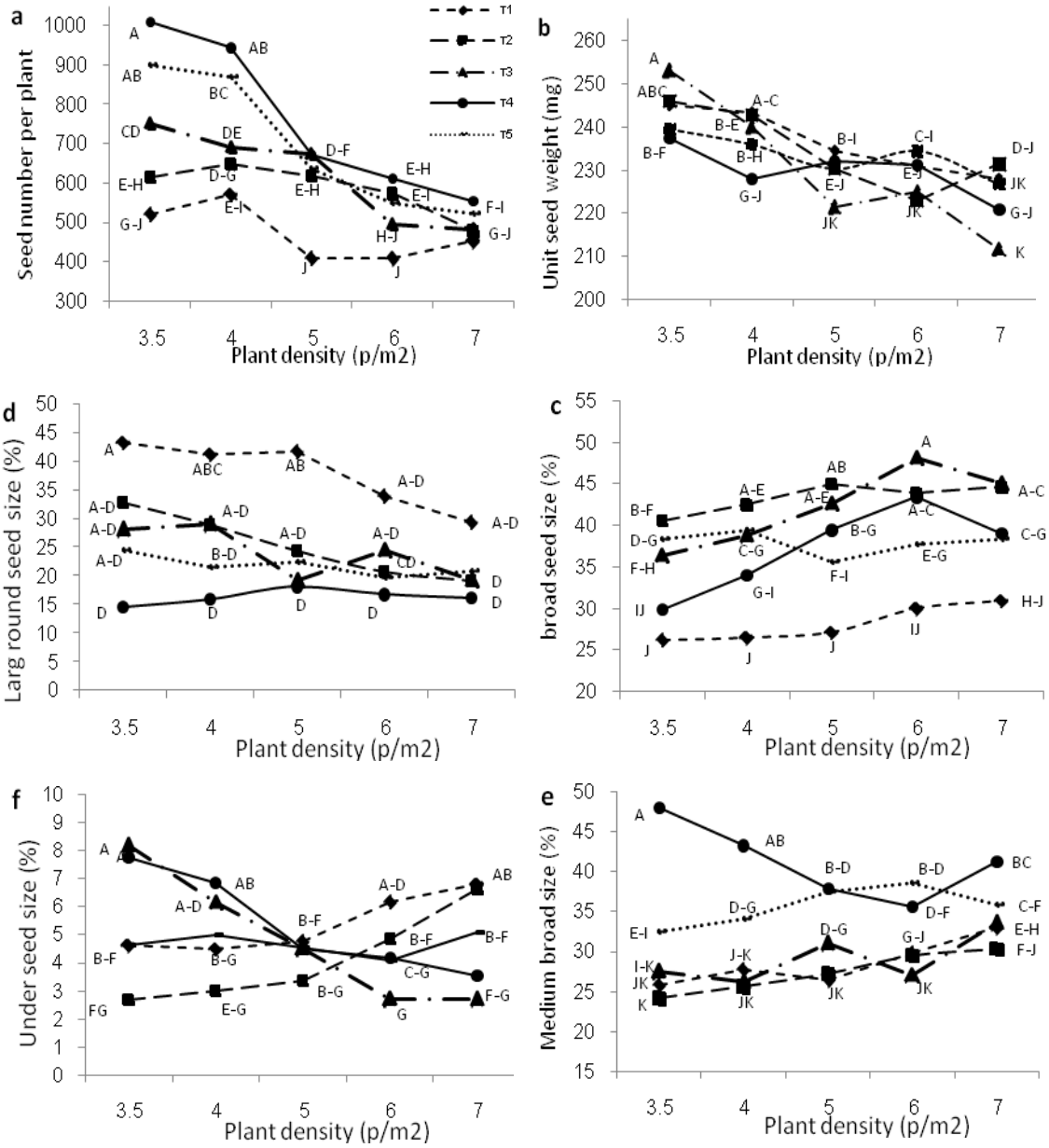
$$FS(\%) = 201 - 3.8 \times T(VT - R2)_{max}$$ رابطهٔ ۳

در این رابطه FS؛ درصد بذر پهن در تودهٔ بذری و T max (VT-R2)؛ بیشینهٔ دما در دورهٔ گرده‌افشانی است.

درصد افت بذر (بذرهای گرد ریز) در همهٔ تاریخ‌های کشت، به‌جز تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت، یکسان و بذرهای گرد ریز به‌طور میانگین در حدود ۵درصد وزن تودهٔ بذر را تشکیل دادند (نمودار ۲، **ی**). بررسی تأثیر تراکم بر نسبت وزنی اندازه‌های تجاری بذر نشان داد، با افزایش رقابت بین بوته‌ای، نسبت وزنی بذرهای گرد درشت و متوسط کاهش یافته و در مقابل نسبت بذرهای با اندازهٔ پهن درشت افزایش پیدا کرده است (نمودار ۲، **ج**–**د**). بیشترین نسبت بذرهای پهن (اندازه‌های درشت و متوسط) و کمترین افت

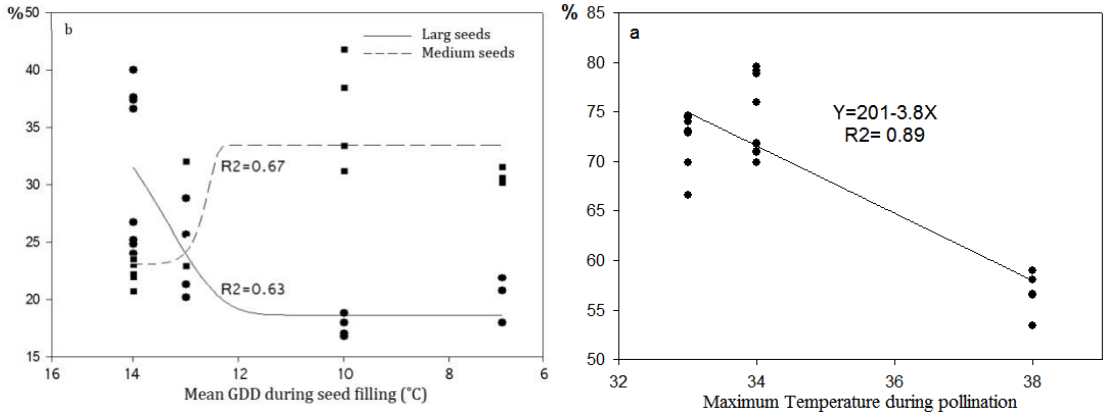
1. Seed Grading

بذر از تراکم بوته ۶۰ و ۷۰ هزار بوته به ترتیب با میانگین ۷۴/۵، ۷۲/۷، ۴/۸ و ۴/۳درصد به دست آمد. تأثیر تراکم بوته بر درصد افت بذر در تاریخ‌های کشت دوم و ۱۵اردیبهشت، معنی‌دار بود (نمودار ۲،ی). برخی بررسی‌های تأثیر برهمکنش تراکم بوته و تاریخ کشت را بر افزایش افت بذر گیاهان زراعی گزارش کرده‌اند (Sadras, 2007).




نمودار ۲. اثر متقابل تیمارهای دمایی (تاریخ کشت) و رقابت (تراکم بوته) بر نسبت شکل و اندازهٔ بذر ذرت دورگ ۷۰۴ (**a**) شمار بذر در بوته LSD=126.8 ,p=0.01 (**b**) وزن تک بذر (میلی‌گرم) یا وزن هزار بذر (گرم)، LSD=11.62, p=0.01 (**c**) شکل و اندازهٔ بذری پهن درشت)، LSD=5.91,p=0.01 (**d**) نسبت بذرهای گرد درشت، LSD=20.8, p=0.01 (**e**) شکل و اندازهٔ بذری پهن متوسط، LSD=5.49, p=0.01 (**f**) بذرهای زیر اندازهٔ بذری، LSD=2.47, p=0.01 .

Fig 3. Cross effects of temperature (planting date) and competition (plant density) on seed attributes. (a) Seed number per plant (LSD=126.8, p=0.01), (b) Unit seed weight (mg) or thousand seed weight (gr) (LSD=11.62, p=0.01), (c) Large round seed sizes (LSD=20.8, p=0.01), (d) Large flat seeds (LSD=5.91, p=0.01), (e) Medium flat seeds (LSD=5.49, p=0.01), (f) Under size seeds (LSD=2.47, p=0.01).




نمودار ۳. تأثیر افزایش بیشینهٔ دما دورهٔ گرده‌افشانی در دامنهٔ ۳۳ تا ۳۸ درجهٔ سلسیوس بر درصد بذرهای پهن (درشت و متوسط) (نمودار a). تأثیر کاهش دمای دورهٔ پر شدن بذر بر تغییر نسبت وزنی بذرهای پهن و گرد بر پایهٔ مدل گامپرتز (نمودار b).

Fig 2. Effect of (a): maximum temperature during seed filling between 33 °C to 38 °C on flat seed sizes content (large and medium) and (b): Mean GDD during seed filling period on large and medium seed size content. The best fitted curve was Gompertz.

**درصد جوانه‌زنی و رابطهٔ آن با اندازه و شکل بذر**

مشاهده شده است، میزان جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته های ذرت رشد یافته در تاریخ‌های کشت مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشته‌اند (MS=۱۳/۰۸ ،p<۰/۰۰۰۱). ولی رقابت بین بوته‌ای ناشی از تراکم، تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذر نگذاشت (MS=۱/۴۷ ،p<۰/۰۱۵). در نتایج بررسی‌های (Galloway, 2001) اظهار شده است، با افزایش میزان تابش دریافتی، درصد جوانه‌زنی بذرهای حاصل از گیاه مادری کاسته می‌شود. تأثیر عامل‌های محیطی بر جوانه‌زنی و قدرت بذر از طریق تغییر در نسبت پوسته، سختی بذر و طول دورهٔ رسیدگی بذر رخ می‌دهد (Finch-Savage, 2013). نتایج نشان می‌دهد، بذرهای تولیدشده در تاریخ‌های کشت اول و دوم که طول روز و ساعت‌های آفتابی کمتر بوده است، میزان قوهٔ نامیهٔ بالاتری نسبت به آخرین تاریخ کشت داشتند (جدول ۴). بررسی همبستگی نشان می‌دهد، میان درصد جوانه‌زنی تودهٔ بذر با نسبت اندازه‌های بذر گرد درشت همبستگی مستقیم (r=0.4, p=0.03) و با نسبت بذر اندازهٔ متوسط همبستگی معکوس (r= -0.4, p=0.047) و معنی‌داری داشته است. محققان در نتایج برخی پژوهش‌های خود گزارش کرده‌اند، درصد جوانه‌زنی و سبز مزرعه در بذر پهن نسبت به گرد و بذر درشت نسبت به بذر ریز بیشتر است (Shirin *et al.*, 2008; Matthews, 2006; Hamidi *et al.*, 2005; Popp; 2003). برخی نیز بر این باورند اندازهٔ بذر تنها بر سرعت استقرار یا شمار روز تا رسیدن به ۵۰درصد سبز گیاهچه تأثیر می‌گذارد و از نظر درصد نهایی جوانه‌زنی تفاوتی مشاهده نمی‌شود (Enayatgholizadeh, 2012).

## نتیجه‌گیری کلی

درجه‌بندی بذر از نظر شکل و اندازه به دلیل تأثیر آن در میزان موفقیت زراعت ذرت اهمیت دارد. بذرهای پهن درشت و پهن متوسط مطلوب‌ترین اندازه و شکل بذر ذرت دورگ از نظر تجاری و زراعی هستند. شمار بذر در واحد سطح نیز به‌اندازهٔ عملکرد بذر ذرت به‌دست‌آمده از مزرعه تولید بذر دورگ به لحاظ عرضهٔ تجاری اهمیت دارد. از این‌رو، لازم است تولیدکنندهٔ بذر بتواند شمار، عملکرد و اندازه و شکل بذر را با مدیریت‌های زراعی کنترل کند. بنا بر نتایج این پژوهش دمای دورهٔ گرده‌افشانی و پر شدن بذر، بر نسبت شکل و اندازهٔ بذر ذرت نقش مؤثری ایفاء کرده است. دمای بالاتر از $^{oC}$۳۴ در فرایند دورهٔ گرده‌افشانی باعث کاهش شمار بذر در بوته شد و احتمال دارد به همین دلیل، موجب شود که نسبت بذرهای گرد درشت در تودهٔ بذر دورگ به‌دست‌آمده افزایش یابد. در مقابل نسبت بذرهای پهن درشت تودهٔ بذری در این شرایط دمایی کاسته شد. با کاهش درجهٔ روز رشد دریافتی روزانه در دورهٔ گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به پایین‌تر از $^{oC}$۱۳، نسبت وزنی بذرهای گرد افت کرد و نسبت بذرهای پهن متوسط افزایش یافت. با افزایش رقابت بین بوته‌ای، نسبت وزنی بذرهای

گرد کاهش و نسبت بذرهای پهن درشت افزایش یافت. برای به دست آوردن بیشترین مقدار بذر پهن بهتر است زمان کشت را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که دورهٔ گرده‌افشانی رگه‌های ذرت ۷۰۴ با دمای کمتر از $^{o}C$ ۳۴ همزمان شود. به نظر می‌رسد به ازای افزایش هر ۱ درجهٔ سلسیوس دمای دورهٔ گرده‌افشانی از $^{o}C$ ۳۴، نسبت بذرهای پهن در تودهٔ بذر دورگ به‌دست‌آمده از رگه‌های مادری ذرت ۷۰۴ در حدود ۳/۸ درصد کاهش یا افزایش یابد. بیشترین نسبت بذرهای پهن از تراکم بوته ۶۰ و ۷۰هزار بوته در هکتار به دست آمد.

**REFERENCES**


1. Andrade, F. H., Sadras, V. O., Vega, C. R. C. & Echarte, L. (2005). Physiological determinants of crop growth and yield in maize, sunflower and soybean: their application to crop management, modeling and breeding. *Journal of Crop Improvement* 14, 51-101.
2. Carcova, J. & Otegui, M. E. (2001). Ear temperature and pollination timing effects on maize kernel set. *Crop Science*, *41*(6), 1809-1815.
3. Cirilo, A. G. & Andrade, F. H. (1994). Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science* 34, 1039-1043.
4. Dahmardeh, M. (2011). Effect of plant density and nitrogen rate on PAR absorption and maize yield. *Am. Journal of Plant Physiology*, *6*, 44-49.
5. Charles-Edwards, D.A. 1984. On the ordered development of plants. *1. An hypothesis*. Annual.Botany. (London) 53:699–707.
6. Choukan, R. (2004) *Corn seed production*. AREO press. First ed. (In Farsi).
7. Choukan, R. (2012) *Maize and maize properties*. AREO press. First ed. (In Farsi).
8. Echarte, L., Luque, S., Andrade, F., Sadras, V., Cirilo, A., Otegui, M., and Vega, C. (2000). Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Research*. 68, 1-8.
9. Egli, Dennis B. (1998) *Seed biology and the yield of grain crops*. CAB international.
10. EnayatGholizadeh, M., Bakhshandeh, A., Shoar, M. D., Ghaineh, M., Saeid, K. A. & Sharafizadeh, M. (2012). Effect of source and seed size on yield component of corn S. C704 in Khuzestan. *African Journal of Biotechnology*. 11, 2938-2944.
11. Elmore, R. and L. Abendroth, 2005. Do corn kernel size and shape really matter? *Crop Watch Newsletter*, University of Nebraska-Lincoln.
12. Estakhr, A. & Choukan, R., (2005) Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars provience. *Seed and Plant Production Journal*. 22 (2), 167-185 (In Farsi).
13. Farnham, D. E. (2001). Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*, *93*(5), 1049-1053.
14. Finch-Savage, B. (2013). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy JD Bewley, KJ Bradford, HWM Hilhorst H. Nonogaki. 392 pp. Springer, New York–Heidelberg–Dordrecht–London 2013 978-1-4614-4692-7. *Seed Science Research*, *23*(04), 289-289.
15. Hallauer, Arnel R., and Marcelo J. Carena. "Maize." (2009) *Cereals*. Springer US,. 3-98.
16. Hamidi, A., Rezazadeh J., and Asgari, V. 2005. Study on relationship of hybrid maize (*Zea mays* L. Cv. SC704) field seedling emergence and some related laboratorial mesured traits. *Sees and Plant.* 21:213-239 (in Farsi).
17. Harper, J. L. (1977). *Population biology of plant* .London, Academic Press
18. Hashemi-Dezfouli, A. & Herbert, S. (1992). Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*. 84, 547-551.
19. ISTA (2012) International rules for seed testing. internatioal seed testing association. Basserdorf. Switzerland.
20. Karlsson C, Orlander G (2002). Mineral nutrients in needles of *pinus sylvestris* seed trees after release cutting and their correlations with cone production and seed weight. *Forest Ecology. Management*. 166: 183-191.
21. Kumudini, S., Andrade, F., Boote, K., Brown, G., Dzotsi, K., Edmeades, G., Gocken, T., Goodwin, M., Halter, A. & Hammer, G. (2014). Predicting Maize Phenology: Intercomparison of Functions for Developmental Response to Temperature. *Agronomy Journal*. 106, 2087-2097.
22. Luo, Q. (2011). Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*. *109*(3-4), 583-598.
23. Matthews, S. & Khajeh Hosseini, M. (2006). Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*. 34, 339-347.
24. Mwakangwale, M. B. (2003). *Effect of Plant Density on Soybean Seed Yield and Quality*. MSc. Thesis Lincoln University, Canterbury, New Zealand, Lincoln University.
25. Naderi. F., S. A. Siadat and M. Rafiee 2010. Effect of planting date and plant density on grain yield and yield components of two maize hybrids as second crop in Khorram Abad. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (1):31-41(in Farsi)

26. Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S. & Wrigley, C. W. (2004). Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*. *86*(2), 185-198.
27. Popp, J. C. & Brumm, T. J. (2003). The effect of corn seed sizing methods on seed quality. In: *Agricultural and Biosystems Engineering Conference*. 1st July. Las vegas.
28. Saber, A., Feizbakhsh M., Mokhtarpoor, H., Mosavat A. & Askar M., (2009) Effect of plant density and planting pattern on grain yield and yield components in grain maize cv. KSC704. *Seed and Plant Production Journal* 2-26 (2), 123-136 (In Farsi).
29. Sadras, V. O. (2007). Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. *Field Crops Research.* 100, 125-138.
30. Sangoi, Luís. "Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield." (2001) *Ciência Rural* 31.1: 159-168.
31. Sarlangue, T., Andrade, F. H., Calviño, P. A. & Purcell, L. C. (2007). Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density?. *Agronomy Journal*, *99*(4), 984-991.
32. Shirin, M., Enayatgholizadeh, M., Siadat, E. & Fathi, G. (2008). Comparison of suitable seed vigour of hybrid Zea Maize (CV. SC. 704) in the field condition of Ahvaz. 10th congeres of *Agronomy Plant breeding*. Karaj.
33. SigmaPlot12.0 (2011). Systat Software, Inc., San Jose California USA, www.sigmaplot.com."
34. Sprague, G., and Dudley, J. (1990). Corn and Corn Improvement. *Soil Science* 149, 121.
35. Tsimba, R., Edmeades, G. O., Millner, J. P. & Kemp, P. D. (2013). The effect of planting date on maize: Phenology, thermal time durations and growth rates in a cool temperate climate. *Field Crops Research.* 150, 145-155.
36. Valentinuz, O. R. & Tollenaar, M. (2004). Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. *Crop Science* 44, 827-834.
37. Wilhelm, E., Mullen, R., Keeling, P. & Singletary, G. (1999). Heat stress during grain filling in maize: effects on kernel growth and metabolism. *Crop Science* 39, 1733-1741.
38. Wych, R. D., Sprague, G. & Dudley, J. (1988). *Production of hybrid seed corn*. "Corn and corn improvement". Third edition., 565-607.
39. Smith, C. Wayne. & Javier Betrán.( 2004) *Corn: origin, history, technology, and production*. Vol. 4. John Wiley & Sons.