

## ارزیابی عملکرد دانه هیبریدهای ذرت (*Zea mays L.*) تحت محدودیت آب

وحید نصراله زاده اصل<sup>۱</sup>، سجاد محرم نژاد<sup>۲\*</sup>، مهری یوسفی<sup>۱</sup>، علی بنده حق<sup>۳</sup>، لاله ابراهیمی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۸

۱- مری، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، مغان، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: sm.chakherlo@yahoo.com

### چکیده

بروز کمبود آب در مراحل مختلف رشد، اثرات متفاوتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دارد. به منظور بررسی عملکرد دانه و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت در پاسخ به تنش کم آبی، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در چهار تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی مغان اجرا شد. فاکتورها شامل آبیاری در دو سطح بدون تنش و تنش آب قبل گلدهی و هیبریدهای ذرت سینگل کراس ۶۰۰، سینگل کراس ۶۴۰، سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۲۰ و سینگل کراس ۷۴۰ بودند. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تنش کم آبی بر همه صفات بجز تعداد ردیف دانه در بلال اثر معنی‌داری داشت. تنش کم آبی باعث کاهش ۱۱/۷ درصدی ارتفاع بوته، ۲۲/۸ درصدی عملکرد دانه، ۱۵ درصدی وزن صد دانه، ۱۲ درصدی طول بلال و ۱۰ درصدی تعداد دانه در ردیف بلال گردید. همبستگی ساده صفات نشان داد که عملکرد دانه با ارتفاع بوته، وزن صد دانه، طول بلال و تعداد دانه در ردیف بلال ارتباط مثبت معنی‌داری دارد. با توجه به نتایج این پژوهش سینگل کراس ۶۴۰ و سینگل کراس ۷۰۴ از ثبات عملکرد بیشتری در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش کم آبی، عملکرد دانه، هیبریدهای ذرت، همبستگی

## Evaluation of Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.) Hybrides Under Water Limitation

Vahid Nasrollahzade asl<sup>1</sup>, Sajjad Moharramnejad<sup>2\*</sup>, Mehri Yusefi<sup>1</sup>, Ali Bandehhagh<sup>3</sup>,  
Lale Ibrahimi<sup>4</sup>

Received: October 15, 2016 Accepted: January 17, 2017

1-Dept. of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Iran.

3-Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4-Dept. of Plant Protection, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center, Moghan, Iran.

\*Corresponding Author: Email: sm.chakherlo@yahoo.com

### Abstract

Water deficiency at different growth stages affect maize yield differently. In order to study the response of maize hybrids to water stress during pre-flowering stage, a field experiment was carried out as a factorial experiment based on complete randomized block design at Moghan Research Station, during 2013 and 2014 growing seasons. The experimental factors were irrigation with two water deficit conditions, one with commonly available irrigation water referred to as control and the other interrupted irrigation before flowering, and five maize hybrids (SC600, SC640, SC704, SC720 and SC740). Water deficit stress affected all measured traits except number of kernels per ear. Water stress reduced plant height (11.7%), grain yield (22.8%), 100 grain weight (15%), ear length (12%) and number of kernels per row (10%). A significant correlation indicated a strong positive relationship between grain yield and plant height, 100 grain weight, ear length, number of kernels per row. According to the results of this two years experiment, SC640 and SC704 had been more stability under commonly available irrigation and the interrupted irrigation before flowering.

**Keywords:** Correlation, Grain Yield, Maize Hybrids, Water Deficit Stress, Yield Components

### مقدمه

ایجاد مقاومت و پایداری در گیاه، نسبت به تنش کم آبی و تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری حساسیت و مقاومت در گیاه حائز اهمیت است (ریبات و همکاران ۲۰۱۲). ذرت (*Zea mays* L.) از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده و بعد از گندم و برنج مقام سوم را در بین غلات دارد. سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، حدود ۲۳۴ هزار هکتار و میزان تولید ذرت دانه‌ای کشور ایران ۱/۶۶ میلیون تن بود (احمدی و همکاران ۲۰۱۴).

خشکی شایع‌ترین تنش غیر زنده است که گیاهان زراعی با آن مواجه می‌شوند. با توجه به افزایش دمای زمین و کاهش بارندگی سالانه در جهان، تولید ارقام پایدار و دارای پتانسیل عملکرد بالا از اهمیت بسیاری برخوردار است. استفاده بهتر و کارآمدتر از منابع گیاهی موجود، شناسایی گیاهان مقاوم به تنش کم آبی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش مشکلات تولید کشاورزی در مناطق خشک هستند. شناسایی عوامل

شاخساره‌ها و افزایش معنی‌دار شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب شده و عملکرد دانه به میزان هفت درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد که کاهش جزئی اندازه منبع فیزیولوژیک در زمان رشد رویشی در اثر تنش خشکی، لزوماً باعث افت عملکرد دانه نشده و تخصیص مقداری از آب مصرفی ذرت در زمان رشد رویشی برای مصرف در زراعت‌های دیگر امکان پذیر است. نتایج تحقیقات کاکیر (۲۰۰۴) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان می‌دهد که تنش رطوبتی در مرحله کاکل‌دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید عملکرد دانه شده و تنش در مرحله کاکل‌دهی موجب تأخیر در ظهور گل آذین ماده می‌شود. اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی باعث افت ۲۸-۳۲ درصدی ماده خشک تولیدی شده و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه و باعث کوتاه شدن دوره رشد مؤثر دانه می‌گردد (نیمسیس و ریتیچی ۲۰۱۰). هدف از این پژوهش مطالعه تاثیر کمبود آب بر پایداری عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه پنج هیبرید ذرت طی دو سال زراعی بود.

#### مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان واقع در استان اردبیل (بین ۳۹ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ تا ۵۰ متر از سطح دریای آزاد) اجرا شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک ارائه شده است. براساس آمار آب و هوایی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک پارس آباد، این منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف بوده، دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم می‌باشد. بیشینه دما با متوسط ۳۴/۶ درجه سلسیوس در مرداد ماه و متوسط بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه نیز ۳۸۹/۵ میلی‌متر گزارش شده است (جدول ۲). براساس آمار آب و هوایی ایستگاه هواشناسی

آثار سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت، بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نمو و ژنوتیپ گیاه دارد. برتری هیبریدهای ذرت از نظر تولید بالقوه باید در شرایط محیطی مناسب و منطبق با نیازهای رشدی هر هیبرید ارزیابی گردد. اگر گیاه ذرت در شرایط نامساعد محیطی کشت شود، هیبریدها عملکرد کمتری نسبت به ارقام سازگار معمولی خواهند داشت و اگر گرده‌افشانی با شرایط نامساعد محیطی (بادهای گرم و کمبود رطوبت) مقارن شود، یکنواختی هیبریدها یک نقطه ضعف خواهد بود (مشاور و همکاران ۲۰۱۵). بعضی از دوره‌های رشد گیاهان بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آب دارند. به عنوان مثال، تنش آب در زمان گرده افشانی ذرت باعث لقاح تعداد کم و یا عدم تلقیح تخمک‌ها شده و در نتیجه دانه‌ای تولید نخواهد شد (مکومی و همکاران ۲۰۱۱). در بررسی هاگ و داویدس (۲۰۰۳) تنش آبی ملایم و شدیدی عملکرد دانه هیبریدهای ذرت مورد مطالعه را به ترتیب ۶۳ و ۸۵ درصد کاهش داد. قبادی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که با افزایش تنش آبی، تعداد دانه در هر بلال کاهش و کمترین تعداد دانه در بلال (۴۰۳/۲ دانه در بلال) به تیمار تنش شدید رطوبتی تعلق داشت. تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار وزن صد دانه گردید و بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری مطلوب و تنش شدید رطوبتی بود. در شرایط تنش کم آبی، رشد زایشی گیاه وابسته به ذخایر برگ و ساقه بوده و عدم تشکیل مناسب دانه به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا پیش از آن می‌باشد (ربانی و امام ۲۰۱۲). کامان و همکاران (۲۰۱۱) با اعمال تنش خشکی در مرحله رشد رویشی در ذرت اعلام کردند که تنش شدید در این مرحله باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه، ارتفاع بلال از سطح خاک، تعداد برگ، تعداد گره و میانگره، وزن خشک پوشش بلال و طول بلال می‌گردد. تنش ملایم و شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه، برگ و

سینوپتیک پارس آباد، این منطقه دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم می‌باشد. بیشینه دما با متوسط ۳۴/۶ درجه سلسیوس در مرداد ماه و متوسط بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه نیز ۳۸۹/۵ میلی‌متر گزارش شده‌است (جدول ۲). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول در دو سطح آبیاری بهینه و قطع در مرحله قبل گلدهی (دیرپرا و همکاران ۲۰۰۸) و فاکتور دوم پنج هیبرید ذرت (سینگل کراس ۶۰۰، سینگل کراس ۶۴۰، سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۲۰ و سینگل

کراس ۷۴۰) بودند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۵/۷۶ متر بود که در روی هر خط، ۳۲ بوته به فاصله ۱۸ سانتی‌متر به صورت دستی کاشته شد. با احتساب ۷۵ سانتی‌متر فاصله خطوط کاشت، تراکم کشت در حدود ۷۵ هزار بوته در هکتار بود. برداشت محصول پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر خط کاشت به عنوان حاشیه، فقط از دو خط وسط هر کرت به مساحت ۸/۶۴ متر مربع انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	شن (%)	سلیت (%)	رس (%)	pH خاک	درصد اشباع	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیترژن کل (%)	ماده آلی (%)
لومی‌رسی	۱۷	۴۲	۴۱	۸	۴۶	۳۰	۴۴۸/۴	۰/۱	۱/۴

نمونه‌برداری در انتهای فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی برای اندازه‌گیری عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع بوته ذرت انجام شد. برای نمونه‌برداری در کلیه کرت‌ها با حذف دو ردیف کناری و حذف نیم متر از ابتدا و انتهای سه ردیف وسط، از سطحی معادل ۴/۵ متر مربع بوته‌های ذرت به صورت کف بر برداشت و تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی جهت اندازه‌گیری صفات عملکرد

دانه، اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، طول بلال، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال) و ارتفاع بوته انتخاب شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۲- میانگین ماهانه دما و بارش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان طی دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۲)

ماه	درجه حرارت (سانتی‌گراد)				میزان بارندگی (میلی‌متر)
	حداقل	حداکثر	متوسط	میانگین	
فروردین	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۳
اردیبهشت	۷/۷	۱۳/۵	۱۷/۷	۲۷/۲	۱۷/۶
خرداد	۱۶/۸	۱۶/۹	۳۰/۵	۳۱/۷	۱۶/۱
تیر	۲۰/۷	۲۱/۵	۳۲/۷	۳۴/۹	۱/۳
مرداد	۲۱/۰	۲۰/۷	۲۹/۸	۳۵/۶	۰/۰
شهریور	۱۸/۹	۱۹/۵	۳۰/۳	۳۱/۷	۲۴/۴
مهر	۱۱/۶	۱۲/۳	۲۲/۷	۲۱/۶	۴۲/۸
آبان	۷/۳	۶/۵	۱۶/۹	۱۵/۱	۴۳/۸
آذر	۰/۹	۳/۶	۱۰/۴	۸/۷	۱۱/۸

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب برای ارتفاع بوته، عملکرد دانه و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت تحت تنش

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	وزن هزار دانه	طول بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف دانه در بلال
سال	۱	۰/۸۰ <sup>ns</sup>	۳۲/۴۵ <sup>**</sup>	۳۵/۲۵ <sup>**</sup>	۱۳/۹۵ <sup>**</sup>	۲۹/۱۶ <sup>**</sup>
تکرار/سال	۶	۰/۰۷	۳/۳۰	۱/۹۱	۰/۱۷	۰/۴۱
تنش	۱	۸/۲۲ <sup>**</sup>	۹۴۲/۲۲ <sup>**</sup>	۲۱/۵۳ <sup>**</sup>	۱/۳۷ <sup>**</sup>	۴۱/۶۶ <sup>**</sup>
هیبرید	۴	۱/۱۹ <sup>**</sup>	۸۰/۰۴ <sup>**</sup>	۱/۱۴ <sup>ns</sup>	۱/۰۷ <sup>**</sup>	۱۱/۱۱ <sup>*</sup>
سال × تنش	۱	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۱۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۱۱/۱۸ <sup>**</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۱ <sup>ns</sup>
سال × هیبرید	۴	۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۳۲/۲۸ <sup>**</sup>	۱/۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۳/۸۶ <sup>ns</sup>
تنش × هیبرید	۴	۷/۰۱ <sup>**</sup>	۷۹۹/۱۶ <sup>**</sup>	۱/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۵۶ <sup>ns</sup>	۵/۱۵ <sup>ns</sup>
سال × تنش × هیبرید	۴	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۲۸/۲۸ <sup>**</sup>	۰/۲۶ <sup>ns</sup>	۳/۳۷ <sup>*</sup>	۱/۹۰ <sup>ns</sup>
خطا	۵۴	۰/۱۴	۶/۱۶	۰/۸۹	۰/۱۶	۳/۲۱
ضریب تغییرات (%)		۲۷/۰۴	۱۷/۱۵	۷/۵۰	۱۰/۲۰	۱۲/۱۰
		۹/۵۶				

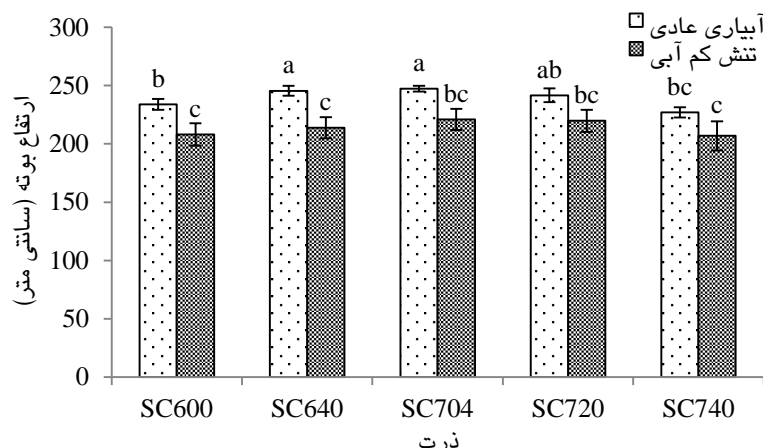
<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

با توجه به نتایج تجزیه مرکب داده‌ها اثر تنش و هیبرید در سطح احتمال یک درصد روی ارتفاع بوته معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش × هیبرید در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). تنش آبی باعث کاهش ارتفاع بوته هیبریدهای ذرت مورد مطالعه گردید باعث کاهش ۱۱/۷۵ درصد ارتفاع بوته نسبت به شرایط آبیاری عادی شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش × هیبرید حاکی است که سینگل کراس ۷۰۴ بیشترین ارتفاع بوته را در هر دو شرایط به خود اختصاص داد (شکل ۱). بالا بودن ارتفاع ساقه در هیبرید ۷۰۴ را ناشی از پتانسیل ذاتی این هیبرید در داشتن تعداد گره بیشتر ساقه و فاصله میان گره‌های بیشتر در این هیبرید دانستند (سیدزوار و همکاران ۲۰۱۵). ربانی و

امام (۲۰۱۲) کاهش ارتفاع بوته در تیمار تنش آبی در مرحله رشد رویشی نسبت به تیمار شاهد را حدود ۱۰/۲ درصد گزارش کردند. طبق نتایج پژوهش‌های پیشین، از آنجا که در شرایط تنش آبی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه کاهش و تولید مواد فتوسنتزی کم می‌شود، لذا طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تاثیر خشکی کاهش نشان می‌دهد (ربانی و امام ۲۰۱۲، شیرینی و بهرامپور ۲۰۱۵). اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه شده و چرا که تنش کم آبی در این مرحله ممکن است موجب آسیب به آغازه‌های بلال در مراحل اولیه رویشی گردد (کاکیر ۲۰۰۴). عدم تامین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت، اگرچه تاثیر مستقیمی بر عملکرد نهایی دانه ندارد، لیکن بر استقرار بوته، توسعه و رشد ساقه تاثیر گذاشته و تجمع مواد در این اندام‌ها را کاهش می‌دهد (پاولو و رینالدی ۲۰۰۸).



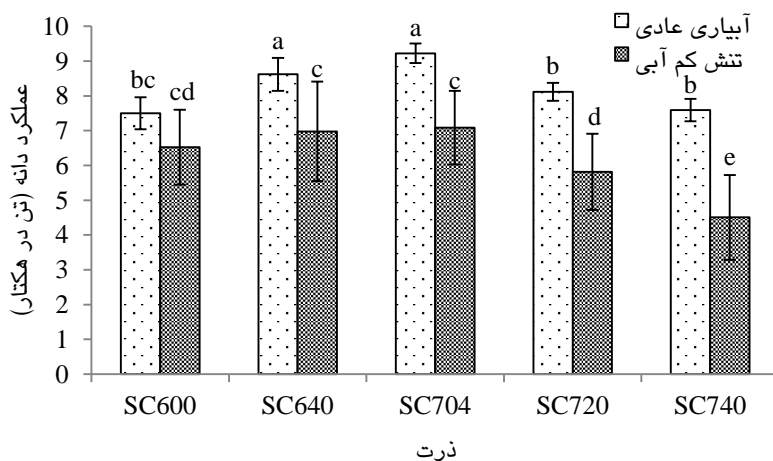
شکل ۱- ارتفاع بوته هیبریدهای ذرت در سطوح کم آبی

ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می باشند.

**عملکرد دانه**

یک درصد معنی‌دار بود. تنش کم آبی باعث کاهش ۲۲/۷۹ درصد عملکرد دانه هیبریدهای مورد مطالعه نسبت به شرایط آبیاری عادی گردید. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش × هیبرید عملکرد دانه ذرت نشان داد که بیشترین عملکرد دانه‌ای هیبریدهای ذرت مربوط به سینگل کراس ۷۰۴ و سینگل کراس ۶۴۰ بود (شکل ۲).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) تنش کم آبی و هیبرید بر عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار داشته و اثر متقابل تنش × هیبرید برای عملکرد دانه در سطح احتمال



شکل ۲- عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در سطوح تنش کم آبی

ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می باشند.

رس و دیررس سینگل کراس ۶۴۷ و سینگل کراس ۷۰۴ در صورت اعمال تنش آبی وجود دارد. در حالی که

کلامیان و همکاران (۲۰۰۵) اظهار کردند که کاهش شدیدتر عملکرد دانه در مورد هیبریدهای میان

### وزن صد دانه

اثرات اصلی سال، تنش و هیبرید بر وزن صد دانه هیبریدهای مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثرات متقابل سال  $\times$  هیبرید و تنش  $\times$  هیبرید نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای وزن صد دانه داشتند. همچنین اثر متقابل سه جانبه سال  $\times$  تنش  $\times$  هیبرید نیز برای صفت مذکور در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه جانبه سال  $\times$  تاریخ کاشت  $\times$  هیبرید نشان داد، که سینگل کراس ۶۴۰ و سینگل کراس ۷۰۴ دارای بیشترین وزن صد دانه نسبت به سایر هیبریدهای مورد مطالعه در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم آبی طی دو سال زراعی داشت (جدول ۴).

افت وزن دانه ناشی از تنش آبی نسبت به تیمار شاهد ۱۵/۰۹ درصد بود. تنش آبی با تاثیر بر فرایند باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) می‌شود (زلاتیو و لبدون ۲۰۱۲، یان و همکاران ۲۰۱۶). کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش آبی در مرحله پر شدن دانه را می‌توان به تولید دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت داد (کامان و همکاران ۲۰۱۱). کمبود آب در این مرحله موجب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌های ذرت خواهد شد. به علاوه، کوتاه شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش کم آبی یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای اعمال تنش آبی در مرحله پر شدن دانه است (ریبات و همکاران ۲۰۱۲). در پژوهش ربانی و امام (۲۰۱۲) سینگل کراس ۷۰۴ بیشترین وزن صد دانه را در بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه در شرایط تنش کم آبی را داشت و هیبریدهای که وزن صد دانه بیشتری داشتند از پتانسیل عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند.

هیبریدهای سینگل کراس ۳۰۱ و پر برگ، کاهش کمتری در عملکرد دانه داشتند. تنش کم آبی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه به ترتیب موجب کاهش ۲۹/۲ و ۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه می‌شود (شیری و بهرامپور ۲۰۱۵). کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش کم آبی در مراحل زایشی به کاهش کارایی فتوسنتز و کوتاه شدن طول دوره رشد بستگی دارد (ریبات و همکاران ۲۰۱۲). بیشترین بخش وزن دانه از فتوسنتز بوته پس از مرحله گل‌دهی تأمین می‌شود. بنابراین، در مدیریت مزرعه هرچه طول دوره سبزمانی برگ‌ها زیادتر باشد، هیدرات کربن بیشتری به دانه منتقل خواهد شد. تنش آبی با کاستن از طول دوره سبزمانی برگ در مراحل پایانی رشد، موجب افت شدید تولید مواد پرورده توسط اندام‌های فتوسنتزی می‌شود (اشرف ۲۰۱۰). عملکرد بالای دانه در تیمار اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در مقایسه با مرحله گل‌دهی را می‌توان به انتقال مجدد مواد پرورده نسبت داد. اعمال تنش‌های محیطی (خشکی) به گیاه در هنگام پر شدن دانه، سهم مواد پرورده را در انتقال مجدد در پر شدن دانه بیشتر می‌کند (ریبات و همکاران ۲۰۱۲). در رابطه با تاثیر تنش کم آبی بعد از گل‌دهی بر عملکرد ذرت، یان و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که عملکرد دانه حدود ۱۸ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داشت. ربانی و امام (۲۰۱۲) گزارش کردند که سینگل کراس ۷۰۴ تغییرات کمتری نسبت به اعمال تنش کم آبی در مراحل مختلف داشته که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. به نظر می‌رسد این هیبرید در شرایط تنش خشکی دارای عملکرد و مقاومت بیشتری نسبت به سایر هیبریدها باشد.

جدول ۴- میانگین وزن صد دانه و تعداد دانه در ردیف بلال هیبریدهای ذرت در سطوح مختلف تنش کم آبی در دو سال زراعی

سال زراعی	سطوح تنش	هیبرید	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف بلال
۱۳۹۲	آبیاری عادی	سینگل کراس ۶۰۰	۳۳۴/۰def	۵۰/۳a
		سینگل کراس ۶۴۰	۳۶۵/۸cd	۴۱/۵b
		سینگل کراس ۷۰۴	۳۶۳/۹cd	۴۱/۰b
		سینگل کراس ۷۲۰	۳۴۱/۵cde	۴۱/۵b
		سینگل کراس ۷۴۰	۲۸۷/۳gh	۴۱/۳b
	تنش کم آبی	سینگل کراس ۶۰۰	۲۸۳/۹gh	۴۰/۴bc
		سینگل کراس ۶۴۰	۳۱۲/۲efg	۳۹/۸abcd
		سینگل کراس ۷۰۴	۳۱۴/۷efgh	۳۹/۰bcd
		سینگل کراس ۷۲۰	۲۹۸/۵gh	۳۹/۸abcd
		سینگل کراس ۷۴۰	۲۹۱/۹fgh	۳۶/۲bcde
۱۳۹۳	آبیاری عادی	سینگل کراس ۶۰۰	۳۴۸/۵cde	۳۶/۰bcde
		سینگل کراس ۶۴۰	۴۶۱/۰a	۴۰/۵bc
		سینگل کراس ۷۰۴	۴۱۲/۵b	۳۴/۰cdef
		سینگل کراس ۷۲۰	۴۱۲/۰b	۳۲/۰ef
		سینگل کراس ۷۴۰	۳۷۴/۸c	۳۰/۲ef
	تنش کم آبی	سینگل کراس ۶۰۰	۲۶۷/۵h	۳۳/۶def
		سینگل کراس ۶۴۰	۲۹۰/۰gh	۳۱/۶ef
		سینگل کراس ۷۰۴	۲۸۰/۰gh	۳۰/۱ef
		سینگل کراس ۷۲۰	۲۶۷/۵h	۳۱/۱ef
		سینگل کراس ۷۴۰	۲۶۲/۵h	۲۸/۰f

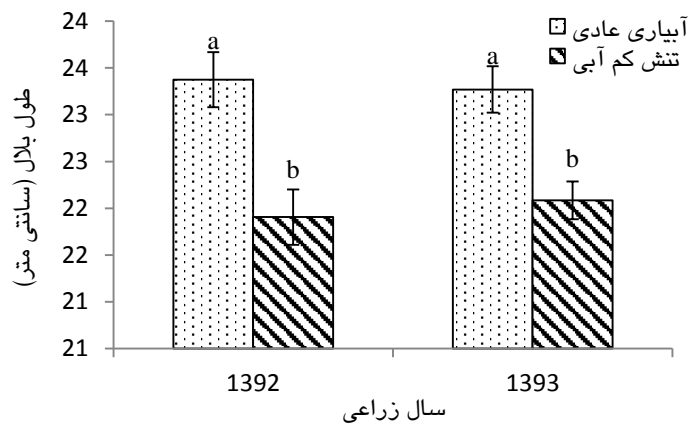
حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

### طول بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر سال، تنش و هیبرید بر طول بلال هیبریدهای ذرت در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار بود و اثر متقابل سال × تنش برای طول بلال در سطح احتمال

یک درصد معنی‌دار بود. طول بلال در شرایط تنش کم آبی ۱۲/۱۰ درصد نسبت به شاهد (آبیاری عادی) کمتر بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (شکل ۳)، تنش کم آبی باعث کاهش طول بلال در هر دو سال زراعی شد. با آبیاری عادی، هیچ اختلاف معنی‌داری در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ مشاهده نشد.





شکل ۳- تاثیر سال و سطوح تنش کم آبی بر طول بلال ذرت (ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می باشند)

طور معمول چند روز پس از ظهور گل تاجی صورت می‌گیرد. عواملی مثل کمبود آب، نیتروژن و سایر عناصر غذایی می‌تواند سبب کاهش جمعیت دانه‌های گرده گردند (ربانی و امام ۲۰۱۲، اشراف ۲۰۱۰، ربیات و همکاران ۲۰۱۲). کاهش تعداد دانه، به دلیل کاهش ظرفیت مقصد فیزیولوژیک اثر مستقیم بر عملکرد دانه داشته و تنش آبی طی مرحله گلدهی موجب افت شدید در تعداد دانه خواهد شد. در هیبریدهای مقاوم، با خروج سریع کاکل‌ها، همزمانی ظهور دانه‌ها گرده با پیدایش کاکل‌ها و باروری زیادتر دانه‌ها، میزان کچلی در بلال کاهش و در نتیجه، در شرایط تنش آبی، تعداد دانه در ردیف بلال افت کمتری می‌یابد (بولانوس ۱۹۹۵).

#### تعداد ردیف دانه در بلال

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، صفت تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر سال و هیبرید به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار قرار گرفت. اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه برای تعداد ردیف دانه در بلال در غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سینگل کراس ۷۰۴ و سینگل کراس ۶۴۰ دارای بیشترین تعداد دانه در بلال بودند (شکل ۴). عدم تاثیر تیمارهای کم آبی بر این صفت در این تحقیق نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از

سیدزوار و همکاران (۲۰۱۵) اظهار کردند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌داری در طول بلال شده و با تاثیر بر فتوسنتز برگ موجب کاهش تولید مواد پرورده، رشد سلولی و طول بلال می‌گردد. طول بلال به طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه تاثیر داشته و کاهش تعداد دانه در بوته ذرت عملکرد دانه را کاهش خواهد داد (کاکیر ۲۰۰۴). کلامیان و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار طول بلال ذرت شد.

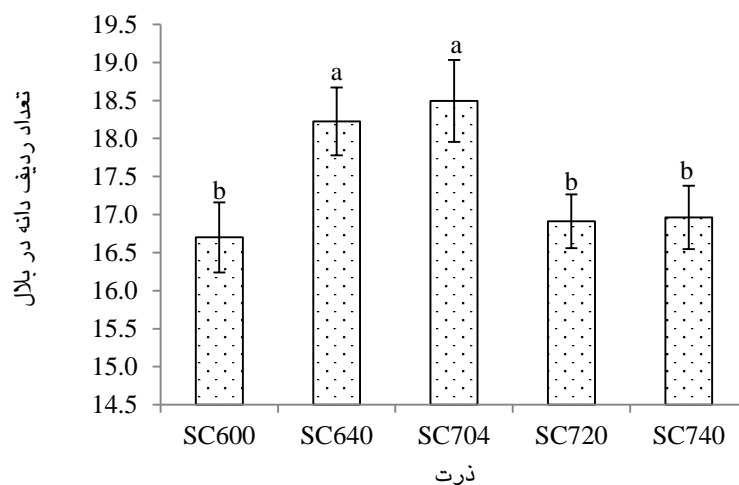
#### تعداد دانه در ردیف بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سال، تنش و هیبرید در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در ردیف بلال هیبریدهای ذرت مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثرات متقابل دو جانبه برای صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه جانبه سال × تاریخ کاشت × هیبرید نشان داد، که سینگل کراس ۶۰۰ و سینگل کراس ۷۲۰ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف بلال داشتند (جدول ۴). تنش آبی باعث افت ۱۰/۴ درصد تعداد دانه در ردیف بلال نسبت به شرایط آبیاری عادی در هیبریدهای ذرت مورد مطالعه گردید. این کاهش تعداد دانه در بلال را می‌توان به اثر تنش آبی بر عقیمی تخمک‌ها در بلال نسبت داد. گرده‌افشانی در این گیاه دگر گرده‌افشان به

### همبستگی صفات

بررسی همبستگی ساده صفات نشان داد که عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه، طول بلال و تعداد دانه در ردیف بلال همبستگی مثبت و معنی-دار داشت (جدول ۵)، نتایج دیگر محققین که نیز همبستگی عملکرد دانه با طول بلال و تعداد دانه در ردیف را تایید کرده‌اند (مومنی و منیری فر ۲۰۱۲، شیری و همکاران ۲۰۱۶).

عملکرد دانه در مقابل تغییرات محیطی است. تعداد نهایی ردیف دانه در بلال، قبل از سایر اجزا تعیین شده و احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود ندارد و به این ترتیب اثر تیمارهای مورد مطالعه تغییر معنی‌داری در این صفت ایجاد نکرده‌است (چن و همکاران ۲۰۱۲).



شکل ۴- میانگین تعداد ردیف دانه در بلال هیبریدهای نرت (ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین-ها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند)

طول بلال، تعداد دانه در هر ردیف بلال افزایش یافته که این موضوع اثر مستقیم در بالا رفتن عملکرد دانه دارد (ناماکا و همکاران ۲۰۰۸). در پژوهش آشفته بیرگی و همکاران (۲۰۱۱) مشخص گردید که عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری با صفات ارتفاع بوته، طول بلال و تعداد ردیف دانه در بلال دارد که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

مادح خاکسار و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در نرت در شرایط تنش نشان دادند که صفت طول بلال با عملکرد دانه ارتباط مثبت معنی‌داری دارد. سیدزوار و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی همبستگی صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه نرت در شرایط تنش نشان دادند که صفات تعداد بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه و وزن صد دانه ارتباط معنی‌داری با عملکرد دانه دارد. با افزایش

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد مطالعه روی هیبریدهای ذرت

صفات	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	طول بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
ارتفاع بوته	۱					
عملکرد دانه	۰/۶۶*	۱				
وزن هزار دانه	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۸۳*	۱			
طول بلال	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۶۹*	۱		
تعداد دانه در ردیف بلال	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۸۴*	۰/۶۱ <sup>ns</sup>	۰/۵۹ <sup>ns</sup>	۱	
تعداد ردیف دانه در بلال	۰/۶۶*	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	-۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۱

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش در دو سطح تنش کم آبی (آبیاری عادی و تنش آبی) نشان داد که قطع آبیاری قبل از گلدهی باعث کاهش ۱۱/۷۵ درصد ارتفاع بوته، ۲۲/۷۹ درصد عملکرد دانه، ۱۵/۰۹ درصد وزن صد دانه، ۱۲/۱۰ درصد طول بلال و ۱۰/۴۰ درصد تعداد دانه در ردیف

بلال نسبت به حالت آبیاری در هیبریدهای ذرت مورد مطالعه شد. سینگل کراس ۷۰۴ و سینگل کراس ۶۴۰ بیشترین مقدار ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه را طی دو سال زراعی به خود اختصاص دادند. از لحاظ همبستگی ساده عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه، طول بلال و تعداد دانه در ردیف بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

### منابع مورد استفاده

- Ahmadi K, Gholoxadeh H, Abaszadeh H, Hosseionpour R, Hatami F, Fazli B, Kazemiyani A and Rafiye M, 2014. Agriculture Statistics. Ministry of Agriculture Press. 169 pp. (In Persian).
- Ashofteh Beiragi M, Ebrahimi M, Mostafavi Kh, Golbashy M and Khavari Khorasani S, 2011. A study of morphological basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using correlation and path coefficient analysis. Journal of Crop Ecophysiology, 2: 32-37. (In Persian).
- Ashraf M, 2010. Inducing drought tolerance in plants: some recent advances. Biotechnology Advances, 28: 169-183.
- Bolanos J, 1995. Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. Field Crops Research, 42: 69-80.
- Cakir R, 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89: 1-16.
- Chen J, Xu W, Velten J, Xin Z and Stout J, 2012. Characterization of maize inbred lines for drought and heat tolerance. Journal of Soil and Water Conservation, 67: 354-364.
- Derera J, Tongoona P, Vivek BS and Laing MD, 2008. Gene action controlling grain yield and secondary traits in southern African maize hybrids under drought and non-drought environments. Euphytica, 162: 411-422
- Ghobadi R, Shirkhani A and Jalilian A, 2015. Effects of water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea mays* L.) cv. SC. 704. Agronomy Journal, 104: 79-87. (In Persian).

- Hugh JE and Davids RF, 2003. Effect of drought stress on leaf and while canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95: 688-696.
- Kalamian S, Modares Sanavi AM and Sepehri A, 2005. Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize. *Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture*, 5(3): 38-53. (In Persian).
- Kaman H, Kirda C and Sesveren S, 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 98: 801-807.
- Madeh Khaksar A, Naderi A, Ayeneh Band A and Lack Sh, 2014. Simultaneous effect of deficit irrigation and irrigation-off on physiological traits related with yield of maize S.C 704. *Journal of Agronomy*, 6(1): 64-79. (In Persian).
- Makumbi D, Betraun JF, Baunziger M and Ribaut JM, 2011. Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. *Euphytica*, 180: 143-162.
- Momeni Y and Monirifar H, 2012. Effect of water deficit stress on yield and yield components in corn using path analysis. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6(3): 339-352. (In Persian).
- Moshaver E, Emam Y, Madani H, Nourmohamadi G and Heidari-Sharifabad H, 2015. Comparison of qualitative and quantitative performance of forage crops maize, sorghum and amaranth as affected by planting density and date. *Trends in Life Sciences*, 4: 97-105.
- Namakka A, Abubakar IU, Sadik IA, Sharifai AI, and Hassas AH, 2008. Effect of sowing date and nitrogen level on yield and yield components of two extra early maize varieties (*Zea mays* L.) in Sudan savanna of Nigeria. *Agronomy Journal*, 3: 1-5.
- Nesmith DS and Ritchie JT, 2010. Short-and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*, 84: 107-113.
- Paolo ED and Rinaldi M, 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105: 202-210.
- Rabbani J and Emam Y, 2012. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*, 1(2): 65-78. (In Persian).
- Ribaut JM, Betran J, Monneveux P and Setter T, 2012. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (Eds.), *Handbook of Maize: Its Biology*. Springer, New York, pp. 311-34.
- Seyedzavar J, Norouzi M, Aharizad S and Bandehhagh A, 2015. Relationship between yield and yield components of maize hybrids under different irrigation. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(1): 83-108. (In Persian).
- Shiri MR and Bahrapour T, 2015. Genotype×environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. *Cereal Research*, 5(1): 83-94. (In Persian).
- Shiri MR, Moharramnejad S, Hanifezadeh M and Bandehhagh A, 2016. Evaluation of yield stability of maize (*Zea mays* L.) influenced by planting date in Moghan region. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 26(1): 203-214. (In Persian).
- Yan W, Zhong Y and Shangguan Z, 2016. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 66: 133-140.
- Zlatev Z and Lidon FC, 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24: 57-72.