[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

# بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک هیبریدهای متحمل به خشکی ذرت (*Zea mays* L.)

عزیز آفرینش[1*]، قدرت‌اله فتحی[2]، رجب چوگان[3]، سیدعطاالله سیادت[2]، خلیل عالمی‌سعید[4] و سید رضا اشرفی‌زاده[1]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۱۰/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۵)

## چکیده

**به‌منظور مطالعهٔ اثر تنش خشکی بر رشد هیبریدهای جدید ذرت، این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی در ۴ سطح: آبیاری پس از ۷۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A (تیمار بدون تنش یا شاهد)، آبیاری پس از ۹۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر (تنش ملایم)، آبیاری پس از ۱۱۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر(تنش متوسط) و آبیاری پس از ۱۳۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر(تنش شدید) و عامل فرعی هیبریدهای ذرت شامل: هیبرید دیررس ۷۰۴ (شاهد)، دیررس کارون و متوسطرس مبین بود. براساس نتایج تیمارهای شاهد بدون تنش و تنش ملایم به‌ترتیب با ۶/۵۷، ۶/۵۹ تن در هکتار بیشترین و تنش متوسط و شدید به‌ترتیب با ۵/۶۶ و ۴/۲۸ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند. هیبریدهای کارون و ۷۰۴ به‌ترتیب با ۶/۳۷ و ۵/۱۶ تن در هکتار بیشترین و کمترین عمکرد دانه را داشتند. هیبریدهای کارون و مبین با بروز تنش خشکی از توانایی تولید محصول بیشتری نسبت به هیبرید ۷۰۴ برخوردار بودند. خشکی موجب افزایش عمق نفوذ ریشه شد، به‌طوری‌که هیبرید مبین با ۲۶/۶سانتی‌متر بیشترین عمق نفوذ ریشه را داشت. درشرایط تنش خشکی هیبرید کارون ۵ روز نسبت به شاهد زودرس‌تر شد. با افزایش خشکی از میزان تولید ماده خشک به‌میزان ۵۶/۲ درصد نسبت به شاهد کاسته شد، که بیانگر اهمیت آب در تولید ماده خشک است. هم‌چنین تنش خشکی متوسط و شدید به‌ترتیب به‌میزان ۴/۸ و ۹/۷ درصد نسبت به شاهد وزن خشک ریشه را کاهش دادند. هیبرید کارون با ۴۸ درصد، بیشترین شاخص برداشت را داشت. تنش شدید خشکی موجب افزایش میزان پروتئین شد و هیبرید مبین با ۹/۳۴ درصد بیشترین میزان پروتئین را داشت. با توجه به نتایج هیبرید جدید کارون ضمن زودرسی ۵ روزه نسبت به شاهد، از شاخص برداشت بهتر و عملکرد دانه بیشتر برخوردار است. بنابراین یکی از بهترین راه‌کارهای بالابردن عملکرد ذرت در استان خوزستان تولید هیبریدهای جدید و سازگار در داخل استان است.**

**واژه‌های کلیدی: ذرت، تنش خشکی، هیبرید جدید**

۱. استادیاران مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد، دزفول

۲ و ۴. به‌ترتیب استادان و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رامین خوزستان

۳. استاد، موسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Aziz.Afarinesh@gmail.com

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

## مقدمه

اگرچه در حدود ۳۰ درصد آب‌های جاری ایران در استان خوزستان وجود دارد، اما به‌علت راندمان کم آبیاری و مشکلات توزیع آب، وقوع تنش خشکی در مزارع امری اجتناب‌ناپذیر است (۷). برای حل این مشکل راه‌کارهای فراوانی پیشنهاد شده است که یکی از مهم‌ترین آنها وجود رقم مناسب و متحمل به تنش خشکی است. گزارش‌های متعددی وجود دارد مبنی بر اینکه سینگل‌کراس ۷۰۴ تحمل به خشکی ندارد و تحت شرایط محیطی خوزستان کاهش عملکرد دانه دارد (۱۴). تنش خشکی یکی از تنش‌های محیطی مهم است که عملکرد دانه ذرت را در دنیا و ایران کاهش می‌دهد. گزارش شده است درخاک لومی رسی در اثر تنش خشکی تراکم ریشه کم و در نتیجه محتوی آب جذب شده محدود بوده که بیانگر جذب ناقص آب و پیامد آن کاهش در روند رشد گیاه است (۱). برگ‌ها به‌عنوان اندام فتوسنتز کننده و خود چرخهٔ فتوسنتز در اثر تنش خشکی صدمه می‌بینند، به‌طوری‌که در شرایط کمبود آب میزان کلروفیل برگ کم شده و با افزایش مقدار تنش روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌پذیرد (۱۵). ریشه‌ها نقش مهّمی در کنترل رشد اندام هوایی گیاه و توسعهٔ آنها دارند، نه تنها به‌خاطر جذب مداوم آب و مواد غذایی برای اندام هوایی بلکه به‌خاطر بعضی از پیام‌های شیمیایی که در ریشه تولید می‌شود تا گیاه در مقابل تنش خشکی عکس‌العمل نشان دهد (۲۲). ارتباط بین فراوانی ریشه درعمق خاک‌های مختلف، متفاوت است (۱۱). به‌عنوان نمونه گزارش شده است تراکم ریشه در عمق ۲۵ سانتی‌متری افزایش و در اعماق بیشتر کاهش می‌یابد (۸). به‌طورکلی الگوی عمومی گسترش ریشه در عمق خاک متأثر از مراحل توسعهٔ گیاه ذرت و شرایط محیطی خاک می‌باشند (۱۰). اثر تنش خشکی در دورهٔ گل‌دهی، علاوه بر تأثیر سوء بر تلقیح بلال، کاهش در وزن ماده خشک گیاه است (۳). علت آنرا می‌توان کاهش درجذب مواد غذایی به‌وسیله ریشه و انتقال آنها به ساقه در اثر تنش خشکی دانست. بدیهی است جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (۲). از آنجا که رشد ریشه بستگی به تأمین کربوهیدرات‌های ساخته شده در اندام هوایی دارد هر عاملی که فتوسنتز را کاهش دهد موجب کم شدن رشد ریشه نیز می‌گردد (۱۲). تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه به‌میزان تقریبی ۴۰ درصد گردید. این کاهش بیشتر به‌دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و وزن دانه بود (۷). اما برخلاف تنش شدید خشکی تنش ملایم رشد ریشه را در ذرت افزایش می‌دهد (۱۴). تحقیق حاضر به‌منظور بررسی و ارزیابی هیبریدهای جدید ذرت تولید شده در استان خوزستان با شاهد منطقه در شرایط تنش خشکی صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد با مشخصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی با ۸۲/۹ متر ارتفاع از سطح دریا واقع در۱۰ کیلومتری جنوب غرب دزفول به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. خاک منطقه اجرای طرح از نوع رسوبی با محتوی حداقل ۳۰ درصد آهک و بافت سیلتی رسی لوم بود. عامل اصلی تنش خشکی در چهار سطح: $D_0$: آبیاری پس از۷۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A (تیمار بدون تنش یا شاهد)، $D_1$: آبیاری پس از۹۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر (تنش ملایم)، $D_2$: آبیاری پس از۱۱۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر(تنش متوسط)، $D_3$: آبیاری پس از۱۳۵ (±۵) میلی‌متر تبخیر(تنش شدید) و عامل فرعی هیبریدهای ذرت شامل: $H_0$: هیبرید دیررس ۷۰۴ (شاهد)، $H_1$: هیبرید دیررس کارون و $H_2$: هیبرید متوسط رس مبین بود. محل تأمین بذر هیبرید ۷۰۴ از شرکت خدمات حمایتی و دو هیبرید دیگر تولید شده در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد بودند. هرکرت شامل ۶ ردیف کشت به فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر و طول ۶ متر بود و یک ردیف

بدون کشت نیز به‌عنوان فاصلهٔ بین کرت‌ها استفاده شد. فاصلهٔ بین بذور بر روی خطوط کاشت ۱۸ سانتی‌متر (تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار) بود. پس از انتخاب زمین زراعی که جای گندم بود، اقدام به تهیهٔ آن به‌صورت مرسوم منطقه گردید. طی این مراحل ابتدا مزرعه آبیاری و پس از گاورو شدن تا عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر دیسک سنگین زده شد. جهت خرد شدن کلوخه‌ها و یکنواختی بیشتر خاک برای بار دوم دیسک دیگری عمود بر دیسک اول زده شد و سپس با استفاده از ماله مزرعه تسطیح گردید. کودهای شیمیایی مصرف شده شامل اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم بود. به‌طوری‌که ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم زمان کاشت و۱۵۰ کیلوگرم اوره زمان ۶ تا ۴ برگی و ۱۵۰ کیلوگرم دیگر قبل از گل‌دهی به‌عنوان سرک استفاده گردید. از علف‌کش لاسو به‌میزان ۴ لیتر و آترازین به‌میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت مخلوط استفاده گردید. اعمال تنش خشکی پس از آبیاری دوم که گیاه به‌صورت کامل مستقر شده بود، یعنی زمان ۶ تا ۴ برگی صورت گرفت. برای این منظور روزانه میزان تبخیر تجمعی به‌وسیلهٔ تشتک تبخیرکلاس A مستقر در ایستگاه هواشناسی نزدیک مزرعه اندازه‌گیری و پس از اطمینان از وقوع تبخیر به‌میزان مورد نظر، آب مورد نیاز هر کرت به‌وسیله سیفون تأمین گردید. لازم به ذکر است که کلیهٔ اندازه گیری‌ها بر روی دو خط وسط هرکرت انجام شد. استخراج ریشه پس از انجام آبیاری و در زمان مرطوب بودن خاک انجام شد. برای این منظور پس از حفر اطراف بوته، ابتدا عرض و عمق ریشه به سانتی‌متر در مزرعه اندازه‌گیری و سپس نمونه برای شستشوی اولیه به بیرون مزرعه حمل شد. عمل شستشو در دو مرحله شامل گرفتن گل‌های اضافی در جوی آبیاری مزرعه و سپس شستشوی کامل در آزمایشگاه بود (۴). برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نمونه برداشت شده درآون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرارگرفته و پس از خشک شدن توزین شد و سپس به گرم در مترمربع محاسبه گردید. مدت زمان مورد نیاز از کاشت بذر تا ظهور گل تاجی به روز محاسبه گردید. عملکرد دانه از طریق توزین بلال‌های برداشت شده از سطح کرت و پس از کسر درصد رطوبت دانه و درصد چوب بلال به تن در هکتار محاسبه گردید. برای تعیین میزان نیتروژن دانه، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از دستگاه کجلدال استفاده شد و با رابطه ۱ درصد پروتئین دانه مشخص گردید (۱۷):

(۱) درصد پروتئین شاخص برداشت = درصد نیتروژن × ۵/۷

(HI) نیز از نسبت عملکرد اقتصادی (EY) به عملکرد بیولوژیک (BY) و از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$HI = (EY/BY) \times 100 \quad (۲)$$

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه آماری میانگین‌ها توسط روش دانکن صورت گرفت.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که به‌طورکلی اثر تنش خشکی و هیبرید واثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری داشت (جدول ۱).

**عملکرد دانه:** اثر تنش خشکی، هیبرید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال خطای یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. به‌طوری‌که تیمارهای شاهد و تنش ملایم به‌ترتیب با ۶/۵۷، ۶/۵۹ تن در هکتار بیشترین و تنش متوسط و شدید به‌ترتیب با ۵/۶۶ و ۴/۲۸ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند. هیبرید کارون با ۶/۳۷ تن در هکتار بیشترین و هیبرید ۷۰۴ با ۵/۱۶ کمترین عمکرد دانه را داشت. (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی متوسط و شدید موجب کاهش عملکرد دانه شده‌اند. لک و همکاران (۷) گزارش کردند تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه به‌میزان تقریبی ۴۰ درصد گردید. از بین سه هیبرید نیز کارون و پس از آن مبین بالاترین عملکرد را داشتند که بیانگر موفق‌تر بودن هیبریدهای جدید درمقایسه با ۷۰۴ بود. بیشترین عملکرد



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ] [ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ] [ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]



**جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عمق نفوذ ریشه | عرض گسترش ریشه | وزن خشک اندام هوایی | وزن خشک ریشه | شاخص برداشت | پروتئین | مدت زمان ظهور گل تاجی | عملکرد دانه |
| تکرار | ۲ | ۶/۶۹ ns | ۳/۸۶ ns | ۱۰۴۱۱/۹۴ ns | ۸۶/۹۴ ns | ۶/۶۹ ns | ۰/۰۷ ns | ۰/۰۹ ns | ۰/۰۲ ns |
| تنش خشکی | ۳ | ۴۰/۹۲* | ۲۶۳/۳۰** | ۷۴۷۳۷۵/۸۲** | ۲۸۲۴/۰۵* | ۹۴۲/۰۳* | ۲/۵۰* | ۶/۶۷** | ۱۰/۶۱** |
| تکرار × تنش خشکی | ۶ | ۴/۲۵ | ۵/۴۹ | ۱۲۴۶۲/۷۱ | ۴۵۴/۶۴ | ۹۵/۷۶ | ۰/۳۲ | ۰/۲۰ | ۰/۳۲ |
| هیبرید | ۲ | ۲۷/۱۱** | ۱/۳۶ ns | ۷۲۱۴۰۱/۷۷** | ۹۵۲۳/۸۱** | ۳۲۲/۷۲* | ۱/۸۵** | ۷۵/۰۳** | ۴/۴۰** |
| تنش خشکی × هیبرید | ۶ | ۹/۲۲* | ۴/۶۶ ns | ۸۲۴۶۱/۲۵** | ۱۳۳۷۶/۷۲** | ۱۳۰/۷۸* | ۱/۲۴** | ۷/۴۴** | ۱/۰۰** |
| اشتباه | ۱۶ | ۱/۹۹ | ۱۱/۸۳ | ۱۰۲۵۶/۰۰ | ۷۰۸/۹۲ | ۴۷/۷۵ | ۰/۰۹ | ۰/۱۷ | ۰/۰۹ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۵/۶۳ | ۱۰/۰۰ | ۱۳/۰۲ | ۱۲/۹۸ | ۱۶/۴۶ | ۳/۳۰ | ۰/۷۵ | ۵/۰۳ |

* و ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪ و غیرمعنی‌دار

**جدول ۲. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده**

| تنش خشکی | عمق نفوذ ریشه (سانتی‌متر) | عرض گسترش ریشه (سانتی‌متر) | وزن خشک اندام هوایی (گرم در مترمربع) | وزن خشک ریشه (گرم در مترمربع) |
|---|---|---|---|---|
| ۷۵ میلی‌متر | ۲۲/۹ b | ۳۹/۶ a | ۹۶۳ a | ۲۰۷ ab |
| ۹۵ میلی‌متر | ۲۴/۱ b | ۳۸/۶ a | ۱۰۵۵ a | ۲۲۹ a |
| ۱۱۵ میلی‌متر | ۲۵/۲ ab | ۲۹/۴ b | ۶۷۲ b | ۱۹۷ b |
| ۱۳۵ میلی‌متر | ۲۷/۹ a | ۳۰/۰ b | ۴۲۲ c | ۱۸۷ b |
| هیبرید | | | | |
| ۷۰۴ | ۲۳/۶ b | - | ۵۲۳ c | ۱۷۸ b |
| کارون | ۲۴/۹ b | - | ۷۹۹ b | ۲۰۳ b |
| مبین | ۲۶/۶ a | - | ۱۰۱۲ a | ۲۳۵ a |

**ادامه جدول ۲.**

| تنش خشکی | شاخص برداشت (درصد) | پروتئین (درصد) | مدت زمان ظهورگل تاجی (روز) | عملکرد دانه (تن در هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| ۷۵ میلی‌متر | ۴۳/۸ b | ۸/۲۹ c | ۵۶/۸ a | ۶/۵۷ a |
| ۹۵ میلی‌متر | ۵۵/۵ a | ۸/۷۱ bc | ۵۵/۳ b | ۶/۵۹ a |
| ۱۱۵ میلی‌متر | ۳۶/۸ bc | ۹/۰۲ ab | ۵۴/۸ b | ۵/۶۶ b |
| ۱۳۵ میلی‌متر | ۳۱/۹ c | ۹/۵۴ a | ۵۵/۴ b | ۴/۲۸ b |
| هیبرید | | | | |
| ۷۰۴ | ۳۸/۷ b | ۸/۶۴ b | ۵۷/۸ a | ۵/۱۶ c |
| کارون | ۴۸/۰ a | ۸/۶۹ b | ۵۲/۹ c | ۶/۳۷ a |
| مبین | ۳۹/۳ b | ۹/۳۴ a | ۵۶/۱ b | ۵/۷۹ b |

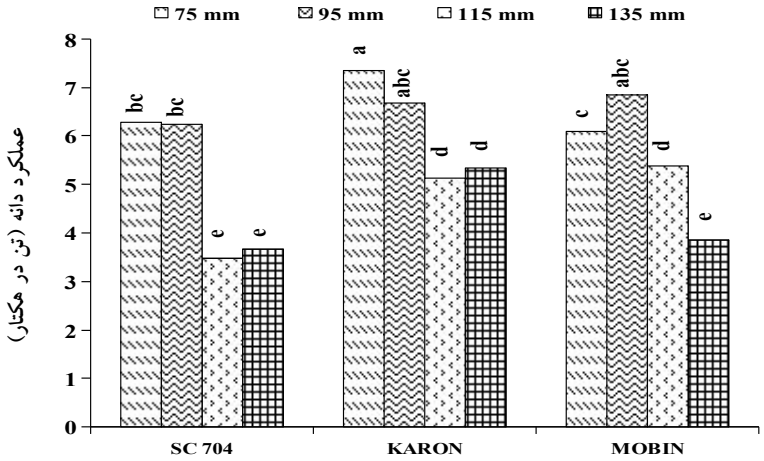
اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

دانه با میانگین ۷/۳۴ در هیبرید کارون و تیمار بدون تنش به‌دست آمد. این هیبرید به‌خصوص در تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید از پتانسیل عملکرد بالاتری برخوردار بود. براساس نتایج، هر دو هیبرید کارون و مبین، در شرایط بروز تنش خشکی از توانایی بیشتری برای تولید محصول نسبت به هیبرید ۷۰۴ برخوردار بودند (شکل ۱).

**عمق نفوذ ریشه:** اثر تنش خشکی و هیبرید به‌ترتیب در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. تیمار تنش شدید با عمق نفوذ ۲۷/۹ سانتی‌متر بیشترین و تیمارهای بدون تنش و تنش ملایم به‌ترتیب با ۲۲/۹ و ۲۴/۱ سانتی‌متر کمترین عمق نفوذ ریشه را داشتند. هیبرید مبین با ۲۶/۶ سانتی‌متر بیشترین و هیبریدهای ۷۰۴ و کارون به‌ترتیب با ۲۳/۶ و ۲۴/۹ سانتی‌متر کمترین عمق نفوذ ریشه را داشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی تمایل به افزایش عمق ریشه را زیاد می‌کند. به‌طوری‌که تنش خشکی شدید بیشترین عمق ریشه را داشت. براساس نتایج شارپ و همکاران (۱۶)، توسعه سیستم ریشه



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]




**شکل ۱. مقادیر میانگین عملکرد دانه هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح مختلف تنش خشکی. اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.**

معمولاً کمتر از رشد اندام هوایی مورد تأثیر قرار می‌گیرد و ممکن است حتی بیشتر شود. ریشه‌های عمیق در مقاومت به خشکی ذرت سهیم بوده‌اند. عیب ریشه‌های عمیق در این است که آنها عمدتاً آب را فراهم می‌کنند ولی مواد غذایی کمی جذب می‌کنند (۱۱). هیبرید مبین بیشترین عمق ریشه را داشته و بر شاهد ۷۰۴ برتری داشت. از آنجا که عملکرد این هیبرید پس از کارون قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که عمق نفوذ ریشه که موجب جذب آب و مواد غذایی بیشتر می‌شود یکی از صفات خوب این هیبرید جهت افزایش عملکرد است. با این وجود به‌دلیل بالاتر بودن بودن عملکرد کارون، عمق نفوذ ریشه به‌تنهایی موجب برتری عملکرد یک هیبرید نخواهد شد و عوامل دیگری نیز مؤثر می‌باشند. بیشترین عمق نفوذ ریشه با میانگین ۳۰/۳ سانتی‌متر در هیبرید مبین و تیمار تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۳).

**عرض گسترش ریشه:** اثر تنش خشکی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمارهای بدون تنش و تنش ملایم به‌ترتیب با ۳۹/۶ و ۳۸/۶ سانتی‌متر بیشترین و تیمارهای تنش متوسط و شدید به‌ترتیب با ۲۹/۴ و ۳۰ سانتی‌متر کمترین عرض گسترش ریشه را داشتند (جدول ۲). از آنجا که تیمارهایی که بیشترین عرض گسترش ریشه را داشتند، کمترین عمق ریشه را داشتند. به‌نظر می‌رسد در کرت‌هایی که ریشه با کمبود آب مواجه نبوده است، تمایلی برای نفوذ به عمق خاک نداشته است و تنها با تشدید تنش تمایل ریشه به رشد عمقی تحریک شده است. هانوی (۶) گزارش کرد ریشه‌ها بیشتر به جاهایی کشیده می‌شوند که در این مناطق آب و مواد غذایی کافی موجود باشد.

**مدت زمان ظهور گل تاجی:** اثر تنش خشکی، هیبرید و اثر متقابل آنها بر صفت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار شاهد با ۵۶/۸ روز بیشترین و بقیه تیمارهای تنشی کمتر بودند. در بین هیبریدها نیز هیبرید شاهد ۷۰۴ با ۵۷/۸ روز بیشترین و کارون با ۵۲/۹ کمترین بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب زودرس شدن ذرت می‌گردد. هم‌چنین هیبرید کارون در حدود ۵ روز نسبت به شاهد زودرس‌تر است. تنش خشکی بر طول دورهٔ رشد گل‌ها اثر منفی باقی می‌گزارد (۱۹). زودرس بودن هیبریدهای اصلاح شده یک مزیت به‌شمار می‌آید. زیرا پس از کشت ذرت اکثر مزارع دشت خوزستان به کشت گندم اختصاص می‌یابد و از آنجا که بهترین تاریخ کاشت گندم نیمه



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

آبان الی آذر ماه است که مصادف با برداشت ذرت است. بنابراین غالباً در کشت گندم تأخیر پیش می‌آید و یا اینکه زارعین ناچار به برداشت ذرت با درصد رطوبت بالا هستند که موجب خسارت است. بنابراین زودرسی یک هیبرید یک مزیت به‌شمار آمده و مورد اقبال کشاورزان است. زودرس‌ترین میانگین با ۵۱ روز در هیبرید کارون و تیمار تنش ملایم به‌دست آمد (جدول ۳).

**وزن خشک اندام هوایی:** اثر تنش خشکی، هیبرید و اثر متقابل آنها بر صفت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمارهای شاهد و تنش ملایم به‌ترتیب با ۹۶۳ و ۱۰۵۵ گرم در بوته بیشترین و تنش شدید با ۴۲۲ کمترین وزن خشک اندام هوایی را داشت. نتایج نشان داد که تیمارهایی که بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشته‌اند، همان تیمارهایی هستند که بیشترین عملکرد دانه را دارند. هم‌چنین با افزایش تنش خشکی از میزان تولید ماده خشک کم شد که بیانگر اهمیت آب در تولید ماده خشک است. ربانی و امام (۱۳) نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. هیبرید مبین با ۱۰۱۲ گرم در بوته بیشترین و هیبرید ۷۰۴ با ۵۲۳ گرم در بوته کمترین وزن خشک اندام هوایی را داشت. از آنجا که این هیبرید از لحظ عملکرد دانه پس از کارون قرار گرفته بود مشخص می‌گردد که علی‌رغم تولید بیولوژیک بالا از توانایی تولید عملکرد کمتری نسبت به کارون برخوردار است (جدول ۲). میانگین های متعددی دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی شدند که عمدتاً هیبریدهای کارون و مبین درسطوح بدون تنش و تنش متوسط بودند. این نتیجه بیانگر اهمیت آب در تولید این صفت و از طرف دیگر بیانگر پتانسیل بالاتر هیبریدهای جدید نسبت به شاهد در تولید ماده خشک است (جدول ۳).

**وزن خشک ریشه:** اثر تنش خشکی در سطح احتمال خطای پنج درصد و هیبرید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. به‌طوری‌که تیمار تنش ملایم با ۲۲۸/۷ گرم در مترمربع بیشترین و تنش‌های متوسط و شدید به‌ترتیب با ۱۹۷/۳ و۱۸۷/۳ کمترین وزن خشک ریشه را داشتند. انتظار می‌رفت تیمار شاهد بدون تنش به‌علت عدم محدودیت آبی بیشترین وزن خشک ریشه را داشته باشد درحالی‌که تنش ملایم بالاترین وزن خشک ریشه را به‌خود اختصاص داد. ظاهراً با بروز تنش خشکی رشد ریشه بیشتر شده است. البته با شدید شدن سطح تنش میزان وزن خشک ریشه نیز رو به کاهش گذاشته است. بنابراین به‌نظر می‌رسد سطح محدودی از تنش می‌تواند در فعالیت بهتر ریشه مؤثر باشد. شاید دلیل این اعتقاد کشاورزان که در مراحل اولیه کشت می‌توان با دادن تنش محدود، ذرت را نسبت به شرایط محیطی متحمل‌تر کرد همین باشد (جدول ۲). تحمل در مراحل اولیه رشد ذرت نسبت به خشکی قبلاً گزارش شده است (۹). ساکی‌نژاد (۱۴) گزارش کرد برخلاف تنش شدید خشکی تنش ملایم رشد ریشه را در ذرت افزایش می‌دهد. بیشترین میانگین به‌میزان ۳۳۹/۵ گرم در مترمربع در شرایط بدون تنش برای هیبرید مبین و دیگری به‌میزان ۲۹۰/۶ گرم برای هیبرید کارون و در شرایط تنش ملایم بود (جدول ۳).

**شاخص برداشت:** اثر تنش خشکی، هیبرید و اثر متقابل آنها بر صفت در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. تیمار تنش ملایم با ۵۵/۵ درصد بیشترین و تنش شدید با ۳۱/۹ درصد کمترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. این صفت در تنش ملایم افزایش و با شدت یافتن تنش خشکی کاهش شدیدی نشان داد. ربانی و امام (۱۳) نیز گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش شاخص برداشت می‌گردد. این نتیجه می‌تواند بیانگر اهمیت آب در ظهور این صفت باشد. برتر نشدن تیمار بدون تنش برای این صفت ممکن است به‌دلیل تمایل گیاه برای افزیش رشد رویشی و تولید عملکرد بیولوژیک که البته موجب اتلاف آب است، باشد. زیرا این تیمار یکی از تیمارهایی است که بیشترین وزن ماده خشک اندام هوایی را داشت. هیبرید کارون با ۴۸ درصد بیشترین شاخص برداشت را دارا بود و هیبریدهای ۷۰۴ و مبین از این



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

**جدول ۳. مقادیر میانگین اثر متقابل هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح مختلف تنش خشکی**

| تنش خشکی | هیبرید | عمق نفوذ ریشه | وزن خشک ریشه | شاخص برداشت | مدت زمان ظهورگل تاجی | وزن خشک اندام هوایی | پروتئین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میلی‌متر | | (سانتی‌متر) | (گرم در مترمربع) | (درصد) | (روز) | (گرم در مترمربع) | (درصد) |
| | ۷۰۴ | ۲۱/۰ h | ۱۳۹ d | ۴۳/۲ bcd | ۶۰/۵ a | ۶۸۵ b | ۷/۶۰ g |
| ۷۵ | کارون | ۲۲/۷ fgh | ۱۴۳ cd | ۴۹/۰ b | ۵۴/۰ f | ۱۰۵۲ a | ۸/۱۳ fg |
| | مبین | ۲۵/۱ c-f | ۳۴۰ a | ۳۹/۲ bcd | ۵۶/۰ d | ۱۱۵۲ a | ۹/۱۵ cd |
| | ۷۰۴ | ۲۳/۷ efg | ۲۱۱ b | ۴۹/۳ b | ۵۸/۰ b | ۷۸۷ b | ۹/۱۰ cde |
| ۹۵ | کارون | ۲۲/۰ gh | ۲۹۱ a | ۷۰/۰ a | ۵۱/۰ h | ۱۱۸۷ a | ۸/۴۳ ef |
| | مبین | ۲۶/۷ bcd | ۱۸۵ bcd | ۴۷/۲ bc | ۵۷/۰ c | ۱۱۹۱ a | ۸/۶۰ def |
| | ۷۰۴ | ۲۴/۳ d-g | ۱۸۲ bcd | ۳۶/۵ cde | ۵۵/۰ e | ۲۸۱ e | ۸/۰۰ fg |
| ۱۱۵ | کارون | ۲۷/۰ bc | ۲۰۰ bcd | ۴۱/۲ bcd | ۵۳/۵۰ fg | ۵۸۴ bc | ۹/۱۷ bcd |
| | مبین | ۲۴/۳ d-g | ۲۱۰ b | ۳۲/۷ de | ۵۶/۰ d | ۱۱۵۱ a | ۹/۹۰ a |
| | ۷۰۴ | ۲۵/۳ cde | ۱۸۱ bcd | ۲۵/۹ e | ۵۷/۷ bc | ۳۳۹ de | ۹/۸۷ ab |
| ۱۳۵ | کارون | ۲۸/۰ ab | ۱۷۷ bcd | ۳۱/۷ de | ۵۳/۰ g | ۳۷۱ cde | ۹/۰۳ cde |
| | مبین | ۳۰/۳ a | ۲۰۴ bc | ۳۸/۱ bcd | ۵۵/۵ de | ۵۵۴ bcd | ۹/۷۳ abc |

اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

لحاظ کمتر بودند. از آنجا که هیبرید کارون بیشترین عملکرد دانه را داشت، بنابراین به‌نظر می‌رسد این صفت در برتری عملکرد دانهٔ کارون نقش برجسته داشته است و توانایی این هیبرید را در تولید بیشتر دانه از عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد. بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۷۰ درصد در هیبرید کارون و تیمار تنش ملایم به‌دست آمد (جدول ۳).

**پروتئین دانه:** اثر تنش خشکی در سطح احتمال خطای پنج درصد و اثر هیبرید و اثر متقابل تنش خشکی و هیبرید در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار تنش شدید با ۹/۵۴ درصد بیشترین و تیمار بدون تنش با ۸/۲۹ کمترین درصد پروتئین را داشت. نتایج نشان داد تنش خشکی موجب افزایش میزان پروتئین شده که این خود یک مزیت است. اما از طرف دیگر تحت شرایط تنش خشکی کاهش عملکرد پیش آمد. کاهش غلظت پروتئین‌های محلول برگ در تنش خشکی قبلاً گزارش شده است (۲۰ و ۲۱).

بروز تنش در مرحله پُر شدن دانه موجب کاهش جزئی عملکرد و افزایش پروتئین دانه گردید (۵). شان و همکاران (۱۸) نیز گزارش کرده‌اند مقدار عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد ۳۰ درصد کاهش نشان داد. اما محتوی پروتئین دانه پنج درصد افزایش یافت. هیبرید مبین با ۹/۳۴ درصد بیشترین میزان پروتئین را داشت و نسبت به هیبریدهای ۷۰۴ و کارون برتری داشت. این نتیجه دور از انتظار نبود. زیرا هیبرید مبین برخلاف دو هیبرید دیگر که دارای بافت دانهٔ دنت می‌باشند، دارای بافت دانهٔ فلینت است که از میزان پروتئین بیشتری برخوردار می‌باشند (۶). بیشترین میانگین به‌میزان ۹/۹ درصد برای هیبرید مبین در شرایط تنش متوسط و پس از آن به‌میزان ۹/۸۷ درصد برای هیبرید ۷۰۴ و در شرایط تنش شدید بود (جدول ۳).



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

## نتیجه‌گیری

براساس نتایج هیبرید کارون با ۶/۳۷ تن در هکتار بیشترین و هیبرید ۷۰۴ با ۵/۱۶ کمترین عمکرد دانه را داشت. دو هیبرید کارون و مبین در شرایط بروز تنش خشکی از توانایی بیشتری برای تولید محصول نسبت به هیبرید ۷۰۴ برخوردار بودند. هیبرید کارون، ۵ روز نسبت به شاهد زودرس‌تر و بیشترین شاخص برداشت (به‌میزان ۴۸ درصد) را داشت.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات کلیه همکاران مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد که در اجرای این پژوهش یاری رساندند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

## منابع مورد استفاده

1. Amato, M. and J. T. Ritchie. 2002. Spatial Distribution of Roots and Water Uptake of Maize (*Zea mays* L.) as Affected by Soil Structure. *Crop Science* 42:773–780.
2. Arndt S. K. K., S. C. Clifford, W. Wanek, H. G. Jones and M. Popp. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology* 21: 705-715.
3. Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth corn. *Field Crop Research* 89(1):1-16.
4. Ebrhimzadeh, M. A. and A. Hasanli. 2009. Corn root development and its effect on water saving in different irrigation methods using effluent in the semi-arid Karbal,s plain of the Fars province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12(44): 69-82. (In Farsi).
5. Foroud, H. and H. Mundel. 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield protein and oil. *Field Crops Research* 61: 195-209.
6. Hanway, J. J. 1992. How a Corn Plant Develops, Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
7. Lak, S., A. Naderi, S. A. Syadat, A. Ainehband and G. Normohamadi. 2008. Effects of water deficit on yield and nitrogen efficiency of corn hybrids grown at different levels of nitrogen and plant 704. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 4(2): 153-170. (In Farsi).
8. Liedgens, M., W. Richner. 2001. Minirhizotron observations of the spatial distribution of the maize root system. *Agronomy Journal* 93: 1097–1104.
9. Martin B. and N. A. R. Torres. 1992. Effects of water deficits stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat. *Plant Physiology* 100: 733-739.
10. Nakamoto, T., A. Matsuzaki and K. Shimoda. 1992. Root spatial distribution of field grown maize and millets. *Japan Journal Crop Science* 61: 304–309.
11. Nicoullaud B., D. King, F. Tardieu. 1994. Vertical distribution of maize roots in relation to permanent soil characteristics. *Plant and Soil* 159: 245-254.
12. Pazoki, A. 2001. Evaluate and measure the effect of water stress on physiological characteristics and various indicators of drought tolerance in two cultivars of rapeseed. PhD. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Ahvaz. (In Farsi).
13. Rabani, J. and Y. Amam. 2012. Yield response to water stress at different growth stages of maize hybrids. *Journal of Crop Production and Processing* 1(2): 65-78. (In Farsi).
14. Sakinejad. T. 2004. Effects of water stress on the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in different periods of growth, according to the morphological and physiological characteristics of corn in Ahwaz climatic conditions. PhD. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Ahvaz. (In Farsi).
15. Sarmadnya. G. and A. Kochaki. 1998. Physiological Aspects of Dry Land Farming. Publications Jihad Mashhad University, Mashhad. (In Farsi).
16. Sharp R., V. Poroyko, L. G. Hejlek, W. G. Spollen, G. K. Springer, H. J. Bohnert and H. T. Nguyen. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany* 55(407): 2343-2351.
17. Shaw, R. M. and D. R. Laing. 1968. Moisture Stress and Plant Response, Plant Environment and Efficient Water Use. America Society Agronomy, Madison, Wisconsin. pp: 73-94.



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]

18. Shumway, C. R., J. T. Cothren, S. O. Sernasoldivar and L. W. Rooney. 1992. Planting data and moisture stress effects on yield, quality and alkaline processing characteristics of food grain maze. *Crop Science* 32:1256-1269.
19. Song, F. B., Y. Y. Dai. 2000. Effect of drought stress on growth and development of female inflorescence and yield of maize. *Journal of Jilin Agricultural University* 22 (1): 18-22.
20. Xie, Z., D. Jiang, T. Dai and W. Cao. 2004. Effect of exogenous ABA and cytokinin on leaf photosynthesis and grain protein accumulation in wheat ears cultured in vitro. *Plant Growth Regulation* 44:25-32.
21. Yang, J., J. Zhang, Z. Huang, Z. Wang, Q. Zhu and L. Liu. 2002. Correlation of cytokinin levels in the endosperms and roots with cell number and cell division activity during endosperm development in rice. *Annals of Botany* 90: 369-377.
22. Zhang S. and L. Shan. (2000). Effect of nitrogen nutrition on endogenous hormone content of maize under soil drought conditions. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 14(9):1503-6.

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.18.16.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195 ]