دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره اول، فروردین و اردیبهشت ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری

محمد محمدی بهمدی[۱]، محمد آرمین[۲*]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱۶

چکیده

مقدمه: خشکی یکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. اثرات تنش خشکی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بسته به زمان وقوع تنش، مرحله رشد گیاه، ژنوتیپ گیاه، رقم، روش کشت، کیفیت خاک و تغییرات شرایط محیطی در طول فصل رشد دارد. تفاوت‌های زیادی بین ارقام مختلف ذرت در واکنش به تنش خشکی گزارش شده است؛ اما اطلاعات اندکی در اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری وجود دارد. لذا این بررسی به‌منظور بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. زمان اعمال تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (حذف یک مرحله آبیاری در مرحله ۴ تا ۶ برگی، حذف یک مرحله آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و حذف یک مرحله آبیاری در مرحله دانه‌بندی) و نوع رقم در چهار سطح (Maxima, B.C., KSC704, Simon) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. در پایان فصل رشد، تعداد ۵ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع گیاه، وزن بلال، تعداد بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. همچنین بعد از حذف اثر حاشیه‌ای عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی نیز اندازه‌گیری گردید.

*نویسنده مسئول: moh_armin@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. اثر رقم بر ارتفاع بوته، تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف در بلال تعداد دانه در ردیف، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی و هم‌چنین اثر متقابل تنش × رقم بر کلیه خصوصیات مورد اندازه‌گیری به‌جزء ارتفاع معنی‌دار بود. تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه بالاترین ارتفاع (۱۹۶ سانتی‌متر) را تولید کرد؛ در حالی که تنش در مرحله رویشی به‌صورت معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع (۱۰/۴۲ درصد) گردید. در میان ارقام مورد مطالعه رقم Simon بالاترین ارتفاع (۲۰۶ سانتی‌متر) و Maxima کمترین ارتفاع (۱۷۵ سانتی‌متر) را تولید کرد. رقم KSC704 بالاترین تعداد بلال در بوته (۱/۰۵ عدد)، تعداد دانه در ردیف (۴۷/۳۳ عدد)، وزن هزار دانه (۱۹۴ گرم)، عملکرد اقتصادی (۱۲/۸۳ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۶۷/۹۹ تن در هکتار) زمانی که خشکی در مرحله رویشی یا دانه‌بندی صورت گرفت را داشت. رقم Simon در مرحله دانه بستن بیشترین حساسیت را به تنش خشکی از نظر عملکرد اقتصادی داشت و کمترین عملکرد اقتصادی (۴/۹۰ تن در هکتار) را تولید کرد؛ در حالی که رقم .B.C کمترین عملکرد اقتصادی (۶/۱۲ تن در هکتار) را در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی تولید کرد.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط کشت تأخیری واکنش ارقام مورد مطالعه به زمان اعمال تنش خشکی متفاوت است. با وجود اینکه در رقم Maxima و .B.C تأخیر در تنش خشکی سبب افزایش عملکرد اقتصادی شد در حالی‌که در رقم Simon و KSC704 سبب کاهش عملکرد شد. رقم Simon بیشترین حساسیت به تنش خشکی به‌خصوص زمانی که تنش در مرحله دانه‌بندی حادث شود را دارد. در میان ارقام مورد مطالعه رقم KSC704 در شرایط کشت تأخیری از ثبات عملکرد بیشتری برخوردار بود. لذا، در شرایط کشت تأخیری تنش خشکی در مرحله رویشی اثرات منفی بیشتری در مقایسه با سایر مراحل داد و به‌نظر می‌رسد انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تا حدودی سبب کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارقام ذرت، تاریخ کاشت، تنش خشکی، کاهش عملکرد

مقدمه

امروزه در جهان ذرت به صورت مستقیم به‌عنوان ماده غذایی برای میلیون‌ها نفر و به صورت غیرمستقیم به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای یکی از اجزای ضروری امنیت غذایی جهانی محسوب می‌شود (Campos *et al.*, 2004). یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تنش کمبود آب در مراحل رشد است (Harrison *et al.*, 2014). اثرات سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت بستگی به زمان وقوع تنش، مراحل نمو، ژنوتیپ گیاه، ارقام، روش کشت گیاه، کیفیت خاک، سطح کمبود و تغییرات شرایط محیطی در طول خشکی دارد (Sepehr *et al.*, 2002). میزان آب مورد نیاز ذرت در طول فصل رشد، به آب‌وهوای منطقه، نوع

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

رقم و طول فصل رشد بستگی دارد و از ۶۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ مترمکعب در ارقام زودرس تا دیررس متفاوت می‌باشد. نیاز رطوبتی ذرت در مراحل اولیه رشد رویشی کم، ولی با افزایش تعداد برگ‌ها زیاد می‌شود. حساس‌ترین مرحله رشد ذرت نسبت به کمبود آب مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و تلقیح می‌باشد (Smith and Betrán, 2004).

در بین گیاهان زراعی C4، ذرت بیشترین حساسیت را به تنش‌های محیطی دارد. کمبود آب در مرحله رویشی نه تنها بر برگ و ساقه، بلکه بر روی وقایع مهم نموی مانند ظهور گل‌تاجی، ابریشم‌دهی بلال، شروع و پایان رشد خطی در پر شدن دانه، احیای نیترات و سنتز پروتئین مؤثر است (Cakir, 2004). به عقیده برخی محققین تنش آب قبل از ابریشم‌دهی بلال منجر به کاهش ۱۵/۱ تا ۲۲/۱ درصدی عملکرد دانه می‌گردد. تفاوت موجود در میزان کاهش عملکرد طی آزمایشات مختلف می‌تواند به علت تفاوت ارقام و همچنین اختلاف در شدت و زمان دقیق کمبود آب اعمال شده باشد (Osborne *et al.*, 2002). تنش خشکی فتوسنتز را از طریق بسته شدن روزنه‌ها و نرسیدن دی‌اکسید کربن به کلروپلاست و همچنین کاهش پتانسیل آب سلول بر روی ساختمان‌های پیچیده فتوسنتزی متأثر می‌کند. تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (Hüner and Hopkins, 2008). برخی از محققین بر اهمیت تأمین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت تأکید کرده‌اند، به اعتقاد آن‌ها نقش آب در مرحله رشد رویشی و قبل از گرده‌افشانی گرچه تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی نسبت به کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه‌ها دارد؛ ولی از این نظر که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را به شدت تغییر می‌دهد دارای اهمیت خاصی است (Lobell *et al.*, 2014).

استر و همکاران (Setter *et al.*, 2001) بیان نمودند، فرآیند دانه‌بندی در ذرت به وسیله فتوسنتز برگ‌ها، میزان قندها، نشاسته، آبسیزیک اسید و سیتوکنین تعیین می‌شود و کمبود آب به مدت ۵ روز پیش از گرده‌افشانی و نیز در مرحله اولیه گرده‌افشانی موجب کاهش دانه‌بندی در نواحی انتهایی بلال می‌شود. گزارش‌های متعددی مبنی بر حساس بودن مرحله گلدهی و گرده‌افشانی در ذرت نسبت به کمبود آب داده شده است. کمبود آب در این مرحله باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیر طبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌شود (Ahmad *et al.*, 2015; Cakir, 2004; Moser *et al.*, 2006; Setter *et al.*, 2001; Song, 1999). گزارش شده است که، تنش رطوبتی در مراحل رشد رویشی و گلدهی به ترتیب باعث کاهش ۲۸ و ۲۹ درصدی عملکرد نسبت به تیمار آبیاری متداول می‌گردد (Shoa Hosseini *et al.*, 2008). پاندی و همکاران (Pandey *et al.*, 2000) اثر تنش خشکی بر رشد و توسعه ذرت را بررسی کرده و بیان داشتند که، تنش خشکی مانع از رشد و توسعه گل‌آذین ماده در گیاه می‌گردد و کوتاه شدن طول، قطر، وزن خشک

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

و وزن تر بلال از اثرات کمبود آب روی بلال ذرت است. کاکیر (Cakir, 2004) گزارش کرد که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت عملکرد آن را در درجات متفاوت کاهش می‌دهد؛ که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مرحله رشدی گیاه وابسته است. چن و همکاران (Cheng *et al.*, 2017)

براساس مدلسازی در ۲۴ لاین مختلف ذرت گزارش کردند که، مراحل ریزش گرده و ابریشم، ظهور گل تاجی، متورم شدن دانه، مراحل اولیه پرشدن دانه، جوانه‌زنی، مراحل میانی پرشدن دانه و در نهایت مرحله پایانی پرشدن دانه به ترتیب حساس‌ترین مراحل به تنش آبی می‌باشند. تالک و همکاران (Tolk *et al.*, 2016) تفاوت‌های بین ارقام ذرت را از نظر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد در سطوح مختلف تنش رطوبتی گزارش کردند. بر اساس نظر این محققان دلیل کاهش ۲۴ درصدی عملکرد در رقمی که بیشترین حساسیت را به تنش رطوبتی داشت کمتر بودن تعداد دانه در بلال (۳۹ درصد) و وزن بلال (۱۹ درصد) بوده است. علاوه بر آن عملکرد بالاتر در رقم مقاوم به تنش به علت توانایی بهتر برای جذب آب از خاک نبوده بلکه بالاتر بودن کارایی مصرف آب در این رقم سبب شده بود که عملکرد بالاتری را تولید کند. در بررسی کار و همکاران (Cooper *et al.*, 2014) تخلیه آهسته‌تر آب از خاک در رقم مقاوم در مقایسه با رقم حساس دلیل بالاتر بودن عملکرد گزارش شده است. تخلیه آهسته‌تر رطوبت خاک به حفظ تعادل آب و خاک در مراحل حیاتی رشد کمک می‌کند.

از جمله راهکارهای ساده برای فرار از خشکی در گیاهان زراعی تغییر تاریخ کشت می‌باشد که سبب می‌شود مراحل حساس به تنش رطوبتی علاوه‌بر اینکه با درجه حرارت بالا مواجه نمی‌شود ممکن است با بارندگی‌های زودرس پاییزه و یا حتی تابستانه نیز مواجه شود که این امر سبب تولید عملکرد مناسب خواهد شد. با تأخیر در تاریخ کشت امکان فرار از تنش خشکی برای گیاه کاملاً فراهم نمی‌باشد لذا با توجه به واکنش‌های متفاوت ارقام ذرت به تنش خشکی و حساسیت متفاوت در مراحل مختلف نموی به تنش خشکی تعیین مناسب‌ترین رقم و مرحله خسارت زای تنش خشکی نقش مهمی در تولید عملکرد مناسب دارد. ازآنجاکه مطالعات اندکی در مورد اثر تنش خشکی در مراحل مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری وجود دارد این بررسی به منظور بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه مجتمع کشاورزی و دامپروری کشت صنعت شمال شرق در ۱۹۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان شاهرود در سال ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. این مزرعه در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۹۳ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۲۳ ثانیه در ارتفاع ۱۲۵۰ متری از

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

سطح دریا قرار گرفته است. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. زمان اعمال تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (حذف یک مرحله آبیاری در مرحله ۴ تا ۶ برگی، حذف یک مرحله آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و حذف یک مرحله آبیاری در مرحله دانه‌بندی) و نوع رقم در چهار سطح (Maxima, B.C., KSC704, Simon) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. رقم Simon در گروه رسیدگی ۶۵۰، رقم B.C و رقم KSC704 در گروه رسیدگی ۶۰۰، رقم Maxim در گروه رسیدگی ۵۸۰ قرار دارند. ارقام مورد آزمایش از شرکت کشت و صنعت برکت جوین تهیه شد. اولین آبیاری بعد از اعمال تنش به محض مشاهده حالت لوله‌ای در برگ‌ها انجام گرفت. مشخصات آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در سال آزمایش در جدول ۱ آورده شده است

جدول ۱- متوسط دما روزانه و بارندگی ماهیانه در فصل رشد

Table 1- Daily average air temperature and monthly rainfall during growth season

ماه Month	دمای روزانه هوا (سانتی‌گراد) Daily air temperature (^{o}C)		بارندگی ماهیانه (میلی‌متر) Monthly rainfall (mm)
	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	
May	38.5	11.7	22.8
June	42.6	15	3
July	45.4	20.	0
August	43.2	18.4	3.4
September	38.5	16.3	0
October	35.5	3.9	14.8

زمین مورد نظر در سال قبل از انجام آزمایش، به صورت آیش بود برای آماده‌سازی زمین برای کشت ابتدا در حالت گاورو بودن خاک دو بار گاوآهن قلمی زده شد و سپس برای خرد کردن کلوخه‌ها از دیسک یک‌طرفه استفاده شد. کوددهی و تغذیه براساس آزمون خاک (جدول ۲)، به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم فسفات تریپل، ۷۰ کیلوگرم پتاس، ۵۰ کیلوگرم اوره قبل از کشت با دستگاه کودپاش پشت تراکتوری سانتریفیوژ به زمین داده شد. مابقی کود نیتروژنه به صورت اوره به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله ۵-۲ برگی و ۱۲-۱۰ برگی استفاده شد. در مرحله ۴ برگی ذرت، علف‌های هرز مزرعه با استفاده از علف‌کش توفوردی به میزان ۲ لیتر در هکتار کنترل شد. هر کرت شامل ۶ ردیف با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۲ سانتی‌متر با طول ۴ متر بود. فاصله بین دو کرت ۱ متر و بلوک‌ها هم به فاصله ۴ متر از همدیگر در نظر گرفته شد. به‌دلیل عدم مشاهده آفت و بیماری خاص در مزرعه عملیات کنترل آفات و بیماری‌ها انجام نشد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2- Physicochemical properties of soil on experimental site

فسفر Phosphorus	پتاس Potassium	کربن آلی Organic carbon	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	EC	pH
Ppm		(%)		(%)		($ds.m^{-1}$)	
15.7	140	0.33	72.5	11.5	16	0.58	8.31

رسیدن دانه‌ها با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها در تاریخ ۱۳۹۳/۸/۲۰ مشخص گردید. در پایان فصل رشد، تعداد ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب و در آن ارتفاع گیاه، وزن بلال، تعداد بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. بعد از حذف اثر حاشیه‌ای (نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت و یک ردیف از طرفین) مساحت باقیمانده (۶ مترمربع) برداشت و در آن عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی اندازه‌گیری گردید. عملکرد بیولوژیک به صورت وزن بوته‌های برداشت شده به همراه بلال تعیین شد و برای تعیین عملکرد اقتصادی ابتدا بلال از بوته جدا شده و بعد از حذف غلاف برگ از بلال در شرایط محیطی طبیعی در هوای آزاد به مدت یک هفته قرار داده شد سپس دانه‌ها از بلال جدا و به عنوان عملکرد اقتصادی هر کرت در نظر گرفته شد. داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS ver 9.1 تجزیه و میانگین‌ها با روش LSD مقایسه شدند. جداول و نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای Word و Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر تنش خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، در حالی که اثر متقابل رقم × تنش خشکی بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی است. تأخیر در زمان اعمال تنش موجب افزایش ارتفاع بوته شد (شکل ۱). علت را می‌توان در این امر دانست که تنش‌های مرحله گرده‌افشانی و دانه‌بندی موقعی اعمال می‌گردد که رشد رویشی بوته‌ها کامل شده و در نتیجه این تنش‌ها بایستی اثرات کمتری بر این صفت داشته باشد. این نتایج به‌وسیله یافته‌های (Hajibabaei and Azizi, 2013) تائید می‌گردد. مشاهدات سایر محققان نیز به متأثر شدن ارتفاع بوته از تنش خشکی اشاره دارد که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد (Cakir, 2004; Hajibabaei and Azizi, 2013; Heidary *et al.*, 2012; Shoa Hosseini*et al.*, 2008). ربانی و امام (Rabbani and Emam, 2012) نیز کاهش ۱۰/۲ درصدی ارتفاع ذرت را در اثر تنش خشکی در مرحله رویشی گزارش کردند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

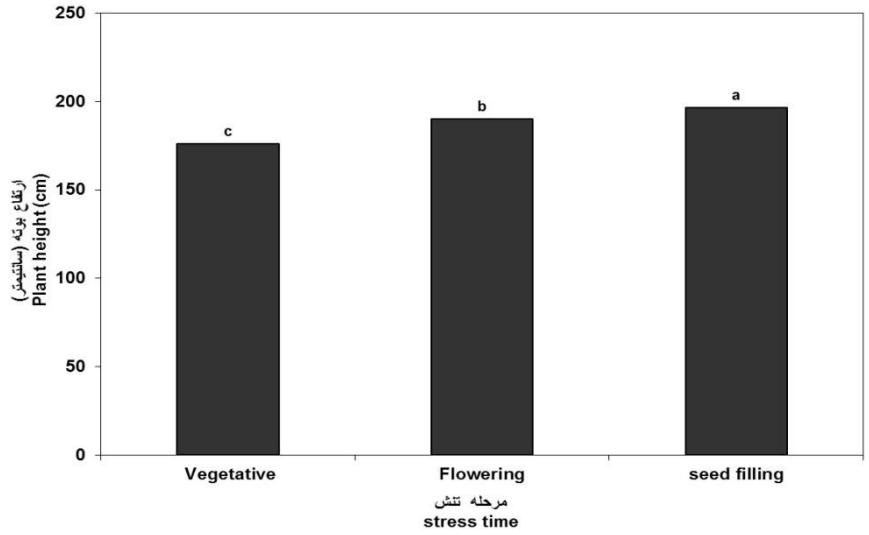
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و رقم بر صفات مورد ارزیابی ذرت

Table 3- Analysis of variance (ANOVA) of the effects of stress time and and cultivar on evaluated traits of corn

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع گیاه Plant heigth	تعداد بلال Ear number	تعداد دانه در ردیف Seed per kernel	تعداد ردیف در بلال Row number per kernel
تکرار Replication	2	19.25^{ns}	0.003^{ns}	4.33^{ns}	17.20^{ns}
زمان تنش Stress time	2	492^{**}	0.006^{ns}	2.25^{ns}	389^{**}
خطای اصلی Error (a)	4	35.35	0.002	2.45	0.07
رقم Cultivar	3	352^{**}	0.05^{**}	93.21^{**}	16.07^{**}
زمان تنش × رقم Stress time × cultivar	6	14.4^{ns}	0.06^{**}	63.87^{**}	5.14^{**}
خطای فرعی Error (b)	18	6.51	0.001	1.60	0.02
ضریب تغییرات CV (%)		12.80	3.97	13.13	9.31

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.



شکل ۱- اثر تنش خشکی بر ارتفاع گیاه

Figure 1- Effect of drought stress on plant height

در بین ارقام مورد بررسی، بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۶/۴۴ سانتی‌متر) مربوط به رقم Simon بود. ارقام Maxima (۱۷۵/۱۴) و KSC704 (۱۷۹/۹۳) نیز کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داده‌اند. اختلاف آماری معنی‌داری بین دو رقم Maxima و KSC704 وجود نداشت. رقم .B.C با تولید ارتفاع ۱۸۸/۲ سانتی‌متر بین سایر ارقام مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت بین ارقام در ارتفاع بوته ناشی از تفاوت در دوره رسیدگی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که ارقام دیررس‌تر، ارتفاع بوته بلندتری نسبت به ارقام زودرس به خود می‌گیرند (Hüner and Hopkins, 2008).

تعداد بلال: اثر تنش خشکی و رقم بر تعداد بلال در بوته معنی‌دار نبود؛ در حالی که اثر متقابل رقم×تنش خشکی بر صفت مذکور در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برش دهی اثر متقابل در سطوح مختلف زمان اعمال تنش خشکی در کلیه ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تعداد بلال در هر بوته در ارقام مختلف در واکنش به قطع آبیاری متفاوت بود. رقم KSC704 در اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی و دانه‌بندی تعداد بلال در هر بوته بیشتری در مقایسه با سایر ارقام تولید کرد در حالی که زمانی که تنش خشکی در مرحله گلدهی حادث شد رقم .B.C تعداد بلال بیشتری را تولید کرد. در رقم Maxima اعمال تنش خشکی در انتهای فصل رشد اثرات منفی کمتری در مقایسه با سایر مراحل رشد داشت. تغییرات تعداد بلال در بوته در ارقام مختلف در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی در مقایسه با سایر مراحل بیشتر بود (جدول ۴).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر صفات مورد ارزیابی ذرت

Table 4- Mean comprison of stress time × cultivar on evaluated traits of corn

زمان تنش Stress time	رقم Cultivar	تعداد بلال Ear number	تعداد ردیف در بلال Row number per kernel	تعداد دانه در ردیف بلال Row number per kernel
رویشی Vegetative	B.C.	0.96 b	16.03 a	39.66 b
	KSC704	1.05 a	14.06 b	47.33 a
	Maxima	0.92 b	15.95 a	32.66 c
	Simon	1.02 a	14 b	41 b
گلدهی Flowering	B.C.	1.16 a	14.16 b	35 b
	KSC704	0.99 b	14.02 b	42.33 a
	Maxima	0.98 b	15.85 a	42.66 a
	Simon	1 b	12.02 c	40.66 a
دانه‌بندی Seed filling	B.C.	1.04 b	16 a	36 b
	KSC704	1.20 a	12.01b	44.33 a
	Maxima	1.04 b	16.03 a	46 a
	Simon	0.71 c	15.99 a	37.33 b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

جدول ۵- میانگین مربعات برش‌دهی اثر متقابل زمان تنش و رقم در سطح زمان تنش

Table 5- Mean sugar of slicing of stress time × cultivar intraction at stress level

زمان تنش Stress time	ارتفاع گیاه Plant heigth	تعداد بلال Ear number	تعداد دانه در ردیف Seed per kernel	تعداد ردیف در بلال Row number per kernel
رویشی Vegetative	168	0.02	37.88	7.40
گلدهی Flowering	99.52	0.11	74.52	12.01
دانه‌بندی Seed filling	314	0.01	108.55	3.92

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی تفاوت بیشتر از نظر تعداد بلال در بوته در صورتی که تنش خشکی در مرحله رویشی اتفاق می‌افتد به دلیل اثرات بازدارنده بر تولید یا گسترش مریستم های زاینده باشد که تنش خشکی از طریق کاهش تقسیم سلولی سبب کاهش تولید این مریستم ها شده است در صورتی که در زمان گلدهی و دانه‌بندی در همه ارقام تعداد بلال در هر بوته قبلاً تولید شده است و تفاوت در تعداد بلال ممکن است به تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام ارتباط داشته باشد. در ذرت محل تشکیل اولین بلال نقش بسیار مهمی در تعیین تعداد بلال تولیدی در هر بوته دارد. هر چه این بلال پایین‌تر تشکیل شود محل های بیشتری برای تشکیل بلال دوم و سوم وجود دارد. گزارش شده است که تنش خشکی موجب کاهش تعداد بلال در بوته می‌شود (Sepasi *et al.*, 2012).

تعداد ردیف در بلال: اثرات زمان اعمال تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم × تنش بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار بود (جدول ۳). برش دهی اثر متقابل رقم × تنش در سطوح مختلف تنش نشان داد که در هر سه مرحله زمان اعمال تنش اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه وجود دارد. کمترین تفاوت در میان ارقام زمانی مشاهده شد که تنش در مرحله دانه‌بندی اعمال شد به نحوی که اختلاف معنی‌دار زیادی بین ارقام مشاهده نشد. در این مرحله رقم KSC704 کمترین تعداد ردیف در بلال را تولید کرد و بین سه رقم مورد مطالعه دیگر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. در هر سه زمان اعمال تنش بیشترین تعداد ردیف در بلال را رقم Maxima تولید کرد و بیشترین کاهش در این رقم در زمان اعمال تنش در مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول ۴).

به‌علت کنترل شدید ژنتیکی این صفت انتظار می‌رود که صفت تعداد ردیف دانه در بلال در شرایط مختلف ثابت باشد و کمتر تحت تأثیر محیط قرار گیرد، ولی تنش‌ها به طور معنی‌داری بر روی این صفت اثر گذاشته و جالب آنکه تنش در مرحله گرده‌افشانی که خود موجب کاهش طول عمر سیلک‌ها و گرده‌ها می‌شود به طور معنی‌داری تعداد ردیف در بلال را کاهش داده است، در حالی که در تنش‌های ابتدا و انتهای فصل تعداد ردیف در بلال تغییر معنی‌داری نکرده است. علت این امر کاهش قدرت زنده ماندن دانه‌های گرده و سیلک‌ها بر اثر کاهش رطوبت بافت‌های گیاهی با اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی می‌باشد. سپاسی و همکاران (Sepasi *et al.*, 2012) دریافتند که تنش خشکی در مرحله سخت شدن دانه باعث افزایش تعداد ردیف دانه در بلال می‌شود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

تعداد دانه در ردیف بلال: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان اعمال تنش بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار نبود در حالی که اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام از نظر تعداد دانه در ردیف وجود داشت. اثرات متقابل رقم × تنش نیز بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها بر اساس برش دهی در سطوح زمان اعمال تنش نشان داد که تنش در مرحله رویشی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

بیشترین تأثیر را بر تعداد دانه در ردیف بلال در ارقام مورد مطالعه داشت. رقم KSC704 بالاترین تعداد دانه در ردیف بلال را در زمان تنش خشکی در مرحله رویشی تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری در مقایسه با سایر ارقام داشت. در زمان اعمال تنش در مرحله رویشی رقم Maxima که کمترین تعداد دانه در ردیف بلال (۳۲/۶۶ عدد) را تولید کرده بود ۳۰/۹۹ درصد تعداد دانه در ردیف بلال کمتری در مقایسه با رقم KSC704 داشت که بیشترین تعداد دانه در ردیف را تولید کرد. اعمال تنش در مرحله گلدهی کمترین تأثیر را در این صفت موجب شد به نحوی که فقط اختلاف آماری معنی‌دار بین رقم .B.C با سایر ارقام مشاهده شد و بین سه رقم دیگر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. برخلاف نبود اختلاف آماری معنی‌دار بین ارقام در اعمال تنش در مرحله گلدهی، تنش در مرحله دانه‌بندی اثراتی مشابه تنش در مرحله رویشی داشت. در زمان اعمال تنش در مرحله دانه‌بندی رقم Maxima بالاترین تعداد دانه در ردیف را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با رقم KSC704 نداشت (جدول ۴).

به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش تعداد دانه در ردیف بلال در رقم‌های مورد بررسی در سطوح مختلف تنش به اثرات کمبود رطوبت و فراهمی کمتر مواد غذایی به دلیل کاهش سطح برگ یا دوام سطح برگ باشد که در اثر تنش اتفاق می‌افتد. اعمال تنش در مرحله رویشی با تأثیر بر تعداد آغازی‌های تشکیل دهنده دانه در هر ردیف سبب تغییرات در ارقام مختلف می‌شود و بالاتر بودن تعداد دانه در ردیف بلال در یک رقم را می‌توان به تحمل به تنش خشکی بیشتر این رقم ارتباط داد و کاهش تعداد دانه در ردیف بلال در مرحله دانه‌بندی را به کاهش مواد فتوسنتزی به دلیل محدودیت منبع می‌توان نسبت داد. به‌دلیل اینکه تا قبل از اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی گیاه در شرایط مساعد محیطی رشد کرده است. لذا، تعداد دانه در ردیف بلال هم بیشتر تولید شده است؛ اما زمانی که در مرحله دانه‌بندی با تنش خشکی مواجه می‌شود علاوه بر ریزش برگ‌ها که سبب کاهش فتوسنتز می‌شود گیاه برای حفظ بقای خود ممکن است مرحله زایشی را با سرعت بیشتری ادامه دهد که این عوامل سبب کاهش تعداد دانه در ردیف بلال در ارقام مورد بررسی شده است. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2000) بیان کردند که تعداد دانه در ردیف بر اثر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. یافته‌های (Ahmad *et al.*, 2015; Monneveux *et al.*, 2006; Moser *et al.*, 2006; Otegui *et al.*, 1995) نیز نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر منفی را بر تعداد دانه در ردیف بلال را داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد. این عدم تطابق می‌تواند به علت کشت دیرهنگام و فرار از اثرات شدید تنش خشکی در دوره گلدهی و دانه‌بندی باشد.

وزن هزار دانه: آنالیز واریانس نشان دهنده معنی‌داری اثرات تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش × رقم بر وزن هزار دانه بود (جدول ۶). برش دهی اثر متقابل نشان داد که در کلیه سطوح تنش خشکی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

اثر رقم معنی‌دار بود. بیشترین تغییرات وزن هزار دانه در زمان اعمال تنش در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد. این مورد با توجه به هم‌زمانی مراحل زایشی و دانه‌بندی با مراحل تنش‌های آخر فصل (مواجه شدن با سرمای زودرس پاییزه) دور از انتظار نبود. در این مرحله بین همه ارقام مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. رقم KSC704 بیشترین و رقم .B.C کمترین وزن هزار دانه را زمانی که تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی بود تولید کرد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی بیشتر بودن وزن هزار دانه در رقم KSC704 علیرغم بالاتر تعداد دانه در ردیف بلال این رقم، داشتن سطح و دوام برگ بیشتر در مقایسه با سایر ارقام بوده است. در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی رقم .B.C بیشترین وزن هزار دانه را داشت که با رقم Simon اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۷).

نتایج شعاع حسینی و همکاران (Shoa Hosseini *et al.*, 2008) و احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2000) که بیان کردند وزن هزار دانه بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد، تائید کننده نتایج این تحقیق می‌باشد. هم‌چنین این نتایج با مشاهدات سپاسی و همکاران (Sepasi *et al.*, 2012) متضاد می‌باشد. اظهارات یاندر و همکاران (Yoder *et al.*, 2015) مبنی بر اینکه کمبود آب در دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن دانه می‌شود، مؤید نتایج این تحقیق است.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان اعمال تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم×تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). تغییرات عملکرد بیولوژیکی در متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم در سه مرحله اعمال تنش خشکی در رویشی، گلدهی و دانه‌بندی به ترتیب ۳۲/۸۲، ۳۸/۰۹ و ۱۸/۴۹ درصد بود (جدول ۷). همان‌طور که در جدول ۷ نمایش داده شده است اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی کمترین اثر و اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را بر عملکرد بیولوژیک داشته است. به نحوی که اختلاف زیادی بین میزان عملکرد بیولوژیک در رقم با تولید حداکثر و رقم با تولید حداقل مشاهده شد.

تأثیر بیشتر اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی در مقایسه با رویشی ممکن است به این دلیل باشد که در این مرحله علاوه بر ورود گیاه به مرحله زایشی که امکان رشد مجدد و افزایش ارتفاع یا قطر ساقه را محدود کرده است گیاه با افزایش دما نیز مواجه شده است. در صورتی که در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی اگرچه ممکن است تنش سبب کاهش تعداد برگ یا ارتفاع در گیاه شده باشد؛ اما با مساعد شدن شرایط رشد و نمو بعد از اعمال تنش مجدد گیاه رشد کرده و از ارتفاع یا سطح برگ مناسبی برای تولید عملکرد بیولوژیک مناسب برخوردار خواهد بود.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و رقم بر صفات مورد ارزیابی ذرت

Table 6- Analysis of variance (ANOVA) of the effects of stress time and and cultivar on evaluated traits of corn

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
تکرار Replication	2	21.33^{ns}	4.12^{*}	7.17^{ns}
زمان تنش Stress time	2	6625^{**}	1613^{**}	51.38^{ns}
خطای اصلی Error (a)	4	18.6	0.54	18.26
رقم Cultivar	3	1470^{**}	714^{**}	4192^{**}
زمان تنش × رقم Stress time × cultivar	6	2561^{**}	413^{**}	671^{**}
خطای فرعی Error (b)	18	30.22	4.5	98.54
ضریب تغییرات CV (%)		14.12	13.10	13.83

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر صفات مورد ارزیابی ذرت

Table 7- Mean comprison of stress time × cultivar on evaluated traits of corn

زمان تنش Stress time	رقم Cultivar	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	عملکرد اقتصادی (t/ha) Economic yield	عملکرد بیولوژیک (t/ha) Biological yield
رویشی Vegetative	B.C.	164 b	6.12 c	46.81 c
	KSC704	194 a	12.83 a	67.99 a
	Maxima	143 c	6.59 c	45.67 c
	Simon	139 c	7.52 b	61.68 b
گلدهی Flowering	B.C.	138 a	7.64 c	95.87 a
	KSC704	100 c	9.75 a	62.20 b
	Maxima	119 b	8.36 b	59.35 b
	Simon	140 a	7.63 c	89.50 b
دانه‌بندی Seed filling	B.C.	82.67 d	6.29 c	81.28 a
	KSC704	162 a	11.34 a	66.47 c
	Maxima	117 b	8.96 b	66.25 c
	Simon	100 c	4.90 d	77.84 ab

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

جدول ۸- میانگین مربعات برش‌دهی اثر متقابل زمان تنش و رقم در سطح زمان تنش

Table 8- Mean sugar of slicing of stress time × cultivar intraction at stress level

زمان تنش Stress time	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
رویشی Vegetative	1075	1011	2.97
گلدهی Flowering	3456	180	23.55
دانه‌بندی Seed filling	1973	350	28.52

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

تغییرات کمتر عملکرد بیولوژیک نیز در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی را می‌توان به رشد مناسب گیاه قبل از اعمال تنش نسبت داد که، سبب ذخیره مناسب مواد فتوسنتزی در ساقه ذرت شده است و در صورت اعمال تنش خشکی انتقال مجدد مواد ذخیره شده توانسته است تا حدودی اثرات تنش خشکی را کاهش دهد. از طرفی به‌نظر می‌رسد، در مورد عملکرد بیولوژیک چون دانه مقدار کمی از بیومس برداشتی (از نظر وزنی) را تشکیل می‌دهد. تنش‌های خفیف رطوبتی در مرحله دانه‌بندی تأثیر شدیدی در عملکرد بیولوژیک ندارد. هرچند در شرایط تنش شدید که منجر به عدم تشکیل دانه شود، افت عملکرد بیولوژیک کاملاً محسوس می‌باشد. نتایج سایر محققان یافته‌های این تحقیق را مورد تائید قرار می‌دهد (Otegui *et al.*, 1995; Sepasi *et al.*, 2012; Song, 1999).

عملکرد اقتصادی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، اثر زمان اعمال تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی معنی‌دار نبود، ولی اثر رقم و اثر متقابل رقم × تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). برش دهی اثر متقابل نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی در زمانی که تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی حادث شود وجود داشت. تفاوت ۶/۴۴ تن در هکتار بین عملکرد اقتصادی رقم KSC704 دارای بالاترین عملکرد اقتصادی (۱۱/۳۴ تن در هکتار) و رقم .B.C دارای کمترین عملکرد اقتصادی (۴/۹۰ تن در هکتار) مشاهده شد. کمترین تغییرات عملکرد نیز در کلیه زمان‌های اعمال تنش خشکی در رقم .B.C مشاهده شد اگرچه مقدار عملکرد اقتصادی تولید شده توسط این رقم در مقایسه با سایر ارقام کمتر بود. در بین ارقام مورد بررسی به جز زمانی که تنش خشکی در مرحله گلدهی اعمال شد رقم KSC704 از عملکرد اقتصادی بالاتری برخوردار بود (جدول ۷).

بالاتر بودن وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و متوسط تعداد بلال در بوته از اصلی ترین دلایل بالاتر بودن عملکرد اقتصادی در این رقم می‌باشد. یافته‌های حیدری و همکاران (Heidary *et al.*, 2012) که نشان دهنده متفاوت بودن واکنش هیبریدهای مختلف به تنش آبی بود مؤید یافته‌های این تحقیق می‌باشد. مطابق با نتایج فوق برتری هیبریدهای ذرت که در شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی نشان دادند به طول دوره رشد کمتر در این هیبریدها و عدم برخورد دوره گرده‌افشانی با دماهای بالا نسبت داده شده است (Hajibabae and Azizi, 2013). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که تنش در مراحل رشد و نمو ذرت به صورت معنی‌داری عملکرد اقتصادی را کاهش می‌دهد. پاندی و همکاران (Pandey *et al.*, 2000) در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پر شدن دانه‌های ذرت، گزارش کردند که تنش خشکی در تمام مراحل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ذرت گردید. بیشترین خسارت بر عملکرد دانه در تنش در مرحله گلدهی مشاهده شد. سایر محققان نیز معتقدند مرحله گلدهی حساس‌ترین دوره به تنش خشکی می‌باشد (Lu

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

(*et al.*, 2015; Naseri *et al.*, 2013; Sabiel *et al.*,2014 و شدیدترین افت عملکرد دانه را با اعمال تنش در این مرحله گزارش کردند که، با یافته‌های این تحقیق مطابقت ندارد. علت این عدم تطابق کشت دیرهنگام می‌باشد که موجب نوعی فرار از تنش خشکی در مراحل حساس (گلدهی و دانه‌بندی) شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که در شرایط کشت دیرهنگام از نظر عملکرد و اجزای عملکرد بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با وجود اینکه در رقم ماکسیما و B.C. تأخیر در تنش خشکی سبب افزایش عملکرد اقتصادی شد در رقم Simon و KSC704 سبب کاهش عملکرد شد. رقم Simon بیشترین حساسیت به تنش خشکی به خصوص زمانی که تنش در مرحله دانه‌بندی حادث شود را دارد. در میان ارقام موردمطالعه رقم KSC704 در شرایط کشت تأخیری از ثبات عملکرد بیشتری برخوردار بود لذا در شرایط کشت تأخیری تنش خشکی در مرحله رویشی اثرات منفی بیشتری در مقایسه با سایر مراحل داد و به نظر می ر سد انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تا حدودی سبب کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود. در شرایط وجود تنش‌های خشکی در مراحل مختلف رویشی و زایشی کشت دیرهنگام در مناطق خشک مانند منطقه مورد بررسی و مناطق مشابه برای تولید دانه ذرت ریسک کمتری دارد، زیرا با نزدیک شدن به فصل تشکیل مؤلفه‌های تشکیل دهنده عملکرد دانه (تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه) از شدت تأثیر تنش‌های خشکی به علت شرایط آب و هوایی کاسته شده و در نتیجه افت محسوسی در عملکرد دانه دیده نمی‌شود. در نهایت می‌توان کشت دیرهنگام را برای فرار از تنش‌های خشکی در شرایط کم‌آبی پیشنهاد نموده و از آن به‌عنوان یک راه‌کار برای مقابله با تنش خشکی نام برد.

منابع

Ahmad Z., Waraich E.A., Ahmad T., Ahmad R., Awan M.I. 2015. Yield responses of maize as influenced by supplemental foliar applied phosphorus under drought stress. International Journal of Food and Allied Sciences, 1: 45-55.

Ahmadi J., Zieinal H., Rostami M.A., Chogun R. 2000. Study of of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal of Agriculture Science, 31: 891-907 .(In Persian).

Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89: 1-16.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

Campos H., Cooper M., Habben J.E., Edmeades G.O., Schussler J.R. 2004. Improving drought tolerance in maize: a view from industry. Field Crops Research, 90: 19-34.

Cheng L.I., Sun B.C., Tang H.J., Wang T.Y., Yu L.I., Zhang D.F., Xie X.Q., Shi Y.S., Song Y.C., Yang X.H., Li J.S. 2017. Simple nonlinear model for the relationship between maize yield and cumulative water amount. Journal of Integrative Agriculture, 30 (16): 858-66.

Cooper M., Gho C., Leafgren R., Tang T., Messina C., 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn belt: discovery to product. Journal of Experimental Botanic, 65: 6191-6204.

Hajibabaei M., Azizi F. 2013. The effect of irrigation treatments on physiological characteristics and yield of corn hybrids. Journal of Crop Physiology, 6: 89-100 . (In Persian).

Harrison M.T., Tardieu F., Dong Z., Messina C.D., Hammer G.L. 2014. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. Global Change Biology, 20: 867-878.

Heidary A., Choukan R., Tashakori A., Kalantari H. 2012. Hybrids (*Zea mays* L.) effects of different levels of drought stress on yield and yield components of corn. Journal of Water and Soil, 25: 1250-1263 .(In Persian).

Hüner N.P., Hopkins W.G. 2008. Introduction to Plant Physiology: Wiley, New York.

Lobell D.B., Roberts M.J., Schlenker W., Braun N., Little B.B., Rejesus R.M., Hammer G.L. 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. Science, 344: 516-519.

Lu D., Cai X., Zhao J., Shen X., Lu W. 2015. Effects of drought after pollination on grain yield and quality of fresh waxy maize. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95: 210-215.

Monneveux P., Sanchez C., Beck D., Edmeades G. 2006. Drought tolerance improvement in tropical maize source populations. Crop Science, 46: 180-191.

Moser S.B., Feil B., Jampatong S., Stamp P. 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. Agricultural Water Management, 81: 41-58.

Naseri R., Moghadam A., Darabi F., Hatami A., Tahmasebei G.R. 2013. The Effect of deficit irrigation and azotobacter chroococcum and azospirillum brasilense on grain yield, yield components of maize (SC 704) as a second cropping in western Iran. Bullten Environoment Pharmacology Life Science, 2: 104-112.

Osborne S., Schepers J.S., Francis D., Schlemmer M.R. 2002. Use of spectral radiance to estimate in-season biomass and grain yield in nitrogen-and water-stressed corn. Crop Science, 42: 165-171.

Otegui M., Andrade F., Suero E. 1995. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. Field Crops Research, 40: 87-94.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]

Pandey R., Maranville J., Admou A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural Water Management, 46: 1-13.

Rabbani J., Emam Y. 2012. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crop Production and Processing, 1: 65-78. (In Persian).

Sabiel S.A., Abdelmula A.A., Bashir E.M., Baloch, S.U., Khan S. 2014. Genetic variation of flowering trait in maize (*Zea mays* L.) under drought stress at vegetative and reproductive stages. Journal of Biological Agriculture Healthcare, 4: 108-113.

Sepasi S., Klarstaqy K., Abraham H. 2012. Effects of different levels drought stress and plant density on yield and yield components of SC 704. Journal of Crop Ecophysiology, 3: 279-288. (In Persian).

Sepehr A., Modarressanavi A.M., Ghareyazi B., Yamini Y. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). 4: 120-135. (In Persian).

Setter T.L., Flannigan B.A., Melkonian J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize. Crop Science, 41: 1530-1540.

Shoa Hosseini M., Farsi M., Khavari K.S. 2008. Investigation of water deficit stress effects on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. Sustainable Agriculture and Production Science, 92: 71-85. (In Persian).

Smith C.W., Betrán J. 2004. Corn: origin, history, technology, and production (Vol. 4): John Wiley & Sons.

Song F. 1999. Effect of drought stress on growth and development of female inflorecence and yield of maize. Acta Agriculturae Universitatis Jilinensis, 22: 18-22.

Tolk J.A., Evett S.R., Xu W., Schwartz R.C. 2016. Constraints on water use efficiency of drought tolerant maize grown in a semi-arid environment. Field Crops Research, 1: 186:66-77.

Yoder A., Beyer R., Jones C. 2015. The effects of drought-affected grain and carbohydrase inclusion in starter diets on broiler chick performance. The Journal of Applied Poultry Research, 24: 177-185.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13]