نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۶ / شماره ۳/ ۱۴۰۱
https://doi.org/10.22092/jwra.2022.358655.926

ارزیابی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد، محتوای پرولین و بهره‌وری آب چهار رقم ذرت دانه‌ای در گرگان

منصور اسمعیلی، محمدرضا داداشی، محمدتقی فیض‌بخش[1]، کامی کابوسی و فاطمه شیخ

دانشجوی دکترا گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.
Esmailymansour57@yahoo.com
استادیار گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.
Mdadashi370@yahoo.com
استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.**Fayz_54@yahoo.com**
دانشیار گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.
kkaboosi@yahoo.com
استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.**shaikhfatemeh@yahoo.com**

دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۱ و پذیرش: آذر ۱۴۰۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی گرگان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در ایستگاه عراقی محله گرگان در سال ۱۴۰۰ انجام شد. عامل اصلی کم‌آبیاری در چهار سطح (۱۰۰٪ (شاهد)، ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ نیاز آبی) بر اساس نمونه-برداری خاک برای تعیین رطوبت و آبیاری با روش قطره‌ای (نوار تیپ) انجام شد و عامل فرعی چهار رقم ذرت (SC703،SC704، ZP548، BK50) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل کم‌آبیاری بر صفات مورد بررسی به‌جز تعداد ردیف در بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نیز، اثر ارقام روی همه صفات (تعداد ردیف در بلال، روز تا بلال-دهی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، طول بلال، وزن خشک ساقه و برگ، وزن خشک چوب بلال، عملکرد دانه، بهره‌وری مصرف آب و پرولین برگ) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، برهمکنش کم‌آبیاری و ارقام بر صفات تعداد ردیف طولی دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشت. بالاترین عملکرد دانه (۷۷۲۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد و عملکرد دانه تیمارهای ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶/۸٪، ۵۲/۴٪ و ۸۲٪ کاهش داشت. هیبرید ZP548 بیشترین عملکرد دانه (۵۵۷۶ کیلوگرم در هکتار) را داشت و بیشترین میزان پرولین از تیمار ۲۵٪ نیاز آبی (۹/۹۱ میکرومول بر گرم) به دست آمد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی (۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب) مشاهده شد. با توجه به میانگین کاهش آب مصرفی (۲۲۵۸ متر مکعب در هکتار) در این تیمار، آبیاری بر اساس ۷۵٪ نیاز آبی و کشت رقم ZP548 در منطقه گرگان توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، تنش خشکی، کارآیی مصرف آب، نیاز آبی ذرت

۱- آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

مقدمه

ذرت (*Zea mays L*) یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک و اقتصادی در جهان است (عبدالحامد و همکاران، ۲۰۲۱). برداشت بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی، موجب بحران شدید کمبود آب شده است در شرایطی که محدودیت استفاده از منابع آبی وجود دارد، استفاده از روش کم‌آبیاری و بالا بردن بهره‌وری مصرف آب امری ضروری به شمار می‌آید (یداللهی و همکاران، ۱۴۰۰). کم‌آبیاری از جمله روش‌های افزایش بهره‌وری آب با دیدگاه افزایش تولید به ازای واحد مصرف آب است (عامریان و همکاران، ۱۴۰۰) و کاهش بازدهی که در اثر تنش آبی پدید می‌آید از طریق سود حاصل از کاهش قیمت آب مصرفی و به‌تبع آن افزایش سطح زیر کشت جبران می‌شود (دهقانی احمدآبادی و همکاران،۱۴۰۰). در مناطقی که کمبود آب موجب محدودیت در کشاورزی باشد، می‌توان استراتژی کم‌آبیاری را برای صرفه‌جویی در مصرف آب را توصیه نمود (بذرگر و همکاران،۱۴۰۰) و (پالاش و همکاران، ۱۴۰۰).

عرفان احمد و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که تولید دانه ذرت تحت تیمار دیم در مقایسه با تیمار آبیاری کامل کاهش بسیار زیادی داشته و عملکرد دانه در شرایط دیم در سال ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ به ترتیب به میزان ۸۴۶۵/۶۱ و ۷۸۸۴/۶۱ کیلوگرم در هکتار بوده که نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب حدود ۲۳/۶ و ۲۶/۱ درصد کاهش یافت همچنین کاهش عملکرد دانه در پژوهش عامریان و همکاران (۱۴۰۰) در سطوح کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۵ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری (۱۴۸۰۵ کیلوگرم در هکتار) معنی‌دار بود. آقایی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی بیان داشتند که با افزایش شدت تنش خشکی اجزاء عملکرد ذرت کاهش می‌یابد. در این پژوهش تعداد ردیف در بلال از ۱۴/۱۱ ردیف در ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تا ۱۱/۱ ردیف در ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاهش یافت و وزن هزار دانه نیز از ۲۴۱/۶ گرم به ۱۸۸ گرم کاهش پیدا کرد. واسایا و همکاران (۲۰۲۱) در آزمایشی که بر روی دو رقم ذرت، سه شرایط آبیاری و دوزهای مختلف پتاسیم در اسلام‌آباد پاکستان انجام داد بیان نمودند که می‌توان اثرات نامطلوب خشکی را با حفظ پتانسیل اسمزی بهبود بخشید از طرفی با افزایش تنش خشکی به‌طور قابل توجهی وزن اندام هوایی و وزن خشک آن‌ها کاهش یافت.

خشائی و همکاران (۱۳۹۸) اعلام نمودند که اعمال کم‌آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی ذرت به علت بهره‌وری آب بالا در نواحی دارای مشکل کمبود منابع آب می‌تواند راهکار مناسبی برای صرفه‌جویی آب و رسیدن به بازده بیشتر باشد و بیشترین بهره‌وری آب به میزان ۲/۹۸ کیلوگرم بر هکتار با اعمال کم‌آبیاری به میزان ۷۵٪ نیاز آبی خالص گیاه به‌دست آمد. ساناتاوی و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی بیان داشتند که بهره‌وری مصرف آب ذرت تحت چهار رژیم آبیاری شامل بیش از حد (۱۲۰٪ تبخیر و تعرق)، نرمال (۱۰۰٪) و کمبود (۸۰٪) و شدید (۶۰٪) را بررسی کردند و بیان داشتند که آبیاری بیش از حد، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش نداد در حالی که بهره‌وری مصرف آب را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

لازم به توضیح است که تحمل خشکی یعنی توانایی گیاه در درک کمبود آب و آغاز راهبردهای مقابله‌ای در برابر آن (لیو و کین، ۲۰۲۱) که یکی از این راهبردها در ذرت لوله‌ای شدن برگ‌ها و تغییر رنگ برگ‌ها از سبز به سبز خاکستری است (شیرین پور و همکاران، ۲۰۲۱). از طرفی افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی یکی از مهم‌ترین سازوکارهای دفاعی گیاهان در برابر تنش‌ها است (شرقی و خلیلوند بهروزیار، ۱۳۹۸). کم‌آبیاری باعث افزایش میزان پرولین می‌گردد و با شدت‌گرفتن تنش به مقدار آن افزوده می‌شود؛ به‌طوری‌که در شرایط تنش کمبود آب گیاه به‌منظور جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات تنظیم‌کنندهٔ اسمزی ازجمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد (بوش و همکاران،۱۴۰۰) و (پیکرستان و همکاران،

۱۳۹۷). تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به‌واسطه ساخت پرولین و غیرفعال شدن تخریب آن است و در این تحقیق بالاترین میزان پرولین در تیمار کم‌آبیاری ۴۰ درصد به‌دست آمد (بذرگر و همکاران،۱۴۰۰). بوش و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی بر روی گوجه‌فرنگی بیان داشتند که بیشترین میزان پرولین در برگ در تیمار نیاز آبیاری ۴۰ درصد با میانگین g/µmol۹/۰۷ و کمترین مقدار آن در تیمار نیاز آبیاری ۱۰۰ درصد با میانگین g/µmol ۴/۲۲ مشاهده شد.

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، کاهش بارندگی و کمبود آب، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات کم-آبیاری بر صفات کمی و کیفی و معرفی بهترین رژیم آبیاری و رقم در شرایط کم‌آبیاری در شهرستان گرگان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان واقع در پنج کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی انجام شد. ارتفاع از سطح دریا پنج متر و میانگین دما و بارندگی ۱۵ ساله به ترتیب ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و ۴۷۶/۱ میلی‌متر است. آزمایش در قالب طرح اسپلیت‌پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، از اعماق مختلف نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها توسط آزمایشگاه خاک تجزیه شدند (جدول ۱). آب مورد نیاز از یک حلقه چاه واقع در مزرعه تحقیقاتی تأمین گردید، آب چاه به‌خاطر اینکه از میزان شوری و بی-کربنات پائینی برخوردار بوده دارای کیفیت مطلوب بوده و هیچ‌گونه محدودیتی برای رشد و نمو ذرت نداشت. میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر اساس روش‌های استاندارد در آزمایشگاه بخش تحقیقاتی خاک و آب (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان) اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بر اساس نتایج این آزمون، نوع بافت خاک لوم سیلتی بود. میزان کود پایه (شامل فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) مورد نیاز قبل از کشت و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله (۶-۸ برگی و قبل از تاسل دهی) به‌صورت نواری به مزرعه داده شد. کشت در اول تیر ماه ۱۴۰۰ انجام شد و تراکم بوته ۶۵ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد که با در نظر گرفتن ۲۰ سانتی‌متر روی خطوط کاشت و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متری به دست آمد، در هر کرت چهار ردیف هشت متری با دست و به‌صورت کپه‌ای کشت گردید و در مرحله سه برگی تنک شد و جهت کاهش اثرات سایه‌اندازی و نفوذ آب به کرت‌های مجاور در بین تیمارها دو متر حاشیه در نظر گرفته‌شد. کم‌آبیاری در چهار سطح در کرت‌های اصلی (۱۰۰ درصد (شاهد)، ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد نیاز آبی (با استفاده از اوگر) در عمق توسعه ریشه انجام شد و عامل فرعی شامل چهار رقم ذرت (SC703،SC704، BK50،ZP548) بود. عملیات داشت از قبیل وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بسته به نیاز در طول فصل زراعی انجام شد و جدول شماره (۳) پارامترهای هواشناسی شهر گرگان در طول فصل رشد، در طی سال ۱۴۰۰ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	اسیدیته	هدایت الکتریکی خاک ($dS.\ m^{-1}$)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس ($mgkg^{-1}$)	وزن مخصوص ظاهری	بافت خاک	نقطه اشباع (درصد حجمی)	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	محتوی آب خاک: نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)
۳۰-۰	۷/۲	۱/۳۱	۱/۳	۰/۱۳	۵/۶	۲۵۰	۱/۴۲	سیلتی لوم	۵۲/۲	۲۷	۱۲/۳
۶۰-۳۰	۷/۳	۱/۴۲	۰/۶	۰/۰۶	۲	۱۰۸	۱/۴۰	سیلتی کلی لوم	۵۱/۹	۲۷/۶	۹/۸

جدول ۲- ویژگی‌های کیفی آب آبیاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

آنیون‌ها(meq/lit)					کاتیون‌ها(meq/lit)				
EC ($dS.m^{-1}$)	pH	So_4^{-2}	Co_3^{-2}	Hco_3^-	Cl^-	K^+	Na^+	Mg^+	Ca^+
۰/۶	۷/۳	۱/۱	۰/۳	۴/۳	۹/۴	۰/۲۳	۱/۹	۶/۷	۶/۱

جدول ۳- میانگین دمای حداقل و حداکثر و مجموع بارندگی در طی دوره کشت و مقایسه آن با آمار ۱۵ ساله در گرگان (منبع اداره کل هواشناسی استان گلستان- ایستگاه هواشناسی فرودگاه گرگان)

ماه	میانگین حداقل دما ۱۴۰۰	میانگین حداقل دما ۱۵ ساله	میانگین حداکثر دما ۱۴۰۰	میانگین حداکثر دما ۱۵ ساله	میانگین دمای ۱۵ ساله	بارندگی ۱۴۰۰	میانگین بارندگی ۱۵ ساله
تیر	۲۴/۱	۲۳	۳۷/۲	۳۴/۴	۲۸/۷	۲۸/۲	۲۳/۱
مرداد	۲۴/۷	۲۳/۳	۳۶/۵	۳۴/۹	۲۹/۱	۳/۹	۱۴/۴
شهریور	۲۳/۱	۲۰/۷	۳۴/۵	۳۲/۹	۲۶/۸	۲/۸	۲۲/۲
مهر	۱۵/۳	۱۴/۹	۲۵/۵	۲۷/۷	۲۱/۳	۵۸/۲	۶۲/۸
آبان	۶/۸	۹/۲	۱۸/۸	۲۱	۱۵/۱	۴۱/۷	۴۶/۱

اعمال تیمارهای کم‌آبیاری ۱۵ روز پس از کشت (باز شدن کامل سومین برگ) آغاز و تا رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. به‌منظور اندازه‌گیری آب مورد نیاز برای گیاه سه روز پس از هر آبیاری، میزان رطوبت از طریق نمونه‌برداری با استفاده از اوگر در عمق توسعه ریشه (۳۰-۶۰ سانتی‌متر) از کرت‌های ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد)، در ارقام و تکرارهای مختلف و در عمق توسعه ریشه گرفته شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند و بلافاصله پس از رسیدن به ۴۰ تا ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده، آبیاری انجام شد تا رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شود. میزان نیاز آبی بر اساس کرت‌های ۱۰۰ درصد به‌دست آمد و سپس میزان نیاز آبی هر یک از کرت‌ها بر اساس درصد تعیین‌شده محاسبه گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای آبیاری تیپ انجام شد. جنس نوارهای آبیاری، پلی‌اتیلن به قطر ۲۰ میلی‌متر و فاصله روزنه‌ها ۲۰ سانتیمتر و میزان خروجی آب از روزنه دو لیتر در ساعت بود.

حجم آب آبیاری در تیمارهای مختلف با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد (فیض بخش و همکاران، ۲۰۱۵).

$$VW = (Fc - \theta) * Bd * a * d / Ea \quad (1)$$

VW حجم آب مورد نیاز آبیاری (مترمکعب): FC درصد رطوبت وزنی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه،θ درصد وزنی رطوبت خاک هنگام نمونه‌برداری، Ea راندمان آبیاری (۹۰ درصد) ، d عمق ریشه (متر) و a مساحت کرت (۲۴ مترمربع) انجام شد. بهره‌وری مصرف

آب با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد که در این رابطه WUEبهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم در مترمکعب)، Wgrainعملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و W مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) است و مجموع آب مصرفی در هر کرت به تفکیک تیمارهای کم‌آبیاری و ارقام در جدول (۴) ذکر گردید. در کل زمان اعمال تیمارها در روش آبیاری قطره‌ای ۱۱ بار آبیاری انجام گرفت.

جدول ۴- مجموع آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) تیمارهای مختلف کم‌آبیاری و ارقام

کم‌آبیاری	رقم	آب آبیاری (متر مکعب در هکتار)	میزان صرفه‌جویی در آب (متر مکعب در هکتار)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	SC703	۹۱۳۷	-
	SC704	۹۲۵۳	-
	ZP548	۸۸۵۹	-
	BK50	۸۸۷۸	-
۷۵ درصد نیاز آبی	SC703	۶۸۵۳	۲۲۸۴
	SC704	۶۹۳۹	۲۳۱۳
	ZP548	۶۶۴۴	۲۲۱۵
	BK50	۶۶۵۹	۲۲۲۰
۵۰ درصد نیاز آبی	SC703	۴۵۶۹	۴۵۶۸
	SC704	۴۶۲۷	۴۶۲۶
	ZP548	۴۴۳۰	۴۴۲۹
	BK50	۴۴۳۹	۴۴۳۹
۲۵ درصد نیاز آبی	SC703	۲۲۸۴	۶۸۵۳
	SC704	۲۳۱۳	۶۹۳۹
	ZP548	۲۲۱۴	۶۶۴۴
	BK50	۲۲۱۹	۶۶۵۹

بهره‌وری مصرف آب بر اساس رابطه ۲ به دست آمد.

$$WUE = \frac{Wgrain}{W} \quad (۲)$$

به‌منظور محاسبه روز تا بلال دهی ذرت در تیمارهای کم‌آبیاری و رقم بر اساس مشاهده ورود ۵۰ درصد بوته‌ها به مرحله فنولوژی یادداشت‌برداری گردید و جهت آزمایش پرولین قبل از ساعت ۱۱ صبح در هر کرت آزمایشی در مرحله ظهور گل تاجی، به‌طور تصادفی تعداد سه برگ برداشت و به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری میزان پرولین انتقال یافت. ۰/۱ گرم نمونه را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳٪ سائیده و عصاره حاصل را در لوله آزمایش ریخته و در مخلوط آب و یخ نگهداری گردد. در مرحله بعد دو میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم ناین هیدرین + ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار + ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص) و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) و لوله‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب جوش (بنماری) قرار گرفته در این مرحله و در زیر هود شش میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده، در این حالت دو فاز تشکیل می‌شود؛ بنابراین یک میلی‌لیتر از فاز بالایی که محتوی پرولین بوده و طیف رنگی از صورتی تا بنفش را شامل بوده، برداشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد (مشایخی و آتشی، ۱۳۹۴). دو هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف بوته‌های ذرت دو ردیف وسط به‌طول پنج متر با مساحت در هر کرت هفت متر مربع برداشت شدند و اجزای عملکرد از طریق میانگین‌گیری ۱۰ بوته انتخابی تعیین شد. سپس کل بلال‌های برداشت‌شده از هر کرت توزین و به‌وسیله کارگر، دانه از چوب بلال جدا شد. به‌منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته و بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه روی ردیف از هر کرت فرعی ۱۰

بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه-گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول و خشک کردن در دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت وزن خشک دانه‌ها به دست آمد و وزن هزار دانه بر اساس ۱۴ درصد محاسبه شد. تجزیه، تحلیل و آنالیز داده‌ها و ضرایب همبستگی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD تا سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر صفات متعدد عملکرد و اجزاء عملکرد، پرولین و بهره‌وری مصرف آب در جدول شماره ۵ ارائه‌شده است.

ارزیابی اثرات سطوح کم‌آبیاری و ارقام بر روز تا بلال دهی

نتایج تجزیه واریانس روز تا بلال‌دهی نشان می-دهد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و برهمکنش سطوح آبیاری و ارقام بر این صفت تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که بین سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی با سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین روز تا بلال‌دهی به ترتیب در تیمار آبیاری کامل (۶۵ روز) و تیمار آبیاری ۲۵ درصد نیاز آبی به میزان (۶۲ روز) بود. اعمال تنش خشکی در همه مراحل موجب کاهش روز تا رسیدگی هیبریدهای ذرت می‌گردد (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۳). ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش آبی، برای رسیدن به مراحل مختلف فنولوژیک به روزهای بیشتری نیاز داشتند و همه ارقام برای دستیابی به مراحل مختلف فنولوژیکی زودرس می-شوند (رای و همکاران، ۲۰۲۰). این نتایج با یافته‌های (الیاس و همکاران، ۲۰۱۹)، (آفرینش و همکاران، ۱۳۹۴) و (الیاس و همکاران، ۲۰۲۰) مطابقت دارد، نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که بیشترین روز تا بلال‌دهی در ارقام در رقم ZP548 به میزان ۶۳ روز به‌دست آمد. نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۷) نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روز تا بلال‌دهی و عملکرد دانه وجود داشت و هیبریدها با طول دوره رویشی بیشتر و در شرایط آبیاری کامل دارای عملکرد دانه بالاتری بودند.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی

میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا بلال دهی	ارتفاع بوته	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه	طول بلال	وزن خشک پوست ساقه برگ	وزن خشک چوب بلال	وزن خشک کل	عملکرد دانه	کارآیی مصرف آب	پرولین نهایی
تکرار	۲	۷/۷۷**	۱۰۵۵/۹۵**	۱۰/۵۹**	۲۳/۷۵*	۱۳۴/۱۶^{ns}	۲/۰۹^{ns}	۸۱۲۳۱۱۳/۷**	۸۵۸۴۲/۳**	۹۸۷۶۵۰۳/۷**	۱۷۶۳۷۵۱/۴**	۰/۰۸**	۱/۷۴^{ns}
کم‌آبیاری(a)	۳	۴۴/۷۲**	۳۵۸۴/۲۵**	۰/۵۴^{ns}	۱۸۰/۶۱**	۴۷۶۴/۸۵**	۱۰۳/۲۳**	۱۸۶۵۸۰۳۸۶/۵**	۷۵۳۳۹۳/۹**	۲۰۷۴۶۱۹۹۲/۲**	۱۰۸۷۷۳۶۹۰/۷**	۰/۴۱**	۲۶/۰۵**
خطایa	۶	۱/۰۷^{ns}	۵۲/۳۵^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۳/۶۹^{ns}	۲۲۸/۹۷^{ns}	۱/۰۸^{ns}	۶۵۵۵۶۱/۵^{ns}	۲۶۹۶/۵^{ns}	۷۰۸۷۷۷/۳^{ns}	۱۴۲۸۰۷^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۴۹^{ns}
هیبرید (b)	۳	۳/۸۳**	۱۳۵۰/۲۵**	۲۶/۲۳**	۱۹۷/۷۳**	۱۵۳۶/۰۳**	۱۷/۱۳**	۱۲۹۳۳۰۶۹/۹**	۶۹۱۷۹/۵**	۱۴۸۲۴۲۴۱**	۶۱۸۳۳۶۸/۵**	۰/۲۶**	۶/۷۶**
کم‌آبیاری*هیبرید	۹	۱/۰۳^{ns}	۳۶/۸۳^{ns}	۱/۷۲^{ns}	۳۲/۹۱**	۱۲۳/۳۸*	۲/۲۳^{ns}	۵۷۷۲۸۳/۲^{ns}	۴۹۸۵/۴^{ns}	۶۲۵۸۲۳/۸^{ns}	۲۹۸۶۲۰/۲*	۰/۰۰۵^{ns}	۲/۱۶^{ns}
خطایb	۲۴	۰/۵۲	۷۶/۸	۱/۸۴	۶/۳۵	۲۵۵/۲۷	۲/۶۴	۸۵۳۰۹۲	۳۷۰۷/۹	۹۲۶۲۷۵/۳	۱۰۴۹۲۳/۹	۰/۰۰۷	۱/۱۲
ضریب تغییرات		۱/۱۶	۴/۴۹	۱۱/۲۵	۱۲/۳۳	۷/۳۷	۸/۵۶	۸/۸۰	۹/۶۰	۸/۶۵	۶/۴۷	۱۰/۰۹	۱۲/۷۴

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج، یک درصد و غیرمعنی‌دار.

بررسی اثرات سطوح مختلف کم‌آبیاری و ارقام بر ارتفاع بوته و طول بلال

نتایج تجزیه واریانس مبین این بود که اثرات تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت بر صفات ارتفاع بوته و طول بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل سطوح آبیاری و ارقام بر ارتفاع بوته و طول بلال تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۷۵ درصد آبیاری (۲۰۹/۴ سانتی‌متر) بود که با تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌دار آماری نداشت ولی در صفت طول بلال، بیشترین مقدار (۲۱/۷۵ سانتی‌متر) در آبیاری کامل به‌دست آمد. بیشترین ارتفاع بوته و طول بلال به ترتیب از هیبرید SC703 و ZP548 به‌دست آمد و کمترین ارتفاع بوته و طول بلال از هیبرید BK50 به دست آمد. نتایج بررسی‌های ارقام در سطوح مختلف کم‌آبیاری نشان داد که با اعمال تیمار کم-آبیاری تا ۷۵ درصد نیاز آبی ارتفاع بوته ارقام مختلف افزایش‌یافته و پس از اعمال تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی در تمامی ارقام کاهش شدید ارتفاع بوته مشاهده شد که بیانگر اثر کم‌آبیاری بر ارتفاع بوته در تمامی ارقام است. همچنین در شرایط کم‌آبیاری و تنش به دلیل تسریع در مراحل زایشی (فرار از خشکی) زمان برای پر شدن دانه‌ها کافی نبوده و طول بلال کاهش می‌یابد و با افزایش سطوح کم‌آبیاری ارتفاع بوته و طول بلال کاهش شدیدتری نشان می‌دهند... امینی و همکاران (۱۴۰۰) بیان داشتند که کاهش اثرات تنش خشکی، میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه را افزایش داده و ارتفاع بوته و عملکرد را افزایش داد. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های (آقایی و همکاران، ۱۴۰۰) و (سانتوس رزنده و همکاران، ۲۰۲۰) مطابقت دارد. ارتفاع بوته با همه صفات مورد بررسی از جمله عملکرد ماده خشک (**۰/۶۳+)، عملکرد دانه (**۰/۷۰+) و بهره‌وری مصرف آب (**۰/۴۲+) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۷).

بررسی اثرات سطوح مختلف کم‌آبیاری و ارقام بر وزن خشک ساقه، برگ و پوست بلال، چوب بلال و وزن خشک زیست‌توده

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از تأثیر معنی-دار تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در سطح یک درصد بر صفات وزن خشک ساقه، برگ و پوست بلال، چوب بلال و وزن خشک زیست‌توده است (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین در شکل ۶ نشان می‌دهد که اعمال تیمار آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار صفات وزن خشک ساقه، برگ و پوست بلال، چوب بلال و وزن خشک زیست‌توده شده که با افزایش سطوح آبیاری کاهش عملکرد تشدید شد و آبیاری ۲۵ درصد نیاز آبی کمترین مقدار را در تیمارهای - آبیاری نشان داد. کم بودن وزن خشک اندام‌های رویش گیاه با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری رابطه مستقیمی با مقادیر ارتفاع گیاه دارد. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که تیمارهای آبیاری کامل دارای بیشترین عملکرد وزن خشک ساقه، برگ و پوست بلال، چوب بلال و وزن خشک زیست‌توده به ترتیب ۱۴۱۷۷/۴، ۸۸۲/۴۳ و ۱۴۹۹۹/۸ بود، همچنین رقم ZP548 دارای بالاترین عملکرد وزن خشک ساقه، برگ و پوست بلال و وزن خشک زیست‌توده به ترتیب ۱۱۴۳۳/۵ و ۱۲۱۰۹/۶ کیلوگرم در هکتار و رقم SC704 بالاترین عملکرد وزن خشک چوب بلال (۶۷۷/۳۸ کیلوگرم در هکتار) بودند. وزن خشک بلال همانند عملکرد دانه بیشترین تأثیرپذیری درنتیجه اعمال تنش آبی را دارد (پالاش و همکاران، ۱۴۰۰).

در شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند که این امر درنهایت باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه در شرایط تنش می‌گردد (آقایی و همکاران، ۱۴۰۰) و کاهش عملکرد وزن خشک برگ، ساقه و پوست بلال براثر کم‌آبیاری با نتایج سایر تحقیقات که در آن‌ها نیز با کاهش آب آبیاری از عملکرد خشک گیاه کم شده، هماهنگ است (پالاش و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات کمی و کیفی

تیمارها		روز تا بلال-دهی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (g)	طول بلال (cm)	وزن خشک پوست بلال، ساقه برگ ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک چوب بلال($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کل($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه($kg.ha^{-1}$)	بهره‌وری مصرف آب($kg.ha^{-3}$)	محتوای پرولین
تیمارهای آبیاری	٪۱۰۰	۶۴/۸^{a}	۲۰۷/۸۹^{a}	۱۲/۲۵^{a}	۲۴/۱۵^{a}	۲۳۰/۸۵^{a}	۲۱/۷۵^{a}	۱۴۱۷۷/۴^{a}	۸۲۲/۴۳^{a}	۱۴۹۹۹/۸^{a}	۷۷۲۲/۵۰.^{a}	۰/۸۵^{b}	۶/۶۹^{d}
	٪۷۵	۶۴/۳۳^{a}	۲۰۹/۴۴^{a}	۱۱/۷۹^{a}	۲۲/۵۸^{a}	۲۲۸/۱۳^{a}	۲۰/۶۶^{b}	۱۳۵۸۳/۹^{a}	۷۸۶/۹۴^{a}	۱۴۳۷۰/۹^{a}	۷۲۳۰/۵۲۰^{b}	۱/۰۷^{a}	۷/۵۰^{c}
	٪۵۰	۶۰/۴۱^{c}	۱۹۰/۸۲^{b}	۱۲/۱۹^{a}	۱۹/۶۹^{b}	۲۱۹/۸۸^{a}	۱۸/۳۷^{c}	۷۶۰۵/۳^{b}	۶۵۱/۶۶^{b}	۸۲۵۷^{b}	۳۶۷۰/۸۰^{c}	۰/۸۱^{b}	۹/۱۲^{b}
	٪۲۵	۶۱/۵۰^{b}	۱۷۲/۵۵^{c}	۱۱/۹۷^{a}	۱۵/۳۲^{c}	۱۸۷/۵۴^{b}	۱۵/۱۱^{d}	۶۵۹۷/۱^{c}	۲۴۷/۶۴^{c}	۶۸۷۱/۷^{c}	۱۳۸۸/۸۰^{d}	۰/۶۱^{c}	۹/۹۱^{a}
ارقام ذرت	Sc703	۶۱/۹۱^{c}	۲۰۸/۸۲^{a}	۱۳/۵۳^{a}	۲۱/۹۰^{a}	۲۱۵/۳۶^{b}	۱۹/۱^{a}	۱۰۶۲۵/۷^{b}	۶۶۱/۶۳^{a}	۱۱۲۸۷/۳^{b}	۵۱۶۳/۳۰^{b}	۰/۸۲^{b}	۸/۲۷^{b}
	Sc704	۶۲/۳۳^{bc}	۱۹۸/۰۵^{b}	۱۲/۹۴^{a}	۲۲/۵۱^{a}	۲۱۶/۵۹^{b}	۱۹/۲۷^{a}	۱۰۸۸۶/۷^{ab}	۶۷۷/۳۸^{a}	۱۱۵۶۴/۱^{ab}	۵۳۱۵/۸۰^{ab}	۰/۹۰^{b}	۷/۹۶^{b}
	Zp548	۶۳/۱۶^{a}	۱۸۸/۷^{c}	۱۱/۵^{b}	۲۲/۹۵^{a}	۲۳۱/۰۴^{a}	۲۰/۱۹^{a}	۱۱۴۳۳/۵^{a}	۶۷۶/۱۳^{a}	۱۲۱۰۹/۶^{a}	۵۵۷۶^{a}	۰/۹۸^{a}	۷/۶۴^{b}
	Bk50	۶۲/۹۱^{ab}	۱۸۵/۱۲^{c}	۱۰/۲۴^{c}	۱۴/۳۸^{b}	۲۰۳/۴۱^{b}	۱۷/۳۳^{b}	۹۰۱۷/۸^{c}	۵۲۰/۵۳^{b}	۹۵۳۸/۴^{c}	۳۹۵۷^{c}	۰/۶۳^{c}	۹/۰۸۳^{a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات کمی و کیفی ذرت

	LPC	WUE	GY	TDM	DWEW	DWLSB	EL	TKW	NGR	NRE	HP	DPC
DPC	-۰/۵۲۴**	۰/۴۹۳**	۰/۷۱۱**	۰/۷۷۳**	۰/۵۳۹**	۰/۷۸۱**	۰/۴۹۶ **	۰/۳۱۶ *	۰/۲۵۲ ns	۰/۲۷۳ns	۰/۲۸۳ ns	۱
HP	-۰/۵۲۴**	۰/۴۲۲**	۰/۷۰۷**	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۳**	۰/۶۲۴**	۰/۶۶۳**	۰/۵۳۵**	۰/۶۱۲**	۰/۳۸۶**	۱	
NRE	-۰/۲۴۳ ns	۰/۱۲۳ ns	۰/۱۰۱ ns	۰/۰۷۲ ns	۰/۱۱۷ ns	۰/۰۶۹ ns	۰/۲۱۹ ns	۰/۰۹۷ ns	۰/۵۰۹**	۱		
NGR	-۰/۶۷۹**	۰/۵۷۹**	۰/۶۸۲**	۰/۶۰۴**	۰/۶۴۲**	۰/۵۹۶**	۰/۷۲۴**	۰/۶۶۱**	۱			
TKW	-۰/۵۰۸**	۰/۶۰۷**	۰/۷۱۳**	۰/۶۲۲**	۰/۷۳۰**	۰/۶۰۹**	۰/۶۷۴**	۱				
EL	-۰/۷۲۰**	۰/۶۶۸**	۰/۷۷۰**	۰/۸۱۴**	۰/۸۱۵**	۰/۸۰۶**	۱					
DWLSB	-۰/۷۱۷**	۰/۷۵۵**	۰/۹۶۰**	۰/۹۹۹**	۰/۸۴۳**	۱						
DWEW	-۰/۶۲۵**	۰/۷۹۲**	۰/۹۱۳**	۰/۸۶۱**	۱							
TDM	-۰/۷۱۷**	۰/۷۶۵**	۰/۹۶۶**	۱								
GY	-۰/۷۶۰**	۰/۷۳۸**	۱									
WUE	-۰/۵۲۴**	۱										
LPC	۱											

*و **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی دار

DPC: روز از بوته تا بلال، HP: ارتفاع بوته، NRE: تعداد ردیف در بلال، NGR: تعداد دانه در ردیف، TKW: وزن هزار دانه، EL: طول بلال، DWLSB: وزن خشک پوست ساقه برگ، DWEW: وزن خشک بلال، چوب، TDM: کاملاً خشک، GY: عملکرد دانه، WUE: مصرف آب بهینه، LPC: محتوای پرولین برگ

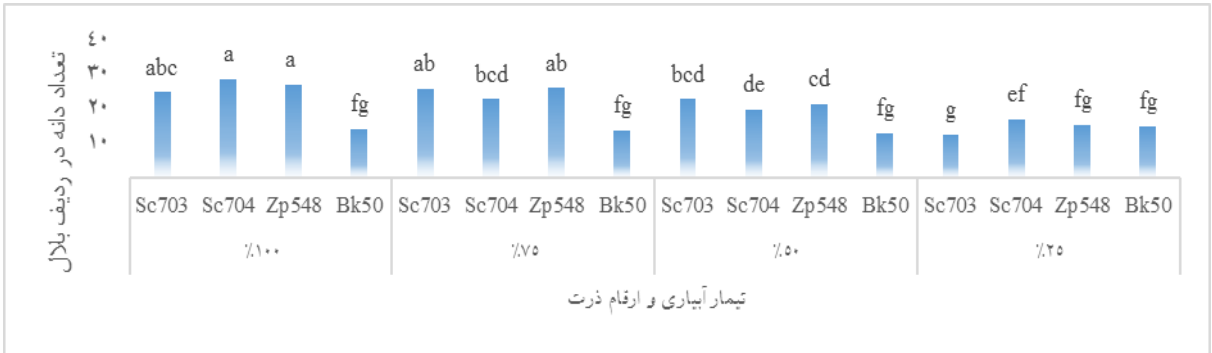
نتایج بررسی اثرات سطوح مختلف کم‌آبیاری و ارقام ذرت بر عملکرد و اجزاء عملکرد

تعداد ردیف در بلال

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده‌شده در جدول ۵، اثرات ارقام ذرت بر روی تعداد ردیف در بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثرات تیمارهای آبیاری و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت معنی‌داری نگردید. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین بیشترین تعداد ردیف در بلال در ارقام مورد بررسی مربوط به رقم SC703 با ۱۳/۵۳ ردیف بوده که با هیبریدهای SC704 (۱۲/۹۴ ردیف) تفاوت معنی‌داری نداشت و میانگین کمترین تعداد ردیف در بلال مربوط به هیبرید BK50 با ۱۰/۲۴ ردیف مشاهده گردید (جدول ۶). صفت تعداد ردیف در بلال تحت کنترل شدید ژنتیکی است و انتظار می‌رود که این صفت تحت شرایط مختلف ثابت باشد و کمتر تحت تأثیر محیط قرار گیرد (محمدی بهمدی و آرمین، ۱۳۹۶). نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری (**۰/۵۰+) بین تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف وجود داشت، همچنین سلامتی و دانایی (۱۴۰۰) بیان نمودند که عملکرد دانه در حالت بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد ردیف دانه در بلال دارد.

تعداد دانه در ردیف بلال

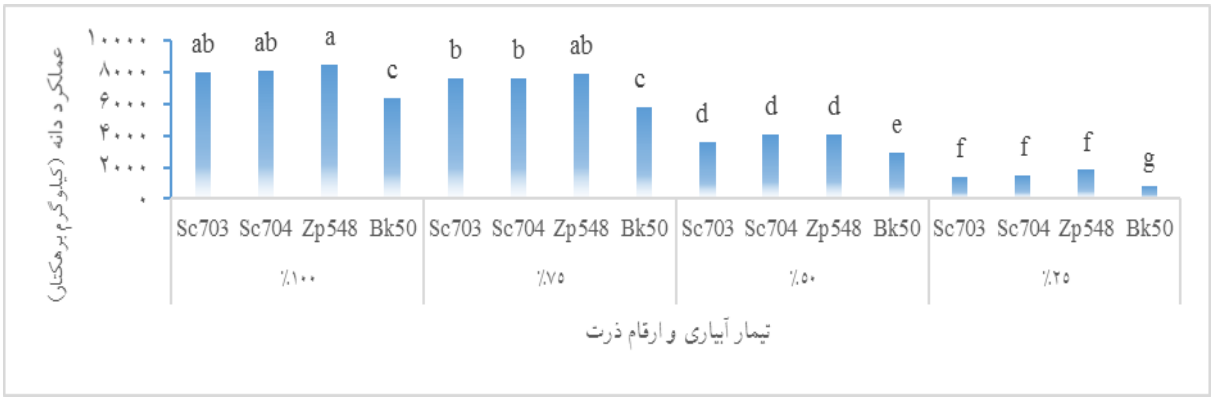
نتایج تجزیه واریانس مبین این بود که اثرات ساده تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت و اثرات متقابل آن بر روی تعداد دانه در ردیف طولی بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کم-آبیاری موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف طولی بلال شد، به‌طوری‌که میانگین بیشترین تعداد دانه در ردیف طولی بلال در تیمار آبیاری کامل با ۲۴/۱۵ دانه بوده و میانگین کمترین تعداد دانه در ردیف طولی بلال مربوط به تیمار ۲۵ درصد آبیاری کامل با ۱۵/۳۲ دانه بود. از طرفی میانگین بیشترین تعداد دانه در ردیف طولی بلال در ارقام مورد بررسی مربوط به رقم ZP548 با ۲۲/۹۵ دانه بود که با هیبریدهای SC704 و SC703 تفاوت معنی-داری نداشت و میانگین کمترین تعداد دانه در ردیف طولی مربوط به هیبرید BK50 با ۱۴/۳۸ دانه مشاهده گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آبیاری × ارقام ذرت نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد در رقم SC703 به-دست آمد که با رقم ZP548 در همین شرایط آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). بالاتر بودن تعداد دانه در ردیف بلال در یک رقم را می‌توان به تحمل به تنش خشکی بیشتر این ارقام مرتبط دانست و کاهش تعداد دانه در ردیف بلال در رقم‌های موردبررسی در سطوح مختلف تنش به اثرات کمبود رطوبت و کمبود مواد غذایی به دلیل کاهش سطح برگ یا دوام سطح برگ در اثر تنش است (محمدی بهمدی و آرمین، ۱۳۹۶). نتایج ضرایب همبستگی در جدول ۷ نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در ردیف طولی با وزن هزار دانه (**۰/۶۶+)، عملکرد دانه (**۰/۶۸+)، شاخص برداشت (**۰/۶۵+) و بهره‌وری آب (**۰/۵۷+) وجود داشت که با نتایج (سلامتی و دانایی، ۱۳۹۹) مطابقت دارد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری× ارقام ذرت بر تعداد دانه در ردیف بلال

عملکرد دانه

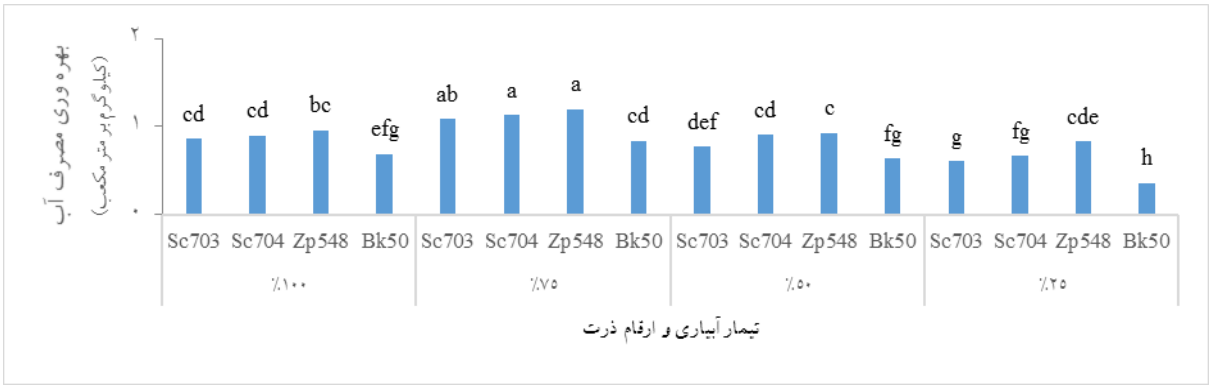
میزان عملکرد دانه که یکی از مهم‌ترین صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش بوده پس از خشک‌کردن دانه در آون و تبدیل آن در ۱۴ درصد رطوبت به‌دست آمد که نتایج تجزیه واریانس بر اساس جدول ۵ نشان داد که تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمارهای آبیاری× ارقام ذرت در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه (جدول ۶) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (۷۷۲۲/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه از تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی (۱۳۸۸/۸۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که نشان از تأثیرپذیری زیاد ذرت به میزان آب مصرفی است به‌طوری که با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری، در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، میزان عملکرد دانه ۶/۸ درصد کاهش داشته ولی با تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی میزان کاهش عملکرد دانه به ترتیب ۵۲/۴ و ۸۲ درصد بود. همچنین بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ZP548 به میزان ۵۵۷۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری× هیبرید نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد در رقم ZP548 به میزان ۸۴۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲). عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه کمبود آب است (روچا و همکاران، ۲۰۲۱). تنش خشکی با کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دلیل افت پتانسیل فشاری و کوتاه شدن دوره رشد زایشی برای گیاه محدودیت منبع ایجاد می‌کند و با افزایش سقط جنین در زمان گلدهی، کاهش تعداد بذر و کاهش تعداد و اندازه بلال محدودیت مخزن می‌کند و درمجموع با کاهش اجزای عملکرد از عملکرد نهایی می‌کاهد (آقایی و همکاران، ۱۴۰۰). بونئا و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی بیشتر تحت تأثیر کاهش وزن هزار دانه است. نتایج بدست آمده با سایر محققان (امینی و همکاران، ۱۴۰۰) و (بهامین و همکاران، ۱۴۰۰) همخوانی دارد. امینی و همکاران (۱۴۰۰) طی تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام بر روی ذرت با آبیاری در سه سطح به کرت‌های اصلی (آبیاری پس از ۷۰ ، ۱۰۵ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل چهار رقم هیبرید سینگل کراس ذرت (۵۲۴ ، ۶۶۶ ، ۶۷۷ و ۷۰۴) بیان داشتند که سطوح آبیاری از نظر عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۰۵ I، حدود ۱۹ درصد و در سطح آبیاری ۱۴۰ I، حدود ۴۲ درصد کاهش یافت. خشائی و همکاران (۱۳۹۸) در آزمایشی در ارومیه اعلام نمود که با کاهش ۲۵ درصد نیاز آبی در مقایسه دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص، عملکرد دانه را حدود ۱۷ درصد کاهش‌یافته ولی در سطح آبیاری ۵۰ درصد این کاهش شدیدتر و ۵۱/۵ درصد است. افزایش عملکرد ناشی از برآیند مناسب اجزای عملکرد است و نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با تمامی صفات به‌غیراز تعداد دانه در ردیف عرضی اثرات مثبت و معنی-داری در سطح یک درصد داشت که با سایر محققین (سلامتی و دانایی، ۱۳۹۹) و (شجایی و همکاران، ۲۰۲۰) مطابقت داشت.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری× ارقام ذرت بر عملکرد دانه

بهره‌وری مصرف آب

بهره‌وری مصرف آب از شاخص‌های مهم بوده که در این تحقیق برای محاسبه بهره‌وری مصرف آب از عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و میزان آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار استفاده شده است (رابطه ۲). نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری مصرف آب نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری مصرف آب نشان داد که تیمار ۷۵ درصد آبیاری کامل با ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری مصرف آب را داشت و با افزایش تنش میزان بهره‌وری مصرف آب کاهش یافته است، همچنین هیبرید ZP548 با ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری مصرف آب را بین هیبریدهای مورد بررسی داشت و کمترین بهره‌وری مصرف آب مربوط به هیبرید BK50 با ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بهره‌وری مصرف آب بسته به نوع محصول، شیوه آبیاری، اقلیم و نوع خاک محل آزمایش، سرعت تبخیر و مقدار آب قابل دسترس گیاه متفاوت است (میرشکارنژاد و همکاران، ۱۳۹۹). دلیل کاهش بهره‌وری مصرف آب با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری را افت شدید میزان تولید را می‌توان اعلام نمود که با نتایج تحقیقات پالاش و همکاران (پالاش و همکاران، ۱۴۰۰) و خلیلی (۱۴۰۰) مطابقت دارد. همچنین عامریان و همکاران (۱۴۰۰) بیشترین بهره‌وری مصرف آب را در ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ذرت اعلام نمود. ساناتاوی و همکاران (۲۰۲۱) بهره‌وری مصرف آب ذرت تحت چهار رژیم آبیاری شامل بیش از حد (۱۲۰٪ تبخیر و تعرق)، نرمال (۱۰۰٪) و کمبود (۸۰) و شدید (۶۰٪) را بررسی کردند بیان داشتند که آبیاری بیش از حد، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش نداد درحالی‌که بهره‌وری مصرف آب را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.



شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت بر بهره‌وری مصرف آب

محتوی پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت بر روی محتوی پرولین معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین محتوی پرولین نشان داد که با کاهش آبیاری محتوای پرولین افزایش می‌یابد و تیمار ۲۵ درصد آبیاری با ۹/۹۱ میکرومول بر گرم بیشترین میزان محتوی پرولین بود، همچنین هیبرید BK50 با ۹/۳۶ میکرومول بر گرم بیشترین میزان پرولین در ارقام بود (جدول ۶). پرولین (*Pro*) نه تنها یک ماده تنظیم اسمزی مهم است، بلکه نقش مهمی در تنظیم مقاومت تنش غیرزیستی گیاه دارد (زئو و همکاران، ۲۰۲۲) و پرولین، آمینواسید ذخیره-شده در سیتوپلاسم سلول بوده که می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و از غیرطبیعی‌شدن آلبومین جلوگیری کند، در برخی گیاهان، مقدار چندین آمینواسید طی مراحل اولیه تنش خشکی افزایش می‌یابد و با ادامه تنش خشکی، آمینواسید پرولین بیشتر تجمع می‌یابد و ذخیره می‌شود (حمیدی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). کم‌آبیاری باعث افزایش میزان پرولین می‌گردد و با شدت گرفتن تنش به مقدار آن افزوده می-شود؛ به‌طوریکه در شرایط تنش کمبود آب گیاه به‌منظور جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی ازجمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و افزایش غلظت پرولین در اندام‌های گیاه در اثر ممانعت از تجزیه پرولین برای جلوگیری از ورود به چرخه ساخت پروتئین یا افزایش تجزیه پروتئین است که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (بوش و همکاران،۱۴۰۰). شفیق و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند که افزایش سطح پرولین در ارقام ذرت تحت تنش خشکی افزایش‌یافته و تجمع پرولین به‌عنوان شاخصی برای تحمل به تنش خشکی است. همچنین با افزایش فاصله دور آبیاری باعث افزایش غلظت پرولین و گلیسین بتائین و قندهای محلول شده که باعث افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی در ذرت می‌گردد (سعد الله و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج با یافته‌های (شرقی و همکاران، ۱۳۹۸) و (آزادی و همکاران، ۱۴۰۰) و (شین رو و موک سام، ۲۰۲۱) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود آب، کاهش بارندگی و بروز تنش‌های خشکی متوالی طی سال‌های گذشته از طرفی بالا بودن ارزش اقتصادی آب، استفاده بهینه از آب بسیار راهگشا برای کشاورزان است. هدف از این پژوهش یافتن بهترین تیمار آبیاری و رقم با توجه به صفات اجزاء عملکرد و شاخص‌های دیگر به‌خصوص بهره‌وری مصرف آب بود. نتایج پژوهش نشان داد که در بین تیمارهای مختلف این تحقیق، عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) بیشتر بوده حتی در تیمار آبیاری در سطح ۷۵ درصد، کاهش عملکرد دانه به میزان ۶/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بود ولی بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت همچنین در بین ارقام مورد بررسی، ZP548 و BK50 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح بودند و رقم ZP548 دارای ثبات عملکرد مناسبی در شرایط تنش آبی بود؛ بنابراین می‌توان با توجه به صرفه‌جویی آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به‌طور میانگین به میزان ۲۲۵۸ مترمکعب در هکتار می‌توان در شرایط آب و هوایی گرگان تیمار کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد و رقم ZP548 را توصیه نمود.

فهرست منابع

۱. امینی، ا.، اشراف مهرابی، ا.، حاتمی، ا.، فصیحی، خ.، و علیزاده، ی،۱۴۰۰. بررسی اثر تنش کم‌آبی بر میزان جذب نور،کارایی مصرف نور و عملکرد ارقام مختلف ذرت *(Zea mays L.)* در شرایط ایلام، علوم گیاهان زراعی ایران. ،دوره ۵۲،شماره۱. ص ۱۰۹-۱۲۱. DOI: 10.22059/ijfcs.2020.291824.654652

۲. آفرینش، ع.، فتحی، ق.، چوگان، ر.، سیادت، س، ع.، عالمی سعید، خ.، و اشرفی زاده، س، ر، ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک هیبریدهای متحمل به خشکی ذرت (*Zea mays L.*). نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی / سال پنجم / شماره هیجدهم. ۱۹۵-۲۰۵.
Doi: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.195

۳. آقایی، پ.، ویسانی، و.، و دیانت، م.، ۱۴۰۰. تأثیر نانوسیلیکات پتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) تحت تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد چهاردهم، شماره دوم،۳۳۱-۳۴۵. http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2719.1715

۴. آزادی، م، ص.، شکوه‌فر، ع، ر.، مجدم، م.، لک، ش.، و علوی فاضل، م.، ۱۴۰۰. اثر کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر صفات بیوشیمیایی هیبریدهای ذرت تحت تنش خشکی و تعین صفات مؤثر بر عملکرد دانه. تنش‌های محیطی در علوم زراعی . جلد چهاردهم، شماره اول،۲۷-۳۸.
http://dx.Doi.org/10.22077/escs.2020.2389.1620

۵. بهامین، ص.، کوچکی‌فر، ع، ر.، نصیری محلاتی، م.، و بهشتی، س، ع، ر.، ۱۴۰۰. بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد و شاخص‌های کارایی عناصر غذایی در ذرت تحت تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد چهاردهم، شماره سوم، ۶۷۵-۶۹۰. http://dx.Doi.org/10.22077/escs.2020.3095.1793.

۶. بذرگر، گ.، نبوی کلات، س، م.، خاوری خراسانی، س.، قاسمی، م.، کلیدری، ع، ل.، ۱۴۰۰. اثر تنش کم‌آبیاری و تراکم گیاه بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، اسمولیتهای سازگار، محتوی نسبی آب و عملکرد ذرت بچه (رقم پشن)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران . شماره ۶، جلد ۵۱ ، ص. ۱۳۷۰-۱۳۸۱.
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.6.12.2

۷. بوش، م، ع.، بانژاد، ح.، گلدانی، م.، متانت، م.، ۱۴۰۰. بررسی تأثیر کیفیت‌های مختلف پساب بر برخی صفات بیوشیمیایی و مورفولوژی گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط کم‌آبیاری، مجله پژوهش آب ایران، جلد ۱۵ . شماره ۴. پیاپی۴۳، ص.۶۷-۵۹

۸. پالاش، م.، بافکار، ع.، فرهادی بانسوله، ب.، و قبادی، م.،۱۴۰۰. بررسی اثرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه. فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب .۱,۱ ۶۸-۸۸. Doi:10.22126/ATWE.2021.6686.1003

۹. پیکرستان، ب.، یارنیا، م.، مدنی، ح.، رشیدی، و.، و حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۹۷. تأثیر الگوی کم‌آبیاری تناوبی و محلول‌پاشی روی بر غنی‌سازی فیزیولوژیک دانه قابل کنسرو ذرت شیرین. به زراعی کشاورزی. دوره ۲۰ شماره ۱. ص.۱۶۱-۱۷۲ . http://dx.Doi.org/10.22059/jci.2018.231183.1712

۱۰. حمیدی مقدم، ر.، سیروس مهر، ع، ر.، و قنبری، ا.، ۱۳۹۹. تأثیر محلول‌پاشی سدیم سلنات، تیتانیوم دی‌اکسید و تنظیم کنندهٔ رشد آلی بر برخی صفت‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و درصد روغن گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در معرض تنش خشکی. زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال دوازدهم، شماره چهل و ششم، صفحه ۱-۱۸. DOI. 10.22108/ijpb.2020.120569.1189،

۱۱. خلیلی، ف.، آقایاری، ف.، و اردکانی، ح، ر.، ۱۴۰۰. تأثیر توأم شیوه‌های کم‌آبیاری و کاربرد سوپر جاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه ذرت. نشریه دانش آب‌وخاک، جلد ۳۱ شماره ۳ صفحه‌های ۱۵ تا ۲۹. Doi: 10.22034/WS.2021.12198

۱۲. خشائی، ف.، بهمنش، ج.، رضاوردی نژاد، و.، و آزاد، ن، ۱۳۹۸. تأثیر مقدار آبیاری و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،ب، جلد ۳۳ ، شماره ۴

۱۳. دهقانی احمدآبادی، م.، شاه‌نظری، ع.، قدمی فیروزآبادی، ع.، و اردکانی، م، ر.، ۱۴۰۰. تأثیر مدیریت آبیاری بر رشد و بهره‌وری آب گیاه ذرت تحت سطوح مختلف بیوچار، نشریه مدیریت آب در کشاورزی، جلد ۸ ، شماره ۱ ، ص. ۷۶-۶۷. DOR: 20.1001.1.24764531.2021.8.1.6.4

۱۴. سلامتی، ن.، و دانایی، ا، خ.، ۱۴۰۰. مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام ذرت دانهای در شرایط آب‌وهوای بهبهان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد چهاردهم، شماره سوم.ص. ۷۳۱-۷۴۵. http://dx.Doi.org/10.22077/escs.2020.3057.1785

۱۵. سلامتی، ن.، و دانایی، ا، خ.، ۱۳۹۹. بررسی شاخص‌های تنش خشکی در کم‌آبیاری سطحی ذرت. نشریه خاک و آب. سال بیست و چهارم / شماره چهارم. Doi: 10.47176/jwss.24.4.26986

۱۶. شرقی، ف.، و خلیلوند بهروزیار، ا.، ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی نانو دی‌اکسید تیتانیوم و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و تولید دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت رژیم‌های آبیاری. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۳ (۵۱)، ص. ۴۳۰-۴۱۳.
DOI: 10.30495/JCEP.2019.669710

۱۷. صدرالدینی، س، ع، ا.، پرندین، م، ا.، و ناظمی، ا، ح.، ۱۳۹۸. اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و تعیین بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایستگاه اسلام‌آباد غرب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۲. Doi: 10.22092/JWRA.2019.119737

۱۸. عامریان، م.، هاشمی گرمدره، س، ا.، و کرمی، ع.، ۱۴۰۰. اثر کم‌آبیاری در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ب، جلد ۳۵، شماره ۳ Doi:10.22092/JWRA.2021.352290.832

۱۹. مشایخی، ک.، و آتشی، ص.، ۱۳۹۴. راهنمای آزمایش‌های فیزیولوژی گیاهی (بررسی قبل و پس از برداشت گیاهان). انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی (تاک). ص۳۲۰

۲۰. محمدی بهمدی، م.، و آرمین، م.، ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۴ شماره ۱ صفحات ۳۴-۱۷. URL: http://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-243-fa.html

۲۱. منصوری فر، س.، فلاح، ع.، و حسین زاده، س، ح، ا.، ۱۳۹۳. تعیین حساسیت پنج هیبرید ذرت به تنش خشکی. یافته‌های نوین کشاورزی. سال نهم، شماره۲. ص.۱۲۹-۱۳۵

۲۲. میرشکارنژاد، ب.، پاکنژاد، ف.، امیری، ا.، اردکانی، م، ر.، ایلکایی، م، ن.، ۱۳۹۹. تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای، نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد سیزدهم، شماره دوم، ۵۴۷-۵۷ ، http://dx.Doi.org/ 10.22077/escs.2020.2156.1540

۲۳. یداللهی، م، ح.، خوش‌روش، م.، و غلامی سفیدکوهی، م، ع.، ۱۴۰۰. تأثیر کم‌آبیاری تنظیم‌شده با آب مغناطیسی بر خواص کمی، کیفی و بهره‌وری آب نخودفرنگی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۵، شماره ۴. Doi: 10.22092/JWRA.2021.356340.897

24. Abdulhamed. Z, A., Abas, S, A., Noaman, A, H., Abood, N, M., 2021. Review on the Development of Drought Tolerant Maize Genotypes in Iraq, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 904. doi:10.1088/1755-1315/904/1/012010
25. Bonea, D., Urechean, V., Niculescu, M., 2018. Yiled and nutritional quality of different maize hybrid under drough stress. Annals off the University off Craiova, Agriculture, Montanology, Cadastre Series. Voll. XLVIII
26. Feyzbakhsh. M.T., Kamkar, B., Mokhtarpour, H., Esmaeil Asadi, M., 2015. Effect of soil water management and different sowing dates on maize yield and water use efficiency under drip irrigation system, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI: 10.1080/03650340.2015.1019345
27. Irfan Ahmad, M., Noor Shah, A., Sun, J., Song, Y., 2020. Comparative Study on Leaf Gas Exchange, Growth, Grain Yield, andWater Use Eciency under Irrigation Regimes for Two Maize Hybrids, Agriculture, 10, 369, doi:10.3390/agriculture10090369
28. Ilyas, M., Khan, S, A., Awan, S, I., Rehman, S., 2019. Assessment of heritability and genetic advance in maize (Zea mays L.) under natural and water stress conditions. Sarhad Journal of Agriculture, 35(1): 144-154.
DOI | http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2019/35.1.144.154
29. Ilyas, M., Khan, S, A., Awan, S, I., Rehman, S., Ahmed, W., Khan, M, R., Naz, R, M, M., Khan, M, M, U., Hafeez, S., 2020. Preponderant of dominant gene action in maize revealed by generation mean analysis under natural and drought stress conditions. Sarhad Journal of Agriculture, 36(1): 198-209. DOI | http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2020/36.1.198.209
30. Liu, Sh., F, Qin., 2021. Genetic dissection of maize drought tolerance for trait improvement, Mol Breeding 41: 8. https://doi.org/10.1007/s11032-020-01194-w
31. Ray, U, K., Sikder, S., Bahadur, M, M., Pramanik, S, K., 2020. Morphophenological and yield respinses of maize (Zea mays L.) to non-irrigation water stress condition. Journal of Science and Technology 18: 8-15.
32. Sanatawy, E, A, M., Ash-Shormillesy, S, M, A, I., Qabil, N., Awad, M, F., Mansour, E., Seed, H., 2021.Priming Improves Seedling Vigor, Grain Yield, andWater Use Efficiency of Maize under Varying Irrigation Regimes. Water, 13, 2115. https://doi.org/10.3390/ w13152115.
33. Santos Rezendea, W., Beyeneb, Y., Mugob, S., Ndouc, E., Gowdab, M., Pyton Sserumagad, J., Asead, G., Ngolindae, I., Jumbob, M, D., Oikehf, S, O., Olsenb, M., Boréma, A., Damião Cruza, C., Prasannab, B, M., 2020. Performance and yield stability of maize hybrids in stress-prone environments in eastern Africa.THE CROP JOURNAL.107–118. https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.08.001.
34. Saad-Allah, K.M., Nessem, A, A., Ebrahim, M, K, H., Gad, D., 2022. Evaluation of Drought Tolerance of Five Maize Genotypes by Virtue of Physiological and Molecular Responses. Agronomy, 12, 59. https://doi.org/10.3390/agronomy 12010059.
35. Shojaei, S, H., Mostafavi, Kh., Khosroshahli, M., Bihamta, M, R., 2020. Assessment of genotype-trait interaction in maize (Zea mays L.) hybrids using GGT biplot analysis. Food Sci. Nutr. 8: 5340-5351. DOI: 10.1002/fsn3.1826.
36. Shafiq, S., Akram, N, A., Ashraf, M., García-Caparrós, P., Ali, O, M., Latef, A, A, H, A., 2021. Influence of Glycine Betaine (Natural and Synthetic) on Growth, Metabolism and Yield Production of Drought-Stressed Maize (Zea mays L.) Plants., Plants.10, 2540. https:// doi.org/10.3390/plants10112540.
37. Shirinpour, M., Asghari, A., Atazadeh, E., Aharizad, S., Rasoulzadeh, A., 2021. Genetic analysis of grain yield and physiological traits of hybrid maize cv. SC704 under full and

water deficit irrigation conditions, Cereal Research Communications, Akadémiai Kiadó Zrt. https://doi.org/10.1007/s42976-020-00106-0.

38. Shin Rou, E, K., Mok Sam, L., 2021. Effects of drought stress and potassium on the growth and yield of locally planted sweet corn. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, Vol. 11 (June) ISSN 2462-1757.
39. Wasaya, A., Affan, M., Yasir, t, A., ur-Rehman, A., Mubeen, K., ur-Rehman, H., Ali, M., Nawaz, F., Galal, A., Iqbal, M, A., Sohidul Islam, m., El-Sharnouby, m., ur Rahman, m, h., EL Sabagh, a., 2021. Foliar Potassium Sulfate Application Improved Photosynthetic CharacteristicsWater Relations and Seedling Growth of Drought-Stressed Maize., 12, 663. https://doi.org/10.3390/ atmos12060663.
40. Zuo, S., Li, J., Gu, W., Wei, S., 2022. Exogenous Proline Alleviated Low Temperature Stress in Maize Embryos by Optimizing Seed Germination, Inner Proline Metabolism, Respiratory Metabolism and a Hormone Regulation Mechanism. Agriculture, 12, 548. https://doi.org/10.3390/ agriculture12040548.

Evaluation of the Effects of Deficit Irrigation on Yield, Yield Components, Proline Content, and Water Productivity of Four Seed Corn Cultivars in Gorgan, Iran

M. Esmaily, M. R. Dadashi, M. T. Feyzbakhsh [1], K. Kabousi, and F. Sheikh

Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
Esmailymansour57@yahoo.com
Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
Mdadashi370@yahoo.com
Assistant Prof., Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan (AREEO), Iran.
Feyz_54@yahoo.com
Associated Prof., Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
kkaboosi@yahoo.com
Assistant Prof., Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, AREEO, Gorgan, Iran.
shaikhfatemeh@yahoo.com

Received: May 2022 and Accepted: December 2022

Abstract

In order to evaluate the effects of deficit irrigation on the yield and water productivity of grain corn in the climatic conditions of Gorgan,an experiment was conducted using split plots in the form of a randomized complete block design in three replicates at the Araghi Mahaleh Research Station of Gorgan, in 2021. The main factor was irrigation treatments at four levels (100% (control), 75%, 50%, and 25% of corn water requirement) and was done based on soil sampling for moisture determination and use of drip irrigation by tape, and the secondary factor consisted of four corn varieties (SC703, SC704, ZP548, BK50). The results of the analysis of variance showed that the effect of irrigation factor was significant (p< 1%) on the examined traits, except the number of rows in the ear. The effect of cultivars on all traits (number of rows per ear, days until earing, plant height, number of seeds per row, weight of 1000 seeds, length of ear, dry weight of stem and leaves, dry weight of cob wood, grain yield, yield, water productivity, and leaf proline) was also significant (p< 1%). Additionally, interaction of deficit-irrigation and cultivars on the traits of the number of rows of seeds, weight of 1000 seeds and seed yield was significant. Comparing the averages showed that the highest seed yield (7722 kg/ha) was observed in the control treatment and the seed yield of the 75%, 50% and 25% treatments compared to the control was 6.8%, 52.4%, and 82% less, respectively. ZP548 hybrid had the highest seed yield (5576 kg/ha) and the highest amount of proline was obtained from the 25% water demand treatment (9.91 µmol/g). The highest water productivity was observed in the 75% treatment (1.07 kg/m^3). Considering the large volume of water saving (2258 m^3/ha) in this treatment, irrigation is recommended based on 75% of water requirement and cultivation of ZP548 variety in Gorgan region.

Keywords: Grain yield, Drought stress, Water use efficiency, Crop water requirement

[1] - Corresponding author: Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan (AREEO), Iran.