

مقایسه روش‌های مختلف آبیاری بر صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام ذرت (*Zea mays L.*) در

فصل‌های بهار و تابستان در شرایط آب و هوایی اهواز

سعید ذاکر نژاد^۱، احمد نادری^{۲*}، سید ابوالحسن هاشمی دزفولی^۲، شهرام لک^۲ و مجتبی علوی فاضل^۲

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* مسئول مکاتبات: a.naderi.edu@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۴

چکیده

جهت ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر صفات آگروفیزیولوژیک ارقام ذرت دانه‌ای آزمایشی به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا شد. فاکتور اصلی شامل چهار روش آبیاری مختلف و فاکتور فرعی شامل سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۱ (کارون) و سینگل کراس ۶۱۶ (مبین) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در کشت بهاره و تابستانه اثر روش‌های مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد، کارایی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب، کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار بود. مقایسه کشت بهاره و تابستانه بیانگر برتری معنی‌دار کشت تابستانه در صفات اندازه‌گیری شده بود. برتری سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به سایر رقم‌ها را در صفات آگروفیزیولوژیک را می‌توان به پتانسیل عملکرد بالاتر، زودرسی و انطباق بیش‌تر با شرایط محیطی مرتبط دانست. نتایج مقایسه میانگین نشان‌داد تیمار I_۲ (آبیاری یک جویچه در میان طی مراحل ۴ تا ۱۲ برگی و ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال و آبیاری مرسوم از ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی) کم‌ترین عملکرد و اجزای عملکرد، کلروفیل a و b و کارایی مصرف آب (اعم از اقتصادی و بیولوژیک) را داشت و بیش‌ترین کاهش را در صفات اندازه‌گیری شده نسبت به تیمار I_۱ (آبیاری مرسوم در کلیه مراحل رشد) به خود اختصاص داد لذا اجرای کم آبیاری در مراحل ابتدایی و میانی رشد (چهار برگی تا ظهور ابریشم بلال) توصیه نمی‌شود. مقایسه دو تیمار I_۲ و I_۴ نشان داد، آبیاری یک در میان جویچه در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال (تیمار I_۲) کم‌ترین کاهش را در عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به تیمار آبیاری مرسوم (I_۱) نشان داد. به عبارتی کم آبیاری در مرحله میانی رشد (۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال) و آبیاری مرسوم در مراحل ۴ تا ۱۲ برگی و ظهور ابریشم تا رسیدگی کامل جهت مدیریت کمبود منابع آب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، عملکرد، کلروفیل و کم آبیاری.

مقدمه

در استان خوزستان با توجه به شرایط آب و هوایی در دو فصل از سال (کشت بهاره و تابستانه) امکان کاشت ذرت فراهم است و بیش از ۳۵ درصد از کل محصول ذرت کشور را تولید می‌کند. به‌طور متوسط عملکرد ذرت دانه‌ای در استان خوزستان به‌دلیل محدودیت منابع آب و مواد مغذی خاک در حدود ۶ تن در هکتار می‌باشد. آب مورد نیاز مزارع ذرت هشت تا دوازده هزار متر مکعب در هکتار است که طی ۱۴ الی ۱۶ نوبت آبیاری باید تامین شد (کرملاجعب و همکاران، ۱۳۹۶). کاهش میزان بارندگی و افزایش دما در سال‌های اخیر از یک سو و تقاضای روزافزون برای مصارف آب شهری و صنعتی از سوی دیگر، سهم آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب، در آستانه بحران قرار داده است (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به محدود بودن منابع آب آبیاری، دستیابی به راه‌کارهای مناسب جهت صرفه‌جویی مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت گیاهان مورد توجه پژوهشگران است. یکی از این راهکارها تعیین کم آبیاری (آبیاری یک جویچه در میان) جهت رشد و تولید محصول بیش‌تر هم‌زمان با افزایش بهره‌وری آب می‌باشد (بیگلویی و همکاران، ۱۳۹۲). خرمیان (۱۳۸۱) گزارش داد روش آبیاری یک در میان تا مرحله گل‌دهی (و پس از آن آبیاری تمام جویچه‌ها) ضمن تولید عملکرد بالا، سبب صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در آب مصرفی می‌شود. آبیاری جویچه‌ای یک در میان در دوره گل‌دهی، سبب بروز تنش کم آبی در گیاه شده و عملکرد را کاهش می‌دهد، پس بهتر است که طی این دوره حساس، آبیاری تمام جویچه‌ها صورت پذیرد و پیش از این دوره، روش یک در میان اعمال شود. Ertek و Kara (۲۰۱۳) اثر کم آبیاری را بر عملکرد ذرت مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند بالاترین میزان تبخیر و تعرق مربوط به تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. هم‌چنین بالاترین و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک هم به ترتیب با ۱۴/۸ و ۱۱/۵ تن در هکتار مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد و ۴۰ نیاز آبی بوده است. Simsek و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند کم آبیاری سبب کاهش عملکرد ماده خشک ذرت می‌شود و در شرایطی از کمبود رطوبت خاک، تغییرات میزان پروتئین در مقایسه با تغییرات میزان الیاف محسوس‌تر است و این تغییرات در برگ بیش‌تر از ساقه می‌باشد و با اعمال کم آبیاری در سطح ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک در شرایط منطقه رشت، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان عملکرد مناسبی از زراعت ذرت به دست آورد. اثر تنش خشکی بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل بسیار مورد توجه محققین بوده است، نتایج تحقیقات محمودیان و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که اثر رژیم رطوبتی بر هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین مقدار هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین میزان آن در حداکثر تنش خشکی مشاهده شد. Furgassa (۲۰۱۷) گزارش داد تنش کمبود آب در مرحله رویشی و زایشی تعداد دانه و در مرحله پر شدن دانه، وزن دانه ذرت را کاهش داد و باعث کاهش عملکرد دانه شد، کمبود آب زمینه کاهش

شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورده و با کاهش عرضه مواد پرورده و اثر منفی آن بر تولید دانه در بلال باعث کاهش عملکرد دانه شد. گودرزیان و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیان کردند با شروع تنش-خشکی در ذرت میزان فتوسنتز خالص به ۷۵ درصد تیمار شاهد تنزل یافت و این کاهش در فتوسنتز با کاهش در هدایت روزنه‌ای هماهنگ بود. یکی از شاخص‌های مهم در مباحث عملکرد گیاه، میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب است که به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود. بهره‌وری آب آبیاری در کشور ما به دلیل محدودیت کمی و کیفی آن از جایگاه خاصی برخوردار است (بیگلویی و همکاران، ۱۳۹۲). اردلان و همکاران (۱۳۹۱) گزارش دادند روش‌های کم آبیاری جهت صرفه‌جویی در مصرف آب زمانی توصیه می‌شود که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار نگیرند و با افزایش شرایط تنش خشکی مزیت روش‌های کم آبیاری کاهش پیدا می‌کند. نیاز آبی نسبتاً زیاد ذرت در مناطق گرمسیری از عوامل محدود کننده توسعه کشت آن محسوب می‌شود، لذا معرفی هیبرید ذرت که به تنش خشکی متحمل باشد برای توسعه کشت این گیاه در مناطق ذکر شده اهمیت زیادی دارد (Rudnick *et al.*, 2017; Corcoles *et al.*, 2017). در استان خوزستان در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و یا هم‌زمانی رشد ذرت با گیاهان زراعی دیگر نظیر برنج و یا محصولات جالیزی، گیاه ذرت در طول دوره رشد و به‌ویژه در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه می‌شد (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). این تحقیق با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب و مقایسه ارقام ذرت انجام گرفت و به بررسی اثرات روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، صفات وابسته به عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در فصول بهار و تابستان پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز جهت ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم‌های ذرت بر روی صفات آگروفیزیولوژیک بر مبنای تجزیه مرکب آزمایش کرت خرد شده طبق طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد (لازم به ذکر است که آزمایش در هر سال زراعی در دو فصل بهار و تابستان به‌طور مجزا انجام شد). فاکتور اصلی (روش آبیاری) در چهار سطح (جدول ۱) و فاکتور فرعی شامل سه رقم سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۱ (کارون) و سینگل کراس ۶۱۶ (مبین) بود. مکان تحقیق در شهرستان اهواز با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی بود. میانگین ۱۰ ساله بارندگی، دما، تبخیر و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب عبارتند از ۲۴۰ میلی‌متر، ۲۳ درجه سانتی‌گراد، ۳۰۰۰ میلی‌متر و ۱۲ متر می‌باشد. خصوصیات آب و هواشناسی منطقه در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. ضمن آن‌که خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک تحت آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است. ابعاد هر کرت ۵ × ۶ متر مربع و هر بلوک شامل ۱۲

تیمار بود. هر کرت فرعی شامل ۶ ردیف و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر بود. کودهای مصرفی شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره به صورت ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد در مرحله هشت برگی) بود.

جدول ۱: سطوح مختلف رژیم آبیاری

تیمار	مرحله ۴ تا ۱۲ برگی	مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال	ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه
I ₁ (شاهد)	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم
I ₂	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری مرسوم
I ₃	آبیاری مرسوم	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری مرسوم
I ₄	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم	آبیاری یک جویچه در میان

جدول ۲: میانگین دوسالانه پارامترهای هواشناسی مکان آزمایش در فصل تابستان

ماه	بارندگی (mm)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداکثر دما (°C)	میانگین حداقل رطوبت نسبی (%)	میانگین حداکثر رطوبت نسبی (%)
مرداد	۰	۳۳/۱	۴۷/۶	۱۴/۱	۴۹/۲
شهریور	۰	۲۶/۶	۴۳/۱	۱۳/۲	۴۳/۴
مهر	۰	۲۱/۸	۳۸/۵	۱۱/۶	۳۵/۴
آبان	۱۲/۵	۱۷/۱	۳۱/۷	۱۰/۱	۲۹/۱
آذر	۲۵	۹	۲۴	۸/۵	۲۵/۹

جدول ۳: میانگین دوسالانه پارامترهای هواشناسی مکان آزمایش در فصل بهار

ماه	بارندگی (mm)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداکثر دما (°C)	میانگین حداقل رطوبت نسبی (%)	میانگین حداکثر رطوبت نسبی (%)
بهمن	۴۵/۱	۳/۸	۲۹/۳	۱۵/۲	۳۹/۷
اسفند	۴۱/۳	۸/۲	۳۳/۲	۱۳/۸	۳۱/۲
فروردین	۱۸/۲	۹/۱	۴۱/۵	۹/۹	۲۰/۱
اردیبهشت	۵/۴	۱۰/۳	۴۴/۵	۶/۵	۱۱/۳

جدول ۴: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت آزمایش

عمق خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)
۰-۳۰	۷/۸۵	۴/۵۵	۰/۵۲	۸/۵۵	۱۸۱
رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³)	آهن (mg.kg ⁻¹)
۳۳	۳۶	۳۱	لومرسی	۱/۳۵	۱۰/۶

آبیاری زمانی که میزان رطوبت خاک به کم‌تر از ۳۰ درصد از حد ظرفیت زراعی رسید، انجام شد. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط اگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. برای تعیین درصد رطوبت نقطه ظرفیت زراعی از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و در دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از گذشت ۴۸ ساعت از انجام آبیاری اقدام به نمونه‌برداری از خاک شد. زمانی که درصد رطوبت وزنی خاک به حد ۲۲ درصد می‌رسید نقطه رسیدن به ظرفیت زراعی قلمداد می‌شد و هنگامی که ۳۰ درصد از رطوبت نقطه ظرفیت

زراعی کاسته شد و به عبارتی حد درصد رطوبت خاک به ۱۷ درصد رسید آبیاری انجام شد. درصد رطوبت وزنی از طریق رابطه ۱ به شرح زیر محاسبه شد (Dingman, 2002):

رابطه ۱: $100 \times \text{وزن خاک خشک (gr)} / \text{وزن خاک مرطوب (gr)} = \text{محتوای رطوبتی خاک (m)}$
حجم آب آبیاری با استفاده از رابطه ۲ در هر آبیاری تعیین شد (علیزاده، ۱۳۸۱):

$$V = (FC - m) \times b \times D_{\text{Root}} \times A / E_i \quad \text{رابطه ۲:}$$

$V =$ حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، $FC =$ درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی، $m =$ درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، $b =$ جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و $D_{\text{Root}} =$ عمق توسعه ریشه بر حسب متر، $A =$ مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع. حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری برای هر تیمار محاسبه و بر اساس کارایی پخش آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت یکنواخت توزیع شد. آبیاری نیز با استفاده از لوله های هیدروفلوم و دریچه هایی که در ابتدای خطوط کاشت تعبیه شده بود صورت گرفت. برای محاسبه کارایی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب از رابطه های ۳ و ۴ استفاده شد (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۳):

رابطه ۳: عملکرد دانه (تن در هکتار) / کل حجم آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار) کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

رابطه ۴: عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) / کل حجم آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار) کارایی بیولوژیک مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

رسیدگی دانه ها با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه ها مشخص شد و برداشت نهایی با توجه به فصل کاشت در هفته دوم خرداد و هفته چهارم آذر صورت پذیرفت. سطح برداشت نهایی برداشت معادل دو مترمربع بود که از دو خط میانی کاشت تأمین شد. محصول کل هر کرت فرعی ابتدا بسته بندی و اتیکت گذاری شد و جهت انجام اندازه گیری های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه بلال ها جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. جهت تعیین درصد رطوبت اندام های مختلف و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه های تصادفی از محصول بخش های مختلف و دانه هر کرت برداشت و در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد و با توجه به وزن اولیه اندام ها و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه بر اساس وزن خشک آن ها تصحیح شد. اجزاء عملکرد شامل تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با استفاده از ۱۰ بلال که به صورت تصادفی از هر کرت جدا شدند، محاسبه شد. برای اندازه گیری غلظت کلروفیل a و b طی رشد قبل از آبیاری از هر کرت شاهد و تحت تنش، هفت برگ جدا و از قسمت میانی برگ ها یک گرم نمونه تازه تهیه شد. جهت استخراج کلروفیل، هر نمونه تازه با استن ۸۰ درصد در هاون

چینی ساییده شد. محلول به‌دست آمده چند بار از کاغذ صافی عبور داده شد تا بقایای نمونه برگ کاملاً بی‌رنگ شود. محلول حاصله با استفاده از استن ۸۰ درصد به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، اپتیکال دانسیته عصاره برگ در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت شد. برای محاسبه غلظت کلروفیل a (میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ) و کلروفیل b (میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ) از رابطه‌ها ۷ و ۸ استفاده شد (Arnon, 1949):

$$\text{Chlorophyll a} = (12/7 * D_{663} - 2/59 * D_{645}) V / 1000 * W \quad \text{رابطه ۷:}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (22/9 * D_{645} - 4/68 * D_{663}) V / 1000 * W \quad \text{رابطه ۸:}$$

D = اپتیکال دانسیته عصاره کلروفیل در طول موج معین، V = حجم نهایی عصاره کلروفیل در استن ۸۰ درصد، W =

وزن تازه نمونه برگ بر حسب گرم. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS (Ver.8) انجام شد (خاقانی و همکاران، ۱۳۹۲)، برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد استفاده شد. مقایسه صفات اندازه‌گیری شده در فصول بهار و تابستان با آزمون T-test انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد ردیف در بلال

نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه نشان داد اثر روش آبیاری و رقم بر تعداد ردیف در بلال در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار بود اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۵). طبق نتایج مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد ردیف در بلال به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۱۳/۸۸) و I_۲ (۱۲/۰۰) تعلق داشت در عین حال تیمارهای I_۳ و I_۴ در یک گروه آماری قرار داشتند. در میان ارقام ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد ردیف در بلال به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۴/۵۸) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱۱/۵۵) تعلق گرفت (جدول ۶). کاهش تعداد ردیف در بلال در قیاس با صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کم‌تر است زیرا این صفت عمده‌تاً تحت اثر عوامل ژنتیکی است و دامنه اثرپذیری آن از عوامل محیطی محدودتر است (فریدی و همکاران، ۱۳۹۲). طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهار، اثر روش آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر سال و اثرات متقابل غیر معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_۱ (۱۲/۱۹) و I_۲ (۹/۱۱) تعلق داشت. Cai و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. هم‌چنین در میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۱/۸۹) و سینگل کراس ۶۱۶ (۹/۵۰) تعلق گرفت (جدول ۸). کاهش تعداد ردیف دانه در بلال همراه با افزایش شدت کمبود آب حاکی از این مطلب است که مقادیر مختلف آبیاری دریافت مواد فتوسنتزی توسط مقاصد فیزیکی

فیزیولوژیکی را تحت اثر قرار داده است (Sabagh et al., 2017).

جدول ۵: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در کشت تابستانه

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
سال	۱	۰/۰۰۱۱ ^{NS}	۰/۰۰۸۴ ^{NS}	۹۵/۶۸۰۰ ^{NS}	۰/۰۶۸۰ ^{NS}	۰/۰۱۵۹ ^{NS}
خطای ۱ (بلوک×سال)	۴	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۵۲	۱۲/۳۸۸۲	۰/۰۲۲۵	۰/۰۵۸۱
روش آبیاری	۳	۱۱/۸۰۳۶ [*]	۱۴۵/۰۲۱۱ ^{**}	۶۰۷۹/۸۲۰۱ ^{**}	۸۸/۹۲۷۰ ^{**}	۳۳۶/۰۶۳۰ ^{**}
سال×روش های آبیاری	۳	۰/۰۰۱۰ ^{NS}	۰/۰۰۶۶ ^{NS}	۱/۷۵۴۶ ^{NS}	۰/۰۰۶۸ ^{NS}	۰/۰۹۴۳ ^{NS}
خطای ۲ (سال×بلوک×روش های آبیاری)	۱۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۲۲۹	۱/۰۵۵۱	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۷۵
رقم	۲	۵۵/۳۶۲۹ ^{**}	۱۸۳/۵۹۹۰ ^{**}	۷۰۰۴/۲۲۰۲ ^{**}	۰/۰۱۲۱ ^{**}	۱۳۶/۳۸۱۱ ^{**}
رقم×روش های آبیاری	۶	۰/۶۱۳۰ ^{NS}	۵/۲۹۰۱ ^{NS}	۵۳/۳۷۲۱ ^{NS}	۰/۷۸۴۸ ^{NS}	۲/۵۳۳۴ ^{NS}
سال×هیبرید	۲	۰/۰۰۸۲ ^{NS}	۰/۰۰۸۶ ^{NS}	۲/۸۸۸۲ ^{NS}	۰/۰۰۵۱ ^{NS}	۰/۰۰۱۸ ^{NS}
رقم×سال×روش های آبیاری	۶	۰/۰۰۵۷ ^{NS}	۰/۰۰۶۳ ^{NS}	۲/۷۴۰۳ ^{NS}	۰/۰۳۱۹ ^{NS}	۰/۰۰۱۸ ^{NS}
خطای ۳	۳۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۱۶	۰/۳۲۶۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۶۹
ضرب تغییرات	-	۱/۷۹	۱/۵۵	۲/۶۶	۲/۲۱	۳/۴۵

^{NS} و ^{**} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و بدون اختلاف معنی دار.

تعداد دانه در ردیف

تجزیه واریانس کشت تابستانه نشان داد اثر روش آبیاری و رقم بر تعداد دانه در ردیف در سطح آماری پنج و یک درصد معنی دار بود اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی دار بود (جدول ۵). طبق نتایج مقایسه میانگین روش های مختلف آبیاری، بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۳۴/۰۶) I_۲ و (۲۷/۴۴) I_۱ تعلق داشت. آبیاری یک جویچه در میان در کاهش تعداد دانه در ردیف در مقایسه با آبیاری مرسوم اثر گذار است به طوری که تیمارهای I_۳ (۷/۳۳ درصد)، I_۴ (۱۴/۱۵ درصد) و I_۲ (۱۹/۴۳ درصد) نسبت به تیمار I_۱ (شاهد) کاهش داشتند. مقایسه میانگین رقم های ذرت نشان داد بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۳۳/۱۴) و سینگل کراس ۶۱۶ (۲۷/۶۳) تعلق گرفت (جدول ۶). طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره اثر روش آبیاری و رقم بر تعداد دانه در ردیف به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی دار شد اما اثر سال و اثرات متقابل غیر معنی دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین روش های مختلف آبیاری نشان داد بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_۱ (۲۶/۳۰) و I_۲ (۱۹/۹۸) تعلق داشت. آبیاری یک جویچه در میان منجر به کاهش تعداد دانه در ردیف به ترتیب در تیمارهای I_۳ (۶/۲۷ درصد)، I_۴ (۱۱/۹۳ درصد) و I_۲ (۲۴/۰۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد.

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در کشت تابستانه

تیمار	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
روش آبیاری					
I ₁	۱۳/۸۸ ^a	۳۴/۰۶ ^a	۳۳۴/۳۸ ^a	۸/۱۲۵ ^{a*}	۱۵/۷۹ ^a
I ₂	۱۲/۰۰ ^b	۲۷/۴۴ ^d	۲۹۱/۰۰ ^d	۲/۹۹۸ ^d	۵/۸۳ ^d
I ₃	۱۳/۳۵ ^a	۳۱/۲۶ ^b	۳۱۸/۷۷ ^b	۶/۹۷۵ ^b	۱۳/۵۹ ^b
I ₄	۱۲/۷۴ ^{ab}	۲۹/۲۴ ^c	۳۰۶/۷۷ ^c	۵/۳۴۹ ^c	۱۰/۴۲ ^c
LSD_{5%}	۰/۸۵	۱/۹۸	۱/۷۶	۰/۸۲	۱/۱۷
رقم					
سینگل کراس ۷۰۴	۱۴/۵۸ ^a	۳۳/۱۴ ^a	۳۲۹/۷۹ ^a	۷/۲۴۸ ^{a*}	۱۳/۸۸ ^a
سینگل کراس ۶۱۶	۱۱/۵۵ ^c	۲۷/۶۳ ^c	۲۹۵/۶۳ ^c	۴/۵۳۶ ^c	۹/۱۳ ^c
سینگل کراس ۷۰۱	۱۲/۸۵ ^b	۳۰/۷۲ ^b	۳۱۲/۷۹ ^b	۵/۸۰۱ ^b	۱۱/۲۱ ^b
LSD_{5%}	۰/۷۴	۱/۱۷	۱/۲۲	۰/۷۱	۱/۱۵

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

دلایل کاهش تعداد دانه در ردیف در شرایط محدودیت منابع آب را می‌توان به برخورد مراحل رشد رویشی گیاه خصوصاً در مرحله ۱۲ برگی به بعد و مرحله رشد زایشی با تنش خشکی، مرتبط دانست. Oikeh و همکاران (۱۹۹۸) گزارش دادند کمبود آب در مرحله رویشی به دلیل تعیین پتانسیل اندازه بلال و تعداد تخمدان‌ها در این دوره از رشد، تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد، لذا در تیمار I₂ که کم آبیاری در مراحل ۴ تا ۱۲ برگی و ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال در آن اعمال شد کم‌ترین تعداد دانه در ردیف را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود زیرا بیش‌ترین محدودیت منابع آب را خصوصاً در مراحل رشد رویشی دارا بود. به نظر می‌رسد درصد کاهش تعداد دانه در ردیف در کشت بهاره بیش‌تر بوده که می‌تواند ناشی از تنش گرما در مرحله ساقه رفتن و تشکیل اجزای عملکرد باشد (قبادی و همکاران، ۱۳۹۴). مقایسه رقم‌های ذرت نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۲۶/۳۲) و سینگل کراس ۶۱۶ (۲۰/۴۲) تعلق گرفت (جدول ۸). طبق نتایج مقایسه رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین وزن دانه به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۲۰۷/۸۷) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱۸۴/۴۹) گرم) تعلق گرفت (جدول ۸). Manh-Ha (۲۰۱۷) گزارش داد در زمان پر شدن دانه، گیاهان پتانسیل اسمزی در بخش مخزن (دانه‌ها) را به مقدار مشخصی منفی نگاه می‌دارند تا سرعت جریان مواد پرورده از منابع به مخازن کاهش پیدا نکند، لذا میزان کاهش وزن دانه در هیبریدهای مختلف ناشی از همین مساله است و هیبریدهای مقاوم‌تر با کنترل سرعت انتقال مواد پرورده از کاهش وزن دانه جلوگیری می‌کردند.

عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه اثر ساده روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به-

ترتیب به تیمار های آبیاری مرسوم (۸/۱۲ تن در هکتار) و I_2 (۲/۹۹ تن در هکتار) تعلق داشت. ارزیابی رژیم های آبیاری بیانگر روند کاهشی به ترتیب در تیمار های I_3 (۱۴/۱۶ درصد)، I_4 (۳۴/۲۳ درصد) و I_5 (۶۳/۱۷ درصد) نسبت به تیمار I_1 (شاهد) بود (جدول ۶).

جدول ۷: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در کشت بهاره

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
سال	۱	۰/۳۷۹۹ ^{NS}	۰/۰۶۵۱ ^{NS}	۱۵/۱۲۵۹ ^{NS}	۰/۰۴۶۷ ^{NS}	۰/۰۴۲۱ ^{NS}
خطای ۱ (بلوک×سال)	۴	۰/۲۳۵۴	۰/۸۰۴۲	۷/۱۶۶۱	۰/۰۲۰۱	۰/۰۱۱۲
روش آبیاری	۳	۳۳/۵۶۰۳ ^{**}	۱۲۹/۷۹۰۱*	۸۱۲/۱۲۹۱ ^{**}	۵۵/۴۸۷ ^{**}	۷۴/۷۹۱۱ ^{**}
سال×روش های آبیاری	۳	۰/۲۰۱۱ ^{NS}	۰/۳۱۰۲ ^{NS}	۰/۱۲۵۹ ^{NS}	۰/۰۹۹۱ ^{NS}	۰/۱۷۹۵ ^{NS}
خطای ۲ (سال×بلوک×روش های آبیاری)	۱۲	۰/۰۱۷۶	۰/۴۱۲۲	۰/۵۰۹۱	۰/۰۶۷۲	۰/۱۵۹۶
رقم	۲	۳۴/۲۶۴۱*	۲۱۰/۳۲۰۹ ^{**}	۳۲۸/۱۲۵۷ ^{**}	۱۱/۱۰۹۱*	۳۳/۸۹۹۲ ^{**}
رقم×روش های آبیاری	۶	۰/۳۶۷۸ ^{NS}	۷/۴۲۲۶ ^{NS}	۳۸/۶۲۵۴ ^{NS}	۰/۲۱۳۴ ^{NS}	۰/۴۴۹۳ ^{NS}
سال×رقم	۲	۰/۰۵۹۱ ^{NS}	۰/۱۱۶۷ ^{NS}	۰/۸۷۵۹ ^{NS}	۰/۰۶۹۵ ^{NS}	۰/۱۸۴۷ ^{NS}
رقم×سال×روش های آبیاری	۶	۰/۱۰۵۴ ^{NS}	۰/۵۹۳۸ ^{NS}	۰/۳۷۵۳ ^{NS}	۰/۰۷۴۱ ^{NS}	۰/۲۰۹۱ ^{NS}
خطای ۳	۳۲	۰/۴۷۲۵	۰/۰۵۰۷	۰/۴۱۶۶	۰/۰۰۳۴	۰/۱۶۴۸
ضریب تغییرات	-	۴/۳۵	۲/۷۸	۱/۳۸	۱/۱۹	

NS و * و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و بدون اختلاف معنی دار.

کاهش عملکرد در تیمار I_3 به نسبت کم تر از سایر رژیم های کم آبیاری (I_2 و I_4) بوده و در شرایط کمبود آب می توان آبیاری یک جویچه در میان در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال را توصیه نمود. دلیل برتری تیمار I_3 بر I_4 برخورد دوره پر شدن دانه با کمبود آب و کوتاه شدن این دوره به دلیل کاهش دوام سطح برگ موجب کاهش وزن دانه و عملکرد شد چراکه کم آبیاری عمدتاً در دوره ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی در تیمار I_4 اعمال شد. لذا به نظر می رسد مناسب نبودن شرایط فراهمی منابع آب در بعد از گل دهی اثر منفی بیش تری بر خصوصیات رشدی نسبت به کم آبیاری قبل از گل دهی دارد (جدول ۶). اردلان و همکاران (۱۳۹۱) و صمصامی پور و همکاران (۱۳۹۴) نتایج مشابهی را گزارش کردند. طبق مقایسه میانگین رقم های ذرت بیش ترین و کم ترین عملکرد دانه به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۷/۲۴ تن در هکتار) و سینگل کراس ۶۱۶ (۴/۵۳ تن در هکتار) تعلق گرفت (جدول ۶). تجزیه واریانس کشت بهاره نشان داد اثر روش های آبیاری و رقم بر عملکرد دانه به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار شد اما اثر سال و اثرات متقابل غیر معنی دار بود (جدول ۷). طبق نتایج مقایسات میانگین روش های مختلف آبیاری بیش ترین و کم ترین عملکرد دانه به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_1 (۴/۰۸ تن در هکتار) و I_2 (۱/۵۲ تن در هکتار) تعلق داشت. میان تیمار I_2 و I_4 از لحاظ آماری تفاوتی وجود نداشت. به نظر می رسد همانند کشت تابستانه روند کاهشی عملکرد دانه در روش های آبیاری نسبت به تیمار شاهد در

کشت بهاره نیز مشاهده شد. در همین راستا Xue و همکاران (۲۰۱۷) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. در میان ارقام ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۳/۷۵) تن در هکتار) و سینگل کراس ۶۱۶ (۲/۳۹) تن در هکتار) تعلق گرفت (جدول ۸). در کشت بهاره و تابستانه سینگل کراس ۷۰۴ برتری محسوسی بر سایر رقم‌های مورد بررسی داشت که حاکی از پتانسیل عملکرد بالاتر و انطباق آن با شرایط اقلیمی منطقه است. تجزیه واریانس کشت تابستانه نشان‌داد اثر روش آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود اما در مقابل اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در کشت بهاره

تیمار	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
روش آبیاری					
I ₁	۱۲/۱۹۳ ^a	۲۶/۳۰۱ ^a	۲۲۱/۱۶ ^a	۴/۰۸۳ ^{a*}	۷/۸۱۱ ^a
I ₂	۹/۱۱۳ ^c	۱۹/۹۸۰ ^c	۱۶۹/۸۳۱ ^d	۱/۵۲۱ ^c	۳/۰۷۲ ^c
I ₃	۱۱/۳۷۱ ^{ab}	۲۴/۶۵۳ ^b	۲۰۰/۶۶۲ ^b	۳/۵۰۵ ^b	۶/۷۷۱ ^b
I ₄	۱۰/۲۴۲ ^b	۲۳/۱۶۴ ^{ab}	۱۹۲/۱۵۹ ^c	۳/۱۱۲ ^b	۶/۰۵۳ ^b
LSD_{5%}	۰/۹۶	۱/۱۳	۲/۶۷	۰/۵۱	۰/۹۸
رقم					
سینگل کراس ۷۰۴	۱۱/۸۹۳ ^a	۲۶/۳۲۷ ^a	۲۰۷/۸۷۲ ^a	۳/۷۵۹ ^a	۷/۱۶۰ ^a
سینگل کراس ۶۱۶	۹/۵۰۱ ^b	۲۰/۴۲۱ ^c	۱۸۴/۴۹۹ ^c	۲/۳۹۱ ^b	۵/۸۲۱ ^b
سینگل کراس ۷۰۱	۱۰/۷۹۳ ^{ab}	۲۳/۸۴۶ ^b	۱۹۵/۵۰۱ ^b	۳/۰۱۱ ^{ab}	۶/۷۹۳ ^{ab}
LSD_{5%}	۰/۹۹	۲/۳۴	۲/۴۹	۰/۶۹	۰/۳۲

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

طبق نتایج مقایسه میانگین روش‌های آبیاری مختلف آبیاری بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۱۵/۷۹) تن در هکتار) و I_۲ (۵/۸۳) تن در هکتار) تعلق داشت. به نظر می‌رسد آبیاری یک جویچه در میان در کاهش میزان عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری مرسوم نقش مهمی دارد به طوری که روند کاهشی به ترتیب در تیمارهای I_۳ (۱۳/۹۳ درصد)، I_۴ (۳۴/۰۰ درصد) و I_۲ (۶۳/۰۷ درصد) نسبت به تیمار I_۱ (شاهد) وجود داشت هر چند این کاهش در تیمار I_۳ کم‌تر محسوس بود. مقایسه رقم‌های ذرت نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۳/۸۸) تن در هکتار) و سینگل کراس ۶۱۶ (۹/۱۳) تن در هکتار) تعلق گرفت (جدول ۶).

عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره اثر روش‌های آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک به ترتیب در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر سال و اثرات متقابل غیر معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_1 (۷/۸۱ تن در هکتار) و I_2 (۳/۰۷ تن در هکتار) تعلق داشت. همانند کشت تابستانه آبیاری یک جویچه در میان منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 نسبت به تیمار شاهد شد هر چند تیمارهای I_2 و I_3 تفاوت معنی‌داری نداشتند. طبق نتایج مقایسه رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۷/۱۶ تن در هکتار) و سینگل کراس ۶۱۶ (۵/۸۲ تن در هکتار) تعلق گرفت (جدول ۸). تیمار I_2 (کم آبیاری در مرحله ۴ تا ۱۲ برگی و مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال) کم‌ترین عملکرد دانه و بیولوژیک را به خود اختصاص داد، در حقیقت تنش رطوبتی با اثر بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه موجب کاهش و به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌شود و در نهایت با کاهش میزان فتوسنتز می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه گیاه شود. در ضمن، ادامه این روند سبب می‌شود فشار تورژسانس در سلول‌ها کاهش یافته و آب کم‌تری درون سلول‌ها باقی بماند لذا از حجم سلول‌ها کاسته می‌شود. این کاهش حجم باعث کاهش وزن سلول‌ها و در نتیجه عملکرد بیولوژیک شد (صمصامی پور و همکاران، ۱۳۹۴). هم‌چنین Tshiabukole و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند کم آبیاری در مرحله زایشی از طریق کاهش معنی‌داری که در دوام سطح برگ و وزن بیولوژیکی اندام‌های گیاه ذرت ایجاد می‌نماید، باعث اثر بر اجزاء عملکرد و عملکرد اقتصادی می‌شود. عباسی و همکاران (۱۳۷۹) گزارش دادند در تیمارهایی که با تنش آبی مواجه بوده‌اند، هرچند که از حجم میزان آب آبیاری تا ۴۰ درصد کاسته شده است، ولی عملکرد به شدت کاهش یافت لذا پیشنهاد نمودند جهت اجتناب از کاهش معنی‌دار عملکرد علی‌رغم اعمال در آبیاری یک در میان جویچه‌ها، استفاده از آبیاری کامل جویچه‌ها در مراحل مهم نمو (ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه) صورت گیرد.

کارایی اقتصادی مصرف آب

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه اثر روش آبیاری و رقم بر کارایی اقتصادی مصرف آب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۹). مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی اقتصادی مصرف آب به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب) و I_2 (۰/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق داشت. بررسی روش‌های آبیاری بیانگر روند نزولی به ترتیب در تیمارهای I_3 (۱۱/۱۱ درصد)، I_4 (۱۶/۱۶ درصد) و I_2 (۲۸/۲۸ درصد) نسبت به تیمار I_1 (شاهد) بود. به نظر می‌رسد در تیمار I_3 این

کاهش کم‌تر محسوس است لذا در شرایط محدودیت منابع آب آبیاری یک جویچه در میان مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال می‌تواند توصیه شود. هم‌چنین طبق مقایسه میانگین رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی اقتصادی مصرف آب به‌ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۰/۹۱) کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق گرفت در عین حال سینگل کراس ۷۰۱ و ۶۱۶ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰). تجزیه واریانس کشت بهاره نشان داد اثر روش آبیاری و رقم بر کارایی اقتصادی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر سال و اثرات متقابل غیر معنی‌دار بود (جدول ۱۱). طبق نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_۱ (۰/۸۱) کیلوگرم بر متر مکعب) و I_۲ (۰/۶۳) کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق داشت. روند کاهشی عملکرد دانه در روش‌های آبیاری نسبت به تیمار شاهد در کشت بهاره نیز مشاهده شد (I_۳: ۴/۹۳ درصد، I_۴: ۸/۶۴ درصد و I_۲: ۲۲/۲۲ درصد). در میان ارقام ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۰/۷۸) کیلوگرم بر متر مکعب) و سینگل کراس ۶۱۶ (۰/۶۸) کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق گرفت (جدول ۱۲). علیرغم کاهش مصرف آب در تیمارهای کم آبیاری خصوصاً تیمار I_۲ کاهش عملکرد دانه به نحو چشم‌گیری اثر کاهش مصرف آب را تعدیل و روند کاهشی کارایی مصرف آب را در تیمارهای کم آبیاری نسبت به آبیاری مرسوم شاهد هستیم. سایر محققین نتایج مشابهی ارائه نمودند (Mansouri (Far et al., 2010; Farre and Faci, 2009).

جدول ۹: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر سایر صفات اگروفیزیولوژیک در کشت تابستانه

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی اقتصادی مصرف آب	کارایی بیولوژیک مصرف آب	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a به b
سال	۱	۰/۱۱۲۳ ^{ns}	۰/۳۲۱۵ ^{ns}	۰/۴۵۹۷ ^{ns}	۰/۱۰۳۴ ^{ns}	۰/۵۵۰۱ ^{ns}
خطای ۱ (بلوک×سال)	۴	۰/۲۷۳۵	۰/۱۵۹۸	۰/۱۶۸۷	۰/۲۹۶۵	۰/۱۷۶۴
روش آبیاری	۳	۹/۷۲۱۳ ^{**}	۱۱/۳۲۶۴ [*]	۱۴/۰۹۱۸ [*]	۱۱/۸۰۲۱ ^{**}	۱۳/۱۱۰۵ [*]
سال×روش‌های آبیاری	۳	۰/۰۳۱۱ ^{ns}	۰/۱۱۹۸ ^{ns}	۰/۳۴۰۴ ^{ns}	۰/۰۵۳۶ ^{ns}	۰/۴۴۰۷ ^{ns}
خطای ۲ (سال×بلوک×روش‌های آبیاری)	۱۲	۰/۴۸۵۶	۰/۰۳۲۱۷	۰/۰۹۶۳	۰/۵۵۶۸	۰/۰۸۳۴
رقم	۲	۲۱/۳۲۷۴ [*]	۳۲/۱۱۶۳ [*]	۴۵/۱۹۰۳ [*]	۲۴/۴۴۳۶ [*]	۴۸/۲۱۰۳ [*]
رقم×روش‌های آبیاری	۶	۰/۶۲۱۵ ^{ns}	^{ns} ۰/۷۴۶۹	۰/۸۸۳۶ ^{ns}	۰/۸۰۷۳ ^{ns}	۰/۹۱۰۷ ^{ns}
سال×رقم	۲	۰/۵۷۲۵ ^{ns}	^{ns} ۰/۶۵۳۹	۰/۷۲۳۴ ^{ns}	۰/۶۶۲۷ ^{ns}	۰/۸۱۳۵ ^{ns}
رقم×سال×روش‌های آبیاری	۶	۰/۳۶۴۷ ^{ns}	۰/۷۴۵۱ ^{ns}	۰/۸۸۳۵ ^{ns}	۰/۴۱۰۲ ^{ns}	۰/۷۱۳۷ ^{ns}
خطای ۳	۳۲	۰/۶۳۹۸	۰/۲۹۳۷	۰/۵۵۶۷	۰/۷۱۳۴	۰/۶۶۳۹
ضریب تغییرات	-	۴/۳۶	۲/۹۸	۳/۵۴	۳/۰۷	۲/۱۱

^{ns} و ^{**} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

کارایی بیولوژیک مصرف آب

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه و بهاره اثر روش‌های آبیاری و رقم بر کارایی بیولوژیک مصرف آب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۱). مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی بیولوژیک مصرف آب به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۱/۹۶ کیلوگرم بر متر مکعب) و I_۲ (۱/۳۲ کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق داشت. ارزیابی روش‌های آبیاری بیانگر روند کاهشی به ترتیب در تیمارهای I (۱۱/۲۲ درصد)، I (۱۶/۸۳ درصد) و I (۳۲/۶۵ درصد) نسبت به تیمار I (شاهد) بود. در میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین کارایی بیولوژیک مصرف آب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱/۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق گرفت هم‌چنین سینگل کراس ۶۱۶ و ۷۰۱ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰). مقایسه میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی بیولوژیک مصرف آب به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I (۱/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب) و I (۱/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق داشت. میان تیمار I و I از لحاظ آماری تفاوتی وجود نداشت. همانند کشت تابستانه روند کاهشی کارایی بیولوژیک مصرف آب در روش‌های آبیاری نسبت به تیمار شاهد در کشت بهاره نیز مشاهده شد (I: ۴/۴۳ درصد و I: ۶/۳۲ درصد) اما این افت چندان محسوس نیست. در میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی بیولوژیک مصرف آب به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب) تعلق گرفت (جدول ۱۲). صمصامی‌پور و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند بیش‌ترین عملکرد و بالاترین کارایی بیولوژیک مصرف آب به علت آبیاری کامل در مراحل انتهایی رشد ذرت اتفاق افتاده است و عدم تفاوت معنادار عملکرد از نظر آماری در این تیمارها نسبت به شاهد (آبیاری نرمال) نشان می‌دهد آبیاری یک درمیان در مراحل میانی رشد (قبل از گلدهی) و آبیاری کامل در مراحل انتهایی رشد ذرت (مرحله زایشی) مناسب‌ترین گزینه از لحاظ مدیریت آبیاری است.

غلظت کلروفیل a

تجزیه واریانس کشت تابستانه و بهاره نشان داد اثر روش‌های آبیاری و رقم بر کلروفیل a به ترتیب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۱). مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری کشت تابستانه نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل a به ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۲/۶۷ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) و I_۲ (۱/۷۵ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق داشت (جدول ۱۰). ارزیابی روش‌های آبیاری بیانگر روند کاهشی به ترتیب در تیمارهای I_۳ (۲۳/۲۲ درصد)، I_۴ (۲۸/۴۶ درصد) و I_۲ (۳۴/۴۵ درصد) نسبت به تیمار I_۱ (شاهد) بود. در میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین کلروفیل a به سینگل کراس ۷۰۴ (۲/۳۹ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق گرفت

(جدول ۱۰). طبق نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل a به‌ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_۱ (۲/۵۷ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) و I_۲ (۱/۶۵ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق داشت.

جدول ۱۰: مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر سایر صفات آگروفیزیولوژیکی در کشت تابستانه

نسبت کلروفیل b به a	کلروفیل b (میلی‌گرم در هر گرم برگ تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در هر گرم برگ تر)	کارایی بیولوژیک مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	تیمار
روش آبیاری					
					I _۱
					I _۲
					I _۳
					I _۴
					LSD _{5%}
رقم					
					سینگل کراس ۷۰۴
					سینگل کراس ۶۱۶
					سینگل کراس ۷۰۱
					LSD _{5%}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

همانند کشت تابستانه روند کاهش کلروفیل a در روش‌های آبیاری نسبت به تیمار شاهد در کشت بهاره نیز مشاهده شد (I_۳: ۲۵/۲۹ درصد، I_۲: ۲۹/۹۶ درصد و I_۴: ۳۵/۷۹ درصد). Greaves و Wang (۲۰۱۷) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. هم‌چنین در میان روش‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل a به‌ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۲/۲۸ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱/۷۹ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق گرفت (جدول ۱۲). در این تحقیق کم آبیاری خصوصاً در تیمارهای I_۳ و I_۴ سبب کاهش غلظت کلروفیل a و به تبع آن کاهش سبزی‌نگی گیاه، افت جذب نور و کاهش عملکرد شد اما تیمار I_۲ کم‌ترین کاهش در میزان کلروفیل a را نسبت به آبیاری مرسوم داشته لذا در صورت محدودیت منابع آب کم آبیاری در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور برگ ابریشم توصیه می‌شود.

کلروفیل b

تجزیه واریانس کشت تابستانه و بهاره نشان‌داد اثر روش آبیاری و رقم بر کلروفیل b در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۱). مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه نشان‌داد بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل b به‌ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم (۰/۸۹ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) و I_۲ (۰/۵۵ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق داشت. در میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین کلروفیل b به سینگل کراس ۷۰۴ (۰/۸۱ میلی‌گرم در هر گرم برگ تر) تعلق گرفت (جدول ۱۰). طبق نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل b به‌ترتیب به تیمارهای آبیاری مرسوم I_۱ (۰/۸۱ میلی‌گرم در هر

گرم برگ (تر) و I_2 (۰/۴۸ میلی گرم در هر گرم برگ تر) تعلق داشت (جدول ۱۲).

جدول ۱۱: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر سایر صفات اگروفیزیولوژیکی در کشت بهاره

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی اقتصادی مصرف آب	کارایی بیولوژیک مصرف آب	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a به b
سال	۱	۰/۰۹۴۸ ^{ns}	۰/۲۹۰۱ ^{ns}	۰/۳۸۰۳ ^{ns}	۰/۰۸۱۲۷ ^{ns}	۰/۴۱۰۹ ^{ns}
خطای ۱ (بلوک×سال)	۴	۰/۲۱۴۲	۰/۱۸۳۹	۰/۱۹۱۹	۰/۳۳۴۵	۰/۲۱۰۷
روش آبیاری	۳	۷/۶۹۸۴ ^{**}	۹/۸۹۱۷ [*]	۱۱/۱۲۶۹ [*]	۸/۵۵۱۲ ^{**}	۱۳/۰۹۱۷ [*]
سال×روش‌های آبیاری	۳	۰/۱۲۴۶ ^{ns}	۰/۱۰۹۵ ^{ns}	۰/۱۲۸۸ ^{ns}	۰/۱۱۰۹ ^{ns}	۰/۱۹۷۵ ^{ns}
خطای ۲ (سال×بلوک×روش‌های آبیاری)	۱۲	۰/۳۸۲۱	۰/۰۲۳۷۱	۰/۰۹۳۳۲	۰/۲۷۹۴	۰/۱۹۱۹
رقم	۲	۱۴/۹۳۷۴ ^{**}	۲۹/۰۹۳۵ [*]	۳۵/۲۱۹۷ [*]	۱۲/۸۸۷۱ [*]	۳۸/۰۹۳۷ [*]
ژنوتیپ × روش‌های آبیاری	۶	۰/۰۸۶۳ ^{ns}	۰/۶۶۳۴ ^{ns}	۰/۹۸۳۱ ^{ns}	۰/۰۷۱۱ ^{ns}	۰/۸۸۲۴ ^{ns}
سال×رقم	۲	۰/۴۰۲۱ ^{ns}	۰/۵۵۲۳ ^{ns}	۰/۸۹۴۷ ^{ns}	۰/۳۹۰۲ ^{ns}	۰/۹۷۳۳ ^{ns}
رقم×سال×روش‌های آبیاری	۶	۰/۲۹۸۹ ^{ns}	۰/۶۹۰۴ ^{ns}	۰/۹۱۲۳ ^{ns}	۰/۳۱۶۴ ^{ns}	۰/۸۹۳۱ ^{ns}
خطای ۳	۳۲	۰/۵۱۳۷	۰/۲۵۳۷	۰/۵۵۶۲	۰/۴۹۷۷	۰/۶۶۱۲
ضریب تغییرات	-	۳/۷۹	۳/۵۵	۲/۶۶	۲/۱۱	۱/۵۵

^{ns} و ^{**} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

میان رقم‌های ذرت بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل b به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۰/۷۴ میلی گرم در هر گرم برگ تر) و سینگل کراس ۶۱۶ (۰/۵۳ میلی گرم در هر گرم برگ تر) تعلق گرفت (جدول ۱۲). خاکسار و همکاران (۱۳۹۳) کاهش محتوی نسبی آب برگ را از عوامل مؤثر در تخریب و کاهش کلروفیل b گزارش نمود. یافته‌های کلامیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز نشان‌داد تنش کم آبی در هر دو مرحله رویشی و زایشی ذرت منجر به کاهش معنی‌دار محتوی کلروفیل نسبت به تیمار شاهد (آبیاری مرسوم) شد. سایر محققین نیز در شرایط تن خشکی اختلال در سنتز کلروفیل a و b را ارائه کرده اند (طباطبایی، ۱۳۹۰؛ مجدم، ۱۳۸۵).

نسبت کلروفیل a به b

تجزیه واریانس کشت تابستانه و بهاره نشان داد اثر روش آبیاری و رقم بر نسبت کلروفیل a به b در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها غیر معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۱). بر اساس نتایج این تحقیق، در کشت تابستانه نسبت غلظت کلروفیل a به کلروفیل b در شرایط محدودیت منابع آب و کم آبیاری افزایش یافت، به طوری که این نسبت از ۲/۹۵ در تیمار آبیاری مرسوم با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، به مقدار ۳/۱۸ در تیمار I_2 افزایش یافت (جدول ۱۰). این مسئله نسبت می‌تواند بیانگر حساس‌تر بودن کلروفیل b به شرایط تنش کمبود آب باشد. روند مشابهی در خصوص تیمارهای آبیاری در کشت بهاره مشاهده شد. Majid و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی غلظت کلروفیل a را بیش‌تر از کلروفیل b کاهش می‌دهد که باعث افزایش نسبت کلروفیل a/b می‌شود. Angadi و Halli (۲۰۱۷) بیان داشته‌اند که این تفاوت به واسطه تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت نسبت کم‌تر PSII/PSI تحت

تنش خشکی است.

جدول ۱۲: مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر سایر صفات آگروفیزیولوژیکی در کشت بهاره

نسبت کلروفیل a به b	کلروفیل b (میلی گرم در هر گرم برگ)	کلروفیل a (میلی گرم در هر گرم برگ)	کارایی بیولوژیک مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	تیمار
					روش آبیاری
۳/۱۱ ^c	۰/۸۱ ^a	۲/۵۷ ^a	۱/۵۸ ^a	۰/۸۱ ^a	I ₁
۳/۴۵ ^a	۰/۴۸ ^c	۱/۶۵ ^c	۱/۲۵ ^c	۰/۶۳ ^d	I ₂
۳/۱۸ ^{bc}	۰/۶۱ ^b	۱/۹۲ ^b	۱/۵۱ ^b	۰/۷۷ ^b	I ₃
۳/۳۱ ^b	۰/۵۴ ^{bc}	۱/۸۰ ^{bc}	۱/۴۸ ^b	۰/۷۴ ^c	I ₄
۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۴۱	LSD _{5%}
					رقم
۲/۹۵ ^b	۰/۷۴ ^a	۲/۲۸ ^a	۱/۵۶ ^a	۰/۷۸ ^a	سینگل کراس ۷۰۴
۳/۳۵ ^a	۰/۵۳ ^c	۱/۷۹ ^b	۱/۳۶ ^c	۰/۶۸ ^c	سینگل کراس ۶۱۶
۳/۰۱ ^b	۰/۶۵ ^b	۱/۸۶ ^{ab}	۱/۴۵ ^b	۰/۷۳ ^b	سینگل کراس ۷۰۱
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۳۸	LSD _{5%}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقایسه صفات اندازه‌گیری شده در دو کشت تابستانه و بهاره با آزمون T-test

نتایج مقایسه صفات در دو کشت تابستانه و بهاره نشان‌داد میانگین کلیه صفات مورد بررسی (به استثنای شاخص برداشت) دارای تفاوت معنی‌داری است (جدول ۱۳). لازم به ذکر است مقادیر مربوط به صفات کشت تابستانه همواره در سطح بالاتری نسبت به کشت بهاره قرار داشت لذا عرف منطقه مبنی بر کاشت رقم‌های مورد بررسی در استان خوزستان در کشت تابستانه قابل توصیه است.

جدول ۱۳: نتایج مقایسه صفات اندازه‌گیری شده در فصول بهار و تابستان با آزمون T-test

t	انحراف معیار استاندارد	میانگین	تعداد مشاهدات	فصل	صفات
۸/۰۳**	۲۳۳۵	۵۸۶۲	۱۲	تابستان	عملکرد دانه
	۱۱۵۴	۳۰۶۵	۱۲	بهار	
۷/۹۸**	۴/۴۳	۱۱/۴۱	۱۲	تابستان	عملکرد بیولوژیک
	۲/۱۱	۵/۹۳	۱۲	بهار	
۱۳/۲۲*	۱/۵۰	۱۲/۹۹	۱۲	تابستان	تعداد ردیف در بلال
	۱/۵۹	۱۰/۷۳	۱۲	بهار	
۲۳/۹۶**	۳/۵۶	۳۰/۵۰	۱۲	تابستان	تعداد دانه در ردیف
	۳/۶۰	۲۳/۵۳	۱۲	بهار	
۶۹/۲۶**	۲۲/۲۱	۳۱۲/۷۳	۱۲	تابستان	وزن دانه
	۲۱/۷۳	۱۹۵/۹۶	۱۲	بهار	
۱۵/۹۸*	۰/۳۹	۰/۸۴	۱۲	تابستان	کارایی اقتصادی مصرف آب
	۰/۳۱	۰/۷۵	۱۲	بهار	
۱۱/۸۵*	۰/۷۵	۱/۶۴	۱۲	تابستان	کارایی بیولوژیک مصرف آب
	۰/۶۳	۱/۴۵	۱۲	بهار	
۰/۹۵*	۱/۰۱	۲/۰۷	۱۲	تابستان	کلروفیل a
	۰/۹۵	۱/۹۴	۱۲	بهار	
۰/۴۴*	۰/۳۲	۰/۶۸	۱۲	تابستان	کلروفیل b
	۰/۲۹	۰/۵۹	۱۲	بهار	
۱۲/۱۷*	۱/۴۱	۲/۹۵	۱۲	تابستان	نسبت کلروفیل a به b
	۱/۵۱	۳/۱۶	۱۲	بهار	

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

نتیجه گیری

مقایسه تیمارهای کم آبیاری نشان داد تیمار I_۲ کمترین عملکرد، اجزای عملکرد، کلروفیل a و b، محتوای نسبی آب و کارایی مصرف آب (اعم از اقتصادی و بیولوژیک) را کسب کرده و بیشترین درصد کاهش را در صفات اندازه گیری شده نسبت به آبیاری مرسوم به خود اختصاص داد لذا اجرای کم آبیاری در این مراحل ابتدایی و میانی رشد (۴ برگگی تا ظهور ابریشم بلال) توصیه نمی شود. با توجه به محدودیت روزافزون منابع آب جهت اعمال کم آبیاری باید برنامه ریزی آبیاری را در صورت محدودیت مقدار آب طوری تنظیم کرد که گیاه در مرحله حساس (خصوصاً مراحل زایشی) دچار کم آبی نشود لذا مقایسه دو تیمار I_۲ و I_۴ نشان داد، آبیاری یک جوپچه در میان در مرحله ۱۲ برگگی تا ظهور ابریشم بلال (تیمار I_۲) کمترین کاهش را در عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به آبیاری مرسوم داشته و قابل توصیه می باشد، به عبارتی کم آبیاری در مرحله ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه بر عملکرد دانه و میزان علوفه اثر منفی قابل ملاحظه ایی داشته و می توان با آبیاری کامل در این مرحله و کم آبیاری در مراحل میانی رشد (۱۲ برگگی تا ظهور برگ ابریشم) مناسبترین گزینه برای مقابله با محدودیت منابع آب باشد. مقایسه کشت بهاره و تابستانه بیانگر تفاوت معنی دار و برتری محسوس کشت تابستانه در صفات اندازه گیری شده است به نظر می رسد کشت مرسوم ذرت در فصل تابستان علیرغم محدودیت منابع آب مناسبتر است. با توجه به اثر انکار ناپذیر اجزاء عملکرد بر عملکرد دانه و اثر پذیری اجزاء عملکرد از شرایط اقلیمی منطقه انتخاب ژنوتیپ مطابق با شرایط اقلیمی هر منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تولید بیشترین عملکرد دانه توسط رقم سینگل کراس ۷۰۴ را می توان به خصوصیات ژنتیکی از جمله پتانسیل عملکرد بالاتر، زودرسی و انطباق بیشتر با شرایط محیطی و برتری در تمام شاخص های آگروفیزیولوژیک بررسی شده مرتبط دانست.

منابع

- اردلان، و.، ف. آقایی، ف. پاک نژاد، م. صادقی شعاع، ش. اسماعیل زاده خراسانی و ز. فاطمی ریکا. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کم آبیاری و شیوه های آبیاری بر عملکرد دو رقم ذرت. ۱۳۹۱. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸. شماره ۳. ص: ۱۷۵-۱۸۹.
- بیگلویی، م. ح.، ع. کافی قاسمی، م. جواهردشتی و م. اصفهانی. ۱۳۹۲. اثر رژیم های آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) در منطقه رشت. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۵. شماره ۳. ص: ۱۹۶-۲۰۶.
- خاکسار، آ.، ا. نادری، ا. آینه بند، و ش. لک. ۱۳۹۳. ارزیابی اثر همزمان کم آبیاری و تنش قطع آب بر صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله پژوهش های به زراعی. جلد ۶. شماره ۱. ص: ۶۳-۷۸.
- خاقانی، ش.، ی. ع. سیدمحمدی، م. خیاط. و ن. س. سید محمدی. ۱۳۹۲. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه و

- تحلیل آزمایش‌های تجزیه مرکب و طرح بلوک‌های ناقص. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۳۴۰ صفحه.
- خرمیان، م. ۱۳۸۱. بررسی اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۳. شماره ۱۱. ص: ۹۱-۱۰۱.
- مصمصامی پور، م.، پ. افراسیاب، م. ر. امداد، م. دلبری. و ف. کاراندیش. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب. تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۶. شماره ۱. ص: ۱۸-۱۱.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه (ترجمه). چاپ اول. انتشارات آستان قدس. ۳۵۳ ص.
- عباسی، ف.، ک. صادق زاده و ا. نجفی. ۱۳۷۹. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. مجله تحقیقات فنی و مهندسی. جلد ۵. شماره ۱۸. ص: ۲۳-۳۷.
- طباطبائی، ع.، ا. مهرانی، و س. م. نقی بالقرا. ۱۳۹۰. بررسی فواصل آبیاری در هیبریدهای ذرت به منظور کاهش آب مصرفی و حصول بیشترین عملکرد. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان.
- فریدی، ف.، م. رمرودی، م. گلوی، ب. سیاهسر و س. خاوری خراسانی. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر روش کاشت بر ویژگی‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام شیرین ذرت در شرایط شور. مجله بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۵. شماره ۲. ص: ۱۸۸-۱۹۷.
- قبادی، ر.، ع. شیرخانی و ع. جلیلیان. ۱۳۹۴. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (SC۷۰۴). مجله پژوهش و سازندگی (زراعت). شماره ۱۰۶. ص: ۷۹-۸۷.
- کرملاجعب، ع.، س. ع. سیادت، ح. حمدی، ح. منجزی و ا. کوچک زاده. ۱۳۹۶. اثر سطوح فیلترکیک بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بلال ذرت شیرین تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. مجله بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۹. شماره ۲. صفحات: ۴۲۱-۴۳۲.
- کلامیان، س.، ع. م. مدرس ثانوی، و خ. محمدی. ۱۳۸۵. تغییرات متابولیت‌های سازگار و خصوصیات کلروفیل در هیبریدهای پربرگ و تجاری ذرت در شرایط کمبود آب در مراحل مختلف رشد، همایش منطقه‌ای بهینه‌سازی کمیت و کیفیت محصولات دیم. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه. کرمانشاه.
- گودرزیان، م.، س. منصور فر. و م. سعیدی. ۱۳۹۱. بررسی برخی از صفات فیزیولوژیکی هیبریدهای مختلف ذرت

- در شرایط تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
- مجدم، م. و ع، مدحج. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه ای در شرایط بهینه و تنش خشکی. نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد ۱۰. شماره ۳. ص: ۵۴۶-۵۵۴.
- مجدم، م. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات آگروفیزیولوژیکی و عملکرد دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۲۲۲ ص.
- محمودیان، م.، م. اسماعیل زاده. و م. نصری. ۱۳۹۰. پاسخ تاج پوشش، کلروفیل برگ، هدایت روزنه ای و عملکرد ارقام گندم نان به تنش خشکی. فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳. شماره ۲. ص: ۱۴۴-۱۵۸.
- هاشمی دزفولی، س. ا. ۱۳۷۳. مفهوم کارایی مصرف آب. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۲۵. ص: ۳۷-۳۴.
- Arnon, D. 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. *Journal of Plant Physiology*. 24: 1-15.
- Cai, Q., Y. Zhang, Zh. Sun, J. Zheng, W. Bai, Y. Zhang, Y. Liu, L. Feng, Ch. Feng, Zh. Zhang, N. Yang, J. B. Evers. and L. Zhang. 2017.** Morphological plasticity of root growth under mild water stress increases water use efficiency without reducing yield in maize. *Journal of Biogeosciences*. 14: 3851-3858.
- Corcoles, H. L., J. A. D. Juan. and M. R. Picornell. 2017.** Comparison of yield components and quality factors of sweet corn under different irrigation scheduling strategies. *Journal of Outlook on Agriculture*. 46(3): 203-212.
- Dingman, S. L. 2002.** Chapter 6, Water in soils: infiltration and redistribution. *Physical Hydrology (Second Ed.)*. Upper Saddle River. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. p. 646. USA.
- Ertek, A. and B. Kara. 2013.** Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Journal of Agricultural Water Management*. 129: 138-144.
- Farre, I. and J. M. Faci. 2009.** Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Journal of Agricultural Water Management*. 96: 383-394.
- Furgassa., Z. Sh. 2017.** The Effect of deficit irrigation on maize crop under conventional furrow irrigation in adami tulu central rift valley of ethiopia. *Journal of Applied Engineering*. 1(1): 8-19.
- Greaves, G. E. and Y. M. Wang. 2017.** Yield response, water productivity, and seasonal water production functions for maize under deficit irrigation water management in southern Taiwan. *Journal of Plant Production Science*. 20(4): 353-365.
- Halli, H. M. and S. S. Angadi. 2017.** Response of Land Configuration and Deficit Irrigation on

Growth and Yield Attributes of Maize (*Zea mays* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(5): 52-60.

Majid, M. A., M. Saiful Islam, A. E. L. Sabagh, M. K. Hasan, C. Barutcular, D. Ratnasekera. and M. S. Islam. 2017. Evaluation of growth and yield traits in corn under irrigation regimes in sub-tropical climate. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 5(2): 143-150.

Manh-Ha., B. 2017. A review of growth stage deficit irrigation effecting sticky maize production. Journal of GeoScience Engineering. 18(2): 13-18.

Mansouri-Far, C., S. A. M. Modarres Sanavy. and S. F. Saberli. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Journal of Agricultural Water Management. 97: 12-22.

Oikeh, S. O., J. G. Itling. and A. E. Okoruwa. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African. Journal of Crop Science. 38: 1056-1061.

Ritchie, S. W. and H. T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Journal of Crop Science. 30: 105-111.

Rudnick, D., S. Irmak, Ch. Ray, J. Schneekloth, M. Schipanski, I. Kisekka, A. Schlegel, J. Aguilar, D. Rogers, D. Mitchell, Ch. West, Th. Marek, Q. Xue, W. Xu. and D. Porter. 2017. Deficit irrigation management of corn in the high plains: A Review. Proceedings of the 29th Annual Central Plains Irrigation Conference. Feb. 21-22. Burlington. Colorado. USA. Pp: 66-84.

Sabagh, A. E. L., C. Barutcular. and M. Sohikul Islam. 2017. Relationships between stomatal conductance and yield under deficit irrigation in maize (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 5(1): 14-21.

Simsek, M., A. Can, N. Denek. and T. Tonkaz. 2011. The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology. 10(31): 5869-5877.

Tshiabukole, J. P. K., A. M. Kankolongo, G. P. Khonde, A. M. Djamba, R. K. Vumilia. and K. Nkongolo. 2017. Analysis of adaptive response of maize (*Zea mays* L.) varieties from DR Congo to water stress. American Journal of Plant Sciences. 8: 2282-2295.

Xue, Q., Th. H. Marek, W. Xu. and J. Bell. 2017. Irrigated Corn Production and Management in the Texas High Plains. Journal of Contemporary Water Research and Education. 162(1): 31-41.