



مقایسه تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر میزان توزیع مجدد ماده خشک و روند رشد دانه ژنوتیپ‌های ذرت در فصول بهار و تابستان

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

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۲

چکیده

این تحقیق جهت بررسی اثر روش‌های آبیاری بر توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت دانه‌ای طبق آزمایش کرت خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ (در دو فصل بهار و تابستان) اجرا شد. عامل اصلی شامل چهار روش آبیاری مختلف و عامل فرعی رقم در ۳ سطح، سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۱ (کارون) و سینگل کراس ۶۱۶ (مبین) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد در کشت بهاره و تابستانه، اثر روش‌های مختلف آبیاری و هیبرید بر صفات میزان توزیع مجدد ماده خشک، وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری و سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد 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 میزان توزیع مجدد ماده خشک، سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه، وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری و سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه را داشت و بیشترین کاهش را در صفات اندازه‌گیری شده (به جز سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه) نسبت به تیمار I_۱ یا شاهد (آبیاری مرسوم) به خود اختصاص داد، لذا اجرای کم آبیاری در مراحل ابتدایی و میانی رشد (چهار برگی تا ظهور ابریشم بلال) توصیه نمی‌شود. نتایج مقایسه کشت بهاره و تابستانه بیانگر تفاوت معنی‌دار در صفات اندازه‌گیری شده بود. در میان تیمارهای کم آبیاری تیمار I_۲ کمترین سرعت پرشدن دانه را در در مقایسه با سایر تیمارهای کم آبیاری (I_۳ و I_۴) دارا بود. همچنین هیبرید ۷۰۴ دارای بالاترین سرعت روند پر شدن دانه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود که بیانگر انطباق بیشتر این هیبرید با شرایط محدودیت منابع آب می‌باشد. اعمال کم آبیاری در تیمار I_۲ (آبیاری یک در میان جویچه در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال) کمترین کاهش را در صفات اندازه‌گیری شده (به جز صفت سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه) نسبت به آبیاری مرسوم داشت، لذا قابل توصیه به کشاورزان در شرایط کم آبی است.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، تنش خشکی، کم آبیاری، هیبرید

مقدمه

ارزیابی روند رشد و پر شدن دانه و ارزیابی اثر پارامترهای فیزیولوژیک بر وزن دانه از تحقیقات پایه ای در برنامه‌های مطالعات به نژادی و فیزیولوژیکی به شمار می‌رود (Kuscu & Demir, 2013). یکی از موضوعات مهم در شکل‌گیری عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در گیاهان می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴)، همچنین یکی از روش‌های مهم و مفیدی که به نژادگران در معرفی ارقام پر محصول برای مناطق خشک با محدودیت آب به خصوص در پایان فصل رشد، به کار می‌برند، شناخت بهتر صفات فیزیولوژیکی مؤثر در پایداری عملکرد از جمله دوام پرورده سازی جاری گیاه و کارایی توزیع مجدد مواد به دانه است (Kuscu et al., 2013). تنش خشکی در دوره پر شدن دانه، باعث نقصان فتوسنتز جاری شده و وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهد و در این زمان انتقال مجدد مواد نقش مهمی را در پر شدن دانه‌ها بازی می‌کند. مقدار و سهم توزیع مجدد مواد به شدت تنش و اثر آن روی فتوسنتز و همچنین خصوصیات ژنتیکی گیاه بستگی دارد (Tolk et al., 2016). وزن دانه یکی از اجزای مهم عملکرد بوده و تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه از نظر پتانسیل تولید دانه، رقابت دانه‌ها، طول دوره پر شدن دانه‌ها و شرایط محیطی قرار دارد. نمو بذری که به عنوان عملکرد اقتصادی یک محصول دانه ای در نظر گرفته می‌شود، دارای دو مرحله سرعت پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه می‌باشد که سرعت پر شدن دانه بیانگر تجمع ماده خشک در زمان و طی

مرحله خطی نمو دانه است. سرعت پر شدن دانه به مقدار زیادی در کنترل ژنتیک بوده ولی مدت پر شدن دانه تحت تأثیر محیط است (Harrison et al., 2014). چنانچه کاهش وزن دانه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه جبران نگردد، در این صورت کاهش وزن نهایی دانه به کاهش مدت پر شدن دانه نسبت داده می‌شود (حسین پور و همکاران، ۱۳۸۵). هنگامی که دانه در حال پر شدن است کربوهیدرات‌های محلول بیشتری از بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه حرکت می‌کنند که این حرکت از نظر مقدار و سهم آن در وزن دانه در شرایط تنش خشکی بیشتر می‌گردد. به دلیل سرعت بیشتر توزیع مجدد در شرایط تنش، انباشت مقدار مناسبی از کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در ساقه برای پشتیبانی تجمع مواد در دانه از طریق این فرایند ضروری به نظر می‌رسد. این مسأله در شرایط تنش شدید اهمیت بیشتری یافته، چون در این زمان نقصان در فتوسنتز جاری بیشتر شده و به دنبال آن وابستگی وزن دانه به توزیع مجدد افزایش می‌یابد (Yan et al., 2016). انتقال مجدد مواد پرورده، کمبود مواد پرورده در شرایط تنش را به دلیل کاهش میزان فتوسنتز جبران می‌نماید (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین توزیع مجدد کربوهیدرات‌هایی که قبل و بعد از گرده افشانی در اندام‌های رویشی ذخیره می‌گردند، یک بافر مهم تعدیل تغییرات عملکرد دانه در شرایط بروز تنش در دوره پر شدن دانه‌ها به شمار می‌رود (Budakli et al., 2010). برخی محققین گزارش دادند که طول دوره رویشی تأثیر مستقیم مثبت و بالایی روی عملکرد داشته است،

بیشتر اندام رویشی در مرحله گرده افشانی، به سهم بیشتر ماده خشک انتقال یافته به دانه‌ها منتهی گردید. (Amin & Brinis, 2013) نشان دادند در مرحله رسیدگی گندم ۷۵ تا ۹۲ درصد از کربن ذخیره شده در ساقه به سمت دانه‌ها انتقال یافت که این میزان ۵۰ الی ۸۰ درصد بیشتر از شرایط آبیاری مطلوب در طول دوره رشد این گیاه بود، آن‌ها بیان نمودند که به طور کلی تنش کمبود آب باعث افزایش میزان انتقال مجدد شد و افزایش فراهمی آب از طریق تأخیر ناچیز در پیری برگ‌ها موجب افزایش میزان و سهم فتوسنتز جاری و کاهش سهم مواد خشک ذخیره شده در تولید دانه گردید. (Simsek *et al*, 2011) گزارش کردند، در گیاهان تحت تنش کمبود آب که میزان فتوسنتز جاری آن در طول دوره پر شدن دانه محدود شده باشد، وابستگی بیشتر به موارد ذخیره شده در بخش‌های رویشی پیش از گلدهی نشان دهنده نیاز دانه‌ها به منابع ثانویه است. (Harrison *et al*, 2011) گزارش نمودند، نمو دانه ذرت در صورت کاهش فتوسنتز جاری در شرایط تنش متأثر از آسیمیلات‌های ذخیره‌ای در مرحله ابریشم‌دهی بود و مشاهده نمودند که کاهش در مقدار مواد پرورده ذخیره‌ای در زمان ابریشم‌دهی آسیب‌پذیری تشکیل دانه در پتانسیل آب پایین در مزرعه را افزایش داد، ولی سطح بالای ذخایر مواد فتوسنتزی به تنهایی جهت فائق آمدن بر کاهش فتوسنتز جاری با کمبود مخزن زایشی کافی نبود. هدف از اجرای این تحقیق شناخت دینامیک تأمین ماده خشک دانه ذرت از منابع مختلف، تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و عدم آبیاری به صورت

در حالی که دوره پر شدن دانه و تعداد روز تا رسیدن اثر مستقیم منفی روی آن داشته است. وزن بیشتر دانه‌ها با پر شدن سریع دانه‌ها و طولانی کردن این جریان همراه است (Zlatev & Lidon, 2012). سرعت پر شدن دانه مهمترین خصوصیت دوره پر شدن دانه می‌باشد، همچنین بین سرعت و مدت پر شدن دانه رابطه منفی برقرار است (Shafi *et al.*, 2013). (Kashiani *et al*, 2011) نشان دادند، زمانی که گیاه ذرت تنش‌های محیطی مثل کمبود آب را در دوره‌های مختلف رشد تجربه کند کربوهیدرات‌هایی که قبل از گلدهی در بخش رویشی ذخیره شده‌اند نقش مهمی را در پر کردن دانه ایفا کردند. باصفا و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که تنش کمبود آب خیلی شدید و دمای بالا در طی دوره پر شدن دانه می‌تواند فتوسنتز را به طور کامل متوقف کند، با وجود این ممکن است دانه با شدت و مقدار کمتری نسبت به شرایط مطلوب به افزایش وزن ادامه دهد، در یک گیاه زنده و تحت تنش مواد خشک ذخیره شده ممکن است تحت انتقال مجدد از ساقه، برگ و ریشه‌ها به بلال و دانه‌ها منتقل گردد، بر اساس این نتایج مشخص گردید با توقف فتوسنتز در طی دوره پر شدن دانه کاهش عملکرد دانه تحت تنش کمبود آب از حدود ۴۷ تا ۶۹ درصد بیشتر نشد، به همین دلیل ممکن است قسمت اعظم ذخایر گیاه برای پرکردن دانه مصرف و ذخایر ساقه نیز به میزان زیاد برای تأمین نیاز دانه استفاده شد. (Payero *et al*, 2009) اظهار داشتند کارآیی انتقال مجدد ماده خشک، به وزن خشک اندام رویشی در مرحله گرده افشانی بستگی داشت و وزن خشک

شد). عامل 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 میلی متر، ۲۳ درجه سانتی گراد، ۳۰۰۰ میلی متر و ۱۲ متر بود. مشخصات آب و هوایی منطقه در جدول ۲ و ۳ ارائه گردید. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک آزمایش در جدول ۴ درج شده است.

هدفمند در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ‌های گیاه ذرت در فصل‌های بهار و تابستان بود، تا به راهکارهایی مناسب برای کاهش اثرات منفی کمبود آب بر عملکرد گیاه دست یافت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز جهت ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری و هیبریدهای ذرت بر توزیع مجدد مواد ذخیره ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت دانه‌ایی بر مبنای تجزیه مرکب آزمایش کرت‌خرد شده طبق طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در طی سال‌های زراعی ۹۳-۹۴ و ۹۴-۹۵ اجرا گردید (آزمایش در هر سال زراعی در دو فصل بهار و تابستان به طور مجزا انجام

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 _۱ (شاهد)	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم
I _۲	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری مرسوم
I _۳	آبیاری مرسوم	آبیاری یک جویچه در میان	آبیاری مرسوم
I _۴	آبیاری مرسوم	آبیاری مرسوم	آبیاری یک جویچه در میان

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.

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 سانتی متر بود. کودهای مصرفی شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات

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	لوم-رسی	۱/۳۵	۱۰/۶

دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از گذشت ۴۸ ساعت از انجام آبیاری اقدام به نمونه برداری از خاک می گردید. زمانی که درصد رطوبت وزنی خاک به حد ۲۲ درصد رسید، نقطه حاصل شدن ظرفیت زراعی قلمداد گردید 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 می پذیرفت. به منظور بررسی میزان، کارایی و سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و

آبیاری زمانی که میزان رطوبت خاک به کمتر از ۳۰ درصد از حد ظرفیت زراعی رسید، انجام گردید. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط آگر 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 سانتی متری نمونه برداری و در دستگاه آن در

دانه‌های موجود در حلقه‌های ۱۶ و ۱۷ (بر اساس شمارش از پایین بلال) جدا و پس از خشک کردن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت توزین شد، جهت محاسبه وزن خشک تک دانه در هر نمونه برداری، مجموع وزن خشک دانه‌ها بر تعداد آن‌ها تقسیم شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS (Ver.8) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار با شاهد (LSD) انجام شد، مقایسه صفات اندازه‌گیری شده در دو فصل بهار و تابستان با آزمون T-test توسط نرم افزار Minitab (Ver.15) انجام گردید.

نتایج و بحث

میزان توزیع مجدد ماده خشک

منابع تأمین کننده مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه‌ها شامل فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در اندام‌های رویشی قبل از گرده افشانی و حرکت مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی از مرحله گرده افشانی تا ابتدای رشد خطی دانه می‌باشد که به مجموع حرکت مجدد و انتقال مجدد، توزیع مجدد گفته می‌شود (Ertek & Kara, 2013). طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه، اثر روش آبیاری و هیبرید و اثر متقابل روش آبیاری و هیبرید بر میزان توزیع مجدد ماده خشک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل سایر تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه نشان داد بیشترین و کمترین میزان توزیع مجدد ماده خشک به ترتیب به تیمار I_۱ (۱۳۱/۳) گرم بر متر

فتوسنتز جاری هفت روز پس از ابریشم‌دهی، از هر کرت، پس از حذف حواشی، پنج بوته از خطوط نمونه برداری برداشت و وزن خشک کل آن‌ها محاسبه گردید (Jurgens *et al.*, 1978). در پایان دوره رشد گیاه ذرت نیز عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های رویشی (با کسر عملکرد دانه از ماده خشک کل) محاسبه گردید، همچنین با استفاده از روابط پیشنهادی (Gagianas & Papakosta 1991) پارامترهای زیر محاسبه شدند:

رابطه ۱-

= میزان توزیع مجدد ماده خشک

وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله رسیدگی - وزن

خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها

رابطه ۲-

۱۰۰ × (عملکرد دانه / میزان توزیع مجدد) = سهم توزیع مجدد

رابطه ۳- میزان توزیع مجدد

- عملکرد دانه = میزان ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری

رابطه ۴- سهم توزیع مجدد

مواد ذخیره‌ای (درصد) - ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری (درصد)

در روابط فوق عملکرد دانه، میزان فتوسنتز جاری و توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، وزن خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها و در مرحله رسیدگی بر حسب گرم در متر مربع و سهم فتوسنتز جاری و توزیع مجدد بر حسب درصد است. جهت بررسی روند رشد دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف، جمعاً شش نمونه برداری از هر کرت به عمل آمد، اولین نمونه برداری پنج روز پس از گرده افشانی انجام شد و پس از آن پنج نمونه برداری با فواصل زمانی شش روزه تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام شد، در هر بار نمونه برداری سه بلال از هر کرت برداشت شد و از نظر ثبات نسبی وزن دانه در قسمت میانی بلال،

همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت و هیبرید در کشت تابستانه نشان داد، بیشترین میزان توزیع مجدد ماده خشک با ۱۴۰ گرم بر متر مربع به تیمار آبیاری مرسوم و سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین میزان توزیع مجدد ماده خشک با ۶۲ گرم بر متر مربع به تیمار I_۲ و سینگل کراس ۶۱۶ تعلق گرفت (جدول ۷).

مربع) و I_۲ (۷۱ گرم بر متر مربع) تعلق داشت، در کشت تابستانه بیشترین و کمترین میزان توزیع مجدد ماده خشک به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۱۱/۵ گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۹۵/۷۵ گرم بر متر مربع) تعلق گرفت (جدول ۶)، این نتایج با یافته‌های حق جو و بحرانی (۱۳۹۳) و ماح خاکسار و همکاران (ب، ۱۳۹۳) مطابقت داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری

جدول ۵- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش‌های آبیاری و هیبرید بر صفات مورد آزمون در کشت تابستانه در کشت تابستانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان توزیع مجدد ماده خشک	سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه
سال	۱	۱۴/۰۱۲۳ ^{ns}	۰/۳۳۴۵ ^{ns}	۱۵/۱۸۶۰ ^{ns}	۰/۶۶۷۹ ^{ns}
خطای ۱ (بلوک × سال)	۴	۹/۱۹۷۵	۰/۵۲۱۹	۹/۶۶۳۷	۰/۶۸۹۱
روش آبیاری	۳	۹۱۴/۲۲۱۳ ^{**}	۸۵/۹۸۷۲ ^{**}	۸۸۳/۴۸۴۸ ^{**}	۹۴/۴۴۰۲ ^{**}
سال × روش‌های آبیاری	۳	۰/۳۹۹۱ ^{ns}	۰/۶۹۸۱ ^{ns}	۰/۷۷۲۸ ^{ns}	۰/۷۷۰۶ ^{ns}
خطای ۲ (سال × بلوک × روش‌های آبیاری)	۱۲	۰/۶۷۱۱	۰/۷۳۴۶	۰/۹۵۳۱	۰/۹۸۳۱
هیبرید	۲	۳۹۳/۱۸۱۸ ^{**}	۳۸/۲۳۶۴ [*]	۴۲۰/۶۰۱۱ ^{**}	۴۴/۳۰۴۸ [*]
هیبرید × روش‌های آبیاری	۶	۳۹/۹۵۹۱ ^{**}	۰/۸۲۵۵ ^{ns}	۴۵/۸۵۳۱ ^{**}	۰/۹۵۴۵ ^{ns}
سال × هیبرید	۲	۰/۸۹۹۷ ^{ns}	۰/۶۹۷۱ ^{ns}	۰/۸۸۱۱ ^{ns}	۰/۷۷۶۴ ^{ns}
هیبرید × سال × روش‌های آبیاری	۶	۰/۸۷۱۱ ^{ns}	۰/۸۲۳۹ ^{ns}	۰/۶۵۳۲ ^{ns}	۰/۹۱۱۹ ^{ns}
خطای ۳	۳۲	۰/۷۸۷۱	۰/۶۳۷۹	۰/۷۸۳۳	۰/۷۶۳۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۶۷	۴/۱۵	۵/۰۲	۳/۹۹

^{ns}، ^{**}، ^{*} به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و هیبرید بر صفات مورد آزمون در کشت تابستانه

تیمار	میزان توزیع مجدد ماده خشک (گرم بر متر مربع)	سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه (درصد)	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری (گرم بر متر مربع)	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه (درصد)
روش آبیاری				
I (شاهد) _۱	۱۳۱/۳	۲۴	۲۶۹/۳۳	۷۵
I _۱	۷۱	۶۲	۱۰۱/۶۶	۳۸
I _۲	۱۲۶/۶۶	۳۴	۱۹۶/۳۳	۶۵
I _۳	۸۶/۳۳	۴۴	۱۵۱	۵۵
LSD _{۵%}	۴	۸	۲۵	۸
هیبرید				
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۱۱۱/۵	۳۵	۱۸۶/۲۵	۷۲
سینگل کراس ۶۱۶	۹۵/۷۵	۵۸	۱۷۲	۴۳
سینگل کراس ۷۰۱	۱۰۴/۲۵	۴۷	۱۸۰/۵	۶۱
LSD _{۵%}	۶	۷	۵	۱۱

داری با شاهد ندارند در سطح پنج درصد است اختلاف معنی LSDهایی که اختلاف آن‌ها با شاهد کمتر از * میانگین

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری و هیبرید بر صفات؛ میزان توزیع مجدد ماده خشک، سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه، وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری و سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه در کشت تابستانه

تیمار	میزان توزیع مجدد ماده خشک (گرم بر متر مربع)	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری (گرم بر متر مربع)
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۱۴۰	۲۷۶
I _۱ (شاهد)	۱۲۲	۲۶۲
سینگل کراس ۷۰۱	۱۳۲	۲۷۰
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۸۰	۱۰۷
I _۲	۶۲	۹۶
سینگل کراس ۷۰۱	۷۱	۱۰۲
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۱۳۳	۲۰۲
I _۳	۱۲۰	۱۹۰
سینگل کراس ۷۰۱	۱۲۷	۱۹۷
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۹۳	۱۶۰
I _۴	۷۹	۱۴۰
سینگل کراس ۷۰۱	۸۷	۱۵۳
LSD _{۵%}	۱۱	۱۳

* میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها با شاهد کمتر از LSD در سطح پنج درصد است اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارند

خشک به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۹۸/۵) گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۸۳/۵) گرم بر متر مربع) تعلق گرفت (جدول ۹). مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری و هیبرید در کشت بهاره نشان داد، بیشترین میزان توزیع مجدد ماده خشک با ۱۲۷ گرم بر متر مربع به تیمار آبیاری مرسوم و سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین میزان توزیع مجدد ماده خشک با ۵۷ گرم بر متر مربع به تیمار I_۲ و سینگل کراس ۶۱۶ تعلق گرفت (جدول ۱۰).

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره اثر روش آبیاری و هیبرید و اثر متقابل روش آبیاری و هیبرید بر توزیع مجدد ماده خشک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار، اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۸). مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره نشان داد، بیشترین و کمترین میزان توزیع مجدد ماده خشک به ترتیب به تیمار I_۱ (۱۲۲/۳) گرم بر متر مربع) و I_۲ (۶۶) گرم بر متر مربع) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در کشت بهاره بیشترین و کمترین میزان توزیع مجدد ماده

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش‌های آبیاری و هیبرید بر صفات مورد آزمون در کشت بهاره

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان توزیع مجدد ماده خشک	سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه
سال	۱	۱۲/۱۸۶ ^{ns}	۰/۳۱۰۹ ^{ns}	۱۳/۱۲۳۴ ^{ns}	۰/۵۹۴۸ ^{ns}
خطای ۱ (بلوک×سال)	۴	۷/۰۱۹۶	۰/۴۹۸۸	۸/۴۰۳۱	۰/۶۱۰۷
روش آبیاری	۳	۸۲۰/۳۳۱۲ ^{**}	۷۹/۱۱۲۵*	۸۷۷/۱۸۰۴ ^{**}	۸۹/۳۳۶۴ ^{**}
سال×روش‌های آبیاری	۳	۰/۶۸۰۱ ^{ns}	۰/۵۸۱۳ ^{ns}	۰/۵۵۲۳ ^{ns}	۰/۷۱۹۹ ^{ns}
خطای ۲ (سال×بلوک×روش‌های آبیاری)	۱۲	۰/۷۸۳۲	۰/۶۹۲۴	۰/۸۶۳۱	۰/۹۴۳۱
هیبرید	۲	۳۳۶/۱۹۱۹ ^{**}	۳۱/۳۱۹۷*	۴۰۱/۴۵۳۲ ^{**}	۳۹/۱۸۱۸*
هیبرید×روش‌های آبیاری	۶	۳۰/۱۱۴۸ ^{**}	۰/۷۹۶۶ ^{ns}	۴۰/۷۲۳۱ ^{**}	۰/۳۵۲۵ ^{ns}
سال×هیبرید	۲	۰/۸۸۴۳۴ ^{ns}	۰/۶۱۹۹ ^{ns}	۰/۷۵۳۹ ^{ns}	۰/۷۲۹۴ ^{ns}
هیبرید×سال×روش‌های آبیاری	۶	۰/۴۵۶۲ ^{ns}	۰/۷۹۰۵ ^{ns}	۰/۵۵۷۹ ^{ns}	۰/۸۹۷۹ ^{ns}
خطای ۳	۳۲	۰/۵۲۱۳	۰/۵۸۹۷	۰/۷۵۳۱	۰/۷۱۲۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۲۴	۳/۸۵	۴/۱۱	۴/۲۲

ns، **، * به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و هیبرید بر صفات مورد آزمون در کشت بهاره

تیمار	میزان توزیع مجدد ماده خشک (گرم بر متر مربع)	سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه (درصد)	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری (گرم بر متر مربع)	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه (درصد)
روش آبیاری				
I ₁ (شاهد)	۱۲۲/۳۳	۲۰	۲۶۱	۶۵
I ₁	۶۶	۵۸	۹۶/۶۶	۳۶
I ₁	۹۸/۶۶	۳۱	۱۸۹/۶۶	۶۱
I ₁	۷۹	۴۲	۱۴۳/۳۳	۵۱
LSD _{5%}	۶	۵	۲۱	۹
هیبرید				
سینگل کراس ۷۰۴ (شاهد)	۹۸/۵	۲۵	۱۷۹/۵	۶۳
سینگل کراس ۶۱۶	۸۳/۵	۵۴	۱۶۵/۵	۳۴
سینگل کراس ۷۰۱	۹۲/۵	۳۶	۱۷۳	۵۲
LSD _{5%}	۵	۴	۵	۱۰

* میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها با شاهد کمتر از LSD در سطح پنج درصد است، اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری و هیبرید بر میزان توزیع مجدد ماده خشک و وزن ماده

خشک حاصل از فتوسنتز جاری در کشت بهاره

تیمار	میزان توزیع مجدد ماده خشک (گرم بر متر مربع)	وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری (گرم بر متر مربع)
I ₁ (شاهد)	۱۲۷	۲۷۰
I ₁ (شاهد)	۱۱۷	۲۵۲
I ₁	۱۲۳	۲۶۱
I ₂	۷۳	۱۰۳
I ₂	۵۷	۹۰
I ₂	۶۸	۹۷
I ₃	۱۰۶	۱۹۵
I ₃	۹۱	۱۸۴
I ₃	۹۹	۱۹۰
I ₄	۸۸	۱۵۰
I ₄	۶۹	۱۳۶
I ₄	۸۰	۱۴۴
LSD _{5%}	۹	۱۱

* میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها با شاهد کمتر از LSD در سطح پنج درصد است، اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارند.

عامل کاهش در میزان توزیع مجدد، ذخیره کمتر مواد غذایی در ساقه در زمان ورود به فاز زایشی می‌باشد که عامل آن می‌تواند مصرف مواد غذایی ذخیره شده در بخش‌های رویشی در زمان رشد مجدد گیاه پس از آبیاری، برای جبران کم‌آبیاری باشد. میری و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند در تیمار کم‌آبیاری قبل از گلدهی ممکن است ریشه‌ها دچار پیری زودتر از موعد شوند و حتی با تأمین آب کامل بعد از گلدهی گیاه نتوانسته از آن استفاده کند، به نظر *Alavifazel et al* (2013) و مجدم (۱۳۸۸) در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب و تنش کمبود آب شدید به ترتیب بالا بودن فتوسنتز جاری و کم بودن میزان مواد ذخیره‌ای را باعث کاهش میزان انتقال مجدد ماده خشک دانستند. عبادی و همکاران (۱۳۹۰) قطع آبیاری را عامل افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک از اندام‌های گیاه به دانه دانستند. اگر مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای تولید عملکرد کافی باشد، انتقال مجدد محدود می‌شود (لک، ۱۳۸۵).

سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه اثر روش آبیاری و هیبرید بر سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه به ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار، اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه نشان داد، بیشترین و کمترین سهم توزیع مجدد به ترتیب به تیمارهای I_2 (۶۲ درصد) و I_1 (۲۴ درصد) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه

میانگین هیبریدهای ذرت در کشت تابستانه بیشترین و کمترین سهم توزیع مجدد به ترتیب به سینگل کراس ۶۱۶ (۵۸ درصد) و سینگل کراس ۷۰۴ (۳۵ درصد) تعلق گرفت (جدول ۶). طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره اثر روش آبیاری و هیبرید بر سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار، اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۸). نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره نشان داد، بیشترین و کمترین سهم توزیع مجدد به ترتیب به تیمارهای I_2 (۵۸ درصد) و I_1 (۲۰ درصد) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در کشت بهاره، بیشترین و کمترین سهم توزیع مجدد به ترتیب به سینگل کراس ۶۱۶ (۵۴ درصد) و سینگل کراس ۷۰۴ (۲۵ درصد) تعلق گرفت (جدول ۹). با توجه به ظرفیت مخازن و کاهش سهم فتوسنتز جاری، افزایش سهم ذخایر بخش‌های رویشی در افزایش عملکرد قابل توجیه است. انتظار می‌رفت کم‌آبیاری در تیمار I_4 در افزایش سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه افزایش یابد، ولی با توجه به کاهش تعداد و وزن دانه و در نتیجه کم بودن ظرفیت مخازن، سهم توزیع مجدد کاهش یافت. کمترین سهم توزیع مجدد را تیمار آبیاری مرسوم (I_1) در مقایسه با سه تیمار دیگر کم‌آبیاری، در کشت تابستانه و بهاره به ترتیب با میانگین مقدار ۲۴ و ۲۰ درصد دارا بود، دلیل این کاهش در تیمار آبیاری کامل (I_1) را می‌توان توانایی فتوسنتز جاری در تأمین نیاز مخازن نسبت داد. در تیمار I_2

اختصاص داشت (جدول ۶). در کلیه تیمارهای کم‌آبیاری در مقایسه با تیمار آبیاری مرسوم، فتوسنتز جاری با کاهش حجم آب در دسترس کاهش یافت و این کاهش در تیمار I_۴ در مقایسه با تیمار I_۱ احتمالاً به عدم دسترسی به آب کافی و ناکارآمدی سیستم فتوسنتزی باز می‌گردد، در حالی که در تیمار I_۲ به کاهش سطح برگ و عدم توانایی گیاه برای جبران این کاهش در شرایط پس از کم‌آبیاری باشد. احتمالاً کاهش فتوسنتز جاری در تنش همزمان کم‌آبیاری و قطع آب در تیمار I_۳ به ترتیب به کاهش مخازن پذیرنده مواد فتوسنتزی و کاهش سطح فعال فتوسنتزکننده مربوط باشد. این نتایج با یافته‌های سرخی (۱۳۹۶) مطابقت داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری و هیبرید در کشت تابستانه نشان داد، بیشترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری با ۲۷۶ گرم بر متر مربع به تیمار آبیاری مرسوم و سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری با ۹۶ گرم بر متر مربع به تیمار I_۲ و سینگل کراس ۶۱۶ تعلق داشت (جدول ۷). طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره، اثر روش آبیاری و هیبرید و اثر متقابل روش آبیاری و هیبرید بر وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار، اما اثر سال و اثرات متقابل سایر عامل‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۸). طبق نتایج مقایسات میانگین‌ها، روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره بیشترین و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری به ترتیب به تیمارهای I_۱ (۲۶۱ گرم بر متر مربع) و I_۲ (۹۶/۶۶ گرم بر متر مربع) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین

ظرفیت بسیار کم مخازن در اثر کم‌آبیاری عامل محدود کننده بوده است، لذا توسط فتوسنتز جاری بخش زیادی از ظرفیت مخازن تأمین شده و بنابراین علی‌رغم کاهش میزان توزیع مجدد، سهم توزیع مجدد افزایش یافته است. به نظر می‌رسد، در تیمار I_۱ به دلیل ظرفیت خوب سیستم فتوسنتزی گیاه، سهم توزیع مجدد، علی‌رغم ظرفیت بالای مخازن، در مقایسه با تیمارهای کم‌آبیاری کمتر باشد. این نتایج با یافته‌های ماهرخ و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت داشت. منصوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین میزان، سهم و کارایی انتقال مجدد از ساقه گیاه را در شرایط تنش کمبود آب شدید (بدون آبیاری) گزارش نمودند.

وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه اثر روش آبیاری و هیبرید و اثر متقابل روش آبیاری و هیبرید بر وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار، اما اثر سال و اثرات متقابل سایر عامل‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۵). طبق نتایج مقایسات میانگین، روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه بیشترین و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری به ترتیب به تیمارهای I_۱ (۲۶۹/۳۳ گرم بر متر مربع) و I_۲ (۱۰۱/۶۶ گرم بر متر مربع) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در کشت تابستانه بیشترین و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۸۶/۲۵ گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱۷۲ گرم بر متر مربع)

هیبریدهای ذرت در کشت بهاره بیشترین و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۱۷۹/۵) گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۱۶۵/۵) گرم بر متر مربع) تعلق گرفت (جدول ۹). مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری و هیبرید در کشت بهاره نشان داد، بیشترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری با ۲۷۰ گرم بر متر مربع به تیمار آبیاری مرسوم و سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری با ۹۰ گرم بر متر مربع به تیمار I_۲ و سینگل کراس ۶۱۶ تعلق گرفت (جدول ۱۰). مدحج و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند، با وجود این‌که در شرایط بهینه، فتوسنتز جاری بیشترین سهم را در وزن دانه ی هیبریدهای گندم دارد، اما در برخی پژوهش‌ها مشخص شده است که سهم توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش کمبود آب و گرمای پایان فصل افزایش می‌یابد، اگرچه در شرایط نامساعد محیطی پایان فصل احتمال کاهش میزان توزیع مجدد به دلیل کاهش میزان وزن خشک اندام‌های رویشی وجود دارد، اما جبران اثرات منفی تنش گرما و کمبود آب بر میزان تولید جاری مواد فتوسنتزی، از طریق افزایش سهم توزیع مجدد مواد ذخیره شده در مراحل قبل از گرده افشانی تا حدودی امکان پذیر است.

سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس کشت تابستانه، اثر روش آبیاری و هیبرید بر سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار اما

اثر سال و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه نشان داد، بیشترین و کمترین سهم فتوسنتز جاری به ترتیب به تیمارهای I_۱ (۷۵ درصد) و I_۲ (۳۸ درصد) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در کشت تابستانه، بیشترین و کمترین وزن ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۷۲ گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۴۳ گرم بر متر مربع) تعلق گرفت (جدول ۶). این نتیجه با یافته‌های فاضلی رستم پور و محبیان (۱۳۹۰) همخوانی داشت. طبق نتایج تجزیه واریانس کشت بهاره اثر روش آبیاری و هیبرید بر سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار اما اثر سال و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۸). نتایج مقایسات میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره نشان داد، بیشترین و کمترین سهم فتوسنتز جاری به ترتیب به تیمارهای I_۱ (۶۵ درصد) و I_۲ (۳۶ درصد) تعلق داشت، همچنین طبق مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در کشت تابستانه بیشترین و کمترین وزن ماده خشک از فتوسنتز جاری به ترتیب به سینگل کراس ۷۰۴ (۶۳ گرم بر متر مربع) و سینگل کراس ۶۱۶ (۳۴ گرم بر متر مربع) تعلق گرفت (جدول ۹). مادح خاکسار (۱۳۹۳) گزارش داد، بیشترین میزان فتوسنتز جاری به تیمار آبیاری کامل بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد و کمترین میزان فتوسنتز جاری به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم آبیاری در مرحله گلدهی اختصاص

کارآیی و سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه ذرت با افزایش شدت تنش کمبود آب افزایش و کارآیی و سهم فتوسنتز جاری کاهش می‌یابد، لذا کمترین و بیشترین میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به تیمار آبیاری مطلوب و تنش ملایم کمبود آب اختصاص داشت.

مقایسه صفات اندازه گیری شده در دو کشت

تابستانه و بهاره با آزمون T-test

نتایج مقایسه صفات در دو کشت تابستانه و بهاره نشان داد، میانگین صفات مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌دار بودند و مقادیر میانگین مربوط به صفات کشت تابستانه در سطح بالاتری نسبت به کشت بهاره قرار داشت (جدول ۱۱).

یافت، کاهش فتوسنتز جاری در صورت وقوع تنش قطع آب در مرحله شیری همزمان با هر یک از تیمارهای کم‌آبیاری، در مقایسه با تیمار بدون تنش قطع آب، به عدم دسترسی به آب کافی و ناکارآمدی سیستم فتوسنتزی باز می‌گردد، اما در تیمار تنش قطع آب در مرحله هشت برگی، به کاهش سطح برگ و عدم توانایی گیاه جبران این کاهش در شرایط پس از تنش مربوط می‌باشد. علوی فاضل (۱۳۸۹) گزارش داد پس از آبیاری مجدد تمام توان گیاه صرف جبران کاهش رشد خواهد شد، لذا پس از ورود به مرحله زایشی به دلیل کمی ذخایر گیاه سهم فتوسنتز جاری در پر شدن دانه افزایش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دلیل کمبود ذخایر کاهش خواهد یافت. مجدم (۱۳۸۸) نشان داد

جدول ۱۱- نتایج مقایسه صفات اندازه گیری شده در فصول بهار و تابستان با آزمون T-test

صفات	فصل	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار استاندارد	t
میزان توزیع مجدد	تابستان	۱۲	۱۰۰/۵۲	۳۳/۵۵	۴۶/۱۸**
ماده خشک	بهار	۱۲	۸۹/۹۸	۳۱/۱۲	
سهم توزیع مجدد در	تابستان	۱۲	۴۰	۱۷/۶۷	۵/۸۹**
عملکرد دانه	بهار	۱۲	۳۶	۱۶/۱۷	
وزن خشک حاصل از	تابستان	۱۲	۱۶۷	۲۷/۱۶	۴۰/۳۹**
فتوسنتز جاری	بهار	۱۲	۱۵۵	۲۵/۲۱	
سهم فتوسنتز جاری	تابستان	۱۲	۵۸/۲۵	۲۱/۶۴	۹/۷۵**
در عملکرد دانه	بهار	۱۲	۵۳/۵۰	۱۹/۴۴	

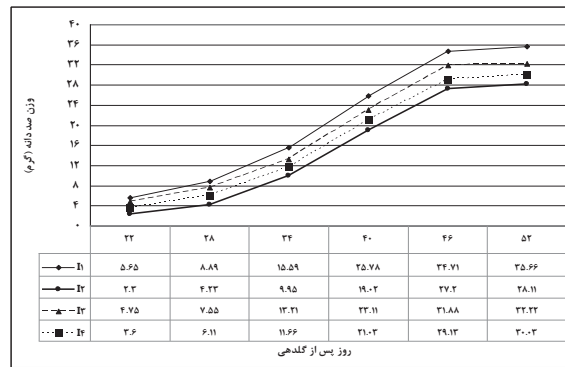
**،* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد، ۵ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

روند پر شدن دانه

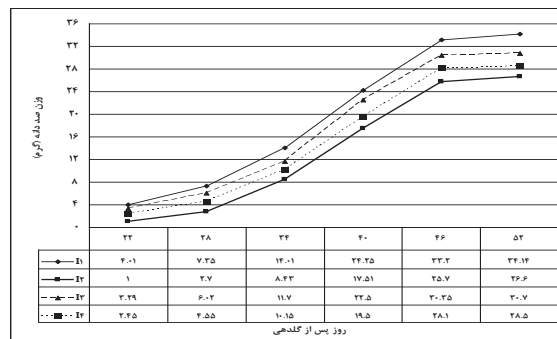
وزن دانه از مؤلفه‌های مهم عملکرد ذرت به شمار می‌آید. این مؤلفه به میزان منبع موجود به ویژه در مراحل اولیه‌ی رشد دانه و از سوی دیگر به ظرفیت و توانایی مخزن برای استفاده از اسیمیلات موجود بستگی دارد. هم سرعت پر شدن و هم طول دوره‌ی پر شدن دانه در تعیین حداکثر وزن خشک آندوسپرم اهمیت دارند. رشد دانه مانند بقیه‌ی اجزای عملکرد روند سیگموئیدی دارد. در این آزمایش (در کشت تابستانه و کشت بهاره) نیز روند رشد دانه به صورت سیگموئید بوده، تیمار آبیاری مرسوم و تیمار I_3 باعث افزایش دوره پر شدن مؤثر دانه شده و افزایش وزن دانه در مقایسه با سایر تیمارها شده است (نمودار ۱ و ۲). ذکر این نکته

ضروری است، چون بخش عمده‌ی وزن خشک دانه‌ی ذرت از فتوسنتز جاری پس از گل‌دهی تأمین می‌گردد و با توجه به اینکه تأمین آب مورد نیاز اثر مثبتی روی فتوسنتز جاری دارد، از این رو می‌تواند یکی از دلایل افزایش وزن دانه در این تیمار باشد. کم‌آبیاری با ایجاد محدودیت دسترسی به آب فتوسنتز جامعه گیاهی را به طور مستقیم از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای و به طور غیر مستقیم از طریق کاهش سطح برگ کاهش می‌دهد (Kuscu & Demir, 2013)، احتمالاً کاهش سرعت پر شدن دانه در تیمار I_4 به کاهش فراهمی مواد فتوسنتزی در مقایسه با دو تیمار دیگر کم‌آبیاری (I_2 و I_4) بر می‌گردد.

نمودار ۱- روند پر شدن دانه بر اساس میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت تابستانه



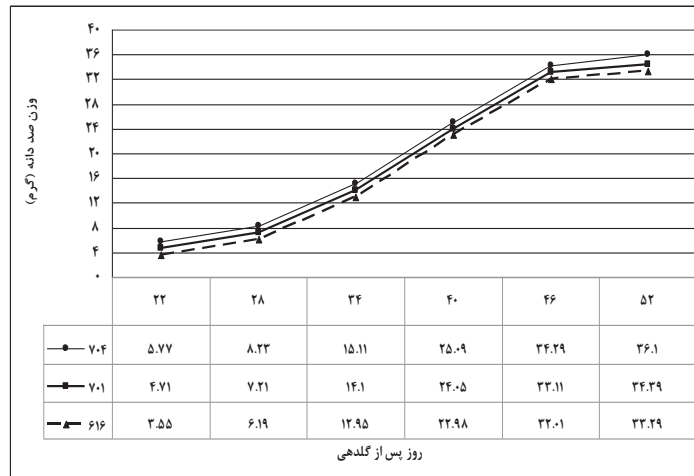
نمودار ۲- روند پر شدن دانه بر اساس میانگین روش‌های مختلف آبیاری در کشت بهاره



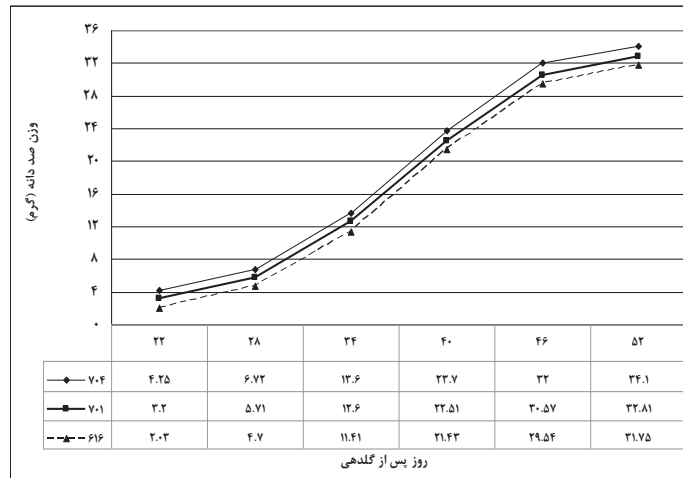
متعددی مبنی بر این که تنش کمبود آب بر تجمع ماده‌ی خشک در دانه به طور مستقیم اثر نداشته، بلکه از طریق کوتاه کردن دوره‌ی رشد مؤثر دانه باعث کاهش تجمع مواد در آن می‌شود، ارائه گردیده است (Ertek & Kara, 2013). مادح خاکسار و همکاران (الف. ۱۳۹۳) گزارش دادند، تنش کمبود آب در مرحله رویشی از طریق کاهش سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ و در مرحله زایشی به واسطه عدم تلقیح دانه‌ها، کاهش دوره پرشدن دانه‌ها، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها، عملکرد دانه را کاهش داد. Sabiel et al (2014) گزارش داد که 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 گردید، 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 تأثیر منفی آن بر تولید دانه در بلال باعث کاهش عملکرد دانه شد. در کشت تابستانه و بهاره در میان هیبریدهای مورد بررسی، سینگل کراس ۷۰۴ دارای بالاترین سرعت روند پر شدن دانه در مقایسه با سایر هیبریدها بود که این امر بیانگر انطباق بیشتر این هیبرید با شرایط محیطی خصوصاً محدودیت منابع آب می‌باشد (نمودار ۳ و ۴).

(2011) Yan et al اظهار داشت که وزن دانه وابسته به آسیمیلات‌های موجود به ویژه در مراحل اولیه رشد دانه و ظرفیت دانه در حال رشد در استفاده از آسیمیلات‌های موجود است، لذا سرعت و طول دوره پرشدن مؤثر دانه در تعیین حداکثر وزن خشک دانه اهمیت شایان توجه دارد، همبستگی این دو مؤلفه معمولاً منفی است، عوامل اقلیمی بیشتر دوره پرشدن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در حالی که سرعت پرشدن دانه به وسیله ساختار ژنتیکی گیاه و از طریق خصوصیات فیزیولوژیکی و تشریحی آن از جمله پتانسیل فتوسنتز، توانایی بالقوه گیاه در تحریک مکانیسم جبران کننده یعنی توزیع مجدد مواد و همچنین کارایی سیستم آوندی کنترل می‌شود. (2011) Kashiani et al گزارش دادند، تنش کمبود آب باعث تسریع رسیدگی فیزیولوژیکی، کوتاه شدن دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه، کاهش وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. به روشنی مشخص نیست، این واکنش‌ها بیانگر اثر مستقیم تنش کمبود آب بر دانه می‌باشند و یا تنها یک اثر غیرمستقیم در تسریع پیری برگ است، مشخص گردیده است که تنش کمبود آب پیری برگ را تسریع می‌کند. اگر وضعیت آب دانه با وضعیت آب گیاه ارتباطی نداشته باشد، این اثرات به احتمال بسیار زیاد از طریق پیری برگ می‌باشد. گزارش‌های

نمودار ۳- روند پر شدن دانه بر اساس میانگین هیبریدهای ذرت در کشت تابستانه



نمودار ۴- روند پر شدن دانه بر اساس میانگین هیبریدهای ذرت در کشت بهاره



عملکرد دانه و طول دوره پر شدن مؤثر دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

نتیجه گیری کلی

در میان تیمارهای کم آبیاری، تیمار I_2 کمترین سرعت پر شدن دانه را در در مقایسه با تیمارهای I_3 و I_4 دارا بود. همچنین هیبرید ۷۰۴ دارای بالاترین سرعت روند پر شدن دانه در مقایسه با سایر هیبریدها بود که بیانگر انطباق بیشتر این هیبرید با

لک (۱۳۹۲) گزارش داد بر اساس نتایج حاصله اجرای عملیات زراعی با هدف طولانی‌تر نمودن دوره پر شدن مؤثر دانه ذرت و یا انتخاب ارقامی که به لحاظ ژنتیکی دوره پر شدن مؤثر دانه طولانی‌تری داشته باشند، به ویژه در شرایط مطلوب محیطی موجب افزایش وزن نهایی دانه و بهبود عملکرد دانه ذرت خواهد شد، این یافته‌ها تأییدی است بر یافته‌های (Kuscu & Demir 2013) که گزارش نمود در شرایط مناسب محیطی بین

۲۶۰. مجله علوم زراعی ایران. ۱۶ (۴): ۲۹۲-۲۷۸.

سرخ، ف. ۱۳۹۶. اثر الگوی کاشت و تراکم بوته بر رشد، انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ذرت دانه ای. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۴): ۶۱-۷۸.

عبادی، ع.، ک. ساجد، و ا. سنجر. ۱۳۹۰. تأثیر قطع آبیاری بر انتقال مجدد ماده خشک و برخی صفات زراعی در جو بهاره. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۴ (۴): ۳۷-۱۹.

علوی فاضل، م. ۱۳۸۹. تأثیر عدم آبیاری در برخی مراحل رشد بر صفات آگروفیزیولوژیکی وابسته به عملکرد ذرت دانه ای هیبرید ۷۰۴ در الگوها تراکم‌های مختلف کاشت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۵۹۹ ص.

فاضلی رستم پور، م. و س. م. محبیان. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کم آبیاری و پلیمر سوپر جاذب بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ذرت دانه ای. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۴ (۲): ۱۳۸-۱۲۷.

لک، ش. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب بر خصوصیات آگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دوره دکتری تخصصی

شرایط محدودیت منابع آب می‌باشد. اعمال کم آبیاری در تیمار I₃ (آبیاری یک در میان جویچه در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور ابریشم بلال)، کمترین کاهش را در صفات اندازه گیری شده (به جز صفت سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه) نسبت به آبیاری مرسوم داشت، لذا قابل توصیه به کشاورزان در شرایط کم آبی است.

فهرست منابع

احمدی ع.، م. سعیدی، و م. ر. جهانسوز. ۱۳۸۴. الگوی توزیع مواد فتوسنتزی و پر شدن دانه در ارقام اصلاح شده گندم دان در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۶ (۳۶): ۱۳۴۳-۱۳۳۳.

باصفا، م. و م. طاهریان. ۱۳۸۸. راهبردهای کاهش اثرات کمبود آب در ذرت و سورگوم. خراسان رضوی: انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی. ۲۰ ص.

حسین پور ط.، س. ع. سیادت، ر. مامقانی، ق. فتحی، و م. رفیعی. ۱۳۸۵. مطالعه سرعت دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط کوه‌دشت لرستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳: ۶۱-۵۲.

حق جو، م. و ع. بحرانی. ۱۳۹۳. اثر میزان آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک ذرت رقم سینگل کراس

- فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۲۲۲ ص.
- مجدم، م. ۱۳۸۸. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر توزیع ماده خشک و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۱(۲): ۷۸-۸۷.
- مدحج، ع.، ا. امام، و ا. آینه بند. ۱۳۹۰. اثر سطوح نیتروژن بر میزان محدودیت مبداء و الگوی توزیع مواد فتوسنتزی به دانه ی هیبرید-های گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹ (۳): ۴۸۵-۴۷۴.
- منصوری فر، س.، م. شعبان، م. قبادی، و س. ح. صباغپور. ۱۳۹۱. بررسی روند پر شدن دانه در ارقام نخود زراعی در شرایط تنش کمبود آب و مصرف کود نیتروژنه آغازگر. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰ (۳): ۵۹۱-۶۰۲.
- میری، ح. ر.، م. م. شوکتی، و م. آرمین. ۱۳۹۵. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به کمبود آب موضعی ریشه و مصرف پتاسیم. مجله زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۱۰: ۴۶-۵۳.
- Alavi Fazel, M., Sh. Lack, and M. Sheykhi Nasab. 2013. The effect of irrigation-off at some growth stages on remobilization of dry matter and yield of corn hybrids. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(20): 2372-2378.
- لک، ش. ۱۳۹۲. ارزیابی صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد دانه ذرت در سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۵ (۱۹): ۱۷-۳۳.
- مادح خاکسار، آ.، ا. نادری، ا. آینه بند، و ش. لک. ۱۳۹۳. الف. ارزیابی اثر همزمان کم آبیاری و تنش قطع آب بر صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۶ (۱): ۶۳-۷۸.
- مادح خاکسار، آ.، ا. نادری، ا. آینه بند و ش. لک. ۱۳۹۳. ب. برهمکنش کم آبیاری و قطع آب بر توزیع مجدد مواد ذخیره ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ذرت دانه ای. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۲۲): ۵۳-۶۸.
- ماهرخ، ع.، م. نبی پور، ح. روشنفکر دزفولی، و ر. چوکان. ۱۳۹۶. فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در اثر محلول پاشی تنظیم کننده‌های رشد در شرایط تنش کمبود آب در ذرت ۷۰۴. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. جلد ۳۰ (۱): ۳۰-۴۵.
- 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.

- wheat grain filling. *Agronomy Journal*. 83: 864-870.
- Payero, J. O., D. D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison, and J. L. Petersen.** 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural Water Management*. 96: 1387-1397.
- Sabieli, S. A., A. A. Abdelmula, E. M. Bashir, S. U. Baloch, and S. Khan.** 2014. Genetic variation of flowering trait in maize (*Zea mays* L.) under drought stress at vegetative and reproductive stages. *Journal of Biological Agriculture Healthcare*. 4: 108-113.
- Shafi, M., J. Bakht, M. Yousaf, and M. A. Khan.** 2013. Effects of irrigation regime on growth and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Bot.* 45: 1995-2000.
- 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.
- Tolk, J. A., S. R. Evett, W. Xu, and R. C. Schwartz.** 2016. Constraints on water use efficiency of drought tolerant maize grown in semi-arid environment. *Field Crops Research*. 186: 66-77.
- Yan, W., Y. Zhong, and Z. Shanguan.** 2016. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*. 66: 133-140.
- Amin, C. and L. Brinis.** 2013. Effect of seed size on germination and establishment of vigorous seedlings in durum wheat. *Advances in Environmental Biology*. 7(1): 77-81.
- Budakli, E., N. Carpci, and B. Celik Gamze.** 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(2): 128-132.
- Ertek, A. and B. Kara.** 2013. Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Journal of Agricultural Water Management*. 129: 138-144.
- Harrison, M. T., F. Tardieu, Z. Dong, C. D. Messina, and G. L. Hammer.** 2014. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global Change Biology*. 20: 867-878.
- Jurgens, S. K., R. R. Johnston, and J. S. Boyer.** 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain filling. *Agronomy Journal*. 70: 678-682.
- Kashiani, P., G. Saleh, M. Osman, and D. Habibi.** 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semiarid climatic condition. *African Journal of Agricultural Research*, 6(4):1032-1040.
- Kuscu, H. and A. O. Demir.** 2013. Yield and water use efficiency of maize under deficit irrigation regimes in a Sub-humid Climate. *Philipp Agric. Scientist*. 96(1): 32-41.
- Papakosta, D. K. and A. A. Gagianas.** 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean

Comparison the effect of different irrigation regimes on redistribution amounts of dry matter and trend of corn genotypes seed growth in spring and summer seasons

S. Zakernejad^{1,2*}, A. Naderi², S.A. Hashemidezfoli², Sh. Lack², M. Alavifazel²

1- Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Abstract

This research was conducted to assessment the effect of different irrigation regimes on redistribution of assimilate production, Current Photosynthesis production and their relation with corn hybrids according combined split plot analysis experiment based on randomized complete block design with three replications (Was done in spring and summer season separately) during 2014-15 and 2016-17. The main factor consisted of four different irrigation regimes and a sub factor including three corn genotypes (S.C 704, S.C 701 and S.C 616). According to results of variance analysis, the effect of several irrigation regimes and hybrids on dry Matter redistribution, dry Matter weight from current photosynthesis, contribution of redistribution and current photosynthesis in economic yield was significant in spring and summer season planting. The results of the mean comparison indicated that the I₂ treatment (Alternate furrow irrigation along the stages of 4-12 leaf and 12 leaf till the emergence of silk and conventional irrigation along the emergence of silk till to rippening) had lowest amount of dry Matter redistribution, Dry Matter weight from current photosynthesis, redistribution contribution and Current Photosynthesis in Economic Yield Also had the highest percentage reduction in the measured traits than I₁ (conventional irrigation in all growth stages). Therefore deficit irrigation in the early and middle growth stages (4 leaves until the silk emergence) is not recommended. Comparison of spring and summer planting showed a significant difference in all evaluated traits (Instead net assimilation rate) at 1% probability level. Between deficits irrigation treatments, I₂ had lowest grain filing rate in compare to another treatments. Also hybrids S.C 704 had highest amount of grain filling rate than to other genotypes that indicate more consistent of mentioned hybrid with water resource constraints. Deficit irrigation in I₃ treatment (Alternate furrow irrigation in the 12 leaf stage until the silk emergence) had lowest decrease in measured traits (Instead contribution redistribution in seed yield) compared with normal irrigation treatments so it can be advisable to producers in limited situation.

Keywords: Deficit irrigation, Drought stress, Hybrids, Remobilization

* Corresponding author (zakernezhad48@yahoo.com)