برهمکنش کم‌آبیاری و قطع‌آب بر توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ذرت دانه‌ای

آزاده مادح خاکسار

گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی،اهواز، ایران

احمد نادری

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

امیر آینه بند

دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

شهرام لک

دانشیار گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی،اهواز، ایران sh.lack@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی اثر همزمان دو تیمار کم آبیاری در طول دوره رشد و قطع آبیاری در برخی مراحل رشد، بر توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ذرت دانه‌ای این تحقیق طی دو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷و ۸۹-۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان اجرا شد. تیمارهای تحقیق شامل تیمار کم آبیاری در سه سطح (تامین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی کامل محاسبه شده گیاه ذرت) و تیمار قطع آب در مراحل مختلف رشد در پنج سطح (بدون قطع آب در طول دوره رشد (شاهد)، یک بار قطع آب در مرحله هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری) بودند. تیمارهای تحقیق از مرحله چهار تا پنج برگی اعمال شد و تا ده روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه ادامه داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که، اثر تیمارهای کم آبیاری و قطع آب بر میزان، سهم و کارایی فتوسنتز جاری و توزیع مجدد معنی‌دار بود. با افزایش شدت کم‌آبیاری سهم فتوسنتز جاری کاهش یافت و در مقابل سهم توزیع مجدد در پر کردن دانه‌ها بیشتر شد. در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه، بیشترین و کمترین سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه به ترتیب به تیمار بدون تنش قطع‌آب و عدم آبیاری در مرحله گلدهی با میانگین ۸۱ و ۴۱ درصد تعلق داشتند. در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه، عدم آبیاری در مرحله شیری شدن دانه ذرت با میانگین ۱۶۱ گرم در متر مربع توزیع مجدد، بیشترین و عدم آبیاری

در مرحله هشت برگی با میانگین ۸۵ گرم در متر مربع کمترین میزان توزیع مجدد را به خود اختصاص داد. بیشترین عملکرد دانه گیاه در تیمار آبیاری کامل، بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد با میانگین ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بر اساس نتایج این تحقیق در تیمار تأمین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه، کاهش عملکرد دانه، با کمک تحریک فرآیند توزیع مجدد، تا حدودی قابل جبران است.

واژه‌های کلیدی : رسیدگی فیزیولوژیکی، گلدهی، تنش آب

مقدمه

عوامل تنش‌زا به ویژه خشکی، با اثر منفی بر رشد و توسعه گیاه منجر به کاهش شدید بهره‌وری در گیاهان می‌شوند (Pan *et al.*, 2002). بنابراین امکان بهره‌وری پایدار محصول در صورت تغییر شیوه‌های مدیریت زراعی با هدف جلوگیری و یا کاهش اثر تنش خشکی امکان‌پذیر است (Hajibabaei & Azizi,2012). وقوع تنش خشکی در برخی مراحل رشد می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری بر عملکرد گیاهان زراعی وارد سازد. شناخت مراحل حساس به خشکی در گیاهان و تأمین به موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید (باصفا، ۱۳۸۸).

Cakir (۲۰۰۴) گزارش نمود که تنش خشکی در مرحله رویشی ذرت، به خصوص اگر همزمان با رشد سریع گیاه باشد، منجر به کاهش شدید تجمع ماده خشک در ساقه و برگ و در نتیجه کل گیاه خواهد شد. ساجدی و همکاران (۱۳۸۷) مشاهده نمودند که تنش آبی موجب اختلال در جذب آب و مواد غذایی و کاهش مواد فتوسنتزی و انتقال این مواد به دانه ذرت خواهد گردید. علیزاده (۱۳۸۶) گزارش نمود که در ذرت قبل از کاکل‌دهی وزن خشک ساقه بین تیمارهای تنش خشکی و آبیاری مطلوب اختلاف چندانی نداشت، اما پس از آن به دلیل ایجاد یک مخزن جدید و کاهش نسبت مبدا به مخزن، در تیمارهای تحت تنش خشکی مواد ذخیره شده در ساقه در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب به مقدار بیشتری به بلال انتقال یافت که این مساله منجر به کاهش بیشتر وزن ساقه در تیمارهای تحت تنش خشکی گردید. Alavi Fazel و Lack (۲۰۱۱) گزارش نمودند که آبیاری بر میزان، سهم و کارایی فتوسنتز جاری گیاه ذرت معنی‌دار بود، بیشترین میزان انتقال مجدد و فتوسنتز جاری به تیمار شاهد و کمترین میزان فتوسنتز جاری و انتقال مجدد به ترتیب به دو تیمار قطع آب در مرحله گلدهی و قطع آب در مرحله دوازده برگی اختصاص یافت. منصوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین میزان، سهم و کارایی انتقال مجدد از ساقه گیاه را در شرایط تنش خشکی شدید (بدون آبیاری) گزارش نمودند. همچنین مجدم و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که کارآیی و سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه ذرت با افزایش شدت تنش خشکی افزایش و کارآیی و سهم فتوسنتز جاری کاهش می‌یابد، به طوری‌که کمترین و بیشترین میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به تیمار آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی اختصاص داشت. لک و همکاران (۱۳۸۶) نیز

گزارش نمودند کمترین و بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای به ترتیب مربوط به به تیمار آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی بود و با افزایش شدت تنش خشکی، کارایی و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه ذرت افزایش یافت.

غدیری و مجیدیان (۱۳۸۲) نشان دادند که تنش رطوبتی در مرحله شیری و خمیری شدن دانه عملکرد نهایی دانه را به طور معنی‌دار کاهش داد. Cakir (۲۰۰۴) گزارش نمود تنش رطوبتی در مرحله کاکل‌دهی و تشکیل بلال در ذرت موجب کاهش شدید ارتفاع و عملکرد محصول شد، تنش در مرحله کاکل‌دهی موجب تأخیر در ظهور گل آذین ماده شد، همچنین اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش ۳۲-۲۸ درصدی ماده خشک تولیدی شد و حساس‌ترین مرحله برای ذرت که موجب کاهش ۶۶ تا ۹۳ درصدی عملکرد شد اعمال تنش رطوبتی طولانی مدت در مرحله کاکل‌دهی تا مرحله تشکیل بلال بود. هدف از اجرای این پژوهش شناخت دینامیک تامین ماده خشک دانه ذرت از منابع مختلف، تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری در طول دوره رشد و تنش قطع آب به صورت هدفمند، قبل و بعد از گلدهی و برهمکنش تیمارها بر عملکرد دانه گیاه ذرت بود، تا به راه‌کارهایی مناسب برای کاهش اثرات منفی تنش کمبود آب بر عملکرد دانه گیاه دست یافت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی برهمکنش کم آبیاری در طول دوره رشد و عدم آبیاری در برخی مراحل حساس رشد بر توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز، این تحقیق در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷و ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان اجرا شد. تحقیق به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق، تیمارهای تعیین نیاز آبی در سه سطح (تامین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی کامل محاسبه شده گیاه ذرت) و تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد در پنج سطح (بدون قطع آب در طول دوره رشد (شاهد)، یک بار قطع آب در مرحله هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری) بودند. تیمارهای کم آبیاری و قطع آب پس از مرحله چهار تا پنج برگی گیاه (مرحله استقرار گیاهچه) اعمال و تا ده روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. برای تعیین حجم آب مورد نیاز هر کرت آزمایشی، مساحت دقیق هر کرت مشخص گردید و سپس بر اساس توصیه صارمی و همکاران (۱۳۷۴) و کلانتر احمدی و همکاران (۱۳۸۵)، در خصوص آبیاری پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در خوزستان، زمانی که تبخیر به حدود ۷۰ میلی‌متر از تشتک رسید، مقدار آن با توجه به ضریب تشتک اصلاح و سپس تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. ضرائب گیاهی ماهانه، بر اساس روش ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ سازمان

خوار و بار جهانی محاسبه شد. پس از ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده در ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف، تبخیر و تعرق گیاه از روابط پیشنهادی Allen *et al* (۱۹۹۸) محاسبه شد :

$$ET_O = ET_P \times K_P \qquad (۱)$$

ET_O = تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر)، ET_P = تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (میلیمتر)، K_P = ضریب اصلاح تشتک

$$ET_C = ET_O \times K_C \qquad (۲)$$

ETc = تبخیر و تعرق گیاهی (میلیمتر)، ET_O = تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر)، K_C = ضریب گیاهی

$$I_n = ET_C - P_e \qquad (۳)$$

I_n = حجم آب مورد نیاز (میلیمتر)، ET_C = تبخیر وتعرق گیاهی (میلیمتر)، P_e = باران موثر با احتمال ۸۰ درصد (میلیمتر)

با توجه به اینکه در طول دوره رویش گیاه بارندگی موثری صورت نگرفت، حجم آب مورد نیاز گیاه معادل با تبخیر و تعرق گیاه بود. پس از تعیین حجم آب مورد نیاز گیاه در هر مرتبه آبیاری، بر اساس تیمار آبیاری و راندمان ۹۰ درصد آبیاری با استفاده از پمپ، کنتور و لوله، به صورت یکنواخت انجام شد.

رسیدگی دانه‌ها در هر سال با ایجاد لایه سیاه در قاعده دانه‌ها مشخص گردید و برداشت نهایی به صورت دستی از سطحی معادل دو مترمربع از دو خط میانی کاشت انجام گرفت. در آزمایشگاه بلال‌ها برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. جهت تعیین درصد رطوبت دانه و محاسبه عملکرد دانه، نمونه‌های تصادفی از دانه‌های هر کرت برداشت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و با توجه به وزن اولیه دانه‌ها، عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴درصد تصحیح شد.

به منظور بررسی میزان، کارایی و سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و فتوسنتز جاری هفت روز پس از ابریشم‌دهی، از هر کرت، پس از حذف حواشی، پنج بوته از خطوط نمونه‌برداری برداشت و وزن خشک کل آن‌ها محاسبه گردید (Jurgens *et al* (۱۹۷۸)). در پایان دوره رشد گیاه نیز عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های رویشی (با کسر عملکرد دانه از ماده خشک کل) محاسبه شد و با استفاده از روابط پیشنهادی Papakosta و Gagianas (۱۹۹۱) پارامترهای زیر محاسبه گردید.

(۴) وزن‌خشک اندام‌های رویشی‌در مرحله رسیدگی- وزن‌خشک اندام‌های رویشی‌در ابتدای قهوه‌ای‌شدن ابریشم‌ها = میزان توزیع مجدد

(۵) (وزن خشک‌اندام‌های‌رویشی‌درابتدای‌قهوه‌ای‌شدن‌ابریشم‌ها/ میزان توزیع مجدد)= کارایی توزیع مجدد

(۶) ۱۰۰ × (عملکرد دانه/ میزان توزیع مجدد)= سهم توزیع مجدد

(۷) میزان توزیع مجدد – عملکرد دانه = میزان ماده‌خشک حاصل‌ازفتوسنتزجاری

سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای(درصد) − ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری (درصد) (۸)

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 کارایی توزیع مجدد بر حسب گرم در گرم می‌باشد. به منظور تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اجرای این تحقیق و محاسبه‌های همبستگی از نرم‌افزار پیشرفته آماری SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد تفاوت بین سال‌ها از نظر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۱). در هر دو سال اجرای پژوهش، وقوع گرد و خاک شدید در استان خوزستان به خصوص در شهریورماه و دهه اول مهرماه، همزمان با رشد رویشی و گلدهی ذرت، احتمالا اثر تنش قطع آب در این مراحل را تشدید کرد و باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه گیاه شد، البته اثبات این فرضیه به تحقیقات بیشتر نیاز دارد. به نظر می‌رسد کاهش عملکرد گیاه در اثر این پدیده به دلایلی چون کاهش ساعات آفتابی در طول روز و نشستن گرد و خاک بر سطح برگ‌های گیاه، کاهش جذب نور و تبادلات گازی توسط برگ‌ها و کاهش فتوسنتز بود، همچنین خشکی ابریشم‌ها و اختلال در گرده‌افشانی منجر به عدم تلقیح مناسب گیاه و در مواقعی که گرد و خاک با بادهای شدید همزمان بود، ورس گیاهان نیز با کاهش در جذب و توزیع مواد منجر به کاهش عملکرد گیاه گردید. در این تحقیق اثر کم آبیاری در طول دوره و قطع آب در برخی مراحل رشد و برهمکنش تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل بدون قطع آب در مراحل رشد، با میانگین ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با تنش خشکی در مرحله گلدهی با میانگین ۴۹۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). تنش قطع آب، هم مرحله رویشی و هم مرحله زایشی را تحت تأثیر قرار داد، به طوری‌که این کاهش در تیمار آبیاری کامل همزمان با یک‌بار عدم آبیاری در تیمارهای هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری شدن دانه به ترتیب و به طور میانگین ۵۷، ۶۹، ۷۸ و ۴۵ درصد بود (جدول۳). به نظر می‌رسد 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. رشیدی (۱۳۸۴) گزارش نمود تنش خشکی در مرحله رشد رویشی حداقل اثر را بر عملکرد دانه داشته و بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش در مرحله رشد زایشی بود. هر چند رطوبت حتی می‌تواند عامل محدود

کننده جوانه زنی گیاه باشد (Rauf *et al* , 2007). شعاع حسینی و همکاران (۱۳۸۷) بیان نمودند که تحت شرایط تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی‌دار، عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰ بلال داشت. Eck (۱۹۸۶) گزارش داد که تنش کمبود آب در مرحله رویشی و زایشی تعداد دانه و در مرحله پرشدن دانه، وزن دانه 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 اثر منفی آن بر تولید دانه در بلال باعث کاهش عملکرد دانه شد. Alavi Fazel *et al.* (۲۰۱۳) نیزکاهش وزن دانه درتنش قطع آب پس از گرده افشانی را گزارش نمودند. بر اساس تحقیقات Lamm و Aboukheira (۲۰۱۲) در شرایطی که میزان آب برای دستیابی به حداکثر عملکرد با محدودیت مواجه باشد، شکل‌گیری عملکرد دانه مستقیما وابسته به میزان آبی است که پس از گرده‌افشانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. لک (۱۳۸۵) و ساکی‌نژاد (۱۳۸۲) تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی را ناشی از کاهش فتوسنتز و عرضه مواد فتوسنتزی دانستند. نتایج این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط این محققان مطابقت داشت.

جدول ۱ : نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس میانگین مربعات

منابع تنوع	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها	وزن کاه در مرحله رسیدگی	میزان توزیع مجدد	کارایی توزیع مجدد	سهم توزیع مجدد	میزان فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری
سال	۱	۵۲۲۲۸۴/۷ *	۶۲۵۸۷/۶۱ **	۶۰۳۲۹/۳۹**	۲۰/۷۷ ns	۰/۰۱۹ **	۵۹/۰۳ ns	۱۹۸۱/۶۷ ns	۷۷/۲۲ ns
کم آبیاری	۲	۳۷۹۲۴۷۹۴/۷ **	۱۵۷۲۷۵/۳۹ **	۴۷۹۳۶/۳۶**	۳۳۵۳۳/۷۱**	۰/۰۵۹**	۴۵۴/۶۶ *	۱۸۹۶۱۴/۸۵**	۴۳۸/۲ *
سال × کم‌آبیاری	۲	۶۹۵۵۱/۷ ns	۸۷۷/۳۴ ns	۱۹۷/۷۲ ns	۷۲۸/۶۱ ns	۰/۰۰۳ ns	۳۱/۰۳ ns	۵۳۸/۳۱ ns	۶۶/۵۶ ns
تکرار درون سال	۴	۱۴۸۳۸۶/۱ ns	۲۷۴۰/۱۳ **	۷۰۷/۶۶ ns	۱۲۱۱/۵۲**	۰/۰۰۳ ns	۸۱/۰۳ ns	۱۹۶۳/۲۷ ns	۱۰۸/۱۵ ns
یک‌بارقطع آب در برخی مراحل	۴	۴۸۳۷۳۵۷۳/۲**	۱۰۱۲۶۴/۹۹ **	۵۱۰۷۷/۳۱**	۱۸۸۱۴/۰۰۳**	۰/۰۴**	۲۸۴۲/۳**	۳۴۸۶۷۲/۶۹**	۴۱۸۶/۳۸**
قطع آب×کم‌آبیاری	۸	۳۳۳۰۶۷۹/۱**	۲۳۴۵/۳۱ **	۱۰۸۱/۸۳**	۱۱۴۰/۷۶**	۰/۰۰۲ ns	۱۷۵/۱۲*	۲۷۹۹۴/۰۳**	۱۵۸/۱۲*
سال × قطع آب	۴	۱۲۰۵۸۸۲/۵**	۱۰۴۴۰/۹۵ **	۷۱۶۱/۸۲ **	۱۴۴۱/۳۷**	۰/۰۰۳ ns	۱۲۲/۹۱ ns	۹۱۲۷/۹۱**	۲۳۳/۳۲ ns
سال× قطع آب×کم‌آبیاری	۸	۲۲۴۱۱۹/۳ ns	۷۰۰/۳۵ ns	۴۲۲/۹۸ ns	۳۴۰/۹۳ ns	۰/۰۰۰۷ ns	۱۱۶/۷۲ ns	۱۰۲۵/۷۸ ns	۱۱۶/۷۱ ns
خطا	۵۶	۱۳۸۹۸۶/۸	۳۷۲/۸۶	۳۷۱/۳۶	۲۶۷/۶۲	۰/۰۰۱۳	۱۰۲/۴۸	۱۵۸۱/۶۹	۱۳۱/۷۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۳	۵	۶	۱۸	۱۷	۲۰	۲۱	۱۹

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک و پنج درصد ، ns اختلاف معنی دار نیست.

جدول ۲ : مقایسه میانگین‌های دو ساله صفات مورد مطالعه در اثر تیمارها

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم‌درهکتار)	عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها (گرم در متر مربع)	وزن کاه درمرحله رسیدگی (گرم در متر مربع)	میزان توزیع مجدد (گرم در متر مربع)	کارایی توزیع مجدد (گرم بر گرم)	سهم توزیع مجدد (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (گرم در متر مربع)	سهم فتوسنتز جاری (درصد)
یک‌بارقطع‌آب‌دربرخی‌مراحل‌رشد *								
بدون تنش مرحله‌ای	۵۴۰۰	۵۳۱	۴۰۲	۱۲۴	۰/۲۳	۲۴	۴۱۸	۷۶
تنش در مرحله ۸ برگی	۲۵۱۰	۳۵۲	۲۸۲	۷۰	۰/۱۹	۲۹	۱۸۱	۷۱
تنش در مرحله ۱۲برگی	۱۷۹۰	۳۵۱	۲۷۹	۷۲	۰/۲۰	۴۲	۱۰۷	۵۸
تنش در مرحله گرده افشانی	۱۱۶۰	۴۳۴	۳۶۱	۷۲	۰/۱۶	۶۳	۴۲	۳۷
تنش در مرحله شیری	۳۰۹۰	۴۴۵	۳۱۳	۱۳۲	۰/۲۹	۴۴	۱۷۷	۵۶
LSD5%	۱۰۲۰	۱۰۱	۷۸	۳۹	۰/۰۵	۱۴	۸۵	۱۴
کم‌آبیاری **								
تامین ۱۰۰درصد نیازآبی گیاه	۳۷۷۰	۴۸۰	۳۶۵	۱۱۵	۰/۲۴	۳۶	۲۶۲	۶۴
تامین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه	۳۰۳۰	۴۴۲	۳۳۱	۱۱۱	۰/۲۵	۴۴	۱۹۳	۵۶
تامین ۶۰ درصد نیازآبی گیاه	۱۵۶۰	۳۴۳	۲۸۶	۵۷	۰/۱۷	۴۲	۱۰۰	۵۸
LSD5%	۲۹۰	۴۰	۱۶	۴۲	۰/۰۷	۶	۳۸	۶

* میانگین هر یک از تیمارهای تنش قطع آب‌از میانگین هر سطح تنش قطع آب در تیمارهای کم آبیاری به دست آمد.

** میانگین هر یک از تیمارهای کم آبیاری از میانگین هر سطح کم آبیاری در تیمارهای تنش قطع آب به دست آمد.

جدول ۳ : مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش کم‌آبیاری در طول دوره و تنش قطع آب در برخی مراحل رشد بر صفات مورد بررسی

تیمار (کم آبیاری و تنش قطع آب)		عملکرد دانه (کیلوگرم‌درهکتار)	عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها (گرم در متر مربع)	وزن کاه درمرحله رسیدگی (گرم در متر مربع)	میزان توزیع مجدد (گرم در متر مربع)	سهم توزیع مجدد (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (گرم در متر مربع)	سهم فتوسنتز جاری (درصد)
کم آبیاری	یک‌بارقطع‌آب‌دربرخی‌مراحل‌رشد							
تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۷۵۰۰	۶۱۰	۴۶۴	۱۴۶	۱۹	۶۱۰	۸۱
	تنش در مرحله ۸ برگی	۳۲۰۰	۴۰۰	۳۱۵	۸۵	۲۶	۲۳۷	۷۴
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۲۳۰۰	۳۹۴	۳۰۶	۸۸	۳۸	۱۴۴	۶۲
	تنش در مرحله گرده افشانی	۱۶۰۰	۴۹۶	۴۰۰	۹۶	۵۹	۶۷	۴۱
	تنش در مرحله شیری	۴۱۵۰	۵۰۳	۳۴۲	۱۶۱	۳۹	۲۵۴	۶۱
تامین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۵۸۷۰	۵۴۸	۳۹۵	۱۵۴	۲۷	۴۳۴	۷۳
	تنش در مرحله ۸ برگی	۲۸۵۰	۳۷۴	۲۹۷	۷۷	۲۸	۲۰۸	۷۲
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۲۰۳۰	۳۶۹	۲۹۰	۷۹	۳۹	۱۲۴	۶۱
	تنش در مرحله گرده افشانی	۱۳۴۰	۴۵۱	۳۶۰	۹۰	۷۲	۴۴	۲۸
	تنش در مرحله شیری	۳۰۹۰	۴۷۰	۳۱۵	۱۵۵	۵۳	۱۵۵	۴۷
تامین ۶۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۲۸۳۰	۴۲۰	۳۴۸	۷۲	۲۷	۲۱۱	۷۳
	تنش در مرحله ۸ برگی	۱۴۶۰	۲۸۲	۲۳۴	۴۸	۳۳	۹۹	۶۷
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۱۰۳۰	۲۹۱	۲۴۱	۵۰	۴۹	۵۴	۵۱
	تنش در مرحله گرده افشانی	۴۹۰	۳۵۸	۳۲۴	۲۹	۵۹	۱۵	۴۱
	تنش در مرحله شیری	۲۰۲۰	۳۶۲	۲۸۱	۸۲	۴۱	۱۲۱	۵۹
LSD5%		۵۲۰	۳۹	۳۱	۲۴	۱۳	۵۲	۱۳

* منظور از بدون تنش مرحله ای در هر سطح کم آبیاری ، این است که عدم آبیاری (تنش قطع آب) در هیچ یک از مراحل رشد در سطح مذکور انجام نشد.

عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی در ابتدای قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد تفاوت بین سال‌ها از نظر ماده خشک اندام‌های رویشی معنی‌دار بود. اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری در طول دوره رشد، قطع آبیاری در برخی مراحل رشد و برهمکنش تیمارها بر عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج این تحقیق تیمار آبیاری کامل، بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد با میانگین ۶۱۰ گرم ماده‌خشک در متر مربع بیشترین و تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل و تنش قطع آب در مرحله هشت برگی، با میانگین ۲۸۲ گرم ماده‌خشک در مترمربع کمترین عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی را داشتند (جدول ۳). در تیمار آبیاری کامل و تمام تیمارهای کم آبیاری، بیشترین کاهش در عملکرد ماده خشک اندام‌های رویشی، با اعمال تنش در مراحل رشد رویشی ایجاد شد، به طوری‌که این کاهش در تیمار آبیاری کامل همزمان با تنش در مراحل هشت و دوازده برگی به حدود ۳۵ درصد رسید (جدول ۳). به نظر می‌رسد تنش قطع آب در این دو مرحله از رشد بیشتر بر توسعه سطح برگ اثر داشته و کاهش سطح برگ منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش حداکثر عملکرد ماده خشک در اندام‌های رویشی می‌شود. یافته‌های این تحقیق با نتایج علوی فاضل (۱۳۸۹)، لک (۱۳۸۵) و مجدم (۱۳۸۵) تطابق داشت. لک (۱۳۸۵) کاهش حداکثر تولید و تجمع ماده خشک در واحد سطح را ناشی از کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها در اثر تنش کم‌آبی دانست چرا که این وضعیت موجب کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ‌ها می‌شود. بر اساس یافته‌های این تحقیق آبیاری کامل با فراهم نمودن شرایط مناسب جهت توسعه سطح برگ و جذب بیشتر نور و محیط مناسب برای انجام واکنش‌های فتوسنتزی، افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی را ایجاد کرد.

وزن کاه درمرحله رسیدگی

تفاوت بین سال‌ها از نظر وزن کاه معنی‌دار بود. اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری در طول دوره رشد، قطع آبیاری در برخی مراحل رشد و برهمکنش تیمارها نیز بر این مولفه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن کاه در تیمار آبیاری کامل، بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد با میانگین ۴۶۴ گرم ماده‌خشک در مترمربع و کمترین مقدار آن در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل و تنش قطع آب در مرحله هشت برگی، با میانگین ۲۳۴ گرم ماده‌خشک در مترمربع به دست آمد (جدول ۳). در بین تیمارهای کم‌آبیاری، آبیاری‌کامل با میانگین ۳۶۵ گرم درمترمربع بیشترین و تیمار ۶۰ درصد آبیاری‌کامل با میانگین ۲۸۵ گرم در مترمربع کمترین وزن کاه در مرحله رسیدگی را داشت. تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل ۹/۳ درصد کاهش نسبت به تیمار آبیاری کامل داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد در تیمار آبیاری کامل به دلیل توسعه سطح برگ بیشتر در طول دوره رویشی مواد بیشتری در بخش‌های مختلف گیاه ذخیره شد و از آنجا که به دلیل تأمین آب کافی، دوام سطح برگ بیشتری داشت، بنابراین در طول دوره پر شدن دانه، سهم فتوسنتز جاری نسبت به سهم توزیع مجدد افزایش یافت و منجر به بیشتر بودن وزن

کاه در مرحله رسیدگی در تیمار آبیاری کامل در مقایسه با تیمارهای تحت تنش کمبود آب شد. افزایش سهم توزیع مجدد ماده خشک ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دانه در طول دوره پر شدن دانه در شرایط تنش کم‌آبی توسط مجدم (۱۳۸۵) به نقل از Ackerson (۱۹۸۳) گزارش شد، که می‌تواند توجیه کاهش وزن کاه در تیمارهای کم آبیاری و تحت تنش باشد. در بین تیمارهای قطع آب، تیمار بدون تنش قطع آب مرحله‌ای، با میانگین ۴۰۲ گرم در متر مربع بیشترین و تیمار عدم آبیاری در مرحله دوازده برگی با میانگین ۲۷۹ گرم در متر مربع کمترین وزن کاه را داشتند، تیمار عدم آبیاری در مرحله هشت برگی با میانگین ۲۸۲ گرم در متر مربع با تیمار عدم آبیاری در مرحله دوازده برگی در یک گروه آماری قرار گرفت. در دو تیمار تنش قطع آب در مرحله گلدهی و شیری به ترتیب در حدود ۱۰ و ۲۲ درصد کاهش نسبت به تیمار آبیاری بدون تنش مرحله‌ای مشاهده شد (جدول ۲). در این تحقیق قطع آب در مراحل مختلف رشد خصوصاً دوازده برگی، به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه و ارتفاع بوته، منجر به کاهش تجمع ماده‌خشک در دوره رویشی گیاه شد. از آنجا که گیاه پس از تأمین آب کافی در مراحل بعدی، تا حدودی این کاهش را جبران کرد، لذا در دو تیمار عدم آبیاری در مراحل هشت و دوازده برگی، به ترتیب ۷۱ و ۵۸ درصد از وزن دانه‌ها در زمان پر شدن، از فتوسنتز جاری و در حدود ۲۹ تا ۴۲ درصد از توزیع مجدد تأمین گردید (جدول ۲). به نظر می‌رسد در تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی علی رغم سطح برگ بیشتر در مرحله گلدهی به دلیل محدودیت آب، فتوسنتز جاری کاهش یافت و در نتیجه افزایش توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و انتقال به دانه در این تیمار رخ داد، به طوری‌که در حدود ۶۳ درصد از وزن دانه‌ها، سهم توزیع مجدد و فقط در حدود ۳۷ درصد سهم فتوسنتز جاری بود (جدول ۲). در این تیمار به دلیل تأثیر منفی عدم آبیاری بر قدرت حیات و باروری دانه‌های گرده و خشک شدن نسبی ابریشم‌ها و کاهش تولید دانه و در نتیجه محدودیت مخزن، وزن کاه در مرحله رسیدگی کاهش زیادی نداشت. در تیمار عدم آبیاری در مرحله پر شدن دانه کمبود آب منجر به اختلال در انتقال مواد به دانه شد. در تیمار بدون تنش قطع آب سهم فتوسنتزجاری در پر شدن دانه‌ها بسیار بیشتر بود. این مساله می‌تواند تأکیدی بر اهمیت آب در رشد و توسعه، میزان فتوسنتز و انتقال مواد در گیاه و بیانگر کاهش مخزن با شدت یافتن تنش خشکی باشد.

میزان، سهم و کارایی فتوسنتز جاری و توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای

منابع تامین کنندهٔ مواد فتوسنتزی برای پرشدن دانه‌ها شامل فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در اندام‌های رویشی قبل از گرده‌افشانی و حرکت مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی از مرحلهٔ گرده‌افشانی تا ابتدای رشد خطی دانه می‌باشند، که به مجموع حرکت مجدد و انتقال مجدد، توزیع مجدد گفته می‌شود (نادری، ۱۳۸۰). در این تحقیق، اثر کم‌آبیاری در طول دوره و عدم آبیاری در برخی مراحل رشد بر میزان، سهم و کارایی فتوسنتز و توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای معنی‌دار بود. به جز پارامتر کارایی توزیع مجدد، برهمکنش تیمارها بر سایر صفات مذکور معنی‌دار بود (جدول

۱). تیمار آبیاری کامل و عدم آبیاری در مرحله شیری، با میانگین ۱۶۱ گرم در متر مربع توزیع مجدد ماده خشک، بیشترین میزان توزیع مجدد را در بین تیمارهای بررسی شده داشت. تیمار ۸۰ درصد تأمین آب آبیاری، بدون تنش قطع آب و تیمار ۸۰ درصد تأمین آب آبیاری و عدم آبیاری در مرحله شیری، فقط در حدود چهار درصد با تیمار مذکور اختلاف داشت. کمترین میزان این مولفه به تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل و عدم آبیاری در مرحله گلدهی با میانگین ۲۹ گرم در متر مربع اختصاص یافت (جدول ۳). در این تحقیق تیمار آبیاری کامل و تیمار کم‌آبیاری به میزان ۸۰ درصد، در تقابل با تیمارهای تنش خشکی در مراحل هشت برگی و دوازده‌برگی کمترین میزان توزیع مجدد را داشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد عامل کاهش در میزان توزیع مجدد، ذخیره کمتر مواد غذایی در ساقه در زمان ورود به فاز زایشی باشد که عامل آن می‌تواند مصرف مواد غذایی ذخیره شده در بخش‌های رویشی در زمان رشد مجدد گیاه پس از آبیاری، برای جبران خسارت ناشی از تنش باشد. یافته‌های این تحقیق با نتایج علوی فاضل (۱۳۸۹) تطابق داشت. Alavi Fazel *et al.* (۲۰۱۳) و مجدم و همکاران (۱۳۸۸) در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی 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. هرگاه مواد حاصل از فتوسنتزجاری برای تولید عملکرد کافی باشد، انتقال مجدد محدود می‌شود (لک، ۱۳۸۵).

اثر کم آبیاری در طول دوره و قطع آبیاری در برخی مراحل رشد بر کارایی توزیع مجدد معنی‌دار بود، اما برهمکنش تیمارها بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۱). در تیمارهای کم‌آبیاری با کاهش حجم آب در دسترس گیاه، کارایی توزیع مجدد کاهش یافت، به طوری‌که بیشترین و کمترین کارایی توزیع مجدد به ترتیب به دو تیمار تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی گیاه با میانگین ۰/۲۵ و ۰/۱۷ گرم بر گرم اختصاص یافت. تیمار تأمین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه با تیمار آبیاری کامل در یک گروه آماری قرار گرفتند. در تیمارهای تنش قطع آب مرحله‌ای، بیشترین کارایی توزیع مجدد با میانگین ۰/۲۹ گرم بر گرم به تیمار عدم آبیاری در مرحله شیری تعلق داشت، که با توجه به کاهش فتوسنتز جاری به دلیل عدم دسترسی گیاه به آب کافی و داشتن مخازن قوی، این نتیجه دور از انتظار نبود. پس از آن تیمارهای بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد و عدم آبیاری در مراحل هشت و دوازده برگی به ترتیب با میانگین ۰/۲۳، ۰/۱۹ و ۰/۲ گرم بر گرم در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین کارایی توزیع مجدد به تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی با میانگین ۰/۱۶ گرم بر گرم اختصاص یافت (جدول ۲). مدحج و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند با وجود این‌که در شرایط بهینه، فتوسنتز جاری بیشترین سهم را در وزن دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم دارد، اما در برخی پژوهش‌ها مشخص شده است که سهم توزیع مجدد موادفتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی 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 وخشکی بر میزان تولید جاری مواد فتوسنتزی، از طریق افزایش سهم توزیع مجدد مواد ذخیره شده در مراحل قبل از گرده‌افشانی تا حدودی امکان پذیر است.

در این تحقیق اثر کم آبیاری در طول دوره، قطع آبیاری در برخی مراحل رشد و برهمکنش تیمارها بر سهم توزیع مجدد معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین تیمارهای کم آبیاری، تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، در حدود ۴۴ درصد از عملکرد دانه گیاه از توزیع مجدد تأمین شد. با توجه به ظرفیت مخازن و کاهش سهم فتوسنتز جاری، افزایش سهم ذخایر بخش‌های رویشی در افزایش عملکرد قابل توجیه است. انتظار می‌رفت با افزایش کم‌آبی سهم توزیع مجدد در افزایش عملکرد دانه افزایش یابد، ولی در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، با توجه به کاهش تعداد دانه و در نتیجه کم‌بودن ظرفیت مخازن، سهم توزیع مجدد کاهش یافت، هرچند که با تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول۲). کمترین سهم توزیع مجدد را تیمار آبیاری کامل داشت که در مقایسه با دو تیمار کم‌آبیاری، با میانگین مقدار ۳۶ درصد، در یک گروه آماری جداگانه قرار گرفت (جدول ۲). دلیل این کاهش را در تیمار آبیاری کامل می‌توان توانایی فتوسنتز جاری در تأمین نیاز مخازن دانست و در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، ظرفیت بسیار کم مخازن در اثر تنش شدید خشکی عامل محدود کننده بوده است به طوری‌که توسط فتوسنتز جاری بخش زیادی از ظرفیت مخازن تأمین شده و بنابراین سهم توزیع مجدد، کاهش یافته است. در بین تیمارهای تنش قطع آب بیشترین سهم توزیع مجدد با میانگین ۶۳ درصد، به تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی اختصاص یافت. سهم توزیع مجدد در تیمار بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد، با میانگین ۲۴ درصد کمترین مقدار را در بین تیمارهای تنش قطع آب داشت. به نظر می‌رسد به دلیل ظرفیت خوب سیستم فتوسنتزی گیاه، سهم توزیع مجدد، علی رغم ظرفیت بالای مخازن، در مقایسه با تیمارهای تحت تنش، کمتر باشد (جدول ۲).

اثر کم آبیاری در طول دوره، قطع آبیاری در برخی مراحل رشد و برهمکنش تیمارها بر میزان فتوسنتز جاری معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان فتوسنتز جاری با میانگین ۶۰۹ گرم در متر مربع به تیمار آبیاری کامل بدون تنش قطع آب در طول دوره رشد و کمترین میزان فتوسنتز جاری با میانگین ۱۵ گرم در مترمربع به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم آبیاری در مرحله گلدهی اختصاص یافت (جدول ۳). در کلیه تیمارهای کم‌آبیاری، فتوسنتز جاری با کاهش حجم آب در دسترس کاهش یافت و این کاهش در صورت وقوع تنش قطع آب در مرحله شیری همزمان با هر یک از تیمارهای کم‌آبیاری، در مقایسه با تیمار بدون تنش قطع آب، احتمالاً به عدم دسترسی به آب کافی و ناکارآمدی سیستم فتوسنتزی بازگردد، در حالی‌که در تیمار تنش قطع آب در مرحله هشت برگی، به کاهش سطح برگ و عدم توانایی گیاه برای جبران این کاهش در شرایط پس از تنش مربوط باشد. احتمالاً کاهش فتوسنتز جاری در تنش همزمان کم‌آبیاری و قطع آب در مراحل گلدهی و دوازده برگی نیز به ترتیب به کاهش مخازن پذیرنده مواد فتوسنتزی و کاهش سطح فعال فتوسنتزکننده مربوط باشد.

بر اساس نتایج این تحقیق، اثر کم آبیاری در طول دوره، قطع آبیاری در برخی مراحل رشد و برهمکنش کم‌آبیاری و تنش قطع آب بر سهم فتوسنتز جاری معنی‌دار بود (جدول ۱). فتوسنتز جاری در تیمار آبیاری کامل، بدون تنش قطع آب در مراحل رشد، با میانگین ۸۱ درصد بیشترین سهم را در عملکرد دانه این تیمار داشت و کمترین سهم فتوسنتز جاری با میانگین ۲۸ درصد به تیمار تأمین ۸۰ درصد نیازآبی با اعمال تنش قطع آب در مرحله گلدهی اختصاص یافت. در تیمار آبیاری کامل و کلیه تیمارهای کم آبیاری، تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی، کمترین سهم فتوسنتز جاری را داشت و در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل رویشی، به ویژه هشت برگی، سهم فتوسنتز جاری بیش از تنش قطع آب در مراحل زایشی بود. (جدول ۳). این نتیجه با یافته‌های علوی فاضل (۱۳۸۹) همخوانی داشت، این محقق گزارش داد پس از آبیاری مجدد تمام توان گیاه صرف جبران کاهش رشد خواهدشد، بنابراین پس از ورود به مرحله زایشی به دلیل کم بودن ذخائر گیاه سهم فتوسنتز جاری در پرشدن دانه افزایش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دلیل کمبود شدید ذخایر کاهش خواهدیافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق در تیمار تنش قطع آب در مرحله شیری، سهم و کارایی توزیع مجدد نسبت به تیمار بدون تنش (شاهد تنش قطع آب) بیشتر بود، ولی از آنجا که سهم فتوسنتز جاری در اثر عدم آبیاری کاهش یافت، در نتیجه وزن دانه‌های بلال و عملکرد گیاه از تیمار بدون تنش کمتر شد. در تیمارهای قطع آب در مراحل رویشی و گرده‌افشانی علیرغم افزایش سهم توزیع مجدد، عملکرد دانه کاهش یافت. در کم‌آبیاری به صورت تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، با کمک فرآیند توزیع مجدد، تا حدی کاهش عملکرد دانه قابل جبران بود، ولی در شرایط کم آبیاری به صورت تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، به دلیل کم بودن ذخایر بخش‌های رویشی گیاه و همچنین محدودیت مخزن، کارایی توزیع مجدد بسیار کم بود و عملکرد گیاه به میزان معنی‌دار کاهش یافت و توصیه نمی‌شود. بر اساس یافته‌های این تحقیق قطع آب در هیچ‌یک از مراحل بررسی شده در این تحقیق با توجه به کاهش عملکرد توصیه نمی‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی و سازمان آب و برق خوزستان به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی‌شان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

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

رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت TC647 در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۱۵۱صفحه.

ساجدی، ن.، اردکانی، م.، نادری، ا.، مدنی، ح.، مشهدی اکبربوجار، م. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد عناصر غذایی بر خصوصیات زراعی ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد، مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران جلد ۴ (۱): ۸۵-۹۸.

ساکی‌نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۸۸ صفحه.

شعاع حسینی، م.، خاوری خراسانی، س. و فارسی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه علیت، مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۸ (۱):۸۶-۷۱.

صارمی، م. و سیادت، س.ع. ۱۳۷۴. اثر تنش ناشی از فواصل آبیاری‌ها روی عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات مرفولوژیکی ذرت رقم۷۰۴ تحت شرایط آب‌وهوایی اهواز. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.

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

علوی فاضل، م. ۱۳۸۹. تاثیر عدم آبیاری در برخی مراحل رشد بر صفات آگروفیزیولوژیکی وابسته به عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید SC-704 در الگوها و 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 صفحه.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، نادیان، ح.، نورمحمدی، ق. و عامریان، م.ر. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای، مجله علمی – پژوهشی علوم کشاورزی، سال ۱۳ (۲) : ۴۳۷-۴۲۷.

غدیری، ح. و مجیدیان، م. ۱۳۸۲. تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای (Zea mays L.). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۷ (۲): ۱۱۳-۱۰۳.

کلانتر احمدی، ا.، سیادت، س.ع.، برزگری، م. و فتحی. ق. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر خصوصیات مرفولوژیک و عملکرد دانه هیبریدهای تجاری ذرت درشرایط اقلیمی دزفول، مجله علمی کشاورزی، جلد۲۹ (۱): ۴۲-۳۱.

لک ، ش. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۳۳۰ صفحه.

لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، س.ع.، آینه بند، ا.، نورمحمدی، ق. و موسوی، س.ه.۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره ۴۲ (الف): ۱۴-۱.

مجدم، م. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد دانه‌ای 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 صفحه..

مجدم، م. ۱۳۸۸. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر توزیع ماده خشک و برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ . مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. جلد ۱ (۲): ۱۳۶-۱۲۳.

مدحج، ع.، امام، ا. و آینه بند، ا.۱۳۹۰. اثر سطوح نیتروژن بر میزان محدودیت مبداء و الگوی توزیع مواد فتوسنتزی به دانهٔ ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۹ (۳): ۴۸۵-۴۷۴.

منصوری فر، س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ پور، س.ح. ۱۳۹۱. بررسی روند پرشدن دانه در ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinm* L.) درشرایط‌تنش‌خشکی‌ومصرف‌کودنیتروژنه آغازگر. نشریه پژوهشهای زراعی ایران.جلد۱۰ (۳):۶۰۲-۵۹۱.

نادری، ا. ۱۳۸۰.ارزیابی تنوع ژنتیکی و مدل سازی پتانسیل انتقال مجدد اسیمیلاتها و نیتروژن به دانه در ژنوتیپ‌های گندم درشرایط تنش خشکی. رساله دکتری تخصصی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۲۴۳ صفحه..

Alavi Fazel, M.and Lack S.H.2011. The Effects of Irrigation-Off at Different Growth Stages, Planting Patterns and Plant Population on Grain Yield and Dry Matter Remobilization of GrainCorn (Zea mays L.).World Applied Sciences Journal. 15(4):463-473

Alavi Fazel, M.and Lack S.H., Sheykhi Nasab, M.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

Allen RG, Pereira LS,.Raes D ,Smit M.1998.Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper. 56, Rome

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

Eck HV.1986. Irrigated corn yield response to nitrogen and water.Agronomy Journal.76:421-428.

Hajibabaei M., and Azizi F. 2012. Evaluation of New Maize Hybrids Based on Irrigation Efficiency, Water Use Efficiency, Kernel and Forage Yield. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4 (10): 652-657.

Jurgens S.K, Johnston .R.R, Boyer J.S. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain filling. Agronomy Journal. 70 : 678-682

Lamm F. R., and Aboukheira A.A. 2012. Effect of Late Season Water Stress on Corn in Northwest Kansas. Written for presentation at the 2012 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Hilton Anatole Dallas, Texas : 1-10

Pan XY, Wang YF, Wang GX, Cao QD, Wang J. 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecology Sinica. 26 : 177-184.

Papakosta DK, Gagianas AA.1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and .Losses for Mediterranean wheat during grain filling, Agronomy Journal. 83: 864 – 870

Rauf M, Munir M, Ul-Hassan M, Ahmed M, Afzai M. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology. 8 : 971-975.

Interaction effect of Deficit Irrigation and Irrigation-Off on Assimilates Redistribution, Current Photosynthesis, and its relation with Grain Yield of Maize

Azadeh Madeh Khaksar
Department of Agronomy, Khouzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Ahmad Naderi
Agricultural and Natural Resource Research Center of Khuzestan, Iran
Amir Ayeneh Band
Shahid Chamran University, Iran
Shahram Lak
Department of Agronomy, Khouzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract
In order to investigate the effects of both deficit irrigation during growth stage and irrigation-off in some growth stages on assimilates redistribution, current photosynthesis and grain yield of maize, this research was conducted in experimental field of Research and Science Branch, Islamic Azad University of Khuzestan, during 2008 and 2009 cropping season as factorial experiment, using Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Factors in this research were consisted of three irrigation levels (100, 80, 60 percent of full irrigation) and water stress in five levels (full irrigation and irrigation-off at the 8 and 12 leaf, the tasselling and milky stages). Irrigation treatments implement at 4-5 leaf stage (seedling establishment) and continued until 10 days before physiological maturity. The results indicated that deficit irrigation and irrigation-off at different growth stages on the rate, contribution, and efficiency of current photosynthesis and redistribution was significant. With intensifying deficit irrigation, current photosynthesis rate decreased and dry matter redistribution contribution in grain filling increased. In full irrigation, the highest and lowest rate of current photosynthesis obtained from full irrigation and irrigation-off at flowering stage treatments, by the average of 81% and 41% respectively. The highest rate of dry matter redistribution by the average of 161 g/m^2 obtained from irrigation-off at milky stage. The lowest rate of dry matter redistribution belonged to irrigation-off at 8 leaf stage by the average of 85 $g/m^{2.}$ The highest grain yield belonged to full irrigation without irrigation-off stress by the average of 7500 kg/ha. According to the results of this research, in the treatment with 80% of full irrigation, it is possible to somewhat compensate for the decrease of grain yield through stimulation redistribution process in case of facing stress conditions.

Keywords: physiological maturity, tasselling, water Stress.