نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال نهم / شماره دوم / تابستان ۱۳۹۸

تأثیر ادغام بقایای گندم در خاک بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کنسروی ذرت شیرین تحت شرایط تنش آبی

اعظم معتضدیان[۱]، سید عبدالرضا کاظمینی[۲*] و محمد جعفر بحرانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۶)

چکیده

آزمایشی مزرعه‌ای و دوساله (۱۳۹۵-۱۳۹۴) در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به‌منظور ارزیابی اثر اختلاط بقایای گندم با خاک (صفر، ۲۵ و ۵۰ درصد وزنی) بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کنسروی ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata) در شرایط تنش آبی (تأمین۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌صورت اسپلیت‌پلات و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. سرعت فتوسنتز خالص در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) نسبت به آبیاری نرمال (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در مراحل رویشی، زایشی و رسیدگی ذرت به‌ترتیب ۲۵/۸، ۱۵/۸ و ۵/۵ درصد کاهش یافت. همچنین، اثر سوء تنش آبی بر عملکرد کنسروی در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشتر بود و کمترین عملکرد کنسروی (۱/۱ تن در هکتار) و شاخص برداشت کنسروی (۲۳/۵۵ درصد) در شرایط تنش آبی شدید و بدون بقایای گندم به‌دست آمد که نسبت به شرایط آبیاری نرمال و بدون بقایای گندم به‌ترتیب حدود ۷۱ و ۱۱ درصد کاهش نشان داد. در هر سطحی از تنش آبی، کاربرد بقایا منجر به افزایش عملکرد شد. لذا بیشترین تأثیر در شرایط تنش ملایم با کاربرد ۵۰ درصد بقایا در مقایسه با بدون بقایا با افزایش عملکرد کنسروی تا دو برابر به‌دست آمد. این افزایش در عملکرد کنسروی می‌تواند درنتیجه افزایش بیش از ۳۰ درصدی محتوای کلروفیل و ۴۳ درصدی سرعت فتوسنتز خالص و احتمالاً به‌دلیل بهبود دسترسی ذرت شیرین به آب باشد. به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد کاربرد بقایای گندم از طریق تأثیر بر حاصلخیزی خاک و دسترسی به آب، اثر تنش آبی را کاهش داده است. بنابراین در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، منجر به افزایش کارایی استفاده از آب، کاهش خسارت تنش آبی و تولید عملکرد قابل قبول ذرت شیرین شده و می‌تواند به‌عنوان یک راهکار به‌زراعی مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، فتوسنتز، محتوای کلروفیل

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: akazemeini@shirazu.ac.ir

مقدمه

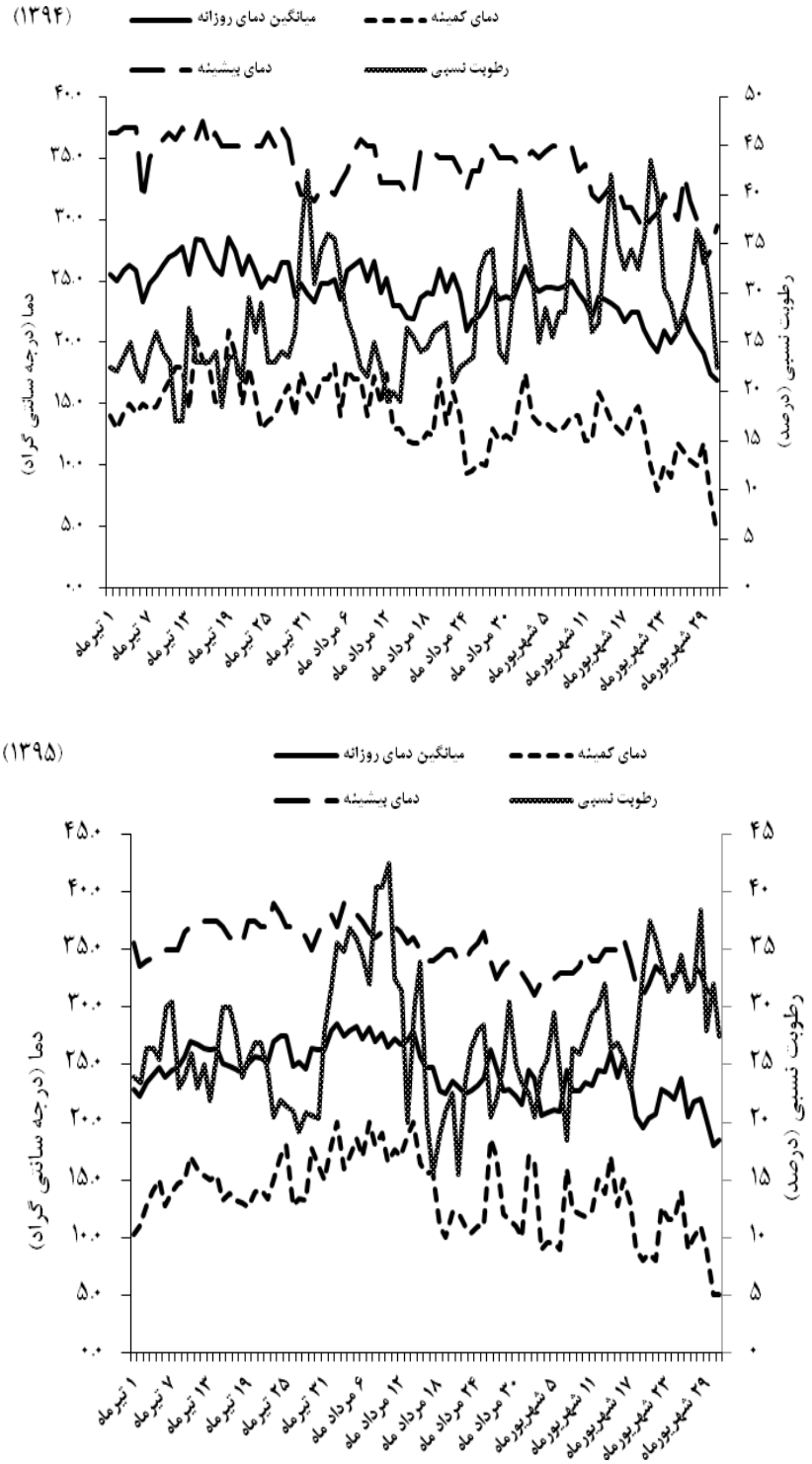
ذرت شیرین گیاهی یک‌ساله، گرمسیری و نیمه‌گرمسیری از خانواده گندمیان است و در واقع فرم تغییر یافته ژنتیکی ذرت معمولی است. این تغییرات ژنتیکی باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌شود. از این‌رو، ذرت شیرین اهمیت اقتصادی ویژه‌ای در تغذیه انسان و تعلیف دام دارد (۱۹ و ۲۰). کمبود منابع آب و وقوع تنش آبی می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان باشد (۱۷). مواجه شدن ذرت در طول فصل رشد با تنش آبی و کاهش دسترسی به آب منجر به کاهش گسترش برگ و توسعه ساقه می‌شود و از تجمع مواد فتوسنتزی در این اندام‌ها جلوگیری می‌کند (۱۶ و ۱۷). مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان و تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن، تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و کاهش هورمون‌های تحریک‌کننده رشد از جمله موارد اثر کمبود آب است (۱۵) که با تأثیر بر کاهش تولید و تخصیص مواد فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد خواهد شد (۱۶). یکی از دلایل کاهش سرعت فتوسنتز خالص، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (رادیکال‌های آزاد) ازجمله پروکسید هیدروژن به‌شمار می‌رود (۲۱) زیرا در این شرایط، اکسید شدن پروتئین‌ها، رنگدانه‌های فتوسنتزی و اسیدهای نوکلوئیک رخ داده و کلروز و نکروز شدن بافت گیاه بروز می‌کند (۳۶). گیاه برای کنترل سطح رادیکال‌های آزاد و محافظت از آسیب‌های اکسیداتیو، از سیستم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی برخوردار است. آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی شامل بتاکاروتن و پرولین هستند. آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی را کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تشکیل می‌دهند (۳۷). به نظر می‌رسد میزان غلظت آنتی‌اکسیداسیون به‌ویژه آنزیمی بر پایه شدت تنش وارد شده در اندام‌های مختلف گیاهی و در زمان‌های متفاوتی پس از بروز تنش به‌عنوان عامل از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند (۲۴)

توجه به مصرف بهینه و استفاده کارا از آب با مدیریت صحیح آبیاری مانند کم‌آبیاری که بر اساس آن ضمن وارد نیامدن خسارت شدید به گیاه در اثر تنش آبی، در مقدار آب آبیاری نیز صرفه‌جویی می‌شود به‌عنوان یکی از گزینه‌های به‌زراعی، امری لازم و ضروری است (۱۳، ۲۰ و ۲۷). هریچ و همکاران (۲۳) نشان دادند که کم‌آبیاری در طول فصل رشد ذرت شیرین می‌تواند عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب را بهبود بخشد. ارتک و کارا (۱۹) با بررسی تأثیر کم‌آبیاری (۴۰، ۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین دریافتند عملکرد دانه مربوط به حالت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری با عملکرد ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه نداشت و در سطوح پایین‌تر عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد.

مدیریت بقایای گیاهان زراعی یکی از ارکان مهم تولید در کشاورزی است و با تأثیر مستقیم بر ویژگی‌های خاک در بلندمدت مانند کاهش فرسایش، افزایش ماده آلی (۳، ۶ و ۷) و نیز افزایش ذخیره رطوبتی خاک و استفاده کارا از آب (۴ و ۲۵) نقش بسزایی در تغییرات عملکرد محصولات زراعی در یک منطقه دارند. از دیرباز روش‌هایی چون سوزاندن بقایای گیاهی، جمع‌آوری بقایا از سطح مزرعه و شخم بقایا در سطح خاک برای مدیریت بقایای گیاهان زراعی مطرح بوده است (۸). کاظمینی و همکاران (۲۶) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه ذرت در فواصل آبیاری ۱۲ و ۲۰ روز در شرایط خاک‌ورزی رایج به‌ترتیب با اختلاط میزان ۱۲/۷ و ۸/۶ تن در هکتار بقایای گندم با خاک به‌دست آمد. به عبارتی حفظ و نگهداری سطوح پایین‌تر بقایای گندم در شرایط تنش شدید می‌تواند میزان بیشتری از رطوبت را در خاک حفظ کند و موجب کاهش اثر سوء تنش آبی بر عملکرد ذرت شود. از آنجایی‌که توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان و تغییر آنها در شرایط تنش از اهمیت زیادی برخوردار است، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر اختلاط بقایای گندم با خاک در شرایط کم‌آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کنسروی ذرت شیرین در منطقه باجگاه بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اختلاط بقایای گندم با خاک و کم‌آبیاری بر



شکل ۱. نوسانات دمایی و رطوبت نسبی روزانه در منطقه باجگاه در طول فصل رشد گیاه زراعی ذرت شیرین

ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کنسروی ذرت شیرین، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، باجگاه ((طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه وعرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. میانگین دماهای بیشینه، کمینه و رطوبت نسبی مربوط به محل انجام آزمایش به‌صورت روزانه نشان داده شده است (شکل ۱). از آنجایی که در طول فصل رشد ذرت در منطقه انجام آزمایش بارندگی

وجود ندارد، میزان بارندگی گزارش نشده است. سطوح کم‌آبیاری (۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان فاکتور اصلی و فاکتور بقایای گندم (صفر، ۲۵ و ۵۰ درصد وزنی بقایای گندم سال قبل که معادل ۱۲۵۰ و ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، رقم پیشتاز بوده است) در کرت‌های فرعی به‌صورت اسپلیت‌پلات و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. بافت خاک مزرعه از نوع سیلتی‌رسی بود و میزان ماده آلی ۰/۵ درصد، اسیدیته ۷/۵، هدایت الکتریکی ۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر و نیتروژن کل ۰/۱۲ درصد در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محاسبه شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن مانتیت اصلاح شده که بر اساس متغیرهای تبخیر و تعرق گیاه مرجع، تابش خالص در سطح پوشش گیاهی، متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین، سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین، کمبود فشار بخار آب در ارتفاع دو متری، شیب منحنی فشار بخار، ضریب رطوبتی و شارش گرما به درون خاک محاسبه شد (۳۵). بذر هیبرید ذرت شیرین ایرانی (متوسط‌رس، دارای قند بالا، بلال خوش‌فرم و کشیده با دانه‌های درشت و طول دوره رشد ۸۰ روز) به فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول چهار متر کاشت شد. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت بود که توسط دو خط نکاشت از کرت بعدی جدا و برای اطمینان از اعمال تنش آبی، بین کرت‌های اصلی دو متر فاصله درنظر گرفته شد. روش آبیاری قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ بود و اعمال تیمار کم‌آبیاری از مرحله چهاربرگی شروع شد. آبیاری در همه کرت‌ها با فواصل چهار روزه و میزان آب مصرفی به‌وسیله کنتور اندازه‌گیری شد به گونه‌ای که در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و در طول فصل رشد، برای آبیاری میزان ۸۳۳۳ و ۸۶۸۰ متر مکعب در هکتار به‌ترتیب در سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ آب مورد استفاده قرار گرفت. سرعت فتوسنتز خالص (A)، هدایت روزنه‌ای (gs) و دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای (Ci) با استفاده از دستگاه LCI شرکت ADC انگلستان در سه مرحله رشد رویشی، زایشی و رسیدگی بین ساعت ۱۲ تا ۱۴ در روزهای کاملاً آفتابی که بیشترین تشعشع نور خورشید صورت پذیرفت (تنها در سال دوم آزمایش) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین غلظت کلروفیل از روش آرنون (۵)، مقدار پرولین از روش بیتس (۹) و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز از روش دهیندزا و همکاران (۱۴)، پراکسیداز از روش چانس و ماهلی (۱۲) و سوپر اکسید دیسموتاز از روش بیچامپ و فریدویچ (۱۰) استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه قابل کنسرو در مرحله رسیدگی اقتصادی ذرت شیرین در اوایل مرحله خمیری (۷۰-۶۵ درصد رطوبت) از دو خط وسط هر کرت (یک متر طولی از هر خط) با حذف حاشیه، از ناحیه مرکزی هر کرت با دست به‌طور کامل برداشت شد و دانه بلال‌های تازه برداشت شده با استفاده از کاردک از چوب بلال جدا و سپس توزین شد. شاخص عملکرد کنسروی از تقسیم وزن دانه کنسروی بر عملکرد تر بلال با پوشش محاسبه شد. از تقسیم عملکرد بلال با پوشش بر مقدار آب مصرفی، کارایی مصرف آب محاسبه شد (۱۸). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از برنامه آماری SAS ۹.۱ مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. برای بررسی همگن بودن واریانس‌ها از آزمون بارتلت نیز استفاده شد (۳۰).

نتایج

صفات بیوشیمیایی

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و همچنین برهم‌کنش سال با تنش آبی و سطوح بقایای گندم برای هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. همچنین، با توجه به معنی‌دار نبودن نتایج آزمون بارتلت، داده‌های ارائه شده به‌صورت میانگین دو سال ارائه شد (جدول ۱). میزان کلروفیل در برگ ذرت شیرین تحت تأثیر سطوح تنش آبی در سطح یک درصد و بقایای گندم و برهم‌کنش آنها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کمترین میزان کلروفیل a (۴/۸۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار برهم‌کنش تنش شدید آبی و بدون بقایای گندم به‌دست آمد (جدول ۲). با کاهش شدت تنش آبی اثر سوء تنش بر کلروفیل a کمتر شده

جدول ۱. میانگین مربعات اثر سطح‌های آبیاری، بقایای گندم و برهم‌کنش آنها بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کنسروی و کارایی مصرف آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	آنزیم کاتالاز	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	آنزیم پراکسیداز	عملکرد کنسروی	شاخص برداشت عملکرد کنسروی	کارایی مصرف آب
سال (Y)	۱	۳/۰۷^{ns}	۱/۳۵^{ns}	۴/۹۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱۷۷^{ns}	۰/۴۲۲^{ns}	۱۳/۲۵^{ns}	۱۲۳/۲۱^{ns}	۲۰/۰۳^{ns}
خطای اول (تکرار×سال)	۶	۴/۷۸	۸/۱۹	۳۲/۸۸	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۳۱۰	۰/۵۷۶	۶/۵۸	۵۶/۰۹	۹/۰۴
آبیاری (A)	۲	۲۱۵/۳۲**	۲۳۵/۷۷**	۲۹۸۳/۹۲**	۰/۲۶۰۴۶**	۰/۲۰۶۵۳**	۲۷/۶۳۵**	۲۲۹/۴۶**	۱۲۴۹/۱۱**	۲۲۷/۶۳**
Y×A	۲	۱/۴۶^{ns}	۲/۳۱^{ns}	۰/۶۴^{ns}	۰/۰۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۴/۱۴^{ns}	۴۳/۰۳^{ns}	۴/۶۲^{ns}
خطای دوم (خطا اول×A)	۱۲	۵/۱۳	۳/۳۸	۵۳/۴۴	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۹۹	۰/۵۵۴	۶/۸۳	۲۹/۹۸	۸/۸۴
بقایای گندم (B)	۲	۳۷/۹۳*	۳۹/۸۵**	۱۵۴۶/۳۹**	۰/۱۷۷۰۰**	۰/۰۷۱۳۹**	۷/۸۳۳**	۷۸/۹۹**	۱۱۳/۰۵^{ns}	۱۱۷/۹۶**
A×B	۴	۸/۶۰*	۲۵/۴۷*	۱۳۹/۷۶*	۰/۰۷۵۵۵**	۰/۰۰۲۳۰*	۱/۵۷۲*	۴۹/۳۸**	۱۸۷/۰۷*	۶۴/۵۴**
Y×B	۲	۰/۰۳^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۳/۸۸^{ns}	۰/۰۰۰۲۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۱/۲۷^{ns}	۷۶/۸۱^{ns}	۱/۹۲^{ns}
Y×A×B	۴	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۴۳^{ns}	۰/۰۰۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۳۶/۳۸^{ns}	۰/۵۹^{ns}
خطا باقی‌مانده	۳۶	۵/۱۳	۳/۹۳	۵۳/۲۰	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۱۱۹	۰/۳۸۵	۲/۶۳	۴۰/۲۱	۳/۷۸
ضریب تغییرات (٪)		۲۳/۶۹	۲۲/۱۶	۱۳/۸۰	۲۰/۵۹	۲۰/۶۰	۲۷/۳۱	۲۵/۹۹	۱۸/۰۸	۱۷/۸۵

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد هستند (دانکن پنج درصد)

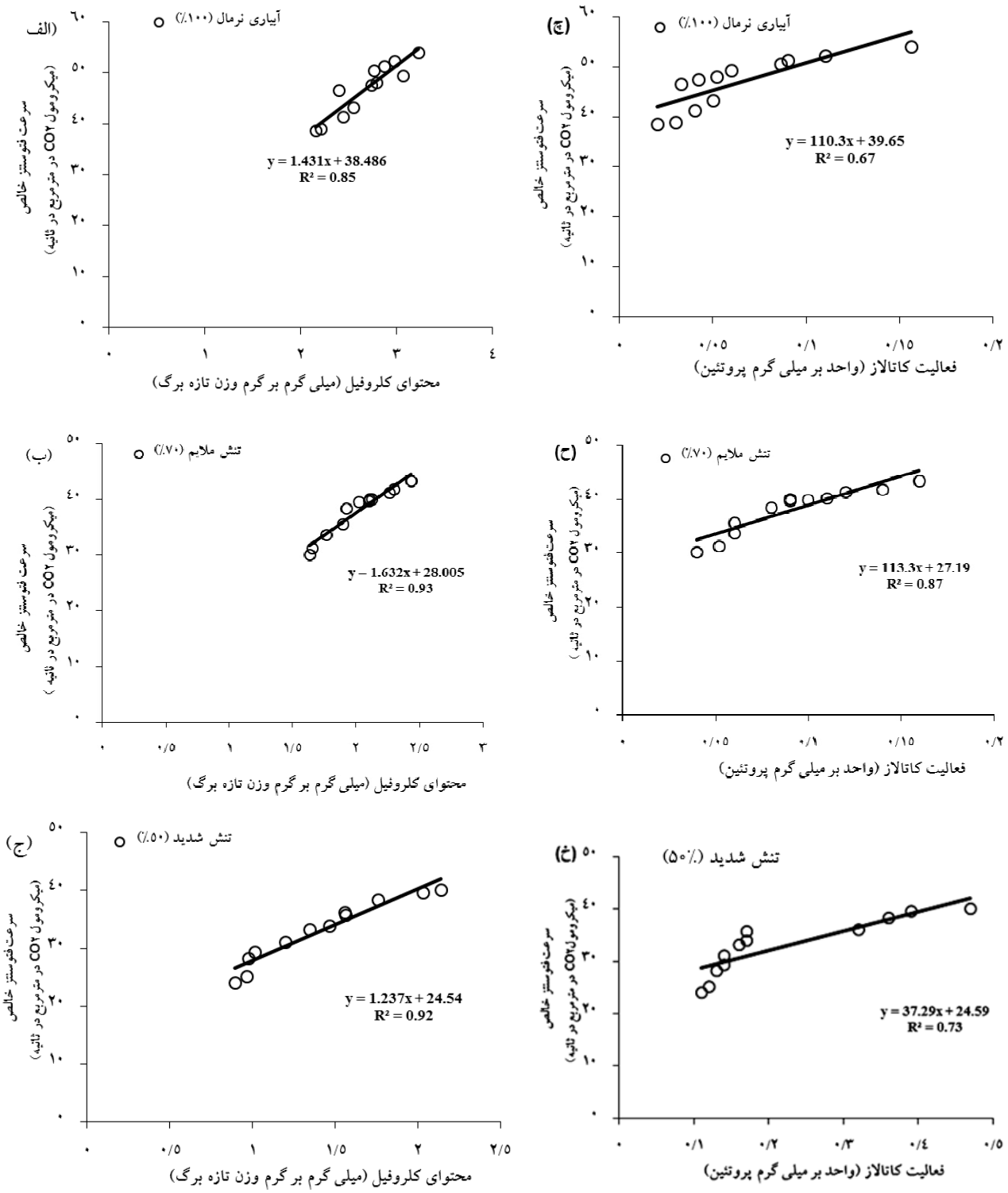
جدول ۲. تأثیر سطوح تنش آبی و مقادیر بقایای گندم بر غلظت کلروفیل a، b، فعالیت آنزیم کاتالاز، عملکرد کنسروی و کارایی مصرف آب

تیمارها		کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	آنزیم کاتالاز	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	آنزیم پراکسیداز	عملکرد کنسروی	شاخص برداشت عملکرد کنسروی	کارایی مصرف آب
آبیاری (تأمین درصد نیاز آبی)	بقایای گندم (درصد)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ)			(واحد بر میلی‌گرم پروتئین)			(تن در هکتار)	(درصد)	(کیلوگرم بر متر مکعب)
	۰	۴/۸۶^{f}	۴/۰۹^{e}	۷۱/۴۶^{a}	۰/۴۷^{a}	۰/۳۲^{a}	۳/۹۸^{a}	۱/۱۰^{e}	۲۳/۵۵^{e}	۱/۸۲^{e}
۵۰	۲۵	۶/۷۱^{ef}	۵/۲۶^{de}	۶۱/۵۲^{ab}	۰/۱۴^{b}	۰/۲۶^{b}	۲/۹۵^{b}	۱/۴۹^{e}	۲۵/۸۶^{e}	۲/۵۳^{e}
	۵۰	۷/۶۸^{def}	۷/۹۰^{cd}	۶۰/۶۲^{ab}	۰/۱۱^{bc}	۰/۲۱^{bc}	۲/۴۰^{bc}	۱/۸۲^{de}	۲۸/۷۰^{d}	۳/۰۹^{d}
	۰	۸/۳۶^{cde}	۷/۹۹^{cd}	۵۷/۲۰^{b}	۰/۱۱^{bc}	۰/۲۱^{bc}	۲/۲۳^{bcd}	۲/۷۴^{d}	۲۶/۴۹^{de}	۳/۸۶^{d}
۷۰	۲۵	۹/۸۹$^{b-e}$	۹/۳۶^{bc}	۵۳/۰۵^{bc}	۰/۰۸^{c}	۰/۱۶^{de}	۲/۰۶^{bcd}	۴/۰۰^{c}	۳۳/۰۶^{c}	۵/۶۴^{c}
	۵۰	۱۱/۳۷^{abc}	۹/۹۲^{bc}	۴۴/۶۰^{cd}	۰/۰۴^{d}	۰/۰۸^{f}	۱/۲۲^{de}	۵/۶۲^{b}	۳۷/۴۱^{ab}	۷/۹۱^{b}
	۰	۱۱/۱۰$^{a-d}$	۱۰/۴۴^{bc}	۵۵/۳۹^{bc}	۰/۰۸^{c}	۰/۱۴^{e}	۱/۴۶^{cde}	۳/۷۹^{cd}	۲۸/۳۶^{d}	۴/۲۵^{cd}
۱۰۰	۲۵	۱۴/۱۸^{a}	۱۳/۴۷^{a}	۴۰/۵۹^{de}	۰/۰۳^{d}	۰/۰۵^{f}	۱/۱۵^{e}	۹/۵۶^{a}	۴۳/۱۹^{a}	۱۰/۷۴^{a}
	۵۰	۱۱/۸۷^{ab}	۱۲/۱۳^{ab}	۳۱/۰۲^{e}	۰/۰۳^{d}	۰/۰۵^{f}	۱/۰۳^{e}	۵/۶۹^{b}	۳۱/۰۶^{c}	۶/۳۹^{bc}

در هر ستون میانگین‌های با حرف‌های مشابه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (دانکن پنج درصد)

است، به‌صورتی که در شرایط ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش ملایم) و بدون بقایا در مقایسه با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه باعث افزایش کلروفیل a به‌میزان ۷۲ درصد (۴/۸۶ در مقابل ۸/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) شده است و در شرایط آبیاری نرمال نیز تا ۲/۳ برابر افزایش نشان داده است. روند تغییرات کلروفیل b مشابه کلروفیل a بود، ولی مقادیر آن کمتر از کلروفیل a بود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد به‌دلیل افزایش سطح رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش آبی که سبب هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوئیدی و کاهش شاخص پایداری کلروفیل می‌شود، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (۳۳). احتمالاً کاربرد بقایا می‌تواند با تأثیر بر کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و درنتیجه افزایش ذخیره رطوبتی خاک اثر سوء تنش آبی را بر رشد رویشی ذرت تا حدودی برطرف کند (۱)، به‌صورتی که در تنش شدید، کاربرد ۲۵ و ۵۰ درصد بقایا به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب باعث افزایش ۲۷ و ۴۷ درصدی کلروفیل a شد. به‌طور مشابه کاربرد بقایا، میزان کلروفیل b را در تمام سطوح تنش آبی نیز افزایش داد و در تنش آبی شدید کاربرد ۵۰ درصد بقایای گندم در مقایسه با بدون بقایا باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل b به‌میزان ۲/۲۸ برابر شد (جدول ۲). کلروفیل b در گیاه مسئولیت جذب نوری که از کلروفیل a عبور می‌کند و جذب نمی‌شود را بر عهده دارد و به‌عبارتی کلروفیل b در کنار کلروفیل a راندمان جذب تابش خورشیدی را افزایش می‌دهد که منجر به بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود. رابطه رگرسیونی میان کلروفیل و سرعت فتوسنتز خالص نشان داد در تمام سطوح آبیاری با افزایش میزان کلروفیل برگ، سرعت فتوسنتز خالص افزایش می‌یابد اگرچه در شرایط تنش، افزایش جزئی در محتوای کلروفیل می‌تواند سرعت فتوسنتز خالص را بیشتر افزایش دهد (شکل ۲ – الف، ب و ج). در مطالعه‌ای مشخص شد که کمبود آب با تأثیر منفی بر محتوای کلروفیل برگ و افزایش مقاومت مزوفیلی منجر به کاهش انتقال دی‌اکسیدکربن به جایگاه‌های کربوکسیله شدن و درنتیجه کاهش سرعت فتوسنتز خالص می‌شود (۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش آبی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای اسیدآمینه پرولین در سطح یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). به‌طورکلی اعمال تنش آبی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای اسید آمینه پرولین شد (جدول ۲). تحت شرایط تنش آبی، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش نشان داد به‌صورتی که در مقایسه با آبیاری نرمال، اعمال تنش ملایم باعث افزایش فعالیت این آنزیم به‌میزان ۳۷/۵ درصد (۰/۰۸ در مقابل ۰/۱۱ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و در شرایط تنش شدید باعث افزایش فعالیت آنزیم تا ۴/۸ برابر (۰/۰۸ در مقابل ۰/۴۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) شد (جدول ۲). آنزیم کاتالاز یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مؤثر در سامانه دفاعی بیشتر گیاهان در مقابله با تنش‌های غیر زنده است که درنتیجه افزایش سطح رادیکال‌های آزاد اکسیژن ازجمله پراکسید هیدروژن افزایش می‌یابد (۲۲). همچنین، شرایط تنش‌زا منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز شد که نسبت به آنزیم کاتالاز از سطح تولید بالاتری برخوردار بود که خود سازوکاری حفاظتی گیاه در برابر تولید رادیکال‌های آزاد است. کمترین میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز (۰/۰۵ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و پراکسیداز (۱/۰۳ واحد بر میلی گرم پروتئین) در شرایط آبیاری نرمال و کاربرد ۲۵ درصد بقایای گندم حاصل شد که نسبت به سطح ۵۰ درصد بقایای گندم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). پرولین نیز یکی از اسمولیت‌های مؤثر در مقاومت به شرایط تنش‌زا ست و می‌توان آن را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی دانست که باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود و در تنظیم اُسمزی و مقاومت به خشکی نقش دارد (۳۰). با اعمال تنش آبی میزان پرولین روند افزایشی داشته است و بیشترین میزان پرولین (۷۱/۴۶ میکرو مول در گرم وزن تر برگ) در شرایط تنش شدید و بدون بقایای گندم به‌دست آمد (جدول ۲). کاربرد بقایا در تمام سطوح تنش آبی اثر منفی و کاهشی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پرولین در بافت گیاهی داشت که نشان‌دهنده اثر برطرف شدن تنش آبی درنتیجه تأثیر مثبت بقایا است. احتمالاً کاربرد بقایای گیاهی با



شکل ۲. رابطه رگرسیونی میان سرعت فتوسنتز خالص با محتوای کلروفیل برگ ((الف)، (ب) و (ج)) و فعالیت آنزیم کاتالاز ((چ)، (ح) و (خ)) تحت سطوح تنش آبی

بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش تلفات آب از خاک (۳۴) باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پرولین می‌شود، به‌صورتی که تحت شرایط تنش آبی شدید میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در برهم‌کنش با ۲۵ و ۵۰ درصد بقایا به‌ترتیب به‌میزان ۷۰ و ۷۶ درصد کاهش یافت. در شرایط بدون تنش حتی کاربرد بقایا بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و در مقایسه با بدون بقایا تأثیر معنی‌داری داشت، به‌صورتی که بقایا توانست در این شرایط نیز میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را کاهش دهد و این نشان‌دهنده نقش مهم بقایا در کاهش اثر سوء تنش آبی است (جدول ۲). همچنین، افزایش مقادیر بقایا تا ۵۰ درصد در شرایط بدون تنش منجر به کاهش ۱۵ درصدی میزان پرولین شد. در تنش ملایم، کاربرد ۵۰ درصد بقایا نسبت به بدون بقایا منجر به کاهش ۲۲ درصد محتوای پرولین شد. در شرایط بدون تنش کاربرد ۵۰ درصد بقایا نسبت به ۲۵ درصد بقایا محتوای پرولین را ۲۳/۵ درصد کاهش داد (جدول ۲). روند تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز با سرعت فتوسنتز خالص در سطوح تنش آبی یکنواخت نیست. با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز سرعت فتوسنتز خالص افزایش یافت ولی در شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری نرمال و تنش ملایم سرعت فتوسنتز خالص با شیب کمتری افزایش یافت و به ازای افزایش هر واحد فعالیت آنزیم کاتالاز، ۳۷/۲۹ واحد سرعت فتوسنتز خالص افزایش نشان داد (شکل ۲ – چ، ح و خ). به‌نظر می‌رسد افزایش سرعت فتوسنتز خالص با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، احتمالاً به‌دلیل اثر منفی آنزیم کاتالاز در کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین و بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو است (۱۱).

عملکرد کنسروی ذرت شیرین

به‌طورکلی، اثر سطوح تنش آبی و بقایای گندم و برهم‌کنش آنها بر عملکرد کنسروی ذرت شیرین معنی‌داری بود و شاخص برداشت کنسروی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آبی و برهم‌کنش آن با بقایا قرار گرفت (جدول ۱). اثر سوء تنش آبی بر عملکرد کنسروی در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشتر بود و کمترین عملکرد کنسروی (۱/۱ تن در هکتار) و شاخص برداشت عملکرد کنسروی (۲۳/۵۵ درصد) در شرایط تنش شدید و بدون بقایای گندم به‌دست آمد که نسبت به شرایط آبیاری نرمال و بدون بقایای گندم به‌ترتیب حدود ۷۱ و ۱۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد تنش آبی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهد و این شرایط منجر به کاهش سرعت فتوسنتز و اختصاص کمتر مواد پرورده به اندام‌های زایشی ذرت می‌شود. به‌طورکلی تأثیر تنش آبی بر عملکرد کنسروی نتیجه تأثیرپذیری سرعت فتوسنتز خالص ($r=0/72^{**}$) و پارامترهای وابسته به آن شامل میزان کلروفیل ($r=0/64^{**}$) و هدایت روزنه‌ای ($r=0/68^{**}$) است (جدول ۳). همچنین، نتایج همبستگی نشان داد که میان سرعت فتوسنتز خالص با میزان کلروفیل ($r=0/73^{**}$)، هدایت روزنه‌ای ($r=0/83^{**}$) و آنزیم کاتالاز ($r=0/65^{**}$) یک ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت. میان سرعت فتوسنتز خالص با غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای ($r=-0/71^{**}$) و پرولین ($r=-0/63^{**}$) یک ارتباط منفی و کاهشی مشاهده شد (جدول ۳). به عبارتی با تشدید تنش آبی و با بسته شدن روزنه‌های گیاه، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. این امر منجر به کاهش سرعت فتوسنتز خالص می‌شود که به‌موازات آن نیز از غلظت کلروفیل در برگ‌ها کاسته می‌شود (۳۱). تنش آبی هرچند سبب کاهش عملکرد کنسروی ذرت شیرین شد، ولی کاربرد بقایا توانست تا حدودی اثر سوء تنش را برطرف و کاهش دهد، به‌نحوی‌که در تنش آبی شدید کاربرد ۲۵ و ۵۰ درصد بقایا در مقایسه با بدون بقایا، به‌ترتیب باعث افزایش عملکرد کنسروی به‌میزان ۳۵/۵ و ۶۵/۵ درصد شد و در سطح تنش ملایم این افزایش به‌ترتیب به‌میزان ۴۶ درصد و دو برابر بوده است که این افزایش در عملکرد کنسروی نتیجه بهبود دسترسی گیاه به آب، کاهش اثر منفی تنش روزنه‌ها، افزایش هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل بیش از ۳۰ درصد بود که درنتیجه آن سرعت فتوسنتز خالص نیز به‌میزان ۴۳ درصد افزایش یافت (جدول ۲). همچنین، با افزایش شدت تنش آبی شاخص برداشت عملکرد

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت شیرین

	عملکرد کنسروی	شاخص برداشت کنسروی	کارایی مصرف آب	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای	کلروفیل a+b	پرولین	کاتالاز
عملکرد کنسروی	۱/۰۰								
شاخص برداشت کنسروی	۰/۷۷**	۱/۰۰							
کارایی مصرف آب	۰/۸۴**	۰/۸۷**	۱/۰۰						
سرعت فتوسنتز	۰/۷۲**	۰/۵۳*	۰/۵۶*	۱/۰۰					
هدایت روزنه‌ای	۰/۶۸**	۰/۴۹*	۰/۵۲*	۰/۸۳**	۱/۰۰				
غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای	−۰/۵۷*	−۰/۴۷*	−۰/۴۴*	−۰/۷۱**	−۰/۶۹**	۱/۰۰			
کلروفیل a+b	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۰/۵۹*	۰/۷۳**	۰/۶۳**	−۰/۵۹*	۱/۰۰		
پرولین	−۰/۵۲*	−۰/۷۱	−۰/۵۰*	−۰/۶۳**	−۰/۶۶**	۰/۶۵**	−۰/۶۷**	۱/۰۰	
کاتالاز	۰/۶۲*	۰/۶۲	۰/۵۴*	۰/۶۵**	۰/۶۲**	−۰/۶۴**	۰/۵۸*	−۰/۵۶*	۱/۰۰

ns:غیر معنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

کنسروی ذرت کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین شاخص برداشت (۲۳/۵۵ درصد) در شرایط تنش شدید و بدون بقایای گندم به‌دست آمد که نسبت به شرایط تنش آبی ملایم و بدون تنش و بدون بقایا به‌ترتیب ۱۱ و ۱۷ درصد کاهش نشان داد. در مقابل، ادغام بقایا در خاک و در تمام سطوح تنش آبی منجر به افزایش شاخص برداشت عملکرد کنسروی شد به‌صورتی که شاخص برداشت در شرایط تنش شدید با کاربرد ۵۰ درصد بقایا نسبت به بدون بقایا، ۲۲ درصد افزایش نشان داد درحالی که در همان سطح آبیاری کاربرد ۵۰ درصد بقایا نسبت به ۲۵ درصد بقایا تنها ۱۱ درصد شاخص برداشت را افزایش داد (جدول ۲).

کارایی مصرف آب

اثر فاکتورهای تنش آبی و بقایا و برهم‌کنش آنها بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش آبی کارایی مصرف آب در ذرت کاهش یافت، به گونه‌ای که کاهش دسترسی گیاه به آب درنتیجه اعمال سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه منجر به کاهش ۷۱ درصدی کارایی مصرف آب شد. اگرچه افزایش بقایا تا سطح ۲۵ درصد در شرایط تنش شدید اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب نداشت لیکن کاربرد ۵۰ درصد بقایا منجر به افزایش ۷۰ درصد کارایی مصرف آب نسبت به بدون بقایا شد (جدول ۲). نتایج همبستگی نشان داد تأثیر تنش آبی بر کارایی مصرف آب نتیجه تأثیرپذیری عملکرد کنسروی ($r=۰/۸۴^{**}$) و پارامترهای وابسته به آن شامل سرعت فتوسنتز خالص ($r=۰/۵۶^{*}$) و محتوای کلروفیل ($r=۰/۵۹^{*}$) است (جدول ۴). به عبارتی با تشدید تنش آبی بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه و کاهش سرعت فتوسنتز خالص، عملکرد کنسروی نیز کاهش می‌یابد که درنهایت منجر به کاهش کارایی مصرف آب می‌شود. با توجه به نتایج، باقی گذاشتن بقایای گندم و ادغام آن در خاک می‌تواند در شرایط تنش آبی منجر به بهبود شرایط رشد گیاه شود و میزان جذب نور مؤثر در فرایند فتوسنتز را افزایش دهد و با افزایش تولید مواد پرورده عملکرد نیز افزایش می‌یابد (۳۳).

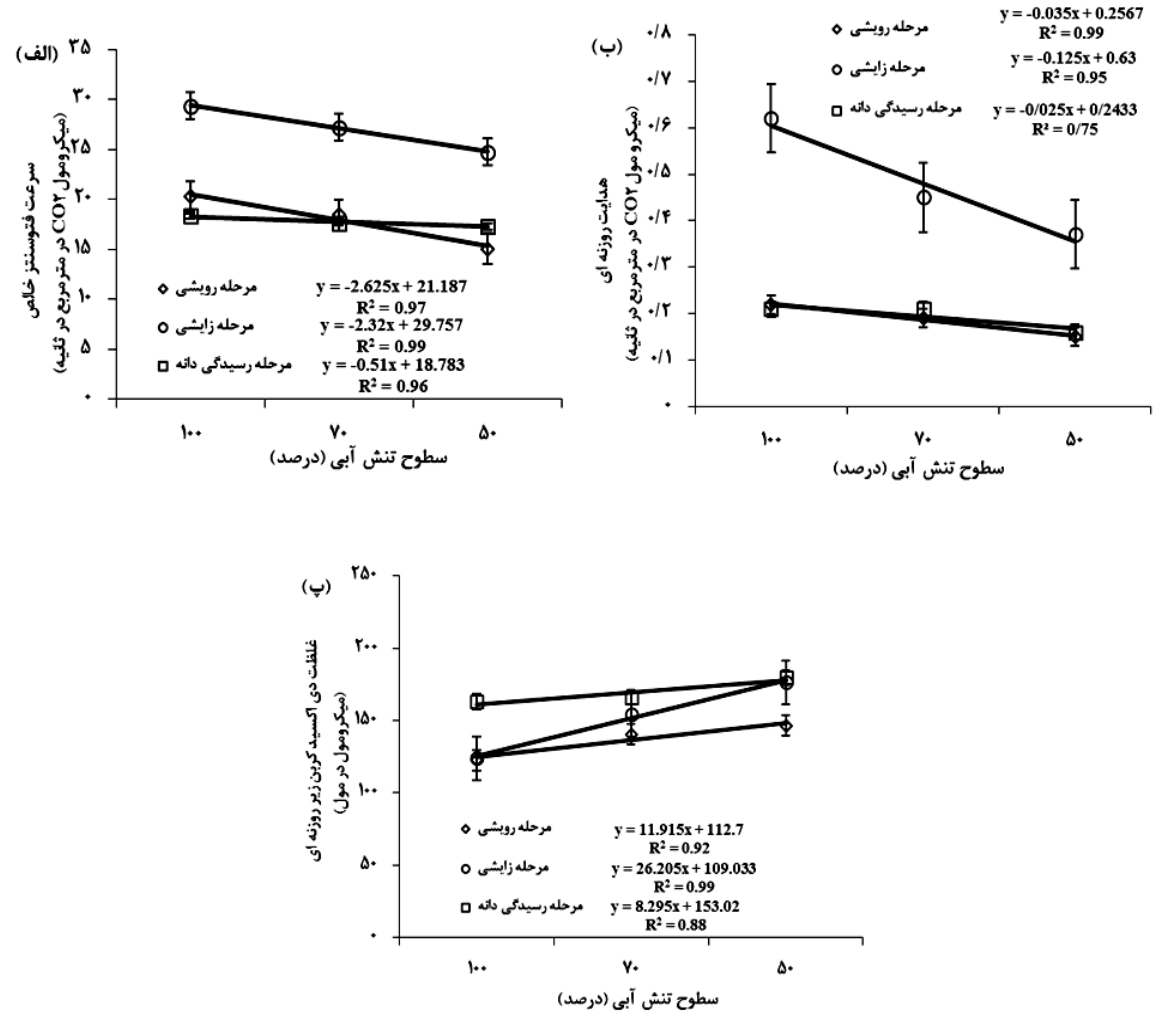
فتوسنتز و ویژگی‌های وابسته به آن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله رویشی فقط سرعت فتوسنتز و در مراحل زایشی و رسیدگی ذرت شیرین، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح تنش آبی قرار گرفتند (جدول ۴). در تمام مراحل رشدی ذرت شیرین، کمبود آب منجر به کاهش سرعت فتوسنتز شد و با کاهش شدت تنش آبی و یا به عبارتی افزایش میزان آب آبیاری سرعت فتوسنتز افزایش یافت. به‌طورکلی، کمترین سرعت فتوسنتز در تمام مراحل رشدونمو ذرت شیرین در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) به‌دست آمد که منجر به کاهش ۲۵/۸ درصدی سرعت فتوسنتز در مرحله رشد رویشی نسبت به آبیاری نرمال (اعمال ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) شد. همچنین، میزان این کاهش در مرحله زایشی و رسیدگی ذرت شیرین به‌ترتیب ۱۵/۸ و ۵/۵ درصد بود (شکل ۳ – الف). نتایج نشان داد بیشترین شیب افزایش سرعت فتوسنتز با افزایش میزان آب آبیاری در مرحله رویشی ذرت شیرین مشاهده شد ($r^{۲}=۰/۹۷^{**}$) (شکل۳ – الف). به عبارتی سرعت فتوسنتز در مرحله رویشی ذرت شیرین به ازای کاهش هر یک درصد میزان آب آبیاری، برابر ۲/۶۲۵ درصد کاهش یافت. همچنین، روند تغییرات هدایت روزنه‌ای مشابه سرعت فتوسنتز تحت تأثیر سطوح تنش آبی قرار گرفت. در تمام مراحل رشد ذرت شیرین، هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش آبی کاهش یافت به‌گونه‌ای که کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شدید به‌دست آمد و نسبت به شرایط آبیاری نرمال هدایت روزنه‌ای در مراحل رویشی، زایشی و رسیدگی ذرت به‌ترتیب ۳۲، ۴۰ و ۲۴ درصد کاهش یافت (شکل۳ – ب). به عبارت دیگر، مرحله زایشی ذرت شیرین نسبت به شرایط تنش آبی از حساسیت بیشتری برخوردار است و به ازای کاهش هر یک درصد آب آبیاری، هدایت روزنه‌ای برابر ۰/۱۲۵ درصد کاهش نشان داد (شکل۳ – ب). در مقابل، غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای در شرایط آبیاری نرمال کاهش یافت. نتایج نشان داد غلظت دی‌اکسید کربن زیر

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت شیرین

	عملکرد کنسروی	شاخص برداشت کنسروی	کارایی مصرف آب	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای	کلروفیل a+b	پرولین	کاتالاز
عملکرد کنسروی	۱/۰۰								
شاخص برداشت کنسروی	۰/۷۷**	۱/۰۰							
کارایی مصرف آب	۰/۸۴**	۰/۸۷**	۱/۰۰						
سرعت فتوسنتز	۰/۷۲**	۰/۵۳*	۰/۵۶*	۱/۰۰					
هدایت روزنه‌ای	۰/۶۸**	۰/۴۹*	۰/۵۲*	۰/۸۳**	۱/۰۰				
غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای	−۰/۵۷*	−۰/۴۷*	−۰/۴۴*	−۰/۷۱**	−۰/۶۹**	۱/۰۰			
کلروفیل a+b	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۰/۵۹*	۰/۷۳**	۰/۶۳**	−۰/۵۹*	۱/۰۰		
پرولین	−۰/۵۲*	−۰/۷۱	−۰/۵۰*	−۰/۶۳**	−۰/۶۶**	۰/۶۵**	−۰/۶۷**	۱/۰۰	
کاتالاز	۰/۶۲*	۰/۶۲	۰/۵۴*	۰/۶۵**	۰/۶۲**	−۰/۶۴**	۰/۵۸*	−۰/۵۶*	۱/۰۰

ns :غیر معنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۳. اثر سطوح تنش آبی بر الف) سرعت فتوسنتز خالص، ب) هدایت روزنه‌ای و ج) غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای. میله‌های با همپوشانی مشابه بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌داری ندارند.

روزنه‌ای در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط آبیاری نرمال در مراحل رویشی، زایشی و رسیدگی ذرت به‌ترتیب ۱۹، ۴۲ و ۱۰ درصد افزایش یافت. نتایج رابطه رگرسیونی نشان داد غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای به ازای کاهش هریک درصد آب آبیاری در مرحله زایشی ذرت شیرین با یک شیب مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۹۹**) برابر ۲۶/۲۰ درصد افزایش داشت (شکل۳ – ج). به‌طورکلی، کمبود آب به‌علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌ها و درنتیجه کاهش دسترسی گیاه به دی‌اکسید کربن در مزوفیل، باعث کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود (۲۹). بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ‌های اولیه گیاه به تنش خشکی است و به موازات کاهش در فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای گیاه کاهش و مقاومت مزوفیلی افزایش می‌یابد (۲۸ و ۳۸).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد تنش آبی با اثر سوء و منفی بر کاهش ۲۶ درصدی سرعت فتوسنتز خالص منجر به کاهش ۷۰ درصدی عملکرد کنسروی ذرت شیرین شد. در صورتی که، کاربرد بقایا توانست تا حدودی اثر سوء تنش را برطرف و کاهش دهد، به‌نحوی که در تنش آبی شدید کاربرد ۲۵ و ۵۰ درصد بقایا در مقایسه با بدون بقایا، با افزایش محتوای کلروفیل تا بیش از ۳۰ درصد و سرعت فتوسنتز خالص نیز به‌میزان ۴۳ درصد به‌ترتیب باعث افزایش عملکرد کنسروی به‌میزان ۳۵/۵ و ۶۵/۵ درصد شد. همچنین، در شرایط تنش

ملایم کاربرد ۲۵ و ۵۰ درصد بقایا در مقایسه با بدون بقایا، به‌ترتیب باعث افزایش عملکرد کنسروی به‌میزان ۴۶ درصد و دو برابر شد. اگرچه افزایش بقایا تا سطح ۲۵ درصد در شرایط تنش شدید اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب نداشت لیکن کاربرد ۵۰ درصد بقایا در شرایط تنش ملایم منجر به افزایش ۴۰ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به کاربرد ۲۵ درصد بقایا شد. به‌نظر می‌رسد کاربرد ۵۰ درصد بقایای گندم با تأثیر بر بهبود وضعیت آب قابل دسترس تحت شرایط تنش ملایم، پتانسیل تولید عملکرد کنسروی دانه ذرت شیرین را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال در سطح قابل قبولی حفظ می‌کند.

منابع مورد استفاده

1. Abdullah, A. S. 2014. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research* 144: 150-155.
2. Ahmadi, A. and D. A. Baker. 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulation* 35: 81-91.
3. Alijani, K., M. J. Bahrani and S. A. Kazemeini. 2011. Effects of tillage methods and rates of corn residues on wheat growth, yield and yield components. *Iranian Field Crops Research* 9: 486-493. (In Farsi).
4. Anderson, R. L. 2008. Residue management tactics for corn following spring wheat. *Weed Technology* 22: 177-181.
5. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
6. Bahrani, M. J. 1998. Management of crop residues in irrigated farming systems. *In:* Proceeding of the 5th Congress of Crop Production and Plant Breeding, Karaj, Iran. pp. 26. (In Farsi).
7. Bahrani, M. J., M. Kheradnam, Y. Emam, H. Ghadiri and M. T. Assad. 2002. Effects of tillage methods on wheat yield and yield components in continuous wheat cropping. *Experimental Agriculture* 38: 389-395.
8. Bahrani, M. J., M. H. Raufat and H. Ghadiri. 2007. Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. *Soil and Tillage Research* 94: 305-309.
9. Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
10. Beauchamp, C. and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry* 44: 276-287.
11. Castrillo, M. and I. Turajillo. 1994. Ribulose-1, 5-biphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein content in two cultivars of French bean plants under water stress and re-watering. *Photosynthetica* 30: 175-181.
12. Chance, B. and A. C. Maehly. 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology* 2: 764-775.
13. Debaeke, P. and A. Aboudrare. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy* 21: 433-446.
14. Dhindsa, R. S., P. Plumb-Dhindsa and T. A. Thorpe. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany* 32: 93-101.
15. Di Marco, O. N., M. S. Aello and A. Chicatún. 2007. Effect of irrigation on corn plant dry matter yield, morphological components and ruminal degradability of leaves and stems. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6: 8-11.
16. Di Paolo, E. and M. Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 105: 202-210.
17. Emam, Y. 2011. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Farsi).
18. Ertek, A., S. Şensoy, I. Gedik and C. Küçükyumuk. 2006. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) Grown under field conditions. *Agricultural Water Management* 81: 159-172.
19. Ertek, A. and B. Kara. 2013. Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 129: 138-144.
20. Farsiani, A., M. E. Ghobadi and S. Jalali-Honarmand. 2011. The effect of water deficit and sowing date on yield components and seed sugar contents of sweet corn (*Zea mays* L.). *African Journal of Agricultural Research* 6: 5769-5774.
21. Foryer, C. and G. Noctor. 2000. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *New Phytologist* 146: 359–388.
22. Garg, N. and G. Manchanda. 2009. ROS generation in plants: boon or bane? *Plant Biosystems* 143: 81-96.
23. Hirich, A., A. Rami, K. Laajaj, R. Choukr-Allah, S. E. Jacobsen, L. E. Youssfi and H. E. Omari. 2012. Sweet corn water productivity under several deficits irrigation regimes applied during vegetative growth stage using treated waste water as water irrigation source. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 61: 840-847.

24. Hu, L., H. Li, H. Pang and J. Fu. 2012. Responses of antioxidant gene, protein and enzymes to salinity stress in two genotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology* 169: 146-156.
25. Kang, S. Z., P. Shi, Y. H. Pan, Z. S. Liang, X. T. Hu and J. Zhang. 2000. Soil water distribution, uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. *Irrigation Science* 19: 181-190.
26. Kazemeini S. A., M. J. Bahrani, H. Pirasteh-Anosheh and S. M. M. Momeni. 2014. Maize growth and yield as affected by wheat residues and irrigation management in a no-tillage system. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60: 1543-1552.
27. Klocke, N. L., R. S. Currie, L. R. Stone and D. A. Bolton. 2010. Planning for deficit irrigation. *Journal of Applied Engineering in Agriculture* 26: 405-412.
28. Koç, M., C. Barutçular and I. Genç. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheat in a Mediterranean environment. *Crop Science* 43: 2089-2098.
29. Lawlor, D. W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* 89: 871-885.
30. Little, T. M. H. and F. Jackson. 1978. Agricultural Experimentation: Design and Analysis. Wiley, New York.
31. Luo, H. H., Y. L. Zhang and W. F. Zhang. 2016. Effects of water stress and re-watering on photosynthesis, root activity, and yield of cotton with drip irrigation under mulch. *Photosynthetica* 54: 65–73
32. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7: 405-410.
33. Niakani, M. and M. Ghorbani. 2007. The effect of drought stress on growth, photosynthetic factors, content of protein, Na and K content in two cultivars of soybean. *Rostaniha* 8: 17-29. (In Farsi).
34. Najafinezhad, H., M. A. Javaheri, M. Gheibi and M. A. Rostami. 2007. Influence of tillage practices on the grain yield of maize and some soil properties in maize-wheat cropping system of Iran. *Journal of Agriculture and Social Sciences* 25: 52-63.
35. Razzaghi, F. and A. R. Sepaskhah. 2012. Calibration and validation of four common ET0 estimation equations by lysimeter data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58: 303-319.
36. Villalobos, M. A., D. Bartels and G. Iturriaga. 2004. Stress tolerance and glucose insensitive phenotypes in Arabidopsis over expressing the CpMYB10 transcription factor gene. *Plant Physiology* 135: 309-324.
37. Xu, P. L., Y. K. Guo, J. G. Bai, L. Shang and X. J. Wang. 2008. Effects of long-term chilling on ultra-structure and antioxidant activity in leaves of two cucumber cultivars under low light. *Physiologia Plantarum* 132: 467–478.
38. Yordanov, I., T. Tsonev, V. Velikova, K. Georgieva, P. Ivanov, N. Tsenov and T. Petrova. 2001. Changes in CO_2 assimilation, transpiration and stomatal resistance of different wheat cultivars experiencing drought under field conditions. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 27: 20-33.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 2, Summer 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Incorporation of Wheat Residues to Soil on Physiological Traits and Canned Yield of Sweet Corn under Water Stress

A. Motazedian[1], S. A. Kazemeini[2*] and M. J. Bahrani[3]

(Received: February 13-2018; Accepted: November 17-2018)

Abstract

A two-year field experiment (2015–2016) was conducted as a split plot design with four replications at School of Agriculture, Shiraz University, Iran to investigate the influence of water stress (supplying 50, 70, and 100% of water requirement) and wheat residue rates (0, 25, and 50%) incorporated with soil on physiological traits and canned yield of sweet corn (*Zea mays* L. V. Saccharata). Net photosynthesis rate was decreased under severe stress (supplying 50% of the water requirement) during vegetative, reproductive and ripening stages of sweet corn by 25.8, 15.8 and 5.5%, respectively, compared to normal irrigation (supplying 100% of the water requirement). Canned yield decreased significantly with supplying 50% of water requirement. The lowest values of canned yield (1.1 t ha^{-1}) and harvest index (23.55%) were obtained in severe stress and no-residue conditions, indicating approximately 71 and 11% reductions compared to normal irrigation and no-residue treatments, respectively. In all water stress levels, application of residues led to a yield improvement. In this regard, the highest effect was observed under mild water stress with incorporation of 50% wheat residues, as it led to two-fold increase in canned yield compared to the increase observed with no-residue treatment. The increased canned yield is attributed to the 30 and 43% increases in chlorophyll content and net photosynthesis rate, respectively. Overall, it seems that incorporation of wheat residue into soil reduces the effects of water stress through its effects on soil fertility and soil water availability. Therefore, this strategy is suitable for increasing water use efficiency, reducing water stress damage and improving canned yield of sweet corn in areas facing water scarcity.

Keywords: Chlorophyll content, Photosynthesis, Water stress

1, 2, 3. MSc Student, Associate Professor and Professor, Respectively, Department of Crop Production and Plant Breeding, School of Agriculture, Shiraz University, Badjgah, Iran.
*: Corresponding Author, Email: akazemeini@shirazu.ac.ir