دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و دوم، ۱۳۹۹

بررسی تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه هیبرید ذرت تحت تنش آبی

محمد صادق آزادی[۱و۳]، علیرضا شکوه‌فر[۲]، مانی مجدم[۳]، شهرام لک[۳]، مجتبی علوی‌فاضل[۳]

دریافت: ۹۷/۱۰/٦ پذیرش: ۹۸/٤/۷

چکیده

در میان تنش‌ها، تنش آبی تاثیر زیادی بر محدودیت تولید ذرت (*Zea mays* L.) دارد. مدیریت پتاسم در شرایط محدودیت آب عامل مهمی برای به دست آوردن عملکرد بالا در ذرت است. به‌منظور بررسی اثر تنش آبی، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی هیبریدای ذرت، این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۵ - ۱۳۹٤ در شهرستان دهلران انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خورد شده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه تنش آبی (شرایط مطلوب آبیاری، قطع یک دوره آبیاری در مراحل ۱۲ برگی و ظهور گل تاجی ذرت) در کرت‌های اصلی، سه نحوه کاربرد پتاسیم (۱۰۰ درصد سولفات پتاسیم، کاربرد ۷۰ درصد سولفات پتاسیم و ۳۰ درصد پتابارور-۲، کاربرد ۵۰ درصد سولفات پتاسیم و ۵۰ درصد پتابارور-۲) در کرت‌های فرعی و سه هیبرید ذرت (AS71، NS640 و CORDONA) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی پتاسیم با تعدیل اثرات تنش آبی منجر به افزایش ویژگی‌های ذرت شد. هیبرید AS71 متحمل‌ترین و هیبرید NS640 حساس‌ترین هیبرید به تنش آبی بودند. بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد دانه و بیولوژیکی، مجموع کلروفیل (a + b)، پروتئین دانه و آهن دانه در شرایط کاربرد ۵۰ درصد سولفات پتاسم و ۵۰ درصد پتابارور-۲ به دست آمد و کاربرد این کود در منطقه دهلران قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پتابارور-۲، کلروفیل، پروتئین، عملکرد

آزادی، م.ص.، ع. شکوه فر، م. مجدم، ش. لک و م. علوی فاضل. ۱۳۹۹. بررسی تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه هیبرید ذرت تحت تنش آبی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۲: ۲۲۵-۲۱۲.

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

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران- مسئول مکاتبات. shokohfar1397@yahoo.com

۳- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

مقدمه

تنش آبی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد غلات دانه‌ای از جمله ذرت است (ربانی و امام، ۱۳۹۰). در ایران، کشت ذرت در سال‌های اخیر رونق زیادی یافته و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی مورد توجه قرار گرفته-است. از طرفی، تأمین آب مورد نیاز در مراحل خاص رشد رویشی و زایشی ذرت دارای اهمیت می‌باشد (سیلیسپور و همکاران، ۲۰۰۶). آثار سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت، بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ گیاه دارد (مشاور و همکاران، ۲۰۱۵). بعضی از دوره‌های رشد گیاهان بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آب دارند. به عنوان مثال، تنش آب در زمان گرده افشانی ذرت موجب لقاح تعداد کم و یا عدم تلقیح تخمک‌ها شده و در نتیجه دانه‌ای تولید نخواهد شد (مکومبی و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس دستاوردهای منصوری‌فر و همکاران (۲۰۱۰) تنش قطع آب در مرحله هشت برگی و گلدهی به ترتیب محتوای کلروفیل برگ را بین ۱۰–۸ و ۱۸ درصد کاهش داد. همچنین زاویدی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش آبی میزان کلروفیل برگ را کاهش داد و با تأثیر منفی بر دوره‌های ابریشم دهی وگرده افشانی منجر به کاهش عملکرد گیاه شد. هوی و همکاران (۲۰۰۷) با اعمال تیمار تنش آبی در مقایسه با شرایط مطلوب آبیاری، افزایش پروتئین در دانه گندم را گزارش کردند. حیدری سورشجانی و همکاران (۱۳۹٤) با بررسی اثر سطوح گوناگون آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای نشان داد که در تاثیر تنش آبی میزان ارتفاع بوته و قطر ساقه کاهش یافت و در نهایت منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی گردید. گزارش شده است که تنش آبی در مرحله گلدهی ذرت از طریق کاهش تعداد دانه در بلال و همچنین کاهش تعداد دانه در ردیف بلال موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۲).

از آنجا که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، عمده‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌آید، هر گونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب تلقی می‌شود (تدین و امام، ۱۳۸۸). بر اساس مطالعه‌های انجام شده، عملکرد دانه در ذرت علاوه بر آب مورد نیاز، به شدت به مصرف کود وابسته و از نظر تغذیه‌ای یکی از گیاهان پرمصرف می‌باشد. (نصرالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). در بین عناصر غذایی پتاسیم یکی از آمیزه‌های اصلی پوسته زمین است و نیاز غذایی ذرت در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، از نظر پتاسیم در سطح بالاتری قرار دارد (کاظمی و مرعشی، ۱۳۹٦). پتاسیم فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بی‌شماری را در گیاهان تنظیم می‌کند از جمله، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین، انتقال قندهای تولید شده در اثر فتوسنتز به قسمت‌های گوناگون گیاه و ذخیره‌سازی آنها و افزایش در مقاومت گیاهان به تنش نقش دارد (آرتی و همکاران، ۲۰۱٤). اگرچه امروزه کاربرد کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است، اما در بسیاری موارد کاربرد این کودها موجب آلودگی‌های زیست محیطی و صدمات اکولوژیکی شده و هزینه تولید را افزایش داده است (صالحی و همکاران، ۲۰۱٤). بسیاری از پژوهشگران معتقدند یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (آرودا و همکاران، ۲۰۱۳). کالهاپور و همکاران (۲۰۱۳) نیز اعلام کردند کاربرد تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی بهترین گزینه در زراعت ذرت می‌باشد. سیدی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی اثرات توأم کودهای شیمیایی و زیستی در رقم-های گندم نان (*Triticum aestivum*) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی منجر به افزایش عملکرد و پروتئین دانه گردید. مرادی مرجانه و همکاران (۱۳۹٦) با بررسی برخی ویژگی های کمی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis*) تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی، افزایش مجموع کلروفیل و همچنین افزایش عملکرد را گزارش کردند. به عقیده آنها پتاسیم نقش اساسی در فعال‌سازی آنزیم، سنتز پروتئین، کلروفیل، حرکات روزنه و انتقال انرژی دارد، همچنین آنها گزارش دادند که کود زیستی پتابارور، ترکیبات نامحلول پتاسیم موجود در خاک اطراف ریشه را تجزیه کرده و موجب جذب بهینهٔ پتاسیم می‌شود. محمدیان و همکاران (۲۰۰٤) ضمن بررسی تاثیر تنش آبی و پتاسیم بر عملکرد رقم‌های ذرت علوفه‌ای نتیجه گرفتند که شاخص‌های رشد ارقام ذرت به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تنش آبی و مصرف پتاسیم قرار گرفتند و کاربرد پتاسیم اثرات مثبتی بر میزان محصول داشتند.

با توجه به اینکه در بین گیاهان زراعی گوناگون ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان در جهان محسوب می‌شود (جانس و همکاران،

۲۰۱۰). به گونه‌ای که در حدود ۲٦ درصد از غذای مورد نیاز انسان در جهان و ٤٦ درصد از کالری مصرفی در کشورهای در حال توسعه به صورت مستقیم و غیر مستقیم از طریق کشت و کار ذرت تامین می‌شود (لنکا و همکاران، ۲۰۰۹). و همچنین با توجه به مشکل کمبود آب، به ویژه در مناطق گرم و خشک، کاربرد صحیح کودهای پتاسیم به دلیل نقشی که در افزایش تحمل به تنش کم آبی و افزایش سرعت رشد و تولید عملکرد بالاتر دارد، می‌تواند از اهداف مدیریت‌های زراعی باشد، لذا این پژوهش به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی پتاسیم بر ویژیگی‌های کمی و کیفی هیبریدهای گوناگون ذرت در شرایط تنش آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تاثیر تنش خشکی، کاربرد کود سولفات پتاسیم و کود پتا بارور-۲ بر برخی ویژگی‌های ذرت، این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خورد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک مزرعه در شهرستان دهلران در دو زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه حالت تنش آبی (آبیاری مطلوب مزرعه بر اساس نیاز گیاه، قطع یک دوره آبیاری در مرحله‌های ۱۲ برگی و ظهور گل تاجی ذرت) در کرت اصلی، سه نحوه کاربرد کود شیمایی و زیستی پتاسیم؛ ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم)، ۷۰ درصد کود شیمیایی (۱۰۵کیلوگرم)+ ۳۰ درصد کود پتا بارور ۲ (٦۰ گرم) و ۵۰ درصد کود شیمیایی (۷۵ کیلوگرم)+ کود پتا بارور ۲ (۱۰۰ گرم) در کرت‌های فرعی به صورت بذرمال استفاده شد. هیبریدهای گوناگون ذرت (AS71، NS640 و CORDONA) به عنوان فاکتور فرعی فرعی بودند که از موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال واحد استان ایلام تهیه شدند. مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) و در مرحله آماده‌سازی زمین انجام گرفت. کود زیستی پتا بارور ۲ از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد و میزان آن نیز بر اساس دستورالعمل این شرکت (هر بسته ۱۰۰ گرمی از این کود معادل ۵۰ درصد کود شیمیایی است) مشخص شد. کشت مزرعه در زمین آیش با بافت شنی لومی (جدول ۱) به صورت جوی پشته و هر کرت فرعی دارای شش خط کشت و طول هر کدام شش متر بود. فاصله بین پشته‌ها ۷۵ سانتیمتر، فاصله بین بوته‌ها ۱۸ سانتی‌متر و عمق کشت پنج سانتی‌متر بود. تراکم مزرعه ۷۵ هزار بوته در هکتار و فواصل میان کرت‌های اصلی حدود دو متر و کرت‌های فرعی یک متر رعایت گردید. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته‌ای انجام شد. در شرایط مطلوب، آبیاری بر اساس تخلیه ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و در شرایط تنش بر اساس تخلیه ۵۰ درصدی ظرفیت زراعی مزرعه انجام گردید (لک و همکاران، ۱۳۸۵). برای کنترل حجم آب محاسبه شده، از کنتور حجمی استفاده شد و مزرعه به صورت تدریجی آبیاری شد، به نحوی که، پس از ورود آب به کرت اجازه داده شد تا نفوذ لازم صورت گیرد و پس از چند دقیقه این عمل تکرار گردید و تا رسیدن به حجم آب محاسبه شده، ادامه یافت. حجم آب آبیاری جهت هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (رابطه ۱) و آبیاری طبق آن صورت گرفت (علی‌زاده، ۱۳۷٤):

رابطه ۱: $V=[(F_c - \Theta_m) \times pb \times D_{root} \times A] / E_i$

V = حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، F_c = درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی، Θ_m = درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، pb = وزن ویژه ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، A = مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع، D_{root} = عمق ریشه بر حسب متر، Ei = راندمان آبیاری

عملیات کشت در مرداد ماه و برداشت محصول هر دو سال در اواسط آذر ماه انجام گرفت. نتایج مربوط آزمون خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ به اختصار ارائه شده است. در نهایت صفات مورد ارزیابی شامل: ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، مجموع کلرفیل (a + b)، آهن دانه و پروتئین دانه بودندکه کلیه این صفات در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی اندازه گیری شدند. میزان کلروفیل با استفاده از روش آرنون صورت گرفت و میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway ٦۳۰۵ ساخت کشور انگلستان خوانده شد (ارنون، ۱۹۷۵). به‌منظور اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه ابتدا درصد نیتروژن دانه به‌وسیله دستگاه کجدال اندازه‌گیری شد و پس از تعیین درصد نیتروژن، عدد به دست آمده در ٦/۲۵ ضرب گردید تا درصد پروتئین دانه محاسبه شود (بریمنر و مالوانی، ۱۹۸۲). جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته پس از حذف حاشیه در کرت‌ها، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت برداشت گردید که رطوبت دانه به ۱٤ درصد رسیده بود و صفات مذکور اندازه‌گیری شدند.

داده‌های جمع‌آوری شده برای صفات مورد بررسی در Excel وارد شده و برای انجام تجزیه داده‌ها از نرم افزار M STAT C استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

جدول ۱- نتایج مربوط به آزمون خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک (سانتی-متر)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک (pH)	کربن آلی (درصد)	پتاسیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	بافت خاک
۰ - ۳۰	۳/۷	۷/۵۱	۰/۷۳	۱۲۸	۱/۲	شنی لومی

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد ذرت

		میانگین مربعات (MS)					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	ارتفاع بوته	مجموع کلرفیل	پروتئین دانه	آهن دانه
بلوک	۲	۹۰۱/۴۲	۵۳۶/۳۲	۱/۹۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷
سال	۱	۳۴۸۰۱۰۸/۱۰**	۱۵۵۸۲/۴۸**	۰/۱۹۹ ns	۰/۰۰۴**	۰/۳۲۳**	۰/۵۹۶*
خطای سال	۲	۲۶۴/۹۱	۲۴۳/۹۴	۰/۶۹۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲۴
تنش	۲	۴۷۳۶۴۹۹۵/۹۴**	۵۰۹۰۶۰۱۶/۱۳**	۱۴۴۸/۸۹**	۸۱/۶۱**	۱۹/۰۲**	۲۰۰/۸۵**
سال × تنش	۲	۲۴۶/۹۱ ns	۱۵۵۰۳/۰۰ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۱۹ ns
خطای اصلی	۸	۳۴۴۱/۴۵	۱۶۷۳۱/۵۶	۰/۴۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۸
پتاسیم	۲	۱۳۵۰۴۶۱۸/۱۶**	۲۲۶۳۸۳۴/۰۶**	۱۰۳/۸۲**	۳/۱۳۵**	۸/۰۵۴**	۱۱/۹۵**
سال × پتاسیم	۲	۱۰۶۴/۹۳ ns	۹۶۷۴۵۵/۳۱**	۰/۴۶۳ ns	۰/۳۸۸**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۶۴ ns
تنش × پتاسیم	۴	۵۷۸۴۴/۶۷**	۳۸۸۱۸۰/۷۹**	۱۳/۹۲**	۱/۵**	۱/۴۴**	۰/۷۵**
سال × تنش × پتاسیم	۴	۳۰۸۵۵/۷۷**	۱۲۴۰۵۸/۲۷**	۰/۴۶۳ ns	۰/۱۰۵**	۰/۰۸۸**	۰/۰۵۲ ns
خطای فرعی	۲۴	۳۰۲۴/۱۶	۸۵۰۲/۲۳	۱/۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۹
هیبرید ذرت	۲	۶۹۴۹۷۷۳۵۰/۳۴**	۵۲۶۶۵۷۹۰۸/۸۷**	۳۰۱۲/۸۹**	۳۱/۷۵۴**	۱/۸۰۹**	۵۹/۳۵**
سال × هیبرید ذرت	۲	۵۵۴۲۶/۳۸**	۶۷۲/۵۴ ns	۰/۰۴۸ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۵**	۰/۰۵۸ ns
تنش × هیبرید ذرت	۴	۵۶۹۲۳۵۰/۳۱**	۲۵۵۶۹۴۵/۷۷**	۱/۸۳ ns	۰/۱۹**	۰/۰۳۷**	۱/۹۵**
سال × تنش × هیبرید ذرت	۴	۲۶۴/۹۱ ns	۶۷۲/۵۶ ns	۰/۰۴۸ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۴۹ ns
پتاسیم × هیبرید ذرت	۴	۴۳۵۰۸۵/۷۲**	۱۷۷۰۶/۳۸ ns	۴/۴۰**	۰/۱۸۹**	۰/۰۲۳**	۰/۳۶۲**
سال × پتاسیم × هیبرید ذرت	۴	۱۳۰۳۳/۷۸*	۴۵۷۹۵۷/۵۸**	۰/۰۱۳ ns	۰/۰۲**	۰/۰۱۸**	۰/۰۷۱ ns
تنش × پتاسیم × هیبرید ذرت	۸	۲۸۸۰۷۰/۹۵**	۷۴۱۵۵۲/۶۹**	۱/۰۱۶ ns	۰/۰۸۹**	۰/۰۰۳**	۰/۳۲۲**
سال × تنش × پتاسیم × هیبرید ذرت	۸	۹۷۴۳/۸۰ ns	۱۴۳۹۸۴/۱۶**	۰/۰۱۳ ns	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۴**	۰/۱۰۱**
خطا	۷۲	۴۸۲۵/۲۱	۱۳۶۳۵/۴۹	۰/۸۷۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۷۹	۳/۶۷	۲/۴۷	۲/۲۶	۰/۲۹	۰/۶۴

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

نتایج و بحث

عملکرد دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) برهمکنش سه-گانه تنش در مصرف پتاسیم در هیبرید ذرت و برهمکنش سال در پتاسیم در هیبرید ذرت معنی‌دار شدند. تنش آبی بویژه در مرحله ظهور گل تاجی منجر به کاهش عملکرد دانه در هیبریدهای گوناگون ذرت گردید (جدول ۳). پژوهشگران معتقدند مرحله گلدهی در ذرت حساسترین دوره به تنش آبی می‌باشد و شدیدترین افت عملکرد دانه را با اعمال تنش در این مرحله گزارش کردند (لئو و همکاران، ۲۰۱۵؛ صابری و همکاران، ۲۰۱۴) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. به اعتقاد برخی از پژوهشگران، تنش آبی در

مرحله رویشی از طریق کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع بوته و همچنین کاهش فتوسنتز و کلروفیل موجب کاهش عملکرد می‌گردد (لوبل و همکاران، ۲۰۱٤). همچنین گزارش شده است که کمبود آب در مرحله گلدهی موجب کاهش شدید عملکرد دانه از طریق نمو غیر طبیعی کیسه جنینی و عقیمی دانه گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم در مقایسه با کود شیمیایی اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). تیمار ۵۰ درصد سولفات پتاسیم همراه با ۵۰ درصد پتا بارور دو در سال دوم و در هیبرید AS71 بالاترین عملکرد دانه را داشتند (۱۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار عددی مربوط به این صفت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و هیبرید NS640 در سال نخست اختصاص یافت (۵۲۲۲ کیلوگرم در هکتار). به طور کلی کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم با تعدیل اثر منفی تنش آبی موجب بهبود رشد گیاه شده و در نهایت عملکرد دانه را افزایش داد. این نتایج را می‌توان چنین توجیح کرد که از طرفی پتاسیم نقش اساسی در فعال سازی آنزیم، سنتز پروتئین، فتوسنتز، حرکات روزنه و انتقال انرژی دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳) و از طرف دیگر کود زیستی پتابارور، آمیزه‌های نامحلول پتاسیم موجود در خاک اطراف ریشه را تجزیه کرده و موجب جذب بهینهٔ پتاسیم می‌شود و از این طریق بهبود رشد و نمو گیاه در نهایت افزایش عملکرد دانه را موجب می‌شود (مرادی‌مرجانه و همکاران، ۱۳۹٦).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برهمکنش چهارگانه سال در تنش در پتاسیم در هیبرید ذرت بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) اعمال تنش در مرحله ۱۲ برگی ذرت در مقایسه با تنش در مرحله ظهور گل تاجی اثر منفی بیشتری بر عملکرد بیولوژیکی داشت. تنش در مرحله رویشی موجب کاهش تعداد برگ و ارتفاع بوته شده و تأثیر بیشتری بر عملکرد بیولوژیکی دارد و اعمال تنش در مرحله ظهور گل تاجی به دلیل وارد شدن گیاه به مرحله زایشی و امکان رشد مجدد و افزایش ارتفاع بوته یا قطر ساقه را محدود کرده و عملکرد بیولوژیکی را کاهش داده است. نتایج سایر پژوهشگران یافته‌های این پژوهش را مورد تأیید قرار می‌دهد (سپاسی و همکاران، ۲۰۱۲). هیبریدهای گوناگون از نظر عملکرد بیولوژیکی تحت شرایط تنش آبی تفاوت معنی‌داری داشتند و هیبرید AS71 و NS640 به ترتیب متحمل‌ترین و حساسترین هیبرید ذرت بودند. از نظر سایر پژوهشگران نیز تفاوت عملکرد بیولوژیکی به علت تفاوت در هیبرید نیز گزارش شده است (محمدی بهمدی و آرمین، ۱۳۹٦) که با این نتایج همخوانی دارد. بر اساس نتایج این پژوهش چنین استنباط شد که ترکیب تیماری کود شیمیایی و زیستی پتاسیم، هم در شرایط تنش آبی و هم در شرایط آبیاری متداول اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی داشتند. ترکیب تیمار ۷۰ درصد کود شیمیایی همراه با ۳۰ درصد کود زیستی در سال نخست و ترکیب تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی با ۵۰ درصد کود زیستی در سال دوم و در هیبرید AS71 و تحت شرایط مطلوب آبیاری بالاترین عملکرد بیولوژیکی را نشان دادند (جدول ٤). یار محمود و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی عملکرد بیولوژیکی را در ذرت افزایش داد که با این نتایج مطابقت دارد. اثر کود زیستی در شرایط کم‌آبی به تأثیر آن در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، حفظ آب و افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی می‌باشد که در نهایت این اثرات افزایش عملکرد بیولوژیکی را منجر می‌شود (نصرالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر برهمکنش تنش در پتاسیم و پتاسیم در هیبرید ذرت قرار گرفت (جدول ۲). اعمال تنش آبی در مرحله ۱۲ برگی ذرت در مقایسه با تنش در مرحله ظهور گل تاجی اثر بیشتری بر کاهش ارتفاع بوته داشت (شکل ۱) علت را می‌توان در این امر دانست که تنش‌های مرحله گرده‌افشانی موقعی اعمال می‌گردد که رشد رویشی بوته‌ها کامل شده و در نتیجه این تنش‌ها بایستی اثرات کمتری بر این صفت داشته باشد. این نتایج به‌وسیله یافته‌های حاجی بابایی و عزیزی (۲۰۱۳) تأیید می‌گردد. نتایج سایر پژوهشگران نیز به متأثر شدن ارتفاع بوته از تنش آبی اشاره دارد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد (ربانی و امام، ۱۳۹۰؛ حیدری و همکاران، ۲۰۱۲). با بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تیمارها مشخص گردید مصرف کود پتاسیم برخلاف تنش آبی منجر به افزایش ارتفاع بوته هیبریدهای ذرت گردید (شکل‌های ۱ و ۲). از نظر ارتفاع بوته هیبرید AS71 طویل‌ترین و هیبرید NS640 کوتاه‌ترین هیبرید بودند. هر چند تنش آبی و مصرف کود پتاسیم اثر

معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند، ولی به نظر می‌رسد اختلاف ارتفاع هیبریدها بیشتر به دلیل ژنتیک آنها باشد. به طور کلی تیمار ترکیبی کود سولفات پتاسیم و پتا بارور دو به ترتیب به نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد بیشترین اثر مثبت را بر افزایش ارتفاع بوته داشتند. افزایش ارتفاع بوته در سطوح کودی تلفیقی در ذرت به علت افزایش جذب عناصر غذایی توسط پژوهشگران گـزارش شده است (چیما و همکاران، ۲۰۱۰).

مجموع کلروفیل (a + b)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب مقدار کلروفیل (a + b) نشان داد که برهمکنش سال در تنش خشکی در کود پتاسیم در هیبرید ذرت معنی‌دار بود (جدول ۲). یکی از روش‌های ارزیابی و پیش‌بینی تحمل گیاهان زراعی به تنش آبی، مطالعه میزان تغییراتی است که در سنتز کلروفیل (a + b) برگ در اثر کمبود آب اتفاق می‌افتد. در زمان تنش آبی روزنه برگ‌ها به طور کامل یا جزئی بسته می‌شود و این فرآیند طبیعی فتوسنتز را مختل می‌کند (نصرالله-زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۵). تنش آبی موجب کاهش میزان کلروفیل (a + b) در هیبریدهای مورد مطالعه طی دو سال شد به طوری که میزان کلروفیل در هیبرید AS71 و NS640 به ترتیب کمترین و بیشترین حساسیت را داشتند (جدول ٤). محرم‌تژاد و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی اثر تنش آبی در لاین‌های ذرت اظهار کردند که تنش آبی موجب کاهش معنی‌دار کلروفیل (a + b) می-شود که با این نتایج مطابقت دارد. در شرایط تنش آبی اکسیداسیون نوری رنگدانه‌ها منجر به تخریب کلروفیل می‌شود و میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (گیانکارلا و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین با بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که برخلاف اثر تنش آبی که محتوای کلروفیل برگ را کاهش داد، مصرف کود پتاسیم بویژه به صورت آمیزه‌ی کود زیستی و شیمیایی، میزان کلروفیل برگ را به صورت معنی‌داری افزایش داد به نحوی که بالاترین میزان مجموع کلرفیل (a + b) در سال دوم به هیبرید AS71 و حالت تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود زیستی و شرایط مطلوب آبیاری اختصاص یافت (جدول ٤). برخی پژوهشگران معتقدند با افزایش میزان کود زیستی در آمیزه با کود شیمیایی با افزایش عناصر غذایی، مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی مؤثر می‌باشند، محتوی کلروفیل برگ افزایش می‌یابد و در آزمایش آنها کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی محتوی کلروفیل برگ ذرت هیبرید ۷۰٤ را بیشتر از مصرف کود شیمیایی افزایش داد (مقصودی و همکاران، ۲۰۱۲) که بیانگر صحت نتایج این پژوهش می‌باشد.

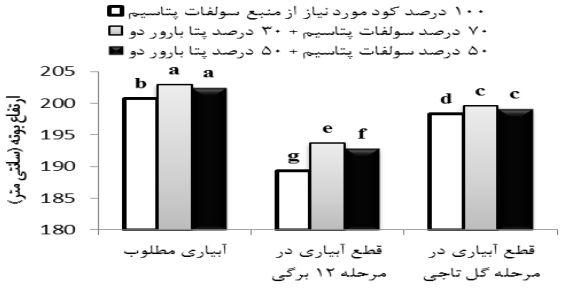
پروتئین دانه

برهمکنش چهارگانه سال در تنش در پتاسیم در هیبرید ذرت بر پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). محتوای پروتئین دانه در هیبریدها با ایجاد تنش آبی افزایش یافت و تنش در مرحله ظهور گل تاجی اثر بیشتری در افزایش پروتئین دانه داشت. قطاوی و همکاران (۱۳۹۱) به افزایش درصد پروتئین دانه ذرت در تنش آبی اشاره داشته‌اند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که محتوای پروتئین بذر ذرت شیرین(*Zea mays var saccharata*) در تنش کم‌آبی به‌علت کاهش مقدار نشاسته بذر افزایش یافت (اکتم، ۲۰۰۸). مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۵ مشخص شد که کاربرد کود پتا بارور دو ترکیب با کود شیمیایی پروتئین دانه را افزایش دادند و بیشترین درصد پروتئین دانه در سال دوم آزمایش و به تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی ترکیب با ۵۰ درصد کود زیستی و شرایط مطلوب آبیاری اختصاص یافت (۱۰/۷۸ درصد). پژوهش‌ها نشان می‌دهد کاربرد برخی از عناصـر و از همه مهم تر عنصر پتاسیم، موجب افـزایش پروتئین در اندام هـای هـوایی و دانـه ذرت مـی‌شود (شرفی و همکاران، ۱۳۸۱). کود بیولوژیک پتابارور دو حاوی باکتری‌های حل کننده پتاسیم هستند که موجب بهبود جذب پتاسیم و نیتروژن موجود در خاک شده و میزان پروتئین دانه را افزایش می‌دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

آهن دانه

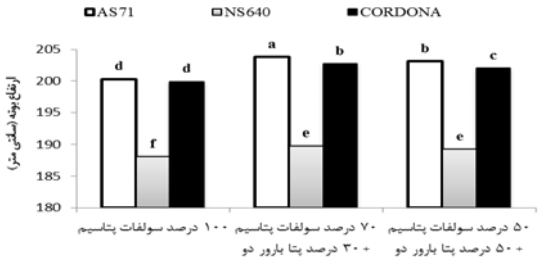
برهمکنش سال در تنش در پتاسیم در هیبرید ذرت بر غلظت عنصر آهن در دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). ایجاد تنش کم آبی و کاربرد پتاسیم منجر به افزایش غلظت آهن در دانه هیبریدهای گوناگون ذرت شدند و هیبرید AS71 از نظر غلظت آهن در دانه نسبت به سایر هیبریدها برتری داشت. رفیعی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه خود بر جذب عناصر در دانه ذرت، افزایش غلظت آهن در دانه را در اثر تنش آبی اثبات کردند که با این نتایج هماهنگی دارد. مقدار آهن در دانه بستگی به مقدار جذب این عناصر به وسیله ریشه طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عناصر از بافت‌های

گیاهی به دانه از طریق آوند آبکش دارد (جلیل شش‌بهره و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهش حاضر کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم در مقایسه با کود شیمیایی پتاسیم غلظت آهن دانه را افزایش دادند به نحوی که در شریط تنش آبی در مرحله ظهور گل تاجی و کاربرد ۷۰ درصد کود سولفات پتاسیم همراه با ۳۰ درصد کود زیستی پتابارور دو و در سال دوم بیشترین مقدار جذب آهن در دانه ذرت ملاحظه شد (جدول ۵). با کاربرد کود زیستی پتاسیم، انتظار جذب آهن توسط گیاه وجود داشت و این می‌تواند دلیلی برای افزایش مقدار آهن دانه باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه کودهای زیستی با تولید گاز کربنیک در اسیدی کردن خاک نقش دارند که عمل مذکور در جذب عنصر آهن که در شرایط اسیدی جذب می‌شود می‌تواند مؤثر واقع شود (منجزی و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین گزارش شده است که کودهای زیستی در تولید هورمون اکسین دخالت دارند و با افزایش تارهای کشنده در ریشه جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (میرزا و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل ۱- تاثیر تنش خشکی و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته ذرت.

(میانگین‌های با حروف مشابه در شکل تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).)



شکل ۲- تاثیر کود پتاسیم و هیبرید ذرت بر ارتفاع بوته.

(میانگین‌های با حروف مشابه در شکل تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).)

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سال، پتاسیم، هیبرید ذرت و همچنین برهمکنش تنش، پتاسیم، هیبرید ذرت بر عملکرد دانه

سال	پتاسیم	هیبرید	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تنش	پتاسیم	هیبرید	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال نخست	F1	H1	۱۰۱۳۰f	S1	F1	H1	۱۱۹۹۰c
		H2	۵۲۲۱n			H2	۶۳۴۵n
		H3	۸۷۳۳j			H3	۹۱۴۰i
	F2	H1	۱۰۸۳۰c		F2	H1	۱۲۲۰۰b
		H2	۵۹۵۳l			H2	۶۸۸۱m
		H3	۹۸۷۵h			H3	۱۰۶۵۰e
	F3	H1	۱۰۸۱۰c		F3	H1	۱۲۲۳۰a
		H2	۵۹۳۷l			H2	۶۸۸۸m
		H3	۹۹۴۵g			H3	۱۰۶۵۰e
سال دوم	F1	H1	۱۰۳۸۰d	S2	F1	H1	۱۰۴۵۰f
		H2	۵۵۸۰m			H2	۵۲۵۳q
		H3	۸۹۸۶i			H3	۸۹۱۰j
	F2	H1	۱۱۰۶۰b		F2	H1	۱۱۲۱۰d
		H2	۶۳۰۴k			H2	۶۰۱۳o
		H3	۱۰۲۰۰e			H3	۱۰۰۳۰g
	F3	H1	۱۱۱۰۰a		F3	H1	۱۱۲۱۰d
		H2	۶۳۲۰k			H2	۶۰۱۳o
		H3	۱۰۱۳۰f			H3	۱۰۰۳۰g
				S3	F1	H1	۸۳۲۴l
						H2	۴۶۱۶r
						H3	۸۵۳۰k
					F2	H1	۹۴۲۳h
						H2	۵۴۸۵p
						H3	۹۴۲۵h
					F3	H1	۹۴۲۳h
						H2	۵۴۸۵p
						H3	۹۴۲۰h

S1: آبیاری مطلوب، S2: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S3: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سولفات پتاسیم، F2: ۷۰ درصد سولفات پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F3: ۵۰ درصد سولفات پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو. H1: AS71، H2: NS640، H3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال، تنش، پتاسیم و هیبرید ذرت برعملکرد بیولوژیکی و مجموع کلروفیل

سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	مجموع کلرفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	مجموع کلرفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)
سال نخست	S1	F1	H1	٢١٢٢٢b	٢/٧٨ef	سال دوم	S1	F1	H1	٢١٢٤٠b	٢/٧٩e
			H2	١٤٩٧٧m	٢/٥٦g				H2	١٤٩٧٠m	٢/٥٧g
			H3	١٨١٩٣ghi	٢/٧٨ef				H3	١٨١٨٠ghi	٢/٧٨ef
		F2	H1	٢١٥٩٠a	٣/٧٢a			F2	H1	٢١٥٣٠a	٣/٤٨b
			H2	١٥٣٠٠kl	٣/٠١d				H2	١٥٣٥٠k	٢/٧٤ef
			H3	١٩٥٧٠d	٣/٥١b				H3	١٩٥٦٠d	٣/٤٠c
		F3	H1	٢١٤٢٠ab	٣/٤٧b			F3	H1	٢١٥٩٠a	٣/٧٢a
			H2	١٥١٤٠lm	٢/٧٤f				H2	١٥٣٠٠kl	٣/٠١d
			H3	١٩٣٥٠e	٣/٣٩c				H3	١٩٥٧٠d	٣/٥١b
	S2	F1	H1	١٨٨٥١f	٢/٤٤j		S2	F1	H1	١٨٨٤٠f	٢/٤٥ij
			H2	١٢٧٥٩q	١/٩٩no				H2	١٢٧٥٠q	٢/٠٠mno
			H3	١٧٨٢٩j	٢/٣٧k				H3	١٧٨١٠j	٢/٣٨k
		F2	H1	١٨٩٣٣f	٢/٥٠hi			F2	H1	١٨٩٥٠f	٢/٤٤j
			H2	١٣٥٠٠p	٢/٠٧l				H2	١٢٦٩٠q	١/٩٨no
			H3	١٨٠٦٠hi	٢/٤٧hij				H3	١٨٠٢٠i	٢/٤٥j
		F3	H1	١٨٩٥٦f	٢/٤٣j			F3	H1	١٨٩٥٠f	٢/٥٠h
			H2	١٢٦٩٠q	١/٩٧op				H2	١٣٥٠٠p	٢/٠٦l
			H3	١٨٠٢٠i	٢/٤٢jk				H3	١٨٠٦٠hi	٢/٤٧hij
	S3	F1	H1	١٩٥٩٧d	١/٩٢q		S3	F1	H1	١٩٥٩٠d	١/٩٢pq
			H2	١٣٦٠٣op	١/٤٤t				H2	١٣٦٦٠op	١/٤٥t
			H3	١٨٨٤٤f	١/٨٦r				H3	١٨٨٣٠f	١/٨٦ r
		F2	H1	٢٠١٤٠c	٢/٠٣lmn			F2	H1	٢٠٠٥٠c	٢/٠٣ lmn
			H2	١٤٧٧٠n	١/٤٥st				H2	١٣٧٢٠o	١/٤٣t
			H3	١٨٣٧٠g	١/٩٩no				H3	١٨٢٥٠gh	١/٩٧o
		F3	H1	٢٠٠٥٠c	٢/٠٣lmn			F3	H1	٢٠١٤٠c	٢/٠٤lm
			H2	١٣٧٢٠o	١/٤٧st				H2	١٤٧٧٠n	١/٥٠s
			H3	١٨٢٥٠gh	١/٩٧o				H3	١٨٣٧٠g	٢/٠٠mno

S1: آبیاری مطلوب، S2: تنش قطع آبیاری در مرحله ١٢ برگی، S3: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F1: ١٠٠ درصد کود شیمیایی سولفات پتاسیم ، F2: ٧٠ درصد سولفات پتاسیم +٣٠ درصد کود پتا بارور دو، F3: ٥٠ درصد سولفات پتاسیم + ٥٠ درصد پتا بارور دو. H1: AS71، H2: NS640 ، H3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ٥٪)

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش سال، تنش، پتاسیم و هیبرید ذرت بر درصد پروتئین دانه و تجمع آهن در دانه

سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	پروتئین دانه (درصد)	آهن در دانه (میکروگرم بر گرم)	سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	پروتئین دانه (درصد)	آهن در دانه (میکروگرم بر گرم)
سال نخست	S1	F1	H1	۹/۳۶b	۲۶/۳۷rs	سال دوم	S1	F1	H1	۹/۴۳b	۲۶/۴۵qr
			H2	۹/۱۰m	۲۴/۲۴v				H2	۹/۱۵m	۲۴/۲۹v
			H3	۹/۲۸ghi	۲۵/۷۶u				H3	۹/۳۷ghi	۲۵/۷۱u
		F2	H1	۱۰/۶۶a	۲۶/۸۴op			F2	H1	۱۰/۷۴a	۲۶/۹۹no
			H2	۱۰/۳۴kl	۲۴/۳۱v				H2	۱۰/۲۳k	۲۴/۴۰v
			H3	۱۰/۴۸d	۲۶/۴۹qr				H3	۱۰/۴۴d	۲۶/۸۰op
		F3	H1	۱۰/۶۴ab	۲۶/۱۴st			F3	H1	۱۰/۷۸a	۲۷/۰۳no
			H2	۱۰/۱۶lm	۲۴/۳۲v				H2	۱۰/۴۴kl	۲۴/۳۵v
			H3	۱۰/۳۴e	۲۶/۶۹pq				H3	۱۰/۶۰d	۲۶/۵۷pqr
	S2	F1	H1	۱۰/۳۸f	۲۷/۵۷kl		S2	F1	H1	۱۰/۴۷f	۲۷/۷۲jkl
			H2	۱۰/۱۲q	۲۶/۰۶t				H2	۱۰/۲۰q	۲۶/۱۶st
			H3	۱۰/۳۴j	۲۷/۵۳klm				H3	۱۰/۴۳j	۲۷/۶۱jkl
		F2	H1	۱۰/۶۸f	۲۸/۱۶hi			F2	H1	۱۰/۷۸f	۲۸/۵۱efg
			H2	۱۰/۳۵p	۲۷/۲۶mn				H2	۱۰/۴۴q	۲۵/۲۷mn
			H3	۱۰/۵۷hi	۲۸/۱۵hi				H3	۱۰/۶۳i	۲۸/۵۴ef
		F3	H1	۱۰/۶۸f	۲۸/۳۶e-h			F3	H1	۱۰/۷۷f	۲۸/۲۶gh
			H2	۱۰/۳۴q	۲۷/۱۳n				H2	۱۰/۴۴p	۲۷/۴۵lm
			H3	۱۰/۵۴i	۲۸/۴۴efg				H3	۱۰/۶۵hi	۲۸/۲۴gh
	S3	F1	H1	۱۰/۹۶d	۲۹/۳۶d		S3	F1	H1	۱۱/۰۵d	۲۹/۴۴d
			H2	۱۰/۶۵o	۲۷/۷۹jk				H2	۱۰/۷۴op	۲۷/۸۸ij
			H3	۱۰/۹۲f	۲۹/۳۱d				H3	۱۱/۰۱f	۲۹/۴۱d
		F2	H1	۱۱/۴۴c	۳۰/۵۹c			F2	H1	۱۱/۷۸c	۳۰/۹۹a
			H2	۱۱/۱۰n	۲۸/۲۸fgh				H2	۱۱/۲۴o	۲۸/۵۸e
			H3	۱۱/۴۲g	۳۰/۸۵abc				H3	۱۱/۶۵gh	۳۰/۶۷bc
		F3	H1	۱۱/۶۹c	۳۰/۵۹c			F3	H1	۱۱/۵۳c	۳۰/۶۹bc
			H2	۱۱/۱۵o	۲۸/۵۲efg				H2	۱۱/۱۸n	۲۸/۳۷e-h
			H3	۱۱/۵۶gh	۳۰/۹۰ab				H3	۱۱/۵۰g	۳۰/۹۳ab

S1: آبیاری مطلوب، S2: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S3: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سولفات پتاسیم، F2: ۷۰ درصد سولفات پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F3: ۵۰ درصد سولفات پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو. H1: AS71، H2: NS640 ، H3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ایجاد تنش آبی بویژه در مرحله ظهور گل تاجی، ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت را به استثنای پروتئین دانه و آهن دانه کاهش داد، اما کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی در مقایسه با کود شیمیایی اثرات منفی تنش آبی را تعدیل بخشید و در نهایت منجر به بهبود رشد و نمو گیاه شد و عملکرد دانه به صورت معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی هیبرید AS71 و کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با ۵۰ درصد کود پتا بارور دو نسبت به سایر تیمارها برتری داشت و به عنوان بهترین تیمار در این آزمایش انتخاب گردید که می‌توان در مناطق گوناگون شهرستان دهلران مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

تدین، م. ر. و ی. امام. ۱۳۸۸. مدیریت زراعی در مقابله با خشکسالی. همایش ملی مسائل و راهکارهای مقابله با خشکسالی، دانشگاه شیراز، صفحه ۱۷۱ – ۱۵٦.

جلیل شش‌بهره، م.، م. موحدی، و س. م. هاشمی‌جزی. ۱۳۹۲. بهبود عملکرد کمی و کیفی سویا با محلول‌پاشی عناصر روی وآهن در شرایط تنش خشکی. مجله تولیدات گیاهی. ۳٦ (۲): ۱۲۲ – ۱۱۱.

حیدری سورشجانی، س.، م. شایان نژاد، م. نادری و ب. حقیقتی. ۱۳۹٤. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه ای رقم (NS) و تعیین عمق بهینه آبیاری آن در شرایط کمبود آب. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۹ (۷۳): ۱۲۵ – ۱۳۷.

ربانی، ج و ی. امام. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۱ (۲): ۷۸ – ٦۵.

رفیعی،م.، ح. نادیان، ق. نورمحمدی و م. کریمی. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت. ۱۳ (۱): ۲۳۵-۲٤۳.

سیدی، م.، م. مجدم، ت. بابایی‌نژاد و ن. دروگر. ۱۳۹۷. بررسی اثر توام کودهای زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی برخی از ارقام گندم نان در شرایط آب و هوایی شوشتر. مجله علوم به زراعی گیاهی. ۸ (۱): ۱۱–۱.

علیزاده، ه. ۱۳۷٤. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۵۳.

قطاوی، ح.، غ. معافپوریان وع. بحرانی. ۱۳۹۱. تاثیر محلول‌پاشی سولفات روی و دور آبیاری برعملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین ذرت دانه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤ (۱): ٤۹ – ۳۷.

کاظمی، س و ک. مرعشی.۱۳۹٦. تأثیر منابع مختلف پتاسیم در مقاومت به خشکی ذرت در شرایط مدیریت کم آبیاری. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤ (۲): ۲۱۲– ۱۹۵.

بر رطوبتی مختلف شرایط در بوته تراکم و نیتروژن مختلف سطوح لک، ش.، ا. نادری، ع. سیادت، ا. آینه‌بند و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۵. اثر ایران. ۲: ۱۷۰ – ۱۵۳. زراعی علوم مجله خوزستان. در ۷۰٤ کراس سینگل دانه‌ای ذرت آب مصرف کارآیی و اجزای عملکرد عملکرد،

مرادی مرجانه، ا.، م. گلوی، م. رمرودی و م. سلوکی. ۱۳۹٦. بررسی برخی ویژگی‌های کمی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی رزماری تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در چین‌های مختلف. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۹(٤): ۱۰۷٦ – ۱۰٦۱.

محمدی بهمدی، م و م. آرمین. ۱۳۹٦. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤ (۱): ۳٤ – ۱۷.

منجزی، ح.، م. ر. مرادی، س. ع. سیادت، ا. کوچکزاده و ح. حمدی. ۱۳۹٤. اثر فیلترکیک نیشکر، کودشیمیایی و کودهای زیستی بر جذب عناصر کم مصرف، پرمصرف و عناصر سنگین توسط گیاه کلزا. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵ (۱۷): ۲۰۱ – ۱۹۳.

نصرالله‌زاده اصل، ص.، ع. شیرخانی، س. زهتاب سلماسی و ر. چوکان. ۱۳۹۵. اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های برگ ذرت در شرایط آبیاری متفاوت. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی. ۲۹ (٤): ۸٦ – ۷۵.

یارمحمود، ز.، م. جعفری، ز. تدین، ب. حقیقی. و م. خیرخواه. ۱۳۸۹. تاثیر کودهای بیولوژیکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت رقم ماکزیما تحت شرایط تنش خشکی. کنگره علوم زراعتی ایران. تهران. صفحه ۱۰۳۵ – ۱۰۲۸.

Ahmad, Z., E. A. Waraich, T. Ahmad, R. Ahmad, and M. I. Awan. 2015. Yield responses of maize as influenced by supplemental foliar applied phosphorus under drought stress. International Journal of Food and Allied Sciences. 1: 45-55.

Arnon, D.I., 1975. Physiological principles of dryland crop production in Physiological aspects of dryland farming. U. S. Gupta (Eds), Oxford Press. 414 p.

Arrudaa, L., A. Beneduzi, A. Martins, B. Lisboa, C. Lopes F. Bertolo Passaglia, L. M. P. Maria, and K. L. Vargas. 2013. Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology. 63: 15- 22.

Bremner, J. M, and C. S. Mulvaney. 1982. Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties, 595-624

Cheema, M. A., W. Farhad, M. F. Saleem, H. Z. Khan, M. A. Vahid, F. Rasul, and H. M. Hammad. 2010. Nitrogen management strategies for sustainable maize production. Crop and Environment. 1(1): 49-52.

Giancarla, V., E. Madosa, S. Ciulca, R. Coradini, C. Iuliana, M. Mihaela, and A. Lazar. 2013. Influence of water stress on the chlorophyll content in barley. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology 17: 223-228.

Hajibabaei, M., and F. Azizi. 2013. The effect of irrigation treatments on physiological characteristics and yield of corn hybrids. Journal of Crop Physiology. 6: 89-100 .

Heidary, A., R. Choukan, A. Tashakori, and H. Kalantari. 2012. Hybrids (*Zea mays* L.) effects of different levels of drought stress on yield and yield components of corn. Journal of Water and Soil. 25: 1250-1263.

Hui, J., D.T. Bo, J. Qi, J. Dong, and C.W. Xing. 2007. Effects of post-anthesis high temperature and water stress on activities of key regulatory enzymes involved in protein formation in two wheat cultivars. Acta Agronomica Sinica. 33 (12): 2021-2027.

Jans, W. W. P., C. M. J. Jacobs, B. Kruijt, J. A. Elbers, S. Barendse, and E. J. Moors. 2010. Carbon exchange of a maize (*Zea mays* L.) crop: Influence of phenology. Agri. Ecosys. Environ. 139: 325-335.

Kalhapure, A., B. Shete, and M. Dhonde, 2013. International Journal of Agriculture and Food Science Technology. Volume 4, Number 3, pp. 195-206.

Lenka, S., A. K. Singh, and N. K. Lenka. 2009. Water and nitrogen interaction on soil profile water extraction and ET in maize–wheat cropping system. Agri. Water. Manag. 96: 195-207.

Lobell, D. B., M. J. Roberts, W. Schlenker. N. Braun, B. B. Little, R. M. Rejesus, and G. L. Hammer 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. Science. 344: 516-519.

Lu, D., X. Cai, J. Zhao, X. Shen, and W. Lu. 2015. Effects of drought after pollination on grain yield and quality of fresh waxy maize. Journal of the Science of Food and Agriculture. 95: 210-215.

Maghsudi, E., A. Ghalavand, and M. Aghaalikhani. 2012. The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. Agronomy Journal No:104 pp: 129-135.

Makumbi, D., J.F. Betraun, M.N. Baunziger, and J. M. Ribaut. 2011. Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. Euphytica. 180: 143–162.

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

Mirza, M. S., G. Rasul, J. K. MehnazsLadha, S. Ali, and K. A. Malik. 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In: Ladha J.K., Reddy P.M. (Eds) The quest for nitrogen fixation in rice. International Rice Research Institute, Pp: 191-204.

Mohammadain, H., A. Soleymani, and M. Shams. 2012. Evaluation of Drought Stress Effects on yield components and seed yield of three maize cultivars (*Zea mays* L.) in Isfahan region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. (19) 4: 1436-1439.

Moharramnejad, S., O. Sofalian, M. Valizadeh, A. Asgari, and M. R. Shiri. 2016. Response of antioxidant defense system to osmotic stress in maize seedlings. Fresenius Environmental Bulletin. 25: 805-811

Moshaver, E., Y. Emam, H. Madani, G. Nourmohamadi, and H. Heidari-Sharifabad, 2015. Comparison of qualitative and quantitative performance of forage crops maize, sorghum and amaranth as affected by planting density and date. Trends in Life sciences. 4: 97-105.

Oktem, A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of dripirrigated sweet corn in sustainable agriculture systems. Agricultural Water Management. 95: 1003-1010.

Salehi, A., F. Seifollah, R. Iranpour, And A. Souraki. 2014. The effect of fertilizer use in combination with cow manure on growth, yield and yield components of Black-caraway (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology. Vol. 6(3): 495-507.

Seilsepoor, M., P. Jaafari, and H. Mollahosseini. 2006. The effects of drought stress and plant density on yield and some agronomic traits of maize (SC 301). Journal of Research in Agricultural Science. 2: 13-24.

Sepasi. S., K. Klarstaqy, and H. Abraham. 2012. Effects of different levels drought stress and plant density on yield and yield components of SC 704. Journal of Crop Ecophysiology. 3: 279-288.

Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen, and S. Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences. 14: 7370-7390.

Zaidi, P., H. Mamata Yadav, D. K. Singh, and R. P. Singh. 2008. Relationship between drought and excess moisture tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). Australian Journal of Crop Science. 1(3):78- 96 .

Effect of chemicals and biological potassium fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of three corn hybrids under drought stress

M.S. Azadi[1,2], A. Shokoohfar[2], M. Mojadam[2], Sh. Lak[2], M. Alavifazel[2]

Received: 2018-12-27 Accepted: 2019-6-28

Abstract

Among stresses, drought stress has high impact on limitation of maize (Zea mays L.) production. potash management under water limitation condition is an important factor to obtain high grain yield of maize. This study was performed to evaluate the effects of chemical and biological potash fertilizers and drought stress quantitative and qualitative characteristics of corn varieties in 2014 and 2015 in Dehloran, Iran. The experiment was conducted as split split plots in randomized complete blocks design with three replications. The treatments included drought stress (normal irrigation, cutting irrigation at 12 leaf stage and at tassel emergence) as main factor, potassium sulfate application in three levels (100% potassium sulfate, 70% potassium sulfate fertilizer with 30% fertile-2 fertilizer, and 50% potassium sulfate fertilizer with 50% fertile-2 fertilizer) as sub plots and three corn hybrids (AS71, NS640 and CORDONA) as sub sub plots. The results of showed that the combined application of potassium chemical and chemical fertilizer with modulating effects Drought stress increased the characteristics of corn. The AS71 hybrid, the most tolerant and hybrid NS640, were the most sensitive hybrid to drought stress. The highest plant height, grain yield and biological yield, total chlorophyll (a + b), seed protein and seed iron content were obtained under application conditions of 50% potassium sulfate fertilizer with 50% fertile-2 fertilizer. The application of this fertilizer recommended in Dehloran region.

Keywords: Peta-fertile-2, chlorophyll, protein, yield

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