دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره نهم، شماره یک، بهار و تابستان ۱۳۹۸

واکنش بیوشیمیایی هیبریدهای مختلف ذرت به مصرف تلفیقی کود زیستی و شیمیایی پتاسیم تحت تنش خشکی در شرایط آب و هوایی دهلران

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

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲-گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیکی: shokohfar1397@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ خرداد ماه ۱۳۹۸)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در شرایط تنش خشکی، طی سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در شهرستان دهلران انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل تنش در سه سطح، آبیاری مطلوب، قطع یک دوره آبیاری در مرحله ۱۲ برگی و قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی، عامل فرعی شامل کود پتاسیم در سه سطح، ۱۰۰ درصد کود سولفات پتاسیم، ۷۰ درصد سولفات پتاسیم + ۳۰ درصد پتابارور دو، ۵۰ درصد سولفات پتاسیم + ۵۰ درصد پتابارور دو و عامل فرعی فرعی شامل سه هیبرید ذرت، AS71، NS640 و CORDONA بودند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که برهمکنش سال، تنش خشکی، مصرف کود و هیبرید ذرت بر محتوای کلروفیل، میزان پرولین و پروتین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش تنش خشکی، کود و هیبرید ذرت بر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پتاسیم دانه و عملکرد دانه نیز معنی‌دار شد. مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم با تعدیل اثرات تنش خشکی تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های بیوشیمایی و عملکرد دانه ذرت داشتند. بر اساس نتایج برهمکنش تیمارها، بیشترین عملکرد دانه (۱۲۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد کود پتاسیم + ۵۰ درصد کود پتابارور دو در هیبرید AS71 و تحت شرایط مطلوب آبیاری یافت شد و کمترین عملکرد دانه (۴۶۱۶ کیلوگرم در هکتار) در هیبرید NS640 و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تنش در مرحله ظهور گل تاجی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تنش، پتاسیم، پرولین، عملکرد، ذرت

مقدمه

ذرت (*Zea mays* .L) یکی از محصولات تابستانه با نیاز آبی زیاد و نسبتاً حساس به کم آبی است و رشد بهینه گیاه و موفقیت در تولید محصول به شرایطی همچون خاک مناسب و وجود آب و عناصر غذایی کافی وابسته است (۲۴). تنش آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد غلات دانه‌ای از جمله ذرت است (۶) و زمانی رخ می‌دهد که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب می‌باشد (۲۰). پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که علاوه بر شدت و طول دوره تنش خشکی، مرحله‌ای از رشد ذرت که در آن تنش واقع می‌شود نیز در میزان تأثیر تنش آب بر رشد و عملکرد گیاه حائز اهمیت است (۷). همچنین گزارش شده است که هیبریدهای مختلف ذرت نیز از نظر تحمل به تنش خشکی تفاوت قابل توجهی دارند (۱۱). در گیاه ذرت گزارش شده است اعمال تنش در مرحله کاکل‌دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید عملکرد دانه شده است (۳۶). تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان تعرق و فتوسنتز خالص، کاهش پتانسیل آب بافت‌های گیاه گندم، تجمع آبسزیک اسید، پرولین و سنتز پروتئین‌های جدید می‌گردد، این متابولیت‌ها تحت تنش کمبود آب تجمع پیدا می‌کنند و به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی در حفظ تورژسانس سلولی ایفای نقش می‌کنند (۳۱). مطالعات نشان داده است که کمبود آب از طریق تأثیر بر توسعه سطح برگ، وزن خشک گیاه و تغییر شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲). بر اساس دستاوردهای منصوری‌فر و همکاران (۳۳) تنش قطع آب در مرحله هشت برگی و شیری شدن دانه، کلرفیل برگ ذرت را کاهش داد. از دیگر رویدادهای مهم بیوشیمیایی گیاهان در شرایط تنش آبی، تغییرات به صورت کاهش و یا افزایش پروتئین، قند محلول، پرولین و کلروفیل در برگ ذرت (۲) و افزایش یا کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (۱۹) می‌باشد. در شرایط تنش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن[1] ممکن است سبب بروز صدماتی چون اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختمان پروتئین‌ها و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل (-SH)، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن و یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل و سایر ترکیبات رنگیزه‌ای و همچنین حمله مداوم به مولکول‌های آلی مثل DNA و در نهایت کاهش عملکرد گردد (۱۵).

پتاسیم فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متعددی را در گیاهان تنظیم می‌کند از جمله، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایند فتوسنتز، فعال شدن آنزیم‌ها، دخالت در تولید آدنوزین تری فسفات (ATP)، انتقال قندهای تولید شده در اثر فتوسنتز به قسمت‌های مختلف گیاه و همچنین در ذخیره‌سازی آنها نقش دارد (۱۸). در اکثر کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، این عنصر از طریق کودهای شیمیایی تامین می‌شوند، گزارش شده است که تأمین پتاسیم از طریق کودهای شیمیایی، علاوه بر وارد کردن آلاینده‌ها به خاک و تخریب زیست‌بوم، سبب آلودگی چرخه‌ی آب در طبیعت نیز می‌شود که در نهایت می‌تواند اثر جبران ناپذیری بر سلامتی انسان داشته باشد (۴۰). بنابراین برای رهایی از این مشکلات و حذف آلاینده‌ها، پیشرفت به سمت کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های نوین تغذیه گیاهی از جمله استفاده از کودهای زیستی بیش از پیش مورد توجه قرار می‌گیرد (۳۴، ۴۰). پژوهش‌گران بر اساس مطالعات خود در گیاه ذرت گزارش کرده‌اند که کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (۱۷)، این کودهای زیستی متشکل از ریزجانداران مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن، جذب عناصر ماکرو و میکرو و غیره تولید می‌شوند و رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشند (۴۱). بررسی‌ها نشان داده‌اند که تحت تأثیر شرایط تنش کم آبی در تیمارهایی که به صورت تلفیقی از کود شیمیایی و زیستی استفاده شد، حداکثر عملکرد دانه به دست آمد و تحت این تیمار گیاه شرایط

[1] - Reactive Oxygen species

خشکی را بهتر از سایر تیمارها تحمل می‌کند (۳۰). استفاده از کودهای زیستی پتاسه باعث افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر، پتاسیم و برخی عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب، کاهش تاثیر منفی تنش‌های محیطی، تاثیر مثبت بر روی برخی میکروارگانیسم‌های خاکزی و همچنین بهبود خصوصیات کیفی و کمی محصولات زراعی شده است (۳۵).

هدف از این پژوهش بررسی اثر توام کودهای شیمیایی (پتاسیم) و زیستی (پتا بارور دو) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه هیبریدهای مختلف ذرت در شرایط تنش آبی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش آبی، مصرف کود شیمیایی پتاسیم و کود زیستی پتا بارور دو بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت، این آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک مزرعه در شهرستان دهلران در دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تنش خشکی در کرت اصلی: آبیاری مطلوب مزرعه بر اساس نیاز گیاه، قطع یک دوره آبیاری در مرحله ۱۲ برگی ذرت و قطع یک دوره آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. سه سطح کود شیمایی و زیستی پتاسیم در کرت‌های فرعی: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم)، ۷۰ درصد کود شیمیایی (۱۰۵کیلوگرم)+ ۳۰ درصد کود پتا بارور دو (۶۰ گرم) به صورت بذرمال و ۵۰ درصد کود شیمیایی (۷۵ کیلوگرم)+ کود پتا بارور دو (۱۰۰ گرم) صورت بذرمال استفاده گردید (مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) و در مرحله آماده‌سازی زمین انجام گرفت. کود زیستی پتا بارور دو 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 گردید. هیبریدهای مختلف ذرت به عنوان فاکتور فرعی فرعی در سه سطح: هیبرید AS71، هیبرید NS640 و هیبرید CORDONA انتخاب شدند. کشت مزرعه به صورت جوی پشته و هر کرت فرعی دارای شش خط کاشت و طول هر کدام شش متر بود. فاصله بین پشته‌ها ۷۵ سانتیمتر، فاصله بین بوته‌ها ۱۸ سانتی‌متر و عمق کاشت 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 (۱۳). برای کنترل حجم آب محاسبه شده، از کنتور حجمی استفاده شد و مزرعه به صورت تدریجی آبیاری شد، به طوری 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 معادله زیر محاسبه گردید و آبیاری طبق آن صورت گرفت (۹):

معادله (۱)

$$V = \frac{(F_c - \theta_m) \times pb \times D_{root} \times A}{E_i}$$

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 مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب

A = مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع

D_{root} = عمق ریشه بر حسب متر

E_i = راندمان آبیاری

عملیات کاشت در مرداد ماه و برداشت محصول هر دو سال در اواسط آذر ماه انجام گرفت. نتایج مربوط آزمون خاک مزرعه آزمایشی و همچنین ویژیگی‌های اقلیمی منطقه در ماهای کاشت در جدول‌های ۱ و ۲ به اختصار ذکر شده است. در نهایت صفات مورد ارزیابی شامل: میزان کلروفیل a و b، غلظت پرولین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، درصد پروتئین دانه، پتاسیم دانه و عملکرد دانه بودند. اندازه‌گیری میزان کلروفیل با استفاده از معادلات ۲ و ۳ و به روش آرنون صورت گرفت و میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway ۶۳۰۵ ساخت کشور انگلستان خوانده شد (۱۶).

$$Chla=[12.7(D663)-2.59(D645)]\times(V/100\times W) \quad \text{معادله (۲)}$$

$$Chlb=[22.9(D645)-4.69(D663)]\times(V/100\times W) \quad \text{معادله (۳)}$$

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

W = وزن تازه نمونه برگ بر حسب گرم

محتوای پرولین با استفاده از روش باتیس (۲۲) اندازه‌گیری شد. در این روش ۴۰۰ میلی‌گرم از برگ تازه به داخل هاون چینی انتقال یافت و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد به آن در هاون کوبیده شد. سپس محلول حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و ۲ میلی‌لیتر از محلول صاف شده به همراه دو میلی‌لیتر محلول ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداستیک درون یک لولهٔ آزمایش ریخته شد و به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد در حمام بن ماری قرار گرفت .برای متوقف شدن واکنش، لوله‌های حاوی محلول بی‌درنگ در یخ قرار داده شدند. سپس چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه و بعد از تکان دادن، محلولی دوفازی تشکیل شد که فاز بالایی برای اندازه‌گیری پرولین به کار گرفته شد. نمونه ها در طول موج ۵۲۶ نانومتر طیف سنجی شدند. به‌منظور اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه ابتدا درصد نیتروژن دانه به‌وسیله دستگاه کجدال که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود، اندازه‌گیری شد و پس از تعیین درصد نیتروژن، عدد به دست آمده در ۶/۲۵ ضرب گردید تا درصد پروتئین دانه محاسبه شود (۴۵).

برای تعیین فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز ۰/۲ گرم نمونهٔ منجمد در سه میلی‌لیتر بافر HEPES-KOH با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار عصاره‌گیری شد. همگن‌های حاصل در دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد سانتریفیوژ شده و بخش رویی برای سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مورد استفاده قرار گرفت (۲۷). مخلوط واکنش شامل: بافر HEPES- KOH ۵۰ میلی‌مولار با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، کربنات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH ۱۰/۲، ال - متیونین ۱۲ میلی‌مولار نیتروبلو تترازولیوم ۷۵ میکرومولار، ریبوفلاوین یک میکرومولار و ۲۰۰ مایکرولیتر عصارهٔ آنزیمی بود. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در معرض نور قرار داده شدند و پس از این مدت جذب آنها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. یک واحد فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصد احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم گردید.

برای انجام تجزیه مرکب داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای آماری پنج درصد محاسبه شد.

جدول ۱- حداقل و حداکثر دما، میزان رطوبت نسبی و میانگین ماهانه مقدار بارندگی، در منطقه ایلام واقع در غرب ایران طی ماه‌های کشت در سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

	حداکثر رطوبت نسبی (درصد)		حداقل رطوبت نسبی (درصد)		میزان بارش (میلی‌متر)		متوسط حداکثر دما (سانتی‌گراد)		متوسط حداقل دما (سانتی‌گراد)	
سال	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴
مهر	۳۵	۳۷/۷	۱۶	۱۷/۹۷	۰	۱/۵	۳۸/۳	۳۸/۷۹	۲۳	۲۵/۸۷
آبان	۴۶	۸۵/۴	۲۰	۴۷/۲۳	۰	۱۸۴/۱	۳۱/۴	۲۵/۳۳	۱۸/۵	۱۵/۹۷
آذر	۶۱	۸۵	۲۴	۴۲/۸۳	۳۶/۲	۵۸/۵	۲۰/۶	۱۷/۷۹	۹/۲	۹/۱۵
مرداد	۳۲	۲۹	۱۳	۱۱/۳۲	۰	۱	۴۸/۴	۴۸/۸۲	۳۳/۶	۲۶۳۳
شهریور	۳۷	۳۱/۲۳	۱۸	۱۴/۳۹	۰	۰	۴۵	۴۴/۷۲	۳۰/۱	۳۱/۷۵

جدول ۲- نتایج مربوط به آزمون خاک مزرعه تحقیقاتی

سال	عمق خاک (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دیس‌زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک	کربن آلی (درصد)	نیتروژن خاک (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک
اول	۳۰ - ۰	۳/۷	۷/۵۱	۰/۷۳	۴/۶	۱۲۸	۱۵/۶	شنی لومی
دوم	۳۰ - ۰	۳/۵	۷/۵۴	۰/۸۲	۴/۵	۱۳۱	۱۶/۳	شنی لومی

نتایج وبحث

عملکرد دانه

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها، برهمکنش سال، پتاسیم، هیبرید ذرت و همچنین برهمکنش تنش، پتاسیم، هیبرید ذرت بر عملکرد دانه به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی و همچنین در مرحله ظهور گل تاجی در مقایسه با آبیاری مطلوب مزرعه، منجر به کاهش عملکرد دانه هیبریدهای ذرت گردید و این کاهش عملکرد در قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی بیشتر از قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی ذرت بود (جدول ۶). علت بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل نسبت به سایر سطوح آبیاری وجود آب کافی در خاک می‌باشد که باعث می‌گردد گیاه به خوبی بتواند آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را جذب نماید و از رنگیزه‌های فتوسنتزی بالاتر و در نتیجه، فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر و به تبع آن رشد و عملکرد بالاتر برخودار باشد (۲۱). همچنین گزارش شده است که تنش خشکی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد و با تأثیر منفی بر دوره‌های ابریشم‌دهی و گرده‌افشانی منجر به کاهش عملکرد ذرت می شود (۲۶). مصرف کود پتاسیم با کاهش اثرات تنش خشکی منجر به افزایش عملکرد دانه شد. مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم به اضافه‌ی ۵۰ درصد کود پتا بارور دو در سال دوم آزمایش در هیبرید AS71 منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه گردید (۱۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و همچنین کمترین عملکرد دانه نیز به هیبرید NS640 و مصرف تمام کود به صورت شیمیایی اختصاص یافت (جدول ۷). پژوهشگران اعلام داشتند، استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی بهترین گزینه در زراعت ذرت می‌باشد و بیشترین عملکرد ذرت در آزمایش آنها در تیمار مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه‌شده به همراه کود زیستی مشاهده گردید (۲۹). اهمیت مصرف

کودهای زیستی در شرایط کم‌آبی به اثر آن در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، حفظ آب و افـزایش قابلیـت اسـتفاده عناصر غذایی می‌باشد که درنهایت به افزایش بیوماس و تولید محصول منجر شود (۲۸). در ایـن راسـتا حجتـی‌پـور و همکاران (۴) نیز تاثیر تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه گندم را مـورد هـدف قـرار دادنـد و بـه ایـن نتیجه دست یافتند که بیشترین عملکرد دانه مختص تیمار تلفیقی کود شیمیایی و زیسـتی بـود و کمتـرین عملکـرد دانه در تیمار شاهد (بدون مصرف کود زیستی) مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر هماهنگی دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر کود زیستی و شیمیایی پتاسیم بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد هیبریدهای ذرت تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت کلرفیل a	غلظت کلرفیل b	غلظت پرولین	فعالیت سوپراکسید دسموتاز	پتاسیم دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۵	۳۸/۲۶۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۹۰۱/۴۲
سال	۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۱**	۲۱۶۳۵/۹۳**	۰/۰۷۸**	۰/۳۲۳**	۳۴۸۰۱۰۸/۱۰**
خطای سال	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۳/۱۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۴۶/۹۱
تنش	۲	۷۶/۲۴۹**	۱۰/۷۴۴**	۰/۴۸۳**	۵۳۵۸۴۶/۹**	۰/۷۱۳**	۱۹/۰۲	۴۷۳۶۴۹۹۵/۹۴**
سال × تنش	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۵**	۲۰۳۲۳/۳۲**	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲۴۶/۹۱^{ns}
خطای اصلی	۸	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱۱۱/۵۷۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۳۴۴۱/۴۵
پتاسیم	۲	۳/۷۳۳**	۰/۱۰۱**	۰/۰۱**	۲۳۴۷۱/۸۶**	۰/۴۸۸**	۸/۰۵۴**	۱۳۵۰۴۶۱۸/۱۶**
سال × پتاسیم	۲	۰/۲۲۲**	۰/۱۷۱**	۰/۰۰۱**	۱۳/۳۳۹^{ns}	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۱^{ns}	۱۰۶۴/۹۳^{ns}
تنش × پتاسیم	۴	۰/۷۴۲**	۰/۷۸۷**	۰/۰۰۱**	۳۳۰۱/۴۹۸**	۰/۰۰۳**	۱/۴۴۳**	۵۷۸۴۴/۶۷**
سال × تنش × پتاسیم	۴	۰/۰۲**	۰/۱۷۱**	۰/۰۰۱**	۹/۱۲۷^{ns}	۰/۰۱۳**	۰/۰۸۸**	۳۰۸۵۵/۷۷**
خطای فرعی	۲۴	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲۵	۱۰۶/۶۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۳۰۲۴/۱۶
هیبرید ذرت	۲	۹/۱۹۲**	۶/۷۶۳**	۰/۳۱۹**	۱۰۹۸۰۳/۸**	۰/۶۰۳**	۱/۸۰۹**	۶۹۴۹۷۷۳۵۰/۳۴**
سال × هیبرید ذرت	۲	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱**	۸/۴۵۱ ^{ns}	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۵**	۵۵۴۲۶/۳۸**
تنش × هیبرید ذرت	۴	۰/۱۴۲**	۰/۱۱۴**	۰/۰۳۶**	۲۰۱۱/۳۴۲**	۰/۰۰۵**	۰/۰۳۷**	۵۶۹۲۳۵۰/۳۱**
سال × تنش × هیبرید ذرت	۴	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۵**	۵/۱۲۷^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۵^{ns}	۲۴۶/۹۱^{ns}
پتاسیم × هیبرید ذرت	۴	۰/۱۳۷**	۰/۰۵۵**	۰/۰۰۰۲۵**	۴۶۵/۹۳۲**	۰/۰۱۴**	۰/۰۲۳**	۴۳۵۰۸۵/۷۲**
سال × پتاسیم × هیبرید ذرت	۴	۰/۰۵۲**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۰۱**	۷/۷۸۴^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۸**	۱۳۰۳۳/۷۸*
تنش × پتاسیم × هیبرید ذرت	۸	۰/۰۷۷**	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۰۱۲**	۱۱۶۶/۸۶۶**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳**	۲۸۸۰۷۰/۹۵**
سال × تنش × پتاسیم × هیبرید ذرت	۸	۰/۰۲۴**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۰۱۲**	۵/۲۱^{ns}	۰/۰۰۰۳۷^{ns}	۰/۰۰۴**	۹۷۴۳/۸۰^{ns}
خطای فرعی فرعی	۷۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۳	۱۰۳/۶۰۳	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۱	۴۸۲۵/۲۱
درصد ضریب تغییرات	-	۲/۲۴	۲/۵۵	۱/۳۹	۱/۲۹	۰/۸۵	۰/۲۹	۳/۷۹

ns و * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

کلروفیل

برهمکنش سال، تنش خشکی، مصرف کود و هیبریدهای ذرت بر غلظت کلروفیـل a و b در سـطح احتمـال یـک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در سال اول آزمایش بیشترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب با مقدار عـددی ۲/۵۷ و ۱/۱۵ میلی‌گرم بر وزن تر برگ به هیبرید AS71 و تیمار کودی ۷۰ درصد کـود شـیمیایی تـوام بـا ۳۰ درصـد کـود زیستی و شرایط مطلوب آبیاری اختصاص یافت (جدول ۴). در سال دوم آزمـایش نیـز هیبریـد AS71 و مصـرف ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با ۵۰ درصد کود زیستی تحت شرایط مطلوب آبیاری، بیشـترین مقـدار کلروفیـل a و b را داشتند (جدول ۴). تنش خشکی بخصوص در مرحله ظهور گل تاجی محتوای کلروفیل را کاهش داد. تنش کـم آبـی سبب افزایش غلظت رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست شده و تخریب مولکول کلروفیـل را در پـی‌دارد (۵). لـذا

مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم اثرات مخرب تنش خشکی را کاهش داد و رشد و نمو گیاه را بهبود بخشید و میزان کاروفیل a و b افزایش یافت. محرم نژاد و همکاران (۱۴) در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل در هیبریدهای ذرت اظهار داشتند که تنش خشکی به طور معنی‌دار باعث کاهش میزان کلروفیل گردید. و همچنین افزایش غلظت کلروفیل، با مصرف کودهای پتاسه، قبلاً توسط محققین اثبات شده است با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (۳۹).

پرولین

برهمکنش سال، تنش خشکی، مصرف کود و هیبرید ذرت بر میزان پرولین در برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مطابق با جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) وقوع تنش خشکی بخصوص تنش در مرحله ظهور گل تاجی میزان اسیدامینه پرولین را نسبت به شرایط مطلوب آبیاری افزایش داد، تیمارهای کودی و هیبریدهای مختلف ذرت از نظر میزان پرولین تفاوت قابل توجهی داشتند و بیشترین مقدار پرولین در هیبرید AS71 و مصرف تلفیقی ۷۰ درصد کودشیمیایی و ۳۰ درصد کود پتا بارور دو و تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی مشاهده شد (۰/۰۳۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ). پرولین به عنوان مخزن ذخیره‌ای نیتروژن و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می‌دهد عمل می‌نماید و گیاه را در تحمل به تنش یاری می‌کند (۲۳). همچنین پتاسیم نیز با افزایش غلظت پرولین، غشاهای سلولی را از آسیب غلظت‌های بالای یون‌ها حفظ می‌نماید (۳۸). حفاظت گیاه توسط پرولین از طریق مکانیسم‌های متفاوت نظیر تنظیم اسمزی، زدودن گونه‌های فعال اکسیژن، حفظ تمامیت غشاء و ساختمان پروتئین‌ها می‌باشد (۳۸). جمالی و همکاران (۲) با بررسی تاثیر عناصر پتاسیم و روی بر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در ذرت نشان دادند که پتاسیم اثر بسزایی در افزایش میزان پرولین در برگ ذرت داشته است.

پروتئین دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش سال، تنش خشکی، مصرف کود و هیبرید ذرت بر پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). ایجاد تنش خشکی بخصوص تنش در مرحله ظهور گل تاجی پروتئین دانه را افزایش داد. در این شرایط به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، از انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها کاسته شده و ذخیره نشاسته در آنها کاهش می‌یابد که این امر موجب کوچک شدن دانه‌ها و افزایش درصد پروتئین می‌گردد. ضمن اینکه در شرایط تنش، گیاه با ساخت پروتئین‌های متحمل به تنش، میزان پروتئین‌های محلول خود را نیز افزایش می‌دهد (۲۵). کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی پتاسیم در مقایسه با مصرف تنهایی کود شیمیایی باعث افزایش درصد پروتئین دانه شده است به طوری که درصد پروتئین دانه از ۱۱/۰۵ درصد در تیمار کود شیمیایی به ۱۱/۷۸ درصد در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با ۵۰ درصد کود زیستی رسیده است که موید ۶/۶ درصد افزایش درصد پروتئین می باشد. پتاسیم از طریق فعال سازی بسیاری آنزیم‌های گیاهی که روی فرایند فتوسنتز،کارایی مصرف آب، جذب نیتروژن و ساخت پروتئین دخالت دارند، باعث افزایش میزان پروتئین دانه می شود (۴۴) به طور کلی بیشترین میزان پروتئین دانه در سال دوم آزمایش به تیمار کودی ۵۰ درصد کود شیمیایی توام با ۵۰ درصد کود پتا بارور دو و هیبرید AS71 اختصاص یافت (جدول ۵). که در این راستا بحرانی (۱) بیان داشت که پتاسیم عامل ساخته شدن هیدرات‌های کربن بوده و در انتقال مواد غذایی، حرکت مواد قندی در بافت‌های گیاهی، نشاسته و ساخته شدن پروتئین کاربرد دارد.

پتاسیم دانه

نتایج مبنی بر تجزیه واریانس، گویای اثر معنی‌دار برهمکنش تنش، مصرف کود، هیبرید ذرت و همچنین برهمکنش سال، مصرف کود، هیبرید ذرت بر پتاسیم دانه بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وقوع تنش خشکی منجر به کاهش پتاسیم در دانه هیبریدهای مختلف ذرت شدند که این بخش از نتایج با یافته‌های جمالی و همکاران (۲) در گیاه ذرت مطابقت دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، روند جذب و تجمع پتاسیم با توجه به نیاز گیاه در دوره‌های مختلف متفاوت گزارش شده است در ابتدای مرحله شیری شدن دانه‌ها حداکثر جذب پتاسیم در گیاه اتفاق می‌افتد و در هنگام رسیدگی دانه، ۲/۳ پتاس در برگ و ۱/۳ آن در دانه‌ها ذخیره گردیده است (۸). بنابراین ایجاد تنش در مرحله ظهور گل تاجی نسبت به مرحله ۱۲ برگی ذرت اثر بیشتری در کاهش جذب پتاسیم دارد. مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان نظیر، جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیلهٔ پدیدهٔ اسمز همگی، کم و بیش تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه می‌باشد و در صورت نقصان رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد اگر چه بعضی از این سیستم‌های انتقالی عناصر، نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کمتری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند بوده و در این راستا، با کاهش رطوبت تا آستانه بحرانی، باز هم، روند جذب و انتقال بعضی از عناصر غذایی توسط ریشه ادامه می‌یابد. اما از سوی دیگر، جریان توده‌ای وابستگی زیادی به مقدار رطوبت داشته و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که بوسیله این جریان انتقال می یابند، روند جذب منفی نشان می‌دهند (۴۳). مصرف پتاسیم به روش تلفیقی کود شیمیایی و کود پتا بارور دو در مقایسه با مصرف همه کود به صورت کود شیمیایی (بدون کود پتا بارور دو) اثر مثبت و معنی‌داری بر میزان پتاسیم در دانه داشتند و بیشترین مقدار پتاسیم دانه در سال دوم آزمایش، در هیبرید AS71 و با مصرف تلفیقی کودها و در شرایط آبیاری کامل مزرعه مشاهده شد (جدول‌های ۶ و ۷). عیدی‌زاده و همکاران (۱۰) نشان داد که استفاده از کودهای زیستی دسترسی به عناصر فسفر، پتاسیم و برخی عناصر کم مصرف را افزایش می‌دهد. استفاده از کودهای زیستی می‌تواند باعث افزایش اسیدیته خاک و عدم تثبیت پتاسیم شود که افزایش دسترسی به این عنصر در خاک و در نتیجه افزایش جذب آن توسط گیاه را در پی دارد (۳).

پتاسیم دانه

نتایج مبنی بر تجزیه واریانس، گویای اثر معنی‌دار برهمکنش تنش، مصرف کود، هیبرید ذرت و همچنین برهمکنش سال، مصرف کود، هیبرید ذرت بر پتاسیم دانه بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وقوع تنش خشکی منجر به کاهش پتاسیم در دانه هیبریدهای مختلف ذرت شدند که این بخش از نتایج با یافته‌های جمالی و همکاران (۲) در گیاه ذرت مطابقت دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، روند جذب و تجمع پتاسیم با توجه به نیاز گیاه در دوره‌های مختلف متفاوت گزارش شده است در ابتدای مرحله شیری شدن دانه‌ها حداکثر جذب پتاسیم در گیاه اتفاق می‌افتد و در هنگام رسیدگی دانه، ۲/۳ پتاس در برگ و ۱/۳ آن در دانه‌ها ذخیره گردیده است (۸). بنابراین ایجاد تنش در مرحله ظهور گل تاجی نسبت به مرحله ۱۲ برگی ذرت اثر بیشتری در کاهش جذب پتاسیم دارد. مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان نظیر، جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیلهٔ پدیدهٔ اسمز همگی، کم و بیش تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه می‌باشد و در صورت نقصان رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد اگر چه بعضی از این سیستم‌های انتقالی عناصر، نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کمتری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند بوده و در این راستا، با کاهش رطوبت تا آستانه بحرانی، باز هم، روند جذب و انتقال بعضی از عناصر غذایی توسط ریشه ادامه می‌یابد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال، تنش، پتاسیم و هیبرید ذرت برغلظت کلرفیل a و b

سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	
سال اول	S_1	F_1	H_1	۱/۹۳	i	۰/۸۶	F	سال دوم	S_1	F_1	H_1	۱/۹۳	hi	۰/۸۶	f
			H_2	۱/۸۵	j	۰/۷۱	m-p				H_2	۱/۸۶	j	۰/۷۱	m-p
			H_3	۱/۹۵	ghi	۰/۸۲	Fg				H_3	۱/۹۶	gh	۰/۸۳	f
		F_2	H_1	۲/۵۷	a	۱/۱۵	A			F_2	H_1	۲/۴۸	b	۰/۹۹	c
			H_2	۲/۱۹	f	۰/۸۲	f-i				H_2	۱/۹۷	g	۰/۷۷	h-k
			H_3	۲/۴۲	e	۱/۰۸	B				H_3	۲/۴۶	bc	۰/۹۴	de
		F_3	H_1	۲/۴۸	bc	۰/۹۹	Cd			F_3	H_1	۲/۵۷	a	۱/۱۵	a
			H_2	۱/۹۷	g	۰/۷۷	i-l				H_2	۲/۱۹	f	۰/۸۲	fgh
			H_3	۲/۴۵	cd	۰/۹۴	E				H_3	۲/۴۳	de	۱/۰۹	b
	S_2	F_1	H_1	۱/۶۷	m	۰/۷۷	h-k		S_2	F_1	H_1	۱/۶۷	m	۰/۷۷	g-j
			H_2	۱/۳۵	qr	۰/۶۴	Rs				H_2	۱/۳۵	q	۰/۶۴	qrs
			H_3	۱/۶۱	n	۰/۷۶	j-m				H_3	۱/۶۲	n	۰/۷۶	j-m
		F_2	H_1	۱/۷۶	k	۰/۷۴	j-p			F_2	H_1	۱/۷۰	lm	۰/۷۴	j-o
			H_2	۱/۴۷	o	۰/۵۹	Stu				H_2	۱/۳۹	p	۰/۶۰	st
			H_3	۱/۷۶	k	۰/۷۲	l-p				H_3	۱/۷۲	l	۰/۷۲	k-p
		F_3	H_1	۱/۶۹	lm	۰/۷۴	j-p			F_3	H_1	۱/۷۶	k	۰/۷۴	j-p
			H_2	۱/۳۹	p	۰/۵۸	Tu				H_2	۱/۴۸	o	۰/۵۹	tu
			H_3	۱/۷۱	l	۰/۷۱	Nop				H_3	۱/۷۶	k	۰/۷۱	m-p
	S_3	F_1	H_1	۱/۱۸	u	۰/۷۳	j-p		S_3	F_1	H_1	۱/۱۹	u	۰/۷۳	j-p
			H_2	۰/۹	y	۰/۵۴	Uv				H_2	۰/۹۰	y	۰/۵۵	tuv
			H_3	۱/۱۳	v	۰/۷۲	j-p				H_3	۱/۱۴	v	۰/۷۳	j-p
		F_2	H_1	۱/۳۳	rs	۰/۷۱	m-p			F_2	H_1	۱/۳۲	s	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۷	wx	۰/۴۸	W				H_2	۰/۹۵	wx	۰/۴۸	w
			H_3	۱/۳	st	۰/۶۹	Pqr				H_3	۱/۲۸	t	۰/۶۹	opq
		F_3	H_1	۱/۳۲	s	۰/۷۱	m-p			F_3	H_1	۱/۳۳	qrs	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۵	x	۰/۵۲	Vw				H_2	۰/۹۸	w	۰/۵۳	vw
			H_3	۱/۲۸	t	۰/۶۹	Op				H_3	۱/۳۱	st	۰/۷۰	op

S_1: آبیاری مطلوب، S_2: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S_3: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم، F_2: ۷۰ درصد پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F_3: ۵۰ درصد پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو.
H_1: AS۷۱، H_2: NS۶۴۰ ، H_3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال، تنش، پتاسیم و هیبرید ذرت برغلظت کلرفیل a و b

سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	
سال اول	S_1	F_1	H_1	۱/۹۳	i	۰/۸۶	F
			H_2	۱/۸۵	j	۰/۷۱	m-p
			H_3	۱/۹۵	ghi	۰/۸۲	Fg
		F_2	H_1	۲/۵۷	a	۱/۱۵	A
			H_2	۲/۱۹	f	۰/۸۲	f-i
			H_3	۲/۴۲	e	۱/۰۸	B
		F_3	H_1	۲/۴۸	bc	۰/۹۹	Cd
			H_2	۱/۹۷	g	۰/۷۷	i-l
			H_3	۲/۴۵	cd	۰/۹۴	E
	S_2	F_1	H_1	۱/۶۷	m	۰/۷۷	h-k
			H_2	۱/۳۵	qr	۰/۶۴	Rs
			H_3	۱/۶۱	n	۰/۷۶	j-m
		F_2	H_1	۱/۷۶	k	۰/۷۴	j-p
			H_2	۱/۴۷	o	۰/۵۹	Stu
			H_3	۱/۷۶	k	۰/۷۲	l-p
		F_3	H_1	۱/۶۹	lm	۰/۷۴	j-p
			H_2	۱/۳۹	p	۰/۵۸	Tu
			H_3	۱/۷۱	l	۰/۷۱	Nop
سال دوم	S_1	F_1	H_1	۱/۱۸	u	۰/۷۳	j-p
			H_2	۰/۹	y	۰/۵۴	Uv
			H_3	۱/۱۳	v	۰/۷۲	j-p
		F_2	H_1	۱/۳۳	rs	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۷	wx	۰/۴۸	W
			H_3	۱/۳	st	۰/۶۹	Pqr
	S_2	F_1	H_1	۱/۳۲	s	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۵	x	۰/۵۲	Vw
			H_3	۱/۲۸	t	۰/۶۹	Op
		F_2	H_1	۱/۹۳	hi	۰/۸۶	f
			H_2	۱/۸۶	j	۰/۷۱	m-p
			H_3	۱/۹۶	gh	۰/۸۳	f
		F_3	H_1	۲/۴۸	b	۰/۹۹	c
			H_2	۱/۹۷	g	۰/۷۷	h-k
			H_3	۲/۴۶	bc	۰/۹۴	de
	S_2	F_1	H_1	۲/۵۷	a	۱/۱۵	a
			H_2	۲/۱۹	f	۰/۸۲	fgh
			H_3	۲/۴۳	de	۱/۰۹	b
		F_2	H_1	۱/۶۷	m	۰/۷۷	g-j
			H_2	۱/۳۵	q	۰/۶۴	qrs
			H_3	۱/۶۲	n	۰/۷۶	j-m
		F_3	H_1	۱/۷۰	lm	۰/۷۴	j-o
			H_2	۱/۳۹	p	۰/۶۰	st
			H_3	۱/۷۲	l	۰/۷۲	k-p
	S_1	F_1	H_1	۱/۷۶	k	۰/۷۴	j-p
			H_2	۱/۴۸	o	۰/۵۹	tu
			H_3	۱/۷۶	k	۰/۷۱	m-p
		F_2	H_1	۱/۱۹	u	۰/۷۳	j-p
			H_2	۰/۹۰	y	۰/۵۵	tuv
			H_3	۱/۱۴	v	۰/۷۳	j-p
		F_3	H_1	۱/۳۲	s	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۵	wx	۰/۴۸	w
			H_3	۱/۲۸	t	۰/۶۹	opq
	S_2	F_1	H_1	۱/۳۳	qrs	۰/۷۱	m-p
			H_2	۰/۹۸	w	۰/۵۳	vw
			H_3	۱/۳۱	st	۰/۷۰	op

S_1: آبیاری مطلوب، S_2: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S_3: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم، F_2: ۷۰ درصد پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F_3: ۵۰ درصد پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو. H_1: AS۷۱، H_2: NS۶۴۰ ، H_3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال، تنش، پتاسیم و هیبرید ذرت بر غلظت پرولین و درصد پروتئین دانه

سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		پروتئین دانه (درصد)		سال	تنش	پتاسیم	هیبرید	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		پروتئین دانه (درصد)	
سال اول	S_1	F_1	H_1	۰/۰۱۹۴	i-m	۹/۳۶	Y	سال دوم	S_1	F_1	H_1	۰/۰۲۱۵	d-l	۹/۴۳	x
			H_2	۰/۰۱۵۲	m	۹/۱۰	[				H_2	۰/۰۱۸۱	klm	۹/۱۵	[
			H_3	۰/۰۱۷۷	klm	۹/۲۸	Z				H_3	۰/۰۲۰۵	g-m	۹/۳۷	y
		F_2	H_1	۰/۰۲۰۸	f-m	۱۰/۶۶	Mn			F_2	H_1	۰/۰۲۱۵	d-l	۱۰/۷۴	l
			H_2	۰/۰۱۷۳	lm	۱۰/۳۴	T				H_2	۰/۰۱۸۱	klm	۱۰/۲۳	u
			H_3	۰/۰۱۸۸	j-m	۱۰/۴۸	r				H_3	۰/۰۲۰۴	g-m	۱۰/۴۴	r
		F_3	H_1	۰/۰۲۰۶	f-m	۱۰/۶۴	mno			F_3	H_1	۰/۰۲۱۵	d-l	۱۰/۷۸	l
			H_2	۰/۰۱۶۸	lm	۱۰/۱۶	vw				H_2	۰/۰۱۷۸	klm	۱۰/۴۴	r
			H_3	۰/۰۱۸۶	j-m	۱۰/۳۴	t				H_3	۰/۰۲۰۴	g-m	۱۰/۶۰	op
	S_2	F_1	H_1	۰/۰۲۴۷	d-i	۱۰/۳۸	st		S_2	F_1	H_1	۰/۰۲۵۵	d-h	۱۰/۴۷	r
			H_2	۰/۰۱۷۸	klm	۱۰/۱۲	w				H_2	۰/۰۱۹۶	h-m	۱۰/۲۰	uv
			H_3	۰/۰۲۳۵	d-k	۱۰/۳۴	t				H_3	۰/۰۲۴۳	d-j	۱۰/۴۳	rs
		F_2	H_1	۰/۰۲۵۹	c-g	۱۰/۶۸	m			F_2	H_1	۰/۰۲۶۸	b-e	۱۰/۷۸	l
			H_2	۰/۰۱۸۶	j-m	۱۰/۳۵	t				H_2	۰/۰۲	h-m	۱۰/۴۴	r
			H_3	۰/۰۲۴۹	d-i	۱۰/۵۷	pq				H_3	۰/۰۲۵۹	c-g	۱۰/۶۳	no
		F_3	H_1	۰/۰۲۶۴	b-f	۱۰/۶۸	m			F_3	H_1	۰/۰۲۷۲	bcd	۱۰/۷۷	l
			H_2	۰/۰۱۹۴	i-m	۱۰/۳۴	t				H_2	۰/۰۲۰۲	g-m	۱۰/۴۴	r
			H_3	۰/۰۲۵۲	d-i	۱۰/۵۴	q				H_3	۰/۰۲۶۴	b-f	۱۰/۶۵	mno
	S_3	F_1	H_1	۰/۰۳۲۳	ab	۱۰/۹۶	jk		S_3	F_1	H_1	۰/۰۳۲۱	ab	۱۱/۰۵	hi
			H_2	۰/۰۲۰۴	g-m	۱۰/۶۵	mno				H_2	۰/۰۲۱۲	e-l	۱۰/۷۴	l
			H_3	۰/۰۳۱۶	abc	۱۰/۹۲	k				H_3	۰/۰۳۱۷	abc	۱۱/۰۱	ij
		F_2	H_1	۰/۰۳۵۸	a	۱۱/۴۴	e			F_2	H_1	۰/۰۳۳۵	a	۱۱/۷۸	a
			H_2	۰/۰۲۱۵	d-l	۱۱/۱۰	h				H_2	۰/۰۲۱۹	d-l	۱۱/۲۴	f
			H_3	۰/۰۳۵۲	a	۱۱/۴۲	e				H_3	۰/۰۳۳۲	a	۱۱/۶۵	b
		F_3	H_1	۰/۰۳۴۷	a	۱۱/۶۹	/b			F_3	H_1	۰/۰۳۴۹	a	۱۱/۵۳	cd
			H_2	۰/۰۲۱۱	e-l	۱۱/۱۵	g				H_2	۰/۰۲۳۳	d-l	۱۱/۱۸	g
			H_3	۰/۰۳۴۵	a	۱۱/۵۶	c				H_3	۰/۰۳۴۳	a	۱۱/۵۰	d

S_1: آبیاری مطلوب، S_1: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S_1: تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم، F_2: ۷۰ درصد پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور ۲، F_3: ۵۰ درصد پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو. H_1: AS۷۱، H_2: NS۶۴۰ ، H_3: CORDONA

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

اما از سوی دیگر، جریان توده‌ای وابستگی زیادی به مقدار رطوبت داشته و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که بوسیله این جریان انتقال می یابند، روند جذب منفی نشان می‌دهند (۴۳). مصرف پتاسیم به روش تلفیقی کود شیمیایی و کود پتا بارور دو در مقایسه با مصرف همه کود به صورت کود شیمیایی (بدون کود پتا بارور دو) اثر مثبت و معنی‌داری بر میزان پتاسیم در دانه داشتند و بیشترین مقدار پتاسیم دانه در سال دوم آزمایش، در هیبرید AS71 و با مصرف تلفیقی کودها و در شرایط آبیاری کامل مزرعه مشاهده شد (جدول‌های ۶ و ۷). عیدی‌زاده و همکاران (۱۰) نشان داد که استفاده از کودهای زیستی دسترسی به عناصر فسفر، پتاسیم و برخی عناصر کم مصرف را افزایش می‌دهد. استفاده از کودهای زیستی می‌تواند باعث افزایش اسیدیته خاک و عدم تثبیت پتاسیم شود که افزایش دسترسی به این عنصر در خاک و در نتیجه افزایش جذب آن توسط گیاه را در پی دارد (۳).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی،کود پتاسیم و هیبرید ذرت بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، درصد پتاسیم دانه و عملکرد دانه

تنش	پتاسیم	هیبرید ذرت	سوپراکسید دیسموتاز (میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)		پتاسیم دانه (درصد)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
		H_1	۷۵۴/۱	hi	۰/۳۲۶	def	۱۱۹۹۰	c
	F_1	H_2	۶۸۲/۹	l	۰/۲۹۲	hi	۶۳۴۵	n
		H_3	۷۳۲/۹	j	۰/۳۲۵	def	۹۱۴۰	i
		H_1	۷۴۹/۹	hi	۰/۹۶۳	ab	۱۲۲۰۰	b
S_1	F_2	H_2	۶۶۳/۴	m	۰/۳۱۸	ef	۱۶۸۸	m
		H_3	۷۲۹/۹	j	۰/۳۵۵	bc	۱۰۶۵۰	e
		H_1	۷۱۰/۸	k	۰/۳۸	a	۱۲۲۳۰	a
	F_3	H_2	۶۴۵/۴	n	۰/۳۲۶	def	۶۸۸۸	m
		H_3	۶۸۹/۶	l	۰/۳۶۰	ab	۱۰۶۵۰	e
		H_1	۷۹۷/۶	g	۰/۲۹۶	gh	۱۰۴۵۰	f
	F_1	H_2	۷۲۵/۷	j	۰/۲۷۷	ij	۵۲۵۳	q
		H_3	۹۷۰/۹	g	۰/۲۹۹	gh	۸۹۱۰	j
		H_1	۷۹۱/۵	g	۰/۳۳۳	de	۱۱۲۱۰	d
S_2	F_2	H_2	۷۰۶/۳	k	۰/۲۹۷	gh	۶۰۱۳	o
		H_3	۷۹۰/۵	g	۰/۳۲۴	def	۱۰۰۳۰	g
		H_1	۷۶۱	h	۰/۳۳۹	cd	۱۱۲۱۰	d
	F_3	H_2	۶۹۳/۸	l	۰/۲۹۷	gh	۶۰۱۳	o
		H_3	۷۴۷/۸	i	۰/۳۲۳	def	۱۰۰۳۰	g
		H_1	۹۷۲/۱	a	۰/۲۸۴	hi	۸۳۲۴	l
S_3	F_1	H_2	۸۶۴	e	۰/۲۶۱	j	۴۶۱۶	r
		H_3	۹۵۷/۷	b	۰/۲۷۸	ij	۸۵۳۰	k
		H_1	۹۳۸/۹	c	/۳۲۰	def	۹۴۲۳	h
	F_2	H_2	۸۲۷/۴	f	۰/۲۷۷	ij	۵۴۸۵	p
		H_3	۸۷۰/۸	e	۰/۳۱۳	fg	۹۴۲۵	h
		H_1	۹۲۱/۵	d	۰/۳۲۶	def	۹۴۲۳	h
	F_3	H_2	۸۱۶/۱	f	۰/۲۷۶	ij	۵۴۸۵	p
		H_3	۹۱۷/۵	d	۰/۳۱۸	ef	۹۴۲۰	h

S_1: آبیاری مطلوب، S_2: تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، S_3: تنش قطع ابیاری در مرحله ظهور گل تاجی. F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم، F_2: ۷۰ درصد پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F_3: ۵۰ درصد پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو. H_1: AS۷۱، H_2: NS۶۴۰، H_3: CORDONA
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال، کود پتاسیم و هیبرید ذرت بر درصد پتاسیم و عملکرد دانه

سال	پتاسیم	هیبرید ذرت	پتاسیم دانه (درصد)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
		H_1	e	۰/۳۰۰	f	۱۰۱۳۰
	F_1	H_2	f	۰/۲۷۷	n	۵۲۲۱
		H_3	e	۰/۳۰۰	j	۸۷۳۳
		H_1	bcd	۰/۳۳۲	c	۱۰۸۳۰
سال اول	F_2	H_2	e	۰/۲۹۴	l	۵۹۵۳
		H_3	d	۰/۳۲۲	h	۹۸۷۵
		H_1	ab	۰/۳۴۵	c	۱۰۸۱۰
	F_3	H_2	e	۰/۲۹۸	l	۵۹۳۷
		H_3	cd	۰/۳۲۶	g	۹۹۴۵
		H_1	e	۰/۳۰۶	d	۱۰۳۸۰
	F_1	H_2	f	۰/۲۷۷	m	۵۵۸۸
		H_3	e	۰/۳۰۲	i	۸۹۸۶
		H_1	a	۰/۳۵۱	b	۱۱۰۶۰
سال دوم	F_2	H_2	e	۰/۳۰۱	k	۶۳۰۴
		H_3	abc	۰/۳۴۰	e	۱۰۲۰۰
		H_1	a	۰/۳۵۱	a	۱۱۱۰۰
	F_3	H_2	e	۰/۳۰۳	k	۶۳۲۰
		H_3	ab	۰/۳۴۳	f	۱۰۱۳۰

F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم، F_2: ۷۰ درصد پتاسیم +۳۰ درصد کود پتا بارور دو، F_3: ۵۰ درصد پتاسیم + ۵۰ درصد پتا بارور دو.
H_1: AS۷۱، H_2: NS۶۴۰ ، H_3: CORDONA
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

همچنین علت دیگری که محققین برای افزایش جذب پتاسیم پیشنهاد نموده‌اند آن است که مصرف کود زیستی باعث رها شدن K^+ از بین لایه‌های رسی شده، غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را بیشتر می‌کند (۳۲).

فعالیت آنزیم سوپراکسد دیسموتاز

بر طبق نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که برهمکنش تنش خشکی، مصرف کود و هیبرید ذرت، بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). ایجاد شرایط تنش در مقایسه با شرایط مطلوب آبیاری، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را افزایش داد و تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی نسبت به تنش در مرحله ۱۲ برگی ذرت، تأثیر بیشتری در افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز داشت (جدول ۶). مرحلهٔ زایشی در ذرت حساس‌ترین مرحله به تنش کم آبی است به طوری که فعالیت آنزیم در این مرحله به شدت افزایش یافت. تنش کم‌آبی در مرحله زایشی به دلیل نیاز بیشتر گیاه به آب و بیشتر بودن تبخیر و تعرق اثر

بیشتری بر گیاه می‌گذارد و افزایش فعالیت آنزیم در این مرحله نسبت به مرحلهٔ رویشی بیشتر است (۵). محققان بیان نمودند، افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز زمانی رخ می‌دهد که یون سوپر اکسید درون سلولی افزایش یابد، این گونهٔ فعال اکسیژن در اثر تنش‌های محیطی مختلف از جمله کم‌آبی، افزایش می‌یابد (۴۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ثابت شد که بین تیمارهای کودی و همچنین هیبریدهای مختلف ذرت از نظر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که بیشترین مقدار عددی مربوط به این آنزیم در هیبرید AS71 و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پتاسیم مشاهده شد (۹۷۲/۱ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه). مطالعات نشان داده است در کود شیمیایی پتاسه، پتاسیم یک کاتیون یک ظرفیتی است که دارای جذب انتخابی بوده و در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه و فعال کردن آنزیم‌های گیاهی نقش مهمی دارد، پتاسیم با دخالت در تولید آدونوزین‌تری‌فسفات (ATP)، در افزایش فعالیت آنزیم‌ها اثرات مثبتی دارد (۱۸) با این وجود در مطالعه حاضر، مصرف کود زیستی در مقایسه با کود شیمیایی پتاسیم سبب کاهش فعالیت این آنزیم شده است. به نظر می‌رسد که کود زیستی پتاسیم خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته و یون سوپر اکسید را خنثی نموده و در نهایت میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را کاهش داده است (۳۷).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که کودهای زیستی می‌توانند علاوه بر تولید محصول کافی، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهند که این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که هیبریدهای مختلف ذرت از نظر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه تحت تأثیر کودهای تلفیقی شیمیایی و زیستی پتاسیم و همچنین تحت شرایط تنش خشکی تفاوت معنی‌داری داشتند. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم با غلبه بر اثرات منفی تنش خشکی، ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت را بهبود بخشید و منجر به افزایش عملکرد دانه شدند. به طور کلی بر اساس نتایج برهمکنش تیمارها مشخص شد که تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی (سولفات پتاسیم) توأم با تیمار ۵۰ درصد کود پتا بارور دو در هیبرید AS۷۱ منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه شد که این تیمارهای آزمایشی برای استفاده در مناطق مختلف دهلران توصیه می‌شوند.

منابع

۱- **بحرانی، ع. ۱۳۹۳** اثر شیوه‌های مختلف آبیاری و کاربرد کود پتاسیم بر کارآیی مصرف آب، عملکرد دانه و برخی ویژگی-های فیزیولوژیک ذرت رقم SC۵۰۰. مجله دانش نوین کشاورزی پایدار. ۱۰: ۲۵ – ۱۵.

۲- **جمالی، ج.، انتشاری، ش. و حسینی، س. م. ۱۳۹۱** تاثیر عناصر پتاسیم و روی بر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در ذرت. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴: ۴۴-۳۷.

۳- **جوانمرد، ع.، مصطفوی، س. ح.، خضری، ا. و محمدی، س. ۱۳۹۴** بهبود تجمع عناصر غذایی و پر و کم‌نیاز در ذرت با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی. ویژه‌نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۹: ۴۹ – ۲۴.

۴- **حجتی‌پور، ل.، جعفری‌حقیقی، ب. و درستکار، م. ۱۳۹۲** تاثیر تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی گندم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۵: ۴۸ – ۳۶.

۵- **دولت‌آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، ع. م. و شریفی، م. ۱۳۸۸** اثر تنش کم آبی و محلولپاشی اسیدآسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای. مجله زیست شناسی ایران. ۲۲: ۴۲۲ – ۴۰۷.

۶- **ربانی، ج. و امام، ی. ۱۳۹۰** پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۲: ۷۸ – ۶۵.

۷- **علوی‌فاضل، م.، نادری، ا.، امام، ی.، اینه‌بند ا. و لک، ش. ۱۳۹۰** تجزیه و تحلیل مسیر صفات مؤثر بر عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط مختلف الگو و تراکم بوته و آبیاری در مراحل رشد. مجله فیزیولوژی زراعی. ۱۰: ۱۸-۳.

۸- **علیزاده، ا.، مجیدی، ا. و نور محمدی، ق. ۱۳۸۷** تاثیر تنش خشکی و میزان نیتروژن خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت رقم ۷۰۴ مجله پژوهش در علوم کشاورزی. ۴: ۵۹ – ۵۱.

۹- **علیزاده، ه. ۱۳۷۴** رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۵۳ صفحه.

۱۰- **عیدی زاده، خ.، مهدوی دامغانی، ع.، ابراهیم پور، ف. و صباحی، ح. ۱۳۹۰.** اثرات مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۱۵: ۳۵ – ۲۱.

۱۱- **عیوضی، ع. ر.، افشارپور، ک.، رنجی، ح.، موسوی‌دانزابی، س. ح. و رشدی، م. ۱۳۹۰** اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت. مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ۱: ۱-۱۶.

۱۲- **لک، ش.، مدحج، ع.، علوی‌فاضل، م.، مجدم، م. و گوهری، م. ۱۳۸۹** بررسی اثر تنش کمبود آب، سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط خوزستان – رامین. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶: ۶۶ – ۴۵

۱۳- **لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، ع.، آینه‌بند، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۵** اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. ۲: ۱۷۰ – ۱۵۳

۱۴- **محرم‌نژاد، س.، ولی‌زاده، م.، سفالیان، ا.، شیری، م. ر. و اصغری، ع. ۱۳۹۵** اثر تنش کم‌آبی بر صفات زراعی و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه ذرت. مجله تحقیقات غلات. ۴: ۳۰۰ – ۲۹۰

15- **Ansari, O., CHoghazardi, H. R., Sharifzadeh, F., Nazarli, h. 2012.** Seed reserve utilization and seedling growth of treatef seeds of mountain rye (*Secale mountanum*) as affected by drought stress. Cercetări Agronomiceîn Moldova. 150: 43-48.

16- **Arnon, D. I. 1975.** Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxidase in *Baba vulgaris* L. Plant Physiology. 45p.

17- **Arrudaa, L., Beneduzi, A., Martins, A., Lisboa, B., Lopes, C., Bertolo, F., Passaglia Maria, L. M. P. and Vargas, K. L. 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.

18- **Arti, S., Surekha, A. and Minal, M. 2014.** Potassium Solublisers: Occurrence, Mechanism and Their Role as Competent Biofertilizers. International Jornal of Current Microbiology Applied Sciences. 3: 622-629.

19- **Bahari, A., Sokhtesaraei, H. R., chaghazardi, f., Masoudi, h. and Nazarli, h. 2015.** Effect of water deficit stress and foliar application of salicylic acid on antioxidants enzymes activity in leaves of thymus daenensis subsp. Lancifolius, cercetări agronomice în Moldova. 1(161): 57-67.

20- **Barbara, E. K., Nora, L. E. and Edith, S. 2014.** Compartment specific response of antioxidants to drought stress in Arabidopsis. Plant Science. 227: 133-144.

21- **Baser khochehbagh, S., Mirshekari, B., Farahvash, F. and Javanshir, A. 2011.** Effect of Seed Inoculation with Nitragin and Different Levels of Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.). Crop and Weed Ecophysiology. 5: 1-10.

22- **Bates, L. S. 1973.** Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

23- **Bian, Y. M., Chen, S. Y., Liu, S. K., Xie, M. Y. 1988.** Effects of HF on praline of some plants. Plant Physiology. 6: 19-21.

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

25- **De-Mejia, E. G., Martinez-Resendiz, V., Castano-Tostado, E. and Loarca-Pina G. 2003.** Effect of drought on polyamine metabolism, yield, protein content and in vitro protein digestibility in tepary (*Phaseolus acutifolius*) and common (*Phaseolus vulgaris*) bean seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture. 83: 1022-1030.

26- **Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. 2014.** The effect of drought stress in alleviation of salt stress: A review. Annals of Botany. 104: 1263-1280.

27- **Giannopolitis, C. and Ries, S. 1997.** Superoxid desmutase. I. Occurence in higher plant. Plant Physiology. 59: 309-314.

28- **Jones, C. E. 2006.** Aggregate or aggravate? Creating soil carbon. YLAD Living Soils seminars, Eurongilly and Young, NSW, 14 & 15 February 2006 Australian.

29- **Kalhapure, A., Shete, B. and Dhonde, M. 2013.** Integrated nutrient management in Maize (*Zea mays* L.) for increasing production with sustainability. International Journal of Agriculture and Food Science Technology. 4 (3): 195-206.

30- **Kantwa, S. R. and Meena, N. L. 2002.** Effect of irrigation, phosphorus and PSB on growth and yield of mustard. Annuals of Agricultural Research. 23(3): 456-460.

31- **Khan, S., Bano, A. J. and Gurmani, A. 2012.** Abscisic acid and salicylic acid seed treatment as potent inducer of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Agricultural Research Council (PARC). 44: 43-49.

32- **Logan, .T.J., Goins, L. E. and Jlindsay, B. 1997.** Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. Water Environmental Research. 69:28-33.

33- **Mansouri Far, C., Modarres Sanavy, S. A. M. and Saberali, S. F. 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.

34- **Milani, M., Amini, R. and Bande-hagh, A. 2014.** Effects of application of bio fertilizers in combination with chemical fertilizers on yield and yield components of Chita bean. Special Issue for Agricultural Science and Sustainable Production. 22: 15 - 29.

35- **Mostaajeran, A. and Fonoei, F. 1998.** Mycorrhizae coexistence. Esfahan University Publications. 35p.

36- Nesmith, D. S. and Ritchie, J. T. 2010. Short-and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal. 84: 107-113.

37- Noctor, G. and Foyer, CH. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annual Reviews plant physiology and plant Moldova Biology. 49: 249-279.

38- Patade, V. Y., Bhargava, S. and Suprasanna, P. 2011. Salt and drought tolerance of sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, and antioxidant defense. Journal of Plant Interactions. 6: 275-282.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 9, No. 1, Spring & Summer 2019

Biochemical Response of Different Hybrids of Corn to Consumption of Biological and Chemical Potassium Fertilize and Drought Stress in Dehloran climatic

Mohamad Sadegh Azadi[1,2], Alireza Shokoohfar[2*], Mani Mojadam[2], Shahram Lak[2], Mojtaba Alavifazel[2]

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.
*Corresponding Author; Email: shokohfar1397@yahoo.com

(Received: 16 November 2018; Accepted:20 June 2019)

Abstract

This study was carried out to evatuate the effects of combined application of chemical and biological Potassium fertilizer, on biochemical characteristics and grain yield of corn hybrids under drought stress conditions in 2015 and 2016 years in Dehloran city. The experiment was conducted as split-split plots in a randomized completely block design (RCBD) with three replications. The main factor consists of three levels of stress,optimum irrigation, irrigation cut in 12 leaf stage and irrigation cut at the corn flower emergence stage, Sub-factor contains of three levels of potassium: application of 100% fertilizer requirements as Potassium sulfate fertilizer, application of 70% Potassium sulfate fertilizer along with 30% Pta-Barvar-2 bio-fertilizer, 50% Potassium sulfate fertilizer along with 50% Pta-Barvar-2 bio-fertilizer and sub-sub- factor contains of three corn hybrids: AS71, NS640 and CORDONA. The results of compound analysis showed that the interaction between year, drought stress, fertilizer and hybrid were significant on chlorophyll content, proline and grain protein at 1% probability level. Also, the interaction of drought stress, fertilizer, hybrid had significant effects on the enzyme superoxide dismutase, potassium grain and grain yield. Also, Application of biological and chemical potassium fertilizers under drought stress had a positive effect on biochemical characteristics and grain yield. Based on the interaction between treatments, the highest grain yield (12230 $kg.ha^{-1}$) was found in 50% potassium fertilizer + 50% fertilizer Peta Fertilizer in hybrid AS71 under favorable irrigation conditions and the lowest grain yield (4616 $kg.ha^{-1}$) obtained by NS640 hybrid and 100% chemical fertilizer application and by the irrigation cut at the corn flower emergence stage.

Keywords Corn, Potassium, Proline, Stress, yield.