

اثر زمان محلول پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد دانه، ویژگی‌های مرفولوژیک و میزان عناصر

موجود در برگ ذرت (S.C704) در شرایط کم آبیاری

مرتضی کوچک دزفولی^{۱*}، علیرضا شکوه‌فر^{۲*}، شهرام لک^۳، مجتبی علوی‌فاضل^۴ و مانی مجدم^۵

(۱) گروه زراعت، پردیس واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲، ۳، ۴، ۵) گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: Alireza_Shokuhfar@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۳

چکیده

به منظور تعیین زمان مناسب محلول پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد و ویژگی‌های مرفولوژیک ذرت در شرایط کم آبیاری، پژوهشی در تابستان سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار در اهواز انجام شد. عامل اصلی شامل قطع آبیاری در سه مرحله (مرحله ۱۲ برگ، مرحله ظهور تاسل و شاهد) و عامل فرعی شامل محلول پاشی پتاسیم (۸ برگ، ۸+۱۲ برگ و شاهد) و عامل فرعی شامل محلول پاشی روی (۸ برگ، ۸+۱۲ برگ و شاهد) بود. نتایج نشان داد برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول پاشی پتاسیم و روی بر صفات عملکرد دانه، تعداد برگ، طول بلال، طول کجلی بلال، قطر بلال، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی برگ معنی‌دار بود. بیشترین مقادیر عملکرد دانه (۱۰۷۳/۸ گرم در مترمربع)، تعداد برگ در بوته (۱۴/۹۶ عدد)، طول بلال (۲۶/۶ سانتی‌متر)، قطر بلال (۶/۸ سانتی‌متر) و نیتروژن برگ (۴/۳ درصد) در تیمار آبیاری مطلوب به همراه محلول پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگ به دست آمد. دو مرحله محلول پاشی پتاسیم و روی در شرایط کم آبیاری از طریق بهبود همه صفات اندازه‌گیری شده توانست تا حد زیادی خسارت ناشی از تنش را جبران نموده و عملکرد دانه را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری مطلوب، ظهور تاسل، عملکرد دانه و طول بلال.

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان (گرامینه) متعلق به گیاهان تک‌لپه می‌باشد (Razzaq et al., 2012). ذرت پرمحصول‌ترین غله دنیا به حساب می‌آید، میزان تولید جهانی ذرت بالغ بر یک میلیارد تن است و رتبه اول را به لحاظ تولید به خود اختصاص داده است (FAO, 2015). ذرت به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد به‌ویژه قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار سریع در تمام دنیا گسترش یافت (Danforth, 2011). عملکرد محصولات زراعی در بسیاری از مناطق توسط تنش‌های محیطی زنده یا غیرزنده محدود شده و به همین دلیل اختلاف قابل‌توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی مشاهده می‌شود. آب برای تمامی مراحل رشد گیاهان ضروری است. در این صورت ناکافی بودن آب یک عامل محدود کننده برای زمین و گیاه به شمار می‌رود (Tabatabaei et al., 2015). تأمین آب مورد نیاز در مراحل خاص رشد رویشی و زایشی ذرت دارای اهمیت می‌باشد (Silispour et al., 2009). کم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه ذرت شد (Naeem et al., 2018). شهریاری و همکاران (۱۳۹۳) در خصوص اثر تنش خشکی بر میزان فتوسنتز در ذرت گزارش نمودند که تنش رطوبتی در مرحله رشد سبزینه‌ای و زایشی به ترتیب باعث کاهش ۵۴ و ۸۴ درصدی در مقایسه با تیمار آبیاری شاهد شد. Cagnola و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی و قبل از گرده‌افشانی باعث افزایش قند در گیاه ذرت شد. Ghooshchi و همکاران (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که کم آبیاری در مرحله قبل از ابریشم‌دهی، ابریشم‌دهی و پر شدن دانه به‌صورت معنی‌داری نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب عملکرد را ۱۲/۵، ۴۲ و ۲۲/۵ درصد کاهش داد. Yue و همکاران (۲۰۱۸) اعلام نمودند که کم آبیاری باعث افزایش طول کچلی بلال و کاهش قطر بلال در ذرت شد. پتاسیم به عنوان یک فاکتور بسیار مهم، جهت کنترل کمبود آب در گیاهان شناخته شده است و یک عنصر مهم در فیزیولوژی روابط آبی گیاه می‌باشد (Valadabadi et al., 2009). پتاسیم با تأثیر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها حفظ آماس سلولی، کاهش از دست رفتن آب، توازن آب در بافت‌های گیاهی و بالابردن کارایی مصرف آب، اثر کمبود آب در گیاه را کاهش می‌دهد (Arquero et al., 2006). Shat و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند محلول پاشی پتاسیم در شرایط تنش و مطلوب باعث افزایش غلظت پتاسیم و نیتروژن شد. Abdelhameed و Abd El-Hady (۲۰۱۸) نیز بیان داشتند محلول پاشی پتاسیم باعث افزایش غلظت روی شد. Amanullah و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که محلول پاشی عناصر روی و پتاسیم باعث افزایش محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه ذرت می‌شود. Dastbandannejad و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که با کاربرد پتاسیم تحت شرایط کمبود آب عملکرد دانه افزایش یافت.

Ma و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که لاین‌هایی از کلزا و خردل که تنظیم‌اسمزی بالا نشان دادند، تجمع بالایی از پتاسیم را در بافت‌هایشان داشتند. Hamouda و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که اسپری سولفات پتاسیم ۳۰ روز پس از کاشت بر روی رشد، عملکرد و غلظت مواد غذایی برگ گندم، اثر معنی‌دار داشت. عناصر غذایی کم‌مصرف عناصر بسیار لازم و اساسی برای رشد و نمو گیاهان هستند که در مقادیر کمتر از عناصر غذایی اصلی از قبیل نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرف می‌شوند. ثابت شده است که عناصر غذایی کم‌مصرف در بعضی محصولات زراعی باعث افزایش عملکرد می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴). اگر عناصر کم‌مصرف به‌صورت محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار گیرند کمبود ناشی از مصرف خاکی را به‌طور کامل جبران می‌کنند و جایگزین مناسب در این زمینه به‌شمار می‌روند. همچنین در شرایط مزرعه، یعنی جایی که فاکتورهای موثر بر جذب خاکی مواد غذایی بسیار متغیر است، ممکن است محلول‌پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان باشد (Aytak et al., 2015). بنابراین با توجه به نقش روی در فعالیتهای آنزیمی گیاه، عرضه این عنصر از طریق محلول‌پاشی می‌تواند تأثیر بسزایی در کیفیت و کمیت تولید محصولات داشته باشد. Sheykhbagloo و همکاران (۲۰۱۱) در خصوص محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد ذرت دانه‌ای تحت کمبود آب نشان دادند بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول‌پاشی سولفات روی بدست آمد و همچنین بیشترین عملکرد دانه از تیمار عدم کمبود آب حاصل گردید. ساجدی و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه ذرت گزارش نمودند که با محلول‌پاشی کود روی میزان جذب فسفر نسبت به شاهد افزایش یافت. Mosanna و Behrozyar (۲۰۱۵) اظهار نمودند که محلول‌پاشی روی در مراحل مختلف رشد ذرت، بر وزن صددانه و عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشت. Munirah و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که مصرف روی به‌صورت استعمال خارجی بر روی برگ‌های گیاه ذرت انجام شد و تعداد برگ تحت تأثیر کاربرد روی قرار نگرفت. این تحقیق با هدف مطالعه زراعی، مورفولوژیک و میزان عناصر موجود در گیاه ذرت در منطقه اهواز جهت شناخت مراحل حساس رشد که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود و بررسی مصرف و نقش عناصر پتاسیم و روی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ و ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی چنیه وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی اهواز (۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا) و میانگین بارندگی ۲۱۳ میلی‌متر بر اساس آمار طولانی مدت ۳۰ ساله و میانگین دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب ۷ و ۵۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد. از نظر اقلیمی بر اساس معیار دو مارتن، منطقه خشک به‌شمار می‌رود. فاکتور اصلی شامل اعمال تنش قطع آبیاری در سه مرحله (قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی، قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل و عدم قطع آبیاری) و فاکتور فرعی شامل سه مرحله

محلول پاشی پتاسیم (محلول پاشی در مرحله ۸ برگ، ۸+۱۲ برگ و عدم پاشش) و فاکتور فرعی فرعی شامل سه مرحله محلول پاشی روی (محلول پاشی در مرحله ۸ برگ، ۸+۱۲ برگ و عدم پاشش) بود. قبل از کاشت نمونه‌های خاک مزرعه به صورت تصادفی و زیگزاگ از عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک برداشت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	کربن آلی	فسفر (گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (گرم در کیلوگرم)	روی (گرم در کیلوگرم)	اسیدیته خاک	شوری (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۷۴	۱۱/۴	۱۹۵	۰/۲۸	۷/۱	۳/۴۴	لومی رسی شنی
۳۰-۶۰	۰/۲۸	۶/۳	۱۵۴	۰/۱۷	۷/۱	۳/۳۲	لومی رسی شنی
۰-۳۰	۰/۷۲	۱۱/۱	۱۸۳	۰/۲۶	۷/۲	۳/۳۶	لومی رسی شنی
۳۰-۶۰	۰/۲۵	۶/۹	۱۲۲	۰/۱۹	۷/۳	۳/۱	لومی رسی شنی

عملیات تهیه زمین شامل شخم برگردان به عمق ۳۰ سانتی متر، دو بار دیسک، ماله، احداث فارو به فاصله ۷۵ سانتی متر و سپس نهرکشی انجام گردید. پس از آماده سازی بستر بذر، اضافه کردن کودها بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. کود پایه به کار برده شده در مزرعه شامل کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت تقسیط در دو مرحله (۵۰ درصد هم زمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله شش برگه به صورت سرک) و کود فسفر نیز پس از محاسبه بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل در هنگام تهیه زمین بود. تاریخ کاشت با توجه به شرایط اقلیمی اهواز، ۲۵ تیر ماه در هر سال بود. بذر مورد استفاده هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود که از جهاد کشاورزی شهرستان اهواز تهیه شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و آبیاری‌ها بر اساس تخلیه ۳۰ درصد از ظرفیت زراعی با توجه به عمق توسعه ریشه در همه تیمارها به صورت یکسان انجام شد. جهت محاسبه مقدار آبیاری در هر مرحله پس از اندازه گیری عمق ریشه، یک روز در میان توسط اگر شش نمونه خاک از نقاط مختلف هر پلات تهیه و وزن تر آن اندازه گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون الکتریکی در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت و وزن خشک آن محاسبه شد. جهت تعیین حجم آب آبیاری مورد نیاز برای هر کرت، با استفاده از رابطه ۱ حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۸۱):

$$V = \frac{(Fc - Om) \times Pb \times Droot \times A}{Ei}$$

رابطه ۱:

Ei

که در این رابطه 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، P_b وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، A مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع، D_{root} عمق توسعه ریشه بر حسب متر و E_i راندمان آبیاری می‌باشند.

مقدار مصرف پتاسیم و روی بر اساس میزان توصیه شده کود مایع برگ پاش ذرت به ترتیب به میزان دو و سه در هزار تعیین گردید. منبع کودی مورد استفاده کود مایع پتاسیم ۴۰ درصد و کود مایع روی ۷ درصد بود و محلول‌پاشی به صورتی که تمام سطح گیاه پوشش داده شود در هنگام سپیده دم صورت گرفت. هر تیمار در هر تکرار در پلات‌هایی شامل شش خط پنج متری با فاصله ۷۵ سانتی متر بین ردیف‌ها و فاصله ۱۸ سانتی متر بین بوته‌ها روی ردیف و عمق کاشت ۳-۵ سانتی متر اعمال شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مرفولوژیک مانند تعداد برگ در بوته، طول بلال، قطر بلال و قطر کچلی بلال در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (در زمان ایجاد لایه سیاه در قاعده دانه‌ها) انجام شد. لازم به ذکر است اندازه‌گیری‌های یاد شده در مزرعه به صورت تصادفی از ده بوته در هر کرت فرعی انجام شد. برای تعیین طول کچلی بلال، به صورت تصادفی، ۵ بلال از هر تیمار جدا و با استفاده از خط‌کش طول کچلی اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی پس از حذف ۰/۵ متر از دو انتهای خطوط، تمامی بلال‌های موجود در سه خط میانی به طول سه متر به صورت دستی برداشت و پس از خشک شدن در آون جداسازی دانه‌ها به صورت دستی انجام گرفت و بوجاری با رطوبت ۱۴ درصد وزن شد (لطفی آقا و همکاران، ۱۳۹۶).

برای اندازه‌گیری نیتروژن برگ، ۰/۳ گرم از نمونه برگ که از ۵ بوته به طور تصادفی برداشت شده بودند، با استفاده از سولفوریک اسید و سالیسیلیک اسید و آب اکسیژنه هضم و سپس با دستگاه کج‌دال مقدار آن مشخص گردید (Svecnjak and Rengel, 2006). برای سایر عناصر یک گرم از نمونه‌ها در کوره الکتریکی در درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت قرار گرفت تا خاکستر شوند، سپس با اسید کلریدریک ۲ نرمال هضم شدند. مقادیر پتاسیم و فسفر موجود در نمونه‌های برگ به ترتیب با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر و با اسپکتروفتومتر طول موج ۸۸۰ نانومتر به روش کالری‌متری اندازه‌گیری شد (Jones et al., 1991). به منظور تعیین عنصر غذایی کم مصرف در نمونه‌های گیاهی به روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب اسید کلریدریک استفاده شد. پس از تهیه عصاره، عنصر روی در برگ با روش جذب اتمی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTATC انجام و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد برگ به صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم و اثر متقابل محلول پاشی روی × پتاسیم و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی × پتاسیم قرار گرفت ($P < 0.05$) (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ برابر ۱۵ برگ در تیمار آبیاری مطلوب به همراه محلول پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی داشت و کمترین تعداد برگ برابر ۱۳ برگ در تیمار تنش در مرحله ۱۲ برگی و عدم محلول پاشی پتاسیم و روی به دست آمد. در هر سه مرحله عملیات آبیاری استفاده از تیمارهای محلول پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی باعث تعدیل شرایط تنش شده و باعث افزایش تعداد برگ نسبت به تیمارهای عدم محلول پاشی پتاسیم و روی گردید (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج Zhao و همکاران (۲۰۱۸)، Fernandez و همکاران (۲۰۱۸) و Haleema و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت. می‌توان از طریق تأمین آب و عناصر غذایی به منظور بهبود شرایط برای افزایش تعداد برگ و فتوسنتز، عملکرد دانه را بالا برد. به نظر می‌رسد که تحت شرایط تنش کمبود آب فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده شده و انتقال مواد جذب شده از ریشه به اندام هوایی کاهش می‌یابد (Mostajeran and Rahimi-Eichi, 2009)، شواهد حاکی از آن است که افزایش ABA در پتانسیل‌های پایین آب، اثرات متفاوتی بر رشد ریشه و و اندام‌های هوایی دارد، به طوری که رشد اندام‌های هوایی را متوقف ساخته، اما رشد ریشه تداوم می‌یابد (Creelman *et al.*, 1990). از طرفی Manivel و همکاران (۱۹۹۵) اعلام نمودند گیاهانی (*Camellia sinensis*) که پتاسیم دریافت نمودند، توزیع و حرکت مواد فتوسنتزی تسریع و ذخیره هیدرات‌های کربن در ریشه‌ها حفظ گردید و اثر تنش در برگ‌های تیمار شده با پتاسیم در حداقل بود. Hammantaranjan (۱۹۹۶) بیان نمود که با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد. با انجام محلول پاشی کمبود این عنصر در گیاه جبران خواهد شد. هم‌چنین Hong و Ji-Yun (۲۰۰۷) در ذرت (*Zea mays* L.) اعلام نمودند تحت شرایط کمبود روی استفاده از روی، بیشترین افزایش مربوط به قطر ساقه و سپس برگ ذرت بوده در حالی که کمترین میزان افزایش در ریشه‌ها مشاهده شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

طول، قطر و کچلی بلال

اثر تیمار تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی × پتاسیم بر طول، قطر و کچلی بلال در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین طول بلال به میزان ۲۶/۶ سانتی -

متر در تیمار آبیاری مطلوب همراه با دو مرحله محلول پاشی پتاسیم و روی در مراحل ۸ و ۱۲ برگی به دست آمد و کمترین آن ۱۷/۶ سانتی متر در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی و عدم محلول پاشی پتاسیم و روی به دست آمد. با اعمال تنش در مرحله تاسل شاهد کاهش قطر بلال و افزایش کچلی نسبت به دو شرایط مطلوب و تنش در مرحله ۱۲ برگی مشاهده شد، اما محلول پاشی پتاسیم و روی از طریق افزایش مواد فتوسنتزی و تولید مواد پرورده و تعدیل شرایط تنش باعث افزایش قطر بلال و کاهش کچلی شدند (جدول ۳). نتایج مشابهی توسط Yue و همکاران (۲۰۱۸) به دست آمد. افزایش طول و قطر بلال نشان از افزایش عملکرد است، زیرا این دو صفت با تعداد دانه و وزن دانه مرتبط هستند. طول و قطر بلال به عنوان جایگاه استقرار دانه از اجزای مهم عملکردی ذرت می باشند که کاهش آن ها در شرایط تنش کمبود آب به کاهش انتقال آسیمیلات ها به اندام هوایی نسبت داده می شود (Khan et al., 2005)، اما پتاسیم و روی با تاثیر بر افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به بلال توانستند طول و قطر بلال را افزایش دهند. تنش قطع آبیاری در زمان گرده افشانی، از طریق پساییده کردن دانه های گرده و عدم تلقیح مناسب، تعداد دانه را کاهش داده که منجر به افزایش کچلی بلال شد در حالی که پتاسیم و روی از طریق حفظ رطوبت گرده و تلقیح مناسب، کچلی را کاهش دادند (Yasin et al., 2017).

نیتروژن برگ

نتایج این تحقیق نشان داد نیتروژن برگ به صورت معنی داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم و محلول پاشی روی و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری $\times$ محلول پاشی روی $\times$ پتاسیم قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن برگ در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی روی و پتاسیم در مرحله ۸ و ۱۲ برگی به میزان ۴/۳ درصد مشاهده شد. کمترین میزان نیتروژن برگ نیز در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل و عدم محلول پاشی روی و پتاسیم (۱/۷۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج Navsare و همکاران (۲۰۱۸)، Jayasavkar و همکاران (۲۰۱۷) و Ghorchiani و همکاران (۲۰۱۸) با نتایج به دست آمده مطابقت داشت. تحت شرایط تنش کمبود آب، بازیابی مواد و به ویژه نیتروژن کاهش می یابد و از آنجایی که کلروپلاست ها برای ساخت کلروفیل نیازمند نیتروژن می باشند، سرعت تولید کلروفیل کاهش یافته و کندتر می گردد (Paknejad et al., 2007). نتایج نشان می دهد محلول پاشی پتاسیم و روی می تواند به وسیله افزایش جذب نیتروژن و فراهمی آن برای گیاه عملکرد دانه را افزایش دهد. عناصر پتاسیم و روی باعث فعال سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم ها نظیر آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتایون ردوکتاز می شود به طوری که برای سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات ها لازم و ضروری است و همین امر باعث افزایش عملکرد دانه می گردد که مطالعه Pandey و همکاران (۲۰۰۶) این نتایج را تأیید نمود. پژوهشگران دیگر نظیر Amanullah و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) گزارش کردند که محلول -

پاشی عناصر روی و پتاسیم باعث افزایش محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. Safyan و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند محلول پاشی عنصر روی سبب افزایش غلظت عنصر نیتروژن در دانه ذرت شد. بر اساس گزارشات ساجدی و همکاران (۱۳۸۹) با محلول پاشی روی در گیاه ذرت، توانایی گیاه برای تنظیم مقدار نیتروژن، افزایش یافته به نحوی که این عنصر به مقدار متعادل از طریق ریشه جذب و به قسمت‌های هوایی گیاه منتقل شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. هم‌چنان که Puenayan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند پتاسیم بازدهی نیتروژن را افزایش می‌دهد. از طرفی Zafar و همکاران (۲۰۱۸) در گندم (*Triticum aestivum* L.) بیان داشتند که پتاسیم و روی بر متابولیسم نیتروژن مؤثر است و می‌توان به افزایش کارایی جذب نیتروژن در حضور عنصر روی اشاره کرد (Roemheld and Marschner, 1991).

فسفر برگ

اثر تیمار تنش قطع آبیاری، محلول پاشی روی و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری $\times$ محلول پاشی روی $\times$ پتاسیم بر فسفر برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار فسفر برگ گیاه در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی روی در مرحله ۸ و ۱۲ برگی و عدم محلول پاشی پتاسیم به میزان ۰/۵ درصد به‌دست آمد. کمترین میزان فسفر برگ به میزان ۰/۲۸ در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل و محلول پاشی پتاسیم در مرحله ۸ و ۱۲ برگی و عدم محلول پاشی روی به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج Jayasavkar و همکاران (۲۰۱۷)، Moreira و همکاران (۲۰۱۸) و Arpitha و Bidari (۲۰۱۸) با نتایج به‌دست آمده مشابهت داشت. تنش کمبود آب سبب کاهش جذب فسفر در گیاه می‌گردد. کاهش مقدار فسفر در گیاه در نتیجه تنش کمبود آب احتمالاً به دلیل دسترسی کم این عنصر برای گیاه در نتیجه کاهش تحرک آن در شرایط تنش می‌باشد (Singh and Singh, 2009). در این پژوهش استفاده از عناصر روی و پتاسیم باعث افزایش جذب بیشتر عنصر فسفر گردید، با توجه به تأثیر این عنصر بر ساخت کلروفیل و افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ، عملکرد دانه نیز افزایش یافت و سودمندی این عنصر در افزایش سطوح برداشت نمایانگر گردید (Fageria et al., 2002). از طرفی افزایش میزان فسفر برگ در واکنش به مصرف کود روی و پتاسیم و افزایش عملکرد دانه می‌تواند به دلیل نقش این عنصر در تقسیمات سلولی، متابولیسم هیدروکربن‌ها و انتقال آن‌ها، نقل و انتقال مواد محلول بین سلول‌ها و هم‌چنین نقش کلیدی این عنصر در تشکیل دانه به دلیل تأثیر بر فرایندهای زایشی و ماده‌سازی باشد که با نتایج حقیقی و همکاران (۱۳۹۰) و ملکوتی و طهرانی (۱۳۹۴) مطابقت داشت. در این رابطه ساجدی و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) گزارش نمودند که با محلول پاشی کود روی

میزان جذب فسفر نسبت به شاهد افزایش یافت که نتایج این تحقیق را تأیید نمود. هم‌چنین Ayad و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که محلول‌پاشی روی باعث شد که فسفر بیشتری جذب شود، زیرا عنصر روی دارای نقش مهمی در تعداد زیادی از واکنش‌های متابولیکی می‌باشد و با تحریک متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و DNA باعث جذب بیشتر فسفر شد.

پتاسیم برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که پتاسیم برگ به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری $\times$ محلول‌پاشی روی $\times$ پتاسیم قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۲). بیشترین مقدار پتاسیم برگ در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی روی و پتاسیم به میزان ۳/۷۰ درصد مشاهده شد و کمترین آن در تیمار آبیاری مطلوب و عدم محلول‌پاشی روی و پتاسیم (۱/۳۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مشابهی توسط Shat و همکاران (۲۰۱۷)، Navsare و همکاران (۲۰۱۸) و Zivdar و همکاران (۲۰۱۶) به‌دست آمد. محلول‌پاشی پتاسیم طول کچلی را کاهش داد که نشان از افزایش تعداد دانه است که مهمترین جزء عملکرد محسوب می‌گردد. محققان تاثیر پتاسیم را به‌علت افزایش فتوسنتز ناشی از تاخیر در پیر شدن برگ‌ها و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه بیان کردند (Fusheing, 2006). Abdel-Rahman و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه نخود (*Vigna unguiculata* L.) نشان دادند با افزایش شدت تنش کمبود آب میزان پتاسیم در اندام هوایی به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد که دلیل این امر می‌تواند به‌علت نقش این کاتیون‌ها در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزه‌ای باشد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵). Yanoch و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند گیاه برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش کمبود آب میزان پتاسیم را در بافت‌های گیاهی افزایش می‌دهد. از طرفی Bukvice و همکاران (۲۰۰۳) در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) گزارش کرده‌اند که تعدیل اثرات منفی خشکی از طریق حفظ فشار آماس، کاهش تعرق و افزایش کارایی مصرف آب بواسطه مصرف پتاسیم بوده است.

در اثر تنش قطع آبیاری به‌علت کاهش فشار تورژسانس باعث می‌شود که ساختار کلروپلاست‌ها بهم بریزد که یکی از دلایل کاهش فتوسنتز، شاخص کلروفیل و عملکرد دانه، بهم ریختگی ساختار کلروپلاست و غشای تیلاکوئیدها می‌باشد. در این تحقیق با محلول‌پاشی پتاسیم و روی غلظت پتاسیم در برگ‌ها افزایش یافت و همین امر موجب سلامت غشا و افزایش عملکرد دانه گردید، زیرا پتاسیم نقش مهمی را در تنظیم اسمزی از طریق افزایش غلظت مواد محلول به منظور حفظ فشار تورژسانس غشا سلول‌های محافظ روزه ایفا می‌کند (طباطبایی، ۱۳۹۳). هم‌چنین پتاسیم نقش‌های مهمی را در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک از قبیل فتوسنتز، انتقال مواد پرورده به مخازن، حفظ آماس، هدایت روزه‌ای، فعالیت آنزیمی،

توسعه سلولی، خنثی‌سازی یون‌های دارای بار منفی غیرقابل انتشار و قطبی نمودن غشاء، کمک در انتقال قند و نشاسته، کمک در جذب نیتروژن و سنتز پروتئین و در نهایت بهبود عملکرد محصول به‌عهده دارد (Mengel and Kirkby, 2000). Cakmak (۲۰۰۵) گزارش نمود پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقاء گیاهان تحت شرایط تنش محیطی بازی می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. به‌طوری که در شرایط تنش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان به‌شدت تحریک می‌شود. وی نیاز پتاسیم بالا را در شرایط تنش به‌نقش بازدارندگی پتاسیم در مقابل تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPH نسبت داد. بر طبق اظهارات ساجدی و همکاران (۱۳۸۹) با محلول‌پاشی روی در گیاه ذرت، توانایی گیاه برای تنظیم مقدار پتاسیم، افزایش یافته به نحوی که این عنصر به مقدار متعادل از طریق ریشه جذب و به قسمت‌های هوایی گیاه منتقل شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

روی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد روی برگ به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه تنش قطع آبیاری $\times$ محلول‌پاشی روی $\times$ پتاسیم قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین مقدار روی برگ در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل به‌همراه محلول‌پاشی روی و پتاسیم در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی به میزان ۵۰ میلی‌گرم بر گرم و کمترین آن در تیمار آبیاری مطلوب و عدم محلول‌پاشی روی و پتاسیم به‌میزان ۲۱/۴۷ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد (جدول ۳). Purushottam و همکاران (۲۰۱۸)، Bharati و همکاران (۲۰۱۸) و Jaksomsak و همکاران (۲۰۱۸) نتایج مشابهی داشتند. عنصر روی از طریق تاثیر بر افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توانست عملکرد را افزایش دهد. افزایش غلظت عنصر روی در هنگام بروز تنش خشکی به‌حفظ تعادل رطوبتی کمک می‌نماید که این پدیده به‌دلیل کاهش پتانسیل آب در شیره سلولی به‌منظور مقابله با تنش است، اما در شرایط حاکم بر خاک‌های ایران از جمله شوری بالا و آهکی بودن، فقر فراهمی روی در خاک‌ها وجود دارد (Ziaeyan and Malakooti, 2005) بنابراین مصرف خاکی روی به تنهایی بر غلظت این عنصر اثر نداشته و افزایش معنی‌دار میزان روی در اندام‌های هوایی گیاهانی دیده می‌شود که این عنصر را به‌صورت محلول‌پاشی دریافت کرده باشند (Schmidhalter, 2005). میزان عنصر روی در دانه بستگی به‌مقدار جذب این عنصر به‌وسیله ریشه در طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عنصر از بافت گیاه به برگ و دانه از طریق آوند آبکش دارد و مقدار انتقال مجدد از این طریق بستگی زیادی به حرکت هر عنصر در آوند آبکش دارد و عنصر روی انتقال مجدد قابل توجهی از برگ‌ها به دانه دارد (Alloway, 2008). Yadavi و Saeedi Abooshaghi (۲۰۱۶) گزارش نمودند محلول‌پاشی روی غلظت این

جدول ۲: میانگین مربعات صفات تحت تأثیر تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم و روی

میانگین مربعات									
درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد برگ	طول بلال	کچلی بلال	قطر بلال	نیترژن برگ	فسفر برگ	پتاسیم برگ	روی برگ
سال (Y)	۶۹۶۸۹ns	۰/۰۹ns	۰/۹۰ns	۰/۳ns	۰/۳۱ns	۰/۲۵ns	۰/۰۰۱۴ns	۰/۲۶ns	۳۹/۵ns
تکرار (سال) (R(Y)	۳۷۱۸ns	۰/۰۱ns	۱/۳۷ns	۰/۰۷ns	۰/۰۵ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۴۵ns	۱/۵۹ns
تنش قطع آبیاری (I)	۱۲۵۱۸۰۴**	۱۵/۴**	۲۲۳/۰۷**	۲۴/۵۸**	۲۵/۳**	۱۳/۶۴**	۰/۱۶**	۱۷/۱**	۱۶۴۷/۰**
سال × تنش قطع آبیاری (I × Y)	۱۷۵۸ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۸ns
خطای اصلی	۴۲۳۶	۰/۷۶	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۴	۰/۵۷
محلول پاشی پتاسیم (K)	۱۰۹۵۵۲**	۱۶/۲**	۱۰۰/۵**	۱۵/۹۷**	۸/۶۷**	۸/۵۸**	۰/۰۰۹ns	۱۱/۴۱**	۵۶۴/۱**
سال × محلول پاشی پتاسیم (Y × K)	۱۵۶۸ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۱۵ns	۲/۲۲ns
تنش قطع آبیاری × محلول پاشی پتاسیم (I × K)	۴۸۴۷۵**	۱/۰۴ns	۱۲/۴ns	۱/۱۵ns	۰/۴۶ns	۰/۷۳**	۰/۰۱۳**	۰/۵۳**	۱۵/۵۴ns
سال × تنش قطع آبیاری × محلول پاشی پتاسیم (Y × I × K)	۱۰۳۱ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۰/۹۱ns
خطای فرعی	۸۶۷۸	۱/۰۷	۷/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۱۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷	۷/۵۸
محلول پاشی روی (Z)	۱۱۴۱۱۶**	۴/۰۲ns	۳۷/۹**	۳/۱۱*	۵/۰۶**	۴/۵۹**	۰/۰۳۳**	۱/۵۲**	۱۹۱۵/۱**
سال × محلول پاشی روی (Y × Z)	۴۵۳۰ns	۰/۰۱ns	۰/۱۹ns	۰/۰۵ns	۰/۰۲ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۲ns	۷/۰۸ns
تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی (I × Z)	۸۹۱۲ns	۰/۳۸ns	۶/۲۶ns	۱/۶۸ns	۰/۷۲ns	۰/۳۲ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۳ns	۱۷/۷۸ns
سال × تنش قطع آبیاری × روی (Y × I × Z)	۷۹۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۴ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۰۰۲ns	۰/۰۲ns	۰/۸۲ns
محلول پاشی روی × پتاسیم (K × Z)	۱۵۶۲۵۴**	۵/۴۹**	۵۲/۵**	۴/۴۴**	۲/۸۸**	۱/۱۵**	۰/۰۰۵۳ns	۰/۷۲**	۱۱۳/۳۴**
سال × محلول پاشی روی × پتاسیم (Y × Z × K)	۲۲۸۳ns	۰/۰۱ns	۰/۱۰ns	۰/۰۱۷ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۲۵ns	۰/۰۱ns	۷/۳۳ns
تنش قطع آبیاری × روی × پتاسیم (I × Z × K)	۱۱۰۳۴۳**	۳/۸۳*	۲۸/۹**	۲/۴۱*	۰/۸۴*	۰/۶۵**	۰/۰۱۱**	۰/۳۳**	۳۰/۲۰**
سال × تنش قطع آبیاری × روی × پتاسیم (Y × I × Z × K)	۳۵۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۱ns	۲/۰۹ns
اشتباه	۱۰۲۱۷/۹	۰/۶۴	۵/۶۳	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۰۹۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۴۱	۵/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	۱۳/۰۲	۵/۷۵	۱۱/۲۹	۱۷/۳	۸/۱۱	۱۰/۵۱	۱۱/۸۵	۸/۲۹	۷/۴۲

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ns غیرمعنی دار

جدول ۳: مقایسه میانگین مراحل مختلف تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم و محلول پاشی روی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه، خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و میزان عناصر برگ

I×K×Z	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	تعداد برگ	طول بلال (سانتی‌متر)	کجلی بلال (سانتی‌متر)	قطر بلال (سانتی‌متر)	نیترژن برگ (درصد)	فسفر برگ (درصد)	پتاسیم برگ (درصد)	روی برگ (میلی‌گرم بر گرم)
I0K0Z0	۸۳۵/۷d	۱۴/۳۴c	۲۳/۶b	۴/۱b	۵/۲b	۳/۲۴e	۰/۴۵b	۱/۳۶j	۳۱/۴۷f
I0K0Z1	۸۸۳/۶cd	۱۴/۵۲b	۲۲/۵bc	۳/۷b	۵/۲b	۳/۳۲e	۰/۴۷a	۱/۵۷i	۲۵/۹۳e
I0K0Z2	۹۵۲/۳c	۱۴/۶۱b	۲۲/۷bc	۳/۶b	۵/۵b	۳/۱۷e	۰/۵۰a	۱/۶۲i	۲۹/۱۵d
I0K1Z0	۸۵۹/۱d	۱۳/۵۰d	۲۰/۱d	۳/۱C	۵/۴b	۳/۳۱e	۰/۴۳bc	۱/۵۰i	۲۲/۹۹f
I0K1Z1	۸۷۸/۶cd	۱۴/۲۶c	۲۱/۴c	۲/۵c	۵/۲a	۳/۱۸e	۰/۴۴b	۱/۹۲g	۲۶/۹۱e
I0K1Z2	۱۰۰۶/۸b	۱۴/۶۵b	۲۳/۱b	۳/۳b	۵/۹b	۳/۷۴c	۰/۴۶b	۱/۹۵g	۳۰/۷۸cd
I0K2Z0	۹۴۴/۵c	۱۴/۷۴b	۲۳/۳b	۲/۶c	۵/۷ab	۳/۱۳e	۰/۴۲bc	۱/۹۲g	۲۳/۳۳f
I0K2Z1	۱۰۰۲/۴b	۱۴/۵۷b	۲۴/۷b	۲/۸c	۶/۰a	۳/۵۴d	۰/۴۵b	۱/۹۶g	۲۸/۴۰d
I0K2Z2	۱۰۷۳/۸a	۱۴/۹۶a	۲۶/۶a	۲/۴c	۶/۸a	۴/۳۰a	۰/۴۷a	۲/۴۲fg	۳۷/۲۹c
I1K0Z0	۷۵۵/۲de	۱۳/۳۰e	۱۷/۶e	۳/۶b	۴/۸c	۲/۴۸h	۰/۳۲e	۲/۱۳g	۲۲/۸۳f
I1K0Z1	۷۵۹/۹de	۱۴/۰۱c	۲۱/۷d	۳/۶b	۴/۸c	۲/۶۶g	۰/۴۳bc	۲/۰۰g	۲۶/۵۰e
I1K0Z2	۷۹۷/۲d	۱۴/۸۱b	۲۰/۶d	۵/۰a	۵/۰b	۲/۶۴g	۰/۴۵b	۲/۲۶g	۳۲/۶۶c
I1K1Z0	۷۱۸/۶e	۱۳/۵۴d	۲۰/۶d	۳/۰c	۴/۸c	۲/۵۳g	۰/۳۹c	۲/۴۸f	۲۴/۵۸e
I1K1Z1	۷۶۰/۸de	۱۴/۱۵c	۲۱/۵c	۲/۶c	۵/۶b	۳/۵۰d	۰/۴۷ab	۲/۶۵f	۳۳/۳۳c
I1K1Z2	۸۱۶/۷d	۱۴/۴۲b	۲۲/۳bc	۳/۴b	۵/۶b	۳/۴۶d	۰/۴۸a	۳/۳۱c	۳۳/۵۴c
I1K2Z0	۸۱۳/۳d	۱۳/۴۰e	۲۱/۵c	۳/۱c	۶/۱a	۳/۶۰d	۰/۳۵d	۲/۷۴e	۲۵/۴۱e
I1K2Z1	۸۸۵/۷cd	۱۴/۴۶c	۲۱/۳c	۲/۴c	۵/۸a	۳/۸۴c	۰/۴۲bc	۲/۹۲e	۳۲/۷۸c
I1K2Z2	۹۴۲/۵c	۱۴/۷۵b	۲۳/۷b	۲/۶c	۶/۵a	۴/۱۹b	۰/۴۲bc	۳/۶۰b	۴۶/۷۸ab
I2K0Z0	۵۷۹/۷f	۱۳/۴۹d	۱۹/۹d	۶/۲a	۳/۴e	۱/۷۶i	۰/۳۶d	۲/۰۶g	۲۹/۳۳d
I2K0Z1	۵۸۷/۵f	۱۳/۷۳d	۲۰/۶d	۵/۰a	۴/۶d	۱/۸۷i	۰/۳۹c	۲/۱۷g	۳۴/۲۶c
I2K0Z2	۶۸۷/۶e	۱۳/۸۹d	۲۰/۹c	۵/۱a	۴/۲d	۲/۲۵g	۰/۴۱c	۲/۵۲f	۴۱/۲۸b
I2K1Z0	۵۸۹/۳f	۱۳/۸۵d	۲۱/۶c	۳/۸b	۳/۷e	۲/۰۸h	۰/۳۰e	۲/۹۱e	۳۲/۱۴c
I2K1Z1	۶۱۱/۸f	۱۳/۳۳d	۲۲/۱c	۵/۳a	۴/۵d	۲/۳۰g	۰/۳۴d	۲/۸۶e	۳۶/۳۳c
I2K1Z2	۷۲۱/۰e	۱۳/۵۷d	۲۴/۱b	۵/۲a	۴/۳d	۲/۶۹f	۰/۳۹c	۲/۸۱e	۴۲/۶۱b
I2K2Z0	۶۵۹/۶e	۱۳/۹۵cd	۲۱/۷c	۴/۱b	۴/۳d	۲/۴۹g	۰/۲۸e	۳/۱۱d	۳۲/۸۷c
I2K2Z1	۶۵۶/۸e	۱۴/۵۰b	۲۳/۳b	۳/۸b	۴/۶c	۳/۰۵e	۰/۳۶d	۳/۵۶b	۴۲/۹۷b
I2K2Z2	۷۶۳/۶de	۱۴/۶۷b	۲۴/۱b	۳/۵b	۵/۵b	۳/۵۵d	۰/۳۴d	۳/۷۰a	۵۰/۰۰a

I: آبیاری مطلوب، I1: تنش در مرحله ۱۲ برگی، I2: تنش در مرحله ظهور گل آذین‌نر، K0: عدم محلول پاشی پتاسیم، K1: یک مرحله محلول پاشی پتاسیم در مرحله ۸ برگی، K2: دو مرحله محلول پاشی پتاسیم در مراحل ۸ برگی و ۱۲ برگی، Z0: عدم محلول پاشی روی، Z1: یک مرحله محلول پاشی روی در مرحله ۸ برگی، Z2: دو مرحله محلول پاشی روی در مراحل ۸ برگی و ۱۲ برگی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

عنصر را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد. هم چنین بیشترین میزان روی (۳۸/۷۷ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول پاشی و کمترین میزان روی (۲۵/۵۷ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد بود. نتایج تأثیر مثبت محلول پاشی عناصر پتاسیم و روی بر جذب روی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Saeedi et al., 2010; Motaei et al., 2015). Tahir و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که استفاده از روی محصول ذرت (*Zea mays* L.) را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد. روی یکی از عناصر کم مصرف و مهم مورد نیاز ذرت می باشد. این عنصر با افزایش مقدار تنظیم کننده های رشد مانند اکسین، جیبرلین و کمک به متابولیسم مواد و تأثیر بر واکنش های انتقال الکترون در چرخه کربس، در ساخته شدن و تجزیه پروتئین ها نیز دخالت و در نهایت باعث افزایش عملکرد می شود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که عملکرد دانه به صورت معنی داری تحت تأثیر تنش قطع آبیاری، محلول پاشی پتاسیم، محلول پاشی روی و اثر متقابل محلول پاشی روی × پتاسیم و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی × پتاسیم قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار مصرف همزمان کودهای روی و پتاسیم در هر دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی و در شرایط آبیاری مطلوب به میزان ۱۰۷۳/۸ گرم در متر مربع به دست آمد که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها داشت. کمترین مقدار عملکرد دانه در تیمار عدم محلول پاشی روی و پتاسیم و اعمال تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل به میزان ۵۷۹/۷ گرم در متر مربع به دست آمد (جدول ۳). نتایج Yasin و همکاران (۲۰۱۷)، Li و همکاران (۲۰۱۸)، Silva و همکاران (۲۰۱۸) با نتایج به دست آمده مطابقت داشت. محلول پاشی از طریق افزایش جذب مواد غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی و در نتیجه رشد صفات مورفولوژیک مانند تعداد برگ، طول و قطر بلال و کاهش کچلی بلال که نشان دهنده افزایش تعداد دانه است توان تولید عملکرد دانه را افزایش داد. به نظر می رسد که محلول پاشی عناصر در تشکیل و فعالیت هورمون های رشد، طویل شدن فاصله میان گره ها، تشکیل کلروپلاست، سنتز نوکلئوتیدها، تنظیم وضعیت آب گیاه و افزایش نشاسته دانه موثر بوده و از این طریق موجبات افزایش عملکرد محصول را فراهم نموده است (Brighenti and Castro, 2008). کاربرد عناصر روی و پتاسیم با افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه می شوند. جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه، رشد و نمو و فعالیت های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه می شود (Parmer et al., 2000). در این پژوهش نیز افزایش عملکرد دانه می تواند به سبب تأثیر عنصر روی بر سنتز کلروفیل در برگ ها (a و b) و در نتیجه افزایش فتوسنتز و نیز هورمون ایندول استیک اسید تولیدی باشد. در

نتیجه این امر تعداد سلول‌های آندوسپرم در بذر افزایش می‌یابد و بر میزان ذخیره مواد در بذور افزوده می‌شود (Devlin and Withan, 1983). از طرفی با توجه به نقش اساسی پتاسیم در افزایش سرعت فتوسنتز، جذب دی‌اکسیدکربن و تسهیل در فرآیند انتقال کربن از منابع به مخازن (Sangakkara et al., 2000) سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. پتاسیم در بیشتر فرآیندهای مربوط به فعالیت آنزیم‌ها، فتوسنتز، انتقال قندها، سنتز پروتئین، نشاسته، استقرار بهتر گیاه در شرایط تنش رطوبتی به وسیله تنظیم سرعت و میزان باز و بسته شدن روزنه‌ها، بهبود مقاومت به ورس و حمله آفات و بیماری‌ها نقش اساسی دارد (Hoeft et al., 2000) که از طریق اثر مستقیم بر میزان عملکرد دانه تولیدی در هر گیاهی دارد. نتایج Dastbandannejad و همکاران (۲۰۱۰) در ذرت (*Zea mays* L.) نشان داد که با کاربرد پتاسیم تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه افزایش یافت. Woldesenbet و همکاران (۲۰۱۴) در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه از تیماری که عنصر روی را دریافت نموده بود به دست آمد. استفاده از عنصر روی با توجه به تأثیر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان شده و انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها شده لذا عملکرد دانه را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد و کمترین عملکرد دانه از تیمار شاهد به دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. هم‌چنین Bukuvic و همکاران (۲۰۰۳) در ذرت (*Zea mays* L.) نموده‌اند مصرف روی پتاسیم تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. روی پیش ماده سازنده و فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌های موثر و رشد و عملکرد دانه است و تأمین این عنصر می‌تواند باعث واکنش‌های بیوشیمیایی و رشد گیاه گردد و آن‌ها دریافتند که محلول پاشی سولفات روی در شرایط تنش خشکی تأثیر مثبتی بر رشد عملکرد و وزن صد دانه گیاهان دارد که با نتایج این تحقیق هم‌راستا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی باعث کاهش کمتر عملکرد دانه نسبت به قطع آبیاری در مرحله تاسل شد. از طرفی دو مرحله محلول پاشی روی و پتاسیم خسارت ناشی از کم آبیاری را در همه صفات تا حد زیادی جبران نمود. تنش کمبود آب از طریق کاهش جذب عناصر باعث کاهش رشد ویژگی‌های مورفولوژیک از جمله تعداد برگ و طول بلال شد و از آنجایی که جذب و ساخت گیاه به میزان زیادی توسط دو عامل اصلی سطح برگ و فتوسنتز در هر واحد سطح برگ کنترل می‌شود، عملکرد در شرایط تنش کاهش یافت، اما دو مرحله محلول پاشی عناصر روی و پتاسیم نقش مهمی در جلوگیری از اثر کم آبیاری داشت و توانستند با حفظ تداوم جذب عناصر و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در شرایط تنش باعث رشد ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه ذرت شده و توان گیاه را در شرایط کم آبیاری برای تولید عملکرد

دانه افزایش دهند. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده می توان قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگه همراه با محلول پاشی پتاسیم و روی در مراحل ۸ و ۱۲ برگه را برای دستیابی به عملکرد دانه و ویژگی های مرفولوژیکی مناسب توصیه نمود.

منابع

- آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در یونجه های یزدی، نیک شهری و رنجر (*Medicago Satvia L.*). علوم و فنون کشاورزی. ۱۰(۱): ۱۷۴-۱۶۵.
- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۱۸۲. چاپ اول. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.
- حقیقی، خ.، چراتی، ع.، نوری، م. ر. و عبدالملکی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات کاربرد پتاسیم و روی بر عملکرد و جذب پتاسیم و روی در ذرت. ششمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. ۱۱ و ۱۲ اسفند ماه.
- ساجدی، ن. ع.، اردکانی، م. ر.، ساجدی، ع. و بهرامی، ع. ح. ۱۳۸۹. جذب برخی عناصر غذایی تحت تأثیر میکوریزا، سطوح مختلف روی و تنش خشکی در ذرت. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۸(۵): ۷۹۱-۷۸۴.
- شهریاری، ع.، آدام، ب. پ.، آنوار، ب. ع. و گیزان، ب. ص. ۱۳۹۳. بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی ذرت شیرین در مراحل مختلف رشد نسبت به تنش آبیاری و میزان نیتروژن مصرفی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۹(۶): ۱-۱۷.
- طباطبایی، ج. ۱۳۹۳. اصول تغذیه معدنی گیاهان. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۶۲ صفحه.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۴۸۰ صفحه.
- لطفی آقا، م.، مرعشی، س. ک. و بابایی نژاد، ت. ۱۳۹۶. اثر مقادیر پلیمر سوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی های بیوشیمیایی ذرت دانه ای (*Zea mays L.*). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹(۳۴): ۱۰۹-۹۶.
- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات عناصر خرد تأثیر کلان. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۳۲۸ صفحه.

Abdelhameed, A., Abd El-Hady, M. A. 2018. Response of Tomato Plant to Foliar Application of Calcium and Potassium Nitrate Integrated With Different Phosphorus Rates under Sandy Soil Conditions. Egypt Journal of Soil Science. 58(1): 45-55.

Abdel-Rahman M.A., El-Sayed, M., Mostafa M. 2018. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*. 228 (26): 132-144.

Alloway, B. J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition (2th ed.). Brussels: International zinc association (IZA), 136p.

Amanullah, A., Iqbal, A., Irfanullah, C., and Hidayat, Z. 2016. Potassium Management for Improving Growth and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.) under Moisture Stress Condition. *Scientific Reports*. 6:34627. DOI: 10.1038/srep34627.

Arpitha, G.M., and Bidari, B.I. 2018. Influence of Soil and Foliar Application of Potassium Iodate (KIO₃) on Nutrient Status of Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6: 1819-1826.

Arquero, O., Barranco D., and Benlloch, M. 2006. Potassium starvation increases stomata conductance in olive trees. *Horticulture Science*. 41: 433-436.

Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*. 6: 601-608.

Aytak, Z., Gulmezoglu, N., Sirel, Z., and Tolay, I. 2015. The effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Network of Bitany, Horticulture and Agrology*. 42(1): 202-208.

Bharati, D.K., R.B. Verma, V.K. Singh, R. Kumar, S. Sinha, and S.K. Sinha. 2018. Response of Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.) to Foliar Feeding of Micronutrient on the Growth, Yield and Quality. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(2): 2341-2346.

Brighenti, A. M., and Castro, C. 2008. Boron foliar application on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 48:127-136

Bukvice, G., Antunovic, M., Poovic, S., and Rastija, M. 2003. Effect of P and Zn fertilization on biomass, yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant Soil Environmental*. 49: 505-510.

Cagnola, J. I., Chassart, G. J. D. d., Ibarra, S. E., Chimenti, C., Ricardi, M. M., Delzer, B., Ghiglione, H., Zhu, T., Otegui, M. E., Estevez, J. M., Casal, J. J. 2018. Reduced expression of selected *FASCICLIN-LIKE ARABINOGALACTAN PROTEIN* genes associates with the abortion of kernels in field crops of *Zea mays* (maize) and of *Arabidopsis* seeds. *Plant, Cell, Environment*. 41(3): 661-674.

Cakmak, I. 2005. K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal Plant Nutrition*. 168: 521-530.

Creelman, R.A., Mason, H.S., Bensen, R.J., Boyer, J.S., Mullet, J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. *Plant Physiology*. 92: 205-214.

Danforth, A.T. 2011. Corn crop production: Growth, Fertilization and Yield (Agriculture Issues and policies). Nova science publishers. 377 p.

Dastbandannejad, S., Saki, S., and Lack, SH. 2010. Study effect drought stress and different levels potassium fertilizer on K accumulation in corn. *Nature Science*. 8: 23-28.

Devlin, R. M., and Withan, F. H. 1983. *Plant Physiology*. 4th Edition. Wadsworth Publishing Company. A Division of Wadsworth. Belmont, California.

Fageria, N. K., Baligar, C., and Clark, R. B. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*. 77: 185-268.

FAO. 2015. Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.

Fernandez, J. L., Orozco, L. F. O., and Munera, L. F. M. 2018. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the yield of broccoli cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*. 71(1): 8375-8386.

Fusheing, L. 2006. Potassium and Water Interaction. International Workshop on Soil Potassium and K Fertilizer Management. Agricultural College Guangxi University. 1-32

Ghooshchi, F., Seilsepour, M., and Yafari, P. 2008. Effects Of Water Stress On Yield And Some Agronomic Traits Of Maiz (Sc301), *World Your Nal Of Agricultural Sciences* 4(6): 684-687.

Ghorchiani, M., EtesamiHosseini, H., Alikhani, A. 2018. Improvement of growth and yield of maize under water stress by co-inoculating an arbuscular mycorrhizal fungus and a plant growth promoting rhizobacterium together with phosphate fertilizers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 258 (15): 59-70.

Haleema, B., Rab, A. and Hussain, S. A. 2018. Effect of Calcium, Boron and Zinc Foliar Application on Growth and Fruit Production of Tomato. *Sarhad Journal of Agriculture*. 34(1): 19-30.

Hamantaranjan, A. 1996. Physiology an biochemical significance of zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research*, PP: 151-178. Hamantaranjan, A. (Ed). Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India.

Hamouda, H. A., El-Dahshouri, M. F., Manal, F. M., and Thaloorth, A. T. 2015. Growth, yield and nutrient status of wheat plants as affected by potassium and iron foliar application in sandy soil. *International Journal of ChemTech Research*. 8(4): 1473-1481.

Hoeft, R. G., Nafziger, E. D., Johnson, R. R., and Aldrich, R. 2000. Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, USA.

Hong, W., Ji-Yun, J. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). Science Direct Agriculture Science 6: 988-995.

Jaksomsak, P., Tuiwong, P., Rerkasem, B., Guild, G., Palmer, L., Stangoulis, J. and Prom-u-thai, C. 2018. The impact of foliar applied zinc fertilizer on zinc and phytate accumulation in dorsal and ventral grain sections of four thai rice varieties with different grain zinc. Journal of Cereal Science. 79: 6-12.

Jayasankar, M., Venkata Lakshmi, N., Venkateswarlu, B., Ratna Prasad, P. 2017. Productivity and nutrient uptake of semi dry rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by different sources of fertilizers and zinc application. Journal Research Angrau. 45(4): 55-61.

Jones, J., Wolf, B., and Mills, H. A. 1991. Plant Analysis Handbook, Micro-macro. Publishing, Inc, Athens, GA.

Khan, B. R., Khanzada, A., Khan, B. 2005. Effects of sowing data on Yield of maize under agroclimatic condition of kaghan valley. Asian Journal of Plant Science. 2: 140-147.

Li, X., Kang, S., Zhang, X., Li, F., Lu, H. 2018. Deficit irrigation provokes more pronounced responses of maize photosynthesis and water productivity to elevated CO₂. Agricultural Water Management. 195: 71–83.

Ma, Q. SH., Niknam, R., and Turner, D. W. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica jounce to soil water deficit at different growth stages. Australia Journal Agriculture Research. 57: 221-226.

Manivel, L ., Kumar, R. R., Marimuthu, S., and Venkatesalu, V. 1995. Foliar application of potassium for increasing drought tolerance in tea. Journal of potassium Research. 11(1): 81-87.

Mengel, K., and Kirkby, M. 2000. Principles of plant nutrition. 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Moreira, A., Moraes, L. A. C., Moretti, L. G., and Aquino, G. S. 2018. Phosphorus, Potassium and Sulfur Interactions in Soybean Plants on a Typic Hapludox. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49(4): 405-415.

Mosanna, R., and Behrozyar, E. K. 2015. Morpho- physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. Journal on New Biological Reports. 4(1): 46-50.

Mostajeran, A., and Rahimi-Eichi, V. 2009. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Pakistan Journal Biological Sciences. 11(18): 2173-2183.

Motaei, S., Amirinia, R., Tajbakhsh, M., and Abdollahi Mandolkhani, B. 2015. Effect of iron, zinc and manganese and their method of application on phenology, yield and quality of sweet corn grain. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*. 4 (11): 230-240.

Munirah, N., Khairi, M., Nozulaidi, M., and Jahan, M. 2015. The Effects of Zinc Application on Physiology and Production of Corn Plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 9(2): 362-367.

Naeem, M., Naeem, M. S., Ahmad, R., Ihsan, M. Z., Ashraf, M.Y., Hussain, Y. 2018. Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. *Journal Archives of Agronomy and Soil Science* .64: 116-131.

Navsare, R.I., Mane, S.S., and Mahorkar, K.D. 2018. Effect of Potassium and Zinc Solubilizing Microorganism on Nutrient Uptake and Microbial Population of Mungbean. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(2): 682-685.

Paknejad, F., Nasri, M., and Tohidi Moghadam, H. R. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences*. 7(6): 841-847.

Pandey, N., Pathak, G. C., and Sharma, C. P. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 20: 89-96.

Parmer, D. K., Sharma, P. K., and Sharma, T. R. 2000. Integrated nutrient supply system for 'DPP 68' vegetable pea (*Pisum sativum* var *arvense*) in dry temperate zone of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 68(2): 68-86.

Puenayan, A., Cordoba, F., Unigarro, A. 2010. Respuesta del brocoli (*Brassica oleracea* L.) Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Narino. *Revista de Agronomía*. 27(1): 49-57.

Purushottam, B. K., Saren, C. S., Kumar, Kh., and Sodi, B. 2018. Effect of irrigation scheduling and zinc application on chlorophyll content, zinc content, uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(1): 1834-1837.

Razzaq, M.R., Muhammad Anjum, F., and Issa Khan, M. 2012. Effect of extruder variables on chemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) extrudates. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 22(2):108-116.

Roemheld, V., and Marschner, H. 1991. Function of micronutrients in plants. In: *Micronutrients in agriculture*, Mortvedt, (Ed.). Soil Science Society of American Inc, Madison, Wisconsin. pp: 297-328.

Saeedi Abooshaghi, R. A., and Yadavi, A. R. 2016. The effect of iron and zinc irrigation and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics of red bean. *Journal of Iranian Cereals Research*. 6 (1): 54-65.

Saeidi, M., Moradi, F., Ahmadi, A., Spehri, R., Najafian, G., Shabani, A., 2010. The effects of terminal water stress on physiological characteristics and sink-source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*. 12(4): 392-408. [In Persian with English Summary].

Safyan, N., Naderidarbaghshahi, M. R., Bahari, B. 2012. The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3 (2): 2780-2784.

Sangakkara, U. R., Frehner, M., and Nösberger, J. 2000. Effect of soil moisture and potassium fertilizer on shoot water potential, photosynthesis and partitioning of carbon in mungbean and cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185: 201-207.

Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effect on mineral nutrition of plant. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168: 549 –549.

Shat, T., Khan, A.Z., Numan, M., Ahmad, W., Zahoor, M., Ullah, M., Jalal, A. 2017. Nutrient uptake and yield of wheat varieties as influenced by foliar potassium under drought condition. *Cercetari Agronomice in Moldova*. 2(170): 5-20.

Sheykhabgloo, N., Hassanzadeh Gorttapeh, A., Baghestani, M., and Zand, B. 2011. Study the effect of Zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. *Electronic journal of Crop Production*. 2(2): 59-74.

Silispour, M., Jafari, P., and Molla, C. 2009. Effects of water stress on maize. *Journal of Research in Agricultural Science*. 2(2): 6-17.

Silva, S., Guimaraes, R. F. B., Nascimento, R. d., Oliveira, H. d., Teodoro, I., Cardoso, J. A. F., Bezerra, C. V. d. C., and Penha, J. L. d. 2018. Economic Use of Water in Drip-Irrigated Maize in Semi-Arid Region of Brazil. *Journal of Agricultural Science*. 10(3): 364-369.

Singh, V., and Singh, V. 2009. Response of rainy season sunflower to irrigation and nitrogen under north western Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Science*. 40: 239-242.

Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2006. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. *Plant and Soil* 283: 299- 307.

Tabatabaei, S. A., Shakeri, A., and Nasiri, H. 2015. The Effect of Different Irrigation Methods and Manure Manifestations on Sorghum Single Cullet Cultivar 704. *Iranian Agricultural Research Center*. 12 (4): 766-775.

Tahir, M., Fiaz, N., Nadeem, M. A., khalid, F., and Ali, M. 2007. Effect of different chelated zinc sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Department of agronomy*,

university of Agriculture. Dera Ghazikhan. University of Agriculture, Faisalabad soil and Environ. 28(2): 179-183.

Valadabadi, S.A., Aliabadi, F. H., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K₂O application and irrigation according. Asian journal of agricultural sciencs. 1: 19 -24.

Woldesenbet, M., Tana, T., and Mekonnen, T. 2014. Effect of Integrated Nutrient Management on Yield and Yield Components of Food Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Kaffa Zone, Southwestern Ethiopia. Science, Technology and Arts Research Journal. 3(2): 34-42.

Yanoch, X.F., Bie, Z.L., and Xu, J. L. 2002. Effect of potassium supply on the growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce. International Society for Horticultural Science. 761: 471-476.

Yasin, M. U., Zulfiqar, U., Ishfaq, M, Ali, N., Durrani, S., Ahmad, T. and Saeed, H. S. 2017. Influence of foliar application of zinc on yield of maize (*Zea mays* L.) under water stress at different stages. Journal of global innovation in agricultural and social sciences. 5(4);165-169

Yue, H., Chen, S., Bu, J., Wei, J., Peng, H., Li, Y., Li, C., Xie, J. 2018. Response of Main Maize Varieties to Water Stress and Comprehensive Evaluation in Hebei Province. Earth and Environmental Science. 108 (042002). doi :10.1088/1755-1315/108/4/042002.

Zafar, S., Ashraf, M., and Saleem, M. 2018. Shift in physiological and biochemical processes in wheat supplied with zinc and potassium under saline condition. Journal Journal of Plant Nutrition. 41: 19-28.

Zhao, X., Peng, F., Zhang, J., Peng, Y. 2018. QTL mapping for six ear leaf architecture traits under water-stressed and well-watered conditions in maize (*Zea mays* L.). Plant Breeding. 137(1): 60-72.

Ziaeyan, K. M., Malakooti, J. 2005. The role of micronutrients in increasing crop yield and quality Tarbiat Modarres University Press. 383 pp.

Zivdar, Sh., Arzani, K., Souri, M. K., Moallemi, N., and Seyyednejad, S. M. 2016. Physiological and Biochemical Response of Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars to Foliar Potassium Application. Journal Agriculture Science Technology. 18: 1897-1908.

The effect of potassium and zinc spraying time on grain yield, morphophysiological characteristics and the amount of elements in corn leaf under deficit irrigation conditions

M. Kuchak Dezfuli^{1&2}, A. Shokuhfar^{2*}, Sh. Lack³, M. Alavifazel⁴ and M. Mojaddam⁵

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

2, 3, 4, 5) Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

* Corresponding author: Alireza_Shokuhfar@yahoo.com

Received date: 2019.08.25

Accepted date: 2019.12.23

Abstract

In order to determine the appropriate time of potassium and zinc spraying on yield and morphological characteristics of corn under low irrigation conditions, this research was carried out in summer of 2015 and 2016 in split split plots in a randomized complete blocks design and three replications in Ahvaz. The main factor included irrigation cut in three stages (12 leaf stage, emergence stage of thistle and control) and a sub plots including potassium spraying (8 leaf, 8+12 leaf and control) and sub-sub factor including zinc spraying (8 leaf, 8+12 leaf and control). The results showed the interaction of low irrigation tension, potassium foliar application and zinc were significant on the traits of grain yield, number of leaves, ear length, ear diameter, leaf nitrogen, leaf phosphorus, leaf potassium, and leaf zinc. The highest amounts of grain yield (1073.8 gram per meter square), number of leaves per plant (14.96), ear length (26.6 cm), ear diameter (6.8 cm) and leaf nitrogen (4.3 percent) was obtained in complete irrigation with potassium and zinc spraying in two steps of 8 and 12 leaf stage. Improving all qualifications measured by two stages of potassium and zinc spraying under deficit irrigation conditions, could greatly compensate the damage caused by tension and increase the grain yield.

Keywords: Optimal irrigation, Tassal emergence, Grain yield and Ear length.