اثر زمان محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد دانه، ویژگی‌های مرفولوژیک و میزان عناصر موجود در برگ ذرت (S.C704) در شرایط کم آبیاری

مرتضی کوچک دزفولی[۱و۲]، 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 دریافت: ۹۸/۰۶/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۲**

چکیده

به منظور تعیین زمان مناسب محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد و ویژگی‌های مرفولوژیک ذرت در شرایط کم آبیاری، پژوهشی در تابستان سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌صورت 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 برگی، مرحله ظهور تاسل و شاهد) و عامل فرعی شامل محلول‌پاشی پتاسیم (۸ برگی، ۸+۱۲ برگی و شاهد) و عامل فرعی فرعی شامل محلول‌پاشی روی (۸ برگی، ۸+۱۲ برگی و شاهد) بود. نتایج نشان داد برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر صفات عملکرد دانه، تعداد برگ، طول بلال، طول کچلی 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 محلول‌پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی به‌دست آمد. دو مرحله محلول‌پاشی 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 به‌حساب 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 محلول‌پاشی پتاسیم در شرایط تنش و مطلوب باعث افزایش غلظت پتاسیم و نیتروژن شد. Abdelhameed و Abd El-Hady (۲۰۱۸) نیز بیان داشتند محلول‌پاشی پتاسیم باعث افزایش غلظت روی شد. Amanullah و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که محلول‌پاشی 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 سولفات‌پتاسیم 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 ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی چنیبه 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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

محلول‌پاشی پتاسیم (محلول‌پاشی در مرحله ۸ برگی، ۱۲+۸ برگی و عدم پاشش) و فاکتور فرعی فرعی شامل سه مرحله محلول‌پاشی روی (محلول‌پاشی در مرحله ۸ برگی، ۱۲+۸ برگی و عدم پاشش) بود. قبل از کاشت نمونه‌های خاک مزرعه به‌صورت تصادفی و زیگزاگ از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول۱).

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

	عمق خاک (سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)	فسفر (گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (گرم در کیلوگرم)	روی (گرم در کیلوگرم)	اسیدیته خاک	شوری (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک
سال ۱۳۹۴	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
سال ۱۳۹۵	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 سانتیمتر، دو بار دیسک، ماله، احداث فارو به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و سپس نهرکشی انجام گردید. پس از آماده سازی بستر بذر، اضافه کردن کودها بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. کود پایه به‌کار برده شده در مزرعه شامل کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط در دو مرحله (۵۰ درصد هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله شش برگی به‌صورت 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 به‌شرایط 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 به‌صورت یکسان انجام شد. جهت محاسبه مقدار آبیاری در هر مرحله پس از اندازه‌گیری عمق ریشه، یک روز در میان توسط آگر شش نمونه خاک از نقاط مختلف هر پلات تهیه و وزن تر آن اندازه-گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در آون الکتریکی در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد 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):

رابطه ۱:

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

که در این رابطه V حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، Fc درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی، Θm درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، Pb وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، A مساحت آبیاری شده برحسب متر مربع، D_{root} عمق توسعه ریشه برحسب متر و Ei 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 سپیده‌دم صورت گرفت. هر تیمار در هر تکرار در پلات‌هایی شامل شش خط پنج متری با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله ۱۸ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف و عمق کاشت ۵-۳ سانتی‌متر اعمال شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مرفولوژیک مانند تعداد برگ در بوته، طول بلال، قطربلال 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 به‌صورت تصادفی از ده بوته در هر کرت فرعی انجام شد. برای تعیین طول کچلی بلال، به‌صورت 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 به‌طول سه متر به‌صورت دستی برداشت و پس از خشک شدن در آون جداسازی دانه‌ها به‌صورت 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 برگی که از ۵ بوته به‌طور تصادفی برداشت شده بودند، با استفاده از سولفوریک اسید و سالیسیلیک اسید و آب اکسیژنه هضم و سپس با دستگاه کجلدال 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). به‌منظور تعیین عنصر غذایی کم‌مصرف 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

نتایج و بحث

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد برگ به صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل محلول‌پاشی روی×پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی روی × پتاسیم قرار گرفت ($P<0.05$) (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ برابر ۱۵ برگ در تیمار آبیاری مطلوب به‌همراه محلول‌پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی به‌دست 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 محلول‌پاشی پتاسیم و روی به‌دست آمد. در هر سه مرحله عملیات آبیاری استفاده از تیمارهای محلول‌پاشی پتاسیم و روی در دو مرحله ۸ و ۱۲ برگی باعث تعدیل شرایط تنش شده و باعث افزایش تعداد برگ نسبت به تیمارهای عدم محلول‌پاشی پتاسیم و روی گردید (جدول ۳). نتایج به‌دست 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. به‌نظر 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، به‌طوری 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 به‌طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد. با انجام محلول‌پاشی 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 درحالی 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، محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی 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-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

متر در تیمار آبیاری مطلوب همراه با دو مرحله محلول‌پاشی پتاسیم و روی در مراحل ۸ و ۱۲ برگی به‌دست آمد و کمترین آن ۱۷/۶ سانتی‌متر در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی و عدم محلول‌پاشی پتاسیم و روی به‌دست 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 محلول‌پاشی 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) به‌دست 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 به‌عنوان جایگاه استقرار دانه از اجزای مهم عملکردی ذرت می‌باشند که کاهش آن‌ها در شرایط تنش کمبود آب به کاهش انتقال آسیمیلات‌ها به اندام هوایی نسبت داده می‌شود (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 گرده‌افشانی، از طریق پسابیده کردن دانه‌های 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 به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی پتاسیم و محلول‌پاشی روی و اثر متقابل سه‌گانه تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی × پتاسیم قرار گرفت ($P<0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن برگ در تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی روی و پتاسیم در مرحله ۸ و ۱۲ برگی به‌میزان ۴/۳ درصد مشاهده شد. کمترین میزان نیتروژن برگ نیز در تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل و عدم محلول‌پاشی 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 به‌دست آمده مطابقت داشت. تحت شرایط تنش کمبود آب، بازیابی مواد و به‌ویژه نیتروژن کاهش می‌یابد و از آنجایی‌که کلروپلاست‌ها برای ساخت کلروفیل نیازمند نیتروژن می‌باشند، سرعت تولید کلروفیل کاهش یافته و کندتر می‌گردد (Paknejad *et al*., 2007). نتایج نشان می‌دهد محلول‌پاشی پتاسیم و روی می‌تواند به‌وسیله افزایش جذب نیتروژن و فراهمی آن برای گیاه عملکرد دانه را افزایش دهد. عناصر پتاسیم و روی باعث فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌ها نظیر آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز می‌شود به‌طوری که برای سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری است و همین امر باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد 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-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش غلظت عنصر نیتروژن در دانه ذرت شد. بر اساس گزارشات ساجدی و همکاران (۱۳۸۹) با محلول‌پاشی روی در گیاه ذرت، توانایی گیاه برای تنظیم مقدار نیتروژن، افزایش یافته به‌نحوی که این عنصر به‌مقدار 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، محلول‌پاشی روی و اثر متقابل سه گانه تنش قطع آبیاری × محلول پاشی روی × 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 محلول‌پاشی روی در مرحله ۸ و ۱۲ برگی و عدم محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی پتاسیم در مرحله ۸ و ۱۲ برگی و عدم محلول‌پاشی 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 احتمالا 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 به‌دلیل 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 محلول‌پاشی کود روی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 × محلول‌پاشی روی × 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 روزنه‌ای 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 روزنه 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 روزنه‌ای، فعالیت آنزیمی،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 × محلول‌پاشی روی × 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 برگرم 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). Saeedi Abooshaghi و Yadavi (۲۰۱۶) گزارش نمودند محلول‌پاشی روی غلظت این

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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

		میانگین مربعات								
	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد برگ	طول بلال	کچلی بلال	قطر بلال	نیتروژن برگ	فسفر برگ	پتاسیم برگ	روی برگ
سال (Y)	۱	۶۹۶۸۹ns	۰/۰۹ns	۰/۹۰ns	۰/۳ns	۰/۳۱ns	۰/۲۵ns	۰/۰۰۱۴ns	۰/۲۶ns	۳۹/۵ns
تکرار (سال) (R(Y))	۴	۳۷۱۸ns	۰/۰۱ns	۱/۳۷ns	۰/۰۷ns	۰/۰۵ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۴۵ns	۱/۵۹ns
تنش قطع آبیاری (I)	۲	۱۲۵۱۸۰۴**	۱۵/۴**	۲۲۳/۰۷**	۲۴/۵۸**	۲۵/۳**	۱۳/۶۴**	۰/۱۶**	۱۷/۱**	۱۶۴۷/۰**
سال ×تنش قطع آبیاری (I×Y)	۲	۱۷۵۸ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۵ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۸ns
خطای اصلی	۸	۴۲۳۶	۰/۷۶	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۴	۰/۵۷
محلول‌پاشی پتاسیم (K)	۲	۱۰۹۵۵۲**	۱۶/۲**	۱۰۰/۵**	۱۵/۹۷**	۸/۶۷**	۸/۵۸**	۰/۰۰۹ns	۱۱/۴۱**	۵۶۴/۱**
سال×محلول‌پاشی پتاسیم (Y×K)	۲	۱۵۶۸ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۱۵ns	۲/۲۲ns
تنش قطع آبیاری ×محلول‌پاشی پتاسیم (I ×K)	۴	۴۸۴۷۵**	۱/۰۴ns	۱۲/۴ns	۱/۱۵ns	۰/۴۶ns	۰/۷۳**	۰/۰۱۳**	۰/۵۳**	۱۵/۵۴ns
سال×تنش قطع آبیاری ×محلول‌پاشی پتاسیم (Y× I ×K)	۴	۱۰۳۱ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns	۰/۹۱ns
خطای فرعی	۲۴	۸۶۷۸	۱/۰۷	۷/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۱۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷	۷/۵۸
محلول‌پاشی روی (Z)	۲	۱۱۴۱۱۶**	۴/۰۲ns	۳۷/۹**	۳/۱۱*	۵/۰۶**	۴/۵۹**	۰/۰۳۳**	۱/۵۲**	۱۹۱۵/۱**
سال×محلول‌پاشی روی (Y×Z)	۲	۴۵۳۰ns	۰/۰۱ns	۰/۱۹ns	۰/۰۵ns	۰/۰۲ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۲ns	۷/۰۸ns
تنش قطع آبیاری ×محلول‌پاشی روی (Z× I)	۴	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)	۴	۷۹۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۴ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۰۰۲ns	۰/۰۲ns	۰/۸۲ns
محلول‌پاشی روی×پتاسیم (K×Z)	۴	۱۵۶۲۵۴**	۵/۴۹**	۵۲/۵**	۴/۴۴**	۲/۸۸**	۱/۱۵**	۰/۰۰۵۳ns	۰/۷۲**	۱۱۳/۳۴**
سال×محلول‌پاشی روی×پتاسیم (Y×Z×K)	۴	۲۳۸۳ns	۰/۰۱ns	۰/۱۰ns	۰/۰۱۷ns	۰/۰۳ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۰۲۵ns	۰/۰۱ns	۷/۳۳ns
تنش قطع آبیاری × روی×پتاسیم (I ×Z×K)	۸	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)	۸	۳۵۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۶ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۱ns	۲/۰۹ns
اشتباه	۷۲	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 معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1398.11.44.6.7]

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

I×K×Z	عملکر د دانه (گرم در مترمربع)	تعداد برگ	طول بلال (سانتی‌متر)	کچلی بلال (سانتی‌متر)	قطر بلال (سانتی‌متر)	نیتروژن 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	۲۱/۴۷f
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	۱۴/۴۳b	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 محلول‌پاشی پتاسیم، K1: یک مرحله محلول‌پاشی پتاسیم در مرحله ۸ برگی، K2: دو مرحله محلول‌پاشی پتاسیم در مراحل ۸ برگی و ۱۲ برگی، Z0: عدم محلول‌پاشی روی، Z1: یک مرحله محلول‌پاشی روی در مرحله ۸ برگی، Z2: دو مرحله محلول‌پاشی روی در مراحل ۸ برگی و ۱۲ برگی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

عنصر را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین بیشترین میزان روی (۳۸/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی و کمترین میزان روی (۲۵/۵۷ میلی‌گرم 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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. روی یکی از عناصر کم‌مصرف و مهم مورد نیاز ذرت می‌باشد. این عنصر با افزایش مقدار تنظیم-کننده‌های رشد مانند اکسین، جیبرلین و کمک به‌متابولیسم مواد و تأثیر بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کرپس، در ساخته شدن و تجزیه پروتئین‌ها نیز دخالت و در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی پتاسیم، محلول‌پاشی روی و اثر متقابل محلول‌پاشی روی × پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی 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 به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری 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 به‌میزان ۵۷۹/۷ گرم در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج Yasin و همکاران (۲۰۱۷)، Li و همکاران (۲۰۱۸)، Silva و همکاران (۲۰۱۸) با نتایج به‌دست آمده مطابقت داشت. محلول‌پاشی از طریق افزایش جذب مواد غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی و در نتیجه رشد صفات مورفولوژیک مانند تعداد برگ، طول و قطر بلال وکاهش کچلی بلال که نشان دهنده افزایش تعداد دانه است توان تولید عملکرد دانه را افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی عناصر در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، طویل شدن فاصله میان‌گره‌ها، 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 می‌شوند. جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه، رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه می‌شود (Parmer *et al*., 2000). در این پژوهش نیز افزایش عملکرد دانه می‌تواند به‌سبب تأثیر عنصر روی بر سنتز کلروفیل در برگ‌ها (a و b) و در نتیجه افزایش فتوسنتز و نیز هورمون ایندول استیک اسید تولیدی باشد. در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 به‌نقش 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 به‌دست 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 به‌دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. هم‌چنین Bukuvice 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 محلول‌پاشی 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 ۱۲برگی باعث کاهش کمتر عملکرد دانه نسبت به قطع آبیاری در مرحله تاسل شد. از طرفی دو مرحله محلول‌پاشی 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 مرفولوژیک از جمله تعداد برگ و طول بلال شد و از آنجایی‌که جذب و ساخت گیاه به‌میزان 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 محلول‌پاشی عناصر روی و پتاسیم نقش مهمی در جلوگیری از اثر کم آبیاری داشت و توانستند با حفظ تداوم جذب عناصر و 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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

دانه افزایش دهند. بنابراین، با توجه به‌نتایج به‌دست آمده می‌توان قطع آبیاری در مرحله ۱۲ برگی همراه با محلول‌پاشی پتاسیم و روی در مراحل ۸ و ۱۲ برگی را برای دستیابی به‌عملکرد دانه و ویژگی‌های مرفولوژیکی مناسب توصیه نمود.

منابع

آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در یونجه‌های یزدی، نیک شهری و رنجر (*Medicago Satvia* L.). علوم و فنون کشاورزی. ۱۰(۱): ۱۷۴-۱۶۵.

امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های 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 پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۵): ۷۹۱-۷۸۴.

شهریاری، ع.، آدام. ب. پ.، آنوار، ب. ع. و گیزان، ب. ص. ۱۳۹۳. بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی ذرت شیرین در مراحل مختلف رشد نسبت به تنش آبیاری و میزان نیتروژن مصرفی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. (۶)۱۹: ۱۷-۱.

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.

لطفی‌آقا، م.، مرعشی، س. ک. و بابایی‌نژاد، ت. ۱۳۹۶. اثر مقادیر پلیمر سوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زاعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹(۳۴): ۱۰۹-۹۶.

ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی‌ها 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. Egyption Journalof Soil Science. 58(1): 45-55.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 Rastiya, 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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., EtesamiHossein, 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.

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

Hamouda, H. A., El-Dahshouri, M. F., Manal, F. M., and Thalooth, 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 inlentil. 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.) Hibrido Legacy a la fertilizacion con N-P-K en el municipio de Pasto, Narino. Revista de Agronomia. 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 EnglishSummary].

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.

Sheykhbagloo, 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,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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 scienccs. 1: 19 -24.

Woldesenbet, M., Tana, T., and Mekonnen, T. 2014. Effect of Integrated Nutrient Managementon 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 (*Oleaeuropaea* L.) Cultivars to Foliar Potassium Application. Journal Agriculture Science Technology. 18: 1897-1908.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]

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. Lack[3], M. Alavifazel[4] and M. Mojaddam [5]

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.6.7]