



## The Effects of Foliar Application with Potassium and Zinc in the Pollination Stage on Morpho-Physiological Characteristics Under Moisture Stress in Wheat (*Triticum aestivum*)

Hamzeh Khanjani Afshar<sup>1</sup> | Merhdat Chaichi<sup>2</sup> | Mojtaba Jafarzadeh Kenarsari<sup>3</sup> | Amin Farnia<sup>4</sup>

1. Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran. E-mail: [hkhanjani@gmail.com](mailto:hkhanjani@gmail.com)
2. Corresponding Author, Department of Seed and Plant Improvement Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan Iran. E-mail: [m.chaichi@areeo.ac.ir](mailto:m.chaichi@areeo.ac.ir)
3. Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran. E-mail: [jafarzadeh16@gmail.com](mailto:jafarzadeh16@gmail.com)
4. Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran. E-mail: [Amin.farnia@iau.ac.ir](mailto:Amin.farnia@iau.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

### Article history:

Received: December 14, 2021  
Received in revised form:  
June 21, 2022  
Accepted: July 03, 2022  
Published online: April 16, 2023

### Keywords:

Booting,  
drought stress,  
microelement,  
potassium,  
wheat.

### ABSTRACT

Drought, being the most common abiotic stress, is a major factor in crop yields as it limits crop production on a global basis. To evaluate the effects of foliar application with potassium (K) and zinc (Zn) in the pollination stage on morphological and physiological characteristics of wheat under water stress conditions, a split-factorial layout based on a randomized complete block design (RCBD) with three replicates have been carried out at the experimental farm of the Research, Education and Extension Center of Agriculture and Natural Resources of Hamadan during 2017-2018. The main plot includes irrigation levels (normal and water stress) and the subplot, two factors of foliar application of potassium (K) and zinc (Zn) fertilizers. Potassium fertilizer from K<sub>2</sub>O source (40%) includes 2 liters per ha at three levels; I) without fertilizer (the control), II) leaf spray at the beginning of booting, and III) leaf spray after pollination. Also, zinc fertilizer from water-soluble zinc source (10%) includes four liters per ha in three levels: I) without fertilizer (the control), II) leaf spray at the beginning of booting, and III) the use of leaf spray after pollination. The results of the analysis of variance show a significant difference between treatments in all studied traits. Significant differences in all of the traits are observed under stress and normal irrigation. Co-application of potassium (K) and zinc (Zn) fertilizers, compared to the control, has increased evaluated morphological indices of HI (21%), grain yield (52%), total yield (29%), and TKW (25%) under stress conditions. Therefore, according to the results, the use of K and Zn fertilizers as a foliar application at the beginning of booting reduces the harmful effects of drought stress on the plant, increasing the yield and morphological characteristics of wheat.

**Cite this article:** Khanjani Afshar, H., Chaichi, M., Jafarzadeh Saekenari, M., & Farnia, A. (2023). The Effects of Foliar Application with Potassium and Zinc in the Pollination Stage on Morpho-Physiological Characteristics Under Moisture Stress in Wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 83-93.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.335634.2655>





## بررسی تأثیر محلول پاشی با پتاسیم و روی در مرحله گرده افشانی بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی در گیاه گندم (*Triticum aestivum*)

حمزه خانجانی افشار<sup>۱</sup> | مهرداد چایی چی<sup>۲</sup> | مجتبی جعفرزاده کنارسری<sup>۳</sup> | امین فرنیاء<sup>۴</sup>

۱. گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران. رایانامه: [hkhanjani@gmail.com](mailto:hkhanjani@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. رایانامه: [m.chaichi@areeo.ac.ir](mailto:m.chaichi@areeo.ac.ir)
۳. گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران. رایانامه: [jafarzadeh16@gmail.com](mailto:jafarzadeh16@gmail.com)
۴. گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران. رایانامه: [Amin.farnia@iaau.ac.ir](mailto:Amin.farnia@iaau.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۳  
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

### کلیدواژه ها:

آبستگی،  
پتاسیم،  
تنش خشکی،  
عنصر ریزمغذی،  
گندم.

به منظور ارزیابی تأثیر محلول پاشی پتاسیم و روی در مرحله گرده افشانی بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی در گیاه گندم، آزمایشی به صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار طی دو سال ۹۷ و ۹۸ در مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی همدان اجرا شد. عامل کت اصلی شامل سطوح آبیاری (نرمال و تنش رطوبتی) و عامل کت فرعی شامل دو فاکتور محلول پاشی کودهای پتاس و روی بود. محلول پاشی کودها با استفاده از سمپاش دستی با در نظر گرفتن حجم دو لیتر آب برای هر کرت انجام پذیرفت. کود پتاس از منبع  $K_2O$  (۴۰ درصد) با احتساب ۲ لیتر در هکتار در سه سطح ۱- عدم مصرف، ۲- محلول پاشی در ابتدای مرحله آبستگی، ۳- محلول پاشی برگی بعد از گرده افشانی و کود روی محلول در آب (۱۰ درصد) با احتساب ۴ لیتر در هکتار در سه سطح ۱- عدم مصرف، ۲- محلول پاشی در ابتدای مرحله آبستگی، ۳- محلول پاشی بعد از گرده افشانی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها در تمام صفات مورد بررسی بود. تفاوت معنی داری ( $P < 0.01$ ) در تمامی صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش و بدون تنش مشاهده شد. مصرف همزمان کود پتاسیم (K) و روی (Zn) در ابتدای مرحله آبستگی در مقایسه با شاهد، وزن هزاردانه (۲۵ درصد)، وزن کل (۲۹ درصد) و شاخص برداشت (۲۱ درصد) را در شرایط تنش افزایش داد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از کود پتاسیم و روی به صورت محلول پاشی در ابتدای مرحله آبستگی سبب کاهش اثرات مضر تنش بر گیاه و همچنین افزایش عملکرد و ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی گندم می شود.

استناد: خانجانی افشار، ح، چایی چی، م، جعفرزاده سرکناری، م، و فرنیاء، ا. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر محلول پاشی با پتاسیم و روی در مرحله گرده افشانی بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی در گیاه گندم (*Triticum aestivum*). به زراعی کشاورزی، ۲۵ (۱)، ۸۳-۹۳.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.335634.2655>



## ۱. مقدمه

گندم مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان به‌شمار می‌رود که در سراسر جهان کشت می‌شود و با تولید سالانه بیش از ۱۲۲ میلیون تن، پس از ذرت بیش‌ترین تولید را در دنیا به خود اختصاص داده است (Asseng *et al.*, 2011; Anonymous, 2018). در ایران نیز گندم از نظر سطح زیرکشت و تولید مهم‌ترین محصول زراعی است و به‌عنوان یک محصول استراتژیک حدود نیمی از مساحت زمین‌های زراعی را به خود اختصاص داده است (Nakhjivani Moghadam *et al.*, 2010). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب و دسترسی به آن در زمان‌های حساس رشد گیاه زراعی مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد اقتصادی است. به علت بروز صورت‌های مختلف تنش، به‌ویژه تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گندم در این مناطق، متوسط عملکرد قابل‌حصول حدود ۳۰ درصد عملکرد حداکثری است (Deng *et al.*, 2005). تنش آب از یکسو باعث کاهش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه شده و از سوی دیگر به‌دلیل بالا بودن قیمت آب، هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد (Rosales *et al.*, 2012). در بیش‌تر مناطق کشت گندم به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران، مرحله پرشدن دانه گندم اغلب با وقوع تنش خشکی همراه است. اهمیت و نقش تنش خشکی در این مناطق زمانی مشخص‌تر می‌شود که بدانیم حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد عملکرد نهایی دانه از فتوسنتز گیاه در طول پرشدن دانه تحت شرایط متعارف رشد به‌دست می‌آید (Austin *et al.*, 1980) و وقوع تنش خشکی در این مرحله قادر است عملکرد را به‌شدت کاهش دهد. در ایران میزان خسارت ناشی از خشکسالی بر محصول گندم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ حدود ۳۰ درصد تخمین زده شده است (FAO, 2015).

علاوه بر تأثیر بارز تنش خشکی بر رشدونمو گیاه، این تنش باعث عدم تعادل در تغذیه معدنی گیاهان می‌شود که منجر به اثرات ثانویه می‌شود. خشکسالی با کاهش میزان تعرق و تغییر عملکرد حمل‌کننده‌های غشایی باعث کاهش حمل و نقل مواد معدنی از ریشه به اندام هوایی می‌شود. با درک تأثیر تنش خشکی بر تغذیه مواد معدنی گیاه می‌توان راه‌کارهای مفیدی در جهت کاهش میزان خسارت ناشی از خشکسالی و متعاقب آن کمبود مواد مغذی اتخاذ کرد (Da Silva *et al.*, 2011). نقش مواد معدنی در افزایش یا کاهش تحمل به تنش خشکی گیاهان توسط بسیاری از پژوهش‌گران موردبررسی قرار گرفته است، با این‌حال، هنوز هم ناکافی و تا حدودی مبهم است. در بین مواد مغذی، عناصر ماکرو عناصر سازنده مهم گیاهان را تشکیل می‌دهند و کمبود ناشی از آن‌ها در گیاهان به‌راحتی قابل مشاهده است. در مقابل، ریزمغذی‌ها با تغییر فعالیت آنزیم، تعدیل مسیرهای انتقال مجرای سیگنال و یا تولید برخی متابولیت‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم روی حساسیت گیاهان به عوامل تنش‌زا تأثیر بگذارند (Hajiboland & Amirazad, 2010). در شرایط خشکسالی، جذب مواد مغذی در اثر کاهش رطوبت خاک مختل می‌شود که در نهایت منجر به کندشدن انتشار مواد معدنی از خاک به سطح ریشه می‌شود و از این‌رو سرعت جابه‌جایی به برگ‌ها نیز کاهش می‌یابد. خشکسالی باعث بسته‌شدن زودرس روزه‌ها می‌شود، بنابراین سرعت تعرق را کاهش می‌دهد و هم‌چنین انتقال مواد مغذی از ریشه به شاخه را نیز محدود می‌کند (Da Silva *et al.*, 2011).

پتاسیم (K) پس از نیتروژن و فسفر یکی از عناصر بسیار مهم در گیاهان محسوب می‌شود. پتاسیم نقش مهم و حیاتی در حفظ وضعیت آب در گیاهان، باز و بسته‌شدن روزه‌ها، تنظیم اسمزی و پایداری غشا بازی می‌کند (Erel *et al.*, 2015). نقش آن در باز و بسته‌شدن روزه‌ها بسیار مهم است زیرا کانال‌های پتاسیم موجود در سلول‌های نگهبان روزه‌ها نسبت به وضعیت آب گیاه حساس هستند (Taiz & Zeiger, 2006). در شرایط خشکسالی، در دسترس بودن پتاسیم خاک برای بسیاری از گیاهان از جمله گندم، جو، ذرت و سیب‌زمینی کاهش یافته و جذب آن توسط ریشه محدود شده که در نهایت بر انتقال آن از ریشه به اندام هوایی تأثیرگذار می‌باشد (Erel *et al.*, 2015). روی (Zn) نیز یکی از

عناصر دارای اهمیت در گیاه می‌باشد که نقش‌های فیزیولوژیک فراوانی ایفا می‌کند. جذب روی توسط ریشه گیاه در شرایط کم آبی محدود می‌شود. با دسترسی کم آب در خاک کاهش می‌یابد، زیرا تحت این شرایط حرکت روی در خاک بسیار کم و محدود می‌شود. مصرف روی در گندم موجب افزایش بلندی گیاه و تعداد پنجه می‌شود و همچنین سرعت رشد گیاه را تسریع می‌کند که این امر در نهایت، باعث افزایش عملکرد و میزان روی دانه در شرایط تنش خشکی خواهد شد (Brown & Cakmak, 1993). کاربرد کود روی، به‌طور معنی‌داری توانست عملکرد گندم تحت تنش آبی را در کشت‌زارهای گوناگون کشور ترکیه افزایش دهد (Cakmak *et al.*, 2010). در همین راستا، میزان رشد ریشه و اندام‌های هوایی و همچنین، میزان روی موجود در دانه گندم‌های تحت تیمار روی نیز مورد بررسی قرار گرفت (Khan *et al.*, 2008). نتایج این پژوهش نشانگر وجود اختلافات آشکار میان تیمارهای مصرف کود روی نسبت به سایر تیمارها در شرایط تنش بود. با توجه به اهمیت گیاه گندم و محدودیتی که تنش خشکی در تولید آن ایجاد می‌نماید بر آن شدیم به بررسی امکان کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی با استفاده از عناصر غذایی پیردازیم. با توجه به اهمیت روی و پتاسیم در مقابله با خسارت‌های ناشی از تنش خشکی در گیاهان و محدودیت دسترسی آن از طریق خاک تحت این شرایط، استفاده برگ کاربرد آن بهترین گزینه به‌منظور ارزیابی در نظر گرفته می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم و روی در مرحله‌گردآفشانی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی در گیاه گندم انجام پذیرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با کشت گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) رقم پیشگام (Bkt/90-) Zhong87 در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان با طول جغرافیایی ۴۸/۵۳ درجه و عرض جغرافیایی ۳۴/۸۶ درجه و ارتفاع ۱۸۵۰ متر از سطح دریا که از نظر آب‌وهوایی در منطقه سردسیر واقع شده، اجرا شد. همدان از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. آزمایش به‌صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و جمعاً ۱۸ تیمار اجرا شد. یک قطعه زمین نیم هکتاری به دو قسمت تقسیم شده و سال اول در یک قطعه از آن و سال دوم در قطعه مجاور کاشت انجام پذیرفت. کرت اصلی شامل سطوح آبیاری (نرمال و تنش رطوبتی) و کرت فرعی شامل دو فاکتور محلول‌پاشی کودهای پتاس و روی بود. برای انجام آبیاری از لوله‌های ۱۶ میلی‌متری با دبی ۲ لیتر در ساعت استفاده شد. در هر کرت دو ردیف تیپ به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. مقدار حجم آب مورد استفاده با استفاده از کنتور حجمی تنظیم شد. در هر دور آبیاری مقدار حجم آب مورد استفاده با استفاده از کنتور حجمی تنظیم شد. مجموع حجم آب مورد استفاده در تیمار آبیاری نرمال ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. مقدار حجم آب مصرفی در تیمار تنش با توجه به دو نوبت آبیاری کم‌تر نسبت به آبیاری نرمال ۳۲۰۰ مترمکعب در هکتار بود. محلول‌پاشی کودها با استفاده از سمپاش دستی با در نظر گرفتن حجم دو لیتر آب برای هر کرت انجام پذیرفت. کود پتاس از منبع  $K_2O$  (کود سوپر K40 شرکت سب‌آذر کاسپین) با احتساب ۲ لیتر در هکتار در سه سطح ۱- عدم مصرف، ۲- محلول‌پاشی در ابتدای مرحله آبستنی، ۳- محلول‌پاشی بعد از گردآفشانی و کود روی از منبع روی محلول در آب (۱۰ درصد شرکت سب‌آذر) با احتساب ۴ لیتر در هکتار در سه سطح ۱- عدم مصرف، ۲- محلول-پاشی در ابتدای مرحله آبستنی، ۳- محلول‌پاشی بعد از گردآفشانی استفاده شد. هر کرت شامل شش خط کشت به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر به طول ۵ متر کشت شدند (۶ مترمربع). بین هر کرت با کرت مجاور یک پشته به‌عنوان نکاشت در نظر گرفته شد. تراکم نهایی ۴۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. میانگین بارندگی در طول فصل کشت در

جدول (۱) آورده شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی، pH حدود ۶/۹-۷/۵ و هدایت الکتریکی حدود ۰/۷۵-۰/۸۱ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲). فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. از سیستم آبیاری قطره‌ای به منظور کنترل دقیق میزان آبیاری استفاده شد. مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری در جدول (۳) آورده شده است. به منظور اعمال تنش رطوبتی قطع آبیاری پس از مرحله آبستنی و قبل از گرده افشانی در کرت‌های مربوطه اعمال شد. در کرت‌های فاقد تنش رطوبتی، آبیاری به صورت معمول با در نظر گرفتن حفظ رطوبت خاک در حدود ظرفیت مزرعه-ای (Field Capacity) خاک اعمال شد. نمونه برداری از ده خوشه به صورت تصادفی از هر کرت در مرحله رسیدگی انجام شد و ویژگی‌های مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، زیست توده کل، وزن خوشه، ارتفاع خوشه، وزن ساقه، ارتفاع ساقه، وزن دانه در خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت از طریق اندازه‌گیری این نمونه‌ها انجام پذیرفت. محاسبه‌های آماری با استفاده از نرم افزار (نسخه ۹/۱) SAS انجام شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد انجام شدند. به منظور رسم نمودار نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱. میانگین بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی همدان در طی فصل رشد گندم در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

شاخص‌ها	ماه‌های سال										
	میانگین	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	
دما (°C)	۹۷	۸/۴۸	۱۶/۰	۸/۷	۴/۷	۱/۵	۲/۰	۳/۱	۷/۹	۱۲/۶	۱۹/۹
بارندگی (mm)	۹۸	۸/۴	۱۶/۶	۶/۷	۲/۵	-/۴	-/۳	۶/۵	۷/۹	۱۴/۲	۲۰/۵
رطوبت نسبی (%)	۹۷	۳۸/۹۴	۱۳/۲	۴۰/۹	۵۴/۶	۱۱/۴	۱۱/۶	۹۶/۳	۱۱۵/۶	۶	-/۹
	۹۸	۶۰/۵	۱۶/۱	۷۲/۴	۸۹/۸	۴۹/۲	۳۹/۶	۴۴/۹	۱۸۷/۲	۴۱/۳	۴
	۹۷	۵۸/۳۰	۶۸/۹۷	۵۵/۹۲	۵۵/۷۳	۴۳/۳۰	۴۹/۲۵	۶۳/۶۱	۵۳/۱۴	۶۵/۸۵	۶۸/۹۷
	۹۸	۶۴/۹۰	۶۷/۶۰	۶۵/۸۷	۶۹/۷۱	۵۶/۴۹	۵۵/۰۳	۵۹/۹۸	۶۲/۷۸	۷۹/۰۵	۶۷/۶۰

منبع: ایستگاه هواشناسی همدان

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

سال	عمق (cm)	بافت	EC (ds/m)	pH	درصد اشباع	آهک	رس	سیلت (%)	شن	کربن آلی	فسفر	پتاسیم (ppm)
۹۷	۰-۳۰	لومی-شنی	۰/۷۵	۷/۵	۴۵	۱۶	۵/۵	۳۴	۶۰/۵	۰/۶۶	۲۷/۶	۴۰۰
۹۸	۰-۳۰	لومی-شنی	۰/۸۱	۶/۹	۴۸	۱۶	۶	۳۳	۶۱	۰/۶۵	۲۵/۱	۳۶۵

جدول ۳. مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

خصوصیات	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	کلر	کربنات	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم
	۷/۳	۷۵۰	۲	۰	۱/۴	۴/۴	۳/۱	۲/۳

### ۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر محلول پاشی پتاسیم و روی بر صفات مختلف گندم تحت تنش رطوبتی در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) تیمارهای مختلف بر ارتفاع، طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گندم بود (جدول ۴). بیش‌ترین میزان صفات مورد ارزیابی در سال دوم بدست آمد (جدول ۵). بر این اساس در سال دوم (۹۸) عملکرد دانه ۱۹/۸ درصد و

شاخص برداشت ۱۴/۷۵ درصد بیش‌تر از سال اول (۱۳۹۷) بود (جدول ۵). هم‌چنین بیش‌ترین میزان ارتفاع گیاه (۷۰/۳۷ سانتی‌متر)، طول سنبله (۷/۰۸ سانتی‌متر)، وزن سنبله (۲۳/۹ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۳۸ عدد)، وزن دانه در سنبله (۲۰/۵۹ گرم در مترمربع)، TKW (۴۴/۳۵ گرم)، وزن کل (۱۳۷/۱۴ گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (۶۹۶۲/۳ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۱۴/۷۵ درصد) در سال دوم به‌دست آمد (جدول ۵). با توجه به تفاوت در میانگین بارندگی در طی دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (جدول ۱) و با وجود میانگین بارندگی بیش‌تر در سال ۹۸، می‌توان این‌گونه ادعان کرد که علت افزایش عملکرد و شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری‌شده، در دسترس‌بودن بیش‌تر آب در سال دوم می‌باشد (جدول ۱). عملکرد گندم در سال دوم ۱۹/۵ درصد بیش‌تر از سال اول به‌دست آمد (جدول ۵). اثر تیمار قطع آبیاری بر روی شاخص‌های مورد‌ارزیابی معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بوده است (جدول ۴). به این ترتیب که، اعمال تیمار قطع آبیاری در مرحله قبل از گرده‌افشانی باعث کاهش ۲۲ درصد در ارتفاع گیاه، ۳۲ درصد در طول سنبله، ۳۲ درصد در وزن سنبله، ۱۳ درصد در وزن هزاردانه، ۲۳/۵ درصد در وزن کل و ۳۴/۵ درصد در عملکرد دانه نسبت به تیمار آبیاری نرمال شد (جدول ۵). احتمالاً با توجه به این‌که در این آزمایش قطع آبیاری در ابتدای بوتینگ و بعد از گرده‌افشانی گیاه صورت گرفته است و در حالی‌که تا مدتی بعد از آن امکان رشد رویشی وجود داشته است، قطع آبیاری باعث توقف رشد و کاهش شاخص‌های مورفولوژیکی و در نهایت عملکرد گندم شده است. پژوهش‌های دیگر هم نشان داده است که کمبود آب پس از مرحله گرده‌افشانی که در بسیاری از مناطق جهان شایع است، به وضوح دوره نمو را کوتاه و رسیدگی فیزیولوژیکی را جلو می‌اندازد، در حقیقت کوتاه‌شدن دوره نمو مکانیسم دیگری برای فرار از خشکی است که منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Debilo *et al.*, 2001).

مطالعات قبلی نشان می‌دهد که کمبود آب در مراحل قبل از گرده‌افشانی عملکرد دانه را ۵۸ تا ۹۴ درصد نسبت به شاهد (آبیاری کامل) کاهش داده است (Rengel & Graham, 1995). نتایج حاصل از پژوهشی در اتیوپی نشان می‌دهد که کمبود آب اثرات معنی‌داری روی کاهش عملکرد دانه از خود بر جای گذاشته است (Debilo *et al.*, 2001). در شرایط خشکسالی، جذب مواد مغذی در اثر کاهش رطوبت خاک مختل می‌شود که در نهایت منجر به کندشدن انتشار مواد معدنی از خاک به سطح ریشه می‌شود و از این رو سرعت جابه‌جایی به برگ‌ها نیز کاهش می‌یابد. خشکسالی باعث بسته‌شدن زود هنگام روزنه‌ها شده در نتیجه سرعت تعرق را کاهش می‌دهد و هم‌چنین انتقال مواد مغذی از ریشه به اندام هوایی را نیز محدود می‌کند. علت کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی را می‌توان کاهش دسترسی و انتقال آب و مواد معدنی در خاک و بافت گیاهی دانست (Da Silva *et al.*, 2011). نتایج به‌دست‌آمده حاصل از تجزیه واریانس دو سال انجام آزمایش نشان می‌دهد که قطع آبیاری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص برداشت اثرگذار بوده است (جدول ۳). چنان‌که ملاحظه می‌شود در اثر تیمار قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی کم‌ترین مقدار شاخص برداشت (۱۲/۲ درصد) به‌دست آمده است (جدول ۵). کاهش ۱۸ درصدی شاخص برداشت در تیمار تنش در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال می‌تواند به‌دلیل تأثیر منفی قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی بر ظرفیت مخزن و هم‌چنین ظرفیت منبع دانست که در نهایت منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. به بیان دیگر اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش طول دوره گرده‌افشانی تا رسیدگی و در نهایت کاهش برداشت می‌شود. گزارش‌ها حاکی از آن است که تنش کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی، تعداد دانه در سنبله را حدود ۵۰ درصد کاهش داده است، اما تنش در مراحل بعد از گرده‌افشانی تأثیری بر تعداد دانه در سنبله نداشته است. این امر احتمالاً به‌دلیل بقای گلچه‌های تولیدشده و کاهش باروری آن‌ها در مرحله گرده‌افشانی در شرایط تنش می‌باشد (Rengel & Graham, 1995; Debilo *et al.*, 2001).

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مختلف گندم با محلول پاشی روی و پتاسیم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

وزن دانه در سنبله	میانگین مربعات صفات			درجه آزادی	منابع تغییرات
	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	وزن سنبله		
۷۲/۵۲۰۸**	۱۷/۰۰۲۳**	۵۶/۳۳۳۳**	۸۳۶/۱۱۳۴**	۱	Year
۳۴/۳۰۳۲**	۱۷/۰۶۴۸**	۴/۵۰۰**	۴۷/۶۳۶۵**	۴	(Year) R
۱۷۴۰/۰۲۰**	۳۰۱۳/۶۱۳۴**	۱۶۱/۳۳۳۳**	۱۸۷۰/۸۳۵**	۱	Irr
۵/۵۵۷۸**	۵/۵۵۷۸**	۰/۰۸۳۳۳**	۱۵/۱۸۷۵۰**	۱	Year*Irr
۳/۳۸۶۵*	۰/۰۶۴۸۱ns	۹/۳۳۳۳**	۰/۲۷۵۴۶*	۴	Year(R*Irr)
۲۲۲/۲۳۸۴**	۵۳۳/۱۵۵۰**	۳۰/۵۸۳۳۳**	۱۹۹/۹۲۳۶**	۲	K
۱۷/۰۶۲۵**	۶/۶۲۳۳**	۰/۰۸۳۳۳**	۱۲/۹۳۳۸۰**	۲	Year*K
۸/۰۴۸۶**	۲۴/۳۲۱۷**	۱/۰۸۳۳۳**	۹/۹۷۴۵۳**	۲	Irr*K
۳/۲۸۸۱*	۱۰/۰۶۴۸**	۰/۰۸۳۳۳**	۰/۹۹۱۸۹۸**	۴	Year*K*Zn
۵۵/۳۴۹۵**	۹۶/۸۲۱۷**	۹/۳۳۳۳**	۵۵/۵۶۲۵**	۲	Zn
۰/۳۴۰۲۷ns	۳/۸۷۷۳۱**	۰/۰۸۳۳۳۳**	۰/۵۱۶۲۰۴**	۲	Year*Zn
۵/۷۲۱۰۶**	۲۴/۰۰۹۲۵**	۰/۳۳۳۳۳**	۳/۳۵۰۶**	۴	K*Zn
۶/۸۹۵۸**	۲۱/۴۰۵**	۰/۳۳۳۳۳**	۶/۶۹۰۶**	۲	Irr*Zn
۲/۳۲۹۸*	۲۰/۳۰۰۹**	۰/۵۸۳۳۳**	۳/۵۸۹۱۲**	۴	Irr*K*Zn
۱۱/۳۶۳۴**	۳۹/۶۸۲۸**	۰/۰۸۳۳۳۳**	۱۲/۵۴۸۶**	۲	Year*Irr*K
۰/۲۱۰۶۴ns	۵/۸۴۹۵**	۰/۰۸۳۳۳۳**	۰/۴۲۳۶۱۱**	۲	Year*Irr*Zn
۱/۴۰۱۶۲۰ns	۱/۱۶۲۰۳**	۰/۰۸۳۳۳۳**	۳/۹۲۰۱۳**	۴	Year*Irr*K*Zn
۰/۷۳۳۹۲	۰/۰۳۳۵۶	۱/۵۱۴۲۶	۰/۰۵۲۳۷۳	۶۴	Error
-	-	-	-	۱۰۷	Total
۱۰۵/۳۱	۳۴۲۷/۸۲	۱۴/۶۷	۱۵۷۹/۴۱		F value

ادامه جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مختلف گندم با محلول پاشی روی و پتاسیم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

شاخص برداشت	میانگین مربعات صفات			درجه آزادی	منابع تغییرات
	عملکرد دانه	وزن کل	وزن هزار دانه		
۱۴۳/۵۲۰۸**	۳۳۶۰۰۵۳۳**	۶۷۴۵/۰۲۰**	۴۳۶/۰۰۹۲**	۱	Year
۶/۰۲۸۱**	۳۶۸۸۳۶۸**	۵۹۶/۷۴۷**	۶۷/۲۳۱۴۸۱**	۴	(Year) R
۱۹۹/۸۱۱۲**	۱/۹۳۰۰۳۹**	۳۱۷۷۵/۵۲۰**	۹۵۴/۰۸۳۳**	۱	Irr
۰/۳۰۰۸ns	۱۶۱۲۳۴۶**	۶۹/۲۸۰**	۴۲۰/۰۸۳۳**	۱	Year*Irr
۲/۱۶۲۱۲**	۱۶۸۵۱۷۰۳**	۰/۳۳۱۰۲*	۰/۳۶۱۱۱ns	۴	Year(R*Irr)
۳۶/۹۸۵۰**	۳۴۵۴۱۹۶۹**	۳۲۹۸/۱۶۸**	۳۳۲/۶۲۰۳**	۲	K
۲/۴۱۸۶۱**	۱۲۴۴۶۱۷**	۹۸/۶۳۱۹۴**	۳۰/۲۸۷۰۲**	۲	Year*K
۳/۰۳۳۹**	۱۹۵۴۳۸۱**	۵۰۴/۶۳۷**	۵۰/۰۲۷۷۷**	۲	Irr*K
۱/۹۳۴۷**	۶۴۵۱۰۱۱۱**	۱۸/۵۸۶۸**	۳/۱۷۵۹۲**	۴	Year*K*Zn
۱۰/۳۵۱۷**	۶۸۶۰۲۰۹۷**	۸۵۵/۱۴۱۲**	۵۶/۳۹۸۱۴**	۲	Zn
۰/۳۹۵۲۷۷ns	۸۷۵۹۶۴۴۴**	۲۲/۷۱۵۲**	۱/۵۶۴۸۱**	۲	Year*Zn
۳/۸۲۵۹**	۹۱۵۶۴۷۷۷**	۱۵۶/۱۷۲۴**	۱/۴۲۵۹۲**	۴	K*Zn
۶/۳۴۹۵**	۴۴۳۸۵۱۲۵**	۳۰/۹۶۵۱**	۲/۶۹۴۴۴**	۲	Irr*Zn
۰/۷۳۰۶۴ns	۸۴۵۰۸۳۴۸**	۶۰/۵۴۵۱**	۵/۴۷۲۲۲**	۴	Irr*K*Zn
۲/۵۵۰۸*	۱۰۶۳۷۲۱۰۲**	۱۰۶/۸۴۹۵**	۰/۰۲۷۷۷ns	۲	Year*Irr*K
۰/۳۶۸۶۱ns	۵۶۸۵۶۳۳۷**	۴/۵۳۰**	۴/۸۶۱۱۱**	۲	Year*Irr*Zn
۰/۶۶۶۱	۲۵۹۲۱۱۹۳**	۱۶/۲۱۴۱**	۹/۸۸۸۸**	۴	Year*Irr*K*Zn
۰/۳۱۸۶۹۳۱	۵۲۸۵۶۲۹۶	۰/۰۷۳۲۱	۰/۱۰۸۷۹۶	۶۴	Error
-	-	-	-	۱۰۷	Total
۸۶/۶۷	۱۵۳۱/۴۶	۱۶۴۳۰	۶۲۳/۶۰		F value

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری، پتاسیم و روی بر صفات مختلف گندم

ارتفاع	طول سنبله	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن هزاردانه	وزن کل	عملکرد دانه	شاخص برداشت
(cm)	(cm)	(g/m <sup>2</sup> )	(n/plant)	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(Kg/ha)	(%)
سال								
۹۷	۶۳/۶۹ <sub>b</sub>	۵/۶۳ <sub>b</sub>	۱۸/۳ <sub>b</sub>	۳۶ <sub>b</sub>	۱۵/۳۹ <sub>b</sub>	۴۰/۳۳ <sub>b</sub>	۱۲۱/۳۴ <sub>b</sub>	۵۵۸۴/۴ <sub>b</sub>
۹۸	۷۰/۳۷ <sub>a</sub>	۷/۰۸ <sub>a</sub>	۲۳/۹ <sub>a</sub>	۳۸/۵ <sub>a</sub>	۲۰/۵۹ <sub>a</sub>	۴۴/۳۵ <sub>a</sub>	۱۳۷/۱۴ <sub>a</sub>	۶۹۶۲/۳ <sub>a</sub>
آبیاری								
نرمال	۷۵/۳۷ <sub>a</sub>	۷/۵۸ <sub>a</sub>	۲۵/۳ <sub>a</sub>	۴۳ <sub>a</sub>	۲۲ <sub>a</sub>	۴۵/۳۱ <sub>a</sub>	۱۴۶/۳ <sub>a</sub>	۷۷۴۱ <sub>a</sub>
تنش	۵۸/۶۹ <sub>b</sub>	۵/۱۳ <sub>b</sub>	۱۷/۰۲ <sub>b</sub>	۳۲ <sub>b</sub>	۱۳/۹۸ <sub>b</sub>	۳۹/۳۷ <sub>b</sub>	۱۱۲ <sub>b</sub>	۵۰۶۷ <sub>b</sub>
پتاسیم (K)								
شاهد	۶۰/۹۴ <sub>c</sub>	۵/۵ <sub>c</sub>	۱۹/۰۱ <sub>c</sub>	۳۴ <sub>c</sub>	۱۵/۷۷ <sub>c</sub>	۳۹/۶۱ <sub>c</sub>	۱۱۹ <sub>c</sub>	۵۵۱۹ <sub>c</sub>
آبستنی	۶۷/۵۸ <sub>b</sub>	۶/۲۵ <sub>b</sub>	۲۰/۸ <sub>b</sub>	۳۶ <sub>b</sub>	۱۷/۵۲ <sub>b</sub>	۴۲/۷۷ <sub>b</sub>	۱۳۰/۷ <sub>Ab</sub>	۶۳۳۷ <sub>b</sub>
گرده‌افشانی	۷۲/۵۸ <sub>a</sub>	۷/۳۳ <sub>a</sub>	۲۳/۶۵ <sub>a</sub>	۴۱/۵ <sub>a</sub>	۲۰/۶۸ <sub>a</sub>	۴۴/۶۳ <sub>a</sub>	۱۳۷/۹ <sub>a</sub>	۷۴۵۶ <sub>a</sub>
روی (Zn)								
شاهد	۶۴/۵۸ <sub>c</sub>	۵/۹۱ <sub>c</sub>	۲۰/۱۸ <sub>c</sub>	۳۸ <sub>c</sub>	۱۷/۰۱ <sub>c</sub>	۴۱/۰۵ <sub>c</sub>	۱۲۴/۵ <sub>c</sub>	۶۰۰۷ <sub>Ac</sub>
آبستنی	۶۶/۴۱ <sub>b</sub>	۶/۲۵ <sub>b</sub>	۲۰/۸ <sub>b</sub>	۳۷ <sub>b</sub>	۱۷/۵۸ <sub>b</sub>	۴۲/۴۱ <sub>b</sub>	۱۲۸/۹ <sub>b</sub>	۶۳۳۴ <sub>b</sub>
گرده‌افشانی	۷۰/۱۱ <sub>a</sub>	۶/۹۱ <sub>a</sub>	۲۲/۵ <sub>a</sub>	۴۰ <sub>a</sub>	۱۹/۳۸ <sub>a</sub>	۴۳/۵۵ <sub>a</sub>	۱۳۴/۲ <sub>a</sub>	۶۸۷۳ <sub>a</sub>

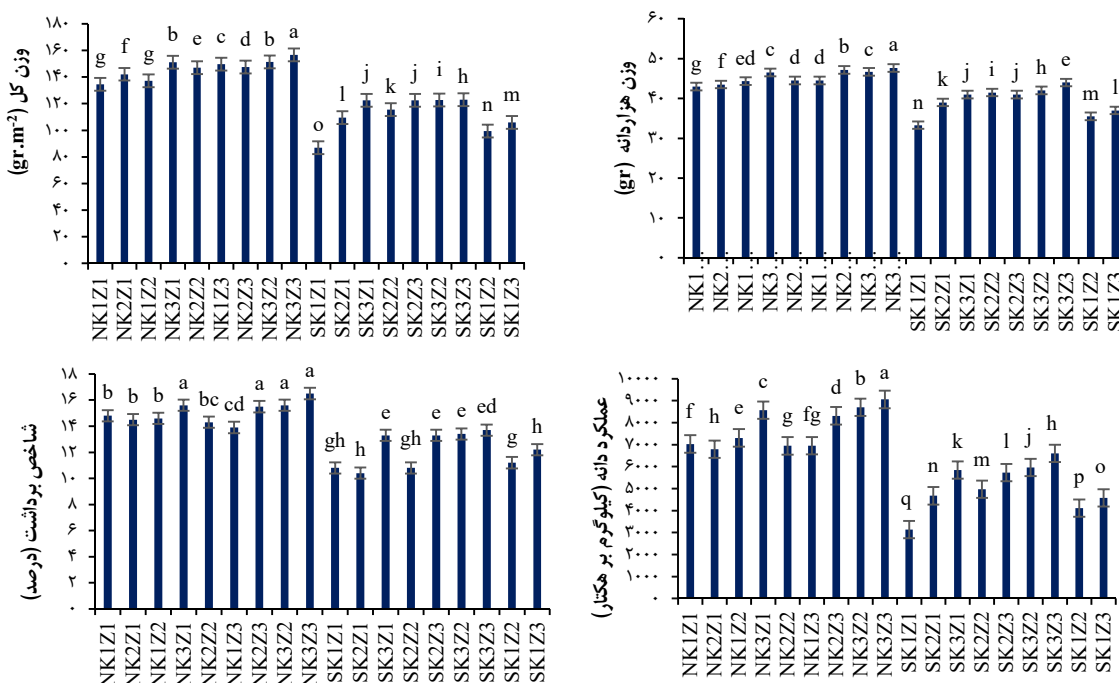
کاربرد عناصر روی و پتاسیم بر روی شاخص‌های مورفولوژیکی و عملکرد گندم اثر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) نشان داد (جدول ۴). تیمار پتاسیم با میزان ۲ لیتر بر هکتار پس از گرده‌افشانی دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (۷۴۵۶ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). همچنین تیمار ۲ لیتر بر هکتار پتاسیم پس از گرده‌افشانی توانست سایر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) را افزایش دهد (جدول ۵). گزارش‌هایی مبنی بر افزایش عملکرد دانه گندم بر اثر مصرف کود پتاسیم ارائه شده است (Alexander, 1973). به‌طور کلی پذیرفته شده است که در صورت عدم وجود مقادیر کافی از مواد مغذی موجود در خاک، در شرایط خشکسالی، افزایش مواد مغذی باعث بهبود رشد گیاه می‌شود (Hu & Schmidhalter, 2005). با توجه به آن‌که پتاسیم پس از نیتروژن و فسفر یکی از عناصر بسیار مهم در گیاهان محسوب می‌شود و از طرف دیگر پتاسیم نقش مهم و حیاتی در حفظ وضعیت آب در گیاهان، باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی و پایداری غشا بازی می‌کند (Erel *et al.*, 2015) و همچنین به‌عنوان وافرترین کاتیون در سیتوپلاسم، نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی دارد (Shabala & Pottosin, 2010)، در نتیجه، استفاده از کود پتاسیم به‌صورت اسپری برگ‌ی سبب بهبود رشد و عملکرد گندم می‌شود. وضعیت آب گیاه به شدت بر تجمع پتاسیم در برگ مؤثر است. نقش آن در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها بسیار مهم است زیرا کانال‌های پتاسیم موجود در سلول‌های نگهبان روزنه‌ها نسبت به وضعیت آب گیاه حساس هستند (Taiz & Zeiger, 2006). در شرایط خشکی، در دسترس‌بودن پتاسیم در خاک برای گیاهان کاهش یافته و جذب آن توسط ریشه محدود شده که در نهایت بر انتقال آن از ریشه به اندام هوایی تأثیرگذار می‌باشد (Wang *et al.*, 2013). کاهش در مسیرهای آنزیمی مرتبط با فتوسنتز و کندشدن مکانیسم‌های محافظت‌کننده از سیستم‌های نوری فتوسنتز از جمله مواردی بوده که در هنگام کاهش پتاسیم در گیاه مشاهده شده است (Erel *et al.*, 2015).

روی (Zn) نیز یکی از عناصر دارای اهمیت در گیاه می‌باشد که نقش‌های فیزیولوژیک فراوانی ایفا می‌کند. جذب روی توسط ریشه گیاه در شرایط کم آبی محدود می‌شود و با دسترسی کم آب در خاک کاهش می‌یابد، زیرا تحت این شرایط حرکت روی در خاک بسیار کم و محدود می‌شود. نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) کاربرد روی (Zn) بر ارتفاع، طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزاردانه، وزن کل، عملکرد دانه و شاخص



برداشت در گندم بود (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین ارتفاع گیاه (۷۰/۱۱ سانتی‌متر)، طول سنبله (۶/۹۱ سانتی‌متر)، وزن سنبله (۲۲/۵ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۳۹)، وزن دانه در سنبله (۱۹/۳۸ گرم)، TKW (۴۳/۵۵ گرم)، وزن کل (۱۴۳/۲ گرم در مترمربع) و شاخص برداشت (۱۴/۲۱ درصد) در تیمار ۴ لیتر بر هکتار کود روی (Zn) پس از گرده افشانی بدست آمد (جدول ۴). همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه (۶۸۷۲ کیلوگرم در هکتار) در این تیمار مشاهده شد (جدول ۵). در مطالعه‌ای به بررسی کاربرد برگی روی (Zn) بر ویژگی‌های مورفولوژیک و اجزای عملکرد گندم پرداخته شد (Zain et al., 2015). نتایج نشان داد استفاده برگی از عنصر میکرو Zn سبب افزایش ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در خوشه، تعداد پنجه در مترمربع، بیوماس کل و شاخص برداشت شد (Zain et al., 2015). کاهش اثرات مضر تنش بر گیاه گندم از طریق استفاده برگی از عنصر میکرو Zn را می‌توان به علت کاهش مارکهای تنش نظیر پرولین،  $H_2O_2$  و افزایش محتوای رنگدانه‌های گیاهی تحت شرایط تنش خشکی عنوان کرد. میزان اثر کاهشی حداکثری پس از محلول پاشی روی در مرحله بوتینگ مشاهده شد که نشان می‌دهد این مرحله بهترین زمان به منظور اعمال تیمار Zn به منظور تعدیل اثر تنش خشکی است (Abdel-Motagally & El-Zohri, 2018).

مطالعات قبلی حاکی از آن است که استفاده هم‌زمان از Zn و K به صورت کاربرد برگی تحت شرایط تنش خشکی در گندم سبب افزایش ارتفاع گیاه، پنجه‌های بارور، سنبلچه‌های بارور در سنبله، طول سنبله، وزن هزاردانه، بیوماس کل و عملکرد دانه شد (Zafar et al., 2016). در مطالعه حاضر استفاده هم‌زمان از کود پتاس و روی عملکرد دانه گندم و شاخص‌های مورد ارزیابی را به طور معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). تیمار کاربرد هم‌زمان کود پتاس و روی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) به ترتیب، وزن هزاردانه (۲۵ درصد)، وزن کل (۲۹ درصد)، عملکرد دانه (۵۲ درصد) و شاخص برداشت (۲۱ درصد) را در شرایط تنش آبی افزایش داد (شکل ۱).



شکل ۱. نمودار اثر متقابل محلول پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد گندم، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و وزن کل تحت شرایط مختلف آبیاری. آبیاری نرمال (N)، تنش آبی (S)، پتاسیم (K) و روی (Z).

نتایج سایر پژوهش‌گران مؤید آن است که ارتفاع گیاه و بیوماس کل گندم پس از کاربرد برگی روی و پتاس به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Zafar *et al.*, 2016). مطالعات بسیار زیادی در زمینه تنش خشکی در گندم و اعمال کودهای پتاس و روی در سال‌های گذشته صورت گرفته است که نتایج این پژوهش‌ها کاملاً همسو با یکدیگر بوده‌اند. نتایج نشان داد که استفاده برگی در هنگام تنش خشکی سبب افزایش میزان ارتفاع بوته، اندازه سنبله، تعداد سنبلچه‌ها، وزن هزاردانه، عملکرد دانه در بوته و عملکرد کل دانه نسبت به شاهد مربوطه شد (Abdel-Motagally & El-Zohri, 2018).

#### ۴. نتیجه‌گیری

در بین سال‌های مورد مطالعه، عملکرد دانه (۶۹۶۲/۳ کیلوگرم) در سال دوم (۱۳۹۸) برتر از سال اول (۵۵۸۴/۴ کیلوگرم) بود. همچنین شاخص برداشت در سال دوم (۱۴/۷۴ درصد) مقادیر بیش‌تری در مقایسه با سال اول (۱۲/۴۴ درصد) را نشان داد. علت این امر را می‌توان به دلیل میانگین بارندگی بیش‌تر در فصل زراعی ۱۳۹۸ نسبت به فصل زراعی ۱۳۹۷ دانست. نتایج این مطالعه به‌طور خاص نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه (۳۳ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۳۴/۵ درصد) گندم در مقایسه با آبیاری کامل شد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که مصرف پتاسیم و روی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در رژیم‌های مختلف آبیاری دارند. بیش‌ترین عملکرد دانه (۹۰۵۸ کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی پتاسیم و روی در شرایط آبیاری نرمال قبل از بوتینگ حاصل شده و تنش خشکی باعث نقصان آن شد. همچنین عملکرد دانه در تیمار شاهد ۷۰۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. مصرف جداگانه کود پتاس، روی و مصرف هم‌زمان کود پتاسیم و روی در مرحله بعد از گرده‌افشانی در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه و شاخص‌های مورفولوژیکی مورد‌ارزیابی را افزایش داد. کاربرد برگی پتاسیم و روی به‌صورت محلول‌پاشی بر روی گیاه گندم، سبب بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه شده و به‌طور مستقیم انتقال مواد به مخزن را افزایش و درنهایت منتج به افزایش عملکرد دانه شده است.

#### ۵. تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی همدان و همچنین دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد به‌دلیل پشتیبانی و خدمات شایسته برای اجرای هرچه بهتر این مطالعه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. منابع

- Asseng, S., Foster, I., & Turner, N. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17(2), 997-1012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02262.x>.
- Austin, R.B., Morgan, C.L., Ford, M.A., & Blackwell, R.D. (1980). Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Annals of Botany*, 45(3), 309-319.
- Abdel-Motagally, F.M.F., & El-Zohri, M. (2018). Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 178-185.

- Alexander, V. T. (1973). Influence of foliar nutrition of urea and potash on wheat under rainfed condition. *Journal of Potash rev*, 11(12), 2-9.
- Anonymous. (2018). Statistica [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/237912/global-top-wheat-producing-countries/>.
- Da Silva, E.C., Nogueira, R., da Silva, M.A., & de Albuquerque, M.B. (2011). Drought stress and plant nutrition. *Plant Stress*, 5(11), 32-41.
- Brown, P. H., & Cakmak, I. (1993). *Form and function of zinc in plants*. In: Robson, A. O. (ed.). Zinc in soil and plant. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp: 93-106.
- Cakmak, I. (2010a). Biofortification of cereals with zinc and iron through fertilization strategy. (2010) *19th World Congress of Soil Science*. August 1-6, 2010, Brisbane, Australia.
- Deng, X., Shan, L., Inanaga, S., & Inoue, M. (2005). Water-saving approaches for improving wheat production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1379-1388.
- Erel, R., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A., Dag, A., Shapira, O., & Schwartz, A. (2015). Modification of non-stomatal limitation and photoprotection due to K and Na nutrition of olive trees. *Journal of Plant Physiology*, 177(41), 1-10.
- FAO. (2015). FAO in emergencies from presentation to building back better.
- Hajiboland, R., & Amirazad, F. (2010). Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in Zn-deficient red cabbage plants. *Plant, Soil and Environment*, 56(7), 209-217.
- Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(8), 541-549.
- Khan, M. A., Fuller, M. P., & Baloch, F. S. (2008). Effect of soil-applied zinc sulfate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. *Cereal Research Communications*, 36(4), 571-582.
- Nakhjjvani Moghadamad, M. M., Sadr Ghayen, S. H., & Akbari, M. (2010). Effects of water stress on yield and water use efficiency of wheat. *Third National Conference on Irrigation and Drainage Management*. Chamran University. 20 Feb. Khuzestan, Iran.
- Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., & Covarrubias, A. A. (2012). Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 56(11), 24-34. Doi: 10.1016/j.plaphy.2012.04.007.
- Rengel, Z., & Graham, R. D. (1995). Importance of seed Zn-content for wheat growth on zinc deficient soil. II. Grain yield. *Plant and soil*, 173(35), 267-274.
- Shabala, S., & Pottosin, I.I. (2010). Potassium and potassium-permeable channels in plant salt tolerance. In: Ion Channels. *Plant Stress Responses*. Springer, 9(11), 87-110.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*, 4th ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*, 14(2), 7370-7390.
- Zafar, S., Ashraf, M.Y., Anwar, S., Ali, Q., & Noman, A. (2016). Yield enhancement in wheat by soil and foliar fertilization of K and Zn under saline environment. *Soil & Environment*, 35(9), 25-36.
- Zain, M., Khan, I., & Qadri, R.W.K. (2015). Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. *American Journal of Plant Sciences*, 6(1), 864.