تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۱۱۸-۱۰۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2448.1643

مقاله پژوهشی

بررسی اثر محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر صفات مورفولوژیک و زراعی گندم نان (رقم چمران) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

سید احمد پورجمشید*
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز بر صفات مورفولوژیک و زراعی گندم نان (رقم چمران) تحت رژیم آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در شهرستان رامهرمز اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (عدم تنش آبی) و قطع آبیاری از آغاز مرحله پنجه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک (تنش آبی) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شش سطح عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی با آب، آهن، روی، منگنز و آهن + روی + منگنز (هرکدام سه لیتر در هکتار) در سه مرتبه و در مراحل پنجه‌زنی، ساقه رفتن و گرده‌افشانی به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد، تنش آبی صفات طول پدانکل (۲۶/۶۲ درصد)، طول سنبله (۱۲/۸۷ درصد)، ارتفاع بوته (۲۲/۹۱ درصد)، تعداد پنجه در مترمربع (۲۹/۲۱ درصد)، تعداد سنبله در مترمربع (۲۶/۸۵ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۱۳/۴۳ درصد)، وزن هزار دانه (۱۷/۳۷ درصد) و عملکرد دانه (۴۶/۱۰ درصد) را به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) کاهش داد. بااین‌وجود، کاربرد مجزا و تلفیقی آهن، روی و منگنز صفات اندازه‌گیری شده را به‌طور متوسط ۱۵/۲۰، ۷/۷۲، ۷/۳۲، ۲۵/۱۸، ۲۳/۲۴، ۸/۸۴، ۸/۷۶ و ۳۲/۶۳ درصد تحت تنش آبی به‌ترتیب افزایش دادند. در این میان، کاربرد محلول‌پاشی روی بیشترین اثر را در کاهش آسیب ناشی از تنش آبی بر صفات مورداندازه‌گیری نشان داد. به‌طورکلی، استفاده از عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند اثرات زیان‌بار ناشی از تنش آبی را کاهش و موجب بهبود صفات مورفولوژیک و زراعی گندم نان در منطقه رامهرمز شود.

واژه‌های کلیدی: *تنش خشکی، عناصر ریزمغذی، غلات.*

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) ازنظر میزان تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول زراعی به شمار رفته و افزایش کمی و کیفی عملکرد آن در واحد سطح از مهم‌ترین اولویت‌های تحقیقاتی و اجرایی کشور است (Mojtabaie Zamani et al., 2015). تنش خشکی و کمبود آب آبیاری مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک ازجمله استان خوزستان است (Dehghan et al., 2017). داریانتو و همکاران (Daryanto et al., 2006) با بررسی نتایج حاصل از آزمایش‌های تأثیر تنش آبی روی عملکرد گندم و ذرت بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۱۵ در شرایط مزرعه نشان دادند که کاهش عملکرد گندم و ذرت متفاوت است. آنان کاهش عملکرد گندم و ذرت در اثر خشکی را به‌ترتیب ۲۰/۶ درصد و ۳۹/۳ درصد گزارش کردند. در مطالعه‌ای امام و همکاران (Emam et al., 2007) گزارش دادند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم شد. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2013) کاهش صفات مورفولوژیک ارقام گندم تحت تنش خشکی را گزارش کردند.

کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به علت ماهیت آهکی خاک، pH بالا، مواد آلی پایین، تنش شوری، خشک‌سالی،

* نگارنده پاسخگو: سید احمد پورجمشید. پست الکترونیک: Pourjamshid58@gmail.com

محتوای بی‌کربنات آب آبیاری و عدم تعادل در استفاده از کودهای NPK شایع است (Narimani et al., 2010). محلول‌پاشی عناصر در مقایسه با کاربرد خاکی آن‌ها، مواد غذایی موردنیاز گیاهان را سریع‌تر فراهم می‌کند. علاوه بر این، کارایی محلول‌پاشی بالاتر و هزینه آن نسبت به کاربرد خاکی کمتر است (Yassen et al., 2010).

آهن به‌عنوان یک عنصر غذایی کم‌مصرف، جزء ضروری بسیاری از آنزیم‌ها همچون نیتروژناز، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و نیترات ردوکتاز است و نقش اساسی در سنتز کلروفیل، نمو کلروپلاست، انتقال الکترون، فتوسنتز و متابولیسم گیاهان دارد (Ghasemian et al., 2010). روی یک عنصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیک سلول، محافظت غشاء در مقابل ROS و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش‌ها ایفا می‌کند (Marschner, 1995). کمبود روی به دلیل افزایش تولید ROS و بروز تنش اکسیداتیو موجب اختلال در متابولیسم سلول و متعاقب آن کاهش رشد و عملکرد گندم می‌شود (Cakmak et al., 1996). منگنز به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری، به‌طور مستقیم از طریق افزایش ترکیبات و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش سرعت فتوسنتز و متابولیسم نیتروژن نقش مهمی در کاهش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش‌های محیطی در گیاهان دارد (Waraich et al., 2012). گزارش‌شده، کاربرد آهن، روی و منگنز عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Zain et al., 2015; Zeidan and Nofal, 2002). با توجه به اهمیت تولید گندم در جهت تأمین منابع غذایی موردنیاز کشور و لزوم بهبود تولید آن در بعضی از مناطق مانند خوزستان که با محدودیت تأمین آب آبیاری مواجه هستند و همچنین توجه کمتر به نقش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در تعدیل اثرات زیان‌بار تنش آبی بر صفات مورفولوژیک و زراعی گندم، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر صفات مورفولوژیک و زراعی گندم نان (رقم چمران) تحت رژیم آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و چهار تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان رامهرمز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (عدم تنش آبی) و قطع آبیاری از آغاز مرحله پنجه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک (تنش آبی) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شش سطح شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی با آب، آهن، روی، منگنز و آهن + روی + منگنز (هرکدام سه لیتر در هکتار) بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان در سه مرتبه و در مراحل پنجه‌زنی، ساقه رفتن و گرده‌افشانی (بعد از اعمال تنش آبی از طریق قطع آب آبیاری) به‌عنوان عامل فرعی بودند. برای محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز به‌ترتیب از کلات آهن ۶ درصد، کلات روی ۷/۵ درصد و کلات منگنز ۷ درصد به‌میزان ۳ لیتر در هزار لیتر آب در هکتار استفاده شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی با نفوذپذیری کم و از مشخصات آن می‌توان به پایین بودن میزان پتاسیم، آهن، روی، منگنز، ماده آلی و بالا بودن میزان فسفر، اسیدیته و شوری خاک اشاره کرد (جدول ۱). اطلاعات مربوط به پارامترهای هواشناسی در طی دوره آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

در طول دوره اعمال تنش آبی، هیچ‌گونه بارندگی مؤثری مشاهده نشد. کرت‌های آزمایشی شامل هفت ردیف کاشت سه متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر و تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، اوره، سولفات پتاسیم و گوگرد به‌ترتیب، مقدار ۳۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. کود اوره به‌صورت یک‌سوم پایه و در زمان کاشت همراه با تمام سولفات پتاسیم و گوگرد، یک‌سوم در مرحله پایان پنجه‌زنی و یک‌سوم در مرحله گل‌دهی به‌عنوان سرک مصرف شد. به دلیل بالا بودن میزان فسفر از کودهای فسفره استفاده نشد. غلظت بحرانی عناصر غذایی پتاسیم، فسفر، مس، آهن، روی و منگنز در خاک برای گندم در خوزستان به‌ترتیب ۲۰۰، ۱۲، ۰/۷، ۳/۸، ۱ و ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Tabatabaei, 2013). کشت به روش دستی و در عمق سه سانتی‌متری خاک و در تاریخ ۲۵ آبان‌ماه انجام گردید. رقم گندم مورد کشت چمران بود. از ویژگی‌های این رقم می‌توان به تیپ رشد بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۹۵ سانتی‌متر، میانگین وزن هزار دانه ۳۹ گرم، میانگین عملکرد دانه ۶/۵ تن در هکتار، زودرس و متحمل بودن به دمای بالا و

خشکی اشاره کرد (Modhej and Fathi, 2008). آبیاری، کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و آفات به‌گونه‌ای انجام شد که گیاه با تنش دیگری غیر از تنش آبی مواجه نگردد. آبیاری مطابق با نیاز آبی گیاه و شرایط اقلیمی منطقه در هفت نوبت (خاک‌آب، سبز آب، پنجه آب، ساق آب، خوش آب، گل آب و دانه آب) و به‌صورت نشتی- غرقابی برای شرایط عدم تنش آبی انجام گرفت. برداشت محصول در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه انجام گردید.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

هدایت الکتریکی E.C	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	مواد آلی O.C	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn
$dS.m^{-1}$			----------%----------				----------$mg.kg^{-1}$----------				
5.71	7.51	Silty clay	49	35	16	0.83	16.56	180	2.21	0.72	0.80

جدول ۲. آمار هواشناسی رامهرمز در طی دوره آزمایش

Table 2. Weather statistics of Ramhormoz during the experimental period

Month	ماه	میانگین دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) Mean of air temperature (°C)		رطوبت نسبی RH (%)	بارندگی Precipitation (mm)
		Maximum حداکثر	Minimum حداقل		
November	آبان	30.0	18.1	41	18.3
December	آذر	27.1	10.9	56	55.7
January	دی	16.9	9.7	65	58.4
February	بهمن	20.6	8.4	49	15.1
March	اسفند	22.2	13.7	43	10.5
April	فروردین	30.4	17.4	42	6.8

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

برای اندازه‌گیری طول پدانکل، به‌طور تصادفی تعداد پنج بوته از هر کرت جدا و میانگین فاصله بین آخرین گره ساقه تا زیر سنبله برحسب سانتی‌متر به‌عنوان طول پدانکل منظور شد. اندازه‌گیری در زمان برداشت و با استفاده از متر انجام شد.

برای اندازه‌گیری طول سنبله، از زیر سنبله تا نوک ریشک‌ها برحسب سانتی‌متر به‌عنوان طول سنبله در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری در زمان برداشت و با استفاده از متر انجام گردید. برای این منظور، به‌طور تصادفی طول پنج سنبله از هر کرت اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، از سطح خاک تا نوک ریشک‌ها برحسب سانتی‌متر به‌عنوان ارتفاع بوته در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری در زمان برداشت و با استفاده از متر انجام گردید. برای این منظور، به‌طور تصادفی ارتفاع پنج بوته از هر کرت اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد.

بعد از پایان و تکمیل پنجه‌زنی، تعداد پنجه‌ها در سطح یک مترمربع هر کرت شمارش و به‌عنوان تعداد پنجه در مترمربع در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری صفات زراعی

برای تعیین تعداد سنبله در مترمربع، کل سنبله‌ها در سطح یک مترمربع هر کرت مورد شمارش قرار گرفت و به‌عنوان تعداد سنبله در مترمربع در نظر گرفته شد.

برای تعیین تعداد دانه در سنبله، به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ سنبله از هر کرت انتخاب و پس از جدا کردن همه دانه‌ها

از سنبله‌ها، تعداد آن‌ها شمارش شدند. سپس از تقسیم تعداد دانه‌ها بر تعداد سنبله‌ها، تعداد دانه در هر سنبله به دست آمد.

اندازه‌گیری وزن هزار دانه پس از خشک‌کردن و پاک کردن کامل دانه‌ها صورت گرفت. به‌این‌ترتیب که از محصول دانه به‌دست‌آمده در هر کرت دو نمونه ۵۰۰ عددی شمارش و سپس با توزین این نمونه‌ها، وزن هزار دانه برای هر کرت محاسبه شد.

عملکرد دانه

به‌منظور محاسبه عملکرد دانه، پس از حذف ۰/۵ متر از حاشیه‌های خطوط کشت موردنظر (پنجم و ششم) در مرحله‌ی رسیدگی، کل سنبله‌های برداشت‌شده از سطح یک مترمربع هر کرت با دست خرمن‌کوبی و بوجاری و پس‌ازآن دانه‌های به‌دست‌آمده توزین و عملکرد در مترمربع تعیین و درنهایت به هکتار تبدیل شد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

طول پدانکل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر طول پدانکل گندم معنی‌دار بود ($P<0.05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان طول پدانکل گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۳۵/۲۱ سانتی‌متر) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۲۲/۰۸ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۴). در آزمایش حاضر مشاهده شد، تنش آبی ۲۶/۶۲ درصد طول پدانکل گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما در چنین شرایطی کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز به‌طور متوسط ۱۵/۲۰ درصد طول پدانکل گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند که این میزان افزایش با اعمال مجزای روی به ۲۲/۴۹ درصد رسید (جدول ۴). صداقت و امام (Sedaghat and Emam, 2017) کاهش طول پدانکل گندم با اعمال تنش خشکی را گزارش دادند. این محققین دلیل این کاهش را با نقش تنش خشکی در کاهش طول دوره رشد گندم مرتبط دانستند. با توجه به نقش محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز در افزایش طول دوره رشد گندم (Seadh et al., 2009)، افزایش طول پدانکل با اعمال عناصر غذایی فوق در آزمایش حاضر می‌تواند قابل توجیه است. عباسی و شکاری (Abbasi and Shekari, 2016) افزایش طول پدانکل گندم با محلول‌پاشی سولفات روی تحت تنش خشکی را گزارش کردند. این محققین دلیل این افزایش را به نقش روی در افزایش تولید ایندول استیک اسید که منجر به افزایش طول میانگره‌های ساقه و به‌تبع آن طول پدانکل می‌شود، نسبت دادند. نتایج آزمایش حاضر مطابق با یافته‌های محققین فوق بود.

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اختلاف معنی‌داری را در برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر طول سنبله گندم نشان داد ($P<0.05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان طول سنبله گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۱۹/۳۹ سانتی‌متر) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۱۵/۳۰ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۴). در آزمایش حاضر، تنش آبی ۱۲/۸۷ درصد طول سنبله گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز در چنین شرایطی به‌طور متوسط ۷/۷۲ درصد طول سنبله گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند که این میزان افزایش با اعمال مجزای روی به ۹/۸۹ درصد رسید (جدول ۴). موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2013) کاهش طول سنبله و محدود شدن دوره رشدی مریستم زایشی در ایجاد سنبله را به دلیل تنش خشکی گزارش کردند. این یافته آن‌ها مطابق با نتایج آزمایش حاضر بود. مارالیان و همکاران (Maralian et al., 2008) اظهار داشتند که کاربرد آهن و روی اثر معنی‌داری بر طول سنبله گندم نداشتند. بااین‌وجود، محققان بسیاری افزایش طول سنبله گندم درنتیجه محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز را گزارش دادند (Seadh et al., 2009). خان و همکاران (Khan et al., 2008) نیز افزایش طول سنبله گندم با محلول‌پاشی روی را نشان دادند. این محققین علت این افزایش را به نقش روی در تقسیم و توسعه بافت‌های مریستمی، فتوسنتز و افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت دادند. نتایج آزمایش حاضر مغایر با یافته‌های مارالیان و همکاران (Maralian et al., 2008) بود اما با نتایج خان و همکاران (Khan et al., 2008) همخوانی داشت.

ارتفاع بوته

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان ارتفاع بوته گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۸۳/۳۷ سانتی‌متر) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۶۰/۰۶ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۴). در آزمایش حاضر مشاهده شد، تنش آبی نسبت به شرایط آبیاری کامل ۲۲/۹۱ درصد ارتفاع بوته گندم را کاهش داد، اما در چنین شرایطی کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز به‌طور متوسط ۷/۳۲ درصد ارتفاع بوته گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند که این میزان افزایش با کاربرد مجزای روی به ۹/۲۷ درصد رسید (جدول ۴). موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2013) کاهش ارتفاع بوته ناشی از تنش خشکی را با نقش این تنش در کاهش طول دوره رشد و تسریع نمو مرتبط دانستند. بامری و همکاران (Bameri et al., 2012) اظهار داشتند که کاربرد آهن، روی و منگنز موجب افزایش ارتفاع بوته گندم شد. این محققین دلیل این افزایش را با نقش این عناصر در افزایش طول دوره رشد مرتبط دانستند. اضافه بر این، مطالعات پیشین افزایش ارتفاع بوته با کاربرد روی را به نقش این عنصر در افزایش تولید اکسین و جذب NPK نسبت دادند (Thiruppathi et al., 2001). نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های محققین فوق همخوانی داشت.

تعداد پنجه در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر تعداد پنجه در مترمربع گندم معنی‌دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان تعداد پنجه در مترمربع گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۳۹۴/۶۶) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۲۲۱/۳۳) به دست آمد (جدول ۴). در آزمایش حاضر، تنش آبی ۲۹/۲۱ درصد تعداد پنجه در مترمربع گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما در چنین شرایطی کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز به‌طور متوسط ۲۵/۱۸ درصد تعداد پنجه در مترمربع گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند. بااین‌وجود، این میزان افزایش با کاربرد مجزای روی به ۳۴/۵۸ درصد رسید (جدول ۴). با اعمال تنش خشکی به دلیل کاهش طول دوره رشد و فرصت ناکافی گیاه برای رشد رویشی تعداد پنجه در مترمربع کاهش نشان داد (Sedaghat and Emam, 2017). محققین بسیاری افزایش تعداد پنجه در مترمربع گندم درنتیجه کاربرد آهن، روی و منگنز را نسبت به شاهد گزارش دادند (Maralian et al., 2008; Mostafavi Rad et al., 2009). این محققین دلیل این افزایش را به نقش این عناصر در جذب عناصر غذایی، بهبود فتوسنتز، رشد بافت‌های مریستمی و بهبود رشد رویشی نسبت دادند. نتایج آزمایش حاضر یافته‌های محققین فوق را تأیید می‌کند.

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر تعداد سنبله در مترمربع گندم معنی‌دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان تعداد سنبله در مترمربع گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۵۹۰/۳۳) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۳۱۸/۶۶) به دست آمد (جدول ۴). مطابق نتایج آزمایش حاضر، تنش آبی ۲۶/۸۵ درصد تعداد سنبله در مترمربع گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز در چنین شرایطی به‌طور متوسط ۲۳/۲۴ درصد تعداد سنبله در مترمربع گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند. بااین‌وجود، این میزان افزایش با کاربرد مجزای روی به ۳۲/۴۸ درصد رسید (جدول ۴). صداقت و امام (Sedaghat and Emam, 2017) کاهش تعداد سنبله درنتیجه اعمال تنش خشکی را به عدم باروری تعدادی از سنبله‌ها در پنجه‌ها و همچنین کاهش تعداد پنجه نسبت دادند. بامری و همکاران (Bameri et al., 2012) افزایش تعداد سنبله در مترمربع گندم درنتیجه کاربرد آهن، روی و منگنز را نشان دادند. این محققین دلیل افزایش را نقش این عناصر در بهبود جذب عناصر غذایی، توسعه اندام‌های رویشی و افزایش تعداد پنجه بارور در مترمربع ذکر کردند. نتایج آزمایش حاضر مطابق با یافته‌های محققین فوق است.

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) را در برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر تعداد دانه در سنبله گندم نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی و آهن + روی + منگنز (۴۴/۳۳) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۳۴/۳۳) به دست آمد (جدول ۴).

در آزمایش حاضر مشاهده شد، تنش آبی ۱۳/۴۳ درصد تعداد دانه در سنبله گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما در چنین شرایطی کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز تعداد دانه در سنبله گندم را به‌طور متوسط ۸/۸۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند که این میزان افزایش با اعمال روی و آهن + روی + منگنز به ۱۰/۴۳ درصد رسید (جدول ۴). لوئیجی و همکاران (Luigi et al., 2008) کاهش تعداد دانه در سنبله با اعمال تنش خشکی را در گیاهان زراعی گزارش دادند. این محققین علت این کاهش را با نقش زیان‌بار تنش خشکی در باروری تخمک‌ها و همچنین تسریع مراحل نموی گیاه مرتبط دانستند. کاربرد آهن، روی و منگنز به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در سنبله گندم را نسبت به شاهد افزایش داد (Bameri et al., 2012). این محققین دلیل این افزایش را با نقش این عناصر در افزایش تعداد گلچه‌های بارور و سنبلچه‌ها در سنبله مرتبط دانستند. نتایج آزمایش حاضر مطابق با یافته‌های محققین فوق بود.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات موردانداز‌ه‌گیری تحت تأثیر عوامل آزمایشی

Table 3. Analysis of variance measured traits affected by experimental factors

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant length	تعداد پنجه در مترمربع Number of tillers per m^{-2}
Block	بلوک	3	3.33^{ns}	1.43^{ns}	4.19^{ns}	8176.64^{ns}
Irrigation regime (A)	رژیم آبیاری	1	3465.07^{**}	102.46^{**}	18725.24^{**}	174231.63^{**}
Error a	خطای a	3	1.68	0.31	0.53	376.45
Foliar application (B)	محلول‌پاشی	5	54.76^{**}	16.91^{**}	143.38^{**}	26593.85^{**}
A × B	رژیم آبیاری ×محلول‌پاشی	5	26.46^{*}	6.69^{*}	54.56^{**}	2965.33^{**}
Error b	خطای b	30	0.734	0.16	0.36	247.11
CV%	ضریب تغییرات (٪)		*4.04*	*4.23*	*6.64*	*5.15*

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد سنبله در مترمربع Number of Spikes per m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield
Block	بلوک	3	2270.21^{ns}	1.66^{ns}	0.88^{ns}	79236.14^{ns}
Irrigation regime (A)	رژیم آبیاری	1	243276.63^{**}	183.32^{**}	1663.02^{**}	504760.58^{**}
Error a	خطای a	3	105.10	0.62	0.56	49362.18
Foliar application (B)	محلول‌پاشی	5	55638.47^{**}	126.68^{**}	40.68^{**}	243219.62^{**}
A × B	رژیم آبیاری ×محلول‌پاشی	5	3789.40^{**}	57.73^{**}	43.12^{**}	215045.47^{**}
Error b	خطای b	30	63.32	0.58	0.37	27645.36
CV%	ضریب تغییرات (٪)		3.15	2.44	3.00	10.26

ns،* و **: به‌ترتیب، غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non significant and significant at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر صفات موردانداز‌ه‌گیری تحت رژیم آبیاری

Table 4. Comparison of mean the effect of micronutrients foliar application on measured traits under irrigation regime

رژیم آبیاری Irrigation regime	Foliar application	محلول‌پاشی	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant length	تعداد پنجه در مترمربع Number of tillers
			----------(cm)----------			per m^{-2}
آبیاری کامل (irrigation complete)	Control	شاهد	30.09^{f}	17.56^{d}	77.91^{d}	312.66^{d}
	Water	آب	31.28^{e}	18.10^{c}	79.60^{c}	336.00^{c}
	Fe	آهن	33.72^{b}	18.95^{ab}	82.81^{ab}	340.66^{c}
	Zn	روی	35.21^{a}	19.39^{a}	83.37^{a}	394.66^{a}
	Mn	منگنز	32.46^{c}	18.80^{b}	81.90^{b}	362.33^{b}
	Fe+Zn+Mn	آهن+روی+ منگنز	33.18^{bc}	18.83^{b}	82.83^{ab}	366.33^{b}
تنش آبی (water stress)	Control	شاهد	22.08^{k}	15.30^{h}	60.06^{h}	221.33^{h}
	Water	آب	23.25^{j}	15.83^{g}	61.50^{g}	244.00^{g}
	Fe	آهن	26.07^{h}	16.45^{f}	66.05^{e}	266.33^{f}
	Zn	روی	28.49^{g}	16.98^{e}	66.20^{e}	338.33^{c}
	Mn	منگنز	24.77^{i}	16.43^{f}	63.46^{f}	288.00^{e}
	Fe+Zn+Mn	آهن+روی+ منگنز	24.85^{i}	16.46^{f}	63.53^{f}	290.66^{e}
LSD 5%			1.15	0.51	1.39	20.10

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

رژیم آبیاری Irrigation regime	Foliar application	محلول‌پاشی	تعداد سنبله در مترمربع Number of Spikes	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain Yield
			per m^{-2}		(g)	($kg.h^{-1}$)
آبیاری کامل (Complete irrigation)	Control	شاهد	435.66^{e}	39.66^{d}	39.30^{d}	4565.57^{e}
	Water	آب	480.00^{d}	41.00^{c}	40.52^{c}	5140.26^{d}
	Fe	آهن	520.00^{c}	43.00^{b}	41.23^{bc}	5676.49^{c}
	Zn	روی	590.33^{a}	44.33^{a}	42.66^{a}	6723.31^{a}
	Mn	منگنز	517.33^{c}	43.00^{b}	41.21^{bc}	5628.73^{c}
	Fe+Zn+Mn	آهن+روی+ منگنز	555.33^{b}	44.33^{a}	42.00^{ab}	6153.40^{b}
تنش آبی (Water stress)	Control	شاهد	318.66^{h}	34.33^{h}	32.47^{h}	2460.53^{i}
	Water	آب	351.33^{g}	35.66^{g}	33.72^{g}	2831.58^{h}
	Fe	آهن	395.66^{f}	37.00^{f}	35.00^{f}	3384.39^{g}
	Zn	روی	472.00^{d}	38.33^{e}	36.22^{e}	3927.39^{f}
	Mn	منگنز	392.33^{f}	37.00^{f}	34.97^{f}	3396.47^{g}
	Fe+Zn+Mn	آهن+روی+ منگنز	400.66^{f}	38.33^{e}	36.18^{e}	3902.73^{f}
LSD 5%			32.24	1.12	1.16	332.83

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level using of LSD

وزن هزار دانه

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر وزن هزار دانه گندم معنی‌دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان وزن هزار دانه گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۴۲/۶۶ گرم) و

کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۳۲/۴۷ گرم) به دست آمد (جدول ۴). در آزمایش حاضر، تنش آبی ۱۷/۳۷ درصد وزن هزار دانه گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز در چنین شرایطی به‌طور متوسط ۸/۷۶ درصد وزن هزار دانه گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند. بااین‌وجود، این میزان افزایش با کاربرد مجزای روی به ۱۰/۳۵ درصد رسید (جدول ۴). امام و دستفال (Emam and Dastfal, 1997) کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی را گزارش دادند. این محققین کاهش فتوسنتز، تسریع در رسیدگی و کاهش طول دوره پر شدن دانه را علت این کاهش ذکر کردند. بامری و همکاران (Bameri et al., 2012) اظهار داشتند که کاربرد عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز وزن هزار دانه گندم را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. این محققین دلیل این افزایش را به نقش آهن، روی و منگنز در افزایش طول دوره رشد، بهبود فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها نسبت دادند. نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های محققین فوق همخوانی داشت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان عملکرد دانه گندم در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی (۶۷۲۳/۳۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در شرایط تنش آبی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) (۲۴۶۰/۵۳) به دست آمد (جدول ۴). مطابق نتایج آزمایش حاضر، تنش آبی ۴۶/۱۰ درصد عملکرد دانه گندم را نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد، اما در چنین شرایطی کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر آهن، روی و منگنز به‌طور متوسط ۳۲/۶۳ درصد عملکرد دانه گندم را نسبت به شاهد افزایش دادند که این میزان افزایش با کاربرد مجزای روی به ۳۷/۳۴ درصد رسید (جدول ۴). فرمهینی فراهانی و همکاران (Farmahini Farahani et al., 2017) علت کاهش عملکرد دانه گندم درنتیجه اعمال تنش خشکی را کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و متعاقب آن کاهش وزن هزار دانه ذکر کردند. همچنین ندیم و همکاران (Nadim et al., 2011) گزارش دادند که کاربرد مجزا و تلفیقی آهن، روی و منگنز موجب افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود. گزارش شده است که تشکیل ROS ناشی از شرایط تنش با تولید اتیلن، پراکسیداسیون لیپیدها و درنتیجه سیالیت غشاء مرتبط است (Wang et al., 2012). مطالعات پیشین نیز نشان می‌دهد که افزایش اتیلن در گندم، باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، کاهش وزن هزار دانه، تسریع بلوغ، پیری زودرس و درنتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود (Beltrano et al., 1999)؛ بنابراین می‌توان علت افزایش عملکرد دانه درنتیجه کاربرد آهن، روی و منگنز را با نقش این عناصر در افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز (Waraich et al., 2012) و درنتیجه کاهش تجمع ROS و تولید اتیلن مرتبط دانست. اضافه بر این، در آزمایش حاضر مشاهده شد که تنش آبی اجزای عملکرد گندم همچون تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را کاهش داد. بااین‌وجود، کاربرد آهن، روی و منگنز و به‌ویژه روی موجب افزایش صفات زراعی فوق گردید؛ بنابراین، کاهش و افزایش عملکرد دانه گندم درنتیجه اعمال تنش آبی و کاربرد عناصر آهن، روی و منگنز در آزمایش موجود قابل توجیه است...

نتیجه‌گیری نهایی

تنش آبی کلیه صفات مورفولوژیک همچون طول پدانکل، طول سنبله، ارتفاع بوته و تعداد پنجه در مترمربع و صفات زراعی مانند تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم نان (رقم چمران) را کاهش داد. بااین‌حال، محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر تمام صفات مورفولوژیک و زراعی اندازه‌گیری شده در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش آبی اثر مطلوبی نشان داد. در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، کاربرد روی بیشترین تأثیر را بر صفات مورفولوژیک و زراعی در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش آبی داشت. به‌طورکلی می‌توان از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز به‌ویژه روی به‌منظور کاهش اثرات زیان‌بار تنش آبی و بهبود صفات مورفولوژیک و زراعی گندم نان (رقم چمران) در مناطق مواجه با محدودیت آب آبیاری و بارندگی همچون شهرستان رامهرمز بهره برد.

منابع

Abbasi, A., Shekari, F., 2016. Effect of zinc sulfate on growth and yield of wheat under soil zinc deficiency and drought stress. Cereal Research. 6, 145-158. [In Persian with English Summary].

Bameri, M., Abdolshahi, R., Mohammadi Nejad, G., Yousefi, Kh., Tabatabaie, S.M., 2012. Effect of different microelement treatment on wheat (*triticum aestivum* L.) growth and yield. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3, 219-223.

Beltrano, J., Ronco, M., Montaldi, E.R., 1999. Drought stress syndrome in wheat is provoked by ethylene evolution imbalance and reversed by rewatering, aminoethoxyvinylglycine and sodium benzoate. Journal of Plant Growth Regulation. 18, 59-64.

Cakmak, I., Sary, N., Marschner, H., Kalayci, M., Yilmaz, A., Eker, S., Gulut, K.Y., 1996. Dry matter production and distribution of Zn in bread and durum wheat genotypes differing in Zn efficiency. Plant and Soil. 180, 173-181.

Daryanto, S., Wang, L., Jacinthe, P.A., 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. PLOS ONE. 11, 1-15.

Dehghan, M., Balouchi, H.R., Yadavi, A.R., Safikhani, F., 2017. Effect of foliar application of brassinolide on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sirvan under terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 19, 40-56. [In Persian with English Summary].

Emam, Y., Dastfal, M., 1997. Above and below ground responses of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. Crop Research. 14, 457-470.

Emam,Y., Ranjbar, A.M., Bahrani, M.J., 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 11, 221-232.

Farahani, M., Mirzakhani, M., Sajedi, N.A., 2017. Effect of water absorbent materials on some agronomic traits and seed protein of wheat under water deficit stress. Plant Production Technology. 7(2), 27-37. [In Persian with English Summary].

Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh zadeh, A., Pirzad, A., 2010. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. Journal of Phytology. 2, 73-79.

Khan, M.A., Fuller, M.P., Baluch, F.S., 2008. Effect of Soil Applied Zinc Sulphate on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown on a Calcareous Soil in Pakistan. Cereal Research Communications. 36, 571-582.

Luigi, C., Rizza, F., Farnaz, B., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Alessandro, T., Stanca, M.A., 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105, 1-14.

Maralian, H., Didar Taleshmikail, R., Shahbazi, K., Torabi Giglou, M., 2008. Study of the effects of foliar application of Fe and Zn on wheat quality and quantity properties. Water, Soil and Plant in Agriculture. 8, 47-59. [In Persian with English Summary].

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, New York.

Modhej, A., Fathi, Gh., 2008. Wheat physiology. Islamic Azad University Puplication (*Shushtar branch*). 317p. [In Persian].

Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., 2015. Effect of heat stress during grain filling on photosynthesis and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 17, 1-17. [In Persian with English Summary].

Mostafavi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Mahmoodi, V.R., 2009. Effect of Zn and Mn micronutrient element on yield and some agronomic traits in three wheat cultivars. Pajouhesh and Sazandegi. 80, 2-8. [In Persian with English Summary].

Mousavi, M.N., Hejazi, P., Mostafavi, Kh., Fotovat, F., 2013. Investigation of drought stress on morphological traits in some bread wheat cultivars. Advances in Environmental Biology. 7, 131-135.

Nadim, M.A., Awan, I.U., Baloch, M.S., Khan, E.A., Naveed, Kh., Khan, M.A., 2011. Effect of micronutrients on growth and yield of wheat. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 48, 191-196.

Narimani, H., Rahimi, M.M., Ahmadikhah, A., Vaezi, B., 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield

components of durum wheat. Archives of Applied Science Research. 2, 168-176.

Seadh, S., El-Abady, M.I., El-Ghamry, A.M., Farouk, S., 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. Journal of Biological Sciences. 9, 851-858.

Sedaghat, M.E., Emam, Y., 2017. Effect of application of plant growth regulators on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 19, 132-147. [In Persian with English Summary].

Tabatabaei, S.J., 2013. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press. 544p. [In Persian].

Thiruppathi, M.K.T., Prakashand, K.M., Imayavaramban, V., 2001. Use of biofertilizer, phytohormone and zinc as a cost effective agro technique for increasing sesame productivity. Sesame and Safflower Newsletter. 16, 46-50.

Wang, J.M., Zhao, H., Huang, D., Wang, Z., 2012. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in loess plateau, China. Field Crops Research. 135, 89-96.

Waraich, E.A., Ahmad, R., Halim, A., Aziz, T., 2012. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 12, 221-244.

Yassen, A., Abou El-Nour, E., Shedeed, S., 2010. Response of wheat to foliar Spray with urea and micronutrients. Journal of American Science. 6, 14-22.

Zain, M., Khan, I., Khan Qadri, R.W., Ashraf, U., Hussain, S., Minhas, S., Siddique, A., Muzammil Jahangir, M., Bashir, M., 2015. Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. American Journal of Plant Sciences. 6, 864-869.

Zeidan M.S., Nofal, O.A., 2002. Effect of urea on the efficiency of spraying iron, manganese, zinc and copper on wheat. Egyptian Journal of Agronomy. 24, 121-131.