"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثر مصرف سولفات روی بر عملکرد دانه گندم نان (*Triticum aestivum* L.) رقم چمران در شرایط تنش گرمای انتهای فصل در اهواز

Effect of zinc sulfate application on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Chamran under terminal heat stress conditions in Ahvaz

علی مشتطی[۱] و سیدهاشم موسوی[۲]

چکیده

مشتطی، ع.، و س. ه. موسوی. ۱۳۹۸. اثر مصرف سولفات روی بر عملکرد دانه گندم نان (*Triticum aestivum* L.) رقم چمران در شرایط تنش گرمای انتهای فصل در اهواز. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۱(۳): ۲۶۷-۲۵٤.**

به منظور بررسی اثر مقادیر سولفات روی بر واکنش گندم رقم چمران به تنش گرمای انتهای فصل در شرایط آب و هوایی اهواز، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت (هشتم آذر، ۲۳ آذر و نهم دی) در کرت‌های اصلی و پنج سطح سولفات روی (صفر: شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که با تاخیر در کاشت به دلیل وقوع تنش گرمای انتهای فصل، عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه (به ترتیب ٦۷۲٦ و ۲۸۸٤ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ‌های کاشت اول و سوم بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف سولفات روی، عملکرد دانه افزایش یافته و حداکثر مقدار آن (٦۷۲٤ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه (٦۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن (۲۹۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و عدم مصرف سولفات روی حاصل شد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، تاخیر در کشت گندم باعث وقوع تنش گرمای انتهای فصل شده و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث کاهش اثر تنش گرما و بهبود عملکرد دانه گندم شد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، خوزستان، روی، زمان کاشت و گندم نان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۲ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۴۱/۵۱ مصوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان می‌باشد.

۱- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a.moshatati@asnrukh.ac.ir)
۲- کارشناس سابق دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در استان خوزستان در مساحت حدود ۴۵۰ هزار هکتار کشت می‌شود (Anonymous, 2017). وقوع تنش گرمای انتهای فصل در خوزستان باعث کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی عملکرد دانه گندم در سال‌های مختلف می‌شود (Jalal-Kamali and Duveiller, 2008). در این استان گندم به دلیل شرایط آب و هوایی و تابش مناسب در فصول پاییز و زمستان، رشد رویشی مناسبی داشته و پتانسیل عملکرد بالایی دارد، ولی به دلیل افزایش ناگهانی دما در ماه‌های اسفند و فروردین، گیاه در فاصله مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، با تنش گرمای انتهای فصل مواجه شده و عملکرد و کیفیت آن کاهش می‌یابد (Radmehr, 1997).

تنش‌های محیطی از جمله تنش گرمای انتهای فصل با ایجاد تغییرات فنولوژیک، اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک، اختلالات تغذیه‌ای و غیره، باعث کاهش رشد و عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی مانند گندم می‌شوند (Kafi *et al.*, 2009). حسین و همکاران (Hossain *et al.*, 2013) و گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 2015) گزارش دادند که تنش گرما باعث کاهش قابل توجه عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام گندم شد. جوشی و همکاران (Joshi *et al.*, 2016) با ارزیابی اثر تنش گرمای انتهای فصل ناشی از تاخیر در کاشت در گندم گزارش کردند که وقوع تنش گرما باعث کاهش ۶۷ درصدی وزن هزار دانه و ۴۷ درصدی عملکرد دانه شد. سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017) گزارش دادند که با تاخیر در کاشت گندم و وقوع تنش گرمای انتهای فصل در اهواز، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاهش یافتند.

در شرایط تنش گرمای انتهای فصل، برای کاهش اثر منفی تنش گرما بر گیاه و جلوگیری از کاهش عملکرد می‌توان از روش‌های مختلف به زراعی (انتخاب تاریخ کاشت مناسب، بهینه سازی مدیریت آبیاری و تغذیه گیاه) و به‌نژادی (استفاده از ارقام متحمل به تنش گرما) استفاده کرد (Wahid *et al.*, 2007). یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی تولید گیاهان زراعی و حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب، به‌ویژه در شرایط تنش، مدیریت تغذیه گیاه است. با استفاده از روش‌های صحیح تغذیه گیاه از جمله مصرف مقدار مناسب کودها و حفظ حاصلخیزی خاک، می‌توان ضمن افزایش عملکرد و کارآیی مصرف کودها، آلودگی محیط زیست را کاهش داده و اثر منفی تنش را تا حدی تعدیل کرد (Marschner, 1995).

روی (Zn) بعنوان یکی از عناصر ضروری کم‌مصرف، یا به عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها و یا به صورت کوفاکتور در تعداد زیادی از آنزیم‌ها عمل می‌کند. روی در گیاهان حداقل در ساختمان چهار آنزیم کربنیک آنهیدراز، الکل دهیدروناژ، سوپراکسید دیسموتاز و پلیمزار وجود دارد. این عنصر برای ساخته شدن ایندول استیک اسید از اسید آمینه تریپتوفان ضروری است. کمبود روی مانع سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم کربوهیدرات‌ها شده و تراوایی غشای پلاسمایی در گیاهان مبتلا به کمبود روی افزایش یافته و باعث خروج پتاسیم، نیترات و ترکیبات آلی از سلول‌های ریشه می‌شود (Alloway, 2008). نتایج یک آزمایش نشان داد که مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی باعث افزایش شاخص سطح برگ، تعداد پنجه بارور، تعداد سنبلک در سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک و کاهش شاخص برداشت گندم شد (Khan *et al.*, 2008). کمبود روی در اغلب اراضی زیرکشت غلات وجود دارد. در حدود ۵۰ درصد از خاک‌های زیر کشت گندم جهان دچار کمبود روی هستند که باعث

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

کاهش رشد گیاه و میزان محصول آن می‌شود (Bharti *et al.*, 2014). بنابراین کمبود عنصر روی یکی از عوامل محدود کننده عملکرد گندم در دنیا محسوب می‌شود (Cakmak *et al.*, 1999). گزارش شده است که کمبود روی باعث اختلال در فتوسنتز و پرورده‌سازی کربن و حساسیت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی مثل خشکی و گرما می‌شود (Graham and McDonald, 2001). نتایج تعدادی از آزمایش‌ها نشان داده است که در گیاهان مواجه با تنش، مصرف عنصر روی باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش‌های خشکی و گرما و افزایش عملکرد گیاه می‌شود. نتایج یک آزمایش نشان داد که محلول پاشی پنج میلی‌گرم در لیتر سولفات روی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش عملکرد زیستی در ارقام گندم نان شد (Tabatabaeian, 2011). نتایج یک آزمایش دیگر نشان داد که مصرف کودهای سولفات روی و سولفات پتاسیم بر گندم در شرایط تنش خشکی، گزارش شد که عملکرد دانه با مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی در تیمار کم‌آبیاری، با تیمار آبیاری کامل و بدون مصرف روی، یکسان بود (Ghalenoei *et al.*, 2014). بر اساس نتایج یک آزمایش خاک‌پاشی محلول سولفات روی باعث افزایش عملکرد دانه گندم در زراعت آبی و دیم شد و عنصر روی با افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، حذف گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها، باعث کاهش اثر تنش خشکی شد (Ma *et al.*, 2017). برخلاف تنش خشکی، تحقیقات اندکی روی اثر عنصر روی بر گندم در شرایط تنش گرما انجام شده است. نتایج یک آزمایش نشان داد که دماهای بالا باعث اختلال در تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک در گندم و اختلال در کارکرد غشای سلولی شد و کمبود روی نیز باعث کاهش یکپارچگی غشای سلولی شد. مصرف خاکی کود سولفات روی باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش گرما و افزایش وزن دانه شد و در اثر غیاب روی، عملکرد دانه در شرایط تنش گرما کاهش بیشتری یافت (Graham and McDonald, 2001). در آزمایش دیگری مشاهده شد که مصرف خاکی کود سولفات روی باعث افزایش یکپارچگی غشای سلولی، فعالیت کلروپلاست، رشد دانه و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گندم در شرایط تنش گرما شد (Peck and McDonald, 2010).

با توجه به اثر سوء تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و با توجه به اثر مثبت عنصر روی بر رشد و نمو و واکنش گندم نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و گرما، این آزمایش با هدف بررسی اثر عنصر مصرف روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان در شرایط تنش گرمای انتهای فصل در شرایط آب و هوایی اهواز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در ملاثانی در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۳۴ متر از سطح دریا اجرا شد. اقلیم منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک (تابستان گرم و طولانی، زمستان ملایم و کوتاه و گرمای زودرس با میانگین بارندگی سالیانه ۲۱۳ میلی‌متر) می‌باشد (جدول ۱). آزمایش به‌صورت کرت های خرد شده؛ شامل سه تاریخ کاشت [هشتم آذر (به‌موقع)، ۲۳ آذر (بینابین) و نهم دی (دیرهنگام)] در کرت‌های اصلی و پنج سطح سولفات روی (صفر (شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار (حاوی ۲۰ درصد عنصر روی خالص) (Khan *et al.*, 2008) در کرت‌های فرعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. بر اساس توصیه مرکز تحقیقات

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

کشاورزی خوزستان، محدوده تاریخ کاشت مناسب گندم در منطقه ۱۵ آبان تا ۲۵ آذر است. در این آزمایش از گندم بهاره رقم چمران (رقم رایج منطقه) استفاده شد. خاک مزرعه آزمایشی دارای بافت نیمه سنگین، واکنش نسبتا قلیایی (pH=۷/۳) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع سه دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲). هر کرت فرعی شامل ۱۰ خط کشت دو متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم (چهار متر مربع) و تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. کلیه عملیات داشت از جمله آبیاری (بر اساس شرایط آب و هوایی و وضعیت ظاهری خاک و گیاه در مراحل کاشت، ساقه رفتن، ابتدای گلدهی، گرده افشانی، مرحله شیری و خمیری دانه)، کوددهی پایه و سرک و وجین دستی علف‌های هرز داخل و بین کرت‌ها بر اساس توصیه‌های مراکز تحقیقاتی طوری انجام شد که گیاه با تنش دیگری، به جز تنش گرمای انتهای فصل، مواجه نشود. نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره (۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در ابتدای مرحله ساقه رفتن) و فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل (در زمان کاشت) مصرف شدند. در مرحله پنجه زنی ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت، میزان کود سولفات روی مربوط به هر تیمار در پنج لیتر آب در آب‌پاش حل و به خاک داده شد (Cakmak *et al.*, 1999). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک مربوط به هر تاریخ کاشت،دو خط ابتدا و انتها و همچنین نیم متر از طرفین سایر خطوط به عنوان حاشیه حذف و محصول یک مترمربع از هر کرت برداشت شد. عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد)، ماده خشک، شاخص برداشت و تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله بر اساس میانگین ۲۰ سنبله و وزن هزار دانه با شمارش و توزین دو نمونه ۵۰۰ دانه‌ای از هر کرت اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با

جدول ۱- میانگین دمای حداقل، حداکثر و متوسط ماهانه در طول دوره رشدگندم در اهواز (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵)

Table 1. Monthly minimum, maximum and mean temperatures during wheat growth duration in Ahwaz (2015-2016 and 2016-2017)

		2015-2016		۱۳۹۴-۹۵	2016-2017		۱۳۹۵-۹۶
Month	ماه	حداقل Min. (°C)	حداکثر Max. (°C)	میانگین Mean (°C)	حداقل Min. (°C)	میانگین حداکثر Max. (°C)	میانگین Mean (°C)
Dec.	آذر	7.3	22.1	14.7	9.0	20.8	14.9
Jan.	دی	8.2	22.9	15.6	9.2	20.5	14.9
Feb.	بهمن	8.1	22.7	15.4	7.1	19.2	13.2
Mar.	اسفند	12.8	27.1	20.0	11.3	25.4	18.4
Apr.	فروردین	16.1	32.5	24.3	17.8	31.0	24.4
May	اردیبهشت	21.1	36.0	28.6	24.4	40.6	32.5

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 2. Physical and chemical properties of soil at experiment site (0-30 cm)

EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	3	
pH	اسیدیته	7.3	
Organic matter (%)	ماده آلی	0.35	
Bulk density ($g.cm^{-3}$)	وزن مخصوص ظاهری	1.21	
N (%)	نیتروژن	0.05	
P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	15	
K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	265	
Zn ($mg.kg^{-1}$)	روی	0.05	
Soil texture	بافت خاک	Silty clay	رسی سیلتی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 تجزیه شد. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر اصلی تاریخ کاشت و سولفات روی با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و اثر برهمکنش این دو عامل از روش برش‌دهی فیزیکی استفاده شد (Soltani, 2006).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر کلیه صفات و شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود، بنابراین تجزیه واریانس و مقایسه میانگین دو سال آزمایش به صورت جداگانه انجام شد.

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول و سال دوم آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی اثر معنی‌داری بر آن نداشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که با تاخیر در کاشت، شاخص سطح برگ کاهش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) (۵) و کمترین مقدار آن (۳/۶) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) حاصل شد (جدول ۳). در سال دوم آزمایش در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۵) و در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) کمترین مقدار آن (۳/۸) به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، میانگین دمای هوا افزایش و طول دوره رویش گیاه و دوره رشد برگ کاهش یافته و باعث کاهش حداکثر شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی شد. رادمهر و همکاران (Radmehr *et al*., 1997) با ارزیابی اثر تاریخ‌های کاشت به‌موقع و دیرهنگام بر رشد گندم در اهواز گزارش کردند که با تاخیر در کاشت، شاخص سطح برگ کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی گندم در تیمارهای تاریخ کاشت (۹۵-۱۳۹۴)

Table 3. Mean comparisons of plant traits of wheat in sowing date treatments (2015-2016)

تاریخ کاشت Sowing date	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt. (g)	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})
۸آذر Nov. 29	5.0a	90.5a	450.6a	33.1a	37.6a	16173a
۲۳آذر Dec. 14	4.4b	80.3b	442.6a	26.9b	34.5b	14950b
۹دی Dec. 30	3.6c	77.3c	385.7b	26.6b	30.8c	11513c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by a similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی گندم در تیمارهای تاریخ کاشت (۹۶-۱۳۹۵)

Table 4. Mean comparisons of plant traits of wheat in sowing date treatments (2016-2017)

تاریخ کاشت Sowing date	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن هزار دانه 1000 grain wt. (g)
۸آذر Nov. 29	5.5a	91.4a	37.1a
۲۳آذر Dec. 14	4.5b	80.0b	35.4b
۹دی Dec. 30	3.8c	76.6c	33.5c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by a similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و سولفات روی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

روی اثر معنی‌داری بر آن نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول با تاخیر در کاشت، ارتفاع بوته کاهش یافت، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) (۹۰/۵ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن (۷۷/۳ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) حاصل شد (جدول ۳). مقایسه میانگین ارتفاع بوته در تیمارهای سولفات روی در سال اول (جدول ۳) نشان داد که با افزایش مصرف روی، ارتفاع بوته افزایش یافت، به طوری که در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار به حدود ۸۶ سانتی‌متر رسید. بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). بنا بر گزارش خان و همکاران (Khan *et al.*, 2008)، با افزایش مصرف روی، ارتفاع بوته گندم افزایش یافت و در مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به ۸۵ سانتی‌متر رسید. نتایج تجزیه واریانس مربوط به سال دوم نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و روی اثر معنی‌داری بر آن نداشت. مقایسه میانگین ارتفاع بوته در تیمارهای تاریخ کاشت در سال دوم آزمایش نشان داد که در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) بیشترین ارتفاع بوته (۹۱/۴ سانتی‌متر) و در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) کمترین مقدار آن (۷۶/۶ سانتی متر) به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، میانگین دمای هوا افزایش و طول دوره رویش گیاه و دوره رشد طولی ساقه کاهش یافته و ارتفاع بوته کاهش یافت. در این رابطه سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2016) با بررسی اثر تاریخ کاشت به‌موقع و دیرهنگام بر ژنوتیپ‌های گندم نان در گلستان گزارش کردند که با تاخیر در کاشت، ارتفاع بوته به میزان ۳۴ درصد کاهش یافت.

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی اثر معنی‌داری بر آن نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول با تاخیر در کاشت در اثر وقوع تنش گرمای انتهای فصل، تعداد سنبله در مترمربع کاهش یافت، به طوری که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۴۵۰/۶) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و کمترین مقدار آن (۳۸۵/۷) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) بدست آمد (جدول ۳)، به عبارت دیگر در تاریخ کاشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول، تعداد سنبله در مترمربع حدود ۱۷ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد که با تأخیر در کاشت و کوتاه شدن طول دوره رشد، به‌خصوص مرحله پنجه‌زنی، تعداد سنبله در مترمربع کاهش یافت (Moshatati *et al.*, 2010). نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017) نشان داد که تاخیر یک ماهه در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش تعداد سنبله در مترمربع به میزان ۳۱ درصد شد. نتایج تجزیه واریانس مربوط به سال دوم نشان داد که اثر تاریخ کاشت و روی بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی در سال دوم نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۴۷۳ عدد) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار روی و کمترین مقدار آن (۳۳۲ عدد) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و عدم مصرف روی حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در تاریخ کاشت اول با فراهمی عنصر روی باعث افزایش تعداد، بقاء و باروری پنجه‌ها شده و افزایش تعداد سنبله در مترمربع شد. بنا بر گزارش خان و همکاران (Khan *et al.*, 2008)، با افزایش مصرف روی، تعداد پنجه بارور گندم افزایش یافت و در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به ۳۷۰ عدد رسید.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

جدول ۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته و عملکرد زیستی (۹۵-۱۳۹۴) و وزن هزار دانه (۹۶-۱۳۹۵) در تیمارهای کود سولفات روی

Table 5. Mean comparisons of plant height and biological yield (2015-2016) and 1000 grain weight (2016-2017) in zinc sulphate treatments

سولفات روی Zinc sulphate ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد زیستی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 grain wt. (g)
0	78.7c	13914b	33.4d
10	79.8c	14247ab	34.8c
20	83.2b	14986a	35.3c
30	85.7a	14907a	37.1a
40	86.1a	14517ab	36.0b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by a similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی اثر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول نشان داد که با تاخیر در کاشت، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت، به طوری که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۳/۱) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و کمترین مقدار آن (۲۶/۶) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) بدست آمد که البته با تاریخ کاشت دوم (۲۳ آذر) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) نسبت به تاریخ کاشت اول (هشتم آذر)، تعداد دانه در سنبله حدود ۲۴ درصد کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، طول دوره تشکیل آغازه‌های گل (مرحله برجستگی دوگانه تا تشکیل سنبلک انتهایی و مرحله تمایز گلچه‌ها) به‌علت مصادف شدن با دمای بالای هوا، کوتاه‌تر شده و تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در سنبلک کاهش یافته و این دو عامل تواما باعث کاهش تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت دوم و سوم شدند. نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017) نشان داد که تاخیر یک ماهه در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش تعداد سنبله در مترمربع به میزان ۲۹ درصد شد. نتایج تجزیه واریانس مربوط به سال دوم نشان داد که اثر تاریخ کاشت، سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی در سال دوم نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۴۰) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن (۲۴/۲) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار روی در تاریخ کاشت اول با فراهمی عنصر روی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله شد. بنا بر گزارش خان و همکاران (Khan *et al.*, 2008)، با افزایش مصرف روی، تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافته و در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به ۳۸ دانه در سنبله رسید.

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر تیمارهای سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول با تاخیر در کاشت، وزن هزار دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که بیشترین وزن

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

هزار دانه (۳۷/۶ گرم) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و کمترین مقدار آن (۳۰/۸ گرم) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) بدست آمد (جدول ۳)، به عبارت دیگر در سال اول، با تاخیر کاشت از تاریخ کاشت اول به سوم، وزن هزار دانه حدود ۲۲ درصد کاهش یافت. نتایج تجزیه واریانس مربوط به سال دوم نشان داد که اثر تاریخ کاشت و سولفات روی بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال دوم در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) بیشترین وزن هزار دانه (۳۷/۱ گرم) و در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) کمترین مقدار آن (۳۳/۵ گرم) به دست آمد (جدول ۴)، به عبارت دیگر در سال دوم با تاخیر در کاشت از تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) به سوم (نهم دی)، وزن هزار دانه حدود ۱۰ درصد کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، مرحله پر شدن دانه با دمای بالا مواجه شده و باعث کاهش طول این دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزار دانه شد. در همین رابطه سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2016) با ارزیابی اثر تاریخ کاشت به‌موقع و دیرهنگام بر ژنوتیپ‌های گندم نان در گلستان گزارش کردند که با تاخیر در کاشت، وزن هزار دانه به میزان ۴۵ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف سولفات روی، وزن هزار دانه افزایش یافت، به طوری که در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به حدود ۳۷/۱ گرم رسید (جدول ۵). بنا بر گزارش ما و همکاران (Ma *et al.*, 2017) نیز مصرف روی باعث افزایش وزن هزار دانه گندم شد.

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول و سال دوم آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت، سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۶۷۲۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) بدست آمد (جدول ۶). در تاریخ کاشت اول، کمترین عملکرد دانه (۵۱۲۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم مصرف روی و حداکثر مقدار آن (۶۷۲۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد، ولی بعد از آن، عملکرد دانه کاهش یافت که دلیل آن احتمالا اثر سمی غلظت بالای عنصر روی بر گیاه است. در تاریخ کاشت دوم (۲۳ آذر) و سوم (نهم دی)، بین سطوح سولفات روی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. روند تغییرات عملکرد دانه در سال دوم با سال اول آزمایش متفاوت بود، به طوری که در برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی در سال دوم، بیشترین عملکرد دانه (۶۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن (۲۹۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم و عدم مصرف سولفات روی حاصل شد (جدول ۷). در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر)، بیشترین عملکرد دانه (۶۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن (۵۹۱۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد. در تاریخ کاشت دوم (۲۳ آذر)، بیشترین عملکرد دانه (۵۸۵۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن (۴۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بدست آمد. در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) که مراحل انتهایی رشد گیاه با دمای بالای هوا و تنش گرما مواجه شد، با افزایش مصرف سولفات روی، عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه (۴۲۸۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد، به عبارت دیگر در شرایط تنش گرما، مصرف مقادیر بالاتر عنصر روی باعث افزایش عملکرد دانه شد. مقایسه نتایج سال اول و دوم نشان داد که در هر دو سال

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

آزمایش بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول و تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم و عدم مصرف سولفات روی حاصل شد. به‌نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت و با افزایش میانگین دمای هوا، طول دوره رویش گیاه کاهش یافته و باعث مواجه شدن مراحل گلدهی و دوره پرشدن دانه با دماهای بالای هوا (از اوایل اسفند تا اواخر دوره رشد گیاه در فروردین تا اردیبهشت) و وقوع تنش گرمای انتهای فصل شده و عملکرد دانه کاهش یافته است. بر اساس نتایج آزمایش سایر محققان (Hossain *et al*., 2013; Gupta *et al*., 2015; Joshi *et al*., 2016) نیز تنش گرمای انتهای فصل ناشی از تاخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم شد. از سوی دیگر مصرف عنصر روی با اثرگذاری بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد دانه گندم شد (Khan *et al*., 2008; Zoz *et al*., 2012). بنا بر نتایج آزمایش قلعه نوئی و همکاران (Ghalenoei *et al*., 2014)، در شرایط کم‌آبیاری متناوب، مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی در مقایسه با عدم مصرف آن، باعث افزایش عملکرد دانه گندم تا ۳۵ درصد شد. در همین رابطه گزارش شده است که مصرف عنصر روی باعث کاهش اثر تنش گرما در گندم شده و از کاهش عملکرد دانه جلوگیری نموده و یا حتی آن را افزایش می‌دهد (Graham and McDonald, 2001; Peck and McDonald, 2010).

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و سولفات روی بر عملکرد زیستی در سطح یک درصد معنی‌دار بودند، ولی برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول با تاخیر در کاشت، عملکرد زیستی کاهش یافت، به طوری که بیشترین عملکرد زیستی در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) (۱۶۱۷۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن (۱۱۵۱۳ کیلوگرم در هکتار) در

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه و شاخص برداشت در برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی (۹۵-۱۳۹۴)

Table 6. Mean comparison of grain yield and harvest index in interaction effect of sowing date and zinc sulphate treatments (2015-2016)

تاریخ کاشت Sowing date	سولفات روی Zinc sulphate ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۸ آذر Nov. 29	0	5126b	33.7b
	10	5207b	33.5b
	20	5766ab	34.5b
	30	6726a	40.2a
	40	5108b	31.0b
۲۳ آذر Dec. 14	0	4196a	29.0a
	10	4281a	28.0a
	20	4067a	26.7a
	30	4387a	30.5a
	40	3849a	25.0a
۹ دی Dec. 30	0	3159a	27.0a
	10	3329a	28.7a
	20	2884a	25.7a
	30	2897a	25.7a
	40	3334a	28.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by a similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

تاریخ کاشت سوم (نهم دی) حاصل شد (جدول ۳)، به عبارت دیگر با تاخیر کاشت از تاریخ کاشت اول به سوم، عملکرد زیستی حدود ۴۰ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که با افزایش مصرف سولفات روی، میزان عملکرد زیستی افزایش یافت و در تیمار ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به ۱۴۹۸۶ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۵). البته بین تیمارهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، یعنی مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی نسبت به عدم مصرف آن، ماده خشک را حدود هشت درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد که مصرف روی با بهبود فرایندهای رشد گیاه، باعث افزایش عملکرد زیستی گندم شد. بنا بر گزارش زوز و همکاران (Zoz *et al.*, 2012) نیز با افزایش مصرف روی، میزان ماده خشک گندم افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس صفات در سال دوم آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت، سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد زیستی (۱۷۵۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن (۱۱۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و عدم مصرف سولفات روی حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در تاریخ کاشت اول با فراهمی عنصر روی باعث افزایش رشد رویشی (سطح برگ و ارتفاع بوته) و رشد زایشی (اجزای عملکرد) شده و در نتیجه باعث افزایش میزان ماده خشک گیاه شد. بنا بر گزارش طباطبائیان (Tabatabaeian, 2011)، با افزایش میزان مصرف روی، میزان ماده خشک در ارقام گندم افزایش یافت.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی گندم در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی (۹۶-۱۳۹۵)

Table 7. Mean comparison of plant traits in interaction effect of sowing date and zinc sulphate treatments (2016-2017)

تاریخ کاشت Sowing date	سولفات روی Zinc sulphate ($kg.ha^{-1}$)	تعداد سنبله در مترمربع $Spike.m^{-2}$	تعداد دانه در سنبله $Grain.spike^{-1}$	عملکرد دانه Grain yield	ماده خشک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۸ آذر Nov. 29	0	381.5d	32.6d	6157ab	15967b	38.7a
	10	418.0c	34.0c	6017ab	16442b	36.5ab
	20	464.5ab	37.9b	6232ab	17092a	36.2ab
	30	473.0a	40.0a	6508a	17547a	37.2ab
	40	440.5bc	33.1cd	5910b	17345a	34.0b
۲۳ آذر Dec. 14	0	372.5c	29.3e	4617d	1527a	30.2c
	10	361.5c	32.8c	5015c	1523a	33.0b
	20	406.0a	34.5b	5510b	15340a	36.0a
	30	445.0a	37.5a	5857a	15840a	36.7a
	40	373.0c	31.3d	4375e	1414b	30.7c
۹ دی Dec. 30	0	332.5c	26.9cd	2958c	11240b	26.2b
	10	339.5c	28.8c	3377b	12355ab	27.5b
	20	371.5b	32.3b	3597b	13177a	27.5b
	30	406.5a	35.3a	4282a	13155a	32.7a
	40	337.5c	24.2d	3292bc	12107ab	27.5b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by a similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به سال اول و سال دوم آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت، سولفات روی و برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت (۴۰/۲ درصد) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) حاصل شد (جدول ۶). مقایسه میانگین مربوط به برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی در سال دوم نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت (۳۷/۲ درصد) در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن (۲۷/۵ درصد) در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که اگر چه تاخیر در کاشت باعث کاهش توام رشد رویشی و رشد زایشی می‌شود، ولی با توجه به مصادف شدن بیشتر مرحله رشد زایشی با تنش گرما، احتمالا شاخص برداشت بر اثر کاهش شدیدتر رشد زایشی، کاهش یافته باشد. بر اساس نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017)، تاخیر یک ماهه در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش شاخص برداشت تا حدود ۹ درصد شد. برخلاف نتایج آزمایش حاضر، در گزارش طباطبائیان (Tabatabaeian, 2011)، با افزایش مصرف روی، شاخص برداشت در ارقام گندم کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در هر دو سال آزمایش با تاخیر در کاشت، با افزایش میانگین دمای هوا در طول دوره رویش گندم باعث مواجه شدن گیاه با تنش گرمای انتهای فصل شده و کلیه صفات و شاخص‌های گیاهی مورد بررسی کاهش یافتند. با افزایش مصرف سولفات روی، اغلب شاخص‌های عملکرد دانه و اجزای آن افزایش یافتند. به علاوه نتایج مربوط به برهمکنش تاریخ کاشت و سولفات روی نیز نشان داد که در شرایط تنش گرما، مصرف عنصر روی با بهبود شرایط برای رشد گیاه گندم و افزایش شاخص سطح برگ و اجزای عملکرد، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول (هشتم آذر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت سوم (نهم دی) و عدم مصرف سولفات روی حاصل شد. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش گرمای انتهای فصل، مصرف عنصر روی ضمن تخفیف اثر تنش گرما، باعث بهبود عملکرد دانه گندم می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی شماره ۹۴۱/۵۱ استخراج شده است که بدینوسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این طرح را تامین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Alloway, B. J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association. 137p.

Anonymous. 2017. Statistical Yearbook. Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian).

Bharti, K., N. Pandey, D. Shankhdhar, P. C. Srivastava and S. C. Shankhdhar. 2014. Effect of different zinc levels on activity of superoxide dismutases and acid phosphatases and organic acid exudation on wheat

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]

[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

genotypes. Physiol. Mol. Biol. Plant. 20: 41-48.

Cakmak, I., M. Kalayci, H. Ekiz, H. J. Braun, Y. Kilinc and A. Yilmaz. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. Field Crops Res. 60: 175-188.

Ghalenoei, M., Gh. Moafpourian and M. Drostkar. 2014. Effect of potassium and zinc application on yield and yield components in normal irrigation and deficit irrigation. Plant Ecophysiol. 6: 55-68. (In Persian with English abstract).

Graham, A. W. and G. K. McDonald. 2001. Effects of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. P. 15-23. *In*: B. Rowe, D. Donaghy and N. Mendham. (Eds.). Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference. The Regional Institute Publishing. Australia.

Gupta, N. K., A. Khan, A. Maheshwari, S. Narayan, O. P. Chhapola, A. Arora and G. Singh. 2015. Effect of post anthesis high temperature stress on growth, physiology and antioxidative defense mechanisms in contrasting wheat genotypes. Ind. J. Plant Physiol. 20: 103–110.

Hossain, H., M. A. Z. Sarkera, M. Saifuzzamana, J. A. Teixeira da Silvab, M. V. Lozovskayac and M. M. Akhtera. 2013. Evaluation of growth, yield, relative performance and heat susceptibility of eight wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under heat stress. Int. J. Plant Prod. 7: 615-636.

Jalal-Kamali, M. R. and E. Duveiller. 2008. Wheat Production and Research in Iran: A Success Story. P. 54-58. *In:* M. P., Reynolds, J., Pietragalla, and H. J. Braun (Eds.) Proceeding of the International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding. CIMMYT. D.F. Mexico.

Joshi, M. A., S. Faridullah and A. Kumar. 2016. Effect of heat stress on crop phenology, yield and seed quality attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Agrometeorol. 18: 206-215.

Kafi, M., A. Borzoei, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masoumi and J. Nabati. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. 504p. (In Persian).

Khan, M. A., M. P. Fuller and F. S. Baluch. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. Cereal Res. Commun. 36: 571–582.

Ma, D., D. Sun, C. Wang, H. Ding, H. Qin, J. Hou, X. Huang, Y. Xie and T. Guo. 2017. Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. Frontiers Plant Sci. 8: 1-12.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. 651p. London, UK.

Peck, A. W. and G. K. McDonald. 2010. Adequate zinc nutrition alleviates the adverse effects of heat stress in bread wheat. Plant Soil. 337: 355-374.

Moshatati, A., Kh. Alami-Saied, S. A. Siadat, A. M. Bakhshandeh and M. R. Jalal-Kamali. 2010. Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahwaz conditions. Iran. J. Crop Sci. 12: 85-99 (In Persian with English abstract).

Radmehr, M. 1997. Effect of Heat stress on Physiology of Growth and Development of Wheat. Ferdowsi

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]

[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

University of Mashhad Press. 201p. (In Persian).

Sayahi, S. S. and F. Kamaei. 2017. Evaluation of 38 varieties of bread wheat in heat stress tolerance is calculated based on the season of the untamed STI farm. J. Agron. Plant Breed. 13: 39-49. (In Persian with English abstract).

Soltani, A. 2006. Re-consideration of application of statistical methods in agricultural researches. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 74p. (In Persian).

Soughi, H. A., N. B. Jelodar, G. A. Ranjbar and M. H. Pahlevani. 2016. Evaluation of heat stress tolerance indices in bread wheat genotypes. Plant Ecophysiol. 8: 49-63.

Tabatabaeian, J. 2011. Effect of Zinc Sulfate spraying and water stress on grain yield of wheat cultivars. Res. Crop Sci. 11: 25-38. (In Persian with English abstract).

Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environ. Exp. Bot. 61: 199–223.

Zoz, T., F. Steiner, R. Fey, D. D. Castagnara and E. P. Seide. 2012. Response of wheat to foliar application of zinc. Ciencia Rural. 42: 784-787.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]

[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]

Effect of zinc sulfate application on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Chamran under terminal heat stress conditions in Ahvaz

Moshatati, A.[1] and S. H. Mousavi[2]

ABSTRACT

Moshatati, A. and S. H. Mousavi. 2019. Effect of zinc sulfate application on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Chamran under terminal heat stress conditions in Ahvaz**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(3): 254-267. (In Persian).**

To study the effect of zinc sulfate rates on response of bread wheat cv. Cahmran to terminal heat stress conditions in Ahvaz, Iran, this experiment was conducted at the research farm of Agricultural and Natural Resources Sciences University of Khuzestan, Iran in two cropping cycles (2015-2016 and 2016-2017). The experimental design was split plot arrangements in randomized complete block design with four replications. Experimental factors were three sowing dates (29 Nov., 14 Dec. and 30 Dec.) assigned main plots and five zinc sulfate rates (0: Control, 10, 20, 30 and 40 kg.ha^{-1}) randomized in sub plots. Combined analysis variance showed that year had a significant effect on measured traits. Mean comparison of traits in different sowing dates showed that grain yield decreased with delay in sowing date, due to occurrence of terminal heat stress. The highest (6726 kg.ha^{-1}) and lowest (2884 kg.ha^{-1}) grain yield were obtained in the first and last sowing dates, respectively. The results showed that grain yield increased with increasing zinc sulfate rates and the highest grain yield (6724 kg.ha^{-1}) was obtained from application of 30 kg.ha^{-1} zinc sulfate. Mean comparison of interaction effect of sowing dates × zinc sulfate rate on studied traits showed that the highest grain yield (6508 kg.ha^{-1}) was in the first sowing date and 30 kg.ha^{-1} of zinc sulfate application, and the lowest grain yield (2958 kg.ha^{-1}) was in the last sowing date and no-zinc sulfate application (Control). In conclusion, the result of the experiment showed that delay in planting of bread wheat cv. Chamran imposed late heat stress and application of 30 kg.ha^{-1} zinc sulfate reduced heat stress effect and improved grain yield.

Key words: Bread wheat, Khuzestan, Sowing date, Yield components and Zinc.

Received: December, 2018 Accepted: December, 2018

1. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran (Corresponding author) (Email: a.moshatati@asnrukh.ac.ir)
2. Former expert, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.3.5.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.3.254]