



## تأثیر برگ‌پاشی ترکیبات سولفات روی و سلنیوم بر کاهش اثرات منفی تنش گرما در دو رقم گندم

حسین نوروزی<sup>۱</sup>، مجید نبی‌پور<sup>۲</sup>، افراسیاب راهنما قهفرخی<sup>۳</sup>، حبیب‌اله روشنفکر<sup>۳</sup>  
 ۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.  
 ۲. استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.  
 ۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.  
 تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر برگ‌پاشی سولفات روی و سلنیوم بر کاهش اثرات منفی تنش گرما در دو رقم گندم نان، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول (کرت‌های اصلی): سه تاریخ کاشت شامل (۲۰ آبان‌ماه، ۲۰ آذرماه و ۲۰ دی‌ماه) عامل دوم (کرت‌های فرعی): برگ‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف شامل (۱) آب شهری (شاهد)، (۲) سولفات روی (۰/۰۴ درصد)، (۳) سلنیوم (۴ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت سدیم سلنیت) و عامل سوم (کرت‌های فرعی): ارقام مختلف گندم شامل (چمران و استار). با توجه به نتایج، تأخیر در کاشت از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. کاهش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در زمان استفاده از سولفات روی نسبت به سایر تیمارهای برگ‌پاشی کم‌تر بود، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه، تعداد دانه در سنبله در تیمار برگ‌پاشی با سولفات روی ۱۱/۱۵ درصد، سلنیوم ۳۵/۱۷ درصد و آب شهری ۳۴/۱۷ درصد نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه کاهش پیدا کرد. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه، کاهش عملکرد نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه در تیمار آب شهری ۴۹/۳ درصد، تیمار سلنیوم ۴۹/۹ درصد و تیمار سولفات روی ۲۰/۱۹ درصد بود. نتایج نشان داد، در میان تیمارهای برگ‌پاشی، سولفات روی از طریق بهبود تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و دوره پر شدن دانه باعث کاهش کم‌تر عملکرد دانه در دو رقم گندم تحت تنش گرما شد.

**کلیدواژه‌ها:** تنش گرما، سلنیوم، سولفات روی، عملکرد دانه، وزن هزاردانه.

## The Influence of Foliar Application of Zinc Sulfate and Selenium Compounds on Reduction of Heat Exhaustion Effects on Two Wheat Cultivars

Hossein Noroozi<sup>1</sup>, Majid Nabipour<sup>2\*</sup>, Afraseyab Rahnema Ghahfarokhi<sup>3</sup>, Habibola Roshanfekri<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: May 3, 2019

Accepted: September 2, 2019

### Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of Zinc sulfate and Selenium compounds on reducing the effects of heat exhaustion on two wheat cultivars, an experiment has been carried out in a split factorial experiment, based on a complete randomized block design with three replications at the experimental farm of Shahid Chamran University of Ahvaz during the growing season of 2017-2018. The experiment investigates three factors. The main one includes three planting date (i.e., November 11, December 11, and January 10). The solution type has been used as the sub factor, namely (1) foliar application with tap water (control), (2) foliar application with selenium (4 mg/lit of Sodium Selenate), (3) foliar application with zinc sulfate (0.04%). Also the third factor includes two wheat cultivars (Chamran and Star). According to the results, late sowing has knocked the grain yield down significantly as can be seen through reduced number of grains per spike as well as 1000-grain weight. Reduction of grain number per spike and grain yield is further decreased when using zinc than other foliar application treatments. Thus, on sowing date of January 20, the number of grains per spike dropped in the foliar application treatments of zinc sulfate by 11.5%, Selenium by 35.17%, and in the control by 34.17%, compared to similar treatments on November 20. Compared to this sowing date, on January 20 the decrease grain yield was 49.3% in the control treatment and 49.9% in the selenium one, whereas in zinc sulfate treatment it was 20.19%. Results showed that among foliar application treatments, zinc sulfate displays less reduction grain yield in both wheat cultivars under heat stress as it improves the number of grains per spike, 1000-grain weight, and grain filling duration.

**Keywords:** Grain yield, 1000-grain weight, heat stress, selenium, zinc sulfate.

## ۱. مقدمه

را بالا می‌برد (Dhillon, 2003). محلول‌پاشی چهار میلی‌گرم در لیتر سلنیوم در دو رقم گندم تحت تنش گرما تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Muhammad et al., 2015). تیمار گیاه با سلنیوم می‌تواند مقاومت گیاه به خشکی را افزایش دهد به‌طوری‌که این افزایش مقاومت می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد (Timothy, 2001). سولفات‌روی دربرگیرنده یک طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی در سلول‌های گیاهی می‌باشد و تعدادی از این فرایندها با تحمل گیاهان به تنش درجه حرارت بالا مرتبط می‌باشند. سولفات‌روی در نگهداری فعالیت فتوسنتزی می‌باشد (Brown et al., 1993)، حفظ یکپارچگی غشا و تداوم فعالیت آنزیمی (Cakmak & Marschner, 1998) در شرایط تنش گرمایی نقش کلیدی بازی می‌کند. مصرف سولفات‌روی در گندم موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزاردانه شده و از طرفی سرعت رشد گیاه را زیاد و در نتیجه موجب زودرسی می‌شود (Hemantaranjan & Grag, 1998). در اثر کمبود سولفات‌روی تشکیل پرچم و دانه‌گرده در گندم آسیب دیده و در نتیجه عملکرد به‌شدت پایین می‌آید که علت این امر را کاهش مقدار ایندول استیک‌اسید و پروتئین ذکر می‌کنند (Graham & McDonald, 2001). مصرف سولفات‌روی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Abdoli et al., 2014). مصرف سولفات‌روی تأثیر مثبتی بر فرایندهای اساسی گیاه از قبیل متابولیسم نیتروژن (جذب نیتروژن و کیفیت پروتئین) و فتوسنتز (سنتز کلروفیل و فعالیت آنزیم کربنیک‌آنهیدراز) دارد (Potarzycki & Grzebisz, 2009). از آنجایی‌که مقدار سرانه مصرف گندم در ایران بالغ بر ۱۲۱ کیلوگرم در سال است که این میزان مصرف، ایران را در جایگاه ششم قرار می‌دهد (Mosavi,

در حال حاضر گندم (*Triticum aestivum* L.) با تولید سالانه بیش از ۶۰۰ میلیون تن به‌عنوان یک منبع ارزشمند کربوهیدرات برای میلیون‌ها انسان، بعد از ذرت و برنج بیش‌ترین تولید را در دنیا به‌خود اختصاص داده است (Asseng et al., 2011). افزایش درجه حرارت در زمان گلدهی و پرشدن دانه در نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا شدیداً بر تولید گندم تأثیر می‌گذارد (Brestic et al., 2014). کشت دیرهنگام گندم باعث می‌شود دوره پر شدن دانه در معرض درجه حرارت بالا قرار گیرد (Pandey et al., 2015). گیاهان در تمام طول دوران زندگی خود با انواع مختلفی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه می‌شوند. مرحله گلدهی و پر شدن دانه از حساس‌ترین مراحل رشدی گندم به تنش‌ها است (Abdoli et al., 2013). مناسب‌ترین درجه حرارت مورد نیاز برای گلدهی و پر شدن دانه گندم بین ۱۲ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قرارگرفتن گندم در معرض درجه حرارت بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد قبل و بعد از مرحله گلدهی سرعت پرشدن دانه در گندم را کاهش داده و در نتیجه عملکرد و کیفیت دانه را کاهش می‌دهد (Barnabas et al., 2008). بیش‌ترین آسیب وارده ناشی از تنش گرما در مرحله زایشی به‌صورت کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه می‌باشد (Rahman et al., 2009). سلنیوم به‌دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی آن به‌ویژه در محیط‌های تحت تنش اثرات مثبتی بر رشد و توسعه گیاهان دارد (Nawaz et al., 2015). کاربرد سلنیوم زیست‌توده گیاهان را هم در شرایط تنش و هم غیرتنش بهبود بخشید (Malik et al., 2015). کاربرد سلنیوم به‌وسیله افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (Saidi et al., 2014) و غیرآنزیمی (Pandey, 2015) باعث کاهش خسارت گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر شد. محلول‌پاشی سلنیوم بر روی برگ گیاهان زراعی میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داده و مقاومت به خشکی

(کرت‌های فرعی): ارقام مختلف گندم شامل ۱) چمران (متوسط‌طرس) و ۲) استار (دیررس). در این آزمایش طول هر کرت آزمایشی دو و عرض آن یک متر در نظر گرفته شد فاصله بین کرت‌های آزمایش ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها یک متر بود برای هر کرت آزمایشی ۱۰ خط کاشت یک متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم در نظر گرفته شد و سپس ۵۰۰ بذر (بعد از عمل ضدعفونی)، در یک مترمربع به صورت دستی کاشته شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک محل اجرای طرح نمونه‌برداری شد و با روش‌های رایج مؤسسه تحقیقات خاک و آب (Ali-Ehyaei & Behbahanizadeh, 1993) تجزیه گردید که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است. مقدار کود مصرفی براساس نتایج آزمون خاک قبل از کاشت، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره، ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به صورت سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم بود. در هر یک از مراحل انتهایی پنجه‌زنی و آبستنی نیز ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره مصرف شد (Mojtabaie et al., 2015). میانگین رطوبت نسبی، درجه حرارت حداکثر و حداقل ماهیانه در دوره رشد گندم در سال آزمایش و میانگین ده سال قبل این پارامترها در جدول (۲) آورده شده است. در طول دوره رشد، آبیاری کرت‌ها به‌طور منظم و به‌نحوی انجام شد که گیاه به تنش کم‌آبی دچار نشود. کاربرد ترکیبات شیمیایی دو هفته قبل از گلدهی به صورت برگ‌پاشی اعمال شد. برای تشخیص و ثبت مراحل فنولوژیک گیاه به‌خصوص برای تعیین زمان دو هفته قبل از گلدهی جهت اعمال برگ‌پاشی از مقیاس زادوکس استفاده شد (Zadoks et al., 1974).

2014)، لذا می‌توان دریافت که گندم یکی از جدا اقلام در سبد غذایی خانوارهای ایرانی به‌شمار می‌رود، به‌طوری‌که مصرف این ماده غذایی در حدود ۰/۷ درصد از هزینه‌های متوسط یک خانوار را در کشور تشکیل می‌دهد (Taalimoghaddam et al., 2015). بنابراین با توجه به اهمیت استراتژیک گندم و هم‌چنین برخورداری این محصول از سهم قابل توجه در الگوی مصرف خانوارها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، دستیابی به حدودی از خودکفایی در تولید گندم برای کشور ما مستلزم استفاده از روش‌های نوین جهت کاهش اثرات تنش‌های محیطی جهت دستیابی به حداکثر محصول می‌باشد. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی اثر برگ‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف در سه تاریخ کاشت بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گندم نان جهت بهبود تحمل به گرمای انتهایی فصل اجرا شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶، به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول (کرت‌های اصلی): سه تاریخ کاشت شامل ۱) ۲۰ آبان‌ماه، ۲) ۲۰ آذرماه و ۳) ۲۰ دی‌ماه، عامل دوم (کرت‌های فرعی): برگ‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف شامل ۱) آب شهری (شاهد)، ۲) سولفات روی با غلظت ۰/۰۴ درصد (۳۱) و ۳) سلنیوم با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر (۲۰) به صورت سدیم سلنیت ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) و عامل سوم

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی ( $\text{dS/m}^{-1}$ )	pH	نیتروژن (%)	ماده آلی (%)	فسفر ( $\text{mg/kg}$ )	پتاسیم ( $\text{mg/kg}$ )	بافت خاک
۱/۵	۷/۵۲	۰/۳	۰/۴۹	۱۲/۴۶	۲۷۰/۳	شنی لوم

جدول ۲. میانگین رطوبت نسبی، درجه حرارت حداکثر و حداقل ماهیانه در دوره رشد گندم در اهواز

ماه	میانگین رطوبت نسبی (%)		حداکثر دما (°C)		حداقل دما (°C)	
	سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل	سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل	سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل
آبان	۴۸/۴۵	۴۶/۴	۳۱	۳۳/۲۱	۱۶/۲۴	۱۶/۸
آذر	۶۰/۳	۵۶/۷	۲۳	۲۳/۶	۱۰/۱	۹/۶۲
دی	۶۴/۷۳	۵۱/۶	۲۰/۱	۲۱/۷	۸	۹/۸۸
بهمن	۵۹/۰۱	۵۱/۶	۲۱/۹۸	۲۴/۲	۹/۴۷	۱۰/۳۶
اسفند	۴۸/۸۶	۵۱	۲۷	۲۸/۶	۱۳	۱۵/۱
فروردین	۴۴/۱	۴۳/۳	۳۲/۴	۳۴	۱۷/۱۸	۱۸/۴
اردیبهشت	۳۲/۸	۳۷/۲	۴۰	۳۷/۵	۲۳/۱۳	۲۳/۳

پتاسیم (Keshavarz *et al.*, 2015)، خاک محل آزمایش محدودیتی برای کشت گندم نداشت، درحالی‌که درصد ماده آلی و نیتروژن پایین بود که سعی شد با استفاده از کود اوره در مرحله پایه و مراحل مختلف رشد گیاه این کمبود رفع شود تا شرایط تقریباً مناسبی برای رشد گیاه فراهم شود.

### ۲.۳. تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله یکی از پارامترهای بسیار مهم در ارتباط با عملکرد می‌باشد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش، میان ارقام موردبررسی در سطح احتمال یک درصد، تیمارهای برگ‌پاشی، تاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد دانه در سنبله از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه میان تیمارهای مختلف برگ‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در دو تاریخ کشت دیگر (۲۰ آذرماه و ۲۰ دی‌ماه) بین تیمار سولفات‌روی و تیمارهای شاهد و سلنیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بود، درحالی‌که بین تیمارهای شاهد و برگ‌پاشی سلنیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

برگ‌پاشی‌ها در ساعت هشت صبح و در هوای صاف و ملایم طوری‌که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند، انجام شد. در این آزمایش صفاتی مانند عملکرد بیولوژیک، اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و تعداد سنبلچه در سنبله و صفاتی مانند شاخص برداشت، طول سنبله، طول دوره پرشدن دانه و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شدند. در این پژوهش فاصله بین گرده‌افشانی تا رسیدن فیزیولوژیکی به‌عنوان دوره پرشدن دانه در نظر گرفته شد. برای بررسی صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبلچه در سنبله و طول سنبله از هر کرت ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و سپس اندازه‌گیری‌ها صورت گرفت. درحالی‌که برای بررسی تعداد سنبله اندازه‌گیری‌ها در یک مترمربع از هر کرت آزمایشی انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 انجام و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. نتایج آزمون خاک

با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، از لحاظ میزان شوری (Mosavifazl & Javaheri, 2007)، pH، فسفر و

تأثیر برگ‌پاشی ترکیبات سولفات‌روی و سلنیوم بر کاهش اثرات منفی تنش گرما در دو رقم گندم

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله‌چه در سنبله و عملکرد

دانه دو رقم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	تعداد سنبله‌چه در سنبله
تکرار	۲	۵۳۵/۲۴ns	۱۱/۱۳ns	۱۳/۱۳ns	۰/۹۱ns
تاریخ کاشت	۲	۳۳۸۷/۳۵**	۵۰۵/۴۱**	۱۳۲/۲۴**	۸۸/۹۱**
خطا	۴	۳۰۰/۶۳	۸/۴۴	۳/۵۷	۴/۴۶
برگ‌پاشی	۲	۶۶/۹۱ns	۱۱۳/۵۷**	۵۰/۹۶**	۱۹/۵۷**
رقم	۱	۴۱/۲۱ns	۴/۷۴*	۳۱/۱۳**	۲/۶۷ns
تاریخ کاشت × برگ‌پاشی	۴	۱۱۹/۹۶ns	۴۲/۹۶**	۱۴/۰۷**	۳/۶۳*
تاریخ کاشت × رقم	۲	۰/۵۷ns	۲/۷۴ns	۱/۶۹ns	۰/۵۰ns
برگ‌پاشی × رقم	۲	۱۳/۰۲ns	۰/۹۱ns	۹/۸۵°	۳/۳۹ns
تاریخ کاشت × برگ‌پاشی × رقم	۴	۷/۵۲ns	۰/۴۱ns	۰/۷۴ns	۰/۷۲ns
خطا	۳۰	۴۷/۳۶	۲/۰۲	۳/۰۹	۱/۰۷
ضریب تغییرات	۶/۷	۸/۱	۱۰	۷/۵	۶

ns و \*\*: نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در این شرایط، سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله شد. درجه حرارت بالا انتقال مواد فتوسنتزی به داخل بساک را متوقف می‌نماید و از این‌رو نمو دانه گرده را در این شرایط مختل کرده و باعث افزایش مرگ‌ومیر دانه‌های گرده می‌شود (Zhang et al., 2012). سولفات‌روی دربرگیرنده یک طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی در سلول‌های گیاهی می‌باشد و تعدادی از این فرایندها (فعالیت فتوسنتزی، حفظ یکپارچگی غشا و فعالیت آنزیمی) با تحمل گیاهان به تنش درجه حرارت بالا مرتبط می‌باشند (Cakmak & Marschner, 1998). سولفات‌روی در نگهداری فعالیت فتوسنتزی (Brown et al., 1993)، حفظ یکپارچگی غشا و تداوم فعالیت آنزیمی (Cakmak & Marschner, 1998) در شرایط تنش گرما نقش کلیدی بازی می‌کند. هم‌چنین این عنصر در پاسخ گیاهان علیه گونه‌های اکسیژن

در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه بالاترین تعداد دانه در سنبله (۳۴/۵) در تیمار برگ‌پاشی با سولفات‌روی و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله (۲۵/۱) در تیمار سلنیوم به‌دست آمد. تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه در تیمارهای شاهد، سلنیوم و سولفات‌روی نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه به‌ترتیب ۲۵/۹۵، ۲۴/۱۱ و ۸/۸ درصد بیش‌تر بود. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه، تعداد دانه در سنبله در تیمارهای شاهد، سلنیوم و سولفات‌روی نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه به‌ترتیب ۳۴/۱۷، ۳۵/۱۷ و ۱۱/۱۵ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۵). تعداد دانه کم‌تر در سنبله نشانه تأثیر تنش گرما بر گیاه و کاهش باروری دانه‌ها به‌دلیل عدم تلقیح مناسب و کمبود مواد فتوسنتزی کافی و رقابت میان دانه‌ها برای جذب مواد غذایی می‌باشد. نتایج نشان داد که برگ‌پاشی سولفات‌روی

درصد افزایش پیدا کرد (جدول ۵). کمبود مواد فتوسنتزی به دلیل تنش گرما در زمان پرشدن دانه‌های گندم، وزن دانه را به دلیل اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها کاهش می‌دهد. تنش گرما در مراحل اولیه پرشدن دانه موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مخزن برای تجمع ماده خشک می‌شود. بنابراین، حتی اگر گیاه در ادامه در تولید مواد فتوسنتزی کمبودی نداشته باشد، محدودیت جذب منبع به دلیل کاهش اندازه مخزن در گیاه اتفاق می‌افتد و کاهش وزن دانه را در پی خواهد داشت (Nabipour et al., 2011). مطالعات انجام شده در گندم نشان داده است که مصرف سولفات روی موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزاردانه شده و از طرفی سرعت رشد گیاه را زیاد و در نتیجه موجب زودرسی می‌شود (Hemantaranjan & Grag, 1998). در مطالعه‌ای دیگر کمبود سولفات روی در طی مرحله تقسیم سلولی دوره پرشدن دانه را کاهش و در نهایت منجر به کاهش وزن هزاردانه شده است (Graham, 2004).

#### ۳.۴. تعداد سنبلچه در سنبله

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل برگ‌پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر صفت تعداد سنبلچه در سنبله اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در زمان استفاده از تیمارهای شاهد و سلیوم بین دو رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که در تیمار سولفات روی بین دو رقم از لحاظ تعداد سنبلچه در سنبله تفاوت معنی‌دار دیده شد. در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه میان تیمارهای برگ‌پاشی از لحاظ تعداد سنبلچه در سنبله تفاوت غیرمعنی‌دار بود. در حالی که در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه تعداد سنبلچه در

واکنش‌گر که در شرایط تنش‌های متفاوتی از جمله تنش بالا به وجود می‌آیند، نقش مهمی دارد (Obata et al., 1999). برخی پژوهش‌گران گزارش دادند کاربرد ۱۸ گرم در هکتار سلیوم، تعداد دانه در سنبله را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Nejata et al., 2009). هم‌چنین اثر مثبت برگ‌پاشی سلیوم بر روی تعداد دانه در سنبله گندم در شرایط تنش خشکی توسط پژوهش‌گران دیگری گزارش شده است (Teimouri et al., 2013) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت نداشت.

#### ۳.۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت، برگ‌پاشی، رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل برگ‌پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر صفت وزن هزاردانه تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی مشخص شد که در تاریخ ۲۰ آبان‌ماه بین تیمار سولفات روی و تیمارهای شاهد و سلیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد، در حالی که بین تیمارهای شاهد و سلیوم در این تاریخ کاشت تفاوتی دیده نشد. در زمان استفاده از سولفات روی بین تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان‌ماه و ۲۰ آذرماه از لحاظ وزن هزاردانه اختلافی مشاهده نشد و هم‌چنین در این دو تاریخ کاشت بین تیمارهای شاهد و سلیوم تفاوت غیر معنی‌دار بود. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه بالاترین وزن هزاردانه (۳۵/۳ گرم) در تیمار سولفات روی و کم‌ترین وزن هزاردانه (۲۹/۳ گرم) در تیمار سلیوم به دست آمد. در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه، وزن هزاردانه در تیمارهای شاهد، سلیوم و سولفات روی نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه به ترتیب ۱۶/۴۲، ۱۶/۹۸ و ۵/۷۸

شرایط زمان کافی برای ذخیره مواد فتوسنتزی داشته و این مواد در طی فرایند انتقال مجدد می‌توانند نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد داشته باشند. تنش گرمای انتهای فصل از یک طرف با تسریع در مراحل رشد و نمو و کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی گیاه و از طرف دیگر با تأثیر منفی بر اندام‌های زایشی (قابلیت زنده‌ماندن دانه‌گرده و مادگی) و جلوگیری از باروری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهش‌گران گزارش شده است (Modarresi *et al.*, 2014 & Al-Otayk, 2010). افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف سولفات‌روی در مقایسه با عدم مصرف آن ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Tandon, 1995). برخی پژوهش‌گران گزارش دادند عملکرد دانه گندم در تیمار برگ‌پاشی با سلنیوم (۱۸ میلی‌گرم در لیتر) در شرایط تنش خشکی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت درحالی‌که اختلاف عملکرد دانه در تیمار برگ‌پاشی با ۳۶ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم با تیمار شاهد معنی‌دار بود (Teimouri *et al.*, 2013). برگ‌پاشی چهار میلی‌گرم در لیتر سلنیوم در دو رقم گندم تحت تنش گرما تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Muhammad *et al.*, 2015). اگرچه در مطالعات زیادی به نقش برگ‌پاشی سلنیوم در کاهش اثرات منفی تنش گرما و خشکی در گندم اشاره شده است ولی در پژوهش حاضر برگ‌پاشی چهار میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی نداشت و ممکن است این امر متأثر از زمان برگ‌پاشی و یا میزان دوز مصرفی (کم یا زیادبودن دوز) در این پژوهش باشد.

### ۶.۳. طول دوره پر شدن دانه

نتایج تجزیه واریانس اثر معنی‌دار تیمارهای تاریخ کاشت،

سنبله در تیمار برگ‌پاشی با سولفات‌روی نسبت به تیمارهای شاهد و سلنیوم به‌ترتیب ۱۲/۲ و ۱۳/۲ درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). در گندم درجه حرارت بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در زمان تشکیل گلچه منجر به عقیم‌شدن گل‌ها می‌شود (Wardlaw & Wrigley, 1994). برخی پژوهش‌گران گزارش دادند که تنش گرمای انتهای فصل با کاهش دوره رشد رویشی سنبله باعث کاهش تعداد سنبله در سنبله می‌گردد (Ahmed *et al.*, 2010).

### ۵.۳. عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر تاریخ کاشت، برگ‌پاشی، رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل برگ‌پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. درحالی‌که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه بین تیمارهای برگ‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد درحالی‌که در دو تاریخ کاشت دیگر بین تیمارها اختلاف معنی‌دار بود. در زمان استفاده از سولفات‌روی به‌عنوان برگ‌پاشی عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه با تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه تفاوتی نداشت هم‌چنین بین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه در تیمار سولفات‌روی با تیمارهای شاهد و سلنیوم در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه، کاهش عملکرد نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد، تیمار سلنیوم ۴۹/۹ و تیمار سولفات‌روی ۲۰/۱۹ درصد بود (جدول ۵). طولانی‌شدن فاز رشد رویشی در کشت به موقع یکی از مهم‌ترین عواملی است که منجر به کاهش کم‌تر عملکرد دانه در مقایسه با کشت دیر هنگام شده است چون گیاه در این

دوره پرشدن دانه از محدودیت‌های رشدی ایجاد شده ناشی از تأخیر در کاشت از جمله تنش گرمای انتهایی فصل، تأثیر بیش‌تری پذیرفته است که این امر منجر به کاهش دوره پرشدن دانه در ارقام مورد مطالعه شده است. البته استفاده از برگ‌پاشی سولفات‌روی باعث تأثیرپذیری کم‌تر این ارقام از تنش گرما شده است. در مطالعه‌ای با اعمال تیمار گرمای طبیعی با استفاده از تغییر تاریخ کاشت بر روی ۱۲ رقم گندم، عملکرد دانه به‌علت اثر دمای بالا بر روی فرایند پرشدن دانه و رسیدگی آن قبل از پرشدن کامل، به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (Al-Otayk, 2010). تولید بیش‌تر کلروفیل و ایندول استیک اسید در اثر مصرف سولفات‌روی می‌تواند پیری گیاه را به تأخیر بیندازد و باعث طولانی‌شدن دوره تولید مواد فتوسنتزی شده که این امر تولید و انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه‌های در حال رشد را بهبود می‌دهد (Hemantaranjan & Grag, 1998).

برگ‌پاشی، رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل برگ‌پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر صفت دوره پرشدن دانه را نشان داد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در هر سه تاریخ کاشت، در زمانی که از سولفات‌روی به‌عنوان برگ‌پاشی استفاده شد دوره پرشدن دانه نسبت به تیمارهای شاهد و سلنیوم طولانی‌تر بود. بین تیمار برگ‌پاشی با سلنیوم در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه و تیمار برگ‌پاشی با سولفات‌روی در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه از لحاظ دوره پرشدن دانه اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه، دوره پرشدن دانه در تیمار سولفات‌روی بیش‌ترین (۳۳ روز) و در تیمارهای شاهد و سلنیوم کم‌ترین (۳۰ روز) بود (جدول ۵). اگرچه تأخیر در کاشت باعث کاهش رشد رویشی و زایشی می‌شود ولی به‌نظر می‌رسد که صفات مرتبط با رشد زایشی مانند

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات دوره پرشدن دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، روز از کاشت تا رسیدگی و طول سنبله دو رقم گندم

تاریخ تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		دوره پرشدن دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	روز از کاشت تا رسیدگی
تکرار	۲	۱۴/۷ns	۸/۷۹ns	۱۲/۸۰ns	۰/۷۹ns
تاریخ کاشت	۲	۱۴۰/۶**	۵۸/۸۳**	۴۵۶/۶۳**	۸۳۱۱/۹۱**
خطا	۴	۴/۳	۳/۸۱	۲۸/۳۹	۳/۷۴
برگ‌پاشی	۲	۴۳/۸**	۲۲/۸۶**	۴۱/۲۸**	۵۵/۳۵**
رقم	۱	۳۸/۱**	۱/۰۸ns	۱۲/۲۵ns	۵/۳۵*
تاریخ کاشت × برگ‌پاشی	۴	۲۰/۸**	۷/۹۲**	۳۳/۸۷**	۱/۷ns
تاریخ کاشت × رقم	۲	۲/۳ns	۰/۸۵ns	۶/۵۴۵ <sup>ns</sup>	۲/۲۴ns
برگ‌پاشی × رقم	۲	۱۰/۱*	۰/۸۳ns	۱۸/۹۹*	۶/۰۱**
تاریخ کاشت × برگ‌پاشی × رقم	۴	۱/۷ns	۰/۴۵ns	۱/۱۶ns	۰/۷۴ns
خطا	۳۰	۳/۸	۰/۳۵	۶	۱/۰۲
ضریب تغییرات		۶/۷	۵/۲	۷	۸/۳

ns، \* و \*\*: نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.



تأثیر برگ‌پاشی ترکیبات سولفات‌روی و سلنیوم بر کاهش اثرات منفی تنش گرما در دو رقم گندم

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های برهمکنش اثر سطوح مختلف تاریخ کاشت در سطوح برگ‌پاشی برای صفات اندازه‌گیری‌شده

تاریخ کاشت	تعداد دانه در وزن هزاردانه		تعداد سنبلیچه در سنبله	عملکرد دانه (ton.ha <sup>-1</sup> )	دوره پرشدن عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت (day)	تیمارهای آزمایش	برگ‌پاشی
	سنبله	(gr)					
آب شهری (شاهد)	۳۹a	۳۵/۵۰bc	۱۵/۸۳a	۵/۹۰a	۳۸/۶۷b	۱۵/۶۱a	۳۷/۹۶b
۲۰ آبان‌ماه سلنیوم	۳۸/۸۳a	۳۵/۳۳bc	۱۶a	۵/۸۵a	۳۷/۵۰bc	۱۵/۳۸a	۳۸/۲۲b
سولفات‌روی	۳۸/۸۳a	۳۷/۵۰a	۱۶/۳۳a	۶/۰۴a	۴۱/۶۷a	۱۵/۱۶a	۳۹/۸۸a
آب شهری (شاهد)	۳۴/۶۷c	۳۶/۳۳bc	۱۳/۳۳b	۵/۱۸b	۳۶/۵۰c	۱۳/۲۷b	۳۷/۹۱b
۲۰ آذرماه سلنیوم	۳۳/۱۷c	۳۵/۵۰bc	۱۳/۱۷b	۴/۸۶b	۳۴/۳۳d	۱۲/۷۹b	۳۸/۲۷b
سولفات‌روی	۳۷/۸۳ab	۳۶/۶۷ab	۱۵/۱۷a	۵/۷۷a	۳۷/۸۳bc	۱۵/۶۹a	۳۷/۰۷b
آب شهری (شاهد)	۲۵/۶۷d	۲۹/۶۷d	۱۰/۶۷c	۲/۹۹c	۳۰/۱۷e	۱۰/۹۸c	۲۷/۱۵d
۲۰ دی‌ماه سلنیوم	۲۵/۱۷d	۲۹/۳۳d	۱۰/۵۰c	۲/۹۳c	۳۰/۱۷e	۱۰/۳۱c	۲۷/۱۹d
سولفات‌روی	۳۴/۵۰c	۳۵/۳۳c	۱۳/۶۷b	۴/۸۲b	۳۳/۳۳d	۱۴/۰۶b	۳۴/۲۵c

میانگین‌های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

### ۷.۳. عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

میان تاریخ کاشت، برگ‌پاشی و اثرات متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی از لحاظ عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌دار یک درصد مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. در تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه، بین تیمارهای برگ‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حالی‌که در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه و ۲۰ دی‌ماه، بین تیمار سولفات‌روی و تیمارهای شاهد و سلنیوم اختلاف معنی‌دار بود. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه بالاترین عملکرد بیولوژیک (۱۴ تن در هکتار) در تیمار سولفات‌روی و کم‌ترین آن (۱۰/۳ تن در هکتار) در تیمار سلنیوم به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های شاخص برداشت (جدول ۴) نشان داد که میان تیمارهای مربوط به تاریخ کاشت، برگ‌پاشی و اثر متقابل تاریخ کاشت و برگ‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل برگ‌پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار می‌باشد. با توجه به نتایج مقایسه

میانگین در تاریخ کاشت ۲۰ آذرماه بین تیمارهای برگ‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی‌که در دو تاریخ کاشت دیگر بین تیمار برگ‌پاشی با سولفات‌روی و تیمارهای شاهد و سلنیوم اختلاف معنی‌دار بود. در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه اختلاف بین تیمارها از لحاظ شاخص برداشت محسوس‌تر بود به‌طوری‌که در زمان استفاده از سولفات‌روی، شاخص برداشت نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه ۱۵ درصد کاهش پیدا کرد در حالی‌که در تیمارهای شاهد و سلنیوم این کاهش ۲۹ درصد بود (جدول ۵). در گندم رشد کرده تحت تنش گرما (۳۱ درجه روز و ۱۸ درجه شب) تعداد دانه در سنبله ۵۰ درصد، وزن خشک کل ۲۰ درصد، عملکرد دانه ۳۹ درصد و شاخص برداشت ۲۴ درصد در مقایسه با درجه حرارت ایتیمم (۲۴ درجه روز و ۱۴ درجه سانتی‌گراد شب) کاهش پیدا کردند (Prasad et al., 2011). درجه حرارت‌های بالا ممکن است از طریق تجزیه کلروفیل منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتز شوند که این امر انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های هوایی سبز (منبع) به دانه (مخزن) را مختل کرده و باعث مرگ‌ومیر بالای

کرد که برگ‌پاشی سولفات روی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات منفی تنش گرمای آخر فصل در گندم داشته باشد و به دلیل این‌که واکنش هر رقم و زمان مصرف نسبت به یک ماده شیمیایی یا دوز مصرفی آن می‌تواند متفاوت باشد، لذا توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر، مصرف برگ‌پاشی سولفات روی در دوزهای متفاوت و مراحل مختلف فنولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد. از طرف دیگر از آنجایی‌که نتایج به‌دست‌آمده با برگ‌پاشی سلنیوم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند لذا این امر می‌تواند به دلیل کم یا زیادبودن دوز مصرفی در این تحقیق باشد.

#### ۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۶. منابع

- Abdoli, M., Esfandiari, E., Mousavi, S.B. & Sadeghzadeh, B. (2014). Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat. *Azarian Journal of Agriculture*, 1(1), 11-16. (in Persian)
- Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S. & Ghobadi, M.E. (2013). Investigation of some physiological and biochemical traits and their relationship with yield and its components in advanced bread wheat cultivars under post-pollinated water stress conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 6(1), 63-47. (in Persian)
- Ahmed, K., Nahar, K., Fujita, M. & Hasanuzzaman, M. (2010). Variation in plant growth, tiller dynamics and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) due to high temperature stress. *Advances in Agriculture and Botany. International Journal of the Bioflux Society*, 2(3), 113-124.
- Ali-Ehyaie, M. & Behbahanizadeh, A.A. (1993). Description of soil chemical analysis methods. *Soil and Water Research Institute*, 893. (in Persian)
- Al-Otayk, S.M. (2010). Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. *Met. Environment and Arid Land Agriculture Science*, 21(1), 81-92. DOI: 10.4197/Met. 21-1.6.

دانه‌های گرده و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. مصرف سولفات روی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Abdoli et al., 2014). ممکن است سولفات روی از طریق تأثیر بر سنتز کلروفیل پیری برگ‌ها را به تأخیر انداخته و بنابراین با افزایش طول دوره پرشدن دانه، تولید و انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه را بهبود دهد. مصرف سولفات روی تأثیر مثبتی بر فرایندهای اساسی گیاه از قبیل متابولیسم نیتروژن (جذب نیتروژن و کیفیت پروتئین) و فتوسنتز (سنتز کلروفیل و فعالیت آنزیم کربنیک‌آنهیدراز) دارد (Potarzycki & Grzebisz, 2009). برخی پژوهش‌گران نتایج مشابهی گزارش دادند (Mondal et al., 2016). برگ‌پاشی عناصر غذایی در مراحل انتهایی رشد گیاه باعث می‌شود گیاه در مراحل گلدهی و پرشدن دانه مواد غذایی به اندازه کافی در اختیار داشته باشد که این امر منجر به افزایش وزن هزارانه در گیاه می‌شود.

#### ۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تاریخ کشت سوم (۲۰ دی‌ماه) صفات مورد بررسی به دلیل محدودیت رشد رویشی و همزمانی گرده‌افشانی با دمای بالای محیطی کاهش پیدا کردند. به‌طوری‌که میزان عملکرد دانه در اثر مواجه شدن گیاه با گرمای آخر فصل (تاریخ کشت ۲۰ دی‌ماه) در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد، در تیمار برگ‌پاشی با سلنیوم ۴۹/۹ درصد و تیمار برگ‌پاشی با سولفات روی ۲۰/۱۹ درصد کاهش یافت هم‌چنین در زمان استفاده از سولفات روی برای برگ‌پاشی در تاریخ کشت ۲۰ دی‌ماه تعداد دانه در سنبله نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان‌ماه تنها ۱۱/۵ درصد کاهش پیدا کرد درحالی‌که در تیمارهای شاهد و سلنیوم تعداد دانه در سنبله به ترتیب ۳۴/۱۷ و ۳۵/۱۷ درصد کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری

- Asseng, S., Foster, I. & Turner, N. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17(2), 997-1012.
- Barnabas, B., Jager, K. & Feher, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environment*, 31(1), 11-38. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x.
- Brestic M, Zivcak M, Olsovska K, Kalaji H.M, Shao H & Hakeem K.R. (2014). *Heat Signaling and Stress Responses in Photosynthesis. Plant Signaling: Understanding the Molecular Crosstalk*. Springer India. New Delhi. 241-256.
- Brown, P. H., Cakmak, I. & Zhang, Q. (1993). Factors associated with differential response of two oat cultivars to zinc and copper stress. *Crop Science*, 18(5), 817-820.
- Dhillon, K., S. (2002). Quality of underground water and its contribution towards selenium enrichment of the soil-plant system for seleniferous region of Northwest India. *Journal of Hydrology*, 272(1), 120-130. DOI: 10.1016/S0022-1694(02)00259-7.
- Cakmak, I. & Marschner, H. (1988). Increase in membranes permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. *Journal Plant Physiology*, 132(3), 356-361. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(88\)80120-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(88)80120-2).
- Graham, A.W. (2004). *Effects of zinc nutrition and high temperature on the growth, yield and grain quality of wheat (Triticum aestivum L.)*. The University of Adelaide, Waite Campus Glen Osmond, South Australia. 1-307. (Thesis).
- Graham, A.W. & McDonald, G.K. (2001). Effects of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. *10<sup>th</sup> Proceedings of the Australian Agronomy Conference*, 29 January. Australian Society of Agronomy, Australia.
- Hemantaranjan, A. & Grag, O.K. (1988). Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Nutrition*, 11(6-11), 1439-1450.
- Keshavarz, P., Moshiri, F., Tahrani, M.M. & Balali, M.R. (2015). Integrated Soil Fertility Management Strategies in Wheat Production in Iran. *Journal of Land Management*, 3(1), 61-72. (in Persian)
- Malik, J.A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A. & Nayyar, H. (2011). Promotion of growth in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research*, 143(1), 530-539. DOI: 10.1007/s12011-010-8872-1.
- Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A. & Mardi, M. (2010). Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research Communications*, 38(1), 23-31. DOI: 10.1556/CRC.38.2010.1.3.
- 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), 1-17. (in Persian).
- Mondal, S., Singh, R.P., Mason, E.R., Huerta-Espino, J., Autrique, E. & Joshi, A.K. (2016). Grain yield: adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crops Research*, 192, 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.017>.
- Mosavi, S.H. (2014). Positive agricultural and food trade model with ad valorem tariffs. *Journal Agriculture Science Technology*, 16(7), 1481-1492.
- Mosavifazl, S.M.H. & Javaheri, E. (2007). Guide to planting, growth and harvesting irrigated wheat in Khuzestan province. *Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center*. (in Persian).
- Muhammad, I., Iqbal, H., Hena, L., Ashraf, M.A., Rizwan, R. & Rahman, R. (2015). Exogenously applied selenium reduces oxidative stress and induces heat tolerance in spring wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 94, 95-103.
- Nabipour, M., Atlasipak, V., Abdesahian, M., Hasibi, P. & Saeedipour, S. (2011). *Crop responses and adaptations to temperature stress* (Translation). Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. 380 Pages. (in Persian)
- Nawaz, F., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Shabbir, R.N. & Bukhari, M.A. (2015). Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions. *Food Chemistry*, 175, 350-357. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.147.
- Nejata, F., Dadniya, M., Shirzadi, M.H. & Lak, S. (2009). Effects of drought stress and Selenium application on yield and yield components of two maize cultivars. *Plant Ecophysiology*, 1(2), 95-102.
- Obata, H., Kawamura, S., Senoo, K. & Tanaka, A. (1999). Changes in the level of protein and activity of Cu/Zn- superoxide dismutase in zinc deficient

- rice plant (*Oriza sativa* L.). *Soil Science Plant*, 45(4), 891-896. <https://doi.org/10.1080/00380768.1999.10414338>
- Pandey, G.C., Mamrutha, H.M., Tiwari, R., Sareen, S., Bhatia, S., Siwach, P., Tiwari, V. & Sharma, I. (2015). Physiological traits associated with heat tolerance bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology Molecular Biology Plants*, 21(1), 93-99. DOI: 10.1007/s12298-014-0267-x.
- Potarzycki, J. & Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil and Environment*, 55(12), 519-527. DOI: 10.17221/95/2009-PSE.
- Prasad, P.V.V., Isipati, S.R., Momčilović, I. & Ristic, Z. (2011). Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu Expression in spring wheat. *Journal of Agronomy Crop Science*, 197(16), 430-441. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00477.x>.
- Rahman, M.A., Chikushi, J., Yoshida, S. & Karim, A.J.M.S. (2009). Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal Agriculture Research*, 34, 361-372.
- Saidi, I., Chtourou, Y. & Djebali, W. (2014). Selenium alleviates cadmium toxicity by preventing oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. *Journal Plant Physiology*, 171(5), 85-91. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.09.024.
- Sultana, S., Naser, H.M., Shil, N.C., Akhter, S. & Begum, R.A. (2016). Effect of foliar application of zinc on yield of wheat grown by avoiding irrigation at different growth stages. *Bangladesh Journal Agriculture Research*, 41(2), 323-334.
- Taalimoghaddam, A., Shahnoushi, N., Mosavi, S.H. & Dourandish, A. (2015). The impacts of wheat's guarantee on its production in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 23(90), 113-142. (in Persian).
- Tandon, H.L.S. (1995). *Micronutrients in soils, crops and fertilizers*. A source book-cum-Directory. Fertilizer Development and consumption Organization, India.
- Teimouri, S., Hasanpour, J. & Tajali, A.A. (2013). Effect of Selenium spraying on yield and growth indices of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress condition. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(6), 2091-2103. (in Persian)
- Timothy, P. (2001). Effect of selected selenium status: Implications of oxidative stress. *Biochem Pharmacol*, 62(3), 273-281. DOI: 10.1016/s0006-2952(01)00668-2.
- Wardlaw, I.F. & Wrigley, C.W. (1994). Heat tolerance in temperate cereals: an overview. *Australia Journal Plant Physiology*, 21(6), 695-703.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>.
- Zhang, H., Xua, C., He, Y., Zong, J., Yang, X., Si, H., Sun, Z., Hud, J., Liang, W. & Zhang, D. (2012). Mutation in CSA creates a new photoperiod-sensitive genic male sterile line applicable for hybrid rice seed production. *Proceeding of the National Academy of Science of the United State of America*, 110(1), 76-81. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213041110>.