

اثر کاربرد منابع و مقادیر سلنیوم بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم گندم در شرایط منطقه دیم مراغه

Investigation of the Effect of Sources and Selenium Values use on Yield and some Physiological Traits of wheat Cultivars in Maragheh dryland Conditions

حمید عادل^۱، مهرداد عبدی^{۲*}، علی فرامرزی^۲، جلیل اجلی^۲ و ناصر محبعلی پور^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۸

چکیده

به منظور بررسی اثر منابع مختلف و مقادیر سلنیوم بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم تحت تنش کادمیوم در منطقه مراغه آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در شرایط مزرعه و گلخانه اجرا شد. آزمایش در هر دو بخش به صورت فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید، در بخش مزرعه اختلاف معنی‌داری بین عملکرد و صفات مورد ارزیابی ارقام در شرایط مصرف سلنیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلنیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلنیوم) وجود دارد. متوسط عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مصرف سلنیوم به ترتیب (۱۷۵۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۹۱ گرم)، (۱۷۹۰/۸۲ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۹۱ گرم) بود. ژنوتیپ پیش‌تاز و سرداری در شرایط مصرف سلنیوم و عدم مصرف به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را داشتند. در بخش گلخانه براساس گزینش از آزمایش مزرعه‌ای، رقم پیش‌تاز انتخاب و آزمایشی به صورت فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد، در این بخش فاکتور a مقادیر مختلف کادمیوم (غلظت‌های صفر، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار)، فاکتور b سلنات سدیم (غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) بودند. تنش ناشی از کادمیوم مورد آزمایش باعث کاهش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و سلنیوم سبب افزایش محتوی کلروفیل گردیده است. در کل براساس نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می‌رسد که سلنیوم به‌ویژه سلنات سدیم در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر توانسته است اثرات سمی کادمیوم بر گیاه گندم (مخصوصاً رقم پیش‌تاز) را کاهش داده و باعث بهبود شرایط رشد و نمو گیاه گردد.

واژه‌های کلیدی: گندم، سلنات و سلنیت سدیم، کادمیوم، عملکرد دانه

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

* نویسنده مسئول Email: dr.mehرداد.abdi@gmail.com

مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول به راهنمایی مهرداد عبدی و علی فرامرزی می‌باشد.

مقدمه

نقش حفاظتی سلیوم برونزاد بر تنش خشکی در گیاه وجود دارد. سلیوم ممکن است تحمل گیاهان را به تنش‌های مختلف غیرزنده افزایش دهد (حسنوزمان^{۱۰} و همکاران، 2012). جذب سلیوم در گیاه با توجه به نوع خاک و گیاه متفاوت است. مهم‌ترین عامل، شکل و غلظت سلیوم در خاک است. شکل غالب و معدنی سلیوم در خاک‌های هوازنی سلنات و سلنیت است. سلنات راحت‌تر جذب گیاه می‌شود و در مقادیر بیش‌تری در اندام‌های هوایی نسبت به ریشه تجمع می‌یابد (معدنی پور^{۱۱} و همکاران، 2017). گزارش شده که در شرایط تنش خشکی مصرف سلیوم به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه‌های گندم را افزایش داد (زیوکی^{۱۲} و همکاران، 2009). در شرایط محدودیت رطوبتی، مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلیوم از منبع سلنات سدیم مقدار پتاسیم، آب برگ، نسبت تعریق و هدایت روزنه‌ای را در گیاهچه‌های یونجه زرد کاهش داد و باعث محدودیت سرعت جریان محلول آب در سیستم آوندی شد. سلیوم در شرایط کمبود آب تحمل گیاهان را از طریق کاهش تعرق، کاهش پتانسیل اسمزی بهبود می‌دهد (کاستوپولو^{۱۳} و همکاران، 2010).

با توجه به اهمیت محصول استراتژیک گندم در کشورهای درحال توسعه و کم‌آب هم‌چون ایران و نقش سلیوم در بهبود تحمل گیاهان در شرایط تنش خشکی و مزارع دیم کشور، در این پژوهشی به بررسی احتمالی نقش سلیوم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بهبود آن‌ها و اثر آن در جهت افزایش تحمل گیاه به خسارت ناشی از تنش کادمیوم در شرایط دیم منطقه مراغه پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف و مقادیر سلیوم بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم تحت تنش کادمیوم در منطقه مراغه آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در مزرعه و گلخانه واقع در ۱۰ کیلومتری جاده مراغه هشتگرد اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت لومی رسی بوده و پتاسیم و فسفر قابل جذب آن در حد متوسط می‌باشد، ضمناً از لحاظ میزان نیتروژن، خاکی ضعیف به حساب می‌آید. بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دیگر خاک موردنظر در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به شرح ذیل می‌باشد:

یکی از اهداف مهم توسعه‌ی پایدار در کشور، ارتقای سطح سلامت جامعه و تحقق شعار پیش‌گیری بهتر از درمان است (کالکوهل^۱ و همکاران، 2016). توجه به غنی‌سازی مواد غذایی (تأمین عناصر معدنی ضروری برای سلول‌های بدن انسان) و کنترل غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راه‌های تحقق به این امر می‌باشد (بوشا^۲ و همکاران، 2012؛ بلماره و همکاران^۳، 2015). بنابر اعلام سازمان فائو در سال ۲۰۲۰ حدود ۱/۳ میلیارد نفر در سراسر جهان به علت فقر شدید دچار گرسنگی مختلف فقر، در عدم امنیت غذایی به سر می‌برند و انتظار می‌رود در سال جاری میلادی (۲۰۲۱) این آمار بین ۱۴۳ تا ۱۶۳ میلیون نفر افزایش یابد (فائو^۴، 2021). با وجود این‌که تلاش‌های زیاد و اقدام‌های امیدوارکننده‌ای برای کاهش تعداد افرادی که از ناامنی غذایی رنج می‌برند انجام شده است، اما تعداد این افراد در سراسر جهان همچنان بالاست و به احتمال زیاد در دهه‌های آینده با توجه به جمعیت در حال رشد جهان، تشدید خواهد شد (سعدی و جلیلیان^۵، 2017). بنابراین، جهت پاسخگویی به تقاضای غذایی جمعیتی که پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۵۰ آمار جمعیت کل ۹/۱ میلیارد نفر و فقر به ۲/۵ میلیارد نفر افزایش یابد، تقویت تولید و دستیابی به بازده بالاتر عوامل تولید ضروری است (سلطانی و همکاران، 2021). گندم مهم‌ترین محصولی است که بیش‌ترین سطح زیر کشت و بالاترین میزان تولید را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا دارا می‌باشد (یتام^۶ و همکاران، 2020). گندم اولین و مهم‌ترین گیاه زراعی تأمین‌کننده‌ی نیازهای غذایی بشر است، سطح زیر کشت گندم معادل ۶/۰۶۱/۲۴۸ هکتار (۳۹ درصد آبی و ۶۱ درصد دیم) می‌باشد (احمدی^۷ و همکاران، 2014). یکی از اولین واکنش گیاهان در شرایط تنش خشکی، تجمع گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد (مزرعی^۸ و همکاران، 2018).

سلیوم یکی از عناصر کم مصرف ضروری برای حیوانات و انسان‌ها می‌باشد (موتکفی^۹ و همکاران، 2018). سلیوم یک عنصر ضروری برای گیاهان طبقه‌بندی نشده است، اگرچه اثر مفید بودن آن برای گیاهانی که مقادیر زیادی از سلیوم را ذخیره می‌کنند به اثبات رسیده است و شواهدی مبتنی بر

1. Kalkuhl
2. Bosh
3. Bellemare
4. FAO
5. Saadi and Jalilian
6. Itam
7. Ahmadi
8. Mezraei
9. Moatkafi

10. Hasanuzzaman
11. Madanipour
12. Xiaoqin
13. Kostopoulou

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1: Other physical and chemical characteristics of the soil

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر) EC (dS.cm ⁻¹)	اسیدیته PH	درصد سیلت Silt (%)	درصد رس Clay (%)	درصد شن Sand (%)	بافت Type of texture	عمق خاک (سانتی‌متر) Depth of Soil (Cm)
1.95	7.99	38	24	38	شنی-لومی Lomy- sandy	0-30
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) K _{ava} (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) P _{ava} (mg.kg ⁻¹)			درصد کربن آلی OC (%)	درصد ازت کل N total (%)	
255	14			0.95	0.08	

بخش گلخانه

در بخش گلخانه بر اساس گزیش از آزمایش مزرعه‌ای رقم (پیش‌تاز) انتخاب و آزمایشی به صورت فاکتوریل دو فاکتوره در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد، در این بخش فاکتور a مقادیر مختلف کادمیوم (غلظت‌های صفر، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار)، فاکتور b سلنات سدیم (غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) بودند. در این بخش از آزمایش تعداد ۲۷ گلدان با اندازه متوسط که به نسبت ۲ به ۱ از شن و خاک پر شده بودند مورداستفاده قرار گرفت. قبل از کاشت بهینه‌سازی غلظت‌ها و تجزیه خاک انجام شد. بذرها به مدت ۶ ساعت در آب خیسانده و سپس در هر گلدان تعداد ۱۰ بذر کاشته شد. گلدان‌ها تحت شرایط گلخانه‌ای (دمای ۲۶ تا ۲۸ درجه، رطوبت نسبی ۶۰ درصد، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و شدت نور ۵۰۰ لوکس) نگهداری شد. در ادامه گلدان‌ها هر دو روز یکبار آبیاری و به منظور تأمین املاح موردنیاز هر ۱۵ روز یک مرتبه با محلول کود کامل و محلول کود اوره به صورت محلول‌پاشی تغذیه شد. محلول‌پاشی سلنات سدیم دو مرتبه تکرار شد. مرتبه اول، محلول‌پاشی بر روی گیاهان ۱۸ سانتی‌متر بود که در این مرحله برگ‌های ردیف سوم رشد یافته و در مرتبه دوم، محلول‌پاشی بر روی سنبله‌های گلدار انجام گرفت. ابتدا گیاهچه‌ها تحت تیمار سلنیوم با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر با پی‌پی‌ام به صورت محلول‌پاشی برگ‌ها قرار گرفت و پس از گذشت ۳ روز تیمار کلرید کادمیوم (CdCl₂) با غلظت‌های صفر، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار در سه روز متوالی و در هر روز ۱۲۰ میلی‌لیتر آبیاری اعمال شد. بعد از ۲ هفته نمونه‌برداری برای آزمایشات فیزیولوژیکی انجام گرفت. در این بخش از آزمایش صفات سنجش رنگریزه‌های فتوسنتزی، اندازه‌گیری آنتوسیانین، اندازه‌گیری نشت یونی، وزن تر، وزن خشک اندازه‌گیری شد.

در بخش مزرعه فاکتور a منابع مختلف سلنیوم (سلنات و سلنیت سدیم)، فاکتور b مقادیر مختلف سلنیوم (صفر، ۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار) و فاکتور c سه رقم گندم (آذر ۲، پیش‌تاز و سرداری) بود. مقادیر نمک سلنات سدیم برای مقادیر فوق به ترتیب صفر، ۴۳/۰۷ و ۸۶/۱۴ گرم در هکتار و نمک سلنیت سدیم به میزان صفر، ۵۹/۹۴ و ۱۱۹/۸۸ گرم در هکتار محاسبه شد. قبل از کاشت ۱۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به زمین اضافه شد و همراه با کاشت با خاک مخلوط شد. کشت به صورت دستی انجام شد. در هر کرت اقدام به کشت سه رقم بذر گندم با تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع به صورت نواری گردید. در هر کرت ۱۲ خط کاشت وجود داشت که ۴ خط مربوط به رقم پیش‌تاز، ۴ خط مربوط به رقم آذر ۲ و ۴ خط دیگر مربوط به رقم سرداری بودند. بین هر رقم یک پشته ۵۰ سانتی‌متری ایجاد شده بود. فاصله خطوط کشت از یک‌دیگر ۱۵ سانتی‌متر و طول آن‌ها ۶ متر بود. کود سرک اوره به صورت دستی در مرحله طویل شدن ساقه به‌طور یکسان برای تمامی تیمارها به میزان ۲/۵ کیلوگرم برای هر کرت اعمال گردید. اولین مرحله محلول‌پاشی سلنات و سلنیت سدیم با استفاده از سم‌پاش ۲۰ لیتری در مرحله ظهور پنجمین گره در ساقه که گیاه تاج پوشش مناسب را برای افزایش کارایی جذب محلول را داشت، انجام شد. دومین مرحله محلول‌پاشی سلنات و سلنیت سدیم در مرحله ظهور ۷۵ درصد سنبلك‌های گل‌آذین انجام شد (ساجدی و نوروزی^۱، ۲۰۱۸). در این تحقیق عملکرد و صفات زراعی از میانگین ۱۵ بوته محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد دانه سطحی معادل یک مترمربع برداشت شد. برداشت به صورت کف بر و پس از حذف سه خط حاشیه و نیم متر از دو انتهای کرت انجام شد.

تنش گردید که خلاصه نتایج آماری در خصوص تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط کاربرد سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) در جدول ۳ آمده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه، وزن دانه و وزن هزار دانه ارقام در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) وجود دارد (جدول ۴) که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ارقام مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی بود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین میزان عملکرد دانه، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت) بیش‌تر از شرایط عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) بود. متوسط عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت) به ترتیب (۱۷۵۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۹۱ گرم)، (۱۷۹۰/۸۲ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۹ گرم) بود. در حالی که متوسط صفات مذکور در شرایط عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) به ترتیب برابر با ۱۷۳۷/۴۷ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۶۲ گرم بود. متوسط وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) به ترتیب برابر با ۴۳/۴۴، ۴۵/۳۱ و ۴۳/۲۸ گرم بود (جدول ۵). کاهش عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش اجزای عملکرد (تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه) حاصل می‌شود. کاهش وزن دانه می‌تواند بر اثر سوءتنش بر گرده‌افشانی و سقط برخی گل‌ها باشد. همچنین کاهش وزن دانه می‌تواند بر اثر کاهش سرعت رشد دانه و یا کاهش طول دوره پرشدن دانه باشد. با توجه به نتایج از نظر میزان عملکرد دانه، ژنوتیپ پیش‌تاز و سرداری در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) به ترتیب عملکرد بالا و پائینی را داشتند. در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم) عملکرد دانه رقم پیش‌تاز به طرز چشم‌گیری بالاتر از رقم آذر ۲ و سرداری بود در حالی که با عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) معلوم گردید که تنش رطوبتی اثر کم‌تری روی عملکرد دانه رقم آذر ۲ و سرداری داشت ولی به شدت عملکرد دانه رقم پیش‌تاز را کاهش داد تا جایی که در شرایط عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) عملکرد دانه رقم پیش‌تاز از آذر ۲ و سرداری بیش‌تر بود (جدول ۵). بیش‌ترین وزن دانه در سنبله در شرایط مصرف سلیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم)

برای سنجش رنگریزه‌های فتوسنتزی با روش لیختنتالر^۱ (1987)، اندازه‌گیری آنتوسیانین با روش وانگر^۲ (1987) و برای سنجش میزان آسیب به غشا از روش بن حامد^۳ و همکاران (2007) به نقل از دانشمند^۴ (2013) استفاده شد. بعد از تست نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل سه فاکتوره و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام می‌شود و سپس مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD و در سطح ۵ درصد توسط نرم‌افزار SPSS-24 و MSTATC انجام شد. در نهایت رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس فاکتوریل سه فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت تأثیر کاربرد سلیوم نشان داد که (جدول ۲) از نظر وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه بین سطوح فاکتور b و c اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده گردید، ولی از نظر اثرات دوجانبه و سه جانبه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، همچنین از نظر عملکرد دانه فاکتور a منابع مختلف سلیوم (سلنات و سلیت سدیم)، فاکتور b مقادیر مختلف سلیوم (صفر، ۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار) و فاکتور c سه رقم گندم (آذر ۲، پیش‌تاز و سرداری) و اثر دو جانبه bxc دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد بودند.

ساجدی^۵ و همکاران (2013) گزارش کردند که اثر ساده مقادیر سلیوم، اثر متقابل منابع در مقادیر سلیوم و منابع بر نوع گونه در سطح احتمال ۵ درصد و اثر گونه بر وزن دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین سطوح فاکتور a منابع مختلف سلیوم (سلنات و سلیت سدیم) در هر سه صفت مورد ارزیابی کاربرد سلیت سدیم نسبت به سلنات سدیم برتری قابل توجهی داشت (جدول ۳). ساجدی و همکاران (2013) گزارش کردند که بیش‌ترین وزن دانه در سنبله از محلول‌پاشی سلیت سدیم در گیاه جو حاصل شد که نسبت به محلول‌پاشی سلنات سدیم، وزن دانه در سنبله به میزان ۶/۴ درصد افزایش نشان داد ولی در گندم این افزایش به میزان ۵/۳ درصد رسید. بعد از انتخاب تیمار سلیت سدیم به عنوان تیمار برتر و تأثیرگذاری بیش‌تر روی عملکرد و اجزای عملکرد اقدام به بررسی بیش‌تر این تیمار بر صفات مذکور به

1. Lichtenthaler
2. Wanger
3. Ben Hamed
4. Daneshmand
5. Sajedi

سنبله در رتبه سوم بین ارقام مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۵). ساجدی و همکاران (2013) بیان داشتند که در گندم بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۷۵۷/۴۵ کیلوگرم در هکتار از محلول پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلنات سدیم حاصل شد که نسبت به شاهد عملکرد دانه به میزان ۹ درصد افزایش نشان داد.

به ترتیب مربوط به ارقام پیشتاز و آذر ۲ و کمترین وزن دانه در سنبله نیز مربوط به رقم سرداری بود. نکته قابل توجه رقم سرداری بیشترین وزن هزاردانه را با میانگین (۴۹/۹۴ گرم) را در شرایط عدم مصرف (عدم کاربرد سلیوم) دارا بود. در شرایط مصرف سلیوم نیز اگرچه بیشترین وزن هزاردانه به این ژنوتیپ اختصاص دارد اما از نظر عملکرد دانه و وزن دانه در

جدول ۲: تجزیه واریانس فاکتوریل سه فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی عملکرد دانه، وزن دانه و وزن هزاردانه ارقام گندم تحت تأثیر کاربرد سلیوم

Table 2: Factor analysis of three factor analysis in RCBD for grain yield, grain weight and 1000-grain weight of wheat cultivars affected by selenium application

میانگین مربعات Mean of squares			درجه آزادی df	S.O.V.	منابع تغییر
عملکرد دانه Grain yield	وزن هزاردانه Weight of 1000 grains	وزن دانه در سنبله Grain weight in spike			
1091.341	5.565**	0.00007	2	Repeat	تکرار
24155.001**	1.664	0.00004	1	Factor a	فاکتور a
17723.115**	18.879**	0.005**	2	Factor b	فاکتور b
1220.489	1.395	0.0003	2	b×a	فاکتور a × فاکتور b
44290.61**	746.074**	0.03**	2	Factor c	فاکتور c
497.995	0.16	0.0004	2	c×a	فاکتور a × فاکتور c
2704.617*	0.915	0.0005	4	c×b	فاکتور b × فاکتور c
459.569	0.449	0.0005	4	c×b×a	فاکتور a × فاکتور b × فاکتور c
999.115	1.039	0.00017	34	Experimental error	اشتباه آزمایشی
10.82	14.33	12.29	-	Coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات (درصد)

* و **: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
*, ** Significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively

گلخانه

۳ میلی‌گرم در لیتر) از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌دار در سطوح نیم و یک درصد مشاهده گردید. از نظر اثر دو جانبه a×b به جز کلروفیل b، کارتنوئید در بقیه صفات مورد ارزیابی اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. نتایج نشان داد جدول که از نظر سطوح کادمیوم در کلیه صفات مورد ارزیابی تیمار شاهد بالاترین ارزش را داشته به عبارتی تنش کادمیوم باعث کاهش معنی‌دار صفات محتوی کلروفیل b و کارتنوئید در رقم پیشتاز گردیده است، هم‌چنین از نظر کاربرد سلنیت سدیم با افزایش میزان مصرف محتوی کلروفیل b، کارتنوئید روند افزایشی داشته و مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیت سدیم نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده است (جدول ۷).

با توجه به نتایج بخش مزرعه رقم پیشتاز و تیمار سلنیت سدیم به‌عنوان تیمار برتر انتخاب و برای مرحله گلخانه انتخاب گردیدند و در بخش گلخانه برای بررسی بیش‌تر صفات سنجش رنگریزه‌های فتوسنتزی، اندازه‌گیری آنتوسیانین، اندازه‌گیری نش‌یونی، وزن تر، وزن خشک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی صفات فیزیولوژیک گندم پیشتاز تحت تأثیر کاربرد سلنات سدیم نشان داد که (جدول ۶) از نظر سطوح فاکتور a سطوح کادمیوم (غلظت‌های صفر، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار) به جز آنتوسیانین در بقیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد، از نظر سطوح فاکتور b مقادیر مختلف سلنیت سدیم (صفر، ۱/۵ و

جدول ۳: میانگین سطوح فاکتور a منابع مختلف سلنیوم (سلنات و سلنیت سدیم)

Table 3: Mean factor levels of different sources of selenium (sodium selenate and selenium)

صفات مورد ارزیابی Evaluated characteristics			فاکتور اصلی Main effects
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg.ha ⁻¹)	وزن هزاردانه (گرم) Weight of 1000 grains (g)	وزن دانه در سنبله (گرم) Grain weight in spike (g)	
1718.08	43.66	0.578	سلنات Selenate
1760.38	44.01	0.581	سلنیت Selenite
			منابع مختلف سلنیوم Various resources of selenium

جدول ۴: تجزیه واریانس ساده عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط مصرف سلنیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلنیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلنیوم)

Table 4: Simple analysis of yield and yield components of wheat cultivars under Selenium consumption conditions (18 and 36 g ha⁻¹ Na Selenium) and Do not consume selenium (no selenium application)

میانگین مربعات Mean of squares									درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
عدم مصرف (عدم کاربرد سلنیوم) Do not consume (Selenium not used)			مصرف سلنیوم (۱۸ گرم در هکتار سلنیت) Normal (18 g.ha ⁻¹ selenite)			مصرف سلنیوم (۳۶ گرم در هکتار سلنیت) Normal (36 g.ha ⁻¹ selenite)				
وزن دانه در سنبله Grain weight in spike	وزن هزاردانه Weight of 1000 grains	عملکرد دانه Grain yield	وزن دانه در سنبله Grain weight in spike	وزن هزاردانه Weight of 1000 grains	عملکرد دانه Grain yield	وزن دانه در سنبله Grain weight in spike	وزن هزاردانه Weight of 1000 grains	عملکرد دانه Grain yield		
0.0002 ^{ns}	22.12 [*]	857.83	0.0003 ^{ns}	3.8 [*]	1560.18 [*]	0.0002 ^{ns}	1.458 ^{ns}	919.8 ^{ns}	2	تکرار Repeat
0.003 ^{**}	102.812 ^{**}	6691.39 [*]	0.006 ^{**}	134.877 ^{**}	9231.4 ^{**}	0.005 ^{**}	129.191 ^{**}	3822.16 [*]	2	ژنوتیپ Genotype
0.00022	1.386	755.406	0.00011	0.891	260.414	0.00022	0.664	483.338	4	اشتباه Error
12.14	11.72	10.58	13.46	12.17	13.92	12.77	11.8	10.23	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

*, ** Significant at p≤0.05 and 0.01, respectively

جدول ۵: مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط مصرف سلینیوم (۱۸ و ۳۶ گرم در هکتار سلیت سدیم) و عدم مصرف (عدم کاربرد سلینیوم)

Table 5: Comparison of mean yield and yield components of wheat cultivars under Selenium consumption conditions (18 and 36 g ha⁻¹ sodium selenite) and Do not consume selenium (selenium non-application)

میانگین صفات Mean of characteristics									ژنوتیپ‌های مورد بررسی Genotype
وزن دانه در سنبله (گرم) Grain weight in spike (g)			وزن هزاردانه (گرم) Weight of 1000 grains (g)			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg.ha ⁻¹)			
S	N1	N2	S	N1	N2	S	N1	N2	
0.577 ^b	0.62 ^a	0.61 ^{ab}	38.98 ^b	38.35 ^b	40.68 ^b	1786.7 ^a	1813.8 ^a	1822.9 ^a	پیش‌تاز Pishtaz
0.853 ^a	0.613 ^{ab}	0.617 ^a	40.9 ^b	40.94 ^b	42.42 ^b	1733.2 ^{ab}	1739.5 ^{ab}	1797.2 ^{ab}	آذر ۲ Azar 2
0.572 ^{ab}	0.54 ^b	0.543 ^b	49.9 ^a	51.04 ^a	52.82 ^a	1692.5 ^b	1705.2 ^b	1752.4 ^b	سرداری Sardari

S: عدم مصرف (عدم کاربرد سلینیوم) N₁: مصرف سلینیوم (۱۸ گرم در هکتار سلیت) و N₂: مصرف سلینیوم (۳۶ گرم در هکتار سلیت)

S: Do not consume selenium (no selenium application) N₁: Selenium consumption (18 g / ha selenite) and N₂: Selenium consumption (36 g ha-selenite)

موردارزیابی گردیده است. هرگاه گیاهان در معرض تنش محیطی قرار گیرند، کلروپلاست آن‌ها تخریب شده و فتوسنتز را به سمت گسیختگی هدایت می‌کند. افزایش سلنات در سطوح مناسب می‌تواند تا حدی تخریب کلروپلاست‌ها را کاهش و محتوی کلروفیل‌ها را افزایش دهد (فلیک^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). موتکفی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که حضور سلنات دسترسی گیاه به آهن را بیش‌تر کرده که این می‌تواند در حفظ محتوی کلروفیل موثر باشد. در این تحقیق سلیت و کادمیوم در همه غلظت‌های استفاده شده باعث افزایش محتوی آنتوسیانین گردیده است. نقش آنتوسیانین در فرونشانی رادیکال‌های آزاد به‌خوبی شناخته شده است. آنتوسیانین‌ها در پاسخ به بسیاری از تنش‌ها از جمله تنش فلزات سنگین تولید می‌شوند (بابلا^۳ و همکاران، ۲۰۰۹). در گیاهان تیمار شده با سلنات تخریب غشای پلاسمایی و برون رفت یون‌ها از سلول نسبت به گیاهان شاهد کم‌تر دیده شده و کوچک بودن عدد شاخص نشت یونی این ادعا را ثابت می‌کند (برودلی^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). کادمیوم با غیرفعال کردن آنزیم‌های غشایی سبب آسیب و گسستگی غشای پلاسمایی می‌شود. از آسیب‌های مهم تنش کادمیوم، خسارت به غشا و رهاسازی یون‌ها از سلول به فضای بین سلولی است، این عامل نتیجه تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است که منجر به پراکسیداسیون لیپید، نفوذپذیری غشاء و خسارت به سلول می‌شود که نتیجه آن افزایش در شاخص نشت یونی است (هارتیکینین و همکاران، ۲۰۰۰).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر دو جانبه (سلیت سدیم × کادمیوم) بر محتوی کلروفیل a و آنتوسیانین و نشت یونی در رقم پیش‌تاز به‌ترتیب در (جدول ۸) نشان داده شده است. داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش در رقم پیش‌تاز نشان داد که در شرایط تنش هر دو غلظت ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم باعث کاهش محتوی کلروفیل a گردیده که این کاهش در غلظت ۷۰۰ میکرومولار در مقایسه با شاهد، معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش کاربرد سلیت سدیم باعث افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل a در مقایسه با تیمار کادمیوم رقم موردبررسی گردید (جدول ۸). نتایج به‌دست آمده از سنجش محتوی آنتوسیانین در جدول ۱۴ نشان داده شده و همان‌طور که مشاهده می‌شود، کاربرد کادمیوم باعث افزایش محتوی آنتوسیانین در گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد گردیده است که این افزایش در غلظت ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم معنی‌دار می‌باشد. در شرایط بدون تنش، کاربرد سلنات سدیم باعث افزایش معنی‌دار محتوی آنتوسیانین در مقایسه با شاهد گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان نشت یونی در جدول ۸ آورده شده و بیانگر آن است که در گیاهان تحت تنش کادمیوم، شاخص نشت نسبت به گیاهان شاهد، از مقدار بالاتری برخوردار بوده که این میزان در هر دو غلظت ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم معنی‌دار می‌باشد. در شرایط بدون تنش، کاربرد سلیت سدیم سبب کاهش میزان نشت یونی گردیده که این کاهش در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر سلیت سدیم معنی‌دار می‌باشد. در این تحقیق نتایج حاصل از آنالیز رنگی‌های فتوسنتزی نشان داد که تنش ناشی از کادمیوم موردآزمایش باعث کاهش محتوی رنگی‌های فتوسنتزی شده، همچنین سلیتیوم سبب افزایش محتوی کلروفیل در رقم

1. Flick
2. Motakefi
3. Babula
4. Broadley

جدول ۶: تجزیه واریانس فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی صفات فیزیولوژیک رقم پیشتاز

Table 6: variance analysis of two-factor factorial as completely randomized block design for physiological characteristics of Pishtaz cultivar

میانگین مربعات Mean squares							درجه آزادی	منابع تغییر S.O.V
کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	نشت یونی Ionic leakage	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of aerial parts	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	df	
0.281**	2.275	0.314*	0.002	4.926*	0.012	0.039**	2	تکرار Repeat
49.82**	11.48**	1.159**	0.002	743.8**	4.64**	0.951**	2	فاکتور a (سطوح کادمیوم) Factor a (Cadmium levels)
5.26**	19.94**	0.237*	0.356**	216.04**	1.8**	0.018**	2	فاکتور b سطوح سلنیت Factor b (Selenate levels)
0.474**	0.844	0.055	0.023**	21.2**	0.376**	0.001**	4	فاکتور a × فاکتور b Factor a × Factor b
0.014	1.058	0.064	0.001	0.801	0.005	0.00001	16	اشتباه Error
1.46	10.78	15.4	5.53	2.4	4.39	2.05	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
*, ** Significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively

جدول ۷: میانگین تیمارهای کادمیوم و سلنات سدیم بر صفات مورد ارزیابی در رقم پیشتاز

Table 7: means of cadmium and selenate sodium treatments about the measured characteristics in Pishtaz cultivar

صفات مورد ارزیابی Evaluated characteristics			
محتوی کلروفیل b Chlorophyll b content	محتوی کارتنوئید Carotenoid content		
10.83 ^a	1.94 ^a	0 μm	سطوح کادمیوم
8.7 ^b	1.73 ^b	350 μm	Cadmium levels
9.10 ^b	1.24 ^c	700 μm	
صفات مورد ارزیابی Evaluated characteristics			
محتوی کلروفیل b Chlorophyll b content	محتوی کارتنوئید Carotenoid content		
8.3 ^c	1.51 ^b	0 mg / lit Se	سطوح سلنیت
9.13 ^b	1.58 ^{ab}	1.5 mg / lit Se	Selenate levels
11.19 ^a	1.82 ^a	3 mg / lit Se	

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
*, ** Significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively

جدول ۸: اثر متقابل تیمارهای کادمیوم و سلنیت سدیم بر برخی صفات فیزیولوژیک رقم پیشتاز

Table 8: Interaction of cadmium and sodium selenite treatments on some physiological traits of Pishtaz cultivar

صفات مورد ارزیابی Evaluated characteristics					اثر متقابل تیمارهای کادمیوم و سلنیت سدیم Cadmium treatments in sodium selenite	
محتوی کلروفیل a Chlorophyll a content	آنتوسیانین Anthocyanin	نشت یونی (درصد) Ionic leakage (%)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Fresh weight of aerial parts (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Dry weight of aerial parts (g)		
10.07 ^c	0.31 ^f	30.67 ^f	1.85 ^c	0.81 ^c	0 μm Cd	
7.55 ^e	0.51 ^d	43.67 ^c	0.91 ^e	0.31 ^f	350 μm Cd	0 mg.L ⁻¹ Se
4.94 ^h	0.39 ^e	52.67 ^a	0.856 ^e	0.25 ^g	700 μm Cd	
10.6 ^b	0.64 ^c	28.67 ^g	2.11 ^b	0.88 ^b	0 μm Cd	
7.75 ^e	0.63 ^c	36 ^e	1.097 ^d	0.33 ^e	350 μm Cd	1.5 mg.L ⁻¹ Se
6.025 ^g	0.655 ^c	46 ^b	0.92 ^e	0.26 ^g	700 μm Cd	
11.55 ^a	0.845 ^a	26.67 ^h	3.01 ^a	0.92 ^a	0 μm Cd	
8.3 ^d	0.71 ^b	29.33 ^g	2.19 ^b	0.41 ^d	350 μm Cd	3 mg.L ⁻¹ Se
7.27 ^f	0.84 ^a	41.67 ^d	0.53 ^c	0.3 ^f	700 μm Cd	

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ درصد

Similar letters show the lack of significant difference in 0.05 level

نتیجه گیری

استفاده از سلنات سدیم در بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی اختلاف معنی داری با سلنیت سدیم داشت، لذا از بین ارقام، رقم پیشتاز و از منابع مختلف سلنیوم، منبع سلنات سدیم انتخاب و جهت بررسی اثرات غلظت‌های مختلف سلنیوم و کادمیوم بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در شرایط گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش ناشی از کادمیوم مورد آزمایش باعث کاهش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و سلنیوم سبب افزایش محتوی کلروفیل گردیده است. در کل براساس نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می‌رسد که سلنیوم به‌ویژه سلنات سدیم در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر توانسته است اثرات سمی کادمیوم بر گیاه گندم (مخصوصاً رقم پیشتاز) را کاهش داده و باعث بهبود شرایط رشد و نمو گیاه گردد.

نتایج این تحقیق نشان داد که ارتباط معنی دار بین واکنش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای وجود دارد و رقم پیشتاز و منبع سلنیوم شناسایی شده در شرایط مزرعه‌ای دارای اثرات معنی دار در شرایط گلخانه نیز می‌باشد. همانند شرایط مزرعه‌ای، سلنیت سدیم وزن خشک اندام هوایی و وزن اندام هوایی را به‌عنوان متغیرهای مورفولوژیکی در گلخانه نیز تحت تأثیر قرار داد. نتایج نشان داد که آماره ضریب تغییرات در شرایط گلخانه‌ای مشابه با شرایط مزرعه‌ای بوده و برای متغیرهای مورد مطالعه کم‌تر از ۲۰ درصد می‌باشد که بیانگر دقت قابل قبول هر دوی آزمایشات مزرعه‌ای و گلخانه‌ای است.

براساس نتایج حاصل از آزمایش مزرعه‌ای رقم پیشتاز در مقایسه با سایر ارقام، عملکرد بالاتری تحت تأثیر تیمارهای سلنیوم داشت، هم‌چنین در فاکتور منابع مختلف سلنیوم

منابع

- احمدی، ک.، قلی زاده، ح.، عبادزاده، ح.، حسین پور، ر.، حاتمی، ف.، فضلی، ب.، کاظمیان، ع. و رفیعی، م. ۱۳۹۳. آمارنامه کشاورزی، محصولات زراعی. ج ۱. وزارت جهاد کشاورزی، ۱۸ صفحه.
- ساجدی، ن و نوروزی، م. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم در مراحل مختلف رشد بر برخی از صفات فیزیولوژیکی نخود در شرایط دیم. تحقیقات حیوانات ایران، ۱۰ (۲): ۳۶-۴۸.
- سعدی ح و جلیلیان س. ۱۳۹۶. توسعه پایدار، تحلیل نگرش و برداشت گندمکاران. مجله آموزش محیطی و توسعه پایدار، ۵(۴): ۲۳-۹.
- سلطانی، ا.، زند، س.، عالی مقام، ع.، نهبندانی، ح.، بارانی، ا.، سلطانی، ب.، ترابی، ا.، زینلی، ش.، میرکریمی و ر. جوالی. ۱۳۹۰. مجموعه اسناد مرتبط با سند ملی و راهبردی تحول امنیت غذایی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۳۰ صفحه.
- مدنی پور، ا.، اصیلان، ک. س. و منصوری فر، س. ۱۳۹۶. تأثیر هگزاکونازول، پنکونازول و سیلیکات کلسیم بر صفات کمی و کیفی دو رقم سویا در شرایط کم آبی. علوم زراعی ایران، ۴۸ (۲): ۳۷۷-۳۸۸.
- مزرعی، ع.، سیروس مهر، ع.، بروشکی، م.، بابایی، ز. و محمودی، ع. ع. ۱۳۹۷. تأثیر آبیاری و محلول پاشی کیتوزان بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه *Malva sylvestris*. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۱ (۲): ۷۷-۱۰۲.

- موتکفی، م.، سیروس مهر، ع. و موسوی نیک، م. ۱۴۰۲. اثر محلول پاشی سلیوم و کلسیم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی از صفات بیوشیمیایی گلرنگ در شرایط تنش خشکی. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۳ (۴): ۶۹-۸۸.
- Babula, P., Ryant, P. and Adam, V. 2009. The role of sulphur in cadmium ions detoxification demonstrated in invitro model: *Dionaea muscipula*. *Environment Chemistry*, 7: 353-361.
- Bellemare, M. F. Rising food prices, 2015. food price volatility, and social unrest. *Am. Journal of Agriculture Economics*, 97: 1-21.
- Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A., and Abdelly, L. 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*, 53 (3): 185-194.
- Broadley, M. R., Alcock, J., Alford, J., Cartwright, P., Foot, I., Fairweather-Tait, S. J., Hart, D. J., Hurst, R., Knott, P., Mcgrath, S. P., Meacham, M. C., Norman, K., Mowat, H., Scott, P., Stroud, J. L., Tovey, M., Tucker, M., White, P. J., Young, S. D. and Zhao, F. J. 2010. Selenium bio fortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilization. *Plant and Soil*, 332 (1): 5-18.
- Daneshmand, F. 2013. The effect of ascorbic acid in reducing oxidative stress resulting from salinity stress in potatoes. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal) (Scientific)*, 27 (3): 417-426.
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). FAO Statistical Databases, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (2018).
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A. and Fujita, M. 2012. Exogenous selenium pretreatment protects rapeseed seedlings from cadmium-induced oxidative stress by upregulating antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems. *Biological Trace Element Research*, 149: 248-261.
- Itam, M., Mega, R., Tadano, S., Abdelrahman, M., Matsunaga, S., Yamasaki, Y., Akashi, K. and Tsujimoto, H. 2020. Metabolic and physiological responses to progressive drought stress in bread wheat. *Sciences Responses*, 10: 17189.
- Kalkuhl, M., von Braun, J. and Torero, M. (eds). 2016. *Food Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy*. International Publishing AG Switzerland. Pp. 3-31.
- Khalil Zadeh, GH. R. and Karbalai Khiyav, H. 2002. Effects of drought and heat stress on advanced lines of durum wheat. 7th Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran. Agricultural Education Publishing, pp: 563-564.
- Kostopoulou, P., Barbayiannis, N. and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil*, 330: 65-71.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Method Enzymatic*, 148: 350-382.
- Moatkafi, M., Ghanbari, A., Mousavi Nik, S. M, and Syros Mehr, A. R. 2018. The effect of organic growth stimulant on yield, yield components, oil percentage and some physiological indicators of rapeseed under drought stress conditions. *To Agro Agriculture*, 21 (4): 367-377.
- MSTAT-C. 1993. MSTAT-C, A Microcomputer Program for the Design, Arrangement and Analysis of Agronomic Research Experiments. Michigan State University.
- Sajedi, N., Eskandari, H. and Tahmasebi, R. 2013. Effect of selenium and salicylic acid on agronomic characteristics of dry wheat cultivars. *Journal of Agricultural Knowledge*, 7: 53-66.
- SPSS Inc. 1996. SPSS: SPSS Ver. 22 for Windows Update. SPSS Inc. USA.
- Wanger, G. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplast. *Plant Physiology*, 64: 88-93.
- Xiaoqin, Y., Jianzhou, C. and Guangyin, W. 2009. Effects of drought stress and selenium supply on growth and physiological characteristics of wheat seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31: 1031-1036.

Investigation of the Effect of Sources and Selenium Values use on Yield and some Physiological Traits of wheat Cultivars in Maragheh dryland Conditions

Adeli¹, H., Abdi^{2*}, M., Faramarzi², A., Ajali², J. and Mohebealipour², N.

Abstract

In order to investigate the effects of different sources and selenium values on yield, stress sensitivity indices and some physiological traits of rainfed wheat cultivars under cadmium stress in the Maragheh region, an experiment was conducted in field and greenhouse states in year 2017-2018. Results of analysis of variance showed that there was a significant difference between yield and yield components of cultivars under normal conditions and moisture stress. Average grain yield and grain weight per spike of genotypes under normal conditions was respectively (1752.83 kg.ha⁻¹ and 0.591 g) and (1790.82 kg.ha⁻¹ and 0.59 g). Pishtaz and Sardari genotypes had the highest and lowest yield under normal conditions (18 and 36 g.ha⁻¹ sodium selenite) and moisture stress (Not using selenium), respectively. In the greenhouse section, a field experiment was chosen based on the selection of a cultivar (Pishtaz) and a two-factor factorial experiment was conducted in RB with three replications. In this section, factor A was different values of cadmium (concentrations of 0, 350 and 700 μM) and factor b was sodium selenate (concentrations of 0, 1.5 and 3 mg.l⁻¹). The results indicated that stress induced by tested cadmium decreased the content of photosynthetic pigments and selenium increased chlorophyll content. This decrease was significant in the 700 μM cadmium treatment. Overall, the results of this study indicate that selenium, especially sodium selenate at a concentration of 3 mg/L, has been able to reduce the toxic effects of cadmium on wheat (especially Pishtaz cultivar) and improve plant growth and development.

Keywords: Wheat, Sodium selenate and selenite, Cadmium, Yield

1 and 2. PhD Student and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran

*: Corresponding author Email: dr.mehrdad.abdi@gmail.com

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the supervision of Mehrdad Abdi and Ali Faramarzi.