نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره 1(41)، بهار 1396، صفحه 30-17

بهبود برخی صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو با استفاده از سلنیوم در شرایط دیم

نورعلی ساجدی[1*] و حمید مدنی[1]

تاریخ دریافت: 1395/5/5 **تاریخ بازنگری:** 1395/9/20 **تاریخ پذیرش:** 1396/2/13

چکیده

تنش خشکی از عوامل مهم محدود کننده عملکرد دانه گیاهان زراعی در دیمزارها به شمار می‌رود. به منظور تعیین نقش منابع و تاثیر مقادیر مختلف سلنیوم بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1394-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. عوامل مورد آزمایش شامل منابع سلنیوم در دو سطح سلنات و سلنیت سدیم، مقادیر سلنیوم در سه سطح صفر، 18 و 36 گرم در هکتار و دو گیاه گندم و جو بودند. نتایج نشان داد که تعداد دانه در سنبله گندم با محلول‌پاشی سلنیت سدیم به مقدار 18 گرم در هکتار نسبت به شاهد 9/4 درصد و تعداد دانه در سنبله جو با مصرف سلنیت سدیم به مقدار 18و 36 گرم در هکتار نسبت به شاهد به‌ترتیب 8 و 12 درصد افزایش یافتند. محلول‌پاشی در دو مرحله با سلنات و سلنیت سدیم محتوای آب نسبی برگ را در گندم و جو افزایش داد. با محلول‌پاشی 18 گرم در هکتار سلنیوم، عملکرد دانه از 1776/31 کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به 1889/92 کیلوگرم در هکتار معادل 6/3 درصد افزایش نشان داد ولی با افزایش سلنیوم به میزان 36 گرم در هکتار، عملکرد دانه (1539/62 کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهدکاهش یافت. به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط دیم، با محلول‌پاشی 18 گرم در هکتار سلنیوم از منبع سلنات و سلنیت سدیم در مرحله ساقه‌دهی و ظهور سنبله در گندم و جو عملکرد مطلوب حاصل می‌شود.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، جو، سلنیوم، عملکرد دانه، گندم.

1- دانشیار گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

* نگارنده‌ی مسئول n-sajedi@iau-arak.ac.ir

مقدمه

گندم پرمصرف‌ترین ماده غذایی است که بیشتر از هر منبع غذایی دیگر، مواد غذایی را برای انسان تامین می‌کند (Preedy et al., 2011). جو نیز یکی از محصولات مهم و اصلی کشور می‌باشد. از نظر سطح زیر کشت پس از گندم در رتبه دوم قرار دارد. سطح زیر کشت گندم معادل 6/061/248 هکتار (39 درصد آبی و 61 درصد دیم) و سطح زیر کشت جو معادل 1/713/064 هکتار (41/5 درصد آبی و 58/5 درصد دیم) می‌باشد (Ahmadi et al., 2014). خشکی یکی از عوامل غیرزنده است که تولید محصولات کشاورزی را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محدود می‌کند (Amin et al., 2016). تنش خشکی یکی از مخرب‌ترین تنش‌های محیطی برای رشد و تولید گیاهان می‌باشد (Peleg et al., 2011). تنش خشکی باعث مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن و همچنین تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها می‌گردد (Hong-Bo et al., 2009). تحمل به تنش یک فرآیند پیچیده‌ای است که متابولیت‌های تولید شده در ارقام گیاهی و ارتباط متابولیکی بین آنها در این فرآیند دخالت دارند (Krasensky and Jonak, 2012).

سلنیوم عنصری مفید برای گیاهان است و ضروری بودن آن برای رشد و نمو آنها اثبات نشده است (Broadley et al., 2012). شواهدی مبنی بر نقش حفاظتی سلنیوم برون‌زاد بر تنش خشکی در گیاه وجود دارد. سلنیوم ممکن است تحمل گیاهان را به تنش‌های مختلف غیرزنده افزایش دهد(Hasanuzzaman et al., 2012). سلنیوم مانند سایر عناصر ریزمغذی نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می‌کند و به زنجیره غذایی گیاه- انسان - حیوان وابسته می‌باشد. شرکت در تعدادی از فرآیندهای متابولیکی، شرکت در ساختار آنتی‌اکسیدان‌ها به‌ویژه آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز از مهم‌ترین نقش‌های آن می‌باشد (Anonymous, 2004). سلنیوم نقش خود را از طریق شرکت در ساختار سلنوپروتئین‌ها ایفا می‌کند و به‌صورت اسید امینه سلنوسیستئین در ساختار آنها شرکت می‌کند (Behne and Kyriakopoulos, 2001). ترکیبات معدنی سلنیت و سلنات‌ها از قابل دسترس‌ترین فرم‌های قابل جذب برای گیاهان هستند که می‌توانند موجب افزایش محتوای سلنیوم گیاهانی شوند که در این خاک‌ها رشد می‌کنند (Anonymous, 2004). اثرات تحریک کنندگی محلول‌پاشی سلنیوم روی رشد ریشه گراس (Hartikainen et al., 2000)، کاهو (Xue et al., 2001)، سیب‌زمینی (Turakainen et al., 2004)، سویا (Djanaguiraman et al., 2005) و برگ‌های چای سبز (Hu et al., 2003) گزارش شده است. سلنیوم رشد رویشی گیاه را به علت نقش حاصلخیزی آن افزایش می‌دهد (Lyons et al., 2009). آلدا و همکاران (Alda et al., 2011) گزارش نمودند که با محلول‌پاشی مقادیر 5 و 10 میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم ارتفاع گندم به‌طور نامحسوسی افزایش یافت و همبستگی مثبت با مقادیر سلنیت سدیم نشان داد ولی ارتفاع گیاهچه‌های جو تحت تاثیر مقادیر سلنیوم قرار نگرفت. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سلنیوم در شرایط مطلوب رطوبتی باعث بهبود تجمع زیست توده در جو می‌شود، با این وجود سلنیوم تاثیر معنی‌داری در تجمع ماده خشک در شرایط تنش خشکی نداشته اما کاربرد سلنیوم در گیاهان در شرایط کمبود آب اثرات حفاظتی بهتری را در

برابر خسارت اکسیداتیو نشان می‌دهند که دلیل این امر افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش سطح پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد. این نتایج پیشنهاد می‌کند که کاربرد سلنیوم می‌تواند سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد و ممکن است برای مناطق خشک و نیمه خشک توصیه شود (Habibi, 2013). گزارش شده است که سلنیوم در شرایط کمبود آب از طریق کاهش تعرق یا کاهش پتانسیل اسمزی، تحمل گیاهان را بهبود می‌دهد (Kostopoulou et al., 2010). همچنین، سلنیوم از طریق تنظیم جذب و توزیع برخی عناصر ضروری، تحمل گیاهان را به تنش بهبود می‌بخشد (Feng et al., 2013). تری و همکاران (Terry et al., 2000) گزارش نمودندکه سطوح بالای سلنیوم از رشد، اندام‌زایی، سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای هسته‌ای DNA و RNA جلوگیری می‌کند. علاوه بر اثر مفید سلنیوم در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی، استفاده از این عنصر به‌عنوان کود می‌تواند موجب بهبود رشد و ورود آن به زنجیره غذایی دام و انسان شود (Zhu et al., 2009). بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی واکنش گندم و جو نسبت به سلنیوم در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر منابع مختلف سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1394-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک با طول جغرافیایی 40 درجه و 41 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 34 درجه و30 دقیقه شمالی و ارتفاع 1730 متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات اقلیمی منطقه کشت در جدول 1 ارایه شده است.

عوامل مورد آزمایش شامل منابع مختلف سلنیوم (سلنات و سلنیت سدیم) با مقادیر (صفر، 18 و 36 گرم در هکتار) و گیاهان زراعی گندم رقم آذر 2 و جو رقم آبیدر بود. مقادیر نمک سلنات سدیم برای مقادیر فوق به‌ترتیب صفر، 43/07 و 86/14 گرم در هکتار و نمک سلنیت سدیم به میزان صفر، 59/94 و 119/88 گرم در هکتار محاسبه شد.

جو رقم آبیدر از طبقه بذر گواهی شده 2 و گندم آذر2 از بذر مادری تولید سال 1393 با 98 درصد خلوص بود و با سم دیفنوکونازول 3 درصد ضد عفونی شده بودند که از جهاد کشاورزی شهرستان الیگودرز تهیه شدند. جو رقم آبیدر یک رقم بینابین دیم است که به‌وسیله موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور برای مناطق سرد و معتدل سرد معرفی شده است (Ansarimaleki et al., 2009). رقم آذر 2 دارای تیپ رشد زمستانه، زودرس، حساس به سیاهک‌ها، متحمل به زنگ زرد، متوسط ارتفاع آن 70-85 سانتی‌متر، مقاوم به ورس، ریزش، سرما و خشکی، میزان پروتئین 10/5 درصد، میانگین وزن هزار دانه آن 36-33 گرم می‌باشد.

نظر به انجام آزمایش‌های خاک در سه سال قبل، به‌منظور تاثیر روش‌های مختلف کاربرد سلنیت سدیم بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم در شرایط دیم، خاک مزرعه از نظر سلنیوم فقیر بود (جدول 2). قبل از کاشت 5 کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل (115/7 کیلوگرم در هکتار) به زمین اضافه شد و همراه با کاشت با خاک مخلوط شد. کشت در تاریخ 1393/7/18 به‌صورت دستی انجام شد. میزان

بارندگی‌ها پس از کاشت با استفاده از آمار اداره هواشناسی اراک ثبت شد. اولین بارندگی مؤثر در مورخ 93/7/29 به میزان 38 میلی‌متر اتفاق افتاد که نقش مهمی در سبز شدن محصول ایفا نمود. هر کرت آزمایشی شامل 12 ردیف کاشت با فاصله 15 سانتی‌متر بین ردیف در نظر گرفته شد. طول خطوط کاشت شش متر و بین دو کرت 60 سانتی‌متر به صورت نکاشت باقی ماند.

در مورخ 1393/12/23 میزان 2 کیلوگرم کود اوره (46/2 کیلوگرم در هکتار) به صورت سرک در سطح مزرعه پخش شد. اولین مرحله محلول‌پاشی سلنات و سلنیت سدیم در ساعت 5 بعد از ظهر با استفاده از سم‌پاش 20 لیتری در مرحله ساقه‌دهی (35 زیداکس، ظهور پنجمین گره) که گیاه تاج پوشش مناسب را برای افزایش کارآیی جذب محلول داشت، انجام شد. دومین مرحله محلول‌پاشی با سلنات و سلنیت سدیم ساعت 6 بعد از ظهر در مرحله ظهور سنبله (57 زیداکس، یعنی 75 درصد سنبلک‌های گل‌آذین ظاهر شده) انجام شد.

به‌منظور محاسبه محتوای نسبی آب برگ‌ها در زمان ظهور کامل سنبله (59 زیداکس) از هر کرت 5 برگ پرچم جوان کاملاً توسعه یافته در ساعت 12 ظهر برداشت و در داخل نایلون قرار داده شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و وزن تر، وزن اشباع و وزن خشک دیسک‌های برگی تهیه شده تعیین گ و با استفاده از روش دوپت و مانوئل (Dhopte and Manuel, 2002) محتوای آب نسبی برگ‌ها محاسبه شد.

در زمان رسیدگی، صفات زراعی و اجزای عملکرد از میانگین 15 بوته محاسبه شدند. برای محاسبه عملکرد دانه در تاریخ 93/4/24 سطحی معادل یک متر مربع برداشت شد. برداشت به صورت کف بُر و پس از حذف سه خط حاشیه و نیم متر از دو انتهای هر کرت انجام گرفت. شاخص تلاش بازآوری از رابطه ارایه شده توسط جباری و همکاران (Jabari et al., 2007) محاسبه شد که در آن تلاش بازآوری از تقسیم وزن خشک کل اندام زایشی (سنبله) بر وزن خشک کل گیاه حاصل شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که گندم و جو از نظر تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار و اثر متقابل دوگانه منابع و مقادیر سلنیوم، منابع سلنیوم در گیاه و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد (جدول 3). نتایج اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که در گندم بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله (10/73) از مصرف 59/94 گرم در هکتار سلنیت سدیم و در جو بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله (22/66 و 22/62) به‌ترتیب از مصرف 59/94 و 119/88 گرم در هکتار سلنیت سدیم حاصل شد (جدول 6). به‌نظر می‌رسد که با کاربرد سلنیوم رشد گیاه بهبود یافته و از طریق بهبود شرایط گرده‌افشانی باعث افزایش تعداد واحدهای زایشی می‌شود (Lyons et al., 2009). گزارش شده است که کاربرد سلنیوم در گیاهان تحت تنش کمبود آب باعث افزایش معنی‌دار کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II می‌شود. تادنیا و همکاران (Tadina et al., 2007) گزارش نمودند که احتمالاً دلیل این افزایش ناشی از بهبود مدیریت آب در گیاه در طی دوره تیمار با سلنیوم می‌باشد.

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر منابع سلنیوم، اثر نوع گیاه و اثر متقابل منابع سلنیوم در گیاه بر تعداد دانه در سنبلچه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج اثر متقابل منابع سلنیوم در گیاه نشان داد که در گندم محلول‌پاشی با سلنات سدیم نسبت به سلنیت سدیم تعداد دانه در سنبلچه را به میزان 12 درصد افزایش داد اما در جو محلول پاشی با منابع سلنات و سلنیت سدیم تاثیری بر تعداد دانه در سنبلچه نداشت (جدول 5).

اثر متقابل منابع سلنیوم بر تعداد دانه در سنبله گندم و جو در سطح احتمال 1 درصد و اثر متقابل سه گانه تیمارها بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که در گندم با مصرف 43/07 و 86/14 گرم در هکتار سلنات سدیم، تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب 5/1 و 1/4 درصد و با مصرف 59/94 گرم در هکتار سلنیت سدیم، تعداد دانه در سنبله به میزان 9/4 درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین، نتایج نشان داد که مصرف سلنات سدیم بر تعداد دانه در سنبله جو تاثیری نداشت اما با مصرف 59/94 و 119/88 گرم در هکتار سلنیت سدیم تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب به میزان8/1 و 12/1 درصد افزایش نشان داد (جدول 6). لیونز و همکاران (Lyons et al., 2009) گزارش کردند که استفاده از سلنیت سدیم در محیط کشت کلزا، باعث افزایش فعالیت تنفسی در برگ‌ها و گل‌ها شد. آنها بیان کردند که به نظر می‌رسد افزایش فعالیت میتوکندریایی در برگ‌ها و گل‌ها مربوط به فعالیت دانه گرده است که منجر به افزایش باروری و تشکیل بذر در گیاهان تیمار شده با سلنیوم می‌شود. کاشین و شوبینا (Kashin and Shubina, 2011) گزارش نمودند که پیش تیمار بذر گندم بهاره با 25 میلی‌گرم در کیلوگرم توام با محلول‌پاشی 25 گرم در هکتار سلنیوم از منبع سلنیت سدیم، تعداد دانه در سنبله را 3/7 درصد نسبت به شاهد افزایش داد و پیش تیمار بذر با 50 میلی‌گرم در کیلوگرم توام با محلول‌پاشی 50 گرم در هکتار، تعداد دانه در سنبله را 7/4 درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج این تحقیق با نتایج نجات و همکاران (Nejat et al., 2009) در ذرت مطابقت دارد. آنها گزارش نمودند که با کاربرد 18 گرم در هکتار سلنیوم از منبع سلنیت سدیم، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد.

جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که گندم و جو از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند ولی اثر منابع و مقادیر سلنیوم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول 3). وزن هزار دانه در جو 10/9 درصد بیشتر از گندم بود (جدول 4). به نظر می‌رسد دلیل افزایش وزن هزار دانه با مصرف سلنیوم مربوط به تاثیر این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه می‌باشد. حبیبی (Habibi, 2013) گزارش نمود که در شرایط مطلوب با محلول‌پاشی30 گرم در هکتار سلنوم از منبع سلنات سدیم، وزن هزار دانه جو بهاره از 47/107 به 51/2 و در شرایط تنش خشکی با محلول‌پاشی سلنیوم وزن هزار دانه از 36/5 گرم به 37/2 گرم افزایش یافت. وی گزارش نمود که با این وجود در هر دو شرایط محلول‌پاشی سلنیوم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. در یک آزمایش دو ساله گزارش شده است که در سال اول کاربرد منابع سلنیوم اثر معنی‌دار بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه جو دو ردیفه نشان

داده و سلنیت تاثیر بیشتری بر این صفات داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Rodrigo et al., 2013). نتایج نشان داد که گندم و جو از نظر شاخص تلاش و بازآوری در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. همچنین، اثر متقابل سه گانه تیمارها بر شاخص تلاش و بازآوری در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). با توجه به نتـایج مقایسه میانگین سه‌گانه تیمارها، بیشترین شاخص تلاش و بازآوری در گندم (62/80 درصد) از محلول‌پاشی 86/14 گرم در هکتار سلنات سدیم حاصل شد (جدول 6). گزارش شده است که جذب و انتقال منابع معدنی سلنیوم توسط گیاهان متفاوت می‌باشد. سلنات به سهولت به انـدام‌های هـوایی منتقل می‌شـود ولی سـلنیت معمـولاً در ریشه تجمع می‌یابد (Zhang et al., 2003).

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد اثر گیاه، مقادیر مختلف سلنیوم، اثر متقابل مقادیر سلنیوم در گیاه در سطح 1 درصد و اثر متقابل سه گانه تیمارها بر محتوای آب نسبی برگ در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد (جدول 3). اثر متقابل سه گانه تیمارها نشان داد که در گندم بیشترین محتوای آب نسبی برگ از محلول‌پاشی 119/88 گرم در هکتار سلنیت سدیم و در جو بیشترین محتوای آب نسبی برگ از محلول‌پاشی 59/94 گرم در هکتار سلنیت سدیم حاصل شد (جدول 6). سلنیوم توانایی تنظیم وضعیت آبی گیاهان تحت تنش خشکی را دارد (Kuznetsov et al., 2003). گزارش شده است که محتوای آب نسبی برگ در ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی تیمار شده با سلنیوم در هر دو شرایط نرمال و تنش کمبود آب افزایش نشان داد (Ajiboso and Ajiboso, 2012). به نظر می‌رسـد که هر چه میزان آب اندام‌های گیاهی بیشتر باشد، گیاه کمتر در شرایط تنش‌زا و تولید رادیکال‌های آزاد قرار می‌گیرد. بنابراین هر عاملی که بتواند میزان آب نسبی برگ را افزایش دهد می‌تواند از طریق حفظ وضعیت آب درون بافت‌ها، خسارت وارده را کاهش یا تعدیل نماید. محلول‌پاشی سلنیوم از طریق بهبود وضعیت آب نسبی گیاه باعث کاهش اثرات تنش می‌شود.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر مقادیر مختلف سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود. همچنین، گندم و جو از نظر عملکرد دانه در شرایط دیم در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با محلول‌پاشی 18 گرم در هکتار سلنیوم، عملکرد دانه از 1776/31کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به 1889/92 کیلوگرم در هکتار معادل 6/3 درصد افزایش نشان داد ولی با افزایش مقادیر سلنیوم به میزان 36 گرم در هکتار، عملکرد دانه (1539/62 کیلوگرم در هکتار) کاهش نشان داد. نتایج نشان داد که عملکرد جو (1826/14 کیلوگرم در هکتار) در شرایط دیم 11 درصد بیشتر از گندم (1644/36 کیلوگرم در هکتار) بود (جدول 4). با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد دلیل این امر افزایش وزن هزار دانه بیشتر در جو نسبت به گندم در شرایط دیم می‌باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج رودریگو و همکاران (Rodrigo et al., 2013) مطابقت دارد. آنها گزارش نمودند که مصرف مقادیر سلنیوم از منابع سلنات و سلنیت سدیم در جو دو ردیفه در سال 2010-2011 تاثیری بر عملکرد دانه نشان نداد اما در سال 2011-2012 با محلول‌پاشی 10 گرم در هکتار، عملکرد دانه از 1757 کیلوگرم در

هکتار به 1973 کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌دار افزایش یافت اما با کاربرد 40 گرم در هکتار عملکرد دانه به 1739 کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. این نتایج با نتایج اوزبولت و همکاران (Ozbolt et al., 2008) در گندم سیاه مطابقت دارد. هارتیکاینین و همکاران (Hartikainen et al., 2000) گزارش نمودند که اثرات متقابل سلنیوم و گیاه وابسته به غلظت سلنیوم قابل دسترس گیاه می‌باشد. هاوریلاک- نوواک (Hawrylak-Nowak, 2008) گزارش نمود که اختلال در رشد و کاهش زیست توده گیاه در حضور غلظت‌های بالای سلنیوم در محلول غذایی ممکن است ناشی از اختلال در تعادل عناصر معدنی گیاه مانند تجمع مقادیر زیاد فسفر در اندام‌های هوایی ذرت باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که با محلول‌پاشی 18 گرم در هکتار سلنیوم از منابع سلنات یا سلنیت سدیم، دو بار در مراحل ساقه‌دهی و ظهور سنبله، از طریق بهبود محتوای آب نسبی برگ و تعداد دانه در سنبله می‌توان عملکرد دانه در گندم و جو را در شرایط دیم بهبود بخشید اما استفاده از مقادیر بالاتر سلنیوم احتمالاً به دلیل ایجاد اثر سمیت و اختلال در فرآیندهای متابولیکی گیاه باعث کاهش صفات زراعی و فیزیولوژیکی شده و عملکرد را کاهش می‌دهد.

جدول 1- داده‌های هواشناسی شهرستان اراک در سال 1394-1393

Table1- Metrological data in Arak city in 2014-2015

ماه‌های سال	Months	میانگین دما (درجه سلسیوس) Mean of temperature (˚c)	بارندگی (میلی متر) Precipitation (mm)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	تبخیر (میلی متر) Evaporation (mm)
مهر 93	October	18	47	39.5	194.8
آبان93	November	8.3	24.9	60	38.1
آذر93	December	5.5	13.4	66	-
دی 93	January	3.6	8.9	60.9	-
بهمن 93	February	7.3	18.1	48.5	-
اسفند 93	March	5.9	41.8	55	-
فروردین 94	April	12.2	68.2	48	135.6
اردیبهشت94	May	18.4	9.8	33	247.6
خرداد 94	June	24.8	4.5	24	331.5

جدول 2- میزان سلنیوم خاک مزرعه

Table 2- Rate of selenium in field soil

سال Year	**سلنیوم** (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Selenium (ppm)
1389-1390 2010-2011	0.29
1390-1391 2011-2012	0.10
1391-1392 2012-2013	ND

جدول 3- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گندم و جو

Table 3- Mean squares of measured traits in wheat and barley

منابع تغییر Sources of variation	**درجه آزادی** Df	**تعداد سنبلچه در سنبله** Number of spikelet per spike	**تعداد دانه در سنبلچه** Number of grain per spikelet	**تعداد دانه در سنبله** Grains per spike	**وزن هزار دانه** 1000 grain weight	**محتوی آب نسبی برگ** Relative water content	**شاخص تلاش و بازآوری** Productivity index	**عملکرد دانه** Grain yield
تکرار Replication	2	1.57 ns	0.031 *	8.96*	47.74**	30.48 ns	82.38**	147250.13 ns
منابع سلنیوم Selenium sources (SS)	1	2.86 ns	0.102**	3.10 ns	3.42 ns	33.60 ns	34.61 ns	67626.86 ns
مقادیر سلنیوم Selenium rates (SR)	2	2.02 ns	0.009 ns	4.73 ns	6.35 ns	249.97**	8.92 ns	383195.27*
منابع × مقادیر SS × SR	2	4.95*	0.00001 ns	2.65 ns	8.49 ns	18.16 ns	1.67 ns	72032.84 ns
گیاه Plant (P)	1	1045.44**	9.08**	2.75 ns	94.41*	413.44**	60.11*	297404.80 *
منابع سلنیوم× گیاه SS × P	1	5.22 *	0.11**	34.37**	2.72 ns	16.13 ns	3.30 ns	1397.38 ns
مقادیرسلنیوم ×گیاه SR× P	2	1.58 ns	0.023	0.66 ns	0.69 ns	137.15**	8.21 ns	45889.39 ns
منابع × مقادیر × گیاه SS × SR ×P	2	7.17*	0.003 ns	6.44*	3.60 ns	75.09*	26.99 *	21322.46 ns
خطا Error	22	1.09	0.007	1.76	7.81	16.41	8.27	69513.76
ضریب تغییرات CV (%)		6.58	6.20	6.68	8.94	9.19	4.80	15.19

*: معنی‌دار در سطح احتمال 5%، ** : معنی‌دار در سطح 1% و ns: غیر معنی‌دار.

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: non-significant.

جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثر منابع و مقادیر سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در گندم و جو

Table 4- Mean comparisons of effect sources and rates of selenium on the measured traits in wheat and barley

تیمارهای آزمایشی	Experimental treatments	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
منابع سلنیوم	Selenium of sources		
سلنات	Selenate (S1)	-	1691.91 a
سلنیت	Selenite (S2)	-	1778.59 a
مقادیر سلنیوم	Selenium rates		
عدم مصرف	without application (Se1)	-	1776.31 a
18 گرم در هکتار	18 g/ ha (Se2)	-	1889.92 a
36 گرم در هکتار	36 g/ha (Se3)	-	1539.62 b
گیاه	Plant		
گندم	Wheat (W)	29.62 b	1644.36b
جو	Barley (B)	32.86 a	1826.14a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصداختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

جدول5 - مقایسه میانگین‌های اثر منابع و مقادیر سلنیوم بر صفات اندازه گیری شده در گندم و جو

Table 5- Mean comparisons of effect sources and rates of selenium on the measured traits in wheat and barley

تیمار های آزمایشی	Experimental treatments	تعداد دانه در سنبلچه Number of grain per spikelet	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
منابع سلنیوم × مقادیر سلنیوم	Selenium sources × Selenium rates			
عدم مصرف سلنات	S1Se1	1.48a	-	1758.46 a
سلنات ×18 گرم در هکتار سلنیوم	S1Se2	1.49a	-	1908.01 a
سلنات ×36 گرم در هکتار سلنیوم	S1Se3	1.44ab	-	1409.24 b
عدم مصرف سلنیت	S2Se1	1.37b	-	1794.05 a
سلنیت ×18 گرم در هکتار سلنیوم	S2Se2	1.39ab	-	1871.75 a
سلنیت ×36 گرم در هکتار سلنیوم	S2Se3	1.33b	-	1670.01ab
منابع سلنیوم ×گیاه	Selenium sources × Plant			
سلنات ×گندم	S1W	2.03a	29.04 b	-
سلنات ×جو	S1B	0.91c	32.83 a	-
سلنیت ×گندم	S2W	1.81b	30.21 ab	-
سلنیت ×جو	S2B	0.92c	32.90 a	-
مقادیر سلنیوم ×گیاه	Selenium rates × Plant			
گندم ×عدم مصرف سلنیوم	Se1W	1.95a	30.13 b	1679.66bc
جو ×عدم مصرف سلنیوم	Se1B	0.90c	33.91 a	1872.85ab
گندم ×18 گرم در هکتار سلنیوم	Se2W	1.97a	29.70 b	1740.23abc
جو ×18 گرم در هکتار سلنیوم	Se2B	0.90c	32.56 ab	2039.55 a
گندم ×36 گرم در هکتار سلنیوم	Se3W	1.84b	29.05 b	1513.21 c
جو ×36 گرم در هکتار سلنیوم	Se3B	0.93c	32.11 ab	1566.34bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

جدول 6- مقایسه میانگین‌های اثر منابع و مقادیر سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در گندم و جو

Table 6-Mean comparisons of effect sources and rates of selenium on the measured traits in wheat and barley

تیمار های آزمایشی	Experimental treatment	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	محتوای آب نسبی برگ Relative water content (%)	شاخص تلاش و بازآوری Productivity index (%)
منابع سلنیوم × مقادیر× گیاه	Selenium sources × Selenium rates × Plant				
سلنات× عدم مصرف سلنیوم× گندم	S1Se1W	10.17 d	0.88abc	33.51d	61.96a
سلنات× عدم مصرف سلنیوم× جو	S1Se1B	21.99ab	9.77 a-e	36.80cd	60.72a
سلنات×18 گرم در هکتار سلنیوم×گندم	S1Se2W	10.66 d	a22.08	36.62cd	60.74a
سلنات×18 گرم در هکتار سلنیوم× جو	S1Se2B	21.30ab	9.56 a-e	47.02b	59.73a
سلنات×36 گرم در هکتار سلنیوم×گندم	S1Se3W	10.90 d	21.30 ab	36.45cd	62.80a
سلنات×36 گرم در هکتارسلنیوم× جو	S1Se3B	18.48 c	17.42 e	47.12b	59.11a
سلنیت× عدم مصرف سلنیوم× گندم	S2Se1W	10.10 d	8.46 c-e	36.03cd	61.10a
سلنیت×عدم مصرف سلنیوم× جو	S2Se1B	20.48 b	9.00 b-e	35.40cd	57.78ab
سلنیت×18 گرم در هکتارسلنیوم× گندم	S2Se2W	10.73 c	-d20.21 a	37.45cd	61.37a
سلنیت ×18 گرم در هکتارسلنیوم× جو	S2Se2B	22.66 a	0.55abc	55.74a	53.63b
سلنیت×36 گرم در هکتارسلنیوم× گندم	S2Se3W	10.31 d	7.97 d-e	42.92bc	58.97a
سلنیت ×36 گرم در هکتار سلنیوم×جو	S2Se3B	22.62 a	21.30 ab	42.92bc	60.45a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

References منابع مورد استفاده

· Ahmadi, K., H. Gholizadeh, H. Ebadzadeh, R. Hosienpour, F. Hatami, B. Fazli, A. Kazemian, and M. Rafiei. 2014. Agriculture amarnameh, Crops. Vol 1. Minestry of Agricultural Jehad. (In Persian).

· Ajiboso, S.O., and G.A. Ajiboso. 2012. The influence of zinc and selenium on some biochemical responses of Vignaun guiculata and Zea mays to water deficit condition and rehydration. Biokemistri. 24: 108-118.

· Alda, S., M. Camelia, T. Cristina-Elena, P. Mirela, R. Diana, and D. Delia. 2011. The influence of sodium selenite on biometric parameters of wheat, barley and oat seedlings. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 15(4): 8- 12.

· Amin, M., R. Ahmad, A. Ali, M. Aslam, and D.J. Lee. 2016. Silicon fertilization improves the Maize (Zea mays L.) performance under limited moisture supply.Cereals Research Communications.44: 172–185.

· Anonymous. 2004. Selenium, vitamin and mineral requirement in human nutrition. Second Edition, Geneva: World Health Organization. 194-216.

· Ansarimaleki, A.Y., F. Noormandmoayed, K. Nadermahmoodi, S.M. Azimzadeh, E. Roohi, A. Hesami, K. Soleimani, G. Abediasl, H. Pashapoor, H. R. Pooralibaba, M.A. Dehgan, M. Patpoor, I. Eskandari, and A. Salekzamani. 2009. Abidar a new barley cultivar for moderate and cold areas of Iran. Seed and Plant. 25(1): 227-230. (In Persian).

· Behne, D., and A. Kyriakopoulos. 2001. Mammalian selenium-containing proteins. Annual Review of Nutrition. 21: 453-473.

· Broadley, M., P. Brown, I. Cakmak, J.F.Ma, Z.Rengel, and F.Zhao. 2012. Beneficial elements. In: P. Marschner (Ed.) Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3nd Edition. Academic Press Inc. pp. 249–269.

· Dhopte, A.M., and L.M. Manuel. 2002. Principals and techniques for plant Scientistc. Lst End. Updeshpurohit for Agrobios (India). Odupur, p 373.

· Djanaguiraman, M., D.D. Devi, A.K. Shanker, A. Sheeba, and U. Bangarusamy. 2005. Selenium anantioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil. 272: 77- 86.

· Feng R., C. Wei, and S. Tu. 2013.The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. Environmental and Experimental Botany. 87:58–68.

· Habibi, Gh. 2013. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. Acta Agricultural Slovenica. 101(1): 31-39.

· Hartikainen, H., T. Xue, and V. Piironen. 2000. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant and Soil. 225: 193–200.

· Hasanuzzaman, M., M.A. Hossain, and M. Fujita. 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.

· Hawrylak-Nowak, B. 2008. Effect of selenium on selected macronutrients in maize plants. Journal of Elementology. 13(4): 513-519.

· Hong-Bo, S., C. Li-Ye, C. Abdul Jaleel, P. Manivannan, R. Panneerselvam, and M.A. Shao. 2009. Understanding water deficit stress induced changes in the basic metabolism of higher plants biotecnologically and sustainably improving agriculture and the eco-environment in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology. 29: 131-151.

· Hu, Q.H., J. Xu, and G.X. Pang. 2003. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. Journal Agricultural and Food Chemistry. 51: 3379–3381.

· Jabari, H., GH.A. Akbari, J. Daneshyan, I. Allahdadi, and N. Shahbazian. 2007. Effects of water deficit stress on agronomic characteristics of sunflower hybrids. Journal of agriculture. 9: 13-22. (In Persian).

· Kashin, V.K., and O.I. Shubina. 2011. Biological effect and selenium accumulation in wheat under conditions of selenium deficient biogeochemical province. Chemistry for Sustainable Development. 19: 145-150.

· Kostopoulou, P., N. Barbayiannis, and N. Basile. 2010. Water relations of yellow sweetclover under the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil. 330: 65–71.

· Krasensky, J., and C. Jonak. 2012. Drought salt, and temperature stress- induced metabolic rearrangement and regulatory net-works. Environmental and Experimental Botany. 4: 1593–1608.

· Kuznetsov, V.V., V.P. Kholodova, V.V. Kuznetsov, and B.A. Yagodin. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences. 390: 266–268.

· Lyons, G.H., Y. Genc, K. Soole, C.R.J. Stangoulis, F. Liu, and R.D. Graham. 2009. Selenium increases seed production in Brassica. Plant and Soil. 318: 73–80.

· Nejat, F., M. Dadniya, M.H. Shirzadi, and S. Lakd. 2009. Effects of drought stress and selenium application on yield and yield components of two maize cultivars. Plant Ecophysiology. 2: 95-102. (In Persian).

· Ozbolt, L., S. Kreft, I. Kreft, M. Germ, and V. Stibilj. 2008. Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation. Food Chemistry. 110: 691-696.

· Peleg, Z., M. Reguera, E. Tumimbang, H. Walia, and E. Blumwald. 2011. Cytokinin-mediated source/sink modifications improve drought tolerance and increase grain yield in rice under water-stress. Plant Biotechnology Journal. 9: 747–758.

· Preedy, V.R, R.R. Watson, and V.B. Patel. 2011. Nutsand seeds in health and disease prevention. Academic Press. pp. 960–967.

· Rodrigo, S., O. Santamaria, F.J. Lopez-Bellido, and M.J. Poblaciones. 2013. Agronomic selenium biofortification of two-rowed barley under Mediterranean conditions. Plant, Soil and Environment. 59(3): 115–120.

· Tadina, N., M. Germ, I. Kreft, B. Breznik, and A. Gaberscik. 2007. Effects of water deficit and selenium on common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.) plants. Photosynthetica. 45: 472–476.

· Terry, N., A.M. Zayed, M. de Souza, and A. Tarun. 2000. Selenium in higher plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51:401-432.

· Turakainen, M., H. Hartikainen, and M.M. Seppanen. 2004. Effects of selenium treatments on potato (Solanum tuberosum L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 5378-5382.

· Xue, T., H. Hartikainen, and V. Piironen. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium in senescing lettuce. Plant and Soil. 27: 55-61.

· Zhang, Y., G. Pan, J. Chen, and Q. Hu. 2003. Uptake and transport of selenite and selenate by soybean seedlings of two genotypes. Plant and Soil. 253: 437–443.

· Zhu, Y.G., E.A. Pilon-Smits, F.J. Zhao, P.N. Williams, and A.A. Meharg. 2009. Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. Trends Plant Science. 14: 436–42.

Improvement of Some Physiological Traits, Yield and Yield Components of Wheat and Barley by Using Sodium Selenate and Sodium Selenite in Dry Land Conditions

Sajedi Nour Ali[1*], and Hamid Madani[1]

Received: July 2016, Revised: 10 December 2016, Accepted: 3 May 2017

Abstract

Drought stress is one of the major factors limiting crop yield in dry-lands. To investigate the effect of sources and different rates of selenium on physiological traits, yield and yield components of wheat and barley in dry lands a factorial experiment based on complete randomized block design with three replicates was carried out at the Research Station of Islamic Azad University, Arak Branch, in 2014-2015. Experimental factors were selenium sources with two levels, (sodium selenate and sodium selenite), selenium rates with three levels, (0, 18 and 36 $g.ha^{-1}$) and two crop plant (wheat and barley). The result showed that, foliar application of wheat with 18 $g.ha^{-1}$ sodium selenite increased the grains per spike by 9.4% as compared to control and foliar application of barley with 18 and 36 $g.ha^{-1}$ of sodium selenite increased the grains per spike by 8 and 12%, as compared to control, respectively. Two times foliar applications of these two plants with sodium selenate and sodium selenite increased their relative water content. Foliar application by 18 g/ha of selenium increased the grain yield from 1776.31 $kg.ha^{-1}$ in control to 1889.92 $kg.ha^{-1}$, while grain yield was decreased (about 1539.62 $kg.ha^{-1}$) as compared to control when 36 $g.ha^{-1}$ of selenium was used. It could be concluded that foliar application of 18 $g.ha^{-1}$ selenium as sodium selenite or sodium selenite in wheat and barley during stem elongation and emergence of spike increases grain yield in dry land condition.

Key words: Barley, Drought stress, Grain yield, Selenium, Wheat.

1- Associate Professor, Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
*** Corresponding Author:** n-sajedi@iau-arak.ac.ir