نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۵ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۴۲-۳۱، نیمهٔ دوم ۱۳۹۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 31-42

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی نخود در شرایط دیم

علی مرتضی چراغی[۱]، نور علی ساجدی[۲*] و مسعود گماریان[۳]

۱- کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

چکیده

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱- ۱۳۹۰ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل محلول‌پاشی سلنیوم در چهار سطح صفر، ۶، ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد با محلول پاشی ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم، میزان نشت یونی سلول نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۱/۶ و ۱۸/۸٪ کاهش نشان داد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۶۸۷/۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توام با ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۷۹٪ افزایش نشان داد. بیشترین غلظت سلنیوم دانه معادل ۲۱۱۹ قسمت در بیلیون از تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توام با ۱۸ گرم سلنیوم در هکتار حاصل شد که غلظت سلنیوم دانه نسبت به تیمار شاهد ۳/۹ برابر افزایش نشان داد. بیشترین مقدار پروتئین دانه معادل ۲۰/۸٪ از تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک توام با ۱۲ گرم سلنیوم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۳/۸٪ افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، تنش خشکی، نشت یونی، سلنیت سدیم، محلول‌پاشی

مقدمه

ایران از نظر تولید حبوبات در شرایط دیم، بعد از کشورهای هند، پاکستان و ترکیه در رتبه چهارم جهان قرار دارد، در صورتی که از نظر تولید در واحد سطح در رتبه آخر قرار گرفته است (Rezaianzadeh, 2009). نخود دارای پروتئین بالا و یک محصول زراعی کم هزینه در مناطق سرد، معتدل و نیمه گرمسیری می‌باشد و در بهبود ساختمان خاک و پایداری خاک نقش عمده‌ای دارد (Neill *et al*., 1996).

گیاهان با تنش‌های محیطی زیادی روبه‌رو هستند که این تنش‌ها به شدت، رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکی یک عامل مهم غیر زنده است که تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب ناپذیر است که همه ساله در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد، تولید موفقیت‌آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبه‌رو می‌سازد. واکنش گیاهان به تنش خشکی به مرحله رشد، شدت و مدت تنش وابسته است (Reddy *et al*., 2004). در سطح سلولی، غشاءها و پروتئین‌ها می‌توانند از طریق کاهش در آبگیری و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن آسیب ببینند (Wisniewski, 2002a & Artlip). تنش خشکی از طریق کاهش رشد سلول در مرحله رشد رویشی، باعث کاهش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد. از عمومی‌ترین پاسخ‌ها به تنش در گیاهان، می‌توان به تولید انواع مختلفی از ترکیبات با نام عمومی محلول‌های سازگار از قبیل: پرولین، گلایسین بتائین، اسید سالیسیلیک و غیره اشاره نمود که از طریق تنظیم اسمزی، سمیت زدایی، حفظ انسجام غشاء و حفظ نسبت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها، موجب بهبود وضعیت عمومی گیاه می‌گردند (Ashraf *et al*., 2007). سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می‌کند. القای گلدهی، جلوگیری از سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از دیگر نقش‌های مهم آن به‌شمار می‌رود (El-Tayeb *et al*., 2005). اسید سالیسیلیک تنظیم‌کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی، از جمله گرمازایی و دفاع گیاه در برابر

* -**نویسنده مسئول**: اراک، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات. صندوق پستی ۳۸۱۳۵/۵۶۷، ۰۹۱۸۸۶۲۹۰۹۲، n-sajedi@iau-arak.ac.ir

میکروارگانیسم‌های بیماریزا می‌باشد (Madah, 2005). تقسیم سلولی را در مریستم گیاهچه گندم افزایش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد. اسید سالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع گیاه سویا در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای گردید (Mehrabian Moghadam, 2011). به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق توسعه واکنش‌های ضد تنش، نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تعدیل شرایط تنش‌زا می‌شود و باعث تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌گردد (Sajedi & Golinezhad, 2012). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش تحمل به شوری و کمبود آب در گیاهچه‌های گندم می‌شود (Senaranta, *et al*., 2002). نتایج مشابهی از ایجاد تحمل در گوجه فرنگی و لوبیا در مقابل تنش‌های گرما، سرما و خشکی توسط اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Senaratna *et al*., 1988).

سلنیوم عنصری است که در خاک، آب و برخی مواد غذایی یافت می‌شود. این عنصر یک ماده معدنی است و در مقادیر کم، جهت تأمین سلامت انسان ضروری است. بیشترین مقدار این عنصر در خاک یافت می‌شود (ATSDR, 2003). بافت‌هایی که مقدار سلنیوم بیشتری دارند، از فعالیت رشدی بهتری برخوردار هستند (Kahakachchi *et al.*, 2004). جذب سلنیوم در گیاه با توجه به نوع خاک و گیاه متفاوت است. مهم‌ترین عامل، شکل و غلظت سلنیوم در خاک است. فرم غالب و معدنی سلنیوم در خاک‌های هوازی، به‌صورت سلنات و سلنیت می‌باشد. سلنات راحت‌تر جذب گیاه می‌شود و در مقادیر بیشتری در اندام‌های هوایی نسبت به ریشه تجمع می‌یابد (Wu *et al*., 2004). سلنیوم نقش مهمی در فرآیندهای متابولیکی بعضی گیاهان دارد و باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر اشعه ماوراء بنفش خورشید و جلوگیری از پیری زودرس می‌شود. اخیراً مشخص شده که سلنیوم این توانایی را دارد که وضعیت آب در گیاهان را در شرایط خشک تنظیم کند (Kuznetsov *et al.*, 2003). مطالعات متعددی اثرات مفید سلنیوم را در گیاهان به اثبات رسانیده است، زیرا باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان و در نتیجه عملکرد بهتر می‌شود. همچنین غنی‌سازی زیستی محصولات زراعی با سلنیوم، با کاربرد سلنیوم همراه کودها، یک تکنیک مفید برای افزایش مصرف سلنیوم توسط حیوانات و انسان می‌باشد (Broadley *et al.*, 2010). گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی، مصرف سلنیوم به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه‌های گندم را افزایش داد. با این وجود این افزایش بر پراکسیداسیون چربی‌ها بی‌تأثیر نبود (Xiaoqin *et al*., 2009). در شرایط محدودیت رطوبتی، مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم از منبع سلنات سدیم مقدار پتانسیل آب برگ، نسبت تعرق و هدایت روزنه‌ای را در گیاهچه‌های یونجه زرد کاهش داد و باعث محدودیت سرعت جریان محلول آب در سیستم آوندی شد. سلنیوم در شرایط کمبود آب تحمل گیاهان را از طریق کاهش تعرق، یا کاهش پتانسیل اسمزی بهبود می‌دهد (Kostopoulou *et al*., 2010). مطالعات نشان داده که اثر حفاظتی سلنیوم در برابر تنش اکسیداتیو در گیاهان عالی، به افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش پراکسیداسیون لیپید بر می‌گردد (Djanaguiraman, 2005). ترکیباتی مانند سلنیوم قادر به حذف رادیکال‌های آزاد می‌باشند و از پراکسیداسیون چربی‌های غشائی در گیاهچه‌ها جلوگیری می‌کنند (Chu, 2010). با توجه به اهمیت محصول نخود و نقش اسید سالیسیلیک و سلنیوم در بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی، در این تحقیق، تأثیر سلنیوم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بهبود کیفیت نخود در شرایط دیم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر برخی خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی نخود دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در منطقه زالیان شهرستان شازند، از توابع استان مرکزی با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۲۳۰ متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات اقلیمی منطقه کشت در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- آمار هواشناسی منطقه آزمایش در فصل زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰

Table 1. Meteorological data of experiment location in cropping season 2011-2012

Months ماه		میانگین حداکثر دما Mean max. temp. (°C)	میانگین دما حداقل Mean min. temp. (°C)	بارندگی Precipitation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)
December	آذر	8.9	-5.9	6.2	51
January	دی	8.4	-3.6	6.7	47
February	بهمن	5.9	-4.7	49.7	53
March	اسفند	7.6	3.7	14.6	43
April	فروردین	15.4	2.7	44.4	50
May	اردیبهشت	22.7	6.7	9.6	53
June	خرداد	28.9	11.7	۰	29
July	تیر	32.8	12.8	۰	29
August	مرداد	33.8	13.7	0.4	27

عوامل مورد آزمایش شامل سلنیوم خالص در چهار سطح صفر، ۶، ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار (معادل صفر، ۱۹/۹۸، ۳۹/۹۶ و ۵۹/۹۴ گرم در هکتار سلنیت سدیم) و اسید سالیسیلیک در سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۰/۳۸ و ۰/۷۶ میلی‌مولار) بود. سلنیوم از منبع سلنیت سدیم (Na_2Se0_3 $5H_20$) استفاده شد. محلول‌پاشی ترکیبات فوق دو هفته قبل از گلدهی صورت گرفت. برای محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، ابتدا این ترکیب در ۱۰ سی سی الکل حل شد و سپس به‌صورت محلول با آب مورد استفاده قرار گرفت. کشت در تاریخ ۱۳۹۱/۱/۲۰ با استفاده از رقم‌هاشم انجام شد. در پاییز ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و در بهار ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروزن خالص از منبع اوره قبل از کشت به زمین اضافه شد. مساحت هر کرت ۱۲ متر مربع بود. فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

صفات محتوی نسبی آب برگ و میزان نشت یونی سلول در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. در مرحله گلدهی، از هر کرت ۱۰ برگ جوان کاملاً توسعه‌یافته از ۵ بوته برداشت و در داخل نایلون قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و توزین گردید (وزن تر)، سپس سطح برگ‌ها کاملاً شسته شد و به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شدند. نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن اشباع مجدداً توزین گردیدند. در نهایت برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون ۷۵ درجه قرار داده شد تا خشک شوند و با استفاده از روش ترنر (Turner, 1981)، محتوی نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد.

محتوی نسبی آب برگ = وزن تر- وزن خشک/وزن اشباع- وزن خشک×۱۰۰

برای اندازه‌گیری میزان نشت یونی، در مرحله گلدهی از ۱۰ برگ جوان توسعه‌یافته مربوط به ۵ بوته اقدام به تهیه دیسک از برگچه‌ها شد. سپس دیسک‌ها به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ سی سی محلول مانیتول با پتانسیل اسمزی ۲- بار منتقل شدند و بعد از ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی محلول در هر لوله در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی قرائت شد (Aman *et al*., 2003).

برداشت نهایی در تاریخ ۱۳۹۱/۵/۱ انجام شد. در مرحله برداشت برای محاسبه عملکرد دانه، از هر کرت آزمایشی ۲ متر مربع برداشت شد. اجزای عملکرد از میانگین ۱۵ بوته محاسبه شد. همچنین جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین و مقدار سلنیوم دانه، نمونه‌های حاصل از دو تکرار به آزمایشگاه ارسال شد. درصد پروتئین با روش Emami (1996) و غلظت سلنیوم دانه به روش Hu *et al*. (2001) اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از این آزمایش به کمک نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل گردید. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات، اثر اسید سالیسیلیک بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب نسبت به شاهد ۱۱/۵۳ و ۱۰/۹۴٪ افزایش یافت. با محلول‌پاشی ۶، ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳/۶، ۹/۳۶ و ۴/۵۷٪ افزایش نشان داد (جدول۳). به‌طور کلی تنش کم آبی در مرحله گلدهی، موجب ریزش گل‌ها، سقط دانه‌های تازه تشکیل شده، کاهش طول دوره و تشکیل اندامهای زایشی و در نتیجه کاهش تعداد غلاف‌ها می‌شود (Shekari, 1991). به‌نظر

می‌رسد که با محلول‌پاشی سلنیوم و اسید سالیسلیک در شرایط دیم و محدودیت رطوبتی، تا حدودی حفظ تعادل آب در گیاه برقرار می‌شود و شرایط برای تلقیح گل‌های بیشتر فراهم می‌گردد و در نتیجه تعداد واحدهای زایشی در گیاه افزایش می‌یابد. پرایمینگ بذور لوبیا چشم بلبلی رقم پرستو با اسید سالیسلیک، باعث افزایش طول غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه در غلاف‌های شاخه اصلی و فرعی، زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شد (Pakmehr *et al*., 1999).

تعداد دانه در غلاف

اثر اسید سالیسیلیک، سلنیوم و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر تعداد دانه در غلاف معنی دار نشد (جدول ۲). وقتی محدودیت مواد فتوسنتزی وجود داشته باشد، دانه‌هایی که در شروع تشکیل هستند، سقط می‌شوند و در نتیجه تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد، به‌طوری که ممکن است غلاف کاملاً پوک شود. بنابراین، وجود تنش خشکی به‌ویژه در مرحله رشد زایشی می‌تواند از این طریق باعث کاهش میانگین تعداد دانه در غلاف شود. نتایج آزمایش‌های متعدد حاکی از آن است که با افزایش رطوبتی مراحل رشد زایشی به خصوص در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد (Rezaianzade, 2011). اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش تحمل به شوری و کمبود آب در گیاهچه‌های گندم می‌شود. نتایج مشابهی از ایجاد تحمل درگوجه فرنگی و لوبیا در مقابل تنش‌های گرما، سرما و خشکی توسط اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Senaranta *et al*., 2002).

وزن صد دانه

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، سلنیوم و اثر متقابل اسید سالیسلیک و سلنیوم بر وزن صد دانه معنی‌دار نشد (جدول۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین وزن صد دانه معادل ۲۵/۲۵ گرم از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توأم با ۶ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم) به میزان ۶/۱۸٪ افزایش نشان داده است (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق توسعه واکنش‌های ضد تنش، نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تعدیل شرایط تنش‌زا می‌شود.

محققان معتقدند که گیاه نخود در مرحله گلدهی و اوایل تشکیل غلاف

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده نخود در سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم

Table 2. Analysis of variance (Mean square) of measured traits of chickpea at different levels of foliar application of salicylic acid and selenium

منابع تغییر	منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	تعداد دانه در غلاف Number of Grain per pod	وزن صد دانه 100 grain weight	تعداد غلاف در بوته Number of Grain per pod	محتوی نسبی آب برگ Relatively water content	میزان نشت یونی Ion leakage	وزن هکتولیتر Hectoliter weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار	Replication	3	0.0005^{ns}	2.34^{ns}	20.25^{ns}	39.57^{ns}	24021.78**	380.28^{ns}	99430.34**
اسید سالیسلیک	Salicylic Acid (SA)	2	0.0009^{ns}	0.058^{ns}	31.01*	24.54^{ns}	15.78^{ns}	232.02^{ns}	3063451.77**
سلنیوم	Selenium (Se)	3	0.00032^{ns}	2.34^{ns}	8.67^{ns}	18.81^{ns}	4660.7^{ns}	1586.94*	22041.56^{ns}
اسید سالیسلیک × سلنیوم	SA×Se	6	0.0003^{ns}	0.83^{ns}	6.44^{ns}	282.22^{ns}	1235.47^{ns}	1363.67*	85561.63**
خطا	Error	33	0.0005	1.12	9.56	205.53	3156.59	536.55	20062.57
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)		2.31	4.38	13.43	27.32	34.22	2.68	10.92

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

.ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

جدول۳ - مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Mean comparisons of effect of foliar application of salicylic acid and selenium on the measured traits

تیمارها Treatments		تعداد دانه در غلاف Number of grain per pod	وزن صد دانه 100 grain weight (g)	تعداد غلاف در بوته Number of grain per pod	محتوی نسبی آب برگ Relatively water content (%)	میزان نشت یونی Ion leakage ($dS.m^{-1}$)	وزن هکتولیتر Hectoliter weight (kg per 100liter)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
اسید سالیسیلیک	Salicylic Acid							
بدون محلول‌پاشی	0	1.01a	24.11a	21.42b	51.31a	163.09a	86.594a	1193.19b
۱۰۰ میلی گرم در لیتر	100 $mg.lit^{-1}$	1.01a	24.22a	23.89a	53.78a	164.48a	86.294a	1242.68b
۲۰۰ میلی گرم در لیتر	200 $mg.lit^{-1}$	0.99a	24.11a	23.77a	52.32a	165.01a	85.837a	1453.74a
سلنیوم	Selenium							
بدون محلول‌پاشی	0	1.00a	23.98a	22.06b	53.09a	174.98a	86.683a	1254.13a
۶ گرم در هکتار	6 $g.ha^{-1}$	1.01a	22.82a	22.87a	50.59a	185.20a	86.958a	1282.77a
۱۲ گرم در هکتار	12 $g.ha^{-1}$	1.00a	23.91a	24.13a	53.14a	154.51a	84.525b	1293.44a
۱۸ گرم در هکتار	18 $g.ha^{-1}$	1.01a	23.90a	23.07a	53.06a	142.08a	86.8a	1355.81a

میانگین‌های ارائه شده با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%

نسبت به تنش رطوبت بسیار حساس است و هر گونه تنش رطوبت در این مرحله، سبب عقیم شدن گل‌ها و عدم تکامل بذرها می‌شود که نهایتاً وزن صد دانه، شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد کمبود رطوبت سبب انتقال آهسته مواد به دانه شده و از طرفی کاهش طول دوره رشد، سبب عدم پرشدن کامل دانه شده که منجر به کاهش وزن صد دانه در شرایط تنش رطوبتی می شود (Rezaianzade, 2011). نتایج Madah *et al* (1993) نشان داد که وزن غلاف‌ها، وزن صددانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد در گیاهان اسپری شده با غلظت ۰/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. تعداد روزنه‌ها در گیاهان اسپری شده با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نیز افزایش یافت. همچنین بافت اسکرانشیم در ساقه و آوند چوب در ریشه و تعداد کرک در برگ‌ها افزایش یافتند.

وزن هکتولیتر

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات، اثر محلول‌پاشی سلنیوم و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن هکتولیتر در سطح ۵٪ معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن هکتولیتر معادل ۸۶/۹۵ کیلوگرم در صد لیتر، با محلول‌پاشی ۶ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت. با محلول‌پاشی ۱۲گرم در هکتار سلنیوم، وزن هکتولیتر نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین وزن هکتولیتر معادل ۸۷/۸۵ کیلوگرم در صد لیتر از اثر متقابل ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسلیک توأم با ۶ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد. محلول‌پاشی ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم باعث کاهش وزن هکتولیتر در شرایط محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک گردید (جدول ۴).

عملکرد دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل اسید سالیسلیک و سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول۲). با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۴۵۳/۷۴ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک حاصل شد. با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، عملکرد دانه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۴/۱۶ و ۲۱/۸۳٪ افزایش نشان داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتورها نشان داد که با افزایش مقدار سلنیوم از ۶ تا ۱۸ گرم در هکتار در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسلیک، عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۶۸۷/۶ کیلوگرم در هکتار از اثر متقابل ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسلیک توأم با ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم) ۳۰/۷۹٪ افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 4. Mean comparisons of interaction effect of salicylic acid and selenium on the measured traits

تیمارها Treatments	تعداد دانه در غلاف Number of grain per pod	وزن صد دانه 100 grain weight (g)	تعداد غلاف در بوته Number of grain per pod	محتوی نسبی آب برگ Relatively water content (%)	میزان نشت یونی Ion leakage ($dS.m^{-1}$)	وزن هکتولیتر Hectoliter eight (kg per 100liter)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
اسید سالیسیلیک × سلنیوم Salicylic Acid×Selenium							
Sa1×Se1	1.01a	23.78ab	21.01ab	57.88a	192.03a	86.67a	1290.3bcd
Sa1×Se2	1.02a	24.38ab	22.03ab	45.41a	163.18a	86.00a	1213.0d
Sa1×Se3	1.01a	24.35ab	22.11ab	54.90a	166.05a	86.92a	1121.10d
Sa1×Se4	1.02a	23.94ab	20.55b	47.07a	131.10a	86.77a	1148.40d
Sa2×Se1	0.99a	23.94ab	21.71ab	54.88a	172.20a	87.00a	1276.2bcd
Sa2×Se2	1.09a	24.79ab	24.33ab	51.21a	202.48a	87.00a	1183.30d
Sa2×Se3	1.01a	24.18ab	24.05a	60.67a	141.75a	85.42a	1278.8bcd
Sa2×Se4	1.01a	23.96ab	23.49ab	48.36a	141.48a	85.75a	1231.4cd
Sa3×Se1	1.01a	24.22ab	23.46ab	46.53a	160.70a	86.37a	1195.9d
Sa3×Se2	0.99a	25.25a	22.24ab	55.17a	185.95a	87.87a	1451.0cb
Sa3×Se3	0.99a	23.19b	24.21ab	43.85a	155.73a	81.22b	1480.4b
Sa3×Se4	1.01a	23.79ab	25.17ab	45.73a	153.68a	87.87a	1687.6a

میانگین‌های ارائه شده با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%

Selenium: Se, Salicylic Acid: SA , Se_1:0، Se_2:6 $g.ha^{-1}$، Se_3:12 $g.ha^{-1}$، Se_4:18 $g.ha^{-1}$, SA_1:0, SA_2:100 $mg.l^{-1}$, SA3:200 $mg.l^{-1}$

بر اساس پژوهش Pakmehr *et al* (1999) در لوبیا چشم بلبلی رقم پرستو، بذور پیش تیمارشده با غلظت ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسلیک در شرایط آبیاری منظم، تنش کم آبی در مرحله گلدهی و تنش کم آبی در مرحله غلاف‌بندی با عملکردهای ۴۴۲۴، ۳۴۳۷ و ۲۴۷۵ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین عملکرد بودند. در تحقیقی دیگر گیاهان گندم تیمار شده با سالیسیلیک اسید، مستقل از غلظت سالیسیلیک اسید و سطح تنش آب، به‌طور معمول محتوای رطوبتی، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی رابیسکویی، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز و کلروفیل کل بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده نشان دادند (Singh *et al.,* 2003). در شرایط تنش آبی، تیمار سالیسیلیک اسید، فعالیت نیترات ریداکتاز را کنترل می‌کند و محتوای پروتئین و نیتروژن برگ‌ها را در سطحی برابر با گیاهچه‌هایی که در شرایط آب کافی بودند، نگه می‌دارد. نتایج به نقش سالیسیلیک اسید در تنظیم پاسخ خشکی گیاهان دلالت می‌کنند و پیشنهاد می‌کنند که سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش آبی مورد استفاده واقع شود. هم سالیسیلیک اسید و هم استیل سالیسیلیک اسید به‌طور مؤثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را بر علیه تنش خشکی، در غلظت‌های ۰/۱ میلی‌مول و ۰/۵ میلی‌مول محافظت کردند، که نهایتاً باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط گردید (Senaranta *et al.*, 2002). محلول‌پاشی ۲۰ گرم در هکتار سلنیوم از منبع سلنیت سدیم در ذرت در شرایط تنش کمبود آب در مراحل شیری و خمیری نسبت به تیمارهای بدون سلنیوم در همین شرایط، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۷/۳ و ۱۸/۲٪، عملکرد بیولوژیک را ۱۰/۲ و ۱۰/۴ و کارایی مصرف آب را ۶/۲ و ۱۶/۹٪ افزایش داد (Sajedi, 2011).

محتوی نسبی آب برگ و میزان نشت یونی سلول

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم و اثر متقابل آن‌ها بر محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و گلایسین بتائین در هنگام غنچه‌دهی و گلدهی آفتابگردان، موجب افزایش مقدار آب نسبی برگ و پتانسیل اسمزی برگ و فشار تورگر در برگ گردید (Hussain *et al*., 2008).

نتایج تحقیقات Kostopoulou *et al.* (2010) نشان داد که در شرایط محدودیت رطوبتی با مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم از منبع سلنات سدیم در گیاهچه‌های شبدر شیرین زرد، مقدار پناسیل آب برگ، نسبت تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش و باعث محدودیت سرعت جریان محلول آب در سیستم آوندی شد. در شرایط محدودیت رطوبتی، افزایش سلنیوم باعث افزایش محتوی پرولین گردید. بررسی‌های انجام شده در گندم بهاره تحت تنش خشکی نشان داد که سلنیوم مانع کم شدن رشد گیاهان در اثر کمبود آب گردید (Sajedi, 2012).

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان نشت یونی معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج نشان داد که با کاربرد ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم، میزان نشت یونی سلول برگ نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۱/۶٪ و ۱۸/۸٪ کاهش یافت (جدول۳). نتایج پژوهش Tadina *et al* (2007) نشان داد که در شرایط تنش کمبود آب، هدایت روزنه‌ای در گندم سیاه به‌طور معنی‌داری کمتر شد در حالی‌که در گیاهانی که در شرایط تنش کمبود آب با سلنیوم تیمار شدند، هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در گیاهان تحت تنش کمبود آب که با سلنیوم تیمار شدند، کارایی فوتوشیمیایی فتوسیستم II به طور معنی داری افزایش یافت که احتمالاً به‌علت بهبود مدیریت آب گیاهان در طی دوره تیمار با سلنیوم بود. لذا به‌نظر می‌رسد که سلنیوم توانایی تنظیم وضعیت آب گیاه در شرایط تنش خشکی را دارا می‌باشد که آن‌را به اثرات حفاظتی سلنیوم در افزایش ظرفیت جذب آب از طریق سیستم ریشه نسبت داده‌اند.

غلظت سلنیوم و پروتئین دانه

اثر سلنیوم بر غلظت سلنیوم و درصد پروتئین دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش مقدار سلنیوم، غلظت سلنیوم دانه افزایش یافت. با مصرف ۶، ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم، غلظت سلنیوم دانه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲/۸، ۳/۵ و ۶/۲ برابر افزایش نشان داد (جدول۶). بیشترین غلظت سلنیوم دانه معادل ۲۱۱۹ قسمت در بیلیون از اثر متقابل ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توام با ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد غلظت سلنیوم دانه ۳/۹ برابر افزایش نشان داد (جدول ۷). این نتایج با نتایج Broadley *et al* (2010)، مبنی بر افزایش محتوای سلنیوم در گیاهان زراعی با افزایش مقدار سلنیوم در محیط کشت مطابقت دارد. نتایج حاصل از تحقیقات Pazurkiewicz-Kocot *et al.* (2008) نشان داد که بین محتوی سلنیوم اندام‌های ذرت (ریشه، مزوکوتیل و برگ‌ها) و غلظت سلنیوم در محیط کشت رابطه مثبتی وجود دارد. در مطالعه انجام شده توسط Djujic *et al* (2000) مشخص شد که با محلول‌پاشی سلنیوم و تولید گندم غنی شده با سلنیوم، به‌طور مؤثری میزان سلنیوم پلاسما (۵۳ درصد افزایش پس از ۶ هفته) افزایش یافت. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در خون افزایش و عوامل مؤثر در تنش اکسیداتیو کاهش یافت. با کاربرد ۱۰ گرم در هکتار سلنات به‌صورت خاک مصرف در یک خاک لومی شنی زبر با اسیدیته معادل ۶، مقدار سلنیوم دانه جو از ۳۳ میکروگرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۲۳۴ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش یافت (Gupta *et al.*, 1993).

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین درصد پروتئین دانه معادل ۲۰/۴٪ با محلول‌پاشی ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد (جدول۶). با وجود اینکه اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر درصد پروتئین معنی‌دار نبود اما تیمارها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر سلنیوم در سطوح صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، درصد پروتئین دانه افزایش یافت. بیشترین مقدار پروتئین دانه معادل ۲۰/۸٪ از تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توأم با ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف اسید سالیسلیک و سلنیوم) ۳/۸٪ افزایش نشان داد (جدول ۷).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده نخود در سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم

Table 5. Analysis of variance (Mean square) of measured traits of chickpea at different levels of foliar application of salicylic acid and selenium

منابع تغییر	SOV	درجه آزادی d.f	غلظت سلنیوم Selenium concentration	میزان پروتئین Protein content
تکرار	Replication	1	76501.04^{ns}	76501.042^{ns}
اسید سالیسلیک	Salicylic Acid (SA)	2	37897.125^{ns}	75794.250^{ns}
سلنیوم	Selenium (Se)	3	** 2205348.819	6616040.458**
اسید سالیسلیک × سلنیوم	SA×Se	6	103767.903^{ns}	622607.417^{ns}
خطا	Error	11	38561.1	0.37
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)		20.72	3.04

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

ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

جدول۶ - مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 6. Mean comparisons of effect of foliar application of salicylic acid and selenium on the measured traits

تیمارها Treatments		غلظت سلنیوم Selenium concentration (ppb)	میزان پروتئین Protein content (%)
اسید سالیسیلیک	Salicylic Acid		
بدون محلول‌پاشی	0	949.009a	20.11a
۱۰۰ میلی گرم در لیتر	100 $mg.lit^{-1}$	1015.38a	20.15a
۲۰۰ میلی گرم در لیتر	200 $mg.lit^{-1}$	877.75a	20.04a
سلنیوم	Selenium		
بدون محلول‌پاشی	0	278.5c	20.18ab
۶ گرم در هکتار	6 $g.ha^{-1}$	794.5b	19.50b
۱۲ گرم در هکتار	12 $g.ha^{-1}$	974.7b	20.40a
۱۸ گرم در هکتار	18 $g.ha^{-1}$	1741.1a	20.3ab

میانگین‌های ارائه شده با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%

جدول۷- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 7. Mean comparisons of interaction effect of salicylic acid and selenium on the measured traits

تیمارها Treatments		غلظت سلنیوم Selenium concentration (ppb)	میزان پروتئین Protein content (%)
اسید سالیسیلیک × سلنیوم	Salicylic Acid×Selenium		
بدون محلول‌پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک	Sa1×Se1	531ef	20.03ab
بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک× ۶ گرم در هکتار سلنیوم	Sa1×Se2	774.5de	19.4ab
بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک× ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم	Sa1×Se3	1041cd	20.7ab
بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک× ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم	Sa1×Se4	1449.5bc	20.3ab
۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× بدون محلول‌پاشی سلنیوم	Sa2×Se1	180.5 f	20.2ab
۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۶ گرم در هکتار سلنیوم	Sa2×Se2	763.5 de	19.3b
۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم	Sa2×Se3	998.5 cde	20.8a
۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم	Sa2×Se4	2119 a	20.3ab
۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× بدون محلول‌پاشی سلنیوم	Sa3×Se1	124f	20.3ab
۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۶ گرم در هکتار سلنیوم	Sa3×Se2	845.5de	19.9ab
۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۱۲ گرم در هکتار سلنیوم	Sa3×Se3	884.5de	19.7ab
۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک× ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم	Sa3×Se4	1657b	20.2ab

میانگین‌های ارائه شده با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%

Selenium: Se, Salicylic Acid: SA , Se_1:0، Se_2:6 $g.ha^{-1}$، Se_3:12 $g.ha^{-1}$، Se_4:18 $g.ha^{-1}$, SA_1:0, SA_2:100 $mg.l^{-1}$, SA3:200 $mg.l^{-1}$

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسلیک توأم با ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم در شرایط تنش خشکی، به‌علت تأثیر این ترکیبات بر تعدیل اثرات نامطلوب ناشی از تنش رطوبتی می‌توان به کمیت و کیفیت قابل قبول محصول دست یافت.

منابع

1. Aman, A. 2004. The survey drought on yield, component yield and some of physiological traits in defferent genotypes of sunflower. The thesis of M.Sc. Faculty of Agriculture. Islamic Azad University. Karaj Branch. (In Persian with English Summary).
2. Artlip, T.S., and Wisniewski, M.E. 2002. Induction of proteins in response to biotic and abiotic stresses. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) Handbook of plant and crop physiology. New York: Marcel Dekker. p. 657-679.
3. Ashraf. A., Foolad, M.R. 2007. Roles of glycin betaien and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 56: 206-216.
4. ATSDR, 2003. Toxicological profile for selenium. Atlanta: US Department of Health and Pub; ic Services, Agency for Toxic Substances Disease Registry. Available from: http//www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92-p.pdf.
5. 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 biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilization. Plant and Soil 332: 5-18.
6. Chu, J., Yao, X., and Zhang, Z. 2010. Responses of wheat seedlings to exogenous selenium supply under cold stress. Biol. Trace Elem. Res 136: 355-363.
7. Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba, A., and Bangarusamy, U. 2005. Selenium - an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil 272: 77- 86.
8. Djujic, I.S., Jozanov-Stankov, O.N., Milovac, M., Jankovic, V., and Djermanovic, V. 2000a. Bioavailability and possible benefits of wheat intake naturally enriched with selenium and its products. Biological Trace Element Research 77 (3): 273-285.
9. Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis. Journal of Technical. No: 982. Soil and water research Institute. Vol1:126pp. (In Persian).
10. El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.
11. Gupta, U.C., Winter, K.A., and Sanderson, J.B. 1993. Selenium content of barley as influenced by selenite- and selenate-enriched fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24 (11 and 12): 1165-1170.
12. Hussain, M., Farooq, M., and Malik, M.A. 2008. Glycine betain and salicylic acid application improves the plant water relations, water use efficiency and yield of sunflower under different planting methods. Journal of Agronomy and Crop Science 194:193-199.
13. Hu, Q.H., Xu, J., and Pan, G.X. 2001. The effect of Se sprays on green tea quality. J. Sci. Food Agric 81: 1387- 1390.
14. Kahakachchi, C., Boakye, H.T., Uden, P.C., and Tyson J.F. 2004. Chromatographic speciation of anionic and neutral selenium compounds in Se-accumulating *Brassica juncea* (Indian mustard) and in selenized yeast. J. Chromatogr. A, 1054: 303-312.
15. Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. Plant Soil 330:65-71.
16. Kuznetsov, V.V., Kholodova,V.P., Kuznetsov, V.L.V., and Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences 390: 266-268.
17. Madah, S.M., Majd, A., Falahian, F., Sabagh Pour, S.H., and Chalbian, F. 2005. The survey effect of salicylic acid on resistance of chick pea seedling to Ascochyta rabiei and change of Proxidase and Catalase enzyme. The 4th congress of Biothechnology Iran Islamic republic in Kerman. (In Persian with English Summary).

18. Madah, S.M., Majd, A., Falahian, F., Sabagh Pour S.H., and Chalbian, F. 1993. The effect of Salicylic acid on yield and components yield and anatomy stricture chick pea plant. Journal of Base science. Islamic Azad University. 1 (62). (In Persian with English Summary).
19. Mehrabian Moghadam, N., Arvin, M.J., Khajoui Nezhad, G.H., and Maghsodi, K. 2011. Effect of Salicylic acid on growth and forage and grain yield maize under drought stress in field condition. Seed and Plant Production Journal. 27-2 (1): 41-55. (In Persian with English Summary).
20. Neill, M.C., Pilbeam, C.J., Haris, H.C., and Swift, R.S. 1996. Seasonal variation in the suitability of different methods for estimating biological nitrogen fixation by grain legumes under rainfed condition. Australia Journal Agriculture Research 47: 1061-1073.
21. 21. Pakmehr, A., Rastgu, M., Shekari, R., Saba, J., Vazifeah, M., and Zangaraki, A. 1999. Effects of priming with Salicylic acid on grain yield and components yield cowpea under water deficit stress in reproductive stage. Iranian Journal of pulses research 2 (1): 53-64. (In Persian with English Summary).
22. Pazurkiewicz-Kocot, K., Kita, A., and Pietruszka, M. 2008. Effect of selenium on magnesium, iron, manganese, copper, and zinc accumulation in corn treated by Indole-3-acetic Acid. Soil Science and Plant Analysis 39: 2303-2318.
23. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.
24. Rezaianzadeh, A. 2009. Effect of supplemental irrigation on yield, yield components of three chickpea cultivars. MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
25. Rezaiean Zadeh, A., Parsa, M., Gangali, A., and Nezami. A. 2011. Response of Yield, yield component chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different stages of phenology Stages. Journal of Water and Soil 25 (5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
26. Sajedi, N.A., and Gholinezhad, E. 2012. Response of yield and component yield dryland wheat varieties to selenium and salicylic acid. Iranian Journal of field crops Research 10 (3): 614-621. (In Persian with English Summary).
27. Sajedi, N.A., Madani, H., and Aeineband, A. 2011. Response of yield, component yield and water use efficiency in condition application of microelements and selenium under water deficite stress in maize. Scientific Journal of Agriculture 34 (1): 111-129. (In Persian with English Summary).
28. Sajedi, N.A., 2012. Selenium and its Ecophysiological Aspects in Plant, Scientific publishers of Islamic Azad University. Arak Branch. Iran. pp. 287.
29. Senaratna, T., Mackay, C., Mckersie, B., and Fletcher, R. 1988. Uniconazole-induced chilling tolerance in tomato and its relationship to antioxidant content J. Plant physiol 133: 56-61.
30. Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2002. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
31. Shekari, R., Pakmehr, A., Rastgu, M., Saba, J., Vazifeah, M., and Zangaraki. A. 2010. Effects of priming with salicylic acid on some of morphologic traits cowpea under water deficit stress in poding stage. Agricultural new technology. Agronomy and Horticultural Especial 4: 5-23.
32. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.
33. Tadina, N., Germ, M., Kreft, I., Breznik, B., and Gaberseik, A. 2007. Effect of water deficit and selenium on common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench)* plants. Photosynthetica 45: 472-476.
34. Turner, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil 58:336-339.
35. Wu, L., Enberg, A., and Biggar, J.A. 1994. Effects of elevated selenium concentration on selenium accumulation and nitrogen fixation symbiotic activity of *Melilotus indica* L. Ecotox Environ. Saf 27: 50-63.

36. Xiaoqin, Y., Jianzhou, C., and Guangyin, W. 2009. Effects of drought stress and selenium supply on growth and physiological characteristics of wheat seedlings. Acta Physiol Plant 31:1031-1036.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 31-42

The effect of foliar application of salicylic acid and selenium on agronomic, physiological and quality characteristics of chickpea in rainfed condition

Cheraghi[1], A.M., Sajedi[2*], N.A. & Gomarian[3], M.

1. M.Sc. in Agronomy, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran
2. Assistant Prof, Department of Agronomy and plant breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
3. Assistant Prof, Department of Agronomy and plant breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran,

Received: 01 January 2014
Accepted: 03 January 2015

Abstract

A factorial experiment based on randomized complete blocks design was carried out with four replications in 2011-2012 growing season. The experimental factors were foliar application of selenium in four levels 0, 6, 12 and 18 $g.ha^{-1}$ and foliar application of salicylic acid in three levels 0, 100 and 200 $mg.L^{-1}$. Results showed that foliar application of selenium at rate of 12 and 18 $g.ha^{-1}$ decreased ion leakage by 11.6 and 18.8% compared with control, respectively. The Mean comparison of treatments showed that maximum grain yield (1687.6 $kg.ha^{-1}$) was recorded from 200 $mg.L^{-1}$ salicylic acid along with 18 g. ha^{-1} selenium that increased by 30.79% compared with control. The highest grain selenium concentration equal to 2119 ppb was obtained from 100 $mg.lit^{-1}$ salicylic acid along with 18 g ha^{-1} selenium that increased by 3.9 times compared with control. The maximum grain protein (20.8%) obtained from 100 $mg.lit^{-1}$ salicylic acid along with 12 $g.ha^{-1}$ selenium treatment that increased by 3.8% compared with control.

Key words: Drought stress, Foliar application, Grain yield, Ion leakage, Sodium selenite.

* **Corresponding Author:** n-sajedi@iau-arak.ac.ir, Mobile: 09188629092