

تأثیر اسید سالیسیلیک و سلینیوم در مراحل رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

مجتبی نوروزی^۱، نورعلی ساجدی^{۲*}، مسعود گماریان^۳

۱. کارشناس ارشد زراعت، وزارت جهاد کشاورزی، اراک، ایران

۲. دانشیار 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: ۹۶/۰۳/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلینیوم در مراحل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط دیم، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ اجرا شد. عوامل مورد آزمایش شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح (بدون مصرف، محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، سلینیوم در دو سطح (بدون مصرف و محلول پاشی سلینیوم به میزان ۱۸ گرم در هکتار) در مراحل مختلف رشد رویشی، زایشی و رویشی توأم با زایشی بودند. نتایج نشان داد با محلول پاشی سلینیوم و مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک تعداد دانه در غلاف افزایش یافت. با محلول پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، تعداد دانه در بوته به ترتیب ۵۰/۶ و ۸۷/۲ درصد و با محلول پاشی سلینیوم تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد ۴۵/۴ درصد افزایش نشان داد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه معادل ۹۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار از محلول پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توأم با محلول پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلینیوم حاصل شد. نتایج کلی نشان داد که در شرایط دیم با محلول پاشی توأم سلینیوم و اسید سالیسیلیک در دو مرحله رویشی و زایشی می‌توان به عملکرد مطلوب رسید.

واژه‌های کلیدی: رقم آزاد، سلیت سدیم، صفات زراعی، عملکرد دانه

مقدمه

آزاد محافظت می‌کند. همچنین پیوستن سلینیوم به پروتئین‌ها، از بافت‌ها و غشاها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند (Turakainen et al., 2004). تیمار گیاهان با سلینیوم موجب افزایش میزان آنزیم‌های جاروب کننده پراکسید هیدروژن از قبیل آسکوربات پراکسیداز، گلوکاتایون پراکسیداز و ترکیبات آنتی‌اکسیدان آسکوربات، پرولین و گلوکاتایون شد (Hasanuzzaman et al., 2010) و به همین دلیل است که سلینیوم میزان پراکسید هیدروژن را در گیاهان کاهش می‌دهد (Rios et al., 2008). سلینیوم

سلینیوم عنصری ضروری برای بسیاری از موجودات زنده است، با این وجود سلینیوم به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان محسوب نمی‌شود (Ferri et al., 2007). خصوصیات آنتی‌اکسیدانی سلینیوم برای انسان، حیوانات و گیاهان به اثبات رسیده است. بررسی‌ها مؤید این است که سلینیوم به عنوان بخش مهمی از ساختار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است. همچنین سلینیوم یک عنصر ضروری برای ۳۰ سلنوآنزیم و سلنو پروتئین محسوب می‌شود و بخش مهمی از آنزیم‌هایی است که سلول‌ها را در برابر رادیکال‌های

سالیسیلیک به‌عنوان یک ترکیب طبیعی سرعت رشد رویشی، محتوی کلروفیل a، b و کلروفیل کل، محتوی آب نسبی و مقاومت به کمبود آب را در چمن افزایش داد (Bakhteyari et al., 2013)؛ بنابراین هدف از این آزمایش ارزیابی تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و سلنیوم در مراحل رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در استان مرکزی، شهرستان فراهان، روستای عزیزآباد با مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. خصوصیات اقلیمی منطقه کشت در طول دوره آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

باعث جلوگیری از انحطاط کلروفیل می‌گردد (Seppanen et al., 2003). غلظت‌های پایین سلنیوم با افزایش سنتز رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، تثبیت کربن و همچنین سنتز و هیدرولیز نشاسته و ساکارز موجب افزایش رشد گیاه می‌شود اما در سطوح بالا موجب کاهش کلروفیل و کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها و در نتیجه باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Han-Wens et al., 2010).

اسید سالیسیلیک یک مولکول پیام‌رسان است که فرایندهای متابولیکی در گیاه از قبیل رشد و فتوسنتز را کنترل می‌کند (Khan et al., 2012). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در تعدیل اثر انواع تنش‌های زیستی و غیر-زیستی ایفا می‌نماید (Abul-Soud and Abd-Elrahman, 2016). اسید سالیسیلیک در غلظت‌های کم باعث ناپایدار شدن تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود و به‌عنوان یک فرایند مقاوم‌سازی، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد (Horvath et al., 2007). اسید

جدول ۱. آمار هواشناسی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲

Table 1. Metrological data in cropping year 2013-2014

Months	ماه‌های سال	میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر درجه حرارت (سانتی‌گراد)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	بارندگی (میلی‌متر)
		Mean of minimum temperature (°C)	Mean of maximum temperature (°C)	Mean of relative humidity (%)	Precipitation (mm)
January	دی ۹۲	-12.9	-3.3	74	48.9
February	بهمن ۹۲	-13.8	-1.5	71	48.9
March	اسفند ۹۲	-1.3	13.2	32	2.6
April	فروردین ۹۳	7.4	22.3	42	95
May	اردیبهشت ۹۳	10.3	25.54	39	19.5
June	خرداد ۹۳	15	31.6	26	-
July	تیر ۹۳	20	35.3	28	0.1
August	مرداد ۹۳	18.6	35.5	24	0.1
September	شهریور ۹۳	15.3	32.2	33	1.6

توأم با زایشی) به‌عنوان فاکتور اصلی و ترکیب اسید سالیسیلیک در سه سطح (بدون مصرف اسید سالیسیلیک، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی-گرم در لیتر) و سلنیوم در دو سطح (بدون مصرف سلنیوم و محلول‌پاشی سلنیوم به میزان ۱۸ گرم در هکتار از منبع سلنیت سدیم) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کشت از عمق ۰-۳۰ مزرعه نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل مورد آزمایش شامل مراحل رشد در سه سطح رویشی (شروع شاخه‌دهی)، زایشی (یک هفته قبل از گلدهی) و (رویشی

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق خاک Soil Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	ازت کل N (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی OC (%)	سلنیوم Se (mg/kg)
0-30	1.1	7.6	0.07	250	10.6	26.4	36.2	37.4	0.68	0.18

شد. در تاریخ ۱۷ اردیبهشت ۹۳ دومین مرحله از محلول-پاشی تیمارها، هم‌زمان با شروع مرحله زایشی انجام شد. عملیات برداشت در تاریخ ۹۳/۳/۲۹ انجام شد. برای محاسبه صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه از ۱۵ بوته و برای محاسبه عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد غلاف از سطحی معادل ۲ مترمربع نمونه‌برداری انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای انجام مقایسات میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک و سلتیوم بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلتیوم، ارتفاع بوته کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک و سلتیوم از طریق کنترل رشد رویشی، میزان تعرق را کنترل و باعث می‌شود گیاه انرژی خود را بیشتر صرف رشد زایشی نماید. نتایج این تحقیق با نتایج آلدو و همکاران (Alda et al., 2011) مغایرت دارد. آن‌ها گزارش نمودند که افزایش کاربرد سلتیوم باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاهان گندم، جو و یولاف گردید. هان ونز و همکاران (Han-Wens et al., 2010) گزارش نمود که سلتیوم سدیم در غلظت‌های پایین، تقسیم سلولی در سلول‌های مریستمی نوک ریشه و در نتیجه رشد ریشه را در گیاه سیر بهبود بخشید اما در سطوح بالا باعث کاهش تقسیم سلولی در این سلول‌ها شد (Madaan and Mudgal, 2011). گزارش شده است که در شرایط بدون تنش ارتفاع گیاهان شاهد کمی بیشتر از گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود در صورتی که در شرایط تنش ارتفاع گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشتر از گیاهان شاهد بود (Vaisnad and

با توجه به اینکه در آزمایش در بین سطوح دو عامل مورد بررسی (اسید سالیسیلیک و سلتیوم) سطوح صفر وجود داشت، بنابراین عامل دیگر (مراحل رشدی) در این سطح متغیر نبود (کرت‌های غیرواقعی یا موهوم)؛ بنابراین جدول تجزیه واریانس با کمی تغییر ارائه شد. محاسبه مجموع مربعات اثرات اصلی طبق روال معمول صورت گرفت اما برای اثرات متقابل که در آن‌ها کرت غیرواقعی (سطح صفر) وجود داشت، سطح صفر از جدول دو یا سه‌طرفه حذف شد و سپس اثرات متقابل محاسبه گردیدند. با توجه به اینکه تفاوت میان تیمارهای سطح صفر تنها ناشی از خطای آزمایشی است، بنابراین درجه آزادی و مجموع مربعات آن‌ها در خطای آزمایشی ادغام شد (Jain and Srivastava, 2007).

زمین مورد نظر در سال قبل آیش بود. عملیات شخم زمین در تاریخ ۹۲/۷/۱۴ توسط گاواهن قلمی در عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر صورت گرفت. جهت آماده‌سازی بستر کاشت از دستگاه پنجه‌غازی و جهت تسطیح از دیسک استفاده شد. قبل از کاشت بر اساس نتیجه آزمون خاک، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به زمین اضافه و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. به‌منظور استفاده به‌موقع از نزولات آسمانی و رطوبت موجود در خاک عملیات کشت به‌صورت انتظاری در اواخر بهمن‌ماه انجام شد. کاشت بر اساس ۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار انجام شد و بذرها در عمق ۶ سانتی‌متر کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت به مساحت ۱۵ مترمربع، شامل ۵ متر طول و سه متر عرض بود و فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فواصل بین دو تکرار دو متر در نظر گرفته شد. بذر مورد کشت، رقم آزاد بود که از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان فراهان تهیه گردید.

اولین مرحله از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلتیوم، در مرحله رویشی با استفاده از سم‌پاش موتوری پستی انجام

معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با محلول‌پاشی سلیوم و مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک تعداد دانه در غلاف و بوته افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک تعداد دانه در بوته را ۵۰/۶ و ۸۷/۲ درصد و محلول‌پاشی سلیوم، تعداد دانه در بوته را ۴۵/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. گزارش شده است که کاربرد سلیوم باعث افزایش تعداد دانه در خورجین سه رقم کلزا گردید (Zahedi et al., 2009). زاهدی و همکاران (Zahedi et al., 2011) گزارش کردند که کاربرد ۱۵ گرم در هکتار سلیوم باعث افزایش تعداد دانه در خورجین کلزا نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد ۳۰ گرم در هکتار سلیوم نیز باعث افزایش دانه در طبق گردید ولی میزان افزایش آن نسبت به تیمار ۱۵ گرم در هکتار کمتر بود. نتایج این تحقیق با نتایج زارعی و همکاران (Zarei et al., 2017) در گیاه سویا مطابقت دارد. آن‌ها گزارش نمودند با محلول‌پاشی ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تعداد دانه در مترمربع در سویا در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را به تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر در اثر کاهش عوارض تنش خشکی به‌وسیله اسید سالیسیلیک نسبت دادند.

وزن صد دانه

اثر اسید سالیسیلیک و سلیوم بر وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با محلول‌پاشی تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلیوم وزن صد دانه نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین وزن صد دانه معادل ۲۸/۵۸ گرم از تیمار مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک حاصل شد. همچنین بیشترین وزن صد دانه معادل ۲۸/۳۳ گرم از تیمار مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلیوم حاصل شد (جدول ۴). یکی از اجزای اصلی در افزایش عملکرد گیاهان وزن صد دانه است، افزایش در وزن صد دانه می‌تواند ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود فرایند فتوسنتز و افزایش در انتقال مواد حاصل از فتوسنتز از مبدأ به مقصد است (Arfan et al., 2007). این نتایج بیانگر آن است که تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک از طریق بهبود تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Zhou et al., 1999).

(Talebi, 2015). گزارش شده محلول‌پاشی گیاه سویا و ذرت با ۳ تا ۱۰ مول بر لیتر اسید سالیسیلیک و استیل سالیسیلیک اسید باعث افزایش سطح برگ شد اما بر طول ریشه و ارتفاع گیاه تأثیری نداشت (Khan et al., 2003).

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سلیوم بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر مراحل رشدی بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار مرحله رشدی نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته از محلول‌پاشی تیمارها در مرحله رویشی توأم با زایشی حاصل شد. با توجه به نتایج، با محلول‌پاشی سلیوم تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد ۱۷/۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). با وجود اینکه اثر متقابل سالیسیلیک اسید و سلیوم بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نشد ولی بیشترین تعداد غلاف در بوته معادل ۳۵/۷ از تیمار مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و عدم مصرف سلیوم حاصل شد که با تیمار مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلیوم اختلاف معنی‌دار نشان داد. نتایج اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلیوم نشان داد که محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توأم با محلول‌پاشی سلیوم، تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد به ترتیب ۳۹/۳ و ۳۲/۹ درصد افزایش داد (جدول ۵). گزارش شده است که اضافه کردن سلیوم باعث تأخیر در پیری سویا شد و محلول‌پاشی با سلیوم در ۷۵ روز پس از کاشت باعث افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (Djanaguiraman et al., 2004). کاربرد سلیوم باعث افزایش تعداد خورجین در گیاه کلزا شد (Zahedi et al., 2009). گزارش شده است که کاربرد ۱۰ و ۲۰ میکروگرم سلیوم در گیاه باعث کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه کلزا شد. به نظر می‌رسد که این مقدار سلیوم در گیاه کلزا سمیت ایجاد نموده و از کیفیت و کمیت گرده‌افشانی و لقاح کاسته است (Hajiboland and Keivanfar, 2012).

تعداد دانه در غلاف و بوته

اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلیوم بر تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Analysis of variance for measured traits

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of grain per pod	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	وزن صد دانه 100-grain weight
Replicate	تکرار	3	8.55 ^{ns}	3.83 ^{ns}	0.02 ^{ns}	57.17 ^{ns}	13.90 ^{ns}
Growth stage (GS)	مرحله رشدی	2	1.24 ^{ns}	44.89*	0.008 ^{ns}	7.17 ^{ns}	10.09 ^{ns}
Error a	اشتباه ۱	6	8.007	8.57	0.005	30.95	12.99
Salicylic Acid (SA)	اسید سالیسیلیک	2	211.06**	320.27 ^{ns}	0.29**	799.27**	198.87**
Selenium (Se)	سلنیوم	1	277.45**	440.94**	0.64**	2013.79**	341.25**
GS×Se	سلنیوم × مرحله رشدی	2	2.54 ^{ns}	0.0018 ^{ns}	0.00035 ^{ns}	0.1955 ^{ns}	0.0451 ^{ns}
SA×Se	سالیسیلیک × سلنیوم	2	6.83 ^{ns}	13.61 ^{ns}	0.037 ^{ns}	26.76 ^{ns}	4.10 ^{ns}
Error b	اشتباه ۲	53	4.86	3.33	0.014	12.058	2.2143
CV(%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	7.07	12.18	12.62	11.92	5.68

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	وزن دانه در بوته Weight of grain per plant	وزن غلاف در بوته Weight of pod per plant	عملکرد غلاف Pod yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
Replicate	تکرار	3	0.414 ^{ns}	1.08 ^{ns}	15789.93 ^{ns}	87.60 ^{ns}	10823.55 ^{ns}
Growth stage (GS)	مرحله رشدی	2	126.52 ^{ns}	114.111 ^{ns}	231044.14 ^{ns}	613.54*	231034.37**
Error a	اشتباه ۱	6	28.80	37.33	96283.25	90.13	69495.03
Salicylic Acid (SA)	اسید سالیسیلیک	2	190.93**	205.16**	410594.58**	309.5**	361977.60**
Selenium (Se)	سلنیوم	1	218.61**	234.14**	566189.87**	435.1**	442917.73**
GS×Se	سلنیوم × مرحله رشدی	2	0.0266 ^{ns}	0.0623 ^{ns}	63.09 ^{ns}	0.202 ^{ns}	77.58 ^{ns}
SA×Se	سالیسیلیک × سلنیوم	2	5.86*	6.84*	2607.41 ^{ns}	36.16 ^{ns}	6755.97 ^{ns}
Error b	اشتباه ۲	53	1.8142	1.4057	4186.42	20.024	2158.542
CV(%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	14.31	11.37	7.64	8.39	6.21

ns و ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰.۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار.

** , *Significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

همکاران (Zahedi et al., 2009) عدم تأثیرگذاری کاربرد سلنیوم بر وزن هزار دانه کلزا را گزارش نمودند.

در تطابق با نتایج این تحقیق، گزارش شده است که استفاده از سلنیوم در مقادیر اندک باعث افزایش وزن هزار دانه در گیاه جو گردید (Habibi, 2013). زاهدی و

وزن دانه در بوته

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با محلول پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک وزن دانه در بوته به ترتیب ۵۰/۶ و ۸۷/۲ درصد و با محلول پاشی سلنیوم وزن دانه در بوته نسبت به شاهد ۴۵/۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). نتایج اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم نشان داد که با محلول پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر توأم با محلول پاشی سلنیوم، وزن دانه در بوته نسبت به شاهد به ترتیب ۲ و ۳ برابر افزایش یافت (جدول ۵).

گزارش شده است که محلول پاشی ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روز بعد از کاشت نخود در شرایط دیم عملکرد دانه را ۶۴ درصد، وزن دانه را ۴۰ درصد، تعداد بذر در بوته را ۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Vaisnad and Talebi, 2015).

وزن غلاف و عملکرد غلاف در بوته

اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن غلاف و عملکرد غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد همچنین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن غلاف در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با محلول پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر وزن غلاف در بوته به ترتیب ۵۰/۹۶ و ۸۰/۹۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در نخود

Table 4. Mean comparisons for the main effects of salicylic acid and selenium on the measured traits in chickpea

Treatments	تیمارها	ارتفاع بوته (سانتیمتر) Plant height(cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of grain per pod	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	وزن صد دانه (گرم) 100-grain weight (g)
Growth stage	مراحل رشدی					
Vegetative stage (VS)	فاز رویشی	31.33 ^a	29.40 ^b	0.963 ^a	28.51 ^a	25.51 ^a
Reproductive stage (RS)	فاز زایشی	31.33 ^a	30.06 ^{ab}	0.933 ^a	29.29 ^a	26.13 ^a
VS+RS	فازهای رویشی - زایشی	30.94 ^a	32.03 ^a	0.967 ^a	29.57 ^a	26.81 ^a
Salicylic Acid (SA)	اسید سالیسیلیک					
Without Salicylic acid	عدم مصرف اسید سالیسیلیک	34.42 ^a	26.68 ^a	0.83 ^c	23.18 ^c	23.12 ^c
100 mg/L (SA)	محلول پاشی به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر	30.59 ^b	30.83 ^a	0.97 ^b	29.49 ^b	26.48 ^b
200 mg/L (SA)	محلول پاشی به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	28.58 ^c	33.97 ^a	1.05 ^a	34.71 ^a	28.58 ^a
Selenium (Se)	سلنیوم					
Without selenium	عدم مصرف سلنیوم	33.16 ^a	28.02 ^b	0.86 ^b	23.84 ^b	23.97 ^b
Foliar application of 18g/ha Se	محلول پاشی به میزان ۱۸ گرم در هکتار	29.24 ^b	32.97 ^a	1.04 ^a	34.41 ^a	28.33 ^a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ 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.

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

Treatments	تیمارها	وزن دانه در	وزن غلاف در	عملکرد غلاف	شاخص	عملکرد دانه
		بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	بوته (گرم) Weight of pod per plant	(کیلوگرم در هکتار) Pod yield (kg/ha)	برداشت کل (درصد) Harvest index (%)	(کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
Growth stage	مراحل رشدی					
Vegetative stage (VS)	فاز رویشی	8.36 ^{ab}	9.65 ^a	821.14 ^a	56.00 ^{ab}	616.8 ^c
	فاز زایشی	7.81 ^b	8.72 ^a	763.59 ^a	55.45 ^b	763.8 ^b
Reproductive stage (RS)	فازهای رویشی - زایشی	12.03 ^a	12.88 ^a	954.84 ^a	58.41 ^a	860.7 ^a
VS+RS						
Salicylic Acid (SA) اسید سالیسیلیک						
عدم مصرف اسید سالیسیلیک						
Without Salicylic acid		6.44 ^c	7.26 ^c	708.07 ^c	50.62 ^c	563.78 ^c
	محلول پاشی به میزان ۱۰۰ میلی گرم در لیتر	9.70 ^b	10.96 ^b	863.49 ^b	51.87 ^b	710.83 ^b
100 mg/L (SA)						
	محلول پاشی به میزان ۲۰۰ میلی گرم در لیتر	12.06 ^a	13.03 ^a	968.01 ^a	57.37 ^a	807.69 ^a
200 mg/L (SA)						
Selenium (Se) سلنیوم						
عدم مصرف سلنیوم						
Without selenium		7.66 ^b	8.61 ^b	757.85 ^b	50.83 ^b	615.67 ^b
	محلول پاشی به میزان ۱۸ گرم در هکتار	11.14 ^a	12.22 ^a	935.20 ^a	55.75 ^a	772.53 ^a
Foliar application of 18g/ha Se						

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ 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.

Chilimba et al., 2012) و ذرت (et al., 2009) گزارش شده است.

شاخص برداشت

اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین شاخص برداشت کل در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر مراحل رشدی قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها، شاخص برداشت گیاه با محلول پاشی مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک و سلنیوم به‌طور معنی‌دار افزایش نشان داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد علت افزایش شاخص برداشت با محلول پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک، افزایش تعداد دانه در غلاف و وزن دانه در غلاف و کاهش ارتفاع بوته باشد. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت از محلول پاشی تیمارها در مرحله رویشی توأم با

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که با محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم به‌تنهایی یا توأم، وزن غلاف در بوته نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵). نتایج نشان داد با محلول پاشی تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و سلنیوم عملکرد غلاف افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد غلاف معادل ۹۶۸/۰۱ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک به دست آمد. همچنین بیشترین مقدار عملکرد غلاف معادل ۹۳۵/۲۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم به دست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک انتقال مواد حاصل از فتوسنتز به سمت مخازن فیزیولوژیکی را بهبود می‌دهد (Fariddin, et al., 2003). بهبود عملکرد محصولات زراعی با محلول پاشی سلنیوم در گندم (Navaz et al., 2015b)، جو (Ducsay

همچنین در شرایط مطلوب رطوبتی محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در مقادیر ۰/۵ و یک میلی‌مولار به ترتیب شاخص برداشت به میزان ۱۸/۳ و ۲۱/۸ درصد در ارقام لوبیا افزایش نشان داد (Sepelhi et al., 2015).

زایشی حاصل شد (جدول ۴). گزارش شده است که با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش در مرحله رویشی و زایشی در لاین D81083 لوبیا قرمز شاخص برداشت به ترتیب ۵ و ۱۴ درصد افزایش یافت،

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات دوگانه اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در نخود

Table 5. Mean comparisons for interaction effects of salicylic acid and selenium on the measured traits in chickpea

اسید سالیسیلیک × سلنیوم Salicylic Acid (SA) × Selenium (Se)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	وزن غلاف در بوته (گرم) Weight of pods per plant (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
بدون مصرف اسید سالیسیلیک و سلنیوم Without Salicylic acid and selenium	24.24 ^d	5.27 ^e	5.93 ^e	555.8 ^e
محلول‌پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم و عدم مصرف اسید سالیسیلیک Foliar application of 18/ha Se and Without SA	29.13 ^c	7.62 ^d	8.59 ^d	677.8 ^d
محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و عدم محلول‌پاشی سلنیوم Foliar application of 100 mg/L SA and Without Se	27.59 ^c	7.65 ^d	8.58 ^d	669.4 ^d
محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم Foliar application of 100 mg/L SA × Foliar application of 18/ha Se	34.08 ^{ab}	11.75 ^b	13.34 ^b	858.30 ^b
محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و عدم محلول‌پاشی سلنیوم Foliar application of 200 mg/L SA and Without Se	35.70 ^a	10.06 ^c	11.33 ^c	780.9 ^c
محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم Foliar application of 200 mg/L SA × Foliar application of 18/ha Se	32.23 ^b	14.07 ^a	14.74 ^a	940.5 ^a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ 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

به شاهد ۲۵/۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). با وجود اینکه اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولی تیمارها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین اثر دوگانه اسید سالیسیلیک و سلنیوم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه معادل ۹۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد. علت افزایش عملکرد دانه با اسید سالیسیلیک و سلنیوم به‌تنهایی یا توأم مربوط به افزایش اجزای عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی این ترکیبات است (جدول ۴ و ۵)، به نظر می‌رسد با محلول‌پاشی این ترکیبات

عملکرد دانه

اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد با محلول‌پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه معادل ۸۶۰/۷ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی تیمارها در مرحله رویشی توأم با زایشی حاصل شد. با توجه به نتایج با محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، عملکرد دانه نسبت به شاهد به ترتیب ۲۶ و ۴۳/۲ درصد افزایش نشان داد. همچنین با محلول‌پاشی ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم عملکرد دانه نسبت

دو شرایط مطلوب آبیاری و تنش خشکی، بیشترین عملکرد دانه در سویا از محلول‌پاشی با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد.

نتیجه‌گیری

استفاده از سلنیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش رطوبتی نقش قابل‌ملاحظه‌ای در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که با محلول‌پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک در مراحل رشد رویشی توأم با زایشی عملکرد دانه افزایش می‌یابد. علت افزایش عملکرد دانه در مراحل مختلف رشد مربوط به افزایش صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در غلاف و وزن صد دانه در اثر محلول‌پاشی با سلنیوم و مقادیر مختلف سالیسیلیک بود؛ بنابراین در شرایط تنش خشکی با محلول‌پاشی در دو مرحله رویشی و زایشی از طریق کاهش اثرات تنش خشکی می‌توان به عملکرد کمی قابل‌قبول دست‌یافت.

تحمل به شرایط خشکی افزایش‌یافته و از این طریق تأثیر بیشتری بر رشد و فتوسنتز گیاه زمینه افزایش انتقال مواد غذایی به دانه فراهم شده است. دادنیا و همکاران (Dadnia et al., 2008) گزارش نمودند که کاربرد سلنیوم در شرایط تنش رطوبتی، ۲۰ درصد و در شرایط نرمال، ۵ درصد عملکرد دانه را در آفتابگردان افزایش داد. سلنیوم در مقادیر کم می‌تواند نقش مؤثری در افزایش فعالیت آنزیم‌های از بین برنده پراکسید هیدروژن دارا است (Hasanuzzaman et al., 2010)؛ اما هنگامی که میزان کاربرد سلنیوم از حد خاصی بیشتر شود، می‌تواند باعث سمیت گردد (Terry et al., 2000). به نظر می‌رسد در شرایط تنش کمبود آب، کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به تنظیم وضعیت آب در گیاه کمک می‌نماید. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید رنج وسیعی از واکنش‌های متابولیکی در گیاهان را کنترل می‌کند که این واکنش‌ها در ارتباط با وضعیت آب داخل گیاه می‌باشند (Hayat et al., 2010). زارعی و همکاران (Zarei et al., 2017) گزارش نمودند که در هر

منابع

- Abul-Soud, M.A., Abd-Elrahman, Sh.H., 2016. Foliar selenium application to improve the tolerance of eggplant grown under salt stress conditions. *International Journal of Plant and Soil Science*. 9(1), 1-10.
- Alda, S., Camelia, M., Cristina-Elena, T., Mirela, P., Diana, R., Delia D., 2011. The influence of sodium selenite on biometric parameters of wheat, barley and oat grainlings. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 15(4), 8- 12.
- Arfan, M., Athar, H.A., Ashraf, M., 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiology*. 164, 685-694.
- Bakhteyari, F., Azimi, M.H., Hamzehei, Z., fathi hafashjani A., 2013. Influence of salicylic acid on morphological, biochemical and physiological characteristics of turf grass. *Advanced Crop Science*. 3(7), 484-488.
- Chilimba, A.D., Young, S.D., Black, C.R., Meacham, M.C., Lammel, J., Broadley, M.R., 2012. Agronomic biofortification of maize with selenium (Se) in Malawi. *Field Crops Research*. 125, 118-128.
- Dadnia, M.R., Habibi, D., Ardakani, M.R., Noor Mohammadi, G.H., 2008. Antioxidative response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties under water deficit and selenium foliar application. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 4(2), 67-78. [In Persian with English Summary].
- Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba, J.A., Bangarusamy, U., 2004. Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine max* L). *International Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2 (2), 44-47.
- Ducsay, L., Lozek, O., Varga, L., 2009. Effect of selenium foliar application on its content in spring barley. *Agrochemia*. 12, 3-6.
- Fariduddin, Q., Hayat, S., Ahmad, A., 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rates, carboxylation efficiency, nitrate reeducates activity, and seed yield in *Brassica Juncea*. *Photosynthetica*. 41(2), 281-284.

- Ferri, T., Frascioni, F.G.M., 2007. Selenium speciation in foods: Preliminary results on potatoes. *Microchemical Journal*. 85, 222-227.
- Habibi, G.H., 2013. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. *Acta Agriculturae Slovenica*. 101(1), 31-39.
- Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L., Wei-Jun, K., 2010. Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41, 1195-1204.
- Hajiboland, R., Keivanfar, N., 2012. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Agriculturae Slovenica*. 99 (1), 13-19.
- Horvath, E., Szalai, G., Janda, T., 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*. 26, 290-300.
- Hasanuzzaman, M., Anwar Hossain, M., Masayuki, F., 2010. Selenium in higher plants: physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. *Journal of Plant Science*. 5, 354-375.
- Hayat, S., Hasan, S.A., Farriddun, Q., Ahmad, A., 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant Interactions*. 3, 297-304.
- Jain, R.C., Srivastava, R., 2007. *Factorial Experiments – Some Variations*. I.A.S.A.I. Library Avenue, New Delhi- 110012. pp: 389- 392.
- Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D.L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*. 160 (5), 485-492.
- Khan, M.I.R., Syeed, S., Nazar, R., Anjum, N.A., 2012. An insight into the role of salicylic acid and jasmonic acid in salt stress tolerance: 277-300. In: Khan N.A., Nazar, R., Iqbal, N., Anjum, N.A. (Eds), *Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Springer, New York, 308p.
- Madaan, N., Mudgal, V., 2011. Phytotoxic effect of selenium on the accessions of wheat and safflower. *Research Journal of Environmental Sciences*. 5, 82-87.
- Nawaz, F., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Shabbir, R.N., Bukhari, M.A., 2015b. Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions. *Food Chemistry*. 175, 350-357.
- Rios, J.J., Blasco, B., Cervilla, L.M., Rosales, M.A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L., Ruiz, J.M., 2008. Production and detoxification of H₂O₂ in lettuce plants exposed to selenium. *Annals of Applied Biology*. 154, 107-116.
- Seppanen, M., Turakainen, M., Hartikainen, H., 2003. Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science*. 165, 311-319.
- Sepehri, A., Abbasi, R., Karami, A., 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield components of Red bean genotypes. *Agricultural Crop Management*. 17(2), 503-516. [In Persian with English Summary].
- Terry, N., Zayed, A.M., de Souza, M.P., Tarun, A.S., 2000. Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51, 401-432.
- Turakainen, M., Hartikainen, H., Mervi, M.S.N., 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.
- Vaisnad, Sh., Talebi, R., 2015. Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under water deficit stress. *Environmental and Experimental Biology*. 13, 109-115.
- Zahedi, H., Noormohammadi, G.H., Shirani Rad, A.H., Habibi, D., Mashhadi Akbar Boojar, M., 2009. Effect of zeolite and foliar application of selenium on growth, yield and yield component of three canola cultivar under conditions of late season drought stress. *Notulae Scientia Biologicae*. 1(1), 73-80.
- Zahedi, H., Shirani Rad, A.H., Tohidi Moghadam, H.R., 2011. Effect of zeolite and selenium applications on some agronomic traits of three canola cultivar under drought stress. *Pesquisa. Agropecuaria Tropical*. 41 (2), 179-185.
- Zarei, Z., Daneshian, J., Khorgamy, A. 2017. Effect of zinc and salicylic acid foliar application on quantitative and qualitative

characteristics of soybean under deficit irrigation conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 14(4), 723-734. [In Persian with English Summary].

Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., Smith, D., 1999. Effect of some injected plant

growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of field grown corn plants. Journal of Agronomy and Crop Science. 183, 103-10.