

اثر اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت شرایط تنش خشکی

زهرا ایزدی^۱، محمود رضا تدین^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد؛ ۲. دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۲۷

چکیده

کرچک یکی از گیاهان روغنی فراموش شده است که کشت‌وکار آن فراز و نشیب‌های فراوانی را در جهان داشته است و با توجه به نقش کلیدی این گیاه در صنایع مختلف، آزمایشی به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و اسپرمین بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک تحت شرایط تنش خشکی، بر اساس طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام شد. رژیم آبیاری به‌عنوان کرت‌های اصلی بر اساس کلاس تنش تبخیر (۰، ۲/۰ و ۲/۱٪) و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرو مول) و اسپرمین (۰ و ۱۰ میکرو مول و ۱ میلی‌مول) بر روی اندام هوایی به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. تنش خشکی سبب کاهش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در هر گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت گردید. تیمارهای اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک تأثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۵۰ میکرو مول بود. در این آزمایش اسید سالیسیلیک و اسپرمین سبب بهبود اثرات تنش خشکی گردید و اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌دار بیشتری از اسپرمین بر عملکرد دانه نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تعداد کپسول در بوته، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه

متابولیسم و تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان می‌باشد (Ashraf et al., 2011).

گیاهان مختلف استراتژی‌های متعددی را برای مقابله با تنش خشکی به کار می‌برند. کاربرد خارجی ترکیبات متفاوت مانند محلول‌های آلی (اسمیت‌های آلی و تنظیم‌کننده‌های رشد) و مواد معدنی یک راهکار برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان است (Ashraf et al., 2011). اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده درونی رشد گیاه است که بر واکنش‌های متابولیک و فیزیولوژیک گسترده‌ای در رشد و توسعه گیاه مؤثر است (Hayat et al., 2010). اسپرمین متعلق به پلی آمین‌های گیاهی است که به‌طور گسترده در موجودات زنده در غلظت بالایی تجمع می‌یابند و در فرآیندهای فیزیولوژیکی متنوع گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم‌ها اثر می‌گذارند. پلی آمین‌های

کرچک (*Ricinus communis* L.) متعلق به خانواده Euphorbiaceae است که دانه آن در حدود ۳۵ تا ۵۵ درصد روغن و یک تا پنج درصد پروتئین توکسین و ریسین دارد که به‌عنوان مواد سمی عمل می‌کند (Kittock et al., 1967). دانه کرچک برای مصرف انسان به‌صورت غذا امکان‌پذیر نیست ولی در صنایع دارویی مثل شامپو، صابون و لوسیون استفاده می‌شود (Kittock et al., 1967). خشکی خاک از عمده‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که اثرات مضر بر کمیت و کیفیت گیاهان زراعی دارند و این اثرات، ناشی از گرم شدن جهانی کره زمین و فعالیت‌های انسانی از قبیل استفاده بیش‌ازحد از منابع آبی، آبیاری بیش‌ازحد مجاز، زهکشی نامناسب، در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. تنش خشکی اثر اسمزی و غذایی بر گیاهان دارد که نتیجه این اثرات کاهش رشد، اختلالات

اسپریمین و اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی برگی بر عملکرد و اجزا عملکرد دانه کرچک تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کاربرد اسپریمین و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزا عملکرد دانه در گیاه کرچک تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد (با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۱۱۶ متر) اجرا شد. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای تنش خشکی در سه سطح بدون تنش (W_1)، تنش ملایم (W_2) و تنش شدید (W_3) به ترتیب آبیاری پس از ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی-متر تبخیر از تشتک کلاس A و به عنوان فاکتور اصلی و فاکتور فرعی شامل شاهد (محلول پاشی با آب)، اسید سالیسیلیک در دو سطح (۱) اسید سالیسیلیک ۲۵۰ میکرومول و (۲) اسید سالیسیلیک ۵۰۰ میکرومول، و اسپریمین در دو سطح شامل (۱) اسپریمین ۱۰ میکرومول و (۲) اسپریمین یک میلی‌مول بودند.

جهت انجام آزمون خاک و تعیین ویژگی‌های آن، نمونه مرکبی از مزرعه و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه نیازی به اضافه نمودن کودهای فسفر و پتاسیم نبود لیکن، کود نیتروژن بر اساس کود اوره در دو نوبت قبل از کاشت و بعد از تنک کردن (و در هر نوبت ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به صورت سرک به زمین اضافه گردید.

کشت کرچک پس از رسیدن دمای خاک به ۲۰ درجه سانتی‌گراد و به صورت دستی انجام گرفت. توده کاشته شده از توده اصفهان و یک‌ساله بود. ابتدا فاروهای به فاصله ۶۰ سانتی‌متر در مزرعه ایجاد و طول فاروها در هر کرت ۵ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت ۶ خط کاشت در نظر گرفته شد، فاصله بذره‌های کرچک در روی ردیف‌های کاشت ۴۰ سانتی‌متر تعیین گردید. ابعاد هر پلات ۵ در ۳/۶ متر در نظر گرفته شد. میزان اسپریمین و اسید سالیسیلیک بر اساس تیمارهای آزمایش جهت محلول پاشی بر اساس فرمول

موجود در گیاهان شامل دی آمین پوترسین، تری آمین اسپریمیدین و تترا آمین اسپریمین می‌باشند (Perin et al., 2008). پلی آمین از طریق استحکام غشاهای سلولی و بازداری از فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی از پیری جلوگیری می‌کند (Abu-Kpawoh et al., 2002). تأثیر آنتی‌اکسیدان‌تی پلی آمین‌ها و مستحکم نمودن غشا در ارتباط با یکسری بارهای مثبت (گروه‌های آمینی) در ساختار مولکول می‌باشد (Hanfrey et al., 2001). مزیت اصلی محلول پاشی برگ آن است که مواد در زمان بحرانی که به تنظیم‌کننده‌های اسمزی نیاز می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. گونه‌های گیاهی که توانایی کافی برای سنتز میزان کافی از اسمولیت‌های خاص را ندارند، واکنش سریع‌تری به محلول پاشی اسمولیت‌ها نشان می‌دهند (Ashraf et al., 2011). تأثیر شرایط اقلیمی بر گیاهان مختلف متفاوت است و همواره باید با تحقیقات مناسب به بررسی نقش عوامل اقلیمی بر رشد، نمو مواد مؤثره گیاهان دارویی پرداخت. مهم‌ترین عوامل محیط رویش گیاهان دارویی که تأثیر عمده‌ای بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌گذارد، نور، دما، بارندگی، طول روز، عرض جغرافیایی، خصوصیات خاک، ارتفاع محل و تغذیه می‌باشد. به طور کلی، عوامل محیطی شامل خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی و خاکی است که باید به نقش و تأثیر هر کدام از آن‌ها بر رشد، نمو، عملکرد و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی توجه داشت.

در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در کرچک گزارش‌های متناقضی وجود دارد. گزارش شده است که اختلافی در عملکرد کرچک بین تیمارهای مختلف تنش خشکی وجود ندارد (Khan et al., 2010). از طرفی با افزایش آبیاری، عملکرد دانه و تجمع ماده خشک در کرچک افزایش یافته است (Kim et al., 2007). همچنین گزارش شده است بین وزن هزار دانه و روغن در کرچک همبستگی مثبت وجود دارد (Khan et al., 2010)؛ اما کاهش عملکرد با کاهش آبیاری در ارتباط با کاهش تعداد گل‌آذین و کپسول در گیاه می‌باشد (Kim et al., 2007) و رابطه‌ای با وزن بذر ندارد. تعداد کپسول در کرچک با کاهش تنش خشکی کاهش می‌یابد (Khodary et al., 2004). با توجه به اینکه تاکنون مطالعات اندکی در خصوص امکان کاهش اثرات تنش خشکی توسط مواد تنظیم‌کننده اسمزی بر گیاه کرچک انجام شده است. هدف از این پژوهش اثرات

یک درصد معنی دار شد. همچنین برهمکنش تنش خشکی و تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین برای صفت تعداد کپسول در بوته (در سطح احتمال ۱٪)، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۲).

نمودار برهمکنش تیمارهای محلول پاشی و تنش خشکی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد کپسول در بوته کاهش یافت که میزان این کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بود (شکل ۱). در شرایط تنش خشکی سطوح تیمار اسید سالیسیلیک و اسپرمین سبب افزایش تعداد کپسول در بوته گردیدند. در همه تیمارهای محلول پاشی با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد کپسول در بوته به طور معنی-داری کاهش یافت. بیشترین تعداد ۹۲ کپسول از تیمار اسید سالیسیلیک ۵۰۰ میکرومول در آبیاری شاهد (۸۰ میلی متر) و کمترین تعداد ۶۲ کپسول از تیمار محلول پاشی شاهد در تنش شدید (۱۲۰ میلی متر) به دست آمد. با توجه به شکل ۱ در شرایط عدم تنش خشکی تیمارهای ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومول اسید سالیسیلیک و نیز تیمار ۱ میلی مول اسپرمین تأثیر معنی داری بر تعداد کپسول در بوته داشت. ولی تیمار محلول پاشی ۱۰ میکرومول اسپرمین تأثیر معنی-داری بر این صفت نداشت. در شرایط تنش ملایم (۱۰۰ میلی متر) تیمار اسید سالیسیلیک ۲۵۰ و ۱ میلی مول اسپرمین تأثیر معنی داری داشته است که البته در این دو تیمار از نظر تعداد کپسول در بوته تفاوت معنی داری با هم مشاهده نشد. در تنش شدید خشکی (۱۲۰ میلی متر) محلول پاشی ۲۵۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را نسبت به سایر تیمارها داشته است که البته سایر تیمارها نیز مؤثر بوده اند، همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است تیمار تنش خشکی شدید سبب کاهش ۳۶ درصدی در تعداد کپسول در بوته گردیده است.

شیمیایی ترکیب و نیز عدد اتمی جدول مندلیف محاسبه و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد و توسط هیتر و شیکر و مگنت دو ماده فوق در داخل آب مقطر به طور کامل حل گردید. در مرحله شروع گلدهی، آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A برای تیمارهای مختلف انجام شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین هنگامی که ۵۰ درصد مزرعه به گل رفت، در ساعات اولیه روز صورت گرفت. برداشت نهایی دانه کرچک، هنگامی که برگ های گیاه شروع به زرد شدن و ریزش نموده و حدود ۹۰-۸۰ درصد کپسول ها رسیده و قهوه ای رنگ شده بودند، انجام گرفت. نمونه برداری از هر کرت با حذف اثرات حاشیه ای و به تعداد ۶ بوته که به صورت کامل از سطح زمین بریده شدند، از هر کرت انجام شد. سپس کپسول های هر بوته شمارش گردید و دانه ها با دست از کپسول ها جدا گردیدند و تعداد دانه در هر کپسول و تعداد دانه در هر بوته شمارش گردیدند. دانه ها به همراه دیگر اجزاء شاخساره در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و پس از خشک شدن دانه ها و سایر بقایا توزین گردیدند و زیست توده کل و عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۲ درصد محاسبه شدند. سپس صفات مورد نظر زیست توده، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه گیری و محاسبه شدند جهت محاسبات آماری در این تحقیق از نرم افزارهای MSTAT-C، SAS و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده های صفات مورد نظر که در جدول ۲ نشان داده شده است، تنش خشکی برای تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال

جدول ۱. ویژگی های خاک مزرعه ی مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Soil Characteristics of the experimental site

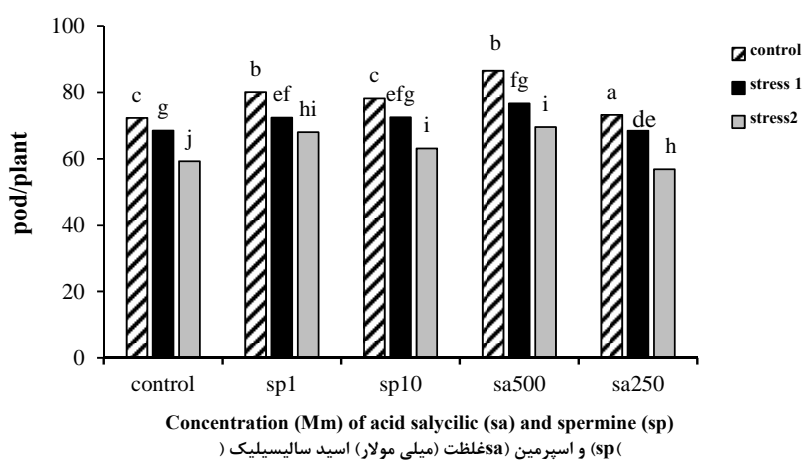
نیترژن	پتاسیم	فسفر	کربن آلی	هدایت الکتریکی	
N	K	P	O.C	EC	pH
%	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%	dS.m ⁻¹	
0.81	423	26.68	0.583	0.67	7.6

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی کرچک

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد کیسول	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
Source of variation	df	Pod per plant	N. Seed Per plant	100 seed weight	Seed yield	Bilological yield	Harvest index
تکرار	2	1.42 ^{ns}	2116.08 ^{ns}	1.35 ^{ns}	1226.84 ^{ns}	1664.13 ^{ns}	84.82 ^{ns}
Replication							
تنش خشکی	2	2077.26 ^{**}	36094.06 ^{**}	4.52 [*]	596.28 ^{**}	923.36 ^{**}	24.415 ^{**}
Water stress (W)							
خطای (a)	4	19.06	2116.16	0.31	4133.18	122.02	21.193
Error (a)							
تیمار محلول پاشی	4	127.07 ^{**}	70.67 ^{**}	3.18 [*]	526.1 ^{**}	537.12 ^{**}	49.93 ^{ns}
Foliar spray (F)							
تنش × محلول پاشی	8	510.17 ^{**}	1309.85 ^{ns}	1.66 ^{ns}	778.61 [*]	7395.14 [*]	45.04 ^{ns}
F × W							
خطای (b)	24	3.67	825.39	1.28	248.62	344.27	71.08
Error (b)							
ضریب تغییرات (CV)(%)		2.73	13.47	6.61	14.78	19.93	21.05

ns, ** و * به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪

ns, ** and *, are non significant, significant at 1% and, significant at 5% respectively.



شکل ۱. برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی × محلول پاشی برای صفت تعداد کیسول در بوته. تیمارهای control، stress 1 و stress 2 به ترتیب نشانگر آبیاری پس از ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A می‌باشند.

Fig. 1. Interaction between water stress × foliar spray on number of pod/plant. Control, stress 1 and stress 2 mean irrigating after 80, 100 and 120 mm evaporation from pan class A.

هکتار به دست آمد که مربوط به تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۵۰۰ میکرو مول بود، بعد از آن، بیشترین عملکرد دانه در تیمار اسپرمین ۱ میلی‌مول مشاهده شده است. در این سطح تنش بین تیمارهای اسید سالیسیلیک و اسپرمین تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تیمار اسپرمین ۱۰ میکرو

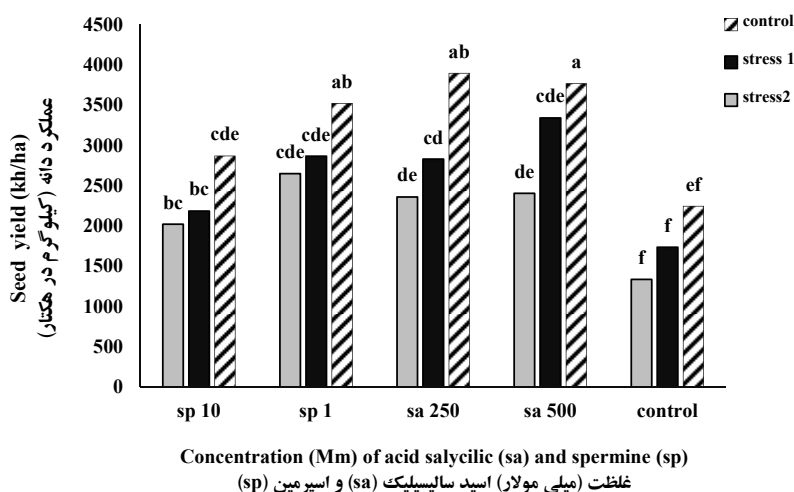
با توجه به شکل ۲ (نمودار برهم‌کنش تنش خشکی و تیمارهای محلول پاشی برای صفت عملکرد دانه) می‌توان نتیجه گرفت، با افزایش شدت تنش عملکرد دانه در حدود ۲۸ درصد کاهش یافته است. در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد) بیشترین میزان عملکرد دانه ۱۴۴۲ کیلوگرم در

تیمارهای اسید سالیسیلیک می‌باشد که بین دو غلظت ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرو مول از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمارهای اسید سالیسیلیک تأثیر بهتری بر عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمارهای اسپرمین داشت، به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک ۳۸۴۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۲۵۰ میکرو مول و ۳۷۱۲ کیلوگرم مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۵۰۰ میکرو مول به دست آمد (شکل ۳). در جدول ۳ میانگین صفات در تمام تیمارها با یکدیگر مقایسه شده است. این جدول نشان می‌دهد که میانگین تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در هکتار در گیاهان اسپری شده با ۲۵۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد.

همچنین تیمار محلول پاشی ۵۰۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۸ درصدی در وزن صد دانه گردید. میانگین عملکرد بیولوژیک در تیمار محلول پاشی ۱۰ میکرو مول اسپرمین به طور معنی‌داری بیش از سایر تیمارها می‌باشد. کمترین میانگین عملکرد و اجزا آن بعد از تیمار شاهد در تیمار محلول پاشی یک میلی‌مول مشاهده شد.

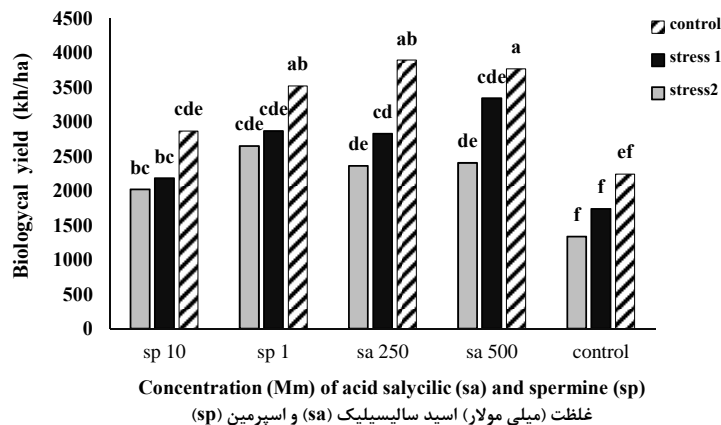
مول کمترین عملکرد دانه را با مقدار ۷۸۹ کیلوگرم در هکتار را داشت. در تیمار تنش ملایم، بیشترین عملکرد مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲۵۰ میکرو مول می‌باشد. در این سطح تنش، بین سایر تیمارهای محلول پاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تیمار تنش شدید تیمارهای اسید سالیسیلیک تأثیر بهتری از اسپرمین داشت. در تنش ملایم (۱۰۰ میلی‌متر) در بیشترین عملکرد دانه تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۵۰ میکرو مول و کمترین عملکرد دانه از تیمار اسپرمین ۱ میلی‌مول حاصل شد. (شکل ۲).

بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار اسید سالیسیلیک ۲۵۰ میکرو مول و کمترین میزان عملکرد دانه از تیمار اسپرمین یک میلی‌مول حاصل شد. البته بین تیمارهای اسپرمین با دو غلظت تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشت و تیمارهای اسید سالیسیلیک علاوه بر اینکه تأثیر بهتری بر عملکرد دانه داشت، بین دو غلظت ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرو مول تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). در شکل ۳ برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین نشان داده شد. در تیمار شاهد بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به



شکل ۲. نمودار برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی × محلول پاشی برای صفت عملکرد دانه. تیمارهای control، stress 1 و stress 2 به ترتیب نشانگر آبیاری پس از ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A می‌باشند.

Fig. 2. Interaction between water stress × foliar spray on Seed yield. Control, stress 1 and stress 2 mean irrigating after 80, 100 and 120 mm evaporation from pan class A.



شکل ۳. نمودار برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی × محلول‌پاشی برای صفت عملکرد بیولوژیک. تیمارهای control، stress 1 و stress 2 به ترتیب نشانگر آبیاری پس از ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A می‌باشند.
 Fig. 3. Interaction between water stress × foliar spray on biological yield. Control, stress 1 and stress 2 mean irrigating after 80, 100 and 120 mm evaporation from pan class A.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی برای صفات مورد ارزیابی در کرچک

Table 3. Mean comparison of of water stress and foliar spray solution on some traits of castor bean

شاخص برداشت (%)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در بوته	تیمارها
Harvest index (%)	100 seed weight (g)	N. seed/plant	treatments
Water stress			
تنش			
33.06 ^b	53.17 ^a	279.53 ^a	شاهد
44.50 ^a	41.17 ^a	219.81 ^b	ملازم
39.59 ^a	52.16 ^b	182.26 ^b	شدید
Foliar spry			
محلول‌پاشی			
43.84 ^a	50.16 ^c	187 ^c	شاهد
38.67 ^b	68.17 ^{ab}	255.56 ^a	اسید سالیسیلیک (250Mm)
36.92 ^b	88.17 ^a	250.33 ^a	اسید سالیسیلیک (500 Mm)
36.31 ^b	77.16 ^{bc}	232.82 ^{ab}	اسپریمین (10 mM)
40.76 ^a	96.16 ^{abc}	210.22 ^{bc}	اسپریمین (1 mM)

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.
 Means followed by simmilar letters in each column are not significantly different at p=5%, Duncan Multiple range test

طی فصل رشد، معمولاً باعث ایجاد بوته‌های قوی‌تر شده و در هنگام پر شدن دانه‌ها در صورت مواجه‌شدن بوته‌ها با کمبود آب امکان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده از سایر اندام‌ها به مخزن دانه وجود دارد که باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Senaratna et al., 1998). تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر

تنش خشکی از طریق کاهش رشد سلول (کاهش تقسیم سلول و کاهش اندازه سلول) در مرحله رشد رویشی باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Senaratna et al., 1998). کاهش عملکرد کرچک با کاهش آبیاری در ارتباط با کاهش تعداد گل‌آذین و کپسول در گیاه می‌باشد (Koutroubas et al., 1999). کاهش فواصل آبیاری در

بررسی اثر محلول پاشی پوترسین تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که کاربرد این ماده روی گندم در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی سبب افزایش تعداد دانه در بوته هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش می شود (Sunita and gupita, 2011). اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه در پژوهش‌های بسیاری اثبات شده است (Senaratna et al., 1998). افزایش در عملکرد دانه به دلیل کاربرد اسید سالیسیلیک نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی است که البته تغییرات در سرعت فتوسنتز به دلیل محدودیت‌های روزنه نبود اما به عوامل متابولیک غیر از رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و کارتنوئیدهای برگ همراه بود. اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین سبب بهبود فرایندهای فتوسنتزی، افزایش رشد و مقاومت گیاهان و به تنش‌ها می‌گردد (Khodary et al., 2004).

پلی‌آمین‌ها نیز بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد برنج تأثیر معنی‌داری داشته است (Jing et al., 2007). کاربرد خارجی اسپرمین بر روی سنبله گندم در طول دوره تنش خشکی باعث کاهش میزان تعرق، افزایش فتوسنتز و تنظیم اسمزی شده است که باعث حفظ فشار تورگر می‌شود (Sheng et al., 2012). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که شاخص برداشت برای هیچ‌یک از تیمارها معنی‌دار نبوده است. عدم وجود اختلاف معنی‌دار را می‌توان در رابطه با اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه از یک طرف و عملکرد کل اندام هوایی از طرف دیگر دانست. عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولیدشده در مزرعه و یا افزایش سهم اقتصادی و یا هر دو بالا برد. با توجه به اینکه اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه معنی‌دار، ولی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبوده است، به نظر می‌رسد که افزایش و یا کاهش عملکرد دانه تنها تحت تأثیر کل ماده خشک تولیدشده قرار گرفت و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر نسبت عملکرد دانه به عملکرد کل ماده خشک تولیدشده، نداشت (shakirova et al., 2003).

با توجه به نتایج فوق و نیز با استناد از یافته‌های پژوهش‌های قبلی می‌توان نتیجه گرفت که به‌کارگیری پلی‌آمین‌های برون‌زاد برای پروتوپلاست‌ها یا سلول‌های بافت‌های کشت‌شده باعث تحریک تقسیم سلولی و در نتیجه افزایش رشد می‌شود. لازم به ذکر است که در برخی از موارد این اثرات موقتی و زودگذر بوده است (Ashraf, 2010). نقش تنظیم‌کنندگی پلی‌آمین‌ها در ارتباط با

غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موج تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (shakirova et al., 2003). اثرات عمده تنش خشکی بر عملکرد گیاهان زراعی از طریق تفاوت در عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی تجلی می‌یابد. تنش خشکی بیشتر از طریق کاهش تعداد کپسول در مترمربع به دلیل کاهش تسهیم مواد فتوسنتزی به کپسول، کاهش ظرفیت فتوسنتزی یا قدرت منبع بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ماده خشک گیاه عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (laureti et al., 1995).

افزایش عملکرد دانه در تک بوته با تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته وزن هزار دانه رابطه دارد که با افزایش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته افزایش می‌یابد. گزارش شده است که کاهش فواصل آبیاری سبب افزایش وزن هزار دانه در ذرت گردید. چون در شرایط تنش خشکی رابطه جبرانی بین وزن و تعداد دانه وجود دارد، کاهش وزن هزار دانه در این شرایط بیشتر مربوط به تسریع رسیدگی و کاهش طول دوره پر شدن دانه است (Mashi et al., 2008).

زیست‌توده ارتباط مستقیمی با میزان فتوسنتز در گیاه دارد، در شرایط تنش روزنه‌ها بسته شده و کاهش تبخیر و تعرق پتانسیل باعث کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید زیست‌توده بوته می‌شود. یک صفت مهم برای سازگاری به خشکی، ظرفیت ارقام برای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده به دانه است و ارقامی مقاوم به خشکی، محسوب می‌شوند که در تولید مواد فتوسنتزی و انتقال به دانه کارآمدتر باشند (Senaratna et al., 1998).

باوجودی که عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره رویشی کاهش می‌یابد و این امر موجب افزایش شاخص برداشت می‌گردد، اما افزایش بیشتر عملکرد دانه در اثر آبیاری کامل باعث افزایش شاخص برداشت گیاهان در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با شرایط تنش می‌شود (Laureti et al., 1995). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیمار با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین سبب افزایش تعداد دانه در گندم (Kaydan and Yagmur, 2006) و جو (Mashi et al., 2008) شده است. تعداد دانه در بوته نسبت به تعداد کپسول در بوته معیار مناسب‌تری جهت ارزیابی عملکرد دانه است، زیرا امکان پوک بودن تعدادی از کپسول‌ها وجود دارد.

صفات نشان‌دهنده آن است که اسید سالیسیلیک تأثیر بهتری نسبت به اسپرمین بر عملکرد و اجزاء عملکرد کرچک تحت تیمارهای تنش خشکی داشته است و نیز کاربرد هر دو ماده با دو غلظت نشان می‌دهد که غلظت‌های کمتر (۲۵۰ میکرومولار و ۱۰ میکرومول) هر دو ماده سبب تأثیر بیشتر بر صفات مورد مطالعه داشته است؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک از کرچک در برابر تنش خشکی بهتر حفاظت می‌کند و کاربرد مواد تنظیم‌کننده اسمزی یک راه مؤثر برای تقویت اثرات سوء خشک‌سالی در گیاهان می‌باشد (Koutroubas et al., 1999). به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری و ایجاد تنش خشکی ناشی از آن، میزان رشد و اجزای عملکرد کرچک به شدت کاهش یافت و نهایتاً سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. لیکن کاربرد اسید سالیسیلیک و اسپرمین، در مرحله گلدهی بر عملکرد و اجزا آن تأثیر معنی‌دار افزایشی داشت.

واکنش در برابر تنش‌ها و پیری می‌باشد که از طریق استحکام غشاهای سلولی و بازداری از فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی از پیری جلوگیری می‌کنند تأثیر آنتی‌اکسیدانته پلی‌آمین‌ها و مستحکم نمودن غشا در ارتباط با یکسری بارهای مثبت (گروه‌های آمینی) در ساختار مولکول می‌باشد و نیز در تنش‌ها پلی‌آمین‌ها با جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد در حفظ غشا از تنش‌های اکسیداتیو مؤثر هستند (Abu-Kpawoh et al., 2002). استفاده از پلی‌آمین‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد، متابولیسم گیاهان و تولیدات متابولیکی درگیر در مقاومت به تنش را تعدیل می‌کند. پلی‌آمین‌ها به افزایش غلظت ترکیبات فنولی و پرولین برای حفاظت در برابر خسارت اکسیداتیو کمک می‌کند (Farooq and Wahid, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که همه صفات مورد مطالعه در گیاه کرچک تحت تأثیر تیمارهای تنش رطوبتی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

منابع

- Abu-Kpawoh, J.C., Xi, Y.F.Z., Hang, Y.Z., Jin, Y.F., 2002. Polyamine accumulation following hot-water dips influence chilling injury and decay in friarplum fruit. *Food Chemistry and Toxicology*. 67, 2649-2653.
- Ashraf, M., Akram, N.A., Al-Qurainy, F., Flood, M.R., 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth, regulators, and mineral nutrients. *Advance in Agronomy*. 111, 249-296.
- Ashraf, M., 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*. 28, 169-183.
- Farooq, M., Wahid, A., Lee, D., 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiology Plantarum*. 31:937-945.
- Hanfrey, C., Mayer, S., Burtin, D., Michael, A.J., 2001. Arabidopsis polyamine biosynthesis: absence of ornithine decarboxylase and the mechanism of arginine decarboxylase activity. *The Plant Journal*. 27, 551-560.
- Hayat, Q., Hayat, S, Irfan, M., Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*. 68, 14-25
- Heshmat, S., Aldesuquy., Bardees, M., 2013. Does exogenous application of kinetin and spermine mitigate the effect of seawater on yield attributes and biochemical aspects of grains? *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* (2), 21-34.
- Jing, C., Cheng', Z., Li-ping, L., Zhong-yang, S., Xue-bo, B., 2007. Effects of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂-metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. *Journal of Environmental Sciences*. 19, 44-49.
- Kaydan, D. and Yagmur, M., 2006. Effects of different salicylic acid doses and Treatments on wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield

- components. Agronomy College. Ankara Univ. 12, 285-293.
- Khan, N.A., Shabian S, Masood., A, Nazar, A. and Iqbal N., 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*. 88, 1687-1695.
- Khodary, S.E.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6(1), 5- 8.
- Kim, M., Lim, J., Kim, G. H., Yang, C., Jeong, Y., Lee, J.A., Kim, S., 2007. Abiotic and biotic stresses tolerance in *Arabidopsis* overexpressing the multi protein bridging factor la (MBFla) transcriptional co-activator gene. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 354, 440-446.
- Kittock, D.L., Williams, J., Hanway, D.G., 1967. Castor bean yield and quality as influenced by irrigation schedules and fertilization rates. *Agronomy Journal*. 59, 463-467.
- Koutroubas., S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A., 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*. 11, 227-237.
- Laureti, D., Marras, G., 1995. Irrigation of castor (*Ricinus communis* L.) in Italy. *European Journal of Agronomy*. 4, 229-235.
- Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E., Noorinia A., 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-less barley. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*. 14. 1-10. [In Persian with English Summary].
- Perin, G., Alvaro, G., Westphal, E., Viana, L., Jacob, R., Lenardao, E., Doca, M., 2008. Transesterification of castor oil assisted by microwave irradiation. *Fuel*. 87, 2838-2841.
- Senaratna, T., Mackay, C., McKersie, B. and Fletcher, R., 1998. Uniconazole induced Chilling tolerance in tomato and its relationship to antioxidant content. *Journal of Plant Physiology*. 133, 56 -61.
- Shakirova, M., Sakhabutdinova, F., Bezrukova A., Fatkhutdinova, M., Fatkhutdinova, D., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164(3), 317-322.
- Sheng, S., Shi-Rong, G., Ling-Yun, Y., 2012. A Review: Polyamines and Photosynthesis. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Southern Vegetable Crop Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Nanjing China.
- Sunita, G., Gupita, N. K., 2011. Field efficacy of exogenously applied putrescine in wheat (*Triticum aestivum*) under water-stress conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 6, 516-9.
- Yamaguchi, K., Takahashi, Y., Berberich, T., Imai, A., Takahashi, T., Michael, A., Kusano, T., 2006. A protective role for the polyamine spermine against drought stress in *Arabidopsis*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 352, 486-490.

