

## اثر محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی بر عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط تنش خشکی

ابوذر عباسیان<sup>۱\*</sup> و هاشم امین پناه<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۴)

### چکیده

خشکی یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده عملکرد محصولات زراعی است و محلول پاشی محافظت کننده های گیاهی یک راهکار مدیریتی مهم در افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش خشکی است. این آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی برنج تنکابن واقع در استان مازندران انجام شد. عامل اصلی شامل رژیم آبیاری در دو سطح (آبیاری رایج (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی (۴۰ روز بعد از نشاکاری)) و عامل فرعی شامل محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی در پنج سطح (محلول پاشی سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک، اسید سالیسیلیک و عدم محلول پاشی (شاهد)) بودند. نتایج نشان داد که در صورت عدم محلول پاشی، قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی سبب کاهش عملکرد دانه به میزان ۲۹/۳ درصد شد. تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و وزن هزار دانه به ترتیب به میزان ۵/۱۵، ۱۴/۹۵ و ۳/۳۴ درصد شد. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی، محلول پاشی با سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۲/۶، ۳۱/۹، ۳۵/۳ و ۳۳/۳ درصد نسبت به شاهد عدم محلول پاشی شد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که محلول پاشی مواد محافظت کننده رشد گیاهی می تواند سبب کاهش اثرات سوء تنش خشکی و بهبود عملکرد دانه برنج در شرایط تنش خشکی شود.

واژه های کلیدی: اسید اسکوربیک، اسید سالیسیلیک، سلنیوم، سیلیکون، کاربرد خارجی، کم آبی

۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Abouzar.abbasian@gmail.com

## مقدمه

برنج گیاهی است که به محیط‌های نیمه‌آبزی سازگاری پیدا کرده است و رشد و نمو آن نیازمند آب فراوان است (۴۰). این گیاه بیشترین مقدار مصرف آب در بین محصولات زراعی را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کمتر است، به طوری که برای تولید یک کیلوگرم برنج کم و بیش سه برابر گندم آب لازم است (۳۹). کاهش رطوبت خاک بر تمامی جنبه‌های رشد و نمو برنج از قبیل توسعه برگ، پنجه‌زنی، میزان فتوسنتز و عملکرد اثر منفی می‌گذارد (۱۹). گزارش شده است که بروز تنش خشکی در مرحله زایشی منجر به کاهش قابل توجه عملکرد و اجزای عملکرد دانه در برنج شد (۲۳). تخمین زده می‌شود که حدود ۵۰ درصد از مزارع تولید برنج در دنیا کم و بیش با تنش خشکی مواجه می‌شوند و در نتیجه خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد برنج مطرح است (۶). استفاده از منابع خارجی محافظت کننده‌های گیاهی (Phytoprotectants) نظیر محافظ‌های اسمزی، هورمون‌های گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌ها، مولکول‌های پیام‌رسان (Signaling molecules) و برخی عناصر از روش‌هایی است که به‌تازگی در جهت بالا بردن توان مقاومتی گیاهان در شرایط محیطی تنش‌زا مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. این محافظ‌های گیاهی قادرند در کنار ارتقای توان تحمل تنش‌ها، رشد و عملکرد گیاه را نیز افزایش دهند. بنابراین استفاده مناسب از این مواد می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی بسیار مهم در افزایش توان تحمل تنش‌های گوناگون در گیاهان زراعی مطرح شود (۱۴).

در سال‌های اخیر کاربرد خارجی مواد حفاظت کننده گیاهی از قبیل هورمون‌های گیاهی (مانند سالیسیلیک اسید)، آنتی‌اکسیدانت‌ها (مانند اسید آسکوربیک) و عناصر ریزمغذی (سلیسیم و سلیسیم) به‌عنوان یک راهکار برای کاهش اثرات سوء تنش‌های غیرزیستی بر گیاهان معرفی شده است. سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه،

جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند. القای گلدهی، جلوگیری از سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از دیگر نقش‌های مهم آن به‌شمار می‌رود (۱۶). به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق توسعه واکنش‌های ضدتنش نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تعدیل شرایط تنش‌زا و تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌شود (۱۵). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش تحمل به کمبود آب در گیاهچه‌های گندم شد (۲۲).

اسید آسکوربیک (ویتامین C) به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان نقش مهمی در رشد و نمو گیاه بر عهده دارد. این ترکیب به‌عنوان یک فاکتور تنظیم کننده رشد معرفی می‌شود که تأثیر زیادی در فرایندهای بیولوژیکی دارد (۲۰). اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان کوچک قابل حل در آب است که در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. به‌علاوه، اسید آسکوربیک به‌طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید، اکسیژن منفرد، به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در بازتولید آلفا توکوفرول (Alpha-Tocopherol) و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند (۴۲).

سلیسیم عنصری مفید برای گیاهان است، اگرچه ضروری بودن آن برای رشد و نمو آنها اثبات نشده است. شواهدی مبنی بر نقش حفاظتی کاربرد خارجی (Exogenous application) سلیسیم بر تنش خشکی در گیاه وجود دارد. شرکت در تعدادی از فرایندهای متابولیکی، شرکت در ساختار آنتی‌اکسیدان‌ها به‌ویژه آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز از مهم‌ترین نقش‌های آن است (۳). سلیسیم دارای نقش حیاتی در گیاه است که از آن جمله می‌توان به نقش سلیسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های اکسیداتیو و به تأخیر انداختن پیری (۴۱)، تجمع نشاسته در کلروپلاست‌ها (۲۷)، تنظیم وضعیت آبی گیاه تحت شرایط تنش (۲۱) و جلوگیری از تخریب کلروفیل در شرایط تنش (۳۳) اشاره کرد. محلول‌پاشی سلیسیم در برنج

## مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی برنج تنکابن واقع در استان مازندران به صورت طرح کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل رژیم آبیاری در دو سطح (آبیاری رایج (شاهد؛ غرقاب مستمر با ارتفاع ۵ سانتی متر) و قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی (۴۰ روز بعد از نشاکاری)) و عامل فرعی شامل محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی در پنج سطح (محلول پاشی سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک، اسید سالیسیلیک و عدم محلول پاشی (شاهد)) بود. نتایج تجزیه خاک نشان داد که pH خاک مزرعه برابر ۶/۹۶، هدایت الکتریکی آن برابر با ۰/۸۷ دسی زیمنس بر متر، مقدار نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب برابر ۰/۳۵ درصد، ۱۲ و ۱۶۲ میلی گرم در کیلوگرم و مقدار رس، سیلت و شن آن به ترتیب برابر با ۲۹، ۳۹ و ۳۲ درصد بود. داده های هواشناسی در جدول ۱ ارائه شده اند. ابتدا بذور رقم شیرودی (یک رقم اصلاح شده و پرمحصول که از تلاقی بین دو رقم خزر و دیلمانی طارم حاصل شده و در سال ۱۳۸۷ معرفی شد) در خزانه در زیر پوشش پلاستیکی پرورش داده شدند و در مرحله ۳-۵ برگی به مزرعه منتقل و به تعداد ۳ گیاهچه در هر کپه با تراکم توصیه شده (۲۵×۲۵ سانتی متر) نشا شد. ابعاد هر کرت ۳×۴/۵ متر بود. میزان کود مصرفی در زمین اصلی، ۴۶ کیلوگرم نیتروژن (N) از منبع اوره به همراه ۷۵ کیلوگرم پتاسیم (K<sub>2</sub>O) از منبع سولفات پتاسیم و ۶۰ کیلوگرم فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) از منبع سوپرفسفات تریپل بود. تمام کود سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و ۵۰ درصد کود شیمیایی مصرفی نیتروژن در زمان نشاکاری و ۵۰ درصد مابقی در زمان تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف به صورت سرک به خاک داده شد. کنترل کرت های آزمایشی از نظر علف های هرز و آفات و بیماری ها برحسب نیاز مطابق عرف منطقه انجام شد. برای کنترل ساقه خوار نواری برنج از روش های مختلف زراعی (مانند از بین بردن علف های هرز حاشیه مزارع،

*Oryza sativa*) (۷) سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و مقاومت به کمبود آب در آنها شد.

اگرچه سیلیسیم به عنوان عنصر ضروری برای گیاهان شناخته نشده و نقش آن در بیولوژی گیاه به صورت اندک درک شده است، ولی وظایف مهمی را در گیاهان ایفا می کند و سبب بهبود مقاومت گیاهان به تنش های محیطی، بیماری ها و آفات می شود. سیلیکون در گیاهان بیشتر مسئول بهبود ساختار گیاهی و برگ و همچنین فرایندهای متابولیکی مانند تبادل گاز، رنگدانه های فتوسنتزی و سیستم آنتی اکسیدانت است که نتیجه آن کارایی بهتر در ارتباط رشد و نمو و پارامترهای عملکردی است (۱۸). بتازگی در تحقیقات انجام شده به اثر مفید آن در چندین گونه گیاهی اشاره شده است، به ویژه در زمان بروز تنش های محیطی، با افزایش در فعالیت آنزیم های اکسید کننده و بالا بردن محتوای اسمولیت ها نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش های زنده و غیرزنده در گیاهان ایفا می کند (۱۷).

سیلیسیم تجمع یافته در اندام های تعرق کننده گیاه، می تواند منجر به تشکیل لایه کوتیکولی از سیلیسیم شود که به واسطه کاهش تعرق، موجب کاهش مصرف آب نیز شود (۲۹). گزارش شده است که با مصرف سیلیکات کلسیم، میزان تعرق و تعداد پنجه در برنج کاهش یافت (۲۴). همچنین مشخص شده است که کاربرد سیلیس باعث افزایش فعالیت آنزیم های ضد اکسید کننده (سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلووتاتیون ردوکتاز) شد و سبب کاهش میزان پراکسید هیدروژن و فعالیت اسید فسفولپیز ناشی از تنش شد (۱). بنابراین، با توجه به اهمیت کشت برنج و نیاز کشور به این محصول استراتژیک از یک طرف و از طرف دیگر با توجه به تغییر اقلیم و کاهش بارش های جوی و در نتیجه کمبود منابع آبی در سال های اخیر در کشور نیاز به انجام اقداماتی برای کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد برنج احساس می شود. لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی (اسید اسکوربیک، اسید سالیسیلیک، سیلیکون و سلنیوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی انجام شد.

جدول ۱. برخی پارامترهای هواشناسی منطقه تنکابن در طی فصل رشد گیاه برنج در سال ۱۳۹۷

| ماه      | مجموع بارندگی<br>(میلی متر) | میانگین دمای حداقل<br>(سلسیوس) | میانگین دمای حداکثر<br>(سلسیوس) | میانگین دمای ماهانه<br>(سلسیوس) | رطوبت نسبی<br>(درصد) |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| فروردین  | ۳۶/۲                        | ۹/۶                            | ۱۶/۵                            | ۱۳/۰                            | ۸۳                   |
| اردیبهشت | ۲۷/۳                        | ۱۴/۵                           | ۲۱/۵                            | ۱۸/۰                            | ۸۲                   |
| خرداد    | ۶۲                          | ۱۹/۳                           | ۲۶/۰                            | ۲۲/۷                            | ۷۹                   |
| تیر      | ۳۲/۱                        | ۲۴/۸                           | ۳۱/۸                            | ۲۸/۳                            | ۷۶                   |
| مرداد    | ۶۱/۸                        | ۲۴/۶                           | ۳۰/۸                            | ۲۷/۷                            | ۷۹                   |
| شهریور   | ۱۲۶/۴                       | ۲۲/۵                           | ۲۹/۱                            | ۲۵/۸                            | ۷۸                   |

از بین بردن بوته‌های آلوده در مزرعه و استفاده از تله‌های نوری در مزرعه) استفاده شد. برای کنترل بیماری قارچی بلاست برنج از قارچ‌کش تری‌سیکلازول (بیم) استفاده شد.

محلول‌پاشی برگ‌گی مواد محافظت‌کننده گیاهی در دو مرحله حساس از رشد گیاه؛ حداکثر پنجه‌زنی ((۴۵ روز بعد از نشاکاری؛ ۱۰ تیر) که گیاه تاج پوشش مناسب را برای افزایش کارایی جذب محلول داشت) و مرحله ظهور خوشه (۲۹ تیر) در کرت‌های آزمایش به‌وسیله سمپاش پستی شارژی صورت گرفت. زمان محلول‌پاشی ساعت ۱۷ تا ۱۹ بعدازظهر بود. محلول‌پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده از برگ‌های گیاه ادامه یافت. در تحقیق حاضر از سیلیکون به شکل متاسلیکات سدیم ( $\text{Sigma-Na}_2\text{SiO}_3$ ) با غلظت ۱۰ میلی‌مولار استفاده شد. تیمار سلنیوم با استفاده از نمک سلنات سدیم ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) با جرم مولکولی ۱۸۹ گرم با غلظت ۲۰ گرم در هکتار تهیه شد. میزان مصرف اسید سالیسیلیک و اسید اسکوربیک، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. همچنین برای بهبود و افزایش چسبندگی مواد محافظت‌کننده رشد گیاهی، از توئین ۸۰ به‌عنوان سورفکتانت (surfactant) استفاده شد. کلیه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان (Merck Company, Darmstadt, Germany) بودند. در تیمار شاهد نیز محلول‌پاشی با آب انجام شد. برای جلوگیری از ورود آب باران (بارندگی) به کرت‌های تحت تنش خشکی، از پوشش پلاستیکی به‌عنوان پناهگاه (شیلتر) استفاده شد.

عملکرد شلتوک در زمان رسیدن کامل از ۲/۵ مترمربع (۴۰ کپه) هر واحد آزمایشی پس از حذف حاشیه، برداشت و با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. برای اندازه‌گیری زیست‌توده برنج پس از حذف حاشیه‌ها، تعداد ۱۰ بوته در هر کرت کف‌بر و در درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و سپس به‌مدت ۷۲ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفته و با توزین آن زیست‌توده برنج تعیین شد. شاخص برداشت نیز با محاسبه نسبت عملکرد دانه به زیست‌توده برنج برحسب درصد به‌دست آمد. همچنین پس از حذف حاشیه‌ها تعداد ۱۰ بوته در هر کرت تعیین و ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور آن شمارش شد. در ضمن، با رعایت حاشیه تعداد ۱۰ خوشه ساقه اصلی در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و طول خوشه، تعداد کل دانه، تعداد دانه پر و دانه پوک در هر خوشه شمارش و میانگین آنها ثبت شد. همچنین در بین توده بذر مذکور وزن هزار دانه برای هر تیمار محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS V9.2 (۳۱)، مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی مواد محافظت‌کننده گیاهی برای صفات ارتفاع بوته، درصد باروری خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، برش‌دهی اثر متقابل در هر یک از سطوح تنش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 صورت گرفت و مقایسه میانگین سطوح محلول‌پاشی و رتبه‌بندی آنها در سطوح آبیاری متداول و تنش

خشکی به طور مجزا انجام شد (۳۵).

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی (تعداد پنجه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر در خوشه، باروری خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک، زیست توده و شاخص برداشت) به طور معنی داری تحت تأثیر تنش قرار گرفتند، درحالی که اثر محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه پر در خوشه، باروری خوشه، عملکرد شلتوک و زیست توده معنی دار شد. در ضمن، اثر متقابل بین تنش و محافظت کننده گیاهی تنها بر ارتفاع بوته، باروری خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک معنی دار شد (جدول ۲) که این امر نشان می دهد که واکنش بوته های برنج در شرایط رطوبتی مختلف به کاربرد محافظت کننده های گیاهی از نظر صفات مذکور متفاوت بود.

نتایج برش دهی اثر متقابل (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری رایج تفاوت معنی داری در ارتفاع بوته بین کاربرد مواد مختلف محلول پاشی و نیز عدم محلول پاشی وجود نداشت. در مقابل، در شرایط قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی، محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی اثر معنی داری بر افزایش ارتفاع بوته داشت، به طوری که در صورت قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی، عدم محلول پاشی (شاهد) کمترین ارتفاع بوته (۹۸/۴۴ سانتی متر) را ایجاد کرد (جدول ۵) و اختلاف معنی داری بین این تیمار با سایر مواد محافظت کننده گیاهی مشاهده شد. محلول پاشی گیاه برنج با سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک در شرایط قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی سبب افزایش ارتفاع بوته به ترتیب ۷/۹، ۸/۰۲، ۹/۰۳ و ۹/۱۴ درصد شد (جدول ۵). از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول ها به ویژه در ساقه و برگ ها است. این امر موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می شود. به همین دلیل

اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می توان از روی اندازه کوچک تر برگ ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد (۳۷). پژوهشگران گزارش کردند که محلول پاشی سلنیوم در شرایط مطلوب آبیاری و قطع آبیاری نسبت به تیمار عدم مصرف سلنیوم، ارتفاع بوته را افزایش داد (۳). فلاح و همکاران (۸) نتیجه گرفتند که مصرف کود سیلیس در کشت آبی باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه برنج در مرحله حداکثر پنجه زنی شد. پناهی و همکاران (۲۶) نیز دریافتند که با افزایش مصرف سیلیسیم از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع برنج به طور معنی داری افزایش یافت.

مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در شرایط آبیاری رایج به دست آمد و قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی سبب کاهش ۱۴/۹۵ درصدی صفت فوق شد (جدول ۳). سینگ و همکاران (۳۴) گزارش کردند که تنش آبی در مرحله استقرار گیاه (اوایل دوره رویش) موجب کاهش تعداد پنجه ها می شود؛ ولی چون پنجه های باقیمانده تعداد دانه و وزن هزار دانه بیشتری به ازای هر خوشه تولید می کنند؛ کاهش تعداد پنجه تأثیر زیادی بر عملکرد ندارد. به عبارت دیگر نقش جبرانی اجزای عملکرد در این شرایط موجب شد که تعداد دانه و وزن هزار دانه بتوانند اثر تعداد کم پنجه را جبران کنند.

بیشترین تعداد دانه پر در خوشه در شرایط آبیاری رایج به دست آمد و قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی موجب کاهش ۹/۲۸ درصدی تعداد دانه پر در خوشه شد (جدول ۳). وقتی محدودیت مواد فتوسنتزی وجود داشته باشد، دانه هایی که در شروع تشکیل هستند، سقط می شوند و در نتیجه تعداد دانه کاهش می یابد؛ بنابراین، وجود تنش خشکی به ویژه در مرحله رشد زایشی می تواند از این طریق باعث کاهش میانگین تعداد دانه شود. کمترین تعداد دانه پر در خوشه در شرایط عدم محلول پاشی (شاهد) حاصل شد (۹۱/۸۴ عدد) و استفاده از سلنیوم، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۲۴/۳۱، ۲۰/۲ و ۱۷/۴۸ درصدی تعداد دانه پر در خوشه

جدول ۲. میانگین مربعات اثر تنش خشکی و محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی بر صفات اندازه گیری شده در برنج رقم شیروزی

| منابع تغییرات            | میانگین مربعات |             |            |                      |             |                    |              |                          |                    |                        |
|--------------------------|----------------|-------------|------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
|                          | df             | ارتفاع بوته | تعداد پنجه | تعداد دانه در خوشه   | باروری خوشه | وزن هزار دانه      | عملکرد شلتوک | زیست توده                | شاخص برداشت        | پرویین                 |
| تکرار                    | ۲              | ۶/۰۹        | ۵/۵۳       | ۱۹۲/۵۳               | ۶/۰۸        | ۰/۱                | ۱۳۶/۰۷۲      | ۶۸۳۳/۱/۶۴                | ۱/۳۶               | ۰/۰۰۰۱                 |
| تنش                      | ۱              | ۲۴۲/۵۹**    | ۶۳/۵۶**    | ۷۶۹/۸۳**             | ۲۱۸/۴۵**    | ۵/۹۹**             | ۶۲۹۷/۲۱/۶۶** | ۵۳۷۹۸/۱/۶۳*              | ۱۱۹/۵۸*            | ۰/۰۰۳**                |
| خطای اصلی                | ۲              | ۹/۱۶        | ۱/۱۷       | ۱۱۱/۲۱               | ۱/۵۵        | ۰/۵۸               | ۱۰۵۹/۴/۸۷    | ۱۴۶۷۶۵/۹۸                | ۵/۷۶               | ۰/۰۰۰۰۰۲               |
| محافظت کننده گیاهی       | ۴              | ۳۴/۹۴**     | ۳/۱۳۵      | ۵۵۰/۱۶**             | ۴۸/۶۷**     | ۰/۶۹ <sup>ns</sup> | ۱۱۰۴۸۴۶/۱۶** | ۲۹۹۲۵۷۵/۶۶*              | ۸/۴۴ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۱**                |
| محافظت کننده گیاهی x تنش | ۴              | ۱۳/۹۱*      | ۲/۳۱۵      | ۲۱۷/۹۹ <sup>ns</sup> | ۲۱/۵۲**     | ۱/۴*               | ۵۳۶۱۱۴/۲۲*   | ۱۳۱۹۵۶۹/۱۶ <sup>ns</sup> | ۴/۸۷ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup> |
| خطا کل                   | ۱۶             | ۱۵/۱۹       | ۱/۲۳       | ۷۷/۴۸                | ۲/۶۳        | ۰/۲۹۹              | ۴۴۶۵۰۸/۴     | ۵۹۰۸۸۴/۴۶                | ۹/۱۷               | ۰/۰۰۰۰۰۲               |
| ضریب تغییرات CV (%)      |                | ۳/۵۸        | ۶/۱۵       | ۸/۴۵                 | ۲/۰۴        | ۲/۰۷               | ۱۰/۳۱        | ۹/۱۹                     | ۵/۷۵               | ۱۶/۸                   |

ns \* \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد است.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی و محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی بر صفات اندازه گیری شده در برنج رقم شیروزی

| منابع تغییرات                | df                  | تعداد پنجه در کبه   | تعداد دانه در خوشه    | زیست توده (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد)  | پرویین            | صفه                        |                            |
|------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              |                     |                     |                       |                              |                     |                   | میکرومول بر گرم وزن تر برگ | میکرومول بر گرم وزن تر برگ |
| تنش خشکی                     |                     |                     |                       |                              |                     |                   |                            |                            |
| آبیاری رایج (شاهد)           | ۱۹/۴۳ <sup>a</sup>  | ۱۰۹/۱۸ <sup>a</sup> | ۱۲۹/۶۶ <sup>ab</sup>  | ۵۳/۸۶ <sup>a</sup>           | ۴۹/۸۷ <sup>b</sup>  | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۴۳ <sup>a</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی | ۱۶/۵۶ <sup>b</sup>  | ۹۹/۰۵ <sup>b</sup>  | ۱۲۰/۵۲/۸ <sup>b</sup> | ۴۹/۸۷ <sup>b</sup>           | ۴۹/۸۷ <sup>b</sup>  | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۴۳ <sup>a</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| LSD (0.05)                   |                     | ۰/۸۶                | ۶/۸۱                  | ۶۶۸/۳۹                       | ۱/۷۵                | ۰/۰۰۶             | ۰/۰۰۶                      | ۰/۰۰۶                      |
| محافظت کننده های گیاهی       |                     |                     |                       |                              |                     |                   |                            |                            |
| سلیکون                       | ۱۸/۹۴ <sup>a</sup>  | ۱۱۴/۱۷ <sup>a</sup> | ۱۳۰/۱۷/۱ <sup>a</sup> | ۵۱/۶۵ <sup>ab</sup>          | ۵۱/۶۵ <sup>ab</sup> | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۲۱ <sup>b</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| سیلیکون                      | ۱۸/۵۶ <sup>ab</sup> | ۹۶/۲۸ <sup>b</sup>  | ۱۲۳۵۴/۳ <sup>ab</sup> | ۵۲/۶۳ <sup>ab</sup>          | ۵۲/۶۳ <sup>ab</sup> | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۲۱ <sup>b</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| اسید اسکوربیک                | ۱۷/۲۳ <sup>b</sup>  | ۱۱۰/۳۹ <sup>a</sup> | ۱۳۱۸/۸ <sup>a</sup>   | ۵۱/۶۷ <sup>ab</sup>          | ۵۱/۶۷ <sup>ab</sup> | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۲۱ <sup>b</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| اسید سالیسیلیک               | ۱۷/۱۳ <sup>ab</sup> | ۱۰۷/۸۹ <sup>a</sup> | ۱۲۵۵۶/۴ <sup>a</sup>  | ۵۳/۳۶ <sup>a</sup>           | ۵۳/۳۶ <sup>a</sup>  | ۰/۰۲ <sup>b</sup> | ۰/۰۲۱ <sup>b</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| عدم محلول پاشی (شاهد)        | ۱۷/۵ <sup>b</sup>   | ۹۱/۸۴ <sup>b</sup>  | ۱۱۳۵/۱/۳ <sup>b</sup> | ۵۰/۱۳ <sup>b</sup>           | ۵۰/۱۳ <sup>b</sup>  | ۰/۰۴ <sup>a</sup> | ۰/۰۴۳ <sup>a</sup>         | ۰/۰۰۶                      |
| LSD (0.05)                   |                     | ۱/۳۶                | ۱۰/۷۷                 | ۱۰۵۶/۸                       | ۲/۸۷                | ۰/۰۰۱۵            | ۰/۰۰۱۵                     | ۰/۰۰۶                      |

در هر ستون و برای هر جزء، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۴. برش دهی اثر متقابل سطوح محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی در هر سطح آبیاری برای برخی از صفات برنج

| میانگین مربعات        |                    |                     |                     | df | تنش                          |
|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----|------------------------------|
| عملکرد شلتوک          | وزن هزار دانه      | باروری خوشه         | ارتفاع بوته         |    |                              |
| ۱۲۹۷۰۵ <sup>ns</sup>  | ۰/۴۵ <sup>ns</sup> | ۳/۹۹ <sup>ns</sup>  | ۵/۶۸ <sup>ns</sup>  | ۴  | آبیاری رایج                  |
| ۱۵۱۱۲۵۶ <sup>**</sup> | ۱/۶۵ <sup>**</sup> | ۶۶/۲۱ <sup>**</sup> | ۴۳/۱۷ <sup>**</sup> | ۴  | قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی |

ns, \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد است.

جدول ۵. برش دهی مقایسه میانگین تأثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی برای برخی از صفات برنج رقم شیرودی

| تیمار                   |                    |                     |                                 | LSD (۰/۰۵)                                    |
|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| ارتفاع بوته (سانتی متر) | باروری خوشه (درصد) | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) |   |
| ۱۰۶/۲۲ <sup>a</sup>     | ۸۱/۹۹ <sup>a</sup> | ۲۶/۴ <sup>a</sup>   | ۶۲۹۸/۲۲ <sup>a</sup>            | سلنیوم  |
| ۱۰۶/۳۳ <sup>a</sup>     | ۷۶/۹۷ <sup>b</sup> | ۲۶/۳۳ <sup>a</sup>  | ۶۲۶۴/۷۳ <sup>a</sup>            | سیلیکون                                       |
| ۱۰۷/۳۳ <sup>a</sup>     | ۷۶/۹۳ <sup>b</sup> | ۲۵/۸۷ <sup>ab</sup> | ۶۴۲۴/۲ <sup>a</sup>             | قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی<br>اسید اسکوربیک |
| ۱۰۷/۴۴ <sup>a</sup>     | ۷۷/۹۱ <sup>b</sup> | ۲۶/۸ <sup>a</sup>   | ۶۳۲۹/۲۴ <sup>a</sup>            | اسید سالیسیلیک                                |
| ۹۸/۴۴ <sup>b</sup>      | ۶۹/۰۴ <sup>c</sup> | ۲۴/۸۷ <sup>b</sup>  | ۴۷۴۷/۶۲ <sup>b</sup>            | عدم محلول پاشی (شاهد)                         |
| ۳/۶۲                    | ۲/۴۳               | ۱/۲۶                | ۸۱۳/۷                           |   |

حروف مشترک در هر سطح آبیاری، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بین مقادیر مواد محافظت کننده گیاهی در سطح احتمال پنج درصد است.

محافظت کننده رشد در افزایش درصد باروری خوشه فقط در شرایط تنش خشکی است.

نتایج به دست آمده از برش دهی مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که در شرایط آبیاری رایج، محلول پاشی انواع مواد محافظت کننده گیاهی مورد بررسی در این تحقیق سبب افزایش معنی دار وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد عدم محلول پاشی نشد. در مقابل، در شرایط قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی میزان وزن هزار دانه در صورت محلول پاشی با سلنیوم (۲۶/۴ گرم)، سیلیکون (۲۶/۳ گرم) و اسید سالیسیلیک (۲۶/۸ گرم) به طور معنی داری بیشتر از مقدار آن در شرایط عدم محلول پاشی (۲۴/۹ گرم) بود. به نظر می رسد در اثر افزایش میزان تبخیر و تعرق و کاهش پتانسیل آب در گیاه، راندمان فتوسنتز پایین آمده و تولید و انتقال مواد فتوسنتزی کاهش می یابد، این امر حساسیت وزن هزار دانه را به کمبود آب در مرحله پر شدن دانه نشان می دهد. احتمال دارد ادامه روند تنش خشکی بر انتقال جاری و مجدد مواد فتوسنتزی بوته ها تأثیر

شد، اما اختلاف معنی داری بین مصرف سیلیکون و عدم محلول پاشی (شاهد) مشاهده نشد (جدول ۳). هر چند با اعمال تنش خشکی تعداد دانه در خوشه کاهش یافت، با این حال با محلول پاشی سالیسیلیک اسید شرایط تنش خشکی، مقدار کاهش تعداد دانه در بوته نسبت به عدم کاربرد آن کمتر بود. به نظر می رسد بالاتر بودن عملکرد دانه در اثر مصرف سالیسیلیک اسید به این دلیل است که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث نگهداری آب و شکل گیری بهتر اندام های زایشی می شود (۱۳).

با توجه به نتایج برش دهی مقایسه میانگین (جدول ۵)، مشخص شد که در شرایط آبیاری رایج تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف تیمارهای محلول پاشی از لحاظ درصد باروری خوشه مشاهده نشد؛ در حالی که در شرایط قطع آبیاری حداکثر درصد باروری خوشه (۸۱/۹۹ درصد) در صورت محلول پاشی با سلنیوم و حداقل آن در شاهد عدم محلول پاشی به میزان ۶۹/۰۴ درصد بود. این نتایج بیانگر اثر مثبت کاربرد مواد

بروز تنش خشکی در محیط رشد گندم باعث کاهش اندازه گیاه و وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش عملکرد و شاخص برداشت می‌شود. پژوهشگران دریافته‌اند که اسید آسکوربیک به دلیل نقش آن به‌عنوان کوفاکتور مهم در بیوستنز بسیاری از هورمون‌های گیاهی از طریق احیای این هورمون‌ها سبب تعدیل آثار تنش، افزایش تقسیم و گسترش سلولی و افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه، وزن دانه و عملکرد دانه می‌شود (۳۶).

گزارش شده است که اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد دانه شد. امین و همکاران (۲) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم تحت تأثیر محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک افزایش قابل توجهی داشت. گیاهان برنج تیمار شده با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید اثری مثبت روی فتوستنز و رشد برنج در مقایسه با تیمارهای ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر داشتند و مقاومت بیشتری به تنش خشکی نشان دادند (۱۰). گرچه ژنوتیپ‌های برنج حساس به خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل برنج دارای مقادیر کمتری از سالیسیلیک اسید هستند، اما بین تنش‌های غیرزیستی و تجمع سالیسیلیک اسید همبستگی وجود ندارد (۲۵).

نتایج نشان داد که سلنیوم در شرایط تنش عملکرد و اجزای عملکرد دانه را نسبت به تیمار بدون مصرف سلنیوم افزایش داد که این مسئله به نقش مؤثر سلنیوم در تعدیل اثرات تنش خشکی در دوره رویشی و زایشی مربوط می‌شود. سلنیوم به‌کار برده شده در گیاهان در شرایط کمبود آب اثرات حفاظتی بهتری را در برابر خسارت تنش نشان داد. در آزمایشی گزارش شده است که با افزایش مقدار سلنیوم به میزان ۵۰ گرم در هکتار عملکرد دانه برنج افزایش یافت. آنها گزارش کردند که کاربرد سلنیوم باعث افزایش نرخ فتوستنز، غلظت دیاکسید کربن بین سلولی و کارایی تعرق در گیاه و در نتیجه باعث بهبود فتوستنز شده و از این طریق منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه برنج

منفی گذاشته و در نهایت مواد منتقل شده به دانه کاهش یافته است و همین مسئله منجر به کاهش وزن دانه‌ها شده است. گونگ و همکاران (۱۲) گزارش دادند تحت تنش خشکی سیلیکون سبب کاهش کمتر وزن سنبله در همه ارقام گندم شده است. آنها همچنین اظهار کردند سیلیکون از طریق تقویت انتقال مواد فتوستنزی به اندام‌های زایشی سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شود.

همچنین نتایج برش‌دهی اثر متقابل (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری رایج، محلول‌پاشی با مواد محافظت‌کننده گیاهی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت، درحالی‌که در صورت قطع آبیاری از مرحله پنجه‌زنی، اثر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی و در صورت عدم محلول‌پاشی، عملکرد دانه به میزان ۲۹/۳ درصد نسبت به آبیاری رایج و عدم محلول‌پاشی کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که در صورت قطع آبیاری از مرحله پنجه‌زنی، محلول‌پاشی با سلنیوم، سیلیکون، اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۳۲/۶، ۳۱/۹، ۳۵/۳ و ۳۳/۳ درصد نسبت به شاهد (نبود) محلول‌پاشی شد (جدول ۵). امام و همکاران (۷) افزایش عملکرد دانه گیاه برنج تیمار شده با سیلیکون و سلنیوم در شرایط تنش خشکی را گزارش کردند. فرخ و همکاران (۹) و (۱۰) نتایج مشابهی را در خصوص بهبود تحمل گیاه برنج تیمار شده با اسید سالیسیلیک و افزایش عملکرد دانه را گزارش کردند.

با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد تقلیل یافت و این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوستنز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه است که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد. تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد می‌شود (۳۷). قندی و جلالی (۱۱) گزارش کردند کمبود آب و



توانست از راه افزایش عملکرد اقتصادی سبب افزایش شاخص برداشت در ذرت شود (۳۸).

اسید آمینه پرولین که تحت شرایط تنش خشکی در سلول های گیاهی تجمع می یابد به عنوان یک آنتی اکسیدان غیر آنزیمی مطرح می شود و به دلیل نقش حفاظتی که در سلول ایفا می کند، در شرایط تنش های محیطی می تواند گیاه را از آسیب های احتمالی حفظ کند. در سلول های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از ایجاد سمیت در سلول می شود (۵). بیشترین میزان پرولین مربوط به قطع آبیاری از مرحله پنجه زنی و کمترین میزان مربوط به آبیاری رایج بود، به طوری که در شرایط تنش میزان پرولین ۱۱۵ درصد نسبت به آبیاری رایج افزایش یافت (جدول ۳). محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی بر تجمع پرولین تأثیر گذاشت به نحوی که با محلول پاشی سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک تجمع پرولین به ترتیب به مقدار ۹۵/۳۵، ۹۵/۵۸، ۹۵/۱۲، ۹۵/۳۵ (آبیاری معمول) کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می رسد که کاربرد مواد محافظت کننده گیاهی می تواند با بهبود شرایط رشد و تسکین اثر تنش خشکی در ذرت، بر تنظیم اسمزی یاخته اثر گذاشته و تولید پرولین را به منظور تنظیم فشار اسمزی یاخته کاهش دهد (۳۸).

عرفان و همکاران (۴) گزارش کردند اسید سالیسیلیک از طریق حفظ رطوبت و تنظیم فرایندهای فتوسنتز و رشد، باعث تعدیل اثرات تنش زا و افزایش ماده خشک در گندم شد. فلاح و همکاران (۸) در بررسی تأثیر سیلیس بر رشد رویشی ارقام برنج به این نتیجه دست یافتند که کاربرد مکمل های فعال سیلیس می تواند گیاه را نسبت به تنش های کوتاه مدت محافظت کند. صدقی (۳۲) گزارش کرد که تعداد پنجه در کپه تحت تأثیر مصرف سیلیسم قرار نگرفت. وی نشان داد شاخص برداشت برنج تحت تأثیر سیلیسم قرار نگرفت اما روند آن افزایشی بود زیرا میزان عملکرد دانه را نسبت به عملکرد کاه با شدت بیشتری افزایش داد. نولا و همکاران (۲۴) در نتایج خود اظهار داشتند که مصرف سیلیسم عملکرد بیولوژیکی را افزایش می دهد.

شد (۴۳). محلول پاشی 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 به ترتیب ۷/۳ و ۱۸/۲ درصد و عملکرد بیولوژیک را ۱۰/۲ و ۱۰/۴ افزایش داد (۳۰). به نظر می رسد سیلیکون در غلات با افزایش مقدار محصول و همچنین افزایش پر شدن دانه ها منجر به بهبود عملکرد اقتصادی می شود (۱۷).

نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش زیست توده و شاخص برداشت شد، به طوری که تحت شرایط تنش خشکی، زیست توده و شاخص برداشت به ترتیب ۶/۶۱ و ۷/۴۱ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی موجب افزایش زیست توده شد؛ به طوری که اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) و محلول پاشی مواد محافظت کننده گیاهی مشاهده شد. محلول پاشی با سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش زیست توده به مقدار ۱۴/۶۷، ۸/۸۴، ۱۵/۵۷ و ۱۰/۶۲ درصد شد (جدول ۳). گزارش شده است که کاهش فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای و همچنین مقدار کلروفیل کمتر در شرایط تنش می تواند منجر به کاهش تولید زیست توده شود (۲۸).

اسید آسکوربیک از طریق خنثی کردن رادیکال های آزاد سوپراکسید و اکسیژن حاصل از تنش سبب حفاظت و یکپارچگی غشای کلروپلاستی شده، عملکرد نرمال دستگاه فتوسنتزی را بالا برده و سبب تجمع کربوهیدرات های محلول می شود (۲۰)؛ بنابراین محلول پاشی اسید آسکوربیک می تواند عملکرد زیست توده گیاه را از راه افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ گیاه پس از خروج از شرایط تنش افزایش دهد. در شرایط قطع آبیاری عملکرد اقتصادی از راه کاهش عامل های مؤثر در رشد مانند سرعت رشد محصول و اندازه نهایی برگ کاهش یافته و همین امر سبب کاهش شاخص برداشت می شود. محلول پاشی با اسید آسکوربیک در مراحل مختلف قطع آبیاری

## نتیجه گیری کلی

۳۳/۳ درصد نسبت به شاهد عدم محلول پاشی شد و در نتیجه این مواد نقش کمک‌رسانی و تعدیل اثرات منفی تنش خشکی را داشتند. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین مواد محافظت‌کننده گیاهی از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت. از این رو محلول پاشی این مواد در شرایط تنش می‌تواند سبب کاهش و یا رفع اثرات سوء تنش خشکی شده و در نتیجه عملکرد برنج در شرایط تنش خشکی را بهبود ببخشد.

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به میزان به ترتیب ۵/۱۵، ۱۴/۹۵، ۳/۳۴ و ۱۳/۴۱ درصد شد. در مقابل، محلول پاشی مواد محافظت‌کننده گیاهی موجب افزایش عملکرد شلتوک شد به طوری که محلول پاشی سلنیوم، سیلیکون، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب ۳۲/۶، ۳۱/۹، ۳۵/۳ و

## منابع مورد استفاده

1. Abdel-Haliem, M. E. F., H. S. Hegazy, N. S. Hassan and D. M. Naguib. 2017. Effect of silica ions and nano silica on rice plants under salinity stress. *Ecological Engineering* 99: 282-289.
2. Amin, A. A., S. Li, M. Rashad, A. Fatma and A. E. Gharit. 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. *Basic Applied Science* 2: 252-261.
3. Andrade, F. R., G. N. da Silva, K. C. Guimarães, H. B. F. Barreto, K. R. D. de Souza, L. R. G. Guilherme, V. Faquin and A. R. s dos Reis. 2018. Selenium protects rice plants from water deficit stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 164: 562-570
4. Arfan, M., H. A. Athar and M. Ashraf. 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? *Plant Physiology* 164: 685-694.
5. Bayoumi, T., M. H. Eid and E. Metwali. 2010. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 7: 2341-2352.
6. Bouman, B. A., S. Peng, A. R. Castaneda and R. M. Visperas. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agricultural Water Management* 74(2): 87-105.
7. Emam, N. M., H. M. Khattab, N. M. Helal and A. E. Abdelsalam E Deraz. 2014. Effect of selenium and silicon on yield quality of rice plant grown under drought stress. *Australian Journal of Crop Science* 8(4): 596-605.
8. Fallah, A., S. Noori and Y. Niknejad. 2016. Investigation of effects of environment and silicon spray on vegetative growth of rice cultivars in autumn season. *Applied Research of Plant Ecophysiology* 2(2): 47-58. (In Farsi).
9. Farooq, M., A. Wahid, D. J. Lee, S. A. Cheema and T. Aziz. 2010. Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 336-345.
10. Farooq, M., S. Basra, A. Wahid, N. Ahmad and B. Saleem. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(4): 237-246.
11. Ghandi, A. and A. Jalali. 2013. Effects of moderate drought last season on wheat agronomic characteristics. *Journal of Crop Production* 6(2): 117-134. (In Farsi).
12. Gong, H., K. Chen, G. Chen, S. Wang, and C. H. Zhang. 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. *Journal Plant Nutrition* 26: 1055-1063.
13. Habibpoor, S., A. Naderi, S. Lak, H. Faraji and M. Mojaddam. 2016. Effects of salicylic acid on yield and some physiological characteristics of sweet corn hybrids in water deficient condition. *Iranian Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 1(2): 1-15. (In Farsi).
14. Hasanuzzaman, M., T. I. Anee, T. F. Bhuiyan, K. Nahar and M. Fujita. 2019. Emerging Role of Osmolytes in Enhancing Abiotic Stress Tolerance in Rice. PP: 677-708. In: Hasanuzzaman, M., M. Fujita, K. Nahar and J. K. Biswas (Eds.), *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. Woodhead Publishing, United Kingdom.
15. Jini, D. and B. Joseph. 2017. Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. *Rice Science* 24(2): 97-108.
16. Karami Chame, S., B. Khalil-Tahmasbi, P. ShahMahmoodi, A. Abdollahi, A. Fathi, S. J. Seyed Mousavi and S. Bahamin. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and pseudomonas on the physiological characteristics and

- yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). *Scientia* 14(2): 234-238.
17. Khajeh, M., S. M. Mosavi Nik, A. R. Sirous Mehr, P. Yadollahi and A. Amiri. 2015. Effect of drought stress and foliar application of silicon on grain yield and photosynthetic pigments of wheat under Sistan conditions. *Crop Physiology Journal* 7(26): 5-19. (In Farsi).
  18. Kumar, A., A. K. Nayak, B. S. Das, N. Panigrahi, P. Dasgupta, S. Mohanty, U. Kumar, P. Panneerselvam and H. Pathak. 2019. Effects of water deficit stress on agronomic and physiological responses of rice and greenhouse gas emission from rice soil under elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Science of the Total Environment* 650(2): 2032-2050.
  19. Kumar, R., K. Sreenu, N. Singh, N. Jain, N. K. Singh and V. Rai. 2015. Effect of drought stress on contrasting cultivars of rice. *International Journal of Tropical Agriculture* 33: 1559-1564.
  20. Kurutas, E. B. 2016. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutrition Journal* 15(1): 71.
  21. Kuznetsov, V. V., V. P. Kholodova, V. V. Kuznetsov and B. A. Yagodin. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. *Doklady Biological Sciences* 390: 266 -268.
  22. Lamaoui, M., M. Jemo, R. Datla and F. Bekkaoui. 2018. Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. *Frontiers in chemistry* 6: 1-14.
  23. Mukamuhirwa, A., H. P. Hovmalm, R. Ortiz, O. Nyamangyoku, M. L. Prieto-Linde, A. Ekholm and E. Johansson. 2019. Effect of intermittent drought on grain yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) grown in Rwanda. *Journal of Agronomy and Crop Science* 00: 1-11.
  24. Nolla, A., R. J. Faria, G. H. Korndorfer and T. R. B. Silva. 2012. Effect of silicon on drought tolerance of upland rice. *Journal of Agriculture & Environment* 10(1): 269-272.
  25. Pal, M. V., G. Kovacs, V. Szalai, X. Soos, H. Ma, H. Liu, H. Mei and T. Janda 2014. Salicylic acid and abiotic stress responses in rice. *Journal of Agronomy and Crop Science* 200(1): 1-11.
  26. Panahi, A., H. Aminpanah and P. Sharifi. 2015. Effect of nitrogen, bio-fertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Journal of Crop Science* 40(1): 76-81.
  27. Pennanen, A., T. Xue and H. Hartikainen. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany* 76: 66-76.
  28. Pirasteh-Anosheh, H., A. Saed-Moucheshi, H. Pakniyat and M. Pessarakli. 2016. Stomatal Responses to Drought Stress, Water Stress and Crop Plants: a Sustainable Approach. Wiley, New York, USA.
  29. Rao, G. B. and P. Susmitha. 2017. Silicon uptake, transportation and accumulation in rice. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(6): 290-293.
  30. Sajedi, N. A., H. Madani and A. Aeineband. 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 Farsi).
  31. SAS Institute. 2009. SAS User's Guide: Statistics (Vol. 2). SAS Inst.
  32. Sedghy, A. 2007. Evaluation of effect of application silicon and nitrogen in rice Var. Tarom Hashmi. A Thesis for the Degree of Master of Science in Breeding, Mazandaran Agriculture University. (In Farsi).
  33. Seppanen, M., M. Turakainen and H. Hartikainen. 2003. Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science* 165: 311-319.
  34. Singh, Y. P., V. K. Mishra, S. Singh, D. K. Sharma, D. Singh, U. S. Singh, R. K. Singh, S. M. Haefele and A. M. Ismail. 2016. Productivity of sodic soils can be enhanced through the use of salt tolerant rice varieties and proper agronomic practices. *Field Crops Research* 190: 82-90.
  35. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press (2th Ed.). (In Farsi).
  36. Taqi, A. K., M. Mazid and M. Firoz. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. *Journal of Agrobiolgy* 28(2): 97-111.
  37. Tayebi, A., F. Farahvash, B. Mirshekari, A. Tari-nejad and M. Yarnia. 2018. Effect of shoot application of Salicylic acid on some growth parameres and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. *Journal of Plant Ecophysiology* 10(32): 78-93. (In Farsi).
  38. Towhidi Moghaddam, H. 2017. Effect of foliar application of ascorbic acid on quantitative and qualitative traits as well as some biochemical changes in leaves of grain corn (*Zea maize* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 48(2): 365-375. (In Farsi).
  39. Tuong, T. P. and B. A. M. Buman. 2003. Rice Production in Water Scarce Environments. PP. 53-67. In: Jkijne, J. W., R. Barker and D. Molden (Eds.), Water Productivity in Agriculture, Limits and Opportunities for Improvement. International Water Management.
  40. Upadhyay, R. K. 2016. How rice (*Oryza sativa* L.), a semi-aquatic adapt to natural flood or submerged conditions. A Physiological Perspective. *Sains Malaysiana* 45: 879-882.
  41. Xue, T. L., H. Hartikainen and V. Piironen. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on

- senescing lettuce. *Plant and Soil* 237: 55-61.
42. Ye, N., G. Zhu, Y. Liu, A. Zhang, Y. Li, R. Liu, L. Shi, L. Jia and J. Zhang. 2012. Ascorbic acid and reactive oxygen species are involved in the inhibition of seed germination by abscisic acid in rice seeds. *Journal of Experimental Botany* 63: 1809-1822.
43. Zhang, M., S. H. Tang, X. Huang, F. B. Zhang, Y. W. Pang, Q. Y. Huang and Q. Yi. 2014. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and Experimental Botany* 107: 39-45.

## Effect of Foliar Application of Phytoprotectants on Yield of Rice (*Oryza sativa* Cv. Shiroudi) under Drought Stress

A. Abbasian<sup>1\*</sup> and H. Aminpanah<sup>2</sup>

(Received: June 28-2020; Accepted: July 25-2020)

### Abstract

Drought is one of the most important factors limiting crop yield and foliar application of phytoprotectants is an important management strategy for increasing crop resistance to drought stress. This research was conducted at Rice Research Station of Tonekabon, Iran, in 2018 by using a split-plot based on a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replicates. Main plots were irrigation regimes [common irrigation (control), and irrigation withhold from tillering stage (45 days after transplanting)] and subplots were foliar application of phytoprotectants (control, selenium, silicon, ascorbic acid, salicylic acid). The results showed that irrigation withhold from tillering stage caused a 29.3% reduction in grain yield in the absence of foliar application. Drought stress decreased plant height, tiller number and 1000-grain weight by 15.5, 14.95 and 3.34%, respectively. Drought stress increased proline content by 115%. Also, in the irrigation withhold from tillering stage, foliar application with selenium, silicon, ascorbic acid, and salicylic acid led to increase in floret fertility percentage and 1000-grain weight, thereby increasing the grain yield up to 32.6, 31.9, 35.3 and 33.3%, respectively, compared to no foliar application (control). In general, the results of this study showed that foliar application of phytoprotectants can reduce the adverse effects of drought stress and improve the grain yield of rice under drought stress conditions.

**Keywords:** Ascorbic acid, Salicylic acid, Selenium, Silicon, Exogenous application, Water deficit

---

1. Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: abouzar.abbasian@gmail.com