بررسی تأثیر نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین بر برخی از خصوصیات رویشی و بیوشیمیایی کلزا تحت تنش غرقابی

مهسا حریرفروش[۱]، علی سروش‌زاده[۱*] و فائزه قناتی[۲]

[۱]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، [۲] بخش علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۲٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۱۱/۰۷)

چکیده

با توجه به اینکه تاکنون در مورد تأثیر مصرف نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین بر ویژگی‌های رویشی گیاه کلزا و تغییرات بیوشیمیایی آن در شرایط تنش غرقابی مطالعه‌ای نشده، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه اجرا شد. فاکتورهای این آزمایش شامل تنش غرقابی در دو سطح (I_0= عدم غرقاب، I_1= غرقاب به مدت ۱۰ روز) و محلول پاشی نیترات پتاسیم و پلی‌آمین پوترسین در پنج سطح (M_0= عدم محلول پاشی، M_1= غلظت ۱۰ پی پی ام نیترات پتاسیم، M_2= غلظت ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم، M_3= غلظت ۱۰ پی پی ام پلی آمین پوترسین، M_4= غلظت ۲۰ پی پی ام پلی آمین پوترسین) بود. نتایج نشان داد که اثرات اصلی تنش غرقابی و محلول پاشی نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، سبزینگی برگ، وزن خشک کل گیاه و فعالیت آنزیم‌ها (کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز) معنی دار بود. طبق نتایج به دست آمده بیشترین افزایش صفات مورفولوژی تحت محلول‌پاشی ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم و ۲۰ پی پی ام پلی‌آمین پوترسین حاصل شد. همچنین محلول‌پاشی ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم موجب بیشترین افزایش در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز شد.بنابراین با استفاده از نیترات پتاسیم و پلی‌آمین پوترسین اثرات تنش غرقابی را کاهش داد.

کلمات کلیدی: پراکسیداز، پلی آمین پوترسین، تنش غرقابی، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز

مقدمه

کلزا به عنوان یکی از دانه‌های روغنی مهم در سطح جهان مطرح می‌باشد و کشت آن در ایران نیز در حال گسترش است. این گیاه به دلیل دارا بودن صفات مثبت زراعی نظیر مقاومت به سرما، مقاومت به کم آبی و تحمل شوری، ارزش تناوبی بالا، دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه، هزینه کمتر تولید و عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح نسبت به دیگر دانه‌های روغنی مورد کشت در کشور برتری دارد و می‌تواند جهت کاشت در اکثر استان‌های کشور پیشنهاد گردد (کلانتر احمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

تقریباً یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت ایران دارای مشکل غرقابی است (یانق و خواجه حسینی، ۱۳۹۳). این پدیده به دلیل افزایش بارندگی، بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، تهویه نامناسب زمین، آبیاری بیش از حد نیاز، سیلاب، نفوذپذیری پایین خاک و شیب کم به وجود می‌آید (Bolkhina *et al.*, 2003; Malik *et al.*, 2002). از اثرات مهم

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: m Soroosh@modares.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

غرقابی می‌توان به کاهش مقدار جذب آب و جذب مواد غذایی گیاه اشاره کرد. از دیگر اثرات تنش غرقابی کاهش تنفس، فتوسنتز، تقسیم سلولی، جوانه‌زنی و همچنین تأثیر بر فعالیت هورمون‌ها، افزایش اسیدی‌شدن سیتوپلاسم و تخمیر بی‌هوازی، افزایش غلظت کلسیم سیتوزولی، تغییر در حالت احیاء خاک و کاهش عملکرد غشا است (Mauchamp and Methy, 2004). مشاهده شده است که در برخی از سال‌ها، رشد و استقرار گیاهچه‌های جوان کلزای زمستانه در ابتدای فصل (پاییز) در اثر بارش بیش از حد باران مختل شده و یا به کلی از بین می‌روند تأثیر دوره‌های غرقابی ۳ تا ۳۰ روزه بر میزان کاهش عملکرد کلزا، بسته به شرایط اقلیمی و مرحله نمو گیاه، بسیار متفاوت است (Din *et al.*, 2011). در تحقیقی گزارش کردند که، تنش غرقابی در مرحله جوانه‌زنی و ظهور جوانه گلدار در گیاه کلزا به طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ، فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و کاتالاز، انباشتگی مالون‌دآلدئید و تولید اتیلن برگ، سرعت فتوسنتز برگ و توانایی اکسیداسیون ریشه می‌شود. همچنین ارتفاع گیاه، عرض ساقه و تعداد شاخه‌های اولیه در این گیاه کاهش یافت (Din *et al.*, 2011). وقوع شرایط غرقابی دسترسی گیاه به یون‌ها را در محلول خاک کاهش داده و به‌ویژه باعث کاهش دسترسی گیاه به نیتروژن، فسفر، کلسیم و پتاسیم در کلزا می‌گردد (علیخانی فرد و اصفهانی، ۱۳۸۹). بنابراین انتخاب کود مناسب برای تأمین نیاز کودی گیاه در شرایط غرقابی و بعد از آن از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از این ترکیبات معدنی نیترات پتاسیم می‌باشد. این کود به دلیل تعادل بالای نیترات نسبت به آمونیوم نقش مهمی در جذب یون کلسیم و منیزیم داشته و مانع از بین رفتن ریشه در دمای بالا می‌شود (Neue *et al.*, 1998).

طبق آزمایش انجام شده در گیاه طالبی استفاده از محلول نیترات‌پتاسیم باعث افزایش مقاومت این گیاه به شوری می شود. در واقع با استفاده از این ماده مقدار K و N در برگ‌های گیاه بیشتر و در نتیجه مقاومت آن در برابر شوری افزایش می یابد (Kayak *et al.*, 2006). در آزمایشی دیگر مصرف نیترات پتاسیم در دو رقم گندم زمستانه Jn_{17} و Dk_{961} باعث کاهش اثرات شوری و کلریدسدیم شده است (Zheng *et al.*, 2008). در آزمایشی در آفتابگردان پرایمینگ بذور با استفاده از پلی آمین‌ها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و میزان ماده خشک گیاهچه شد (Farooq *et al.*, 2007). بر اساس آزمایشی پیش تیمار کردن بذور گندم با استفاده از ترکیبات پلی‌آمین باعث افزایش مقاومت به تنش شد (Iqbal and Ashraf, 2005). در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت انجام گرفت پیش‌تیمار بذور ذرت توسط پلی‌آمین با افزایش میزان تبادل گاز در برگ و تجمع رنگدانه‌های پلاستید و پروتئین محلول اثر مثبتی روی گیاه ذرت داشته است (Berova *et al.*, 2005). پلی‌آمین‌ها دسته‌ای از ترکیبات طبیعی با وزن ملکولی کم و دارای گروه-های نیتروژن‌دار خطی هستند که تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند و درطیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران و واکنش به تنش‌های محیطی نقش ایفا می‌کنند (Yamamuro *et al.*, 2016). پلی آمین‌های معمول که در هر سلول گیاهی یافت می‌شوند، عبارتند از:پوترسین (دی آمین)، اسپرمیدین (تری‌آمین) و اسپرمین (تتراآمین). پلی‌آمین‌ها به مولکول‌های آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدهای پکتینی و همچنین به انواع مختلفی از آنزیم‌ها، متصل شده و فعالیت آنها را تنظیم می‌کند (Benavides *et al.*, 2000; Tiburcio *et al.*, 1993). بر اساس گزارش محققان پلی‌آمین‌ها یکی از ترکیبات مهم در مقاومت گیاهان به تنش‌ها می‌باشند و باعث کاهش اثرات سوء تنش‌ها می‌شوند (Liu *et al.*, 2007; Ali Fayez and Ali Bazai, 2013).

در یک آزمایش تحت شرایط غرقابی در برگ‌ها حالت زردی و پیری ایجاد شد همچنین کاهش در سطح برگ، ماده خشک، ظرفیت آب نسبی و مقدار کلروفیل در برگ‌ها مشاهده گردید. همچنین تنش اکسیداتیو به صورت رادیکال سوپراکسید و پراکسید هیدروژن مشاهده شد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند سوپراکسیددسموتاز، اسکوربات پروکسیداز، گلوتاتیون ریداکتاز و کاتالاز تحت شرایط غرقابی افزایش پیدا کردند (Kumutha *et al.*, 2007). در آزمایشی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

گیاه گوجه‌فرنگی پیش‌تیمار بذور با پلی‌آمین پوترسین در شرایطی که ریشه گیاه تحت شرایط غرقابی با کمبود اکسیژن مواجه شد باعث افزایش مقاومت این گیاه به کمبود اکسیژن شد (Nada *et al.*, 2004). استفاده از پلی‌آمین روی گیاه پیاز باعث افزایش مقاومت گیاه به شرایط غرقابی گردید. بر اساس این آزمایش پلی‌آمین پوترسین از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و افزایش فعالیت آنها باعث افزایش مقاومت پیاز به شرایط غرقابی می‌شود (Yiu *et al.*, 2008). تیمار پوترسین تولید اتیلن در میوه توت‌فرنگی را کاهش داد. ممانعت از تولید اتیلن بارزترین ویژگی پلی‌آمین‌ها می‌باشد و بسیاری از آزمایش‌ها نقش ضد اتیلنی پلی‌آمین‌ها را تأیید می‌کنند. گزارش شده است که در بعضی گیاهان که پلی‌آمین بیشتری تولید می‌کنند، سطوح اتیلن در آن‌ها پایین‌تر است (Zheng *et al.*, 2008). از طرفی استفاده از پلی آمین¬ها باعث افزایش فعالیت آنتی¬اکسیدانتی گیاهان درشرایط تنش غرقابی می¬شود (Arbon *et al.*, 2008) که در نتیجه منجر به کاهش میزان رادیکال¬های فعال اکسیژن می¬شود. گزارش شده که تیمار اسپرمیدین و اسپرمین در شرایط تنش باعث افزایش فعالیت اسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) و کاهش تولید رادیکال¬های سوپر اکسید و پراکسید هیدروژن در نوعی پیازچه (*Allium fistulosum* L) شده است (Yiu *et al.*, 2009). از آنجا که پلی¬آمین¬ها جزو مواد تنظیم کننده رشدی هستند که به تازگی کشف شده¬اند، میزان تحقیقات انجام شده در زمینه تأثیر آنها بر فعالیت آنتی¬اکسیدانت¬ها به ویژه کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در سال‌های اخیر کمتر است که لزوم تحقیق در این زمینه را نشان می¬دهد.

بنابراین با توجه به اینکه تاکنون در مورد تأثیر مصرف نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین بر ویژگی‌های رویشی گیاه کلزا و تغییرات بیوشیمیایی آن در شرایط تنش غرقابی مطالعه‌ای نشده این آزمایش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از: تیمارهای تنش غرقابی (I_0= عدم غرقاب، I_1= غرقاب به مدت ۱۰ روز) و تیمارهای محلول پاشی نیترات پتاسیم (Kaya and Higgs, 2003) و پلی‌آمین پوترسین در پنج سطح (Berberich *et al.*, 2015; Marco *et al.*, 2015) (M_0= عدم محلول پاشی، M_1= غلظت ۱۰ پی پی ام نیترات پتاسیم، M_2= غلظت ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم، M_3= غلظت ۱۰ پی پی ام پلی آمین پوترسین، M_4= غلظت ۲۰ پی پی ام پلی آمین پوترسین). لازم به ذکر است که تنش غرقابی ٤٨ ساعت بعد از محلول پاشی اعمال گردید. کشت بذور مطابق با تاریخ کاشت رقم هایولا ٤٠١ در اوایل پاییز صورت گرفت. بذور کلزا از نهال و بذر بخش دانه‌های روغنی واقع در کرج تهیه شد. بذور کلزا در گلدان‌هایی به قطر ٤٠ سانتی‌متر و عمق ٥٠ سانتی‌متر با متوسط وزن ٨ کیلوگرم کشت شدند. خاک بکار رفته در این آزمایش از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی جمع‌آوری گردید. خاک مزرعه شنی لومی با ماده آلی حدود ٠/٦ درصد و میزان فسفر بالا بود. بنابراین نیازی به مصرف کود فسفره نداشتیم. در هر گلدان ده عدد بذر کشت شد. با توجه به سبک بودن خاک مزرعه و خالی شدن سریع رطوبت خاک گلدان‌ها، آبیاری روزانه صورت گرفت. در مرحله چهار برگی گیاهان عملیات تنک صورت گرفت و گیاهچه‌هایی که از لحاظ خصوصیات ظاهری مشابه بودند به تعداد چهار عدد در هر گلدان باقی‌ماندند. در مرحله پنج برگی از بین گلدان‌های موجود آنهایی که دارای گیاهچه‌های مشابهی بودند انتخاب و هر ٤ گلدان در یک ترکیب تیماری قرار داده شدند. سپس گیاهان با تیمارهایی که در بالا به آنها اشاره شد محلول پاشی شدند. ٤٨ ساعت پس از محلول‌پاشی گلدان‌های حاوی گیاهچه‌های محلول‌پاشی شده در داخل گلدان‌های بزرگتر قرار داده شده و تا ارتفاع ٢ سانتی‌متر از بالای سطح خاک غرقاب شدند. جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌ها را کف‌بر کرده و به آزمایشگاه منتقل نمودیم. در آزمایشگاه تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

در غلاف، وزن صد دانه و وزن دانه در بوته تعیین شد. برای تعین وزن خشک بوته‌ها به مدت ٤٨ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده و سپس توزین شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، میزان سبزینگی برگ، وزن خشک کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز اندازه‌گیری شد.

برای اندازه گیری میزان سبزینگی برگ در طی مدت ده روز، به طور روزانه و در ساعت معین و از یک برگ مشخصی از هر گیاهچه با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 Minolta, Japan) انجام شد. به منظور افزایش دقت در اندازه گیری میزان سبزینگی برگ از سه مکان روی برگ مورد نظر اندازه‌گیری شد و میانگین آن به صورت عدد نهایی یادداشت گردید.

برای سنجش فعالیت آنزیمی، ۰/۲ گرم از بافت تازه در نیتروزن مایع سائیده در بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۲ مولار، pH ٦/٨ در دمای ٤ درجه‌سانتی‌گراد عصاره‌گیری شد و سپس همگن‌های حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دمای ٤-۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (مدل Spectra fuge 6C) شده و محلول رویی جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Cakmak و Horst (۱۹۹۱) انجام شد. به این صورت که از عصاره‌های تهیه شده در مرحله قبل برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز و در حضور پراکسید هیدروژن استفاده شد. تجزیه پراکسیدهیدروژن با کاهش در جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر پیگیری شده و به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان می‌گردد. واحد فعالیت به صورت تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه در وزن تر بیان گردید.

سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به این صورت انجام شد که از عصاره تهیه شده جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم استفاده شد (Giannopolitis and Ries, 1997) .مخلوط واکنش شامل موارد زیر بود: HEPES-KOH ۵۰ میلی مولار بافر با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، کربنات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH ۱۰/۲، L-methionine ۱۲ میلی مولار، Nitro Blue Tetrazolium ۷۵ میکرومولار، ریبوفلاوین ۱ میکرومولار و ۲۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در معرض نور قرار داده شدند و پس از این مدت جذب آن‌ها در طول موج ٥٦۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varian Cary Win UV 6000i, Australia) قرائت شد. همچنین از یک لوله آزمایش حاوی مخلوط واکنش به جز عصاره آنزیمی به عنوان بلانک استفاده گشت. یک واحد فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰٪ احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم می‌گردد. فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز دیسموتاز بر اساس نسبت پروتئین در دقیقه در وزن تر بیان می‌شود.

فعالیت آنزیم پراکسیداز با افزودن مقادیر مناسب از عصاره آنزیمی، بافر، گایاکول با غلظت نهایی ۲۸ میلی‌مولار و پراکسیدهیدروژن با غلظت نهایی ۵ میلی‌مولار در طول موج ٤۷۰ نانومتر خوانده‌شد. فعالیت آنزیمی به ازای تغییرات جذب به ازای میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان گشت (Ghanati *et al.*, 2002).

پس از تجزیه‌ی داده‌ها توسط نرم افزار SAS 9.0، مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار LSD انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر تنش غرقابی و محلول‌پاشی قرار گرفت اما برهمکنش بین آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول۱). در اثر تنش غرقابی ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول۲). محلول‌پاشی ترکیبات مختلف سبب افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد به طوریکه بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱٤/۳۲ سانتی‌متر از محلول‌پاشی پلی آمین پوترسین با غلظت ۱۰ پی پی ام به دست آمد (جدول۲).

کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش غرقابی در کلزا توسط محققان گزارش شده است (Kumutha *et al.*, 2007). یکی از نشانه‌های تنش غرقابی ممانعت از رشد اندام هوایی است که بلافاصله پس از آب ماندگی رخ می‌دهد. طویل شدن ساقه به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد برگ	میزان سبزینگی برگ	وزن خشک کل	کاتالاز	پراکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز
تنش غرقابی	۱	۸۸/۵**	۱۲/۱**	۱۳٤/٦۷*	۰/۱۳**	۲٥٤/٦۲**	۷۷۷/۳۹**	۱۱٥۷٦۱/۷**
محلول پاشی	٤	٦/۸**	۲/٥٦**	٥۲/۱٥*	۰/۰٤**	۱۱٥/۱٦**	٤٤۲/٦۸**	۷۰۰۹٤/٦٤**
تنش‌غرقابی×محلول پاشی	٤	۱/۰٦^{ns}	۰/٤۱^{ns}	۲۰/٤۷^{ns}	۰/۰۰٥۷^{ns}	۲۷/۰۲^{ns}	۲۷/۱٥^{ns}	٤٥٤۷/٥^{ns}
خطای آزمایش	۳۰	۱/۷۷	۰/۸	۱۸/۱۳	۰/۰۱۰٥	۱۳/٤۳	٤٤/۷۳	٥۷٤۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۷۸	۱۷/۸۹	۱۱/٦٥	۲۲/٤۹	۲۲/۲٥	۱۷/۲	۱۲/۱۲

ns، *، به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.**

جدول۲- مقایسه میانگین های اثرات اصلی صفات

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد برگ	میزان سبزینگی برگ (عدد اسپاد)	وزن خشک کل (گرم)	کاتالاز	پراکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز
					(تغییرات جذب بر میلی گرم پروتئین در دقیقه)		
تنش غرقابی (I)							
I_0	۱٥/۰۸ ^{a}	٥/٥٥ ^{a}	۳۸/۳۹ ^{a}	۰/٥۱ ^{a}	۱۸/۹۹ ^{a}	٤۳/۲۸ ^{a}	٦۷۸/۸۷ ^{a}
I_1	۱۲/۱ ^{b}	٤/٤٥ ^{b}	۳٤/۷۲ ^{b}	۰/٤ ^{b}	۱۳/۹٤ ^{b}	۳٤/٤۷ ^{b}	٥۷۱/۲۷ ^{b}
محلول پاشی (M)							
M_0	۱۲/۰۱ ^{b}	٤/۱۲ ^{b}	۳۳/٥ ^{c}	۰/۳٥ ^{b}	۱۱/۰۲ ^{c}	۲٦/۸ ^{c}	٤۷۳/۳ ^{c}
M_1	۱۳/٦۱ ^{a}	٥/۰ ^{ab}	۳۷/٦۳ $^{a-c}$	۰/٤٥ ^{ab}	۱٦/۳ ^{b}	٤۰/۱٤ ^{ab}	٦۳۲/۱ ^{b}
M_2	۱٤/۱۳ ^{a}	٥/٥ ^{a}	۳۸/٤۳ ^{ab}	۰/٥٤ ^{a}	۲۰/۹۹ ^{a}	٤٦/٥۸ ^{a}	۷۲۷/۳ ^{a}
M_3	۱٤/۳۲ ^{a}	٤/۸۸ ^{ab}	۳٤/۱٦ ^{bc}	۰/٤٤ ^{ab}	۱٥/۱٥ ^{b}	۳۸/۲۳ ^{b}	٦۲۸/٥ ^{b}
M_4	۱۳/۸۷ ^{a}	٥/٥ ^{a}	۳۹/۰۷ ^{a}	۰/٥۰ ^{a}	۱۸/۸۷ ^{ab}	٤۲/٦٤ ^{ab}	٦٦٤/۰ ^{ab}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.تنش غرقابی (I): I_0= عدم غرقاب، I_1= غرقاب، محلول‌پاشی (M): M_0= عدم محلول‌پاشی، M_1= غلظت ۱۰ پی‌پی‌ام نیترات پتاسیم، M_2= غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام نیترات پتاسیم، M_3= غلظت ۱۰ پی‌پی‌ام پلی‌آمین پوترسین، M_4= غلظت ۲۰ پی پی ام پلی‌آمین‌پوترسین.

شدت به وسیله کمبود اکسیژن ریشه در کوتاه مدت متوقف می‌شود. که در اثر کمبود عناصر غذایی و یا در اثر بازدارندگی اتیلن است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). احتمالاً کاهش ارتفاع به دلیل کاهش میزان تولید کربوهیدارت در شرایط تنش غرقاب است. گیاه در شرایط تنش به دلیل کمبود اکسیژن با محدودیت انرژی مواجه است (Haq *et al.*, 2003). همچنین در شرایط تنش غرقاب میزان آبسیزیک اسید (ABA) افزایش می‌یابد و موجب کاهش رشد میانگره‌ها و در نتیجه کاهش رشد ساقه می‌شود (Haq *et al.*, 2003). از طرف دیگر در شرایط عدم اکسیژن جیبرلین کاهش می‌یابد (کافی و مهدوی دامغانی،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

۱۳۷۹) و از آنجایی که جیبرلین باعث تقسیم سلولی و رشد طولی می‌گردد، کاهش ارتفاع بوته می‌تواند به دلیل کاهش جیبرلین باشد (Taiz and Zeiger, 2002). نیترات پتاسیم باعث تأخیر در سنتز ABA و افزایش فعالیت سیتوکنین در گیاه می‌گردد (Sarkar and Malik, 2001). همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که پلی‌آمین‌ها می‌توانند باعث تحریک فرآیندهای درون گیاه گردند و موجب افزایش ارتفاع گیاه شوند (El-Bassiouny *et al.*, 2008; Marco *et al.*, 2015; Rakesh Minocha *et al.*, 2014). در تحقیقی عنوان شد که اسپری برگی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* L) با پلی‌آمین پوترسین (۲۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Hasnaa *et al.*, 2010).

تعداد برگ :تنش غرقابی و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ داشتند اما برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول۱). شرایط غرقابی باعث کاهش تعداد برگ در بوته‌های کلزا گردید (جدول۲). محلول‌پاشی نیترات پتاسیم و پلی‌آمین پوترسین سبب افزایش معنی‌دار در تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد شد که بیشترین تعداد برگ با میانگین ۵/۵ عدد از محلول‌پاشی ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم و ۲۰ پی پی ام پلی‌آمین پوترسین حاصل شد. لازم به ذکر است که این دو تیمار از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول۲). محققین گزارش کردند که تنش غرقابی سبب کاهش تعداد برگ کلزا می‌شود (El-Bassiouny *et al.*, 2008; Marco *et al.*, 2015; Minocha *et al.*, 2014). کاهش تعداد برگ می‌تواند به علت افزایش اتیلن در اندام هوایی باشد (گالشی و همکاران، ۱۳۷۹). این امر پیری و زودرسی را در برگ‌ها سبب می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین گزارش شده پلی‌آمین‌ها نقش مهمی در تقسیم DNA، تقسیم سلولی و در نهایت رشد و توسعه گیاه دارد. در پژوهشی گزارش کردند که اسپری پلی‌آمین پوترسین روی برگ‌های *Syngonium Podophyllum* باعث افزایش تعداد برگ در این گیاه گردید (El-Quesni *et al.*, 2010).

میزان سبزینگی: تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌دار (P≤۰/۰۵) میزان سبزینگی برگ را تحت تأثیر قرار دادند. اما اثرات مقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول۱). تنش غرقابی سبب کاهش معنی‌داری در میزان سبزینگی برگ و در نتیجه کلروفیل شد (جدول۲). علیخانی فرد و اصفهانی (۱۳۸۹) طی مطالعه‌ای گزارش مشابه ارائه کردند، آنها بیان داشتند، میزان کلروفیل برگ‌های کلزا در شرایط تنش غرقابی کاهش می‌یابد. در بین محلول‌پاشی تیمارهای مختلف بیشترین میزان سبزینگی برگ با میانگین ۳۹/۰۷ (عدد اسپد) از محلول پاشی پلی آمین پوترسین با غلظت ۲۰ پی پی ام حاصل شد (جدول۲). کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش غرقابی می‌تواند به علت سنتز آهسته یا تجزیه و تخریب سریع رنگیزه کلروفیل نیز باشد (Ashraf, 2003). همچنین تنش غرقابی سبب کاهش کلروفیل a و b در گیاه فلفل شد (ملک احمدی و همکاران، ۱۳۸٤). در تحقیقی گزارش شد که اسپری پلی‌آمین پوترسین روی برگ‌های *Syngonium Podophyllum* باعث افزایش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل می‌شود (El-Quesni *et al.*, 2010). این امر احتمالاً به دلیل نقش پلی‌آمین‌ها در پایداری غشاء تیلاکوئیدها بویژه در شرایط سخت محیطی است (Cohen *et al.*, 1979). اسپری نیترات پتاسیم روی برگ به علت داشتن نیتروژن باعث افزایش کلروفیل و پروتئین می‌گردد و همچنین انتقال مؤثر اسیمیلات‌ها را در گیاه موجب می‌شود (Sarkar and Malik, 2001).

وزن خشک کل بوته: وزن خشک کل گیاه به‌طور بسیار معنی‌داری (P≤۰/۰۱) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. اما برهمکنش تیمارها معنی‌دار نشد (جدول۱). شرایط غرقابی نسبت به شرایط آبیاری معمولی (شاهد) باعث کاهش وزن خشک کل بوته کلزا گردید. محلول‌پاشی سبب افزایش معنی‌دار در وزن خشک کل گیاه شد به نحوی که بیشترین افزایش وزن خشک کل گیاه با میانگین ۰/٥٤ گرم از محلول‌پاشی ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم حاصل شد. اگر چه این تیمار با دیگر تیمارهای محلول پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۲). بررسی انجام شده روی کلزا نشان داد که محلول‌پاشی تری‌سیکلازول حتی در صورت عدم وقوع تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

غرقابی باعث افزایش وزن خشک بوته کلزا (مرحله ۵ برگی) می‌شود (علیخانی‌فرد و اصفهانی، ۱۳۸۹). پلی‌آمین‌ها با تأخیر در مرگ رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a و b باعث افزایش بیوماس گیاه می‌شود (Amin *et al.*, 2011). تیمار نیترات پتاسیم دارای بیشترین وزن خشک کل بود. احتمالاً تأثیر مثبت تیمار نیترات پتاسیم به دلیل داشتن دو عنصر نیتروژن و پتاسیم بوده است. در تحقیقات گذشته به نقش پتاسیم در حفظ تعادل یونی اشاره شده است (Jeschke and Wolf, 1985). از دیگر تأثیرات پتاسیم می‌توان به افزایش میزان فتوسنتز، تنفس نوری و RUBP کربوکسیلاز اشاره کرد. از طرفی نیتروژن نقش نقش غیرقابل انکاری در کلروفیل و پروتئین دارد. در مجموع افزایش وزن خشک گیاه در اثر تیمار نیترات پتاسیم دور از انتظار نیست.

آنزیم کاتالاز: بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات، آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش غرقابی و محلول پاشی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی دار شد ولی برهمکنش تنش غرقابی و محلول پاشی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول۱). در اثر تنش غرقابی آنزیم کاتالاز کاهش نشان داد که این کاهش نسبت به تیمار عدم تنش غرقابی حدود ۲٦/۵۹ درصد بود (حدول۲). در اثر محلول پاشی ترکیبات مختلف نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین میزان آنزیم کاتالاز افزایش یافت به طوریکه بیشترین مقدار آن با میانگین ۲۰/۹۹ تغییرات جذب بر میلی گرم پروتئین در دقیقه مربوط به تیمار محلول پاشی نیترات پتاسیم با غلظت ۲۰ پی پی ام و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) بود (جدول۲).

آنزیم پراکسیداز: میزان آنزیم پراکسیداز تحت تأثیر بسیار معنی دار (P<۰/۰۱) تنش غرقابی و محلول پاشی قرار گرفت ولی برهمکنش تنش غرقابی و محلول پاشی اختلاف معنی داری را روی آن نشان نداد (جدول۱). در اثر تیمار تنش غرقابی میزان آنزیم پراکسیداز حدود ۲۰/۳۵ درصد نسبت به تیمار عدم تنش غرقابی کاهش یافت (جدول۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات مشاهده شد که با محلول پاشی نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین میزان آنزیم پراکسیداز افزایش نشان داد به نحوی که بیشترین تأثیر را نیترات پتاسیم با غلظت ۲۰ پی پی ام بر روی آنزیم پراکسیداز گذاشت و موجب افزایش ۷۳/۸۰ درصدی آن نسبت به تیمار عدم محلول پاشی شد (جدول۲).

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز: نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که تیمارهای تنش غرقابی و محلول پاشی تأثیر بسیار معنی داری (P<۰/۰۱) را روی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز داشتند ولی برهمکنش آن‌ها از لحاظ آماری اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول۱). در اثر تنش غرقابی میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز کاهش یافت به طوریکه این کاهش نسبت به تیمار شاهد (عدم تنش غرقابی) حدود ۱۵/۸٤ درصد بود (جدول۲). در بین محلول پاشی نیترات پتاسیم و پلی آمین پوترسین نیز میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت تأثیر قرار گرفت به طوریکه بیشترین مقدار آن با میانگین ۷۲۷/۳ تغییرات جذب بر میلی گرم پروتئین در دقیقه مربوط به تیمار محلول پاشی نیترات پتاسیم با غلظت ۲۰ پی پی ام بود (جدول۲).

نتایج جدول مقایسه میانگین حاکی از کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در شرایط تنش غرقابی بود (جدول ۲). سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسید از جمله آنتی اکسیدانت‌هایی هستند که با نقش کاتالیزوری خود باعث کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Willekens *et al.*, 1995) .آنزیم سوپراکسید دیسموتاز باعث تسریع در واکنش H_2O با رادیکال آزاد و در نهایت تولید پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌شود. از آنجا که پراکسید هیدروژن، خود از دیگر اکسید کننده‌های قوی می‌باشد، دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز باعث تجزیه H_2O_2 می‌شود. گزارش شده که در شرایط تنش قرغابی و کمبود اکسیژن فعالیت آنزیم‌های فوق، کاهش یافته است (Kumutha *et al.*, 2007). نتایج مشابهی نیز کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در شرایط تنش را گزارش کرده‌اند و عنوان کرده‌اند تنش غرقابی از بیان ژن‌های مرتبط با آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت جلوگیری می‌کند (Wang *et al.*, 2012). از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

نتایج بدست آمده می‌توان اینگونه استنباط کرد که اکسیژن از روش‌های متفاوتی باعث تولید مواد اولیه برای SOD (و در نتیجه شروع زنجیره آنتی اکسیدانی) می‌کند بنابراین تغییر در میزان اکسیژن محیط باعث تغییر در میزان رادیکال‌های آزاد می‌گردد. در نتیجه از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه کاسته می‌شود. همچنین نباید این نکته را فراموش کرد که توانایی گیاه برای برطرف کردن تنش اکسیداتیو تنها وابسته به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نبوده و ممکن است سلول‌های گیاه از دیگر مکانیسم‌های دفاعی و غیر آنزیمی برای برطرف کردن خطر ناشی از رادیکال‌های آزاد بوجود آمده استفاده کند. از طرفی تیمار کردن گیاه با نیترات پتاسیم و پوترسین منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت شد. یافته نشان می‌دهد که نیترات پتاسیم با تغییر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت منجر به خنثی سازی خسارت شرایط تنش می‌شود (Devia *et al.*, 2015). بنظر می‌رسد پتاسیم با فعال کردن ژن‌های مرتبط با تنش، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (و احتمالاً دیگر مکانیسم‌های دفاعی) شده است. از طرفی، پتاسیم با ثابت نگه داشتن میزان فعالیت NADPH اکسیداز و همچنین ثبات در سیستم انتقال الکترون (Cakmak and Horst, 1991) منجر به تعدیل در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز می‌شود. گزارش‌های زیادی حاکی از ارتباط بین تحمل و میزان پلی آمین‌ها وجود دارد (Fariduddin *et al.*, 2013 ;2014 Minocha *et al.*, 2014; Liu *et al.*,). گزارش‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد تیمار کردن گیاهان با پوترسین (یا سایر پلی‌آمین‌ها)، باعث افزایش تحمل به شرایط تنش می‌شود (Minocha *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2014; Fariduddin *et al.*, 2013).که نشان دهنده آن است که افزایش پلی آمین‌ها باعث خنثی سازی اثرات زیان بار تنش می‌شود. تمام آزمایشاتی که تا کنون انجام شده نشان دهنده رابطه مثبت بین پلی آمین‌ها و تحمل به تنش بوده که در این باره گزارش شده پلی‌آمین‌ها با فعال سازی ژن‌های مرتبط با شرایط تنش منجر به افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانتی در گیاه می‌شوند (Kasukabe, Y. 2004.; Hamdani, S., Yaakoubi, H. and Carpentier, R. 2011).

نتیجه گیری

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش غرقابی در مرحله گیاهچه‌ای کلزا، سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شد. محلول‌پاشی برگ‌ها با ترکیبات نیترات پتاسیم و پلی‌آمین پوترسین در شرایط تنش و بدون تنش باعث افزایش صفات مورفولوژی، محتوای سبزینگی برگ‌ها، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسی دیسموتاز در بوته‌های کلزا گردیدند. بیشترین افزایش صفات مورفولوژی تحت محلول‌پاشی ۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم و ۲۰ پی پی ام پلی‌آمین پوترسین حاصل شد. همچنین محلول‌پاشی۲۰ پی پی ام نیترات پتاسیم بیشترین افزایش در فعالیت آنزیم‌ها را به دنبال داشت.

منابع

علیخانی فرد، ح. و اصفهانی، م. (۱۳۸۹) تأثیر مصرف تری سیکلازول (بیم) بر کاهش خسارت غرقابی در گیاهچه‌های کلزا. مجله الکترونیکی تولید گیاهان زراعی ۳: ۷۳-۸۸.

قبادی، م. الف.، نادیان، ح.، فتحی، ق. و قرینه، م. (۱۳۸٤) بررسی رشد ریشه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش غرقابی در مراحل مختلف رشد. نهال و بذر ۲۲: ۵۱۳-۵۲۷.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. (۱۳۷۹) مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی(ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۸۸) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

کلانتر احمدی، س. الف.، عبادی، ع. و سیادت، س. ع. (۱۳۹۳) واکنش ارقام کلزا به تغییر تاریخ کاشت در شرایط شمال خوزستان. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ١٤: ۱۳۱-۱۲۳.

گالشی، س.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، طهماسبی سروستانی، ز. و حیدری شریف آبادی، ح. (۱۳۷۹) تأثیر تنش غرقابی بر رشد و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum*). علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۷: ۱۰۷-۱۱۲.

ملک احمدی، ف.، منوچهری کلانتری، خ. و ترکزاده، م. (١٣٨٤) اثر تنش غرقابی بر القاء تنش اکسیداتیو و غلظت عناصر در گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.). مجله زیست شناسی ۱۸: ۱۱۹-۱۱۰.

یانق، ع.،خواجه حسینی، م. (۱۳۹۳) بررسی برخی از عوامل محیطی مؤثر بر سبزشدن و استقرار توده‌های مختلف کلزا در مزارع استان خراسان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۲: ١٦-۹.

Ali Fayez, K. and Ali Bazai, S. (2013) Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate.

Amin, A. A., Fatma, A. E., Gharib, El-Awadi, M., El-Sherbeny M. Rashad (2011) Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. Scientia Horticulturae 129: 353–360.

Ashraf, M. (2003) Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blu panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging. Plants Science 165: 69-75.

Benavides, M. P., Gallego, S. M., Comba, M. E. and Tomaro, M. L. (2000) Relationship between polyamines and paraquat toxicity in sunflower leaf discs. Plant Growth Regulation 31: 215-224.

Berberich, T., Sagor, and GHM Kusano, T. (2015) Polyamines in Plant Stress Response. Polyamines 155-168.

Berova, S. M., Vassllev, A., Zlatev, Z. (2005) Effects of exogenouse polyamine diethylienetriamine on oxidative changes and photosynthesis in as treated Maize plants (*Zea mays* L.). Journal of Central European Agriculture 6: 367-374.

Bolkhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K. V. (2003) Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivation stress. A review. Anuals of Botany 91: 179- 194.

Cakmak, I. and Horst, W. (1991) Effect of aluminum on lipid peroxidation. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant physiology 83:463-468.

Cohen, A. S. Popovic, R. B. and Zalik, S. (1979) Effects of polyamines on chlorophyll and protein content, photochemical activity and choloroplast ultrastructure of barley leaf discs during senescence. Plant Physiology 64:717-720.

Devia, B. S. R., Kima, Y. J., Selvib, S. K., Gayathria, S., Altanzula, K., Parvina, S., Yanga, D. U., Leea, O. R., Leec, S. and Yang, D. C. (2015) Influence of potassium nitrate on antioxidant level and secondary metabolite genes under cold stress in *Panax ginseng*. Russian Journal of Plant Physiology 59: 318-325.

Din, J., Khan, S. U., Ali, I. and Gurmani, A. R. (2011) Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. The Journal of Animal and Plant Sciences 21: 78-82.

El-Bassiouny, H. M. H. A., Mostafa, S. A. ,El-K.hawas, R. A., Hassanein, S. Khalil I. and Abd El- Monem A. A. (2008) Physiological responses of wheat plant to foliar treatments with asinine or putrescine. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2: 1390-1403.

El-Quesni, F. E. M., Mahgoub, M. H. and Kandil M. M (2010) Impact of foliar spray of inorganic fertilizer and bioregulator on vegetative growth and chemical composition of *Syngonium Podophyllum* L. Plant at Nubaria. Journal of American Science 6: 288-294.

Fariduddin, Q., P. Varshney, M. Yusuf, A. Ahmad, Polyamines (2013) Potent modulators of plant responses to stress. Journal of Plant Interaction 8: 1–16.

Farooq, M., Shahzad Basra, M. A., Hussain, M., Rehman, H. and Saleem, B. A. (2007) Incorporation of polyamines in the priming media enhances the germination and early seedling growth in hybrid Sunflower (*Helianthus annuus* L.) International Journal of Agriculture and Biology 9:868–872.

Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. (2002) Induction of suberin and increase of lignin content by excess Born in Tabacco cell. Soil Science and Plant Nutrient 48: 357- 364.

Giannopolitis, C. and Ries, S. (1997) Superoxide dismutase. I. occurrence in higher plants. Plant physiology 59: 309 - 314.

Hamdani, S., Yaakoubi, H. and Carpentier, R. (2011) Polyamines interaction with thylakoid proteins during stress. Journal of Photochem and Photobiol 104: 314-319.

Haq, T. K., Mahmoud, A. and Shahzad, J. (2003) Tolerance potential of wheat cv. lu-26s to high salinity and water logging interaction. Journal of Agriculture and Biology 5: 162-165.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

Hasnaa, S., Ayad, F., Reda, A. and Abdalla, M. S. A. (2010) Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences 6:601-608.

Iqbal, M. and Ashraf, M. (2005) Wheat seed priming in relation to salt tolerance growth and yield and level of free salicylic acid and polyamine. Annales Botanici Fennici 43: 250-259.

Jeschke W. D. and Wolf, O. (1985). Na dependent net K translocation in leaves of *Hordeum vulgare* cv. 'California Mariout' and *Hordeum distichon* cv. 'Villa' under salt stress. Journal of Plant Physiology 121:211-223.

Kasukabe, Y. (2004) Overexpression of spermidine synthase enhances toleranceto multiple environmental stresses and up-regulates the expression of various stress-regulated genes in transgenic *Arabidopsis thaliana*, Plant Cell Physiology 45: 712–722.

Kaya C., Higgs, D. (2003) Supplementary potassium nitrate improves salt tolerance in bell pepper Plants. 26: 1367-1382.

Kayak, C., Levent Tuna, A., Ashraf, M. and Altunlu, H. (2006) Improved salt tolerance of melon (*C ucumis melo L*.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environmental and Experimental Botany 60: 397–403.

Kumutha, D., Ezhilmathi, K., Sairam, R. K., Srivastava, G. C., Deshmukh, P. S. and Meena, R. C. (2007) Waterlogging induced oxidative stress and antioxidant activity in pigeonpea genotypes. Indian Agricultural Research Institute, Division of Plant Physiology, New Delhi, Ind.

Liu, J., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., Moriguchi, T. (2007) Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Review Plant Biotechnology 24: 117 –126.

Liu, T., Kim, D. W., Niitsu, M., Berberich, T. and Kusano, T. (2014) *Oryza sativa* polyamineoxidase back-converts tetraamines, spermine and thermospermine, to spermidine, Plant Cell Report 33: 143-151.

Malik, A. I., Colmer,T. D., Lambers, H., Setter, T. L. and Schotemeyer. M. (2002) Short term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. New Phytology 153: 225- 236.

Marco, F., Bitrian, M., Carrasco, P., Alcazar, R., Tiburcio, A. F. (2015) Polyamine biosynthesis engineering as a tool to improve plant resistance to abiotic stress. Genetic Manipulation in Plants for Mitigation of Climate Change. 103-116.

Mauchamp, A. and Methy, M. (2004) Submergence-induced damage of photosynthetic apparatus in phragmitesaustralis. Environmental and Experimental Botany 51: 227-235.

Minocha, R., Majumdar, R. and Minocha, S. C. (2014) Polyamines and abiotic stress in plants: a complex relationship, Frontiers in Plant Science 5: 1-18.

Nada, K., Iwatani, E., Doi, T. and Tachibana, S. (2004) Effect of putrescine pretreatment to roots on growth and lactate metabolism in the root of Tomato (*ly. Copersicon esculentum* mill.) under root-zone hypoxia. Journal of Japan society Heretical science 73: 337 - 339.

Neue, H. U., Senadhira, C. D. and Setter, T. (1998) Strategies for dealing with micronutrient disorders and salinity in lowland rice systems. Field Crops Research 56: 139–155.

Sarkar, R. K. and Malik G. C. (2001) Effect of foliar spray of potassium nitrate and calcium nitrate on grasspea (*Lathyrus sativus* L.) grown in rice fallows. Lathyrus Lathyrism Newsletter 2:47-48.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2002) Plant physiology. 3nd Ed. Sinauer Associates, Sunderland.

Tiburcio, A. F., Campos, J. L., Figueras, X. and Besford, R. T. (1993) Recent advances in the understanding of polyamine functions during plant development. Plant Growth Regulation 12: 331-340.

Wang, Y., Li, L., Cui, W., Xu, S., Shen, W. and Wang (2012) Hydrogen sulfide enhances alfalfa (*Medicago sativa*) tolerance against salinity during seed germination by nitric oxide pathway. Plant Soil 351:107-119.

Willekens, H., Inze, D., Van Montagu, M. and Van Camp, W. (1995) Catalase in plants. Molecular Breeding 1: 207-228.

Yamamuro, C., Zhu, J. K. and Yang, Zh. (2016) Epigenetic modifications and plant hormone action. Molecular Plant 9, 57-70.

Yiu, J. C., Juang, L. D., Yi-Tan Fang, D., Liu, C. W. and Wu, S. J. (2008) Exogenous putrescine reduces flooding-induced oxidative damage by increasing the antioxidant properties of Welsh onion. Scientia Horticulturae 120: 306-314.

Yiu, J. C., Liu, C. W., Fang, D. Y. F., Lai, Y. S. (2009) Waterlogging tolerance of Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) enhanced by exogenous spermidine and spermine. Plant Physiol Biochem 47: 710-716.

Zheng, Y., Jia, A., Ning, T., Xu, J., Li, Z., Jiang, G. (2008) Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology, 165: 1455-1465.

Zheng, Z., Jia, A., Ning, T., Xu, J., Li, Z. Jian, G. (2008) Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology 165: 1455-1465.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]

Study the effect of potassium nitrate and polyamines putrescine on the growth and biochemical characteristics of canola under flooded conditions

Mahsa Harirforoush[1], Ali Sorooshzadeh*[1] and Faezeh Ghanati[2]

[1] Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2*] School of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(Received: 15/07/2017, Accepted: 27/01/2018)

Abstract:

This research was carried out in order to investigate the effect of foliar application of potassium nitrate and polyamines putrescine, on growth and biochemical characteristics of rapeseed (*Brassica napus*) under waterlogging condition. An experiment was conducted in a factorial arrangement based on completely randomized design with four replications. The factors included waterlogging stress conditions on two levels (I_0 = no flooding, I_1 = flooded for 10 days) and foliar application of potassium nitrate and polyamine putrescine in five levels (M_0 = no spraying, M_1 = concentration of 10 ppm potassium nitrate, M_2 = concentration of 20 ppm potassium nitrate, M_3 = concentration of 10 ppm polyamines putrescine, M_4=20 ppm concentration of polyamines putrescine). The results showed that the main effects of flooding stress and foliar application of putrescine and potassium nitrate had a significant effect on plant height, number of leaves, total dry weight, leaf greenness and enzyme activity (catalase, peroxidase and superoxide dismutase). The results showed the greatest increase in morphological traits was obtained by spraying 20 ppm of potassium nitrate or putrescine. Also spray of 20 ppm potassium nitrate caused the greatest increase in the activity of catalase, peroxidase and superoxide dismutase.
Keywords: Catalase, Flooding, Polyamines Putrescine, Peroxidase, Superoxide dismutase.
.

***Corresponding author, Email: Soroosh@modares.ac.ir**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.9.3]