بررسی تأثیر اشعه لیزر بر مقاومت به شوری روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جو

فاطمه امینی[۱]، سید احمد سادات نوری*[۱]، بهروز فوقی[۱]، زهرا حمیدی[۱] و نیر اعظم خوش خلق سیما[۲]

[۱] گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

[۲*] عضو هیئت علمی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۷/۰۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر پرتوتابی لیزر در مقاومت به شوری در گیاه جو، تحقیقی در آزمایشگاه زراعت ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۰ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل چهار ژنوتیپ جو(ریحان، افضل، فجر ۳۰ و نصرت)، دو سطح پرتوتابی لیزر (بدون تابش لیزر و با طول موج۷۸۰ نانومتر به مدت ۱۵ دقیقه) و پنج سطح شوری (صفر،۸۰، ۱۶۰، ۲۴۰، ۳۲۰، میلی مولار کلرید سدیم) بودند. صفات فیزیولوژیک (غلظت یونهای سدیم و پتاسیم، نسبت یون پتاسیم به سدیم و محتوای پرولین) و صفات بیوشیمیایی(میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و محتوای آدنوزین تری فسفات)، در سطوح شوری و پرتوتابی در بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. با افزایش شوری از میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، محتوای آدنوزین تری فسفات و نسبت پتاسیم به سدیم کاسته شد به طوریکه میزان کاهش در تیمار بدون پرتوتابی در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار نسبت به تیمارهای شاهد (شوری صفر میلی مولار) در ارقام افضل، ریحان و فجر ۳۰ ، برای محتوای آدنوزین تری فسفات ۲۸، ۳۰ و ۱۸ درصد و برای نسبت پتاسیم به سدیم ۸۰، ۸۲ و ۸۶ درصد بود. در این سطح شوری در تیمار بدون پرتوتابی، رقم نصرت از بین رفت. پیش تیمار لیزر موجب افزایش محتوای آدنوزین تری فسفات و نسبت پتاسیم به سدیم شد به طوریکه در سطح شوری ۱۶۰ میلی مولار، میزان افزایش محتوای آدنوزین تری فسفات برای ارقام افضل، ریحان، فجر ۳۰ و نصرت، به ترتیب ۱۲/۸، ۶/۹، ۸/۲ و ۱۰۰ درصد و برای نسبت پتاسیم به سدیم ۶۶/۶، ۴۷/۸، ۲۹/۲ و ۱۰۰ درصد بود. به طور کلی، با توجه به تأثیرات مثبت لیزر بر فاکتورهای مورد بررسی چنین به نظر می‌آید که پرتوتابی لیزر می‌تواند تیماری موثر جهت بالا بردن میزان تحمل گیاه نسبت به تنش شوری باشد.

کلمات کلیدی: آلفا آمیلاز، پرتوتابی لیزر، پرولین، تنش شوری

مقدمه

جو اولین غله‌ای است که مورد کشت انسان قرار گرفته و تا چند قرن قبل غله منحصر به فردی بود تا این که رفته رفته گندم از اهمیت بیشتری برخوردار شده و جایگزین آن گردید. جو محصولی است که دامنه سازگاری آن بسیار وسیع است و هرگاه رطوبت و بارندگی یک عامل محدود کننده تولید در مناطق خشک و نیمه خشک باشد از بقیه غلات سردسیری محصول بیشتری تولید می‌کند (تاج بخش و همکاران، ۱۳۷۸). کشت جو بیشتر برای تولید دانه آن می‌باشد که در تغذیه دام و صنایع تخمیری و در برخی ممالک مثل مراکش و تونس در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کشور ما دومین غله بعد از گندم شمرده می‌شود (تاج بخش و همکاران، ۱۳۷۸).

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: noori@ut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، مرحله جوانه‌زنی به خاطر تأثیر غیر مستقیم بر روی تراکم گیاهان بسیار مهم و حساس می‌باشد. یونهای موجود در خاک یا آب زراعی می توانند در این مرحله به صورت تحریک کننده، باز دارنده و یا خنثی کننده در جوانه‌زنی عمل کنند. نخست شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محیط موجب کاهش جذب آب توسط بذر شده و در مرحله بعد سمیت یونی و تغییر فعالیت‌های آنزیمی را به دنبال دارد. یکی از مهمترین اثرات افزایش شوری در محیط افزایش غلظت سدیم در داخل گیاه است. سدیم در محیط خارج از ریشه و همچنین در داخل گیاه بیشترین تغییرات را در تغذیه معدنی گیاه به وجود می‌آورد. اگر ظرفیت تبادلی بافت خاک بیش از۴۰ تا ۵۰ درصد با سدیم اشباع شود اختلالات تغذیه‌ای ایجاد می‌گردد. افزایش سدیم باعث کاهش کاتیون‌های دیگر در گیاه و به هم زدن تعادل کاتیونی گیاه می‌شود. این افزایش همچنین باعث کاهش کلسیم، منیزیم و پتاسیم در گیاه می‌شود. هنگام مواجهه با تنش اسمزی، گیاهان طیف وسیعی از پاسخ را در سطح ملکولی، سلولی و کل گیاه ارائه می‌دهند. برای مثال این پاسخ‌ها شامل تغییرات مورفولوژیکی و تکوینی مانند بازداشتن رشد ریشه و تقویت رشد ساقه، تعدیل انتقال یونی شامل جذب و دفع یونها و تغییرات متابولیکی مثل متابولیسم کربن و سنتز محلول‌های تعدیل کننده و اسمولیت‌ها می‌باشد. مکانیسم‌های متداول پیشنهاد شده شامل تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به شوری، تجمع محلول‌های سازگار و همگن در سیتوپلاسم تقسیم بندی یون‌ها در واکوئل‌ها و همچنین مقاومت ژنتیکی به شوری می‌باشد (ولکمار و همکاران ،۱۹۹۸).

در سال ۲۰۰۸ مطالعه‌ای توسط می وهمکاران بر نحوه جذب آب در طی جوانه زنی ذرت انجام شد. نتایج به دست آمده از آزمایش آنها نشان داد با افزایش جذب آب در بذر، میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بالا می‌رود. با افزایش فعالیت این آنزیم، سرعت تبدیل نشاسته به قندهای محلول افزایش می‌یابد و موجب افزایش سرعت جوانه زنی می‌گردد.

گزارشات علمی نشان می‌دهد استفاده از لیزر موجب افزایش پتانسیل انرژی بذور، تسریع بلوغ، افزایش مقاومت به بیماری‌ها، تأثیر بر فعالیت آلفا آمیلاز، میزان تجمع رادیکال‌های آزاد، از بین بردن خواب بذر؛ سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه زنی، انرژی جوانه‌زنی شده و همچنین هماهنگی در جوانه‌زنی را بالا برده، تأثیر بر سیستم تنفسی، فعالیت فتوسنتزی و محتوای کلروفیل و مقدار کلروفیل گیاهچه‌های حاصل از بذرهای تابش دیده دارد (Vasilousky, 1988).

تأثیر مثبت پیش تیمار لیزر برای عملکرد گیاهان مختلف توسط Gladyszewska و همکاران (۱۹۹۸) بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایشات آنها افزایش عملکرد ۱۰ تا ۱۵ درصد برای ذرت، ۲۰ تا ۳۰ درصد در گندم بهاره، ۲۰ تا ۲۵ درصد در جو بهاره، ۱۰ تا ۳۰ درصد در چغندر قند و ۱۰ تا ۱۵ درصد برای براسیکا، تحت تیمار لیزر بود. حتی بهبود در کیفیت محصولات گیاهان تحت تابش نیز مشاهده شد. برای مثال، محتوای پروتئین در بذور گندم بهاره تحت لیزر هلیوم-نئون، ۱۲ تا ۱٤ درصد افزایش و میزان قند استخراج شده در ریشه چغندر قند ۱۵ تا ۱۷ درصد، افزایش یافت.

در میان گیاهان زراعی گندم و جو جزء غلاتی هستند که بیشترین تحقیقات لیزری بر آنها صورت گرفته است .در سال ۲۰۰۰ طی تحقیق کاملی که توسط Rybinski انجام شد تأثیر مثبت لیزر بر خصوصیات جو بهاره ثابت شد. در این آزمایش تأثیر لیزر برای چهار نسل متمادی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در نسل اول دوزهای پایین لیزر باعث افزایش اثرات زیستی در صفات مورد بررسی از جمله تعداد بذور و وزن بذور به مقدار ۳۰ درصد شد. اما دوزهای بالا باعث کاهش در ارزش صفات در مقایسه با شاهد گردید. در نسل دوم لیزر با دوز بالا بر افزایش محتوای کلرفیل به مقدار ۳۱ درصد تا ۷۷ درصد و بر میزان موتاسیون صفات اثر گذاشت که صفات تغییر کرده برای بررسی در نسل چهارم انتخاب شدند. این صفات اثرات مطلوبی بر عملکرد جو بهاره داشتند. نتایج به طور کلی بیانگر تأثیر مثبت لیزر هلیوم-نئون با طول موج ٦۳۲ نانومتر بر فاکتورهای موثر بر افزایش عملکرد جو بهاره را نشان داد. نتایج به دست آمده از تحقیق Rybinski و همکاران (۱۹۹۳) بر جو بهاره نشان دهنده افزایش تحریک زیستی لیزر هلیوم-نئون با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

طول موج ٦٣٢ نانومتر بر گیاه از طریق افزایش سطح برگ نزدیک‌ترین برگ به سنبله و برگ‌های ماقبل آخر آن شد.

این مطالعه با هدف تعیین اثر لیزر بر برخی صفات فیزیولوژی و بیوشیمیایی درگیر در تحمل به تنش شوری در جو در مرحله جوانه‌زنی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه‌های گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد. آزمایش فاکتوریل ٥×٢×٤ به صورت پنج سطح شوری (صفر، ٨٠، ١٦٠، ٢٤٠، ٣٢٠ میلی‌مول بر گرم)، دو تیمار لیزر(شاهد و ١٥ دقیقه تابش لیزر دیودی نیمه رسانا قرمز رنگ با طول موج ٧٨٠ نانومتر) و چهار رقم جو (فجر ٣٠ ، نصرت، ریحان و افضل از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ١٣٩١ اجرا گردید. جهت اعمال تیمار لیزر ابتدا توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر مقدار بازگشت نور در تعدادی بذر سنجیده شد و با توجه به میزان انعکاس نور، طیف جذبی بذور جو مشخص شد. بیشترین میزان جذب در محدوده ٧٨٠ نانومتر بود. لیزر مورد استفاده، لیزر دیودی نیمه رسانا، قرمز رنگ، با طول موج ٧٨٠ نانومتر با توان خروجی ١٥٠ میلی‌وات و در محدوده نزدیک مادون قرمز بود. بذور در آزمایشگاه لیزر واقع در پژوهشکده لیزر دانشگاه شهید بهشتی، توسط اشعه لیزر مورد پرتوتابی قرار گرفتند.

هر واحد آزمایشی شامل یک پتری دیش یکبار مصرف به قطر ١٠ سانتیمتر و ارتفاع ١/٥ سانتیمترحاوی یک برگ کاغذ واتمن و به میزان ١٠ میلی‌لیتر از محلول تیمار مورد نظر شوری بود. بذور قبل از قرار گرفتن در ظروف، به منظور ضد عفونی شدن، به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ٠/٥ درصد نگه داشته شدند. سپس سه مرتبه با آب مقطر شسته شدند. کاغذهای واتمن قبلا در اتوکلاو به مدت ٢٠ دقیقه استریل شدند. در داخل هر پتری یک کاغذ صافی استریل قرار داده شد و به هر پتری دیش مقدار ١٠ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلولهای مورد نظر بسته به تیمار مربوطه افزوده شد. سپس در داخل هر پتری تعداد ٢٠ بذر سالم و هم اندازه قرار گرفت. پس از بسته شدن ظروف با پارافیلم، پتری دیش‌ها در اتاقک رشد با رطوبت ٦٥ درصد و در دمای ٢٢ درجه سانتیگراد برای روز و ٢٠ درجه سانتیگراد برای شب و در شرایط نوری ١٦ ساعت روز و هشت ساعت شب به مدت ٢١ روز قرار داده شدند.

برای اندازه گیری میزان یونهای سدیم و پتاسیم از نمونه‌های وزن خشک استفاده شد. بدین منظور٠/٠١ گرم از هر نمونه توزین شده و آسیاب گردید. نمونه‌های پودر شده با ٥ میلی لیتر اسید نیتریک ٠/٥ مولار به صورت محلول در آورده شده و به لوله‌های مدرج ١٥ میلی لیتری منتقل گردیدند و به مدت ٢ ساعت در حمام آب گرم ٨٥ درجه سانتی گراد گذاشته شد و سپس برای مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق قرارگرفتند. نمونه‌ها پس از صاف شدن، جهت اندازه‌گیری با روش فلیم فتومتری استفاده شدند. نمونه‌ها در طول موج ٥٨٩ نانومتر قرائت شدند.

برای به دست آوردن ساقه‌چه ها و ریشه‌چه‌های مربوط به این ارقام جو به منظور بررسی میزان آدنوزین تری فسفات و اندازه گیری محتوای پرولین، تعداد ١٠ بذر از هر رقم و برای هر تیمار در لیوان‌های یک بار مصرف پر شده با پرلیت، قرار داده شدند. در طی مدت آزمایش، واحدهای آزمایشی با سطوح شوری مربوطه آبیاری شدند. پس از آزمایشی توسط محلول غذایی هوگلند با غلظت ١/٤ سبز شدن، گیاهچه‌ها تنک شدند و در هر لیوان پنج گیاه نگهداری شد. پس از گذشت ٢١ روز برگ‌های مربوط به هر رقم، هر تیمار و هر تکرار جدا شده و در فریزر ٨٠- درجه سانتیگراد قرار گرفتند.

برای سنجش میزان انرژی بافت گیاهی، ابتدا بافر فسفات (٨ گرمNaCl ، ٠/٢ گرم KH_2PO_4 و ٠/٦ گرم $Na_2HPO_4.12H_2O$) را تهیه می‌کنیم. سپس حجم محلول آماده شده از ترکیب موارد فوق را توسط آب مقطر به یک لیتر می‌رسانیم. یک گرم از بافت برگ را توسط ازت مایع خرد کرده و ٧ میلی‌لیتر بافر فسفات را به آن اضافه می‌کنیم. پس از سانتریفیوژ کردن ترکیب مورد نظر، ١ میلی‌لیتر از آن را برداشته و به لومینومتر تزریق می‌کنیم. لومینومتر قادر به اندازه‌گیری محتوای ATP موجود در نمونه، بر اساس مقدار نور لومینسانس متصاعد شده می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

استخراج و سنجش محتوای پرولین از بافت گیاهی بر پایه روش Blits و همکاران (۱۹۹۰) انجام شد. بدین منظور۰/۲ گرم ماده گیاهی را با هاون له کرده و درون یک فالکون ۱۵ میلی لیتری می‌ریزیم .سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد را به آن اضافه کرده و تیوب را ۱۰ دقیقه درون حمام آب یخ قرار می‌دهیم. تیوب‌ها را با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ می‌کنیم تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. مقدار۲ میلی‌لیتر از روشناور ناشی از سانتریفیوژ را درون تیوب ۱۵ میلی‌لیتر جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هایدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط می‌نماییم. همزمان ۲ میلی لیتر از استانداردهای صفر، ٤، ۸، ۱۲، ۱٦ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین را درون ،تیوب‌هایی جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هایدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط می‌نماییم. نمونه‌های اصلی و استاندارد را در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت حرارت داده و سپس درون حمام آب یخ قرار می‌دهیم تا کاملاً سرد شده و واکنش متوقف گردد. چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه نموده و آن را به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم می‌زنیم. آنگاه مقدار جذب را در طول موج ۵۲۰ نانومتربا استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت می‌کنیم و با استفاده از معادله منحنی، مقدار پرولین هر نمونه را به دست می آوریم.

همچنین برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم α- آمیلاز از هر رقم برای هر تیمار و هر تکرار، تعداد ۲۰ عدد بذر در پتری دیش قرار گرفت. سپس به هر پتری دیش ۱۰میلی لیتر آب مقطر یا محلول‌های مورد نظر بسته به تیمار مربوطه افزوده شد و در ژرمیناتور با دمای۱۷ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. برداشت بذرها در دو مرحله، یکی پس از ۲٤ ساعت و دیگری پس از ٤۸ ساعت برای استخراج عصاره آنزیمی انجام شد. جهت استخراج آنزیم، ۰/۷۵ گرم از پودر حاصل از کوبیدن بذرها در هاون با ٤ میلی لیتر بافر استخراج (بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با ۸ =pH)مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در سانتریفوژ یخچال دار با شتاب ۱۰۰۰g قرار گرفتند. فاز رویی به عنوان منبع آنزیمی تا زمان سنجش آمیلاز در یخچال ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شد. فعالیت آنزیم α-آمیلاز بر اساس روش Caraway (۱۹۵۹) تعیین شد .مخلوط واکنش شامل ml ۰/۵ عصاره آنزیمی وml ۰/۵ محلول نشاسته (۲۰ میلی‌گرم در ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم با ۷ =pH) بود. پس از انکوباسیون به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب ۳۷ درجه سانتیگراد با استفاده از ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال واکنش متوقف شده و در ادامه ۱ میلی‌لیتر از محلول ید ۰/۰۱ مول بر لیتر به آن اضافه شد. حجم مخلوط نهایتا با اضافه کردن آب مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب اسپکتروفتومتر در ٦٦۰ نانومتر خوانده شد و با نمونه شاهد (محلول نشاسته با ید بدون افزودن آنزیم) مقایسه شد. میزان جذب نمونه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

میزان جذب رنگ توسط شاهد - میزان جذب رنگ توسط نمونه =میزان جذب

جهت انجام تجزیه واریانس داده‌ها در طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین توسط آزمون چند دامنه ای دانکن از نرم افزار آماری SAS استفاده گردید. جهت رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف شوری و پرتوتابی لیزر بر میزان تجمع پرولین در اندامهای هوایی گیاه جو:

نتایج این مطالعه نشان داد هر سه تیمار اعمال شده (لیزر، شوری و ژنوتیپ) دارای تأثیر معنی‌داری بر محتوای پرولین بودند (جدول ۱). با افزایش شوری محتوای پرولین برگ‌ها افزایش یافت به طوریکه در سطوح شوری بالاتر، عصاره برگ‌ها دارای مقدار پرولین بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد بودند (جدول ۲).

بیشترین میزان تجمع پرولین مربوط به رقم افضل در تیمار لیزر و در سطح شوری ۳۲۰ میلی‌مولار بود. در همین سطح شوری در حالت شاهد (عدم پرتوتابی لیزر) گیاهان در اثر تنش از بین رفتند. در تیمار عدم پرتوتابی و در سطح شوری ۱٦۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی و بیوشیمیایی چهار ژنوتیپ جو تحت تاثیر تایش و عدم تابش لیزر در سطوح مختلف شوری

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	آلفا آمیلاز ۲٤ساعت	آلفا آمیلاز ٤۸ساعت	آدنوزین تری فسفات
لیزر	۱	۱۱۷۸۵**	۱۰۲/۲۷**	۲۲٤۸۱/۷۱**	۱۲۰۸/۰۸**	۳/۳۹**	۷/۵۷**	۳۹۹۳۷۹۷۹۳٤**
ژنوتیپ	۳	۳۷٦۳**	٦۲/۵٤**	۹۸۰۳/٤۸**	٦٦٦/۵۵**	۲/۰٦**	۸/٦٤**	۲۱۵۸٤۳۲۸۷۵**
شوری	٤	۱۸۱۹**	۱۰٤/۸٦**	۵٦۵۲٤/٦۸**	۱۹۰۵/۱۹**	۱۲/۵۰**	۱۱/۲۱**	۸٦۸۱۵٦۲۲۰۲**
لیزر× ژنوتیپ	۳	۱٤۹٤**	۱۸/۲۹**	۲۰۹۸/۷۰**	۲۷۰/۳۳**	۰/۲۱**	۰/۰۷**	۱۹۸۱۷۲۳۱۱**
لیزر × شوری	٤	۲۵۳۳**	۱۲۱/۰٤**	٤۲٤/۲۰**	۲۱۹/٤۱**	۰/٤۰**	۰/۱۹**	۵۸۰۳۰۳۷۱۸**
ژنوتیپ × شوری	۱۲	۸٦٦/۹۹**	۳٦/٦۹**	۱۲۸۵/۲۳**	۱٦۷/۹۹**	۰/٤٤**	۰/۱٤**	۳٤۹۰۳۷۷۱٦**
ژنوتیپ×شوری×لیزر	۱۲	۹٤۵/۲۳**	٤۱/٤۸**	۲۰۳/۲۷**	۸۲/٤۹**	۰/۱۵**	۰/۰۷**	۲۷۱۷٦۳٦۹۵**
اشتباه آزمایشی	۸۰	۹۰/٤۹	۰/۱٤	۲۳/٦۰	۲/۵۵	۰/۰۰٤	۰/۰۲	۳٤٤۵۲۲۵
ضریب تغییرات	-	٦۵/٤۵	۵/۷۸	۹/۰۰	۲۰/۱۰	٦/٤۰	۹/۳۰	۵/٤۲

**** معنی داری در سطح ۰/۰۱**

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوای پرولین(میکرومول بر گرم وزن تر) برگ های ٤ ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری

ارقام مورد ازمایش		ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)					
	۰mM	۳/۰٤ ^{h}	۳/۲٦ ^{h}	۵/۰٦ ^{h}	۳/۲٦^{h}
	۸۰mM	۵/۵۳ ^{gh}	۵/٤۸^{gh}	۷/۹٦^{gh}	۳/٤۳^{h}
بدون تابش	۱٦۰mM	۷/٦۵ ^{gh}	٦/٤۹^{gh}	۱۲/۱۸^{efgh}	۰/۰۰ ^{h}
لیزر	۲٤۰mM	۰/۰۰ ^{h}	۰/۰۰ ^{h}	۳۱/٤٦^{de}	۰/۰۰ ^{h}
	۳۲۰mM	۰/۰۰ ^{h}	۰/۰۰ ^{h}	۰/۰۰ ^{h}	۰/۰۰ ^{h}
	۰mM	۷/۲۳ ^{gh}	۵/۱۳ ^{h}	٦/۱٤ ^{gh}	۳/۹٤ ^{h}
	۸۰mM	۱٤/۵۷^{efgh}	۵/٦۳ ^{gh}	۱۸/۲۹ ^{efgh}	۹/۸٦^{fgh}
تابش لیزر	۱٦۰mM	۲٤/۲۰^{defg}	۷/۹٦ ^{gh}	۲۹/۱٤^{de}	۱۵/۲۵^{efgh}
	۲٤۰mM	۳۹/۷۸^{cd}	۲٦/٦۳^{def}	٦۲/۸۷^{b}	۰/۰۰ ^{h}
	۳۲۰mM	۲۹/٦۵^{de}	۵۱/۹۹^{dc}	۱۰۱/۸۸^{a}	۰/۰۰ ^{h}

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشند.

میلی‌مولار رقم افضل با ۱۲/۱۸ µmol/gfw بیشترین میزان پرولین را در میان ارقام مورد بررسی داشت. پس از آن ارقام ریحان و فجر ۳۰ قرار داشتند .در این سطح شوری، رقم نصرت از بین رفت (جدول ۲). ژنوتیپ افضل که از لحاظ صفات جوانه‌زنی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشت و میزان تحمل بیشتری در شرایط تنش شوری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از خود نشان داد، میزان تجمع پرولین بیشتری در هر سطح شوری در مقایسه با سایر ارقام داشت. پس از رقم افضل، ارقام ریحان و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

فجر ۳۰ قرار داشتند. رقم نصرت کمترین میزان پرولین را در خود داشت که نشان دهنده عدم قدرت تطبیق با شرایط تنش و حساس بودن این رقم به تنش شوری است. با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که لیزر تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر افزایش سطح پرولین داشت. پرتوتابی لیزر باعث افزایش محتوای پرولین نسبت به گیاهان شاهد شد.

در این مطالعه اثرات متقابل شوری در لیزر، شوری در ژنوتیپ و ژنوتیپ در لیزر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. وجود اثر متقابل در بین سطوح شوری، لیزر و ژنوتیپ نشان داد که میزان تجمع پرولین در برگهای ژنوتیپهای مختلف جو واکنش متفاوتی را در گیاهان تحت تنش به وسیله تجمع یک یا چند ماده آلی با وزن مولکولی کم که اسمولیت‌های همساز نامیده می‌شوند تنظیم اسمزی را تجربه می‌کنند (Sai Ram *et al.*, 2002). آنها موادی هستند که نقش خنثی را در شرایط تنش بازی می‌کنند. پوستینی و سی و سه مرده (۱۳۸۰) گزارش کردند که در گندم، تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار غلظت پرولین شد. بنابر مطالعات صورت گرفته توسط خوش خلق سیما و همکاران (۲۰۱۲) با افزایش سطح شوری، میزان، پرولین در دو رقم جو افزایش یافت به طوریکه با افزایش میزان شوری نمک کلرید سدیم به ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار، میزان افزایش پرولین در رقم افضل در مقایسه با کنترل به ترتیب ۵/۹، ۱۷۱ و ۳۹٤ میلی گرم بر گرم بود. نتایج بررسی (Sadat Noori و همکاران ۲۰۱۱) بر گیاه گندم نان تحت نشان داد میزان محتوای پرولین در اثر پیش تیمار لیزر به طور معنی داری افزایش یافت. در تحقیقی که توسط (Yan و همکاران ۲۰۰۹) انجام گرفت مشخص شد که لیزر هلیوم - نئون باعث افزایش قابل توجه میزان تجمع پرولین در گیاهان در معرض شده که باعث افزایش مقاومت گیاه می‌شود.

غلظت سدیم در گیاهچه وتغییرات آن در سطوح مختلف شوری و تابش لیزر: تفاوت بین ارقام، تنش شوری، تابش لیزر و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در این تحقیق، با افزایش شوری میزان یون سدیم در همه ارقام افزایش یافت. در سطح شوری صفر میلی مولار رقم افضل کمترین میزان سدیم را داشت. همانگونه که در جدول۳ مشاهده شد، پیش تیمار لیزر اثر منفی بر افزایش یون سدیم در تمام ارقام و تمام سطوح شوری داشت. میزان کاهش غلظت سدیم در سطح شوری ۱٦۰ میلی مولار در ارقام ریحان، فجر و افضل به ترتیب ۲۸/٦، ۱۷/۱، ۲۸/۷ درصد بود. روند افزایش میزان یون سدیم با افزایش سطوح شوری منطبق با میزان مقاومت ارقام بود. این روند در رقم افضل کندتر از سایر ارقام بود و نشان‌دهنده تحمل بیشتر این رقم نسبت به شوری بود. به نظر می‌رسد رقم افضل قادر به انتقال این مقدار یون به واکوئل-های درون برگ بود.

خوش خلق سیما و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که بر ارقام جو تحت تنش شوری انجام دادند مشاهده کردند که میزان جذب سدیم در رقم افضل در شوری ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم در مقایسه با کنترل به میزان ۷، ۲۱ و ۳٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک افزوده شد. یکی از مهمترین اثرات شوری در محیط رشدی به صورت افزایش غلظت سدیم در داخل گیاه بروز می‌نماید. طبق نتایج Green در سال ۱۹۸٦ سدیم در محیط خارج از ریشه و همچنین در داخل گیاه بیشترین تغییرات را در تغذیه معدنی گیاه به وجود می‌آورد. در مطالعه Sadat Noori و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد که با افزایش سطح شوری میزان غلظت سدیم در بافت برگ گندم افزایش یافت. اگر چه افزایش سدیم در برخی از گیاهان برای رشد و نمو مورد نیاز است ولی غلظت بالای کلرید سدیم یک عامل محدود کننده برای رشد گیاهی است (Blum و همکاران ۲۰۰٦). پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک و غلظت بالای املاح موجود در خاک که عامل سمیت یونها به علت افزایش یونهای سدیم و کلر در خاک و جذب بیش از حد مورد نیاز گیاه هستند به طور بالقوه برای گیاهان زیان آور می‌باشند. در مطالعه Sadeghi (۲۰۱۱) گزارش کرد که میزان پتاسیم بیشتر و سدیم کمتری را در برگهای رقم متحمل جو تجمع پیدا کرد.

غلظت پتاسیم در گیاهچه و تغییرات آن در سطوح مختلف شوری و تابش لیزر: بررسی روند تغییرات پتاسیم نشان داد این یون در همه ارقام تحت تنش شوری کاهش یافت. همانگونه که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان یون سدیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) ٤ ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری

ارقام مورد ازمایش	ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)				
	۰mM ٧/٣٦ jk	٨/٨١ efgh	٦/٤٧ l	٨/١١ i
	٨٠mM ٩/٣٣ ef	١٠/١٧ d	٧/٩٧ ij	١١/٢٥ bc
بدون تابش	١٦٠mM ١١/١٦ bc	١٢/٠٥ a	١٠/٣١ d	٠/٠٠
لیزر	٢٤٠mM ٠/٠٠	٠/٠٠	١١/٧٧ ab	٠/٠٠
	٣٢٠mM ٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠
	۰mM ٦/٢٨ l	٦/٤٢ l	٣/٢٣ n	٦/٣٣ i
	٨٠mM ٦/٨٤ kl	٨/٢٥ hi	٥/٣٩ m	٩/١٩ efg
تابش لیزر	١٦٠mM ٨/٦٧ i	١٠/٢٢ d	٨/٠٢ ij	١٠/٨٨ cd
	٢٤٠mM ٩/٣٨ fghi	١٠/٨٣ cd	٨/٥٣ ghi	٠/٠٠
	٣٢٠mM ١٠/٥٥ cd	١٢/٠٨ a	١٠/٥٩ cd	٠/٠٠

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

جدول ٤- مقایسه میانگین میزان یون پتاسیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک) چهار ژنوتیپ جو تحت تأثیر تابش‌های لیزر در سطوح مختلف شوری

ارقام مورد ازمایش	ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)				
	۰mM fg٩٨/٧٥	h٧٧/٥٠	d١٢٦ /٢٥	e١١٥/٠٠
	٨٠mM I٥٢/٠٠	I٥٠/٠٠	fg٩٣/٠٠	h٧٤/٠٠
بدون تابش	١٦٠mM jkI٣٥/٢٥	I٢٧/٧٥	j٣٩/٧٥	٠/٠٠
لیزر	٢٤٠mM ٠/٠٠	٠/٠٠	m١٦/٥٠	٠/٠٠
	٣٢٠mM ٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠
	۰mM de١٢٢/٥٠	f١٠١/٢٥	a٢٠٣ /٧٥	c١٤٠/٠٠
	٨٠mM h٨٠/٠٠	h٧٧/٠٠	b١٥٣/٠٠	g٩١/٠٠
تابش لیزر	١٦٠mM j٤٢/٠٠	j٤١/٢٥	g٩٢/٢٥	l٢٨/٠٠
	٢٤٠mM jk٣٦/٧٥	l٢٧/٧٥	i٥٤ /٧٥	٠/٠٠
	٣٢٠mM m١٤/٥٠	m١٧/٠٠	kl٣٠/٥٠	٠/٠٠

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

در جدول ٤ دیده شد، شیب کاهش غلظت پتاسیم در رقم افضل کمتر از بقیه ارقام بود. پس از آن، رقم ریحان شیب کمتری در کاهش غلظت پتاسیم نشان داد .شیب کاهش غلظت پتاسیم در دو رقم فجر ۳۰ و نصرت تقریبا یکنواخت بود. در حالت عدم پرتوتابی در شوری صفر میلی مولار رقم افضل با mg/gdw ۱۲٦/۲٥پتاسیم دارای بیشترین میزان پتاسیم نسبت به سایر ارقام در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

این بررسی بود. با افزایش سطح شوری به ۸۰ میلی مولار رقم افضل با mg/gdw ۹۳ همچنان بیشترین میزان پتاسیم را داشت.

طبق نتایج Pervaiz و همکاران (۲۰۰۸) علت کاهش جذب پتاسیم در شرایط تنش شوری، انتقال کاتیونهای K^+ و Na^+ با یک پروتئین مشترک است که Na^+ برای شارش به درون سلول با K^+ رقابت می‌نماید. در غلظت‌های کم پتاسیم محیط، سیستمهای پر انرژی جذب انتخابی یون پتاسیم برخلاف شیب هدایت الکتریکی مورد نیاز است (Welsh و همکاران، ۲۰۰۰). طبق تحقیق Wasilousky (۱۹۸۸) مشخص شده است که فعالسازی گیاه توسط لیزر، نتیجه افزایش پتانسیل انرژی سلولی است و باعث تحریک و افزایش فعالیت فیتوکروم‌ها، فیتوهورمون ها و سیستم تخمیری گیاه می‌شود که خود منجر به تحریکات بیوشیمیایی و فرآیندهای فیزیکی گیاه خواهد شد. تحریک گیاه توسط لیزر باعث تسریع فتوسنتز، تنفس و تقویت و رهبری واکنش‌های بیوسنتزی شد. بنابراین سنتز رنگدانه‌های گیاهی، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و سایر متابولیت‌ها بهبود یافت.

نسبت پتاسیم به سدیم: با افزایش سطح شوری میزان نسبت پتاسیم به سدیم در همه ارقام مورد آزمایش کاهش یافت. با توجه به جدول ۵ در حالت عدم پرتوتابی لیزر، بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در رقم افضل سطح شوری صفر میلی مولار و برابر ۱۹/۵۹ بود و کمترین آن مربوط به رقم فجر ۳۰ بود. در تیمار شوری ۱۶۰ میلی مولار این نسبت در رقم افضل برابر ۳/۸۶ و در رقم ریحان ۲/۴۲ و در رقم فجر ۳۰، ۲/۹۲ بود. بالاتر بودن نسبت پتاسیم به سدیم در رقم افضل در همه تیمارها نشان‌دهنده متحمل بودن این رقم نسبت به شرایط تنش شوری بود. رقم افضل با بالا نگه داشتن این نسبت، توانست اثرات مخرب نمک را تحمل کند.

طبق مطالعات Green (۱۹۸۶) شوری ممکن است از طریق به هم زدن تعادل یونی و اثر روی تغذیه، رشد گیاه را محدود کند. یکی دیگر از دلایل ممانعت از رشد گیاه در اثر کلرید سدیم، مشکلاتی است که در جذب مواد معدنی دیگر در رقابت با یون سدیم به وجود می‌آید. در شوری‌های کم ممکن است واقعاً جذب سدیم افزایش یابد ولی در شوری‌های بالا، سدیم جذب پتاسیم را کاهش می‌دهد. در مطالعات فیزیولوژیکی Bachmann و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده شده که سمیت سدیم تنها به دلیل غلظت بالای آن در سیتوسول نبوده، بلکه می‌تواند به دلیل به هم زدن دامنه زیستی پتاسیم به علت توانایی رقابت بر سر جایگاه اتصال پتاسیم باشد، از این رو حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم در برخی گونه‌ها نظیر جو و پنبه که غلظت‌های بالایی از سدیم را تجمع می‌دهند مهم‌تر از پایین نگاه داشتن تنها غلظت سدیم می‌باشد.

تأثیر سطوح مختلف شوری و پرتوتابی لیزر بر میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز: در این آزمایش با افزایش شوری میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوریکه بیشترین میزان فعالیت آلفا آمیلاز در شوری صفر میلی مولار بود. نتایج حاصل از مقایسه تغییرات فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تنش شوری نشان داد که رقم افضل همیشه بر سایر ارقام برتری داشت. در اندازه گیری ۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت در شوری صفر میلی مولار رقم افضل دارای بیشترین میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بود و این برتری را در تمامی سطوح شوری حفظ کرد (جدول ۶ و ۷). با افزایش زمان از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز افزایش یافت. با افزایش زمان، میزان جذب آب بیشتر شد و بالطبع میزان فعالیت این آنزیم افزایش یافت. آنزیم آلفا آمیلاز یکی از فاکتورهای مهم در پیش برد فرآیند جوانه‌زنی بوده و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری سبب کاهش متابولیسم ذخایر غذایی بذر و در نتیجه کاهش رشد و طول گیاهچه گیاهان می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط Dkhil و Denden (۲۰۱۰) به روی بذر گیاه *belmoschus esculentus* انجام شد، تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و جوانه زنی بذر شد. کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری یکی از دلایل کاهش جوانه زنی و رشد گیاهچه است. همچنین تاخیر در جوانه زنی و ظهور گیاهچه لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلازدر مطالعه Rover و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده شد. در مطالعه Burda و همکاران (۲۰۰۵) مشخص شد که اثرات محرک زیستی لیزر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

جدول ۵- مقایسه ی نسبت پتاسیم به سدیم در چهار ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری

ارقام مورد ازمایش		ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
	تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)				
بدون تابش لیزر	۰mM	de۴۸/۱۳	gh۸/۷۹	c۱۹/۵۹	de۱۴/۱۸
	۸۰mM	ij۳۶/۵	ij۵/۱۲	ef۱۱/۷۳	hi۶/۵۷
	۱۶۰mM	jkl۲/۴۹	jkl۲/۹۲	kl۱/۴۰	۰/۰۰
	۲۴۰mM	۰/۰۰	۰/۰۰	ijk۳/۸۶	l۰/۰۰
	۳۲۰mM	l۰,۰۰	۰/۰۰	kl۱/۴	l۰/۰۰
تابش لیزر	۰mM	c۱۹/۵۳	d۱۵/۷۹	a۶۳/۹۰	c۲۲/۲۰
	۸۰mM	efg۱۱/۳۰	fg۹/۷۰	b۲۸/۴۲	fg۹/۹۲
	۱۶۰mM	ij۴/۷۷	ijk۴/۱۳	efg۱۱/۵۵	jkl۲/۵۸
	۲۴۰mM	ijk۳/۹۲	jkl۲/۵۶	hi۶/۴۵	۰/۰۰
	۳۲۰mM	kl۱/۶۱	kl۱/۲۰	jkl۲/۸۸	۰/۰۰

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

جدول ۶ - میانگین فعالیت آلفا آمیلاز(میلی گرم بر گرم بر دقیقه)در بذر چهار ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری (۲۴ساعت)

ارقام مورد ازمایش		ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
	تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)				
بدون تابش لیزر	۰mM	efg۱/۲۷	gh۱/۱۸	d۱/۵۶	jk۰/۹۶
	۸۰mM	efg۱/۲۵	jk۰/۹۷	e۱/۳۶	mn۰/۷۱
	۱۶۰mM	kl۰/۸۹	mn۰/۷۳	ij۱/۰۵	op۰/۴۴
	۲۴۰mM	lm۰/۷۷	op۰/۴۵	jk۰/۹۶	p۰/۳۷
	۳۲۰mM	op۰/۴۷	op۰/۴۵	kl۰/۸۵	p۰/۳۵
تابش لیزر	۰mM	b۱/۸۵	bc۱/۷۵	a۱/۹۶	efg۱/۲۵
	۸۰mM	c۱/۶۹	c۱/۶۸	bc۱/۷۴	hi۱/۰۹
	۱۶۰mM	fg۱/۲۲	gh۱/۲۰	ef۱/۳۴	mn۰/۶۸
	۲۴۰mM	kl۰/۸۶	kl۰/۸۷	gh۱/۱۷	o۰/۵۳
	۳۲۰mM	mn۰/۶۶	n۰/۶۴	ghi۱/۱۵	op۰/۴۵

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

می‌تواند فعالیت آنزیم‌ها را افزایش دهد، مکانیزم‌های فیزیولوژیکی گیاهان را تسریع کند و در نتیجه رشد گیاهان تحت استرس را افزایش دهد. طی تحقیق Durkova (۱۹۹۳) و، یکی از دلایل تأثیر مثبت لیزر بر عملکرد گیاهانی چون گندم و لگومینه، افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز بود. می‌توان این وقایع را این گونه تفسیر کرد که لیزر به علت میدان الکترومغناطیسی و انرژی گرمایی که مولکول‌های سلول را تحت تأثیر قرار می‌دهند باعث افزایش فعالیت آنزیم و واکنشگرهای واسطه آنزیم می‌شود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

جدول ۷- میانگین فعالیت آلفا آمیلاز(میلی گرم بر گرم بر دقیقه)در بذر چهار ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری (۴۸ساعت)

ارقام مورد ازمایش		ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
	تیمار کلرید سدیم(میلی مولار)				
بدون تابش لیزر	۰mM	^{cdef}۲/۵۴	^{efg}۲/۳۰	^{bcd}۲/۶۱	^{ijkl}۱/۵۵
	۸۰mM	^{cdef}۲/۵۳	^{h}۱/۸۷	^{cdef}۲/۵۲	^{pqr}۰/۹۵
	۱۶۰mM	^{ijkl}۱/۵۵	^{klm}۱/۳۵	^{g}۲/۱۵	^{rs}۰/۶۸
	۲۴۰mM	^{lmno}۱/۲۶	^{nop}۱/۰۵	^{kjl}۱/۴۸	^{rs}۰/۶۴
	۳۲۰mM	^{qrs}۰/۷۴	^{qrs}۰/۶۹	^{klmn}۱/۳۲	^{rs}۰/۴۷
تابش لیزر	۰mM	^{a}۳/۲۳	^{bc}۲/۷۹	^{a}۳/۴۰	^{defg}۲/۳۶
	۸۰mM	^{b}۲/۸۳	^{cdef}۲/۵۱	^{a}۳/۲۹	^{hi}۱/۷۹
	۱۶۰mM	^{fg}۲/۲۸	^{h}۱/۸۹	^{bcde}۲/۵۹	^{opq}۰/۹۸
	۲۴۰mM	^{hij}۱/۷۴	^{klmn}۱/۳۱	^{defg}۲/۴۱	^{qrs}۰/۷۴
	۳۲۰mM	^{mnop}۱/۱۵	^{pqr}۰/۸۹	^{ijk}۱/۵۶	^{rs}۰/۵۶

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

جدول ۸- مقایسه میانگین محتوای آدنوزین تری فسفات چهار ژنوتیپ جو تحت تاثیر تابش‌های مختلف لیزر در سطوح مختلف شوری

ارقام مورد ازمایش		ریحان	فجر۳۰	افضل	نصرت
	تیمار کلرید سدیم (میلی مولار)				
بدون تابش لیزر	۰mM	^{a}۶۲۵۵۹/۰۰	^{fg}۴۷۵۵/۰۰	^{b}۵۶۳۲۷/۳۳	^{bc}۵۵۱۵۳/۳۳
	۸۰mM	^{ef}۴۶۷۹۶/۳۳	^{ijkl}۴۱۶۱۴/۶۷	^{cde}۵۲۷۵۶/۳۳	^{hi}۴۳۹۲۸/۳۳
	۱۶۰mM	^{ijkl}۴۰۵۱۹/۰۰	^{il}۳۸۸۲۶/۰۰	^{ijkl}۴۰۵۷۱/۰۰	۰/۰۰
	۲۴۰mM	۰/۰۰	۰/۰۰	^{ml}۳۶۱۴۷/۳۳	۰/۰۰
	۳۲۰mM	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
تابش لیزر	۰mM	^{a}۶۳۰۴۲/۰۰	^{def}۵۰۵۱۹/۳۳	^{a}۶۱۸۵۹/۰۰	^{a}۵۹۹۸۶/۳۳
	۸۰mM	^{bcd}۵۳۳۶۰/۰۰	^{fg}۴۸۷۰۲/۳۳	^{bc}۵۵۹۶۱/۳۳	^{kl}۳۹۸۸۸/۰۰
	۱۶۰mM	^{ijk}۴۳۵۱۸/۰۰	^{ijk}۴۲۲/۳۳	^{gh}۴۶۵۰۵/۳۳	^{p}۲۵۵۱۰/۶۷
	۲۴۰mM	^{mn}۳۵۶۷۴/۶۷	^{lmn}۳۸۳۱۴/۳	^{jkl}۴۰۱۷۲/ ۶۷	۰/۰۰
	۳۲۰mM	^{o}۲۹۹۳۹/۶۷	^{n}۳۵۲۹۳/۰۰	^{o}۳۱۹۶۹/۶۷	۰/۰۰

حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می باشد

تأثیر سطوح مختلف شوری و پرتوتابی لیزر بر محتوای آدنوزین تری فسفات (ATP): نتایج تجزیه واریانس محتوای آدنوزین تری فسفات در جدول ۱ نشان داده شده است. با افزایش تنش شوری میزان انرژی گیاه کاهش معنی داری داشت. در تیمار عدم پرتوتابی در شوری صفر میلی مولار رقم ریحان دارای بیشترین میزان ATP در بافت برگی بود. ارقام افضل، فجر ۳۰ و نصرت، به ترتیب در رده بعدی قرار داشتند (جدول ۸). با افزایش شوری به سطح ۸۰ میلی مولار رقم افضل بیشترین مقدار ATP را داشت. در شوری ۱۶۰ میلی مولار، میزان کاهش غلظت ATP نسبت به سطح شوری ۸۰ میلی مولار، در رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

ریحان ۱۲ درصد، در رقم فجر ۳۰، ۷ درصد و در رقم افضل ۲۳ درصد بود. رقم نصرت در این سطح شوری از بین رفت. در شوری ۲۴۰ میلی مولار تنها رقم افضل زنده ماند. در پیش تیمار لیزر میزان ATP در بافت برگی تمامی ارقام در تمامی سطوح شوری، بالاتر از حالت عدم پرتوتابی بود. بیشتر بودن مقدار ATP در رقم افضل در سطح شوری ۸۰ میلی مولار نشان داد در این سطح شوری، رقم افضل نسبت به سایر ارقام، کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفت و سلول‌ها در حال انجام فرآیندهای عادی خود بودند در حالیکه در سایر ارقام میزان انرژی کاهش بیشتری یافت. میزان کاهش ATP در رقم افضل در سطح شوری ۱۶۰ میلی مولار نسبت به سایر ارقام بیشتر بود که رشد بیشتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام مورد آزمایش، در این سطح شوری، توجیه کننده کاهش ATP بود. به این معنی که ارقام ریحان، فجر ۳۰ و نصرت در حال مصرف انرژی در مسیرهای آنابولیکی برای تجمع مواد محافظ اسمزی و مقابله با تنش بودند. بیشتر بودن میزان غلظت ATP در بافت برگی گیاهانی که تحت پیش تیمار لیزر قرار گرفتند، مطابق با نتایج حاصل از آزمایش جوانه‌زنی بود و توجیه کننده رشد بیشتر و تحمل بیشتر گیاهانی بود که تحت پیش تیمار لیزر قرار گرفتند. با افزایش سطوح شوری درصد کاهش ATP در رقم افضل بیشتر از سایر ارقام بود، به این معنی که با افزایش سطح شوری، رقم افضل نسبت به سایر ارقام رشد بیشتری داشت و بیشتر از انرژی تولیدی سلول در مسیرهای آنابولیکی استفاده کرد در حالیکه سایر ارقام با کاهش و رکود رشد مواجه شدند.

تحقیق Pastore و Martino (۱۹۹۶) نشان داد که در اثر تابش لیزر هلیوم-نئون، نرخ سنتز ATP به میزان ۱۴۰ درصد افزایش یافت. همچنین میزانATP در در میتوکندری‌هایی که تحت تابش قرار گرفته بودند ۱/۷۵ برابر میزان ATP در نمونه های کنترل بودند.

مطالعه Hamblin و Demidova (۲۰۰۶) نشان داد که در اثر تابش لیزر سیتوکروم‌ها متاثر شده و سبب فعالیت ردوکس در زنجیره تنفسی سلول می‌شود و سبب افزایش تولید ATP شده که نهایتاً منجر به فعالیت آنزیم Na^+/K^+ ATPase و دیگر حامل های یونی می‌شود. میتوکندری‌ها با جذب رادیکال‌های اکسیژن، مولکول آدنوزین دی فسفات در طی فسفریلاسیون تبدیل به آدنوزی تری فسفات شده و با افزایش میزان پروتون‌ها باعث افزایش فعالیت پمپ‌های Na^+/H^+و ATPase و پمپ Na^+/Ca^+ شود. تنظیم حرکت یون‌ها از غشا پلاسما برای تحمل شوری در گیاه به وسیله گرادیانت الکتروشیمیایی که توسط H^+-ATPase در غشا پلاسمایی تامین می‌شود، انجام می‌گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان دهنده تأثیرگذاری تنش شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه ارقام جو در مرحله جوانه زنی و گیاهچه‌ای بود. به طوریکه افزایش شوری موجب کاهش غلظت یون پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و محتوای مولکول آدنوزین تری فسفات و افزایش غلظت یون سدیم و پرولین شد. همچنین پیش تیمار لیزر موجب افزایش تحمل ارقام مورد آزمایش به تنش شوری گردید. به طوریکه سبب تغییر مثبت صفات مورد بررسی در جهت افزایش تحمل به تنش شوری شد. در بین ارقام مورد بررسی، رقم افضل درتیمار تابش لیزر بیشترین میزان تحمل را نسبت به سایر ارقام نشان داد و رقم نصرت حساسترین رقم در این آزمایش بود.

منابع

پوستینی، ک. و سی وسه مرده، ع. (۱۳۸۰). تنش شوری در گندم انتقال انتخابی یونها در واکنش به نسبت پتاسیم و سدیم. مجله علوم کشاورزی. ۳۲: ۶۵-۵۵.

تاجبخش، م. و صادقی، ا. (۱۳۷۸) . تاثیر تنش شوری حاصل از کلرید سدیم بر روی غشاء سلولی و جنین در ارقام حساس و مقاوم جو. مجله نهال و بذر, موسسه تحقیقات وزارت کشاورزی. ۱۵: ۲۶۱-۲۵۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]

خوش خلق سیما، ن. ا.، علی تبار، ر. ، اقبالی نژاد، م.، بابازاده، پ. و طالع احمد، س. (۱۳۹۲). تاثیر شوری بر جوانه زنی و آستانه تحمل به شوری جو. پژوهشهای زراعی ایران. ۱۲۰:۱۱-۱۰۷.

Bachmann, K., He, Y., Sarver, J. G. and Peng, N. (2003) Characterization of the cytochrome P450 enzymes involved in the in vitro metabolism of ethosuximide by human hepatic microsomal enzymes. Xenobiotica 33: 265-276.

Blits, K. C. and Gallagher, J. L. (1990) Effect of NaCl on lipid content of plasma membranes isolated from roots and cell suspension cultures of the dicot halophyte *Kosteletzkya virginica* (L.) presl. Plant Cell Reports 9: 156-159.

Caraway, W. T. (1959) A stable starch substrate for the determination of amylase in serum and other body fluids. American Journal Clinical Pathologic 32: 97-99.

Dkhil, B. B. and Denden M. (2010) Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench seeds. African Journal of Agricultural Research 5: 1412-1418.

Durkova, E. (1993) The activity of wheat grains and the effect of laser radiation. Acta Phytotech 49: 59-66.

Gladyszewska, B., Kornas-Czuczwar, B., Koper, R. and Lipski, S. (1998) Theoretical and practical aspects of pre-sowing laser bio-stimulation of the seeds. Inzynieria Rolnicza 2: 21-29.

Green, A. (1986) The insulin-like effect of sodium vanadate on adipocyte glucose transport is mediated at a post-insulin-receptor level. Biochemical Journal 238: 663-669.

Hamblin, M. R. and Demidova, T. N. (2006) Mechanisms of low level light therapy. Biomedical Optics 2006, International Society for Optics and Photonics.

Mei, Y. and Song, S. (2008) Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds. Agricultural Science in China 7: 950-957**.**

Pastore, N. and Martino, A. (1996) Stimulation of ATP synthesis via oxidative phosphorylation in wheat mitochondria irradiated with Helium-Neon laser. IUBMB Life 39: 149-157.

Pervaiz, S., Nasim, M. Qureshi, R. H., Aziz, T., Saqib, M., Nawaz, S. and Sahi, S. T. (2008) Growth and ionic composition of salt stressed Eucalyptus camaldulensis and Eucalyptus teretcornis. Pakistan Journal of Botany 40: 799-805.

Sai Ram, M., Neetu, D., Yogesh, B., Anju, B., Dipti, P., Pauline, T., Sharma, S. K., Sarada, S. K., Ilavazhagan, G., Kumar, D. and Selvamurthy, W. (2002) Cyto-protective and immunomodulating properties of Amla (Emblica officinalis) on lymphocytes: an in-vitro study. Journal of Ethnopharmacology 81: 5-10.

Rover, L., Fernandes, J. C., de Oliveira Neto, G., Kubota, L. T., Katekawa, E. and Serrano, S. H. (1998) Study of NADH stability using ultraviolet–visible spectrophotometric analysis and factorial design. Analytical biochemistry 26**0**: 50-55.

Rybinski, W., Patyna, H. and Przewoyny, T. (1993) Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in Barley (*Hordeum vulgare* L.). Genetica Polonica 34: 337-343.

Rybinski, W. (2000) Influence of laser baems on the variability of traits in spring barley. Int. Agrophysics 14: 227-232.

Sadat Noori, S. A., Ferdosizadeh, L.; Izadi-Darbandi, A.; Mortazavian, M. M. and Saghafi, S. (2011) Effects of salinity and laser radiation on proline accumulation in seeds of spring wheat. Journal of Plant Physiology and Breeding 1: 11-20.

Sadeghi, H. (2011) Use of new barley cultivar to improve salt tolerance and yield in cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.). African Journal of Agricultural Research 6: 4778-4784.

Vasilevski, G. (2003) Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue 2003, 179- 186.

Volkmar, K. M., Hu, Y. and Steppuhn, H. (1998) Physiological responses of plants to salinity: a review. Canadian Journal of Plant Science 78: 19–27.

Wasilousky, P. A. (1988) Modular interface for monolithic millimeter wave antenna array, Google Patents.

Welsh, P. G., Lipton, J., Chapman, G. A. and Podrabsky, T. L. (2000) Relative importance of calcium and magnesium in hardness based modification of copper toxicity. Environmental Toxicology and Chemistry 19: 1624-1631.

Yan, H., Zhihua, C., Yan, Z., Christopher, N., Jordan, R., Florian, D., Marcel, K. and Antonio, F. (2009) A high-mobility electron-transporting polymer for printed transistors. Nature 457: 679-686.

Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K. (1997). Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. Plant and Cell Physiology 38: 1095-1102.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.17.8]