مقاله پژوهشی

تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر برخی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی گیاهچه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم گلدشت تحت تنش شوری

هانیه سعادت[1] و محمد صدقی[2*]

[1] اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[2] گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر برخی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی گیاهچه گلرنگ تحت تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و چهار سطح کیتوزان (صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی- حجمی) بود که همه در اسید استیک یک درصد حل شده بودند. نتایج نشان داد که شوری شاخص‌های جوانه‌زنی را کاهش داد، ولی پرایمینگ بذر با کیتوزان این صفات را بهبود بخشید. بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی، شاخص طولی و وزنی بنیه بذر در تیمار با کیتوزان ۳ درصد و بدون شوری مشاهده شد. محتوای پروتئین محلول در تیمار با کیتوزان ۳ درصد و سطح بدون شوری نسبت به شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در حدود ۸۱ درصد افزایش نشان داد. میزان قندهای محلول در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد در حدود ۴۸ درصد نسبت به شاهد (پرایمینگ با آب‌مقطر) بیشتر بود. حداکثر مقدار مالون دی‌آلدئید (۴۱/۵۳۳ نانومول بر گرم وزن تر) به تیمار شاهد (پرایمینگ آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار ارتباط داشت. با افزایش شوری میزان پرولین افزایش یافت، ولی کاربرد کیتوزان ۳ درصد این صفت را ۷۷ درصد نسبت به شاهد (پرایمینگ با آب‌مقطر) افزایش داد. در کل، استفاده از سطوح مختلف کیتوزان موجب تقویت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بذرهای ضعیف گلرنگ تحت تنش شوری شد و رشد گیاهچه را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، پرولین، قندهای محلول، کلرید سدیم، کیتوزان

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک محصول مهم دانه روغنی است که از سال‌های پیشین کشت می‌شود و به طور تجاری برای استخراج نفت، داروسازی و صنایع غذایی استفاده می‌شود (Gomashe *et al*., 2021). در واقع این گیاه روغنی، با گل‌هایی به رنگ‌های زرد، قرمز، نارنجی، با و بدون خار، با میانگین میزان روغن ۳۰-۵۰ درصد است (Jam *et al*., 2023). این گیاه سازگار به کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (de AlmeidaSilva *et al*., 2023). روغن بذرهای گلرنگ به علت دارابودن میزان کم اسیدهای چرب اشباع (اسیدهای پالمیتیک و استئاریک) و میزان زیاد اسیدهای چرب غیراشباع (اسیدهای اولئیک و لینولئیک) ابتلا به بیمارهای قلبی را کاهش

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: m_sedghi@uma.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

می‌دهد (Gupta, 2022). این گیاه متحمل به شوری بوده و قابل کشت در مناطق شور است (Yeilaghi *et al*., 2015). گلرنگ تقریباً در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود. سطح زیرکشت گلرنگ در ایران حدود ۴۳۷۵ هکتار است که باعث تولید ۵۶۲۳ تن محصول شده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۰).

تنش شوری که یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا است که بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تأثیر منفی می‌گذارد. شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در سراسر جهان است (Gursoy, 2020). در نتیجه، دستیابی به غذای سالم برای جمعیت فزاینده جهان دشوار می‌شود و مشکلات سوء تغذیه به وجود می‌آید. شرایط شور منجر به کاهش شدید عملکرد به دلیل جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه می‌شود (Narejo *et al*., 2023). علاوه‌براین، تنش شوری فرآیندهای گیاهی مانند رشد و جذب مواد مغذی و تولید متابولیت‌های ثانویه (لیپیدهای غشایی) و گونه‌های فعال اکسیژن را مختل می‌کند و بر رشد و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد (Granaz *et al*., 2022). از آنجایی که تنش شوری اثرات منفی به‌ویژه بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دارد، باعث تنش اسمزی، سمیت یونی و افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش جذب برخی از یون‌ها و غیره شده و تولید بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال با ایجاد اختلال در فرآیندهای سلولی به گیاهان آسیب می‌رساند (Akhter *et al*., 2022). Gursoy و همکاران (۲۰۲۲، ۲۰۲۳) با مطالعه تأثیر تنش شوری بر گیاه گلرنگ کاهش درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه، محتوای نسبی آب و افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی را با افزایش سطوح شوری گزارش کردند.

مرحله جوانه‌زنی یکی از حساس‌ترین مراحل مربوط به تنش شوری است (Moori and Lahijani, 2020). در واقع، جوانه‌زنی سریع بذرها و استقرار توده از جنبه‌های ضروری است که بر تولید محصول در محیط‌های تنش‌زا تأثیر می‌گذارد. بنابراین، بهبود تحمل گیاهان زراعی به تنش شوری بالا حیاتی است. راهکارهای مختلفی برای بهبود تحمل شوری محصولات زراعی استفاده می‌شود. یکی از بهترین رویکردها، پرایمینگ بذر است که به عنوان روشی فعال برای کاهش تنش شوری ارزیابی شده است (Farooq *et al*., 2019). این روش تحمل تنش غیرزیستی را به حداکثر می‌رساند. علاوه‌براین، سیستم حفاظت از محصولات را تقویت می‌کند. در این تکنیک، سطح هیدراتاسیون در بذرها با اعمال تیمارهای پیش کاشت کنترل می‌شود و اجازه می‌دهد تا فرآیندهای متابولیک پیش از جوانه‌زنی خاص رخ دهد و از ظهور ریشه‌چه جلوگیری می‌کند (Singh and Kumar, 2021). چنین پدیده‌ای به عنوان سازوکارهای دفاعی تحریکی تقویت‌شده یک گیاه نامیده می‌شود (Yang *et al*., 2022). پرایمینگ بذر فاصله زمانی بین کاشت و ظهور بذر را کاهش می‌دهد و باعث اصلاح فیزیولوژیکی می‌شود. این یک تکنیک مفید برای اصلاح کیفیت بذر از طریق فرآیندهای متابولیک جوانه‌زنی شامل تنظیمات اسمزی، سازماندهی مجدد غشاء و بازسازی و تأخیر در نشت الکترولیت است (Srivastava *et al*., 2021). همچنین، پرایمنیگ به پاسخ‌های همانندسازی DNA، عملکرد آنتی‌اکسیدانتی، در دسترس‌بودن بیشتر ATP، و تحریک بیوسنتز پروتئین، بازیابی غشاهای زیستی سلولی و بهبود آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کمک می‌کند (Sen and Puthur, 2020).

کیتین طبیعی‌ترین پلی‌ساکارید موجود در دیواره سلولی قارچ‌ها، خرچنگ‌ها، میگوها، تخم‌های نماتد انگلی، اسکلت بیرونی حشرات و پوشش روده نماتد انگلی است (Al-Tawaha *et al*., 2018). کیتوزان (1,4)-linked 2-amino-deoxy-β-D-glucan) یک پلیمر پلی‌ساکارید با زنجیره بلند است که از استیل‌زدایی کیتین به‌دست می‌آید. کیتوزان می‌تواند به عنوان یک پوشش نگهدارنده برای میوه‌های تازه به دلیل خواص بیوشیمیایی پایدار آن استفاده شود (Muzzarelli *et al*., 1986). نقش پرایمینگ بذر با کیتوزان در بهبود جوانه‌زنی و رشد محصولات مختلف تحت تنش شوری به خوبی شناخته شده است (Saadat and Sedghi, 2024). اثرات مختلفی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

تیمار کیتوزان تحت تنش شوری بر روی انواع مختلف گونه‌های گیاهی از جمله بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز، افزایش صفات بیوشیمیایی در گیاه لوبیا (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱a؛ سعادت و همکاران، ۱۴۰۲b؛ Saadat *et al.*, 2023)، سویا (Saadat and Sedghi, 2024) و برنج (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲a) مشاهده شده است. پرایمینگ باعث کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدی در گیاه گلرنگ تحت تنش شوری می‌شود (Lotfi *et al.*, 2023). تحقیقات نشان داده است که، کیتوزان میزان پرولین و پروتئین گیاهچه گلرنگ را تحت تنش خشکی افزایش داد در حالی که، محتوی مالون دی‌آلدئید کاهش نشان داد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲). منصوری و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که اثر سطوح کیتوزان در شرایط تنش شوری در گیاه گلرنک بر درصد جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی و شاخص طولی بنیه بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی اثر سطوح مختلف کیتوزان در شرایط آزمایشگاهی و تحت تنش شوری بر برخی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی جهت تعدیل اثرات سوء ناشی از تنش شوری در گیاهچه گلرنگ رقم گلدشت بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر برخی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی گیاهچه گلرنگ رقم گلدشت در شرایط تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۳ با سه تکرار و چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) از منبع کلرید سدیم (Gursoy, 2023) و چهار سطح کیتوزان (شاهد (آب‌مقطر)، ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی-حجمی) (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲) انجام شد. بذرهای گواهی‌شده گلرنگ رقم گلدشت تولیدی سال ۱۴۰۲ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. در ابتدا بذرهای گلرنگ با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس با آب‌مقطر شسته شدند. جهت اعمال پرایمینگ بذرها درون محلول‌های کیتوزان و آب‌مقطر به‌مدت چهار ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند (Gursoy, 2020). بعد از پرایمینگ، بذرها به‌وسیله آب‌مقطر شستشو و در دمای آزمایشگاه خشک شدند. سپس، ۲۵ عدد بذر در داخل پتری‌های ۹ سانتی‌متری جهت کشت قرار گرفت و به هر پتری محلول شوری (کلرید سدیم) با سطوح مختلف به مقدار ۵ میلی‌لیتر اضافه گردید. سپس، پتری‌ها در داخل ژرميناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت هشت روز قرار داده شد (Elouaer and Hannachi, 2012). معیار جوانه‌زنی یک بذر، خروج ریشه‌چه به میزان ۲ میلی‌متر از پوسته بذر در نظر گرفته شد (منصوری و همکاران، ۱۳۹۶). برای محاسبه شاخص‌های مورد مطالعه از روابط جدول ۱ استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان پروتئین محلول: برای استخراج پروتئین **محلول** از ساقه‌چه از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. جهت تهیه معرف پروتئین برادفورد ۱۰۰ میلی‌گرم کوماسی برلیانت بلوجی در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ به مدت زمان حداقل یک ساعت حل و پس از آن، ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵٪ قطره قطره به آن اضافه شد و با آب‌مقطر حجم محلول به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای حذف ذرات معلق، محلول از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد. مراحل استخراج عصاره پروتئینی بدین صورت بود که ۰/۵ گرم از نمونه ساقه‌چه در هاون چینی ریخته و مقدار ۶/۲۵ میلی‌گرم بافر استخراج به آن اضافه گردید. ترکیب حاصل به مدت ۳۰ دقیقه ساییده شد. سپس نمونه‌ها در فالکن به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون در یخچال قرار گرفتند. در مراحل بعد نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با ۱۳۰۰۰ دور در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شدند. پس از آن ۰/۱ میلی‌لیتر از فاز مایع شناور نمونه‌ها در فالکون ۱۵ میلی‌لیتر ریخته و ۵ میلی‌لیتر معرف برادفورد به آن اضافه شده و بلافاصله عمل ورتکس انجام شد. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100 ساخت کشور چین) خوانده شد. عدد حاصل براساس میلی‌گرم بر گرم وزن نمونه بذری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

جدول ۱- روابط محاسباتی مورد مطالعه در آزمایش

صفات	روابط	منابع
درصد جوانه‌زنی (Germination Percentage)	GP = (N×100) / M	امیدی و همکاران، ۱۳۹۳
میانگین مدت جوانه‌زنی (Mean Germination Time)	MGT = Σ (Ni) / Σ N	امیدی و همکاران، ۱۳۹۳
ضریب جوانه‌زنی (Germination coefficient)	GC =1/MGT × 100	فتحی امیرخیز و همکاران، ۱۳۹۱
میانگین جوانه‌زنی روزانه (Mean Daily Germination)	MDG = GP / Tx	Hoogenboom and Peterson, 1987
شاخص وزنی بنیه بذر (Seedling Weight Vigor Index)	SLVI = SL (mm) × GP	Abdul-Baki and Anderson, 1973
شاخص طولی بنیه بذر (Seedling Length Vigor Index)	SWVI = SDW (gr) × GP	Abdul-Baki and Anderson, 1973

N: تعداد بذر جوانه‌زده، M: تعداد کل بذور، N: تعداد دفعات شمارش، Ni: تعداد بذر جوانه‌زده در روز، MGT: میانگین مدت جوانه‌زنی، GP: درصد جوانه‌زنی، Tx: تعداد روزهای آزمایش (طول دوره اجرای آزمایش)، SL: طول گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه (گرم).

محاسبه گردید.

سنجش میزان پرولین: سنجش میزان پرولین براساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام گردید. در این روش ۰/۵ گرم از ریشه‌چه با ۵ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک له شد. پس از صاف کردن با صافی از مخلوط همگن حاصل، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد و بعد از اضافه کردن ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص، در بن‌ماری به مدت یک ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به حمام آب یخ منتقل و بعد از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن، مقدار جذب در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد پرولین و بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد.

سنجش قندهای محلول: میزان قندهای محلول به روش فنل سولفوریک (Kochert, 1978) و براساس هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال که با فنل تولید یک کمپلکس رنگی می‌کند، اندازه‌گیری شد. در این روش، ۰/۵ گرم از ریشه‌چه با ۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر به‌وسیله هاون خوب ساییده گردید. پس از صاف‌کردن، از عصاره گیاهی حاصل ۲ میلی‌لیتر برداشته شد و بعد از افزودن ۱ میلی‌لیتر فنل (۵٪ وزنی- حجمی) و ۳ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪، لوله‌ها به مدت یک ساعت به حال خود رها شدند تا رنگ ظاهر و تثبیت شود. پس از ظهور رنگ، میزان جذب در طول‌موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و با استفاد از منحنی استاندارد قند گلوکز، میزان قند در ریشه‌چه تحت تیمار بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

سنجش میزان مالون دی‌آلدئید: سنجش میزان مالون دی‌آلدئید براساس روش (Mccue and Shetty, 2002) انجام شد. در این سنجش، ۲۰۰ میلی‌لیتر از بافت هموژن با ۸۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر در لوله‌های آزمایش مخلوط شد. سپس، ۵۰۰ میلی‌لیتر از تری‌کلرو استیک اسید ۲۰ درصد با ۱ میلی‌لیتر از تیوباربیتوریک اسید ۱۰ میلی‌مولار مخلوط شد. لوله‌های آزمایش به انکوباتور ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۳۰ دقیقه منتقل شدند. سپس، به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و مقدار جذب روشناور در طول‌موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت مالون دی‌آلدئید از ضریب خاموشی معادل $۱۵۵mM^{-1}cm^{-1}$ و رابطه زیر استفاده شد، که در آن A جذب خوانده شد، ∈ ضریب خاموشی، B عرض کووت و C غلظت کمپلکس بر حسب میلی‌مولار است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری بر حسب میلی‌مولار بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

$A= \in BC$

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و برای ترسیم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel 2018 استفاده شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

نتایج

درصد جوانـه‌زنی: اثر ساده کیتوزان و شوری بر درصد جوانـه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانـه‌زنی (۹۱/۶۶۷ درصد) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد مشاهده شد (شکل ۱). البته سطوح کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدروپرایمینگ روی درصد جوانـه‌زنی مؤثر بود. با افزایش شوری، درصد جوانـه‌زنی کاهش یافت. به‌طوری‌که، بیش‌ترین درصد جوانـه‌زنی (۹۲/۸۳۳ درصد) در شاهد (بدون شوری) و کم‌ترین آن ۷۵/۸۳۳ درصد در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۱).

ضریب جوانه‌زنی و میانگین مدت جوانه‌زنی: در این تحقیق، اثر ساده کیتوزان و شوری و برهمکنش آن‌ها روی ضریب جوانه‌زنی و میانگین مدت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد کیتوزان ۱ و ۲ درصد نیز میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش داد. بـیش‌تـرین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۹۰۴ روز) در شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و کم‌ترین آن (۰/۰۹۴ روز) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و بدون شوری مشاهده شد (جدول ۳). همچنین، بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی (۱۰۶۶/۶۷) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین مقدار آن (۱۱۲/۳۳) در شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود (جدول ۳). البته کـاربرد کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیـــدروپرایمینگ نیز روی ضریب جوانه‌زنی تأثیر داشت.

میانگین جوانه‌زنی روزانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ای این صفت نشان داد که اثر ساده کیتوزان و شوری بر میانگین جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین میانگین جوانه‌زنی روزانه (۱۱/۴۵۸) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و کم‌ترین مقدار آن (۹/۸۹۶) در شاهد (آب‌مقطر) به‌دست آمد. هر چند سطوح کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیـــدروپرایمینگ نیز روی آن تأثیر گذاشت با این وجود، تـأثیر کیتوزان ۳ درصد بیشتر بود (شکل ۲) با افزایش شوری میانگین جوانه‌زنی روزانه کاهش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین جوانه‌زنی روزانه (۱۱/۶۰۴) در شاهد وکم‌ترین مقدار این صفت (۹/۴۷۹) در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود (شکل ۲).

شاخص وزنی و طولی گیاهچه: در این تحقیق، اثر ساده کیتوزان و شوری و برهمکنش آن‌ها روی شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه (۶۷/۷۸۸) و شاخص طولی بنیه گیاهچه (۹۹/۹۷۶) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه (۴/۵۳۹) و شاخص طولی بنیه گیاهچه (۱۳/۵۰۳) در شاهد و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۳). البته پرایمینگ با کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیـــدرو پرایمینگ نیز روی شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه تـــأثیر داشت.

پروتئین: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کیتوزان، تنش شوری و برهمکنش آن‌ها بر محتوای پروتئین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین محتوای پروتئین (۰/۵۳۹ میلی‌گرم در گرم) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و بدون شوری و کمترین محتوای پروتئین (۰/۱۰۰ میلی‌گرم در گرم) در شاهد با شوری ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل شد (جدول ۳). پرایمینگ با کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدروپرایمینگ نیز اثر مثبتی بر محتوای پروتئین داشت، به‌طوری‌که بعد از کیتوزان ۳ درصد، کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدروپرایمینگ بیش‌ترین محتوای پروتئین را نشان دادند.

پرولین: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده کیتوزان و تنش شوری بر مقدار پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و برهمکنش کیتوزان و تنش شوری بر این صفت غیرمعنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین مقدار پرولین (۸۲۰/۷۵ میکرومول بر گرم وزن تر) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد بود. پرایمینگ با کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدرو پرایمینگ نیز اثر مثبتی بر پرولین داشتند (شکل ۳)، به‌طوری‌که بعد از کیتوزان ۳ درصد، کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدروپرایمینگ بیش‌ترین مقدار پرولین را نشان دادند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کیتوزان و شوری بر صفات مورد مطالعه در گیاهچه گلرنگ

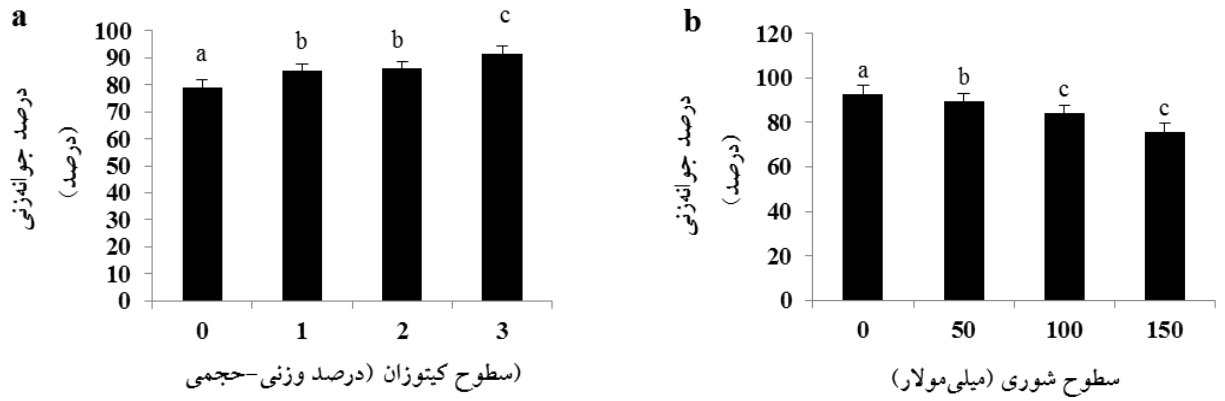
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	میانگین مدت جوانه‌زنی	میانگین جوانه‌زنی روزانه	شاخص طولی بنیه گیاهچه
کیتوزان	۳	۳۱۴/۹۴۴**	۴۵۵۱۴۵/۴۶۵**	۰/۱۶۴۹**	۴/۹۲۱۰**	۵۵۸۴/۹۸۹**
شوری	۳	۶۵۹/۸۸۹**	۵۸۳۲۵۴/۹۱۰**	۰/۳۰۹۰**	۱۰/۳۱۰۸**	۳۲۱۰/۴۸۰**
کیتوزان × شوری	۹	۱۰۹/۱۶۷ ns	۱۱۴۶۱/۲۰۶**	۰/۰۳۸۹**	۰/۱۸۹۵ ns	۲۳۴/۲۸۲**
خطای آزمایشی	۳۲	۶/۸۷۵	۳۱۳۳/۹۳۷	۰/۰۰۲۴	۰/۱۰۷۴	۳۰/۷۴۷
ضریب تغییرات (٪)		۳/۰۶۴	۱۰/۳۹۶	۱۸/۶۳۹	۳/۰۶۳	۱۲/۳۶۷

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ۲-

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص وزنی بنیه گیاهچه	محتوای پروتئین	پرولین	مالون دی‌آلدئید	قندهای محلول
کیتوزان	۳	۲۰۰۹/۵۵۱**	۰/۰۵۸۸۳۹**	۹۹۸۱۸۸/۸**	۳۷۷/۴۴۹**	۷۷۰/۲۸۱**
شوری	۳	۱۴۹۹/۵۵۱**	۰/۲۲۵۳۳۴**	۱۵۸۱۲/۴**	۷۲۵/۲۸۸**	۹۹/۹۷۱**
کیتوزان × شوری	۹	۳۰۴/۹۱۹**	۰/۰۰۳۷۱۴**	۴۱۵/۷ ns	۲۹/۳۷۴**	۱/۳۶۵ ns
خطای آزمایشی	۳۲	۴/۹۳۷	۰/۰۰۱۲۲۶	۱۷۷۴/۷	۸/۵۱۵	۶/۴۸۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۷۰۲	۱۲/۶۰۵	۸/۲۹۱	۱۳/۶۹۲	۸/۷۴۴

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات ساده کیتوزان (a) و شوری (b) بر روی درصد جوانه‌زنی در گلرنگ. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

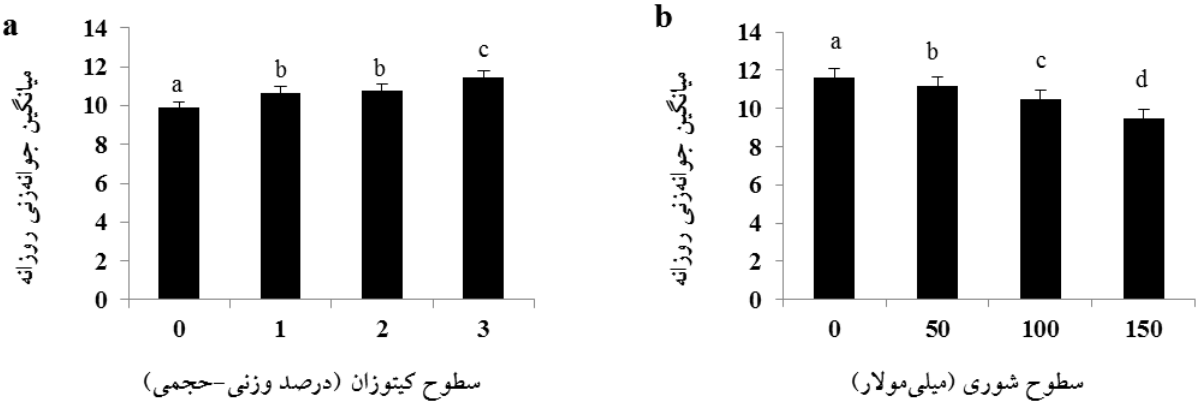
طبق نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که با افزایش سطوح شوری به مقدار پرولین افزوده می‌شود. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن (۵۴۶/۵۰ میکرومول بر گرم وزن تر) در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۳).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل پیش‌تیماری بذر با کیتوزان بر صفات مورد مطالعه گیاهچه گلرنگ در تنش شوری

اثر متقابل	ضریب جوانه‌زنی	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	پروتئین (میلی‌گرم در گرم)	مالون دی‌آلدئید (نانو مول بر گرم وزن تر)
شاهد (آب‌مقطر) و شوری صفر	۵۳۰/۰۰^{d}	۰/۱۸۸^{efgh}	۲۶/۷۴۰^{gh}	۱۰/۳۳۲^{fg}	۰/۳۶۵^{cd}	۱۶/۰۰^{gh}
شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۵۰ میلی‌مولار	۳۷۰/۰۰^{fg}	۰/۲۷۳^{de}	۲۲/۱۱۵^{ghi}	۹/۱۵۹^{fg}	۰/۱۹۵^{efg}	۲۲/۱۶۷^{ef}
شاهد (آب‌مقطر و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۳۱۰/۰۰^{gh}	۰/۳۲۸^{cd}	۱۶/۵۸۸^{hi}	۷/۵۰۶^{fgh}	۰/۱۱۵^{h}	۳۶/۲۶۷^{b}
شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار	۱۱۲/۳۳^{i}	۰/۹۰۴^{a}	۱۳/۵۰۲^{i}	۴/۵۳۹^{h}	۰/۱۰۱^{h}	۴۱/۵۳۳^{a}
کیتوزان ۱ درصد و شوری صفر	۶۹۰/۰۰^{c}	۰/۱۴۵^{ghi}	۵۲/۶۳۶^{cd}	۲۰/۰۰۹^{e}	۰/۴۱۷^{bc}	۱۴/۱۳۳^{ghi}
کیتوزان ۱ درصد و شوری ۵۰ میلی‌مولار	۴۹۶/۶۷^{de}	۰/۲۰۴^{efg}	۴۰/۵۲۸^{ef}	۱۰/۶۲۳^{fg}	۰/۳۳۲^{d}	۱۸/۰۳۳^{efg}
کیتوزان ۱ درصد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۳۸۶/۶۷^{fg}	۰/۲۷۱^{de}	۳۱/۴۶۳^{fg}	۹/۳۶۵^{fg}	۰/۱۹۸^{ef}	۲۲/۹۳۳^{de}
کیتوزان ۱ درصد و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار	۲۵۰/۰۰^{h}	۰/۴۰۱^{bc}	۲۲/۹۸۷^{ghi}	۶/۶۲۰^{gh}	۰/۱۱۷^{h}	۲۹/۷۰۰^{c}
کیتوزان ۲ درصد و شوری صفر	۸۲۰/۰۰^{bc}	۰/۱۲۲^{ghi}	۷۷/۷۰۹^{b}	۳۳/۴۷۶^{c}	۰/۴۷۵^{b}	۱۰/۸۰۰^{hi}
کیتوزان ۲ درصد و شوری ۵۰ میلی‌مولار	۷۰۳/۳۳^{c}	۰/۱۴۳^{ghi}	۶۰/۶۲۱^{c}	۲۵/۱۰۱^{d}	۰/۳۰۸^{d}	۱۵/۶۰۰^{gh}
کیتوزان ۲ درصد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۵۰۶/۰۰^{d}	۰/۱۸۱ ^{fghi}	۴۷/۱۸۱^{de}	۱۱/۶۵۲^{f}	۰/۲۳۳^{e}	۲۳/۲۶۷^{de}
کیتوزان ۲ درصد و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار	۲۳۶/۶۷^{h}	۰/۴۲۹^{b}	۲۴/۴۰۵^{gh}	۷/۳۵۰^{gh}	۰/۱۳۴^{gh}	۲۷/۸۰۰^{cd}
کیتوزان ۳ درصد و شوری صفر	۱۰۶۶/۶۷^{a}	۰/۰۹۴^{i}	۹۹/۹۷۶^{a}	۶۷/۷۸۸^{a}	۰/۵۳۰^{a}	۹/۲۶۷^{i}
کیتوزان ۳ درصد و شوری ۵۰ میلی‌مولار	۹۳۳/۳۳^{b}	۰/۱۰۷^{hi}	۷۷/۸۱۲^{b}	۴۴/۹۱۶^{b}	۰/۴۲۱^{bc}	۱۴/۷۳۳^{gh}
کیتوزان ۳ درصد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۷۲۳/۳۳^{c}	۰/۱۳۹^{ghi}	۶۰/۷۳۵^{c}	۲۴/۸۱۰^{d}	۰/۳۳۷^{d}	۱۷/۲۳۳^{fg}
کیتوزان ۳ درصد و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار	۴۲۶/۶۷^{ef}	۰/۲۴۶^{def}	۴۲/۴۰۲^{e}	۱۰/۵۶۴^{fg}	۰/۱۵۹^{fgh}	۲۱/۵۳۳^{ef}

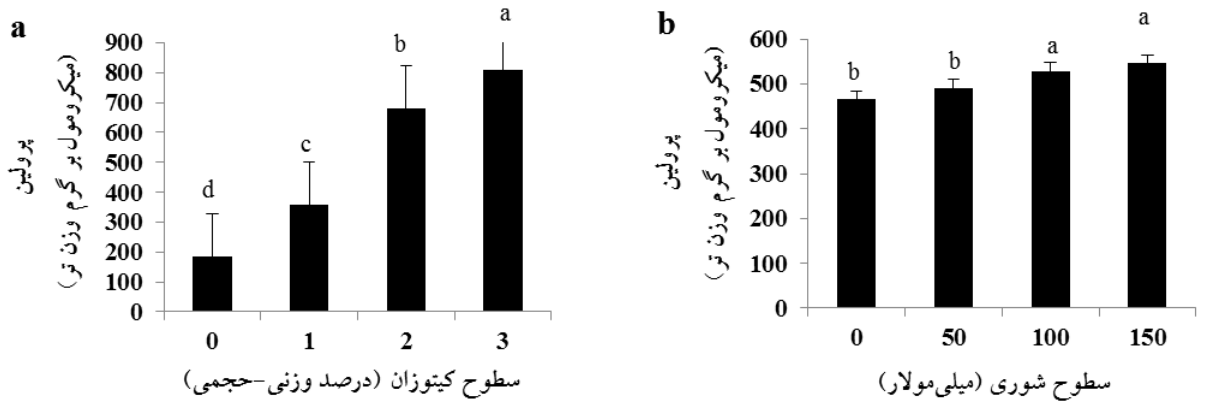
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.



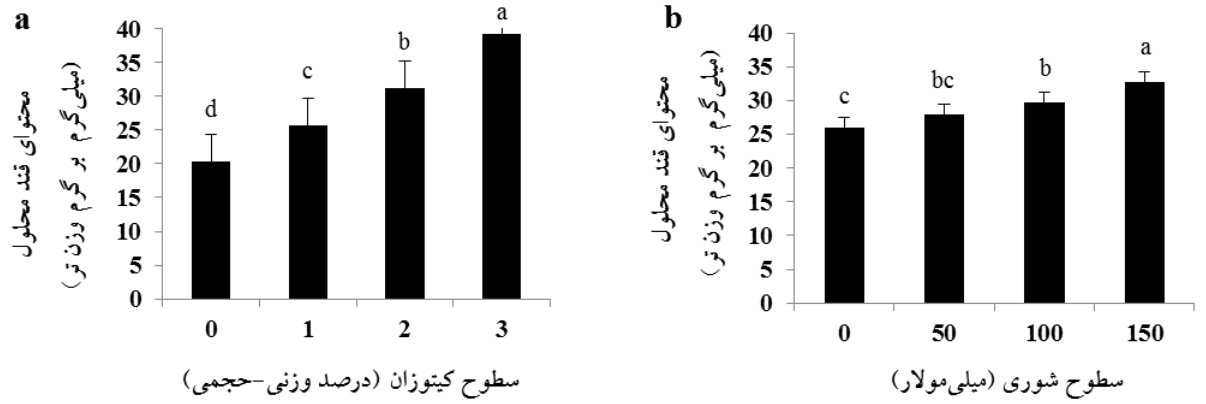
شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده کیتوزان (a) و شوری (b) بر روی میانگین جوانه‌زنی روزانه در گلرنگ. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

قندهای محلول: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده کیتوزان و تنش شوری بر محتوای قندهای محلول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری شد (جدول ۲). طبق نتایج مقایسات میانگین بیش‌ترین میزان قندهای محلول (۳۹/۱۵۸

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده کیتوزان (a) و شوری (b) بر روی پرولین در گلرنگ. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده کیتوزان (a) و شوری (b) بر روی محتوای قند محلول در گلرنگ. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و کم‌ترین آن (۲۰/۴۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شاهد مشاهده شد (شکل ۴). با این وجود، تـأثیر سطوح کیتوزان ۱ و ۲ درصد و هیدروپرایمینگ نیز در میزان قندهای محلول مؤثر بود (شکل ۴). با افزایش سطوح شوری محتوای قندهای محلول افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین محتوای قندهای محلول (۳۲/۷۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهد شد (شکل ۴).

مالون دی‌آلدئید: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده کیتوزان، شوری و برهمکنش این دو عامل مورد مطالعه بر مالون دی‌آلدئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین محتوای مالون دی‌آلدئید (۴۱/۵۳۳ نانو مول بر گرم وزن تر) در شاهد با شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و کم‌ترین مقدار آن (۹/۲۶۷ نانومول بر گرم وزن تر) در پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد و بدون حضور شوری به‌دست آمد (جدول ۳). هیدرو پرایمینگ و کیتوزان ۱و ۲ درصد مالون دی‌آلدئید را کاهش دادند ولی تأثیر پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد روی این صفت بیشتر بود (جدول ۳).

بحث

پرایمینگ بذر یکی از تکنیک‌های مؤثری است که می‌توان از آن برای کاهش اثرات نامطلوب تنش استفاده کرد (Gursoy,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

2022). تنش شوری باعث تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که از جوانه‌زنی و رشد گیاه جلوگیری می‌کند و منجر به افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانتی، پرولین و ترکیبات فنلی می‌شود. جوانه‌زدن بذر مرحله اولیه زندگی گیاهان است. این یک فرآیند سه مرحله است. مرحله اول جذب است. مرحله دوم تنظیم جوانه‌زنی و مرحله سوم نشان‌دهنده تکمیل جوانه‌زنی است (Sghaier *et al*., 2022). با این حال، گیاهان به دلیل شرایط نامساعد محیطی و عوامل تنش نمی‌توانند به جوانه‌زنی کافی دست یابند. در این مطالعه جوانه‌زنی و رشد گیاهچه با کاربرد غلظت‌های مختلف کیتوزان تحت تنش شوری افزایش یافت. در واقع، نتایج مطالعه حاضر نشان داد، سطوح مختلف شوری تأثیر منفی در بیشتر صفات مورد بررسی در گیاهچه گلرنگ داشت و سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی گردید. هیدروپرایمینگ، کاربرد کیتوزان با غلظت ۱ و ۲ درصد به‌خصوص کیتوزان ۳ درصد توانست اثرات نامطلوب شوری را کاهش دهد. تنش شوری با کاهش جذب آب، پتانسیل آبی را کاهش داده و افزایش تجمع سدیم و کلر باعث کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Nawaz *et al*., 2022). یون‌های سدیم و کلر اضافی جذب‌شده با جذب آب موجب سمیت یونی شده و بر فرآیندهای متابولیک در بذرهای جوانه‌زنی از طریق فعالیت آنزیمی مانند هیدرولیز مواد مغذی تأثیر سوئ می‌گذارد (Naseer *et al*., 2022). پرایمینگ با ساخت پروتئین و فعال‌سازی آنزیم‌های مانند هیدرولایز و آلفا آمیلاز در جنین، موجب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مانند گلوتاتیون و آسکوربات در بذر شده و این آنزیم‌ها، فعالیت پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه‌زنی کاهش داده و سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Farooq *et al*., 2007). طبق مطالعات، در شرایط تنش شوری، پرایمینگ با نرم‌کردن پوسته بذر موجب خروج سریع‌تر ریشه‌چه و افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود (عبداللهی‌پور و حقیقی، ۱۳۹۸). در حقیقت، پرایمینگ بذر با فعال‌کردن برخی آنزیم‌ها در بذر درصد جوانه‌زنی افزایش داده و دسترسی به مواد مغذی را آسان‌تر می‌کند. در نهایت بذرهای پرایم شده زودتر جوانه زده و تنش را تحمل می‌کنند (Bahrasemani *et al*., 2023). تحقیق‌ها نشان داده است که پرایمینگ با کیتوزان تحت تنش شوری باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه گلرنگ می‌شود (منصوری و همگاران، ۱۳۹۶). کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی طی تنش شوری می‌تواند به دلیل بروز اختلالات رشدی و کوچک شدن غیرطبیعی سلولی در مرحله جوانه‌زنی باشد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۸). بهبود میانگین مدت جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده با کیتوزان می‌تواند ناشی از برهمکنش بین رادیکال‌های آزاد و ساخت آنزیم‌های متصل به غشا باشد (Srinivasan *et al*., 1999). پرایمینگ با کیتوزان تحت تنش شوری، بر میانگین مدت جوانه‌زنی در گیاه گلرنگ تأثیر می‌گذارد. (منصوری و همگاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش، پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان میانگین جوانه‌زنی روزانه را افزایش داد. از آنجایی‌که، میانگین جوانه‌زنی روزانه از نسبت درصد جوانه‌زنی به طول دوره آزمایشی به‌دست می‌آید، بنابراین، افزایش درصد جوانه‌زنی طی پرایمینگ با هیدرو (آب‌مقطر) و سطوح مختلف کیتوزان به‌ویژه کیتوزان ۳ درصد در طول دوره آزمایشی منجر به افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه خواهد شد. در کل، میانگین جوانه‌زنی روزانه، مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر را نشان می‌دهد. کاهش میانگین جوانه‌زنی روزانه تحت شرایط تنش شوری و افزایش آن طی پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان در مطالعه دیگری نیز گزارش شده است (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱a). ضریب جوانه‌زنی بالا بیانگر درصد جوانه‌زنی بالا است. ضریب جوانه‌زنی عکس میانگین مدت جوانه‌زنی است، کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی طی پرایمینگ با هیدرو (آب‌مقطر) و سطوح مختلف کیتوزان به‌ویژه کیتوزان ۳ درصد باعث افزایش ضریب جوانه‌زنی خواهد شد. نتایج این تحقیق با نتایج سعادت و همکاران (۱۴۰۲b) در راستای افزایش ضریب جوانه‌زنی تحت تنش شوری در گیاه لوبیا طی پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان تطابق داشت. در این تحقیق، به نظر می‌رسد که هیدروپرایمینگ با بهبود فرآیندهای متابولیکی و کیتوزان با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بر فرآیند فیزیولوژیکی شاخص‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

جوانه‌زنی تأثیر گذاشته و از طریق، موجب بهبود استقرار گیاهچه‌ها می‌شود. گزارشات نشان داده است که تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، کاهش محتوای آب نسبی برگ و افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی در گیاه گلرنگ می‌شود (Gursoy *et al*., 2022; Gursoy, 2023). در طول تنش شوری کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه باعث کاهش شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه می‌شود (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲b؛ ۱۴۰۱a). بنابراین هر تنشی که درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه را کاهش دهد، در نهایت بنیه گیاهچه را کاهش خواهد داد. از دست دادن یکپارچگی غشای سلولی در اثر افزایش پراکسیداسیون لیپید موجب نشت محتویات سلول به محیط اطراف شده و بنیه بذر را کاهش می‌دهد (Prado *et al*., 2019). کاهش بنیه بذر ناشی از کاهش تقسیم سلولی و افزایش تنفس است (Tao *et al*., 2018). منصوری و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند که پرایمینگ بذر گلرنک با کیتوزان تحت تنش شوری باعث افزایش بنیه گیاهچه می‌شود. احتمالاً پرایمینگ بذر با کیتوزان به دلیل یک سری تغییرات بیوشیمیایی به‌ویژه فعال‌شدن آنزیم‌های هیدرولیزکننده، ترمیم متابولیک و ایجاد متابولیت‌های تقویت‌کننده جوانه‌زنی سبب تسریع جوانه‌زنی بذر شده و در نتیجه باعث افزایش شاخص بنیه گیاهچه می‌شود (Iqbal *et al*., 2020).

در این تحقیق، نتایج ما کاهش محتوای پروتئین محلول را تحت تنش شوری نشان داد، اما این پدیده با کاربرد کیتوزان کاهش یافت. این نتایج مشابه مطالعات قبلی بود و نشان می‌دهد که کاربرد کیتوزان سنتز پروتئین را افزایش داده و تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهد. کاهش محتوای پروتئین بذرهای گلرنگ طی تنش شوری، می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیمی آنزیم‌های پروتئولیتیک مشاهده شده در طول فرآیند جوانه‌زنی بذر باشد (Gupta *et al*., 2021). علاوه‌براین، کاهش محتوای پروتئین تحت تنش به واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد، تفاوت در اسیدهای آمینه، افزایش فعالیت تخریب پروتئین، کاهش ساخت پروتئین و تجمع اسیدهای آمینه آزاد نسبت داده شده است (Dubey *et al*., 2019). محتوای پروتئین‌های محلول، این تصور را تأیید می‌کند که کیتوزان عمدتاً بر جوانه‌زنی بذر در مرحله اولیه جذب آب تأثیر می‌گذارد (Saadat and Sedghi, 2024). تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ با کیتوزان تحت تنش محتوای پروتئین را در گیاهچه گلرنک افزایش می‌دهد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲). احتمالاً اثرات مثبت پرایمینگ به علت افزایش فعالیت آنزیم‌ها در محور جنینی است که انتقال ترکیباتی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه را به سمت محور جنینی افزایش می‌دهد (احمدوند و همکاران، ۱۴۰۱). افزایش محتوای پروتئین طی پرایمینگ با کیتوزان تحت تنش شوری در گیاهان مختلف از جمله لوبیا (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱b) و سویا (Saadat and Sedghi, 2024) گزارش شده است. طبق تحقیقات، پرایمینگ با کیتوزان باعث افزایش پروتئین تحت تنش اسمزی در گیاه گلرنگ می‌شود (Abdiazar *et al*., 2024). پرولین به‌عنوان یک محافظ اسمزی، به تثبیت ساختارهای سلولی و محافظت از غشاها در برابر اثرات سو تنش‌های شوری کمک می‌کند (Ghosh *et al*., 2022). پرولین با فعال‌کردن سیستم آنتی‌اکسیدانتی آنزیمی، پتانسیل اسمزی را تنظیم کرده و اثر یون‌های سمی را کاهش می‌دهد (Mundada *et al*., 2021). در واقع تجمع پرولین در سلول‌ها به کاهش پتانسیل اسمزی سلولی و حفظ تورگر کمک کرده و در نهایت باعث بهبود زیست‌توده گیاه تحت تنش شوری می‌شود. به‌طور کلی، پرولین نقش مهمی در دفاع گیاه در برابر تنش اسمزی ایفا کرده و به سازگاری گیاهان در شرایط نامطلوب شوری کمک می‌کند. در این تحقیق، تنش شوری باعث افزایش محتویات پرولین در گلرنگ نسبت به شاهد شد. پرایمینگ بذر با کیتوزان ۳ درصد محتوای پرولین را به ترتیب ۷۷، ۵۶ و ۱۶ درصد نسبت به شاهد (بذرهای تیمارشده با آب‌مقطر) افزایش داد. به نظر می‌رسد در گیاهچه‌های گلرنگ پرولین یک مکانیسم دفاعی در مقابل تنش اکسیداتیو عمل کرده و با افزایش سطوح کیتوزان افزایش می‌یابد. همچنین، القای بیوسنتز پرولین و کاهش بیوسنتز پروتئین سبب افزایش پرولین در نتیجه تیمار با کیتوزان می‌شود (Hidangmayum *et al*., 2019).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

از لحاظ ژنتیکی افزایش پرولین ناشی از تیمار با کیتوزان ممکن است با تنظیم بالادست، ژن‌های بیوسنتز پرولین نظیر گلوتامیل کیناز و گلوتامات -۵- سمی آلدئید دهیدروژناز ارتباط داشته باشد که موجب سنتز پرولین از گلوتامات می‌شود (Ali *et al.*, 2021). با این حال، اثر کیتوزان را بر روی گلرنگ را می‌توان به القای آنزیم‌های دفاعی گیاه، افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه مانند پلی‌فنول‌ها، نسبت داد (Badawya and Rabea, 2009). طبق تحقیقات، پرایمینگ با کیتوزان باعث بهبود محتوای پرولین در گیاه گلرنگ می‌شود (Abdiazar *et al.*, 2024). چندین مطالعه نشان داد که محتوای پرولین در کاربرد با کیتوزان تحت تنش شوری در بسیاری از محصولات زراعی مانند سویا (Saadat and Sedghi, 2024) و لوبیا (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲b) افزایش یافته است. گیاهان مکانیسم‌های مختلفی برای دفاع در برابر اثرات مخرب تنش شوری اتخاذ می‌کنند. افزایش تولید اسمولیت‌های آلی مانند قندها یکی از پاسخ‌های سیستمیک اصلی برای به حداقل رساندن تنش اسمزی ناشی از تنش شوری است (Ghassemi-Golezani and Abdoli, 2022). در شرایط تنش، این اسمولیت‌ها نقش اساسی در عملکردهای دفاعی و سیگنال‌دهی دارند (Chen *et al.*, 2022). قندهای محلول، نقش مهمی در جوانه‌زنی بذر پس از پرایمینگ بذر ایفا می‌کنند (Jiang *et al.*, 2022). در واقع، تجمع کربوهیدرات‌ها در شرایط شوری سازگاری‌های هستند که باعث افزایش تحمل گیاه به شوری می‌شود. تنش اسمزی ناشی از کاهش جذب آب به دلیل غلظت بالای یون، تعادل عناصر غذایی را مختل کرده و با تحت تأثیر قرار دادن بیوشیمی کربوهیدرات‌ها، فعالیت آنزیم سلولی را مهار می‌کند (Khan and Bano, 2019). مطابق با این، میزان قند در بذرهای پرایم‌شده با هیدرو (آب‌مقطر) و سطوح مختلف کیتوزان تحت تنش شوری بیشتر بود. هیدرو پرایمینگ و سطوح مختلف کیتوزان تحت شرایط تنش شوری با افزایش قندهای محلول، تنظیم اسمزی و حفظ پتانسیل آب سلول سبب کاهش اثرات منفی تنش شوری روی گیاهان می‌شود. کیتوزان باعث افزایش محتوای قند محلول در گیاه گلرنگ می‌شود (Abdiazar *et al.*, 2024). نتایج تحقیق‌ها نشان می‌دهد که افزایش تنش شوری میزان تجمع قندهای محلول در گیاه گلرنگ را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (جوادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش قندهای محلول طی تنش شوری در پرایمینگ با کیتوزان روی لوبیا و سویا نیزگزارش شده است (Saadat and Sedghi, 2024؛ سعادت و همکاران، ۱۴۰۲b).

تنش شوری با تولید بیش از حد و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، منجر به پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب اکسیداتیو در سلول‌های گیاهی می‌شود (Quitadamo *et al.*, 2021). مالون دی‌آلدئید به‌عنوان یک محصول جانبی پراکسیداسیون لیپید غشایی، برای منعکس‌کردن درجه آسیب اکسیداتیو به غشای سلولی استفاده می‌شود (Yang and Lee, 2023). طبق مطالعات، غلظت کمتر مالون دی‌آلدئید با محافظت بهتر در برابر تنش اکسیداتیو ارتباط دارد. که این مرتبط به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در بافت‌های گیاهی است (Rajput *et al.*, 2021). در مطالعه ما، در مقایسه با تیمار کیتوزان، تنش شوری به‌طور قابل توجهی سطوح مالون دی‌آلدئید را افزایش داد، که نشان‌دهنده بدترشدن ساختار طبیعی و عملکرد غشای سلولی است که به تجمع بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش شوری نسبت داده می‌شود. نتایج مشابهی توسط سعادت و صدقی روی گیاه سویا و لوبیا در کاربرد کیتوزان تحت تنش شوری نشان داده شده است (Saadat and Sedghi, 2024; Saadat *et al.*, 2023). با این حال، کاربرد کیتوزان تجمع مالون دی‌آلدئید را تحت تنش شوری کاهش داد، که نشان می‌دهد کاربرد کیتوزان تجمع گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش داده و پراکسیداسیون لیپید را به حداقل می‌رساند. در واقع، این کاهش به بهبود ترمیم غشاء پاسخ‌های القایی آنزیم آنتی‌اکسیدانتی در طول فرآیند پرایمینگ بذر مربوط می‌شود (Zulfiqar, 2021). به عبارت دیگر، کاهش میزان مالون دی‌آلدئید در طول پرایمینگ می‌تواند به علت توانایی کیتوزان در ممانعت از تولید رادیکال‌های آزاد باشد، این رادیکال‌های آزاد با ایجاد پراکسیداسیون لیپیدها، باعث تغییر ساخت ماکرومولکول‌های غشای سلولی و سیتوپلاسم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

می‌شوند. طبق تحقیقات قبلی، کیتوزان محتوی مالون دی‌آلدئید را تحت تنش در گیاه گلرنگ کاهش می‌دهد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲). کیتوزان می‌تواند تنش غیرزیستی را کاهش دهد و با افزایش فعالیت آنزیم و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی به گیاهان کمک کند از تنش اکسیداتیو جلوگیری کند، این به دلیل ساختار کیتوزان و این واقعیت است که می‌تواند به عنوان یک بافر برای گیاهانی که تحت تنش شوری هستند عمل کند (ALKahtani *et al*., 2020).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری موجب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه گلرنگ شد و با افزایش شدت تنش شوری، محتوای کل پروتئین و درصد رطوبت گیاهچه کاهش و محتوای پرولین، مالون دی‌آلدئید و قندهای محلول افزایش یافت. پرایمینگ با کیتوزان ۳ درصد در افزایش قابلیت جوانه‌زنی و مقابله با تنش شوری، در برخی از صفات جوانه‌زنی مؤثرتر از هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با سطوح کیتوزان ۱ و ۲ درصد عمل کرده و اثرات سوء حاصل از تنش شوری را کاهش داد. همچنین، پرایمینگ بذر گلرنگ با هیدروپرایمینگ و سطوح کیتوزان روند افزایشی محتوای پرولین، میزات قندهای محلول و کاهش مالون دی‌آلدئید را در پی داشت. بنابراین، اعمال پرایمینگ با هیدرو (آب‌مقطر) و کیتوزان برای مقابله و کاهش اثرات نامطلوب ناشی از تنش شوری در برخی صفات جوانه‌زنی بذر گلرنگ قابل توصیه است.

منابع

احمدوند، بهمن، شریف‌زاده، فرزاد، و میراب‌زاده اردکانی، مجتبی (۱۴۰۱). تأثیر هیدرو و اسموپرایمینگ بر بهبود جوانه‌زنی بذر کنجد رقم شوین (*Sesamum indicum* Lvar. shevin) در شرایط تنش خشکی. *علوم و فناوری بذر ایران*، *۱۱*(۴)، ۱-۱۶. DOR: 10.22092/ijsst.2022.359726.1446

امیدی، حشمت، جعفرزاده، لیلا، و نقدی بادی، حسنعلی (۱۳۹۳). بذر گیاهان دارویی و زراعی. انتشارات دانشگاه شاهد، تهران.

جوادی‌پور، زهرا، موحدی دهنوی، محسن، و بلوچی، حمیدرضا (۱۳۹۱). تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول، گلیسین بتائین و پروتئین محلول برگ شش رقم گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش شوری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، (۲)، ۲۳-۱۳. DOR: 20.1001.1.23222727.1391.1.2.2.1

سعادت، طیبه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱a). تأثیر کیتوزان بر شاخص‌های جوانه‌زنی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم صدری در شرایط تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، *۹*(۲)، ۱۵۱-۱۶۲. DOR: 10.29252/yujs.9.2.151

سعادت، طیبه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱b). تأثیر پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان، روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری. *فن آوری تولیدات گیاهی*، *۱۴*(۲)، ۷۵-۸۹. DOR: 10.22084/PPT.2023.26100.2075

سعادت، هانیه، سلطانی، الیاس، و صدقی، محمد (۱۴۰۲a). تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa* L.) تحت تنش شوری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، *۱۲*(۵۴)، ۲۳۹-۲۵۸. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1728-fa.html

سعادت، هانیه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۲b). اثر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر شاخص‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، *۱۰*(۲)، ۲۱-۳۵. DOR: 10.61186/yujs.10.2.35

عبداللهی‌پور، بهزاد، و حقیقی، مریم (۱۳۹۸). تأثیر سرکه چوب کاج بر جوانه‌زنی و وی ژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک، و جذب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

عناصر در ریحان. *مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۱۰(۲)، ۲۴-۱۱. DOR: 10.29252/ejgcst.10.2.11

فتحی امیرخیز، کیوان، امیدی، حشمت، حشمتی، سیاوش، و جعفرزاده، لیلا (۱۳۹۱). بررسی تأثیر تسریع‌کننده‌ها بر بنیه بذر و خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) تحت تنش شوری. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۰(۳)، ۳۱۰-۲۹۹. DOR: 10.22067/GSC.V10I2.16170

قنبری، مجید، مختصی بیدگلی، علی، طالبی سیه‌سران، پرنیان، و پیرانی، حسن (۱۳۹۸). تأثیر پیری بذر بر جوانه‌زنی و فعالیت‌های آنزیمی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط تنش شوری. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۲(۲)، ۵۹۴-۵۸۵. DOR: 10.22077/escs.2018.1337.1275

منصوری، علی، احمدی، احمد، و امیدی، حشمت (۱۳۹۶). اثر پرایمینگ با نانو ذرات کیتوزان و نانو اکسید آهن، بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری. *نشریه تحقیقات بذر*، ۷(۳)، ۸۰-۷۲.

مهدوی، بتول، مدرس ثانوی، سیدعلی محمد، آقا علیخانی، مجید، و شریفی، مظفر (۱۳۹۲). اثر غلظت‌های مختلف کیتوزان بر جوانه‌زنی بذر و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش کم آبی. *مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)*، ۲۶(۳)، ۳۶۵-۳۵۲. DOR: 20.1001.1.23832592.1392.26.3.12.7

وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۰). آمارنامه تولید محصولات زراعی، سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹.

Abdiazar, N., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S. A. M., & Alipour, A. (2024). Enhancing safflower seedlings' tolerance to osmotic stress through seed priming with glutathione, epibrassinolide, chitosan, and folic acid. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *102*(2), 208-216. https://doi.org/10.21608/EJAR.2024.271848.1518

Abdul-Baki, A. A, & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Science*, *13*, 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Akhter, M. S., Noreen, S., Ummara, U., Aqeel, M., Saleem, N., Ahmed, M. M., & Ahmad, P. (2022). Silicon-induced mitigation of NaCl stress in barley (*Hordeum vulgare* L.), associated with enhanced enzymatic and non-enzymatic antioxidant activities. *Plants*, *11*(18), 2379. https://doi.org/10.3390/plants11182379

Ali, F. F., EL-Shehawi, A. M., Ibrahim, O. H. M., Abdul-Hafeez, E. Y., Moussa, M. M., & Hassan, F. A. S. (2021). A vital role of chitosan nanoparticles in improvisation the drought stress tolerance in *Catharanthus roseus* (L.) through biochemical and gene expression modulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, *161*, 166-175. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.008

ALKahtani, M. D., Attia, K. A., Hafez, Y. M., Khan, N., Eid, A. M., Ali, M. A., & Abdelaal, K. A. (2020). Chlorophyll fluorescence parameters and antioxidant defense system can display salt tolerance of salt acclimated sweet pepper plants treated with chitosan and plant growth promoting rhizobacteria. *Agronomy*, *10*, 1180.

Al-Tawaha, A. R., Turk, M. A., & Al-Tawaha, A. R. M. (2018). Using chitosan to improve growth of maize cultivars under salinity conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *24*, 437-442.

Badawya, M. E. I, & Rabea, E. I. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *51*, 110-117. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.05.018

Bahrasemani, S., Seyedi, A., Fathi, S. H., & Jowkar, M. (2023). The seed priming using putrescine improves, germination indices and seedlings morphobiochemical responses of indigo (*Indigofera tinctoria*) under salinity stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, *13*(1), 179-188. https://doi.org/10.22034/JMPB.2023.128870

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Journal Plant and Soil*, *39*(1), 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*, 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Chen, J., He, L., Zhu, H., Huang, Z., Zhu, M., Fan, L., Wu, L., Yu, L., Zhu, W., & Yan, J. (2022). Transcriptome analyses reveal the role of light in releasing the morphological dormancy of celery seed by integrating plant hormones, sugar metabolism and endosperm weakening. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(17), 10140. https://doi.org/10.3390/ijms231710140

de Almeida Silva, M., Santos, H. L., de Sousa Ferreira, L., Silva, D. M. R., dos Santos, J. C. C., & de Almeida Prado Bortolheiro, F. P. (2023). Physiological changes and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

as a function of water deficit and recovery in the flowering phase. *Agriculture*, *13*(3), 558. http://dx.doi.org/10.3390/agriculture13030558

Dubey, A. K., Kumar, N., Kumar, A., Ansari, M. A., Ranjan, R., Gautam, A., Sahu, N., Pandey, V., Behera, S. K., & Mallick, S. (2019). Over-expression of CarMT gene modulates the physiological performance and antioxidant defense system to provide tolerance against drought stress in *Arabidopsis thaliana* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *171*, 54-65. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.050

Elouaer, M. A, & Hannachi, C. (2012). Seed priming to improve germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius*) under salt stress. *Eurasian Journal of BioSciences*, *6*, 76-84.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H., & Saleem, B. A. (2007). Seed priming Enhance the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling Tolerance. *Journal Compilation*, *194*, 55-60. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00287.x

Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H. U., Wahid, A., & Basra, S. M. A. (2019). Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science*, *70*(9), 731-771. https://doi.org/10.1071/CP18604

Ghassemi-Golezani, K, & Abdoli, S. (2022). Physiological and biochemical responses of medicinal plants to salt stress. *Environmental Challenges and Medicinal Plants*, *1*, 153-181. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92050-0_6

Ghosh, U. K., Islam, M. N., Siddiqui, M. N., Cao, X., & Khan. M. A. R. (2022). Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology*, *24*, 227-239. https://doi.org/10.1111/plb.13363

Gomashe, S. S., Ingle, K. P., Sarap, Y. A., Chand, D., & Rajkumar, S. (2021). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): An underutilized crop with potential medicinal values. *Annals of Phytomedicine*, *10*(1), 242-248. http://dx.doi.org/10.21276/ap.2021.10.1.26

Granaz, K. S., Abdul Samad, M. N., Ghous Baksh, M. C. R., Wajid A., & Tariq, I. (2022). Exogenous application of plant growth regulators (PGRs) improves the nutritional status of maize grown under salinity stress in response to etiolation and de-etiolation conditions. *International Journal of Biosciences*, *21*(1), 90-101. http://dx.doi.org/10.12692/ijb/21.1.90-101

Gupta, A. (2022). Mainstreaming of underutilized oilseed safflower crop through biotechnological approaches for improving economic and environmental sustainability. In: Biotechnological Innovations for Environmental Bioremediation (eds. Sudipti, A., Ashwani, K., Shinjiro, O. and Yuan–Yeu, Y.) Pp. 397-418. Springer, Singapore.

Gupta, S., Schillaci, M., Walker, R., Smith, P. M., Watt, M., & Roessner, U. (2021). Alleviation of salinity stress in plants by endophytic plant-fungal symbiosis: Current knowledge, perspectives and future directions. *Plant and Soil*, *461*, 219-244. https://doi.org/10.1007/s11104-020-04618-w

Gürsoy, M. (2020). Effect of chitosan pretreatment on seedling growth and antioxidant enzyme activity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under saline conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, *18*(5), 6589-6603. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1805_65896603

Gursoy, M. (2022). Enhancing germination performance early seedling growth chlorophyll stability index and salt tolerance percentage of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds by aplication different plant growth regulators under salinity stress. *Agrociencia*, *56*(1), 1405-3195.

Gursoy, M. (2023). Morphological and biochemical changes with hormone and hydro- priming applications in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings under salinity stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *51*(3), 13282. https://doi.org/10.15835/nbha51313282

Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*, 313-326. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0633-1

Hoogenboom, G, & Peterson, C. M. (1987). Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agronomy Journal*, *79*(4), 598-607. https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n4214988

Iqbal, H., Yaning, C., Rehman, H., Waqas, M., Ahmed, Z., Raza, S. T., & Shareef, M. (2020). Improving heat stress tolerance in late planted spring maize by using different exogenous elicitors. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *80*(1), 30-40. https:// doi.org/10.4067/S0718-58392020000100030

Jam, B. J., Shekari, F., Andalibi, B., Fotovat, R., Jafarian, V., Najafi, J., & Mastinu, A. (2023). Impact of silicon foliar application on the growth and physiological traits of *Carthamus tinctorius* L. exposed to salt stress. *Silicon*, *15*(3), 1235-1245. https://doi.org/10.1007/s12633-022-02090-y

Jiang, G., Alvarado, R., Murshed, M., Tillaguango, B., Toledo, E., & Mendez, P. (2022). Effect of agricultural employment and export diversification index on environmental pollution: building the agenda towards sustainability. *Sustainability*, *14*(2), 677. https://doi.org/10.3390/su14020677

Khan, N, & Bano, A. (2019). Exopolysaccharide producing rhizobacteria and their impact on growth and drought tolerance of wheat grown under rainfed conditions. *PLoS One*, *14*(9), e0222302. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222302

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

Kochert, G. (1978). Carbohydrate Determination by Phenol-Sulfuric Acid Method. Cambridge University, London.

Lotfi, R., Abbasi, A., & Pessarakli, M. (2023). Safflower plants, particularly on sodium (Na) and potassium (K) nutrient contents. *Journal of Plant Nutrition*, *47*(4), 515-528. https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2280125

Mccue, P, & Shetty, K. (2002). A biochemical analysis of mung bean (*Vigna radiata*) response to microbial polysaccharides and potential phenolic enhancing effects for nutraceutical applications. *Food Biotechnology*, *16*, 57-79. https://doi.org/10.1081/FBT-120004201

Moori, S, & Ahmadi-Lahijani, M. J. (2020). Hormopriming instigates defense mechanisms in thyme (*Thymus vulgaris* L.) seeds under cadmium stress. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100268

Mundada, P. S., Jadhav, S. V., Salunkhe, S. S., Gurme, S. T., Umdale, S. D., Nikam, T. D., & Ahire, M. L. (2021). Plant performance and defensive role of proline under environmental stress. In: Plant Performance Under Environmental Stress Hormones: Biostimulants and Sustainable Plant Growth Management (ed. Husen, A.) Pp. 201-223. Springer International Press.

Muzzarelli, R. A. A., Aiba, S., & Fujiwara, Y. (1986). Filmogenic properties of chitin/chitosan. In: Chitin in Nature and Technology (eds. Muzzarelli, R., Jeuniaux, C. and Gooday, G. W.) Pp. 389-402. Springer, Boston.

Narejo, G. A., Mirbahar, A. A., Yasin, S., Sirohi, M. H., & Saeed, R. (2023). Efect of Hydro and KNO_3 priming on seed germination of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under gnotobiotic conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, *42*, 1592-1603. https://doi.org/10.1007/s00344-022-10644-yhttps://doi.org/10.1007/s00344-022-10644-y

Naseer, M. N., Rahman, F. U., Hussain, Z., Khan, I. A., Aslam, M. M., Aslam, A., Waheed, H., Khan, A. U., & Iqbal, S. (2022). Effect of salinity stress on germination, seedling growth, mineral uptake and chlorophyll contents of three *Cucurbitaceae* species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *65*, 1-10. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210213

Nawaz, M., Hassan, M. U., Chattha, M. U., Mahmood, A., Shah, A. N., Hashem, M., Alamri, S., Batool, M., Rasheed, A., Thabit, M. A., Alhaithloul, H. A. S., & Qari, S. H. (2022). Trehalose: A promising osmo-protectant against salinity stress-physiological and molecular mechanisms and future prospective. *Molecular Biology Reports*, *49*(12), 11255-11271. https://doi.org/10.1007/s11033-022-07681-x

Prado, J. P. D., Krzyzanowski, F. C., Martins, C. C., & Vieira, R. D. (2019). Physiological potential of soybean seeds and its relationshipto electrical conductivity. *Journal of Seed Science*, *41*(4), 407-415.

Quitadamo, F., De Simone, V., Beleggia, R., & Trono, D. (2021). Chitosan-induced activation of the antioxidant defense system counteracts the adverse effects of salinity in Durum wheat. *Plants*, *10*, 1365. https://doi.org/10.3390/plants10071365

Rajput, V. D., Harish, R. K., Singh, K. K., Verma, L., Sharma, F. R., Quiroz Figueroa, M., Meena, V. S., Gour, T., Minkina, S., & Sushkova, S. (2021). Mandzhieva recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress, *Biology*, *10*(4), 267. https://doi.org/10.3390/biology10040267

Saadat, H, & Sedghi, M. (2024). The effect of seed priming with chitosan on the improvement of physiological and biochemical traits of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, *71*, 187. https://doi.org/10.1134/S1021443724605858

Saadat, T., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., & Farzaneh, S. (2023). Expression of gibberellin synthesis genes and antioxidant capacity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadri) seeds induced by chitosan under salinity. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *13*, 4715. https://doi.org/10.30495/ijpp.2023.1978837.1460

Sen, A, & Puthur, J. T. (2020). Seed priming-induced physiochemical and molecular events in plants coupled to abiotic stress tolerance: An overview. *Priming-Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants*, *1*, 303-316. https://doi.org/10. 1016/B978-0-12-817892-8.00018-0

Sghaier Haj, A., Tarnawa, A., Khaeim, H., Kovacs, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The effects of temperature and water on the seed germination and seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, *11*, 2819. https://doi.org/10.3390/plants11212819

Singh, D, & Kumar, A. (2021). Multivariate screening approach indicated adaptive tolerance to salt stress in the seedlings of an agroforestry tree, *Eucalyptus tereticornis* Sm. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, *145*(3), 545-560. https://doi.org/10.1007/s11240- 021-02025-2

Srinivasan, K., Saxena, S., & Singh, B. B. (1999). Osmo- and hydropriming of mustard seeds to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Science and Technology*, *27*(2), 785-789.

Srivastava, A. K., Suresh Kumar, J., & Suprasanna, P. (2021). Seed primeomics plants memorize their germination under stress. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, *96*(5), 1723-1743. https://doi.org/10.1111/brv.12722

Tao, Q., Lv, Y., Mo, Q., Bai, M., Han, Y., & Wang, Y. (2018). Impacts of priming on seed germination and seedling emergence of *Cleistogenes songorica* under drought stress. *Seed Science and Technology*, *46*(2), 239-258. https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.06

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

Yang, S, & Lee, H. (2023). Salinity-triggered responses in plant apical meristems for developmental plasticity. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*, 6647. https://doi.org/10.3390/ijms24076647

Yang, Y., Dou, Y., Wang, B., Wang, Y., Liang, C., & An, S. (2022). Increasing contribution of microbial residues to soil organic carbon in grassland restoration chronosequence. *Soil Biology and Biochemistry*, *170*, 108688. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108688

Yeilaghi, H., Arzani, A., & Ghaderian, M. (2015). Evaluating the contribution of ionic and agronomic components toward salinity tolerance in safflower. *Agronomy Journal*, *107*, 2205-2212.

Zulfiqar, F. (2021). Effect of seed priming on horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, *286*, 110197. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110197

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]

Effect of seed priming with chitosan on some germination components and biochemical traits in safflower cv. Goldasht (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings under salinity stress

Haniyeh Saadat[1] and Mohammad Sedghi[2*]

[1] Crop Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili Ardabil, Iran
[2] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: 2025/02/16, Accepted: 2025/05/20)

Abstract

To investigate the effect of seed priming with chitosan on germination components and biochemical traits in safflower under salinity stress, a factorial experiment was conducted using a completely randomized design at the University of Mohaghegh Ardabili in 2024, with three replications. Treatments included four salinity levels (0, 50, 100, and 150 mM) and four levels of chitosan (0, 1, 2, and 3% by weight volume), all dissolved in 1% acetic acid. The results showed that salinity stress reduced the germination indicators. However, priming with different levels of chitosan, especially the 3% level, improved these traits. The total protein content in the treatment with chitosan 3% and without salinity compared to the control (distilled water) and 150 mM salinity showed an increase of about 81%. The amount of soluble sugars in priming with chitosan 3% compared to the control (distilled water) showed an increase of about 48%. The maximum amount of malondialdehyde (MDA, 41.533 nanomol/g FW) was related to the control treatment (distilled water priming) and 150 mM salinity. With increasing salinity, the amount of proline increased, but the use of chitosan with a concentration of 3% increased this trait about 77% compared to the control (distilled water). In general, the use of different levels of chitosan strengthened the physiological and biochemical responses of weak safflower seeds under salinity stress.

Keywords: Chitosan, Prolin, Protein, Sodium chloride, Soluble sugars

Corresponding author, Email: m_sedghi@uma.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-20]