فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۸، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۳۳-۴۶
https://doi.org/10.22034/14.68.33

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد الیسیتور زیستی کیتوزان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زوفا تحت تنش شوری

معصومه نعیمی*، ابراهیم غلام‌علی پور علمداری، عاطفه سادات موسوی

گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲)

چکیده

مطالعه در زمینه یافتن روش‌های افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی می‌تواند گامی مؤثر در جهت نیل به تولید پایدار در سیستم‌های کشاورزی باشد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد الیسیتور کیتوزان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زوفا تحت تنش شوری اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۸ انجام شد. عامل شوری شامل چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) از کلرید سدیم در نظر گرفته شد. عامل دوم در چهار سطح به‌صورت بدون پرایمینگ و عدم مصرف کیتوزان (شاهد)، پرایمینگ بذور با آب‌مقطر، پرایمینگ بذور با کیتوزان و همچنین کاربرد کیتوزان به صورت محلول‌پاشی مورد مطالعه قرار گرفت. تأثیر شوری بر کلیه صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود. کیتوزان بر ارتفاع بوته، محتوای پرولین و آنزیم کاتالاز تأثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل شوری و کیتوزان بر تمام صفات به‌جز وزن خشک ساقه معنی‌دار بود. بیشترین میزان پرولین (۱۹/۲۱ میکرومول بر گرم) مربوط به تیمار محلول‌پاشی کیتوزان تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود. در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار نیز پرایمینگ بذور با کیتوزان سبب افزایش ۵۰ درصدی محتوای پرولین و قندهای محلول نسبت به شاهد گردید. بر اساس نتایج این پژوهش و با توجه به روند رو به رشد اراضی شور در کشور، پرایمینگ و کاربرد الیسیتور کیتوزان به عنوان عامل زیستی کاهنده آثار تنش شوری در گیاه زوفا، حائز اهمیت هستند.

واژه‌های کلیدی: الیسیتور، پراکسیداز، پرولین، زوفا، شوری، کیتوزان

مقدمه

گیاه زوفا با نام علمی (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی پایا و معطر از خانواده نعنائیان به ارتفاع ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است و بومی نواحی جنوبی اروپا و جنوب غرب آسیا بوده که در بسیاری از مناطق جهان رشد می‌کند (Hajdari *et al.*, 2018). اسانس این گیاه از ترکیبات فلاونوئیدی و تانن تشکیل شده است که به‌عنوان خلط‌آور، ضدنفخ و در رفع عفونت‌های ویروسی، سرماخوردگی، سرفه، گلودرد، برونشیت، آسم و مسکن دندان درد در بسیاری از نقاط جهان استفاده می‌شود (Wesolowska *et al.*, 2010).

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده محیطی، تنش شوری است که رشد و تولید در گیاهان را محدود کرده و موجب آسیب جدی به گیاهان می‌شود. شوری برای امنیت غذایی تهدیدی جدی است و در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر مهمی بر زندگی انسان‌ها دارد (Mickelbart *et al.*, 2015; Al-Ashkar *et al.*, 2019). تنش خشکی (کمبود آب) از جمله

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Naeemi_701@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

عوارض شوری است که منجر به کاهش رشد، کمبود عناصر غذایی و پژمردگی گیاه می‌گردد. در بین نمک‌ها، کلرید سدیم (NaCl) بیشترین سهم در شوری خاک و آب را دارد و با تأثیر بر بسیاری از فرایندهای مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی یاعث ایجاد تنش شوری می‌گردد. شوری از طریق تأثیر اسمزی، سمیت یونی، اختلال در تعادل و جذب مواد غذایی و یا ترکیبی از این عامل‌ها اثر نامطلوب بر رشد و عملکرد گیاه می‌گذارد (Choudhary *et al*., 2022). همچنین مشابه سایر تنش‌های محیطی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن نیز در شرایط تنش شوری افزایش می‌یابد (Liu *et al*., 2012). گیاهان زراعی تا حد آستانه‌ای می‌توانند در برابر شوری مقاومت کنند و پس از آن با افزایش شدت شوری، از عملکردشان به‌صورت خطی کاسته می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۹۹). در حال حاضر تنش شوری ناشی از فعالیت‌های انسانی از جمله کوددهی طولانی مدت و آبیاری گیاهان با آب شور در حال افزایش است (Feghhenabi *et al*., 2020).

پرایمینگ نوعی آماده‌سازی بذر برای استقرار و رشد بهتر گیاهچه‌ها حتی در شرایط نامساعد محیطی است که مورد توجه بسیاری از محققین و کشاورزان قرارگرفته است (Bose *et al*., 2018). پرایمینگ بذر روشی است که سبب فعال‌شدن مکانیسم‌های اولیه جوانه‌زنی قبل از کاشت می‌گردد. برای این تکنیک در گیاهان مختلف مزایای زیادی ذکر شده است که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر (Feghhenabi *et al*., 2020) است. پس از قرار گرفتن بذر در بستر خاک، اولین گام جهت جوانه‌زنی، جذب آب است. در مناطقی که دارای اقلیم نامناسب یا خاک‌هایی با رطوبت و حاصلخیزی کم هستند، گاهی بذر زمان طولانی را صرف جذب آب از محیط می‌کند که همین امر منجر به تأخیر در جوانه‌زنی می‌گردد. در بذرهای پرایم شده به دلیل آمادگی شرایط شیمیایی و متابولیکی بذر، جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر رخ می‌دهد (Demir *et al*., 2006). پرایمینگ باعث تعدیل تنش شوری در بادرنجبویه شده است (دهجی‌پور حیدرآبادی و همکاران، ۱۴۰۰).

در تحقیقات از الیسیتور کیتوزان به عنوان محرک رشد و بهبوددهنده تحمل و مقاومت گیاهی یاد داده شده است که قادر است مکانیسم‌های دفاعی طبیعی را در برابر عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی ارتقا دهد و استفاده از آن می‌تواند میزان مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی را کاهش دهد. هم‌چنین کیتوزان می‌تواند منجر به افزایش تولید مواد مؤثره در گیاهان دارویی و محافظت از گیاهان در برابر ریزجانداران مضر شود (Sun *et al*., 2023). کیتوزان یکی از سریع‌ترین واحدهای مقابله‌کننده در برابر حمله گونه‌های فعال اکسیژن و همکاری با آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان هستند (Kaur *et al*., 2014). در تحقیقی که روی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Menta piperta* L.) انجام شد، مشخص شد با افزایش سطح شوری به میزان ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر، فعالیت دو آنزیم آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز به بیشترین میزان خود رسیده و کمترین میزان فعالیت آنزیم‌ها مربوط به تیمار شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعات صورت گرفته روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان به‌طور قابل‌توجهی وزن اندام هوایی را افزایش می‌دهد (Hawrylak-Nowak *et al*., 2020). گزارش شده است کاربرد کیتوزان به‌عنوان یک محرک زیستی باعث ایجاد تحمل گیاه به شرایط شوری و بهبود کشت پایدار گیاه بادرشبی می‌شود (گوهری و بهرامی، ۱۳۹۹). گروهی از پژوهش‌گران تأثیر تنش شوری بر گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) را مورد مطالعه قرار داده و اظهار داشتند با افزایش سطح تنش، میزان قندهای محلول گیاه نیز افزایش یافت (شکوهیان و همکاران، ۱۴۰۲).

در خصوص تأثیر محلول‌پاشی کیتوزان بر ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinali* L.) تحت تنش شوری مطالعه‌ای صورت گرفت و نتایج مشخص کرد محلول‌پاشی کیتوزان موجب کاهش اثرات مضر تنش شوری و بهبود رشد گیاه گردید (بوالحسنی و فیضیان، ۱۴۰۰). نتایج تحقیقات خسروی و همکاران (۱۴۰۱) حاکی از آن بود که تیمار گیاهان با کیتوزان در شرایط شوری منجر به افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

فعالیت آنتی‌اکسیدان پراکسیداز می‌گردد و بهبود رشد گیاهان تیمارشده شد. همچنین گزارش شده است کاربرد کیتوزان با افزایش وزن خشک برگ و اندام‌های هوایی بوته بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) همراه بوده و این الیسیتور از پتانسیل بالایی در تولید زیست‌توده در گیاه بادرنجبویه برخوردار است (صفری کمال آبادی و همکاران، ۱۴۰۱).

تأثیر پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان، روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت و پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مناسب کیتوزان، به‌ویژه غلظت ۰/۷۵ درصد به‌عنوان بهبوددهنده رشد و کاهنده اثرات نامطلوب شوری در گیاه لوبیا چیتی معرفی شد (سعادت و همکاران، ۱۴۰۳). پیش‌تیمار بذرهای گندم (*Triticum aestivum* L.) با کیتوزان نیز با افزایش وزن خشک ساقه و محتوای پرولین در شرایط شوری همراه بود (Lianju *et al.*, 2011). نتایج حاصل از مطالعه دیگری نیز مؤید تأثیر بهبوددهنده کیتوزان در ارتباط با رشد گیاهچه‌های برنج (*Oriza sativa* L.) تحت تنش شوری بود (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲). ایشان همچنین گزارش کردند پرایمینگ بذر با کیتوزان به‌واسطه تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌تواند اثرات مضر شوری در گیاهچه‌های برنج را کاهش داده و رشد را بهبود بخشد. (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲). در این زمینه جوکار و همکاران (۱۳۹۵) اظهار داشتند تأثیر پرایمینگ بر تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به شرایط تنش و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد و نوع آنزیم‌هایی که تحت تأثیر پرایمینگ قرار می‌گیرند نیز بر اساس نوع پرایم و ژنوتیپ متفاوت است.

بقاء و عملکرد اقتصادی گیاهان دارویی متحمل در برابر تنش‌های غیرزیستی روزنه امیدبخشی است که بررسی آن امکان بکارگیری این گروه از گیاهان را در توسعه مزارع تولید گیاهان دارویی، احیای مراتع و افزایش تنوع گونه‌ای و ژنتیکی در اکوسیستم‌های زراعی و طبیعی ارزیابی می‌کند. با توجه به گزارشات مربوط به اثرات مثبت کاربرد کیتوزان بر گیاهان زراعی، اما مطالعات مربوط به گیاهان دارویی در ایران و سایر کشورها چندان مورد توجه و مطالعه قرار نگرفته و به نظر می‌رسد این دست از مطالعات، اهمیت ویژه‌ای در تحقیقات کشاورزی پایدار دارد. با توجه به تهدیدات روزافزون شوری منابع خاک و آب در کشور، این پژوهش با هدف مطالعه اثر پرایمینگ بذر و روش‌های مختلف کاربرد کیتوزان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زوفا در شرایط تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۸ در دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل شوری در چهار سطح (صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود و کیتوزان در سه سطح به صورت عدم کاربرد کیتوزان (شاهد)، کاربرد به صورت پرایمینگ و کاربرد به صورت محلول‌پاشی به همراه تیمار اضافه پرایمینگ با آب‌مقطر در گیاه دارویی زوفا بود. برای تهیه محلول کیتوزان از کیتوزان با وزن مولکولی پایین محصول شرکت سیگما استفاده شد و محلول‌ها با استفاده از اسید استیک ۵٪ تهیه شدند. برای آماده‌سازی تیمارهای پرایمینگ، ابتدا بذرها درون محلول کیتوزان (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب‌مقطر به مدت ۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. سپس بذرها توسط آب‌مقطر شسته شده و در مجاورت هوا خشک شدند.

واحدهای آزمایشی شامل ۴۸ گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر بودند که با مخلوطی از خاک زراعی، ماسه، خاک برگ و کود دامی پوسیده با نسبت ۲: ۱: ۰/۵: ۰/۵ پر شدند. بذور زوفا از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و در گلدان‌ها در عمق حدود ۲ سانتی‌متر کشت شدند. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی عملیات تنک انجام و در هر گلدان چهار بوته باقی گذاشته شد. در مرحله شش تا هشت برگی گیاه، تیمارهای شوری به تدریج آغاز شد تا از ایجاد تنش ناگهانی به گیاهان جلوگیری گردد. اعمال این

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

تیمارها تا پایان مرحله رویشی و هم‌زمان با نیاز آبی گیاه ادامه یافت. برای جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک، علاوه بر زهکش زیر گلدان‌ها، هر ۱۵ روز یک مرتبه آبشویی با آب معمولی به طور یکنواخت برای همه تیمارها انجام شد. تیمار محلول‌پاشی با کیتوزان در سه مرحله به فاصله پنج روز به صورت اسپری برگی که تمام بخش هوایی گیاه را پوشش دهد، انجام گرفت. دو هفته بعد از اعمال تیمارها، صفات ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ و ساقه، محتوای پرولین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز و محتوای قند محلول نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته از خط‌کش و برای اندازه‌گیری خشک بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ استفاده شد. جهت تعیین وزن خشک بوته‌ها نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در داخل آون خشک شدند. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نمونه‌هایی از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته بوته‌ها برداشت شده و به منظور جلوگیری از تجزیه‌های بیوشیمیایی، نمونه‌ها پس از برداشت سریعاً در دمای ۸۰- درجه سلسیوس قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از گایاکول و اندازه‌گیری میزان جذب تتراگایاکل تشکیل شده از گایاکول در نتیجه فعالیت پراکسیداز، در ۲۹۰ نانومتر انجام گرفت (Plewa *et al.*, 1991). سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از محاسبه کاهش جذب H_2O_2 در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر و به روش Aebi (۱۹۸۴) ارزیابی گردید. تجزیه آماری داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار (SAS Ver.9) و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. ضمناً برای صفاتی که اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی معنی‌دار شد، برش‌دهی اثرات یک عامل در سطوح عامل دیگر استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر صفت ارتفاع بوته در زوفا در سطح آماری ۱٪ و اثر کیتوزان و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بودند (جدول ۱). با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، با افزایش تنش شوری از میزان ارتفاع گیاه کاسته شده است، به طوری‌که کمترین میزان ارتفاع گیاه مربوط به تیمار تنش شدید شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) و بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته مربوط به تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار و پیش‌تیمار کیتوزان بود. به نظر می‌رسد در این تحقیق، افزایش تنش شوری با کاهش جذب آب و سمیت یونی منجر به کاهش رشد گیاه زوفا شده است. تنش شوری یکی از اصلی‌ترین عوامل بازدارنده رشد گیاهچه می‌باشد. شوری از طریق کاهش آب قابل جذب، ایجاد عدم توازن در جذب عناصر غذایی و ایجاد اثرات سمی برخی یون‌ها، منجر به کاهش رشد و نمو گیاه می‌گردد. در حقیقت عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها، تخصیص مقادیر بالایی از آسیمیلات‌ها برای مقابله با اثرات تنش و کوتاه‌شدن طول دوره رشد گیاه، کاهش رشد و توسعه سلولی را به دنبال دارد (Shahid *et al.*, 2012). بناکار و همکاران (۱۴۰۲) در مشاهدات خود بیان داشتند اعمال شوری موجب کاهش ارتفاع بوته در شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) شد.

طی مطالعه دیگری یزدانی بیوکی (۱۴۰۲) گزارش کرد افزایش تنش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش ۹۰ درصدی (حدود ۳۵ سانتی‌متر) ارتفاع گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) گردید. کاهش ارتفاع و وزن خشک گیاه در شرایط شوری را می‌توان به دلیل کاهش یا عدم انتقال مناسب مواد غذایی از لپه‌ها به جنین نسبت داد. همچنین ایجاد شرایط خشکی فیزیولوژیکی ناشی از شوری و عدم جذب آب به میزان کافی تحت این شرایط، کاهش ترشح هورمون‌های محرک‌های رشد نظیر اسید جیبرلین را به دنبال دارد (Zhao *et al.*, 2017).

نتایج تحقیق مشخص کرد در سطوح مختلف شوری، کاربرد کیتوزان بر میزان ارتفاع بوته تأثیری نداشت (جدول ۲). گزارش شده است که محلول‌پاشی کیتوزان باعث بالارفتن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زوفا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن خشک بوته	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	محتوای پرولین	کاتالاز	پراکسیداز	قندهای محلول
تکرار	۲	۰/۸۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۱	۷۱/۳۲
شوری	۳	۱۸۴/۷۶[**]	۰/۰۵۶[**]	۰/۰۰۷[*]	۰/۰۲[**]	۱۲۶/۵۰[**]	۰/۰۰۰۰۳[**]	۰/۰۰۰۰۰۸[**]	۴۸/۱۴[**]
کیتوزان	۳	۱۵/۶۰[*]	۰/۰۰۳[ns]	۰/۰۰۳[ns]	۰/۰۰۶[ns]	۳۶/۱۵[**]	۰/۰۰۰۱[**]	۰/۰۰۰۰۰۴[ns]	۱۸/۴۶[ns]
شوری × کیتوزان	۹	۱۵/۵۸[*]	۰/۰۱۹[**]	۰/۰۱[*]	۰/۰۱[ns]	۷/۸۹[**]	۰/۰۰۰۰۸[**]	۰/۰۰۰۰۵[*]	۵۰/۸۲[**]
خطا	۳۰	۴/۹۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۲/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۱	۸/۷۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۰۵	۲۰/۷۱	۱۴/۳۱	۱۳/۱۲	۱۳/۷۱	۱۱/۱۰	۹/۸۳	۱۱/۳۶

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح ۵٪، **: معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۲- اثرات متقابل شوری و الیسیتور بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زوفا

شوری (mM)	کیتوزان	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک بوته (g)	وزن خشک برگ (g)	پرولین (µmol/g F.W)	کاتالاز (ml/g protein)	پراکسیداز (ml/g protein)	قند محلول (mg/g)
S_1 (صفر)	P_1	۲۸/۰۰[a]	۰/۴۲[a]	۰/۲۱[a]	۷/۶۱[a]	۰/۰۲[ab]	۰/۰۱[a]	۲۳/۴۱[a]
	P_2	۲۸/۰۰[a]	۰/۴۵[a]	۰/۳۱[a]	۱۰/۰۱[a]	۰/۰۳[a]	۰/۰۱[a]	۲۲/۷۳[a]
	P_3	۲۶/۵۰[a]	۰/۴۰[a]	۰/۲۰[a]	۸/۹۸[a]	۰/۰۲[b]	۰/۰۲[a]	۲۳/۸۱[a]
	P_4	۲۸/۳۳[a]	۰/۴۳[a]	۰/۲۸[a]	۱۱/۴۱[a]	۰/۰۲[b]	۰/۰۱[a]	۲۲/۹۳[a]
LSD		۳/۶۰	۰/۴۳	۰/۲۴	۷/۴۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۸/۱۷
S_2 (۵۰)	P_1	۲۵/۸۳[a]	۰/۴۲[a]	۰/۲۳[a]	۵/۸۹[b]	۰/۰۲۵[a]	۰/۰۱[a]	۲۳/۰۰[b]
	P_2	۲۸/۰۰[a]	۰/۳۸[a]	۰/۲۳[a]	۷/۷۳[ab]	۰/۰۲[a]	۰/۰۳[a]	۲۵/۰۴[b]
	P_3	۲۹/۵۰[a]	۰/۴۶[a]	۰/۳۶[a]	۹/۱۱[a]	۰/۰۲[a]	۰/۰۰۳[a]	۳۴/۴۱[a]
	P_4	۲۷/۸۳[a]	۰/۵۶[a]	۰/۲۹[a]	۸/۹۴[a]	۰/۰۱[b]	۰/۰۱[a]	۲۰/۶۸[b]
LSD		۶/۷۷	۰/۲۰	۰/۱۳	۲/۸۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۷/۹۶
S_3 (۱۰۰)	P_1	۲۷/۰۰[a]	۰/۴۴[a]	۰/۱۸[b]	۷/۸۷[a]	۰/۰۲[b]	۰/۰۰۲[b]	۲۳/۹۵[b]
	P_2	۲۲/۶۶[ab]	۰/۲۸[b]	۰/۲۲[a]	۹/۳۹[a]	۰/۰۴[a]	۰/۰۲۵[a]	۲۷/۳۵[ab]
	P_3	۲۱/۸۳[ab]	۰/۲۹[b]	۰/۲۳[a]	۸/۱۹[a]	۰/۰۲[b]	۰/۰۲۷[a]	۲۴/۷۰[ab]
	P_4	۱۸/۸۳[b]	۰/۲۲[b]	۰/۱۷[b]	۹/۶۵[a]	۰/۰۱[b]	۰/۰۳۰[a]	۳۳/۱۸[a]
LSD		۶/۵۶	۰/۱۰	۰/۱۰	۲/۸۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۸/۵۳
S_4 (۱۵۰)	P_1	۲۲/۳۳[a]	۰/۲۶[b]	۰/۱۹[b]	۱۱/۳۵[b]	۰/۰۲[a]	۰/۰۰۴[c]	۲۶/۳۲[a]
	P_2	۲۱/۶۶[a]	۰/۳۲[ab]	۰/۲۶[a]	۱۲/۴۴[b]	۰/۰۲[a]	۰/۰۰۸[b]	۲۷/۸۲[a]
	P_3	۱۷/۰۰[a]	۰/۴۴[a]	۰/۲۷[a]	۱۷/۳۷[a]	۰/۰۲[a]	۰/۰۱۰[b]	۲۶/۳۲[a]
	P_4	۱۸/۵۰[a]	۰/۳۸[ab]	۰/۲۱[b]	۱۹/۲۱[a]	۰/۰۲[a]	۰/۰۱۵[a]	۲۹/۹۷[a]
LSD		۸/۷۷	۰/۱۴	۰/۱۵	۳/۳۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۶/۲۲

اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

P_1: بدون پرایمینگ و عدم مصرف کیتوزان P_2: پرایمینگ با آب‌مقطر (هیدروپرایمینگ) P_3: پرایمینگ با کیتوزان P_4: محلول‌پاشی کیتوزان

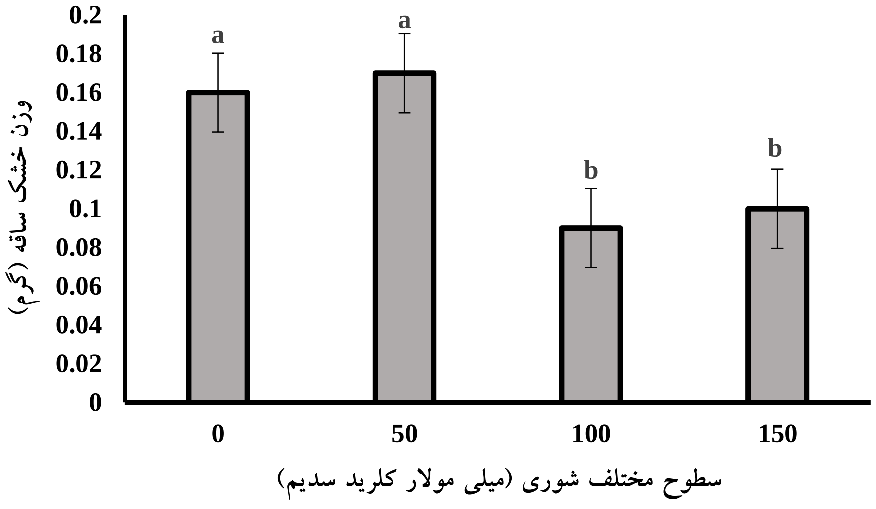
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

میزان شاخص‌های رشدی همچون ارتفاع بوته گیاه دارویی بادرشبی گردید (گوهری و بهرامی، ۱۳۹۹). در آزمایش حاضر به نظر می‌رسد با توجه به کوتاه‌بودن دوره رویشی، اثرات تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته مشاهده نشده است و چنانچه گیاه تا زمان برداشت رشد می‌کرد، احتمالاً این اثرات قابل مشاهده و معنی‌دار بود.

وزن خشک بوته: وزن خشک بوته در سطح آماری ۱٪ تحت تأثیر شوری و برهمکنش شوری و کیتوزان قرار گرفت (جدول ۱). در تیمار شوری صفر (شاهد) کاربرد الیسیتور کیتوزان و پرایمینگ تأثیری بر وزن خشک بوته نداشت (جدول ۲). در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار کاربرد کیتوزان به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی وزن خشک بوته را افزایش داد. اگر چه تیمار هیدروپرایمینگ نیز به افزایش صفت مذکور گردید، ولی این میزان افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). در تیمارهای شوری متوسط و شدید (۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار) کاربرد کیتوزان منجر به افزایش وزن خشک بوته گردید که در تیمار تنش ۱۰۰ میلی‌مولار این افزایش ناشی از کاربرد محلول‌پاشی کیتوزان بود. در حالیکه در تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، بیشترین تأثیر افزایش وزن خشک بوته مربوط به پرایمینگ بذر با کیتوزان بود که صفت مذکور را به میزان ۷۰٪ نسبت به شاهد همان سطح افزایش داده بود (جدول ۲). کاهش رشد و وزن خشک گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه و کاهش سطح فتوسنتز باشد که در نتیجه کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان است (Tanoa *et al*., 2009). در شرایط شوری، کاهش رشد گیاه غالباً به دلیل اثر ابتدایی آسیب یون سدیم به علت کاهش فعالیت کانال پتاسیمی و همچنین سمیت یون کلر که با ممانعت از جذب نیتراتی که در رشد رویشی گیاه نقش قابل توجهی دارد، ایجاد می‌گردد (حمیدیان و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین کاهش توان فتوسنتزی گیاه در شرایط شوری و تخریب ساختار کلروفیل توسط رادیکال‌های آزاد در نهایت منجر به کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. برخی محققین نیز سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم را بر این صفت مؤثر دانسته و اظهار نمودند که افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلر بر توان انتخاب‌پذیری یونی غشاء سلول و جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری تأثیر گذاشته و در نهایت موجب کاهش وزن گیاه می‌گردد (باورسادی و همکاران، ۱۳۹۶). به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر به دلیل بهبود جذب آب در جوانه‌زنی و تسریع در رشد اولیه گیاه توانسته بر افزایش وزن خشک گیاه تأثیر مطلوبی داشته باشد. کیتوزان قادر است باعث افزایش رشد، توسعه سلولی و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه شود. در حقیقت این الیسیتور از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن (نیترات رداکتار، گلوتامین و پروتئازسنتتاز) و بهبود انتقال نیتروژن موجب توسعه و رشد گیاه می‌گردد (Mondal *et al*., 2012). همچنین پژوهش‌گران بر این باور هستند که احتمالاً کیتوزان سیگنالی برای سنتز هورمون‌های محرک رشد همچون جیبرلین القا می‌کند و رشد و نمو گیاه را توسط برخی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوسنتز اکسین، از مسیر وابسته به تریپتوفان، افزایش می‌دهد (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۶).

وزن خشک برگ: اثر کیتوزان بر وزن خشک برگ گیاه معنی‌دار نبود، ولی تأثیر شوری و همچنین برهم‌کنش شوری و کیتوزان بر این صفت در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). شوری منجر به کاهش وزن خشک برگ شد. طبق جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل مشاهده شد در تیمارهای شوری ۵۰ و شاهد بین تیمارهای مختلف کاربرد الیسیتور و هیدروپرایم با تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). ولی در تیمارهای شوری متوسط و شدید (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) پرایمینگ بذر منجر به افزایش وزن خشک برک گردید. پژوهش‌های صورت گرفته روی گیاه دارویی مرزه مشخص کرد با افزایش تنش شوری، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه گیاه کاهش یافت (سعیدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲؛ وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹۶). فنایی و نجارت‌زاده (۱۳۹۶) اظهار داشتند پرایمینگ منجر به افزایش وزن خشک برگ در گیاه دارویی مرزه شد و دلیل این امر احتمالاً اثر تسریع‌کننده پرایمینگ بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه بوده است.

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری بر وزن خشک ساقه زوفا

وزن خشک ساقه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های زوفا نشان داد که اثر ساده شوری بر میزان وزن خشک ساقه در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود، ولی الیسیتور کیتوزان و برهمکنش شوری در الیسیتور بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر میزان وزن خشک ساقه گیاه مشاهده شد که بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار بود و کمترین میزان صفت مذکور در سطح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده گردید و با افزایش شوری از میزان وزن خشک ساقه گیاه کاسته شد (شکل ۱). در این راستا نتایج تحقیق وجودی مهربانی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد میزان وزن خشک ساقه مرزه تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفت. تنش خشکی فیزیولوژیک یکی از عوارض تنش شوری است که به علت کاهش سرعت اولیه جذب آب در نهایت منجر به کاهش رشد و تجمع ماده خشک و کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه را به دنبال دارد. مهدوی و صفری (۱۳۹۴) اظهار داشتند پرایمینگ بذور نخود با کیتوزان در شرایط تنش شوری منجر به افزایش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید که نتایج با مشاهدات پژوهش حاضر تطابق نداشت که به نظر می‌رسد به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد گیاه در شرایط آزمایش، تأثیر تیمارها بر برخی صفات مشخص نشده است.

محتوای پرولین برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های زوفا نشان داد که اثر شوری، الیسیتور کیتوزان و بر همکنش آن‌ها بر محتوای پرولین برگ در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان پرولین (۱۹/۲۱ میکرومول بر گرم) به تیمار محلول‌پاشی کیتوزان تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار تعلق داشت (جدول ۲)، که محتوای پرولین برگ را به میزان ۷۰٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داده بود. در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار نیز پرایمینگ بذور با کیتوزان سبب افزایش میزان پرولین نسبت به شاهد گردید، ولی بین تیمارهای مختلف پرایمینگ و محلول‌پاشی در تیمار شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). یکی از راه‌های مقابله با تنش‌های غیرزیستی نظیر خشکی و شوری، سنتز ترکیبات اسمزا است. به نظر می‌رسد که در گیاه دارویی زوفا نیز مانند بسیاری از گیاهان، در شرایط تنش شوری، تولید پرولین درون سلولی به عنوان یک اسمولیت سازگار و محافظ اسمزی به منظور افزایش تحمل به شوری، افزایش می‌یابد. چرا که شوری ناشی از کلرید سدیم منجر به تحریک ژن‌های سنتزکننده آنزیم‌های مسیر گلوتامات شده و سنتز پرولین در گیاه افزایش می‌یابد (سعادت و همکاران، ۱۴۰۳) و همین امر، افزایش غلظت پرولین را در گیاه در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

شرایط تنش شوری به همراه دارد. افزایش سنتز پرولین در گیاه در شرایط تنش، در حقیقت نوعی مکانیسم دفاعی تلقی می‌گردد. در حقیقت پرولین از طریق چند سازوکار دفاعی از جمله تنظیم اسمزی، حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌ها، ممانعت از تخریب آنزیم‌ها و تثبیت غشای سلول، تحمل گیاه در برابر تنش افزایش می‌دهد (مزارعی و همکاران، ۱۳۹۸).

مطالعه روی گیاه دارویی بابونه آلمانی مشخص کرد با افزایش سطح شوری، میزان تجمع پرولین در گیاه افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین میزان پرولین در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین آن در تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (لطف‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۴). طی بررسی راهداری و همکاران (۱۳۸۹) مشخص شد که افزایش سطح شوری منجر به تجمع اسید آمینه پرولین در برگ‌های گیاه دارویی خرفه گردید و بیشترین غلظت پرولین در کاربرد تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید. این یافته‌ها با مشاهدات Nazarbeygi و همکاران (۲۰۱۱) روی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که با افزایش شوری، میزان پرولین در برگ ارقام کلزا مورد مطالعه افزایش یافت، که این افزایش در سطح بالاتر شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود.

میزان فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کاتالاز: آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز ترکیباتی مانند آب اکسیژنه را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کنند و بدین ترتیب از آسیب سلولی جلوگیری می‌کنند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف شوری، کاربرد کیتوزان و بر همکنش آنها بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح آماری ۱٪ بود (جدول ۱). با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل مشاهده شد که در تیمار شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار پرایمینگ بذور با آب‌مقطر بود و نتایج مشخص کرد تیمار هیدروپرایمینگ منجر به افزایش ۱۰۰ درصدی فعالیت این آنزیم آنتی‌اکسیدان نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۲).

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، پرایمینگ باعث تغییرات متفاوتی در فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط بدون تنش و سطوح مختلف شوری شد. در شرایط بدون تنش، بیشترین میزان فعالیت مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ بود و کاربرد کیتوزان فعالیت آنزیم در شرایط عدم شوری کاهش داد. در تیمار شوری ملایم (۵۰ میلی‌مولار) کاربرد کیتوزان به صورت محلول‌پاشی منجر به کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در مقایسه با سایر سطوح مورد بررسی گردید. تحت تیمار شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، میزان فعالیت این آنزیم در بذرهای هیدروپرایم شده به دو برابر بذرهای شاهد افزایش یافت و تحت این تیمار نیز کاربرد کیتوزان بر خلاف انتظار افزایشی در فعالیت آنزیم نسبت به شاهد ایجاد نکرد (جدول ۲). در شرایط شوری شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) نیز تفاوتی میان تیمارها مشاهده نگردید (جدول ۲) که با نتایج با گزارشات خسروی و همکاران (۱۴۰۱) در گیاه خرفه مطابقت داشت. کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط شوری ممکن است به دلیل افزایش فعالیت سایر آنزیم‌های گیاه همچون آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز باشد که در شرایط شوری موجب تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شوند (Arora, 2002). با این حال، بررسی اثر کیتوزان بر گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) در شرایط تنش شوری نشان داد با افزایش تنش شوری، میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز افزایش داشت، به‌طوریکه بیشترین فعالیت این آنزیم در سطح تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در پیش‌تیمار با ۰/۵ درصد کیتوزان به دست آمد (عقیقی شاهوردی و همکاران، ۱۳۹۵). جوکار و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند پرایمینگ بذر موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ماریتیغال گردید و بر این باور هستند که تأثیر پرایمینگ بر تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به شرایط تنش و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد و نوع آنزیم‌هایی که تحت تأثیر پرایمینگ قرار می‌گیرند نیز می‌تواند بر اساس نوع پرایم و ژنوتیپ متفاوت باشد. به‌صورتیکه در برخی مطالعات پرایمینگ، کاهش سطح فعالیت برخی آنزیم‌ها (Kaur *et al.*, 2005) و در برخی دیگر افزایش سطح فعالیت گزارش شده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

است (جوکار و همکاران، ۱۳۹۵).

میزان فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان پراکسیداز: بر اساس جدول تجزیه واریانس، عامل شوری در سطح احتمال ۱٪ و اثرات متقابل شوری و کاربرد کیتوان در سطح آماری ۵٪ بر فعالیت آنزیم پراکسیداز تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). طبق جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل مشخص شد تحت تیمارهای عدم شوری و تنش ملایم (شوری ۵۰ میلی‌مولار) بین تیمار هیدروپرایم و تیمارهای مختلف کاربرد کیتوزان با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). در حالیکه تحت شرایط تنش متوسط (شوری ۱۰۰ میلی‌مولار) و تنش شدید (شوری ۱۵۰ میلی‌مولار) بین تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی کیتوران و تیمارهای شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارشت. در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار هیدوپرایم و کاربرد کیتوزان به شکل پرایمینگ و محلول‌پاشی منجر به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شدند ولی با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار اگر چه تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی کیتوزان هر فعالیت آنزیم را افزایش دادند ولی تیمار محلول‌پاشی با اختلاف در صدر گروه‌های مقایسه میانگین قرار گرفت (جدول ۲). نتایج با مشاهدات عقیقی شاهوردی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه ماریتیغال همخوانی داشت. طی پژوهشی خسروی و همکاران (۱۴۰۲) اظهار داشتند که تیمار همزمان شوری و کیتوزان منجر به افزایش فعالیت آنزیم پرکسیداز، کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز و فلاونوئیدهای گیاه خرفه گردید.

محتوای قند محلول: تجزیه واریانس داده‌های آزمایش گیاه زوفا اثر معنی‌دار شوری و برهمکنش شوری و کیتوزان را در سطح احتمال ۱٪ بر میزان قند محلول گیاه نشان داد، ولی اثر ساده کاربرد کیتوزان بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل مشاهده شد که در تیمار شاهد (عدم تنش) و شوری شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) بین تیمارهای مختلف پرایم و محلول‌پاشی در شوری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی در تیمار شوری ملایم (۵۰ میلی‌مولار) بیشترین اثرگذاری مربوط به تیمار پرایمینگ بذور با کیتوزان بود که سبب افزایش ۵۰ درصدی میزان قندهای محلول گیاه نسبت به شاهد شده بود (جدول ۲). در شرایط شوری متوسط (۱۰۰ میلی‌مولار) تیمارهای پرایمینگ و همچنین تیمار محلول‌پاشی کیتوزان منجر به افزایش محتوای قندهای محلول در مقایسه با تیمار شاهد همان سطح شدند. بیشترین مقادیر قندهای محلول مربوط به تیمار کاربرد کیتوزان به صورت محلول‌پاشی بود که اختلاف آن با تیمارهای پرایمینگ کیتوزان و هیدروپرایمینگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). در پژوهشی در بذرهای نخود پرایم‌شده با کیتوزان، افزایش کربوهیدرات‌های برگ مشاهده گردید (مهدوی و صفری، ۱۳۹۴). به نظر می‌رسد با کاربرد کیتوزان، تغییرات فراساختاری در اندامک‌های سلولی از قبلی تونوپلاست و آنزیم‌های مسیر متابولیسم قندها ایجاد می‌شود در حقیقت نوعی سازوکار تطابقی و سازگاریافته برای حفظ و نگهداری پتانسیل اسمزی تحت تیمار کیتوزان است و افزایش قندهای محلول احتمالاً به دلیل هیدرولیز نشاسته و افزایش قندهای محلول حاصل از آن رخ می‌دهد (Kovacik *et al.*, 2009). موسوی و همکاران (۱۴۰۰) اظهار داشتند کاربرد کیتوزان به شکل محلول‌پاشی منجر به افزایش محتوای قندهای محلول در گیاه زوفا گردید و این افزایش را در نتیجه هیدرولیز نشاسته به قندهای محلول نظیر فروکتوز، گلوکز و ساکارز دانستند که به نوعی سازوکار تطابقی و سازگاریافته برای حفظ پتانسیل اسمزی است. عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه لوبیا رقم صدری تحت تنش شوری انجام دادند نتیجه گرفتند تنش شوری سبب افزایش قندهای محلول می‌گردد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. اگر چه تحت شرایط تنش شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) محتوای قندهای محلول نسبت به تیمار شاهد شوری با افزایش همراه بود، ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. نتیجه آزمایش فانی و حاجی‌هاشمی (۱۴۰۲) نشان می‌دهد میزان قند محلول برگ در پاسخ به تنش شوری ۴۶ درصد کمتر از گیاه شاهد بود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

نتیجه‌گیری

با توجه به شورشدن اراضی کشاورزی، ارزیابی تحمل گیاهان دارویی به عنوان گروه مهمی از محصولات اقتصادی در برابر شوری یکی از اهداف مهم در زمینه شناسایی توان تحمل شوری گیاهان و درک بهتر از پاسخ به شوری است. نتایج این مطالعه نشان داد ظاهراً گیاه زوفا تا حد زیادی در برابر شوری مقاومت دارد، چرا که شوری ۵۰ میلی‌مولار منجر به بهبود رشد در گیاه گردید. پرایمینگ بذر و کاربرد الیسیتور زیستی کیتوزان به صورت پرایمنگ و محلول‌پاشی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع اسیدآمینه پرولین و افزایش غلظت قندهای محلول به عنوان اسمولیت‌های سازگار سبب افزایش تحمل و مقاومت در برابر تنش شوری گردید. بنابراین می‌توان پرایمینگ و یا محلول‌پاشی در مقادیر مناسب الیسیتورهای زیستی همچون کیتوزان را که روش ساده‌ای است به کشاورزان پیشنهاد داد تا بتوانند گیاهچه‌هایی با توان رقابتی و مقاومت بالا را تولید کنند و از طریق کاهش اثرات سوء تنش شوری، میزان تولید افزایش گیاهان دارویی در اراضی شور کشور را افزایش داد.

منابع

امیری، حمزه، بناکار، محمد حسین، رنجبر، غلامحسن، و سرافراز اردکانی، محمد رضا (۱۳۹۹) تعیین حد آستانه تحمل به شوری و اثرات استفاده از آب شور بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*). *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹(۳۹)، ۲۸۹–۳۱۰. Dor: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.13.2

باورسادی، مژده، مدحج، عادل، و مجدم، مانی (۱۳۹۶) بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و محتوای یونی ژنوتیپ‌های یونجه. *فیزیولوژی گیاهان زراعی*، *۳۵*، ۱۳۶–۱۲۱.

بناکار، محمدحسین، امیری، حمزه، رنجبر، غلامحسن، و سرافراز اردکانی، محمد رضا (۱۴۰۲). اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیک شنبلیله و تعیین حد آستانه تحمل به شوری در مرحله رویشی با استفاده از برخی مدل‌های تجربی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، *۱۴*(۴)، ۱۰۸۱–۱۱۰۳.

بوالحسنی، زهره، و فیضیان، محمد (۱۴۰۰) اثر محلول‌پاشی کیتوزان و نانو کیتوزان بر محتوای نسبی آب برگ و برخی ویژگی‌های رشدی گل همیشه‌بهار تحت تنش شوری. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه تجدید حیات حکیمانه خاک و حکمروایی حکیمانه آب، کرج، ایران.

جوکار تنگ کرمی، مهرانگیز، قنبری، احمد، و مرادی، فواد (۱۳۹۵). ارزیابی تأثیر تنش شوری بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهچه‌های حاصل از بذر پرایم شده ماریتیغال (*Silybum marianum*). *علوم و تحقیقات بذر ایران*،۳(۳)، ۲۱–۱۱. 20.1001.1.24763780.1395.3.3.2.0

حسینی، اشرف السادات، افشاری، حسین، و اکبرزاده، محمد (۱۳۹۶) بررسی اثرات تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha Piperita*). اولین کنگره سراسری فناوری‌های نوین ایران با هدف دستیابی به توسعه پایدار. تهران.

حمیدیان، هانیه، سودائی‌زاده، حمید، یزدانی بیوکی، رستم، حکیم‌زاده، سلطانی، محمدعلی، گردفرامرزی، مهدی، و خواجه حسینی، ساره (۱۴۰۲). اثر تنش شوری و روش کاشت بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شیرین بیان در گلخانه. *پژوهش آب در کشاورزی*، *۳۷*(۱)، ۳۵–۴۹.

خسروی، الهه، سلیمی، اعظم، چاوشی، مریم، و زیدی، هانیه (۱۴۰۱). نقش کیتوزان بر کاهش اثرات تنش شوری از طریق آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی*

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

ایران)، ۳۵(۴)، ۷۸۶-۷۹۸. 20.1001.1.23832592.1401.35.4.6.6

دهجی‌پور حیدرآبادی، مریم، دهقانی، محمدرضا، مرادی اندوهجردی، فاطمه، خلیل‌زاده، ملک، و سروش، فاطمه (۱۴۰۰). تأثیر پیش‌تیمار اسید استیک بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و مولکولی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) تحت تنش شوری. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۰(۴۲)، ۲۲۹-۲۵۰.

راهداری، پروانه، توکلی، شاهرخ، و اسدی، محمود (۱۳۸۹) بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری بر فاکتورهای رشد گیاهچه‌های خرفه (*Portulaca oleracea* L.). همایش ملی گیاهان دارویی، ساری.

سعادت، هانیه، سلطانی، الیاس، و صدقی، محمد (۱۴۰۲). تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa*) تحت تنش شوری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۲(۵۴)، ۲۳۹-۲۵۸. 20.1001.1.23222727.1402.12.54.15.5

سعادت، هانیه، و صدقی، محمد (۱۴۰۳). اثر پیش‌تیمار سدیم نیتروپروساید بر بهبود صفات فیزیولوژیکی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه برنج تحت تنش شوری. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۳(۶۲)، ۱۴۵-۱۵۹.

سعیدی‌نیا، مهری، بیرانوند، فرهاد، مومیوند، حسن، و موسوی، سیدحسین (۱۴۰۲). بررسی اثر تنش شوری بر میزان عملکرد، خصوصیات مورفولوژیکی، اسانس، شاخص محتوای نسبی آب گونه گیاهی مرزه. *پژوهش‌های خشکسالی و تغییر اقلیم*، ۱(۱)، ۹۷-۱۰۸. 10.22077/JDCR.2023.6152.1017

شکوهیان، علی‌اکبر، حقوردی، سعید، و آذرمی، رسول (۱۴۰۲). تأثیر همزیستی ریزموجودات مفید بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. *دو فصلنامه علوم سبزی*، ۷(۲)، ۷۷-۹۲. 10.22034/IUVS.2023.1986922.1262

صفری کمال آبادی، نگین، محبعلی‌پور، ناصر، اورعی، مهدی، نورافکن، حسن، و اسدی، اسد (۱۴۰۱). اثر محلول‌پاشی کیتوزان و اسید بر صفات مورفولوژیکی و کیفیت اسانس گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۱۶(۶۴)، ۴۷۵-۴۹۲. Dor: 10.30495/JCEP.2021.1927610.1791

عزیزی، فاطمه، امیری، حمزه، و اسماعیلی، احمد (۱۳۹۸). اثر ملاتونین بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه لوبیا رقم صدری تحت تنش شوری. *پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۲(۳) ۶۳۶-۶۴۸.

عقیقی‌شاهوردی، مهدی، امیدی، حشمت، و موسوی، سیداسماعیل (۱۳۹۵). تأثیر کیتوزان بر جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی گیاهچه ماریتیغال (*Silybum marianum*) تحت تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۳(۲)، ۱۰۵-۱۱۸. 20.1001.1.23831251.1395.3.2.12.3

فانی، ابراهیم، و حاجی‌هاشمی، شکوفه (۱۴۰۲) بررسی اثر محلول‌پاشی سیلیس و تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه روغنی کاملینا. *مجله فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸(۶۹)، ۱۴۹-۱۵۹. DOI: 10.30495/IPER.2022.1954207.1780

فنایی، سحر، و نجات‌زاده، فاطمه (۱۳۹۶). بررسی نقش پرایمینگ بذر در تعدیل اثرهای شوری در گیاه دارویی مرزه. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی و مولکولی، ۷(۲۸)، ۴۱-۴۷. 20.1001.1.22285458.1396.7.28.5.9 .

گوهری، غلامرضا، و بهرامی، محمدکاظم (۱۳۹۹). اثر کاربرد محرک زیستی کیتوزان بر صفات رشدی و عملکرد اسانس بادرشبی (*Dracocephalium moldavica* L.) در شرایط آبیاری با آب شور. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۰(۱)، ۱۵۵-۱۶۹. 20.1001.1.24764310.1399.30.1.10.1

لطف‌الهی، لیلا، ترابی گل‌سفیدی، حسین، و امیدی، حشمت (۱۳۹۴). بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر پرولین، رنگدانه‌های فتوسنتزی و رطوبت نسبی برگ گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) در محیط آبکشت. *پژوهش‌های تولید*

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

گیاهی، ۲۲(۱)، ۸۹-۱۰۳. 20.1001.1.23222050.1394.22.1.6.3 Dor:

مزارعی، ایوب، سیروس مهر، علیرضا، بروشکی، معصومه، بابایی، زهرا، و محمودی، علی اکبر (۱۳۹۸). اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی کیتوزان بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پنیرک معمولی (*Malva sylvestris* L.). *علوم زیستی گیاهی*، ۱۱(۲) ۷۷-۱۰۲.

مهدوی، بتول، و صفری، حسین (۱۳۹۴). اثر کیتوزان بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک نخود در شرایط شوری. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۲(۴) ۱۱۷-۱۲۷. 20.1001.1.23222727.1394.4.12.4.4

مهرگان، محمد، مهرآفرین، علی، لبافی، محمدرضا، و نقدی بادی، حسن‌علی (۱۳۹۶). اثر غلظت‌های مختلف محرک زیستی کیتوزان بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *گیاهان دارویی*، ۶۲، ۱۸۱-۱۶۹.

موسوی، عاطفه سادات، نعیمی، معصومه، راحمی کاریزکی، علی، و قلی‌زاده، عبدالطیف (۱۴۰۰). تأثیر الیسیتورها بر تنظیم اسمزی، پایداری غشا، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا تحت تنش خشکی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۳(۳)، ۴۲۱-۴۳۲.

وجودی‌مهربانی، لمیا، حسن‌پور اقدم، محمدباقر، و ولی‌زاده‌کامران، رعنا (۱۳۹۶). بررسی رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۱۱(۴۱)، ۱۱۰-۹۹.

یزدانی بیوکی، رستم (۱۴۰۲). برآورد آستانه تحمل به شوری گیاه مرتعی- دارویی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.). *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۳۰(۳)، ۳۴۹-۳۶۱. 10.22092/ijrdr.2023.130616

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, *105*, 121-126.

Al-Ashkar, I., Alderfasi, A., El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., El-Kafafi, S., & Seleiman, M. F. (2019). Detecting salt tolerance in doubled haploid wheat lines. *Agronomy*, *9*(4), 211.

Arora, A., Sairam, R., & Srivastava, G. (2002). Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, 1227-1238.

Bates, L. S., Waldern, R. P., & Teave, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, *39*, 205-107.

Bose, S., Ke, D., Sahasrabudhe, H., & Bandyopadhyay, A. (2018). Additive manufacturing of biomaterials. *Progress in Materials Science*, *93*, 45-111.

Choudhary, S., Wani, K. I., Naeem, M., Khan M. M. A., & Aftab, T. (2022). Cellular responses, osmotic adjustments, and role of osmolytes in providing salt stress resilience in higher plants: Polyamines and nitric oxide crosstalk. *Journal of Plant Growth Regulations*. https://doi.org/10.1007/s00344-022-10584-7

Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y., & Kolsarici, O. (2006). Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, *24*, 291-295.

Feghhenabi, F., Hadi, H., Khodaverdiloo, H., & Van Genuchten, M. T. (2020). Seed priming alleviated salinity stress during germination and emergence of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Water Management*, *231*(106022), 1-8.

Hajdari, A., Giorgi, A., Beretta, G., Gelmini, F., Buratti, S., Benedetti, S., Merkouri, A., Mala, X., Kabashi, S., Pentimalli, D., Pulaj, B., & Mustafa, B. (2018). Phytochemical and sensorial characterization of *Hyssopus aristatus* (godr.) Nyman (Lamiaceae) by GC– officinalis subsp. MS, HPLC–UV–DAD, spectrophotometric assays and e-nose with aid of chemo metric techniques. *European Food Research and Technology*, 244, 1313-1327.

Hawrylak-Nowak, B., Rubinowska, K., Molas, J., Woch, W., Matraszek-Gawron, R., & Szczurowska, A. (2019). Selenium-induced improvements in the ornamental value and salt stress resistance of *Plectranthus scutellarioides*. *Folia Horticultureae*, 31, 213-221.

Kaur, M., Gupta, A. K., & Zhawar, V. K. (2014) .Antioxidant response and Lea genes expression under exogenous ABA and water deficit stress in wheat cultivars contrasting in drought tolerance. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 23, 18-30.

Kaur, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2005). Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in Chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *191*, 81-87.

Kovacik, J., Backor, M., Strnad, M., & Repcak, M. (2009). Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plants. *Plant Cell Report*, *28*, 135-43.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]

Lianju, M., Yueying, L., Cuimei, Y., Yan, W., Xuemei, L., Na, L., Qiang, C., & Ning, B. (2011). Alleviation of exogenous oligo chitosan on wheat seedlings growth under salt stress. *Protoplasma*, 249, 393-399.

Liu, H., Tian, W. X., Li, B., Wu, G. X., Ibrahim, M., Tao, Z. Y., Wang, Y. L., Xie, G. L., Li, H. Y., & Sun, G. C. (2012). Antifungal effect and mechanism of chitosan against the rice sheath blight pathogen, *Rhizoctonia solani*. *Biotechnology Letters, 34*, 2291-2298.

Mickelbart, M. V., Hasegawa, P. M., & Bailey-Serres, J. (2015). Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nature Reviews Genetics*, *16*(4), 237-251.

Mondal, M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R., Ashrafuzzaman, M., & Naher, L. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*, *6*(5), 918-921.

Nazarbeygi, E., Lari-Yazdi, H., Naseri, R., & Soleimani, R. (2011). The effects of different levels of salinity on proline and a-, b- chlorophylls in canola. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, *10*, 70-74.

Plewa, M. J., Smith, S. R., & Wanger, E. D. (1991). Diethyl dithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutant Research*, *247*, 57-64.

Shahid, M. A., Balal, R. M., Pervez, M. A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., & Mattson, N. S. (2012). Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. *Australian Journal of Crop Science*, *6*, 828-838.

Sun, W., Shahrajabian, M. H., Petropoulos, S. A., & Shahrajabian, N. (2023). Developing sustainable agriculture systems in medicinal and aromatic plant production by using chitosan and chitin-based bio-stimulants. *Plants*, *12*(13), 2469.

Tanoa, G., Job, C., Rajjou, L., Arc, E., Belghazi, M., Diamantidis, G., Athannasios, M., & Job, D. (2009). Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants to salinity. *Plant Journal*, *60*(5), 795-805.

Wesolowska, A., Jadczak, D., & Grzeszczuk, M. (2010). Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland. *Herba Polonica*, *56*(1), 57-65.

Zhao, L., Yang, Z., Guo, Q., Mao, S., Li, S., Sun, F., Wang, H., & Yang, C. (2017). Transcriptomic profiling and physiological responses of halophyte *Kochia sieversiana* provide insights into salt tolerance. *Frontiers in Plant Science*, *24*, 1-13.

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

The effect of chitosan bio-stimulator on morphological and physiological characteristics of hyssop under salinity stress

Masoumeh Naeemi*, Ebrahim Gholamalipour Alamdari, Atefeh Sadat Mousavi

Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran
(Received: 2024/09/18, Accepted: 2025/01/21)

Abstract

Research into increasing plant tolerance for environmental stress can be an effective step to carry out sustainable production in agricultural systems .This study was performed to evaluate the application effect of chitosan on the morphological and physiological traits of the hyssop under salinity stress conditions. The experiment was conducted based on a randomized complete design with factorial arrangement of treatment and three replications at Gonbad Kavous University. The salinity factor included four levels (0, 50, 100, and 150 mM) of sodium chloride. The second factor was studied at four levels by non-application of chitosan and without priming (control), seed priming with distilled water, seed priming with chitosan, and chitosan foliar application. The salinity stress effect had a significant effect on all traits. The chitosan elicitor also had a significant effect on plant height, content of proline, and catalase enzyme. The effect of the interaction between salinity and chitosan was significant in all traits except the stem dry weight. The highest content of proline (19.21 µmol/g) belonged to chitosan foliar application under salinity stress of 150 mM treatment that increased. In the 50 mM salinity stress condition, seed priming with chitosan caused a 50% increase in proline content and soluble sugars compared to the control. Based on the results of this study and taking into account the growing trend of saline soils in the country, priming and application of chitosan elicitor as a biological agent that reduces the effects of salinity stress on hyssop are important.

Keywords: Chitosan, Elicitor, Proline, Peroxidase, Salinity

Corresponding author, Email: Naeemi_701@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.33]