دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

مطالعه برخی از پاسخ‌های مورفولوژیکی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) به اثرات القاگر کیتوزان در شرایط شوری

زینب علی پورتلوکلائی[۱]، مهیار گرامی[۲]، اکرم قربانپور[۳] و پرستو مجیدیان[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، علوم باغبانی (گیاهان دارویی)، موسسه آموزش عالی سنا، ساری، ایران.
۲- استادیار، عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی سنا، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: mahyar.gerami@yahoo.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۸
صفحه: ۱۵۰ تا ۱۶۱

چکیده

شوری خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی می‌باشد که آثار منفی بر رشد و تولید گیاهان از جمله گیاهان ارزشمند دارویی نظیر گیاه استویا دارد. از این رو، هدف از این تحقیق، ارزیابی برهمکنش القاگر کیتوزان در چهار سطح (صفر، ۰/۲، ۰/٤ و ۰/٦ درصد) با شوری در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر روی برخی صفات مورفولوژیکی گیاه استویا به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۹۶-۹۵ در مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی سنا بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل وزن تر، خشک ریشه و اندام هوایی، تعداد میانگره، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ (LAI)، میزان رشد نسبی برگ (RLGR) و نسبت سطح برگ (LAR) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد میانگره، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، شاخص سطح برگ، نرخ رشد نسبی برگ و نسبت سطح برگ به طور معنی‌داری تأثیر داشت. اما، برهمکنش کیتوزان و شوری سبب بهبود صفات مورد نظر گردید. برای مثال، افزایش تعداد میانگره در تیمار Ch2S2 (۰/٤ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، افزایش تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه در تیمار Ch1S3 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری)، افزایش ارتفاع بوته در تیمار Ch2S2 (۰/٤ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۰۰ میلی مولار شوری) و تیمار Ch1S3 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی مولار شوری) مشاهده گردید. علاوه بر آن، تیمار Ch1S2 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، تیمار Ch2S3 (۰/٤گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری) و تیمار Ch3S3 (۰/٦ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری) روی LAR و تیمار Ch1S3 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری) روی RLGR افزایش معنی‌دار نشان دادند. در این راستا، یافته‌های این پژوهش می‌تواند اطلاعات مفیدی در ارتباط با تغییر صفات مورفولوژیک گیاه دارویی استویا در شرایط تنش شوری به القاگر کیتوزان را ارائه دهد تا با تقویت این صفات بتوان از این گیاه در برابر شرایط تنش محافظت کرد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، القاگر، تنش غیرزیستی

مقدمه

گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) معروف به برگ عسلی، گیاهی علفی چند ساله و دارویی متعلق به خانواده *Asteraceae* می‌باشد (۲۳،۲۱). این گیاه بومی مناطق خاصی از آمریکای جنوبی به طور عمده پاراگوئه و برزیل می‌باشد که امروزه در سایر مناطق آسیا، کانادا و اروپا گسترش یافته است (۲۵). استویا از لحاظ نیاز به مواد غذایی، گیاه قانعی بوده و در بسیاری از خاک‌های نواحی مختلف جهان و ایران (خصوصاً مناطق جلگه‌های شمال کشور) بدون کوددهی قابلیت کشت دارد (۲۲). برگ‌های این گیاه به دلیل حضور گلیکوزیدهای استویول شیرین بوده و در صنعت از آن به عنوان قند رژیمی استفاده می‌شود. تنش شوری به عنوان یکی از معضلات اصلی در بیش از صدها هکتار از اراضی کشاورزی در ایران شناخته شده است (۵). اثرات مخرب اصلی تنش شوری بر رشد، نمو و تمایز و همچنین فرآیندهای ثانویه نظیر فتوسنتز، سنتز پروتئین، تولید انرژی و متابولیسم لیپید در گیاهان می‌باشد (۴۱). به منظور حل این مشکل، افزایش توانایی گیاهان در جهت حفظ رشد و عملکردشان تحت شرایط تنش شوری و به دنبال آن معرفی ارقام متحمل به شوری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۱۳). اخیراً، محققین زیادی بر کاربرد الیستورها با منشاء زیستی و غیر زیستی جهت القاء سیستم دفاع شیمیایی گیاهان متمرکز شده‌اند تا متابولیت‌های ثانویه با عملکرد بالا را تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی تولید کنند (۳۵). کیتوزان (CHT)، پلی ساکاریدی ($C_6H_{11}O_4N$) می‌باشد که از فرآیند داستیلاسیون کیتین مشتق می‌شود. این ماده را می‌توان در موجودات زنده مختلف از جمله قارچ‌ها، نرم‌تنان مانند حلزون، دیاتوم‌ها و اسفنج‌های دریایی یافت (۷). به دلیل ویژگی‌های ضد میکروبی کیتوزان علیه باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها، از این ماده به صورت لایه نازکی بر روی میوه‌ها و سبزیجات جهت پیشگیری از پوسیدگی پیش از موعد می‌توان استفاده کرد (۲۹).

الیسیتور کیتوزان مزایای زیادی دارد که از جمله می‌توان به ایمنی، قیمت ارزان و سهولت ترکیب‌پذیری با سایر ترکیبات اشاره کرد (۲۸). کیتوزان به طور گسترده‌ای در کشاورزی جهت افزایش پاسخ‌های فیزیولوژیکی نظیر القاء آنزیم‌های دفاعی و سنتز متابولیت‌های ثانویه همچون پلی فنول‌ها، لیگنین‌ها، فلاونوئیدها و فیتوآلکسین‌ها در بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله آفتابگردان (۴)، پاپایا (۱)، انگور(۳۲)، سویا (۲۴)، زردآلو (۱۴)، گوجه فرنگی (۲)، اسفناج (۳۹)، برنج (۳۱)، گندم (۴۲) و کینوآ (*Chenopodium quinoa*) (۳۰) به

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

کار گرفته شده است. علاوه بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی متعدد کیتوزان، گزارش شده است که کیتوزان می‌تواند رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشد (۴). در ارتباط با برهمکنش اثر شوری و الیسیتور کیتوزان، مطالعات اندکی تنها بر روی گوجه فرنگی (۱۹) و نخود (۲۶) انجام شده است. تاکنون، تحقیقی در ارتباط با کاربرد الیسیتور کیتوزان برای بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه استویا تحت تنش شوری گزارش نشده است. از این رو، هدف از این مطالعه، بررسی اثر الیسیتور کیتوزان بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی گیاه استویا تحت شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه و اعمال تیمارها

به منظور بررسی اثر کیتوزان بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه استویا نظیر ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تعداد برگ، تعداد میانگره، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، طول ریشه، میزان رشد نسبی برگ، نسبت سطح برگ، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه مؤسسه آموزش عالی غیر انتفاعی سنا در سال‌های ۹۶-۹۵ انجام شد. ابتدا، گیاهچه استویا در گلدان‌های پلاستیکی حاوی مخلوطی از پرلیت و پیت موس به نسبت (۵۰:۵۰) در ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد کشت شد. به منظور تغذیه هر نمونه، هر گلدان (۱۶ عدد) دوبار در هفته با ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند آبیاری شد. پس از گذشت ۱۰ روز از سازگاری گیاه، کیتوزان به صورت محلول‌پاشی برگی در ۴ سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم بر لیتر) بر روی گیاه اعمال شد. به دنبال آن بعد از ۲۴ ساعت، شوری در چهار سطح صفر میلی‌مولار کلرید سدیم، ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۵ دسی زیمنس/متر)، ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۱۰ دسی زیمنس/متر) و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۱۵ دسی زیمنس/متر) تا پایان آزمایش بر روی گیاه اعمال گردید. تیمارهای مورد آزمایش به شرح زیر می باشند. Ch0S0 (صفر گرم بر لیتر کیتوزان-صفر میلی‌مولار شوری)، Ch0S1 (صفر گرم بر لیتر کیتوزان-۵۰ میلی‌مولار شوری، Ch0S2 (صفر گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، Ch0S3 (صفر گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch1S0 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-صفر میلی‌مولار شوری)، Ch1S1 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch1S2 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، Ch1S3 (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch2S0 (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان-صفر میلی‌مولار شوری)، Ch2S1 (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان-۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch2S2 (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، Ch2S3 (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch3S0 (۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان-صفر میلی‌مولار شوری)، Ch3S1 (۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان-۵۰ میلی‌مولار شوری)، Ch3S2 (۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، Ch3S3 (۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان-۱۵۰ میلی‌مولار شوری) برای اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه، گیاهان با دقت از گلدان خارج شدند و بعد از شستشوی ریشه، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و طول گیاه و ریشه اندازه‌گیری شد. تعداد میانگره و تعداد برگ به صورت شمارش اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، سطح هر برگ به کمک دستگاه سطح برگ سنج مدل Licow (۰/۰۰۱ سانتی متر مربع) تعیین شد. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه، ابتدا اندام‌های هوایی از ریشه جدا شده و وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه برحسب گرم با استفاده از ترازوی Sartatius مدل B1150S با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم سنجش شدند. جهت محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از گذشت زمان با ترازوی دیجیتالی ذکر شده وزن شدند (۹).

نسبت سطح برگ (Leaf area rate)

LAR نسبت سطح برگ گیاه به وزن خشک کل گیاه می‌باشد که نشاندهنده پربرگی است.

در این معادله، LA برابر با سطح برگ، W برابر با وزن خشک می‌باشد.

$$LAR = (LA1/W1 + LA2/W2)/2$$

میزان رشد نسبی برگ (Relative leaf growth rate)

RLGR بیانگر افزایش روزانه سطح برگ بر مبنای سطح برگ کل می‌باشد. مقدار رشد برگ گیاه را نسبت به زمان، رشد نسبی برگ می‌گویند که از معادله زیر بدست می‌آید:

$$RLGR = \frac{1}{L} \times \frac{dL}{dt}$$

$$RLGR = \frac{LnL2 - LnL1}{t2 - t1}$$

محاسبات آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در جدول ۱ آورده شده است که بیانگر اثر معنی‌دار کیتوزان بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد. اثر شوری بر تمام صفات رویشی به غیر از تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بعلاوه، اثر متقابل سطوح شوری و کیتوزان بر این پارامترها اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان دادند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی گیاه استویا تحت تیمارهای کیتوزان و شوری

Table 1-Analysis of variance of morphological traits of stevia under chitosan and salt treatments

منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	سطح برگ	تعداد برگ	تعداد میانگره	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	طول ریشه	میزان رشد نسبی برگ	نسبت سطح برگ
کیتوزان	۳	۴/۹۳۶۹۴۴**	۶/۹۶۱۱۰۵**	۲۷/۵۵۵۵۵۵**	۰/۲۶۵۷۶۳**	۰/۰۰۰۶۶۶**	۰/۰۳۴۸۵۲**	۰/۰۱۴۵۳۲**	۰/۵۴۳۱۰۳**	۱/۶۵۶۸۷۵**	۰/۰۰۰۳۳۲**	۴۳/۴۸۰۶۱۴**
شوری	۳	۸/۲۹۱۳۸۸**	۱۸/۴۳۱۷۶۴**	۱/۱۱۱۱۱۱^{ns}	۰/۳۰۲۴۳۰**	۰/۰۰۰۳۹۰**	۰/۰۲۰۶۱۰**	۰/۰۱۷۳۹۷**	۰/۷۱۱۹۹۲**	۰/۲۲۱۸۷۵**	۰/۰۰۰۱۴۳**	۴۳/۲۵۴۸۷۹**
کیتوزان × شوری	۹	۱۶/۷۵۲۶۸۵**	۴/۹۲۰۱۰۳**	۱۹/۶۲۹۶۲۹**	۰/۱۳۸۹۱۲**	۰/۰۰۰۷۲۶**	۰/۰۳۶۳۷۰**	۰/۰۶۰۸۳۷**	۱/۸۹۶۲۶۵**	۴/۸۳۱۶۸۹**	۰/۰۰۰۱۱۹**	۱۰۹/۲۷۶۷۲۴**
خطا	۳۲	۰/۲۱۰۰۰۰	۰/۰۸۶۴۹۶	۱/۵۰۰۰۰۰	۰/۰۰۵۴۱۶	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱۶۲	۰/۰۰۰۱۰۱	۰/۰۰۷۱۸۳	۰/۰۶۶۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۱/۷۳۳۱۳۲
ضریب تغییرات		۲/۲۱۹۶۱۳	۲/۵۶۶۰۰۹	۴/۵۶۴۲۶۷	۴/۶۱۷۹۱۴	۳/۳۴۴۴۵۸	۲/۳۴۹۵۴۰	۱/۸۴۶۸۰۰	۲/۱۶۴۶۶۱	۲/۰۹۳۹۲۶	۰/۶۴۱۵۳۷	۱/۷۹۴۸۰۶

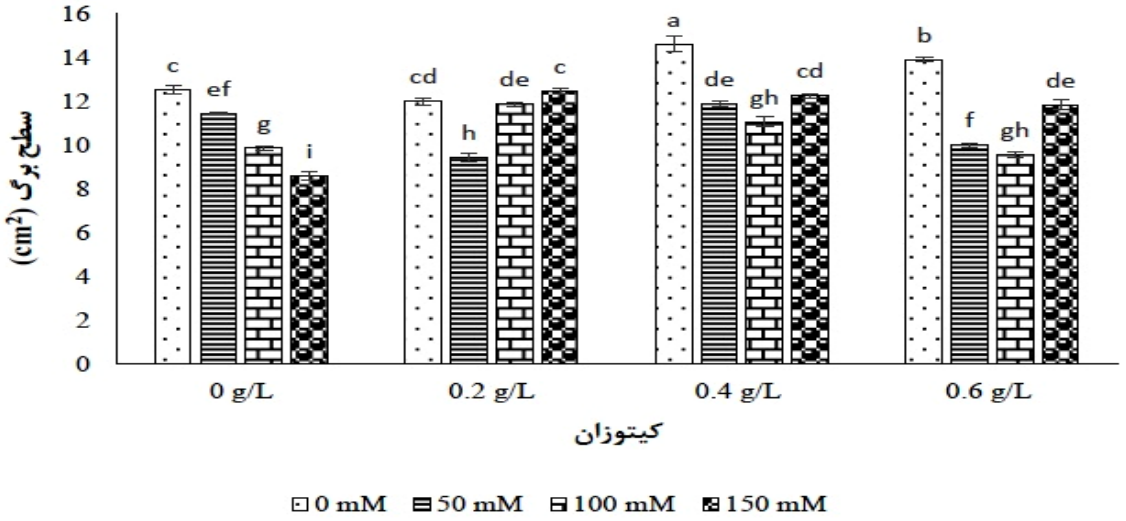
** و * : اثر معنی داری به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر شاخص سطح برگ در گیاه استویا تحت تنش شوری

کوچکی برگ‌ها، کلروز و نکروز شدن برگ‌ها، پژمردگی، پیری زودرس و ریزش زود هنگام برگ‌ها از علائم کاهش سطح برگ در شرایط تنش شوری بود. تیمار برهمکنش کیتوزان و شوری منجر به بهبود میزان سطح برگ در شرایط تنش شوری گردید. برای مثال، تیمار کیتوزان ۰/۲ گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ در شرایط تنش شوری با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار گردید. به طور کلی، تیمار کیتوزان ۰/۲ گرم بر لیتر بیشترین اثر بهبود را در میزان سطح برگ گیاه استویا تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نشان داد (شکل ۱).



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت شاخص سطح برگ تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

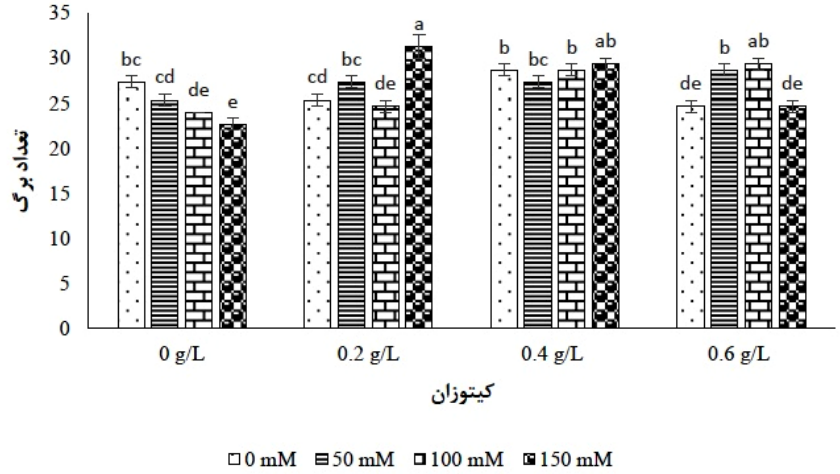
Figure 1. The result of mean comparison of leaf area index under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر تعداد برگ در گیاه استویا تحت تنش شوری

تیمار برهمکنش کیتوزان و شوری در اکثر سطوح منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ نسبت به گیاه شاهد در شرایط تنش گردید. تیمار کیتوزان (۰/۲ گرم بر لیتر) و شوری (۵۰ و ۱۵۰ میلی مولار) سبب افزایش تعداد برگ در گیاه استویا شد. در تیمار ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و شوری ۱۵۰ میلی مولار، تعداد برگ افزایش یافت. تیمارهای ۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری نیز سبب افزایش تعداد برگ شد (شکل ۲). بیشترین میزان تعداد برگ در تیمار برهمکنش کیتوزان ۰/۲ گرم بر لیتر و شوری ۱۵۰ میلی مولار مشاهده گردید (شکل ۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

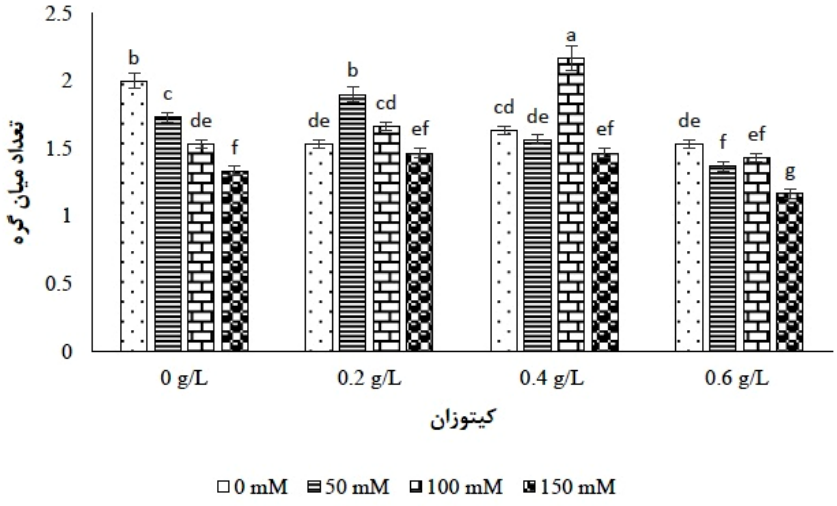


شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین تعداد برگ تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2. The result of mean comparison of number of leaf under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر تعداد میانگره‌ها در گیاه استویا تحت تنش شوری

تیمار برهمکنش کیتوزان و شوری سبب افزایش تعداد میانگره در شرایط تنش شوری گردید (شکل ۳). به طوری که، تیمار کیتوزان در سطح ۰/۲ گرم بر لیتر و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار سبب افزایش تعداد میانگره شد. بعلاوه، بیشترین تعداد میانگره در سطح ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین تعداد میانگره تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3. The result of mean comparison of number of internode under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه در گیاه استویا تحت تنش شوری

تیمار برهمکنش کیتوزان و شوری منجر به افزایش وزن تر ریشه در تمامی سطوح گردید (جدول ۲). به طوری که، بیشترین میزان وزن تر ریشه در تیمار ۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و پس از آن در تیمار ۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده گردید.

در ارتباط با وزن خشک ریشه و میزان وزن تر و خشک اندام هوایی، بیشترین میزان در تیمار ۰/۲ گرم بر لیترکیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده گردید. تیمار کیتوزان در سطح ۶ درصد صدمات ناشی از کلرید سدیم را بهبود بخشید و در تنش‌های شدیدتر کاراتر بود. برای مثال، در تنش ۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش وزن تر و خشک ریشه گردید (جدول ۲).

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر طول ریشه در گیاه استویا تحت تنش شوری

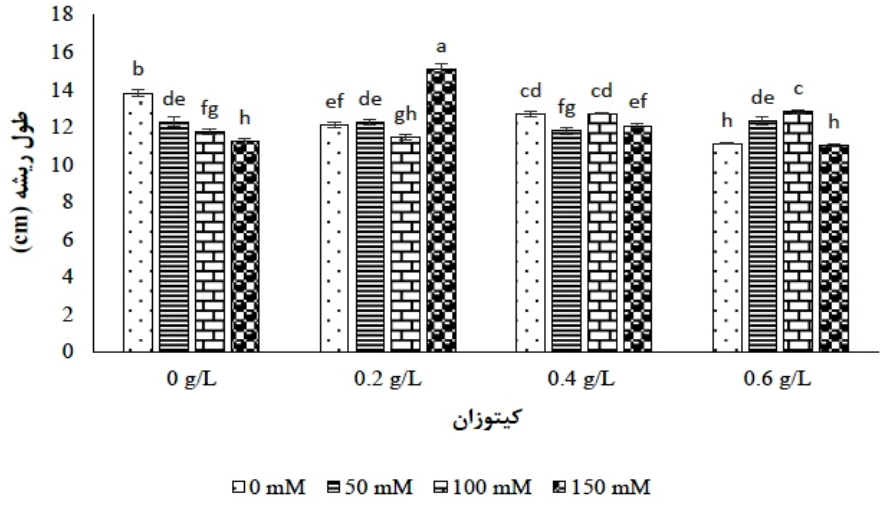
اثر متقابل کیتوزان و شوری در تیمارهای ۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بیشترین تأثیر را بر طول ریشه نشان داد (شکل ۴). بعلاوه، تیمار ۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان و ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نیز طول ریشه را افزایش داد (شکل ۴).

جدول ۲- میانگین و خطای معیار اثر کیتوزان بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در گیاه استویا تحت تنش شوری

Table 2. The mean and deviation error of chitosan effect on wet and dry weight of shoot and root in stevia under salt stress

تیمار	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه
Ch0S0	۰/۰۸ ± ۰/۰۱^{d}	۴/۴۷ ± ۰/۰۳^{c}	۰/۶۷ ± ۰/۰۰۸^{c}	۰/۶۱ ± ۰/۰۱^{a}
Ch0S1	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱^{n}	۳/۸۴ ± ۰/۰۴^{e}	۰/۵۷ ± ۰/۰۰۶^{a}	۰/۵۱ ± ۰/۰۲^{gn}
Ch0S2	۰/۰۶ ± ۰/۰۲^{j}	۳/۴۶ ± ۰/۰۶^{n}	۰/۴۴ ± ۰/۰۰۵^{g}	۰/۳۹ ± ۰/۰۱^{k}
Ch0S3	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۴^{k}	۳/۲۳ ± ۰/۰۲^{ij}	۰/۴۰ ± ۰/۰۰۳^{n}	۰/۳۵ ± ۰/۰۱^{l}
Ch1S0	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۵^{erg}	۴/۰۵ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۵۹ ± ۰/۰۰۴^{a}	۰/۵۶ ± ۰/۰۱^{e}
Ch1S1	۰/۰۷ ± ۰/۰۴^{gn}	۳/۲۵ ± ۰/۰۶^{l}	۰/۴۱ ± ۰/۰۰۴^{n}	۰/۵۳ ± ۰/۰۲^{rg}
Ch1S2	۰/۰۶ ± ۰/۰۲^{l}	۳/۱۰ ± ۰/۰۳^{j}	۰/۴۰ ± ۰/۰۰۱^{n}	۰/۴۶ ± ۰/۰۱^{a}
Ch1S3	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۱^{a}	۵/۷۵ ± ۰/۱۳^{a}	۰/۸۲ ± ۰/۰۰۱^{a}	۰/۷۳ ± ۰/۰۱^{a}
Ch2S0	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۱^{ca}	۴/۰۴ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۵۷ ± ۰/۰۰۱^{a}	۰/۶۱ ± ۰/۰۲^{a}
Ch2S1	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۵^{rg}	۳/۶۲ ± ۰/۰۱^{rg}	۰/۵۲ ± ۰/۰۰۱^{e}	۰/۵۴ ± ۰/۰۲^{a}
Ch2S2	۰/۰۸ ± ۰/۰۵^{ae}	۳/۷۵ ± ۰/۰۴^{er}	۰/۵۴ ± ۰/۰۰۳^{e}	۰/۶۰ ± ۰/۰۱^{a}
Ch2S3	۰/۰۸ ± ۰/۰۴^{er}	۳/۴۸ ± ۰/۰۴^{gn}	۰/۴۳ ± ۰/۰۰۲^{g}	۰/۵۶ ± ۰/۰۱^{a}
Ch3S0	۰/۰۹ ± ۰/۰۳^{bc}	۴/۱۳ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۵۸ ± ۰/۰۰۹^{a}	۰/۶۴ ± ۰/۰۱^{a}
Ch3S1	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱^{n}	۳/۸۱ ± ۰/۰۱^{e}	۰/۵۷ ± ۰/۰۰۱^{a}	۰/۵۰ ± ۰/۰۰۱^{a}
Ch3S2	۰/۰۹ ± ۰/۰۰۲^{p}	۴/۹۳ ± ۰/۰۳^{p}	۰/۷۲ ± ۰/۰۰۴^{p}	۰/۶۹ ± ۰/۰۱^{p}
Ch3S3	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۲^{j}	۳/۷۳ ± ۰/۰۳^{l}	۰/۴۹ ± ۰/۰۰۶^{r}	۰/۴۲ ± ۰/۰۱^{j}

مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. هر عدد میانگین ۳ تکرار است. اصلاح شود. علامت ± نشانگر خطای معیار است و برای هر پارامتر میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین طول ریشه تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

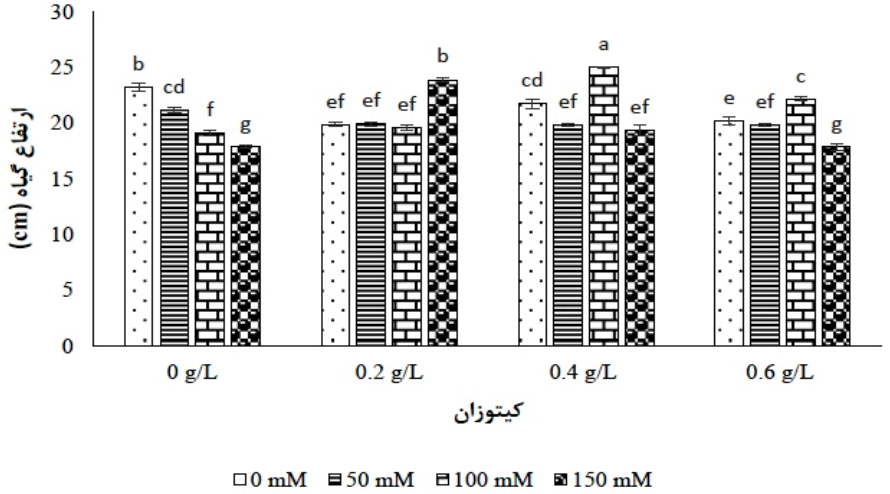
Figure 4. The result of mean comparison of root height under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر ارتفاع گیاه در گیاه استویا تحت تنش شوری

در تیمارهای (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری و) و تیمار (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری) ارتفاع گیاه افزایش پیدا کرد (شکل ۵). بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری) مشاهده گردید (شکل ۵).

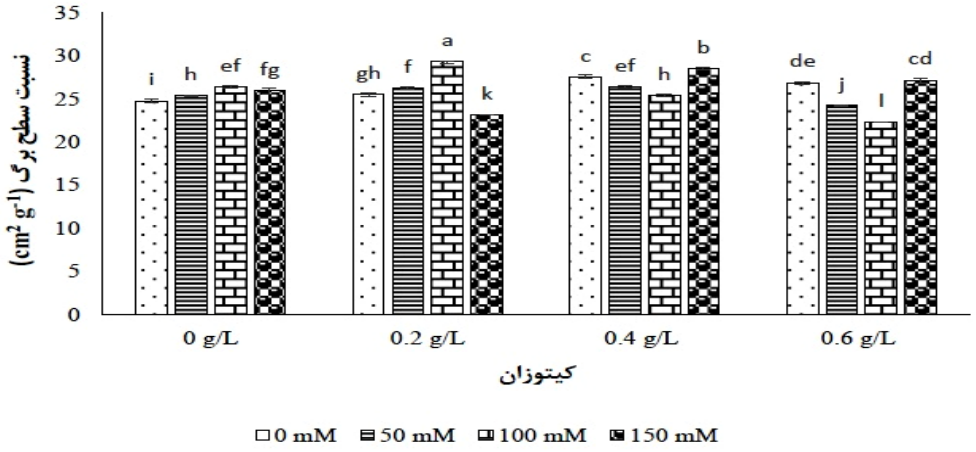


شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین ارتفاع گیاه تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 5. The result of mean comparison of plant height under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر نسبت سطح برگ (LAR) در گیاه استویا تحت تنش شوری

تیمار (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری)، تیمار (۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری) و تیمار (۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری) سبب افزایش نسبت سطح برگ شد (شکل ۶).



شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین نسبت سطح برگ تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

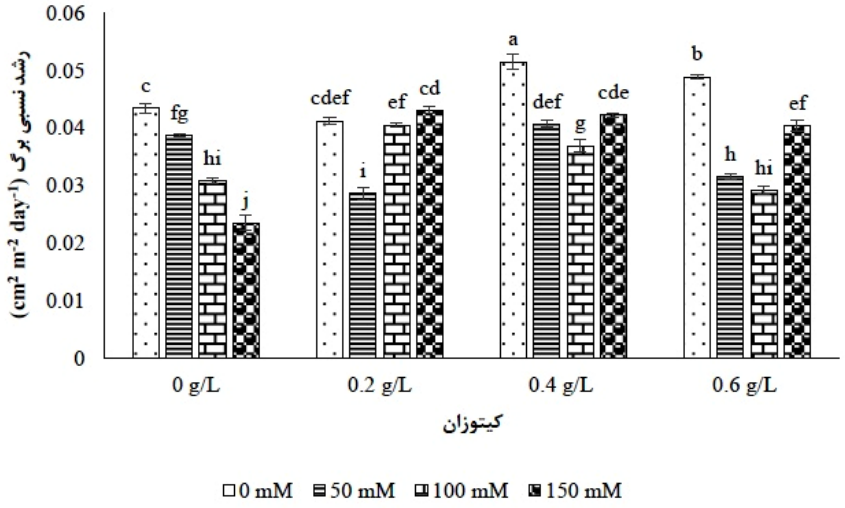
Figure 6. The result of mean comparison of leaf area rate under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

بررسی اثر القاگر کیتوزان بر نرخ رشد نسبی برگ (RLGR) در گیاه استویا تحت تنش شوری

تنها تیمار (۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری) منجر به افزایش معنی‌دار رشد نسبی برگ شد (شکل ۷). در سایر تیمارهای برهمکنش کیتوزان و شوری، افزایش معنی‌دار رشد نسبی برگ مشاهده نشد.



شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین نرخ رشد نسبی برگ تحت سطوح مختلف تیمارهای کیتوزان و شوری. ستون‌ها نشانگر میانگین می‌باشند و ستون‌هایی که حروف مشابه دارند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 7. The result of mean comparison of relative leaf growth rate under different levels of chitosan and salt stress treatments. Columns shows mean and the columns with the same letters shows no significant difference

یکی از مضرات تنش‌های غیرزیستی نظیر شوری، کاهش رشد گیاه می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع، وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد میانگره، طول ریشه، میزان نسبی رشد برگ و سطح برگ گیاه شد که این نتایج با یافته‌های گزارش شده بر روی گندم (۱۲) و بر روی استویا (۴۲) مطابقت داشت. به طور کلی، کاهش رشد اندام‌های مختلف گیاهی ممکن است به دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالا ناشی از شوری مواد غذایی باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش می‌دهد (۸). بعلاوه، کاهش رشد گیاهان در اثر شوری می‌تواند به دلیل تأثیر شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن باشد که بر حسب رقم و شرایط محیطی متفاوت است. یکی دیگر از دلایل کاهش رشد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها ایجاد شود. شوری با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی نیز می‌تواند سبب کاهش ارتفاع گیاه شود (۱۵).

در مطالعه حاضر، افزایش سطوح شوری سبب کاهش معنی‌دار تعداد برگ در گیاه استویا شد که با نتایج بدست آمده از مطالعه قبلی در ارتباط با کاهش تعداد برگ گندم در شرایط شوری مطابقت داشت (۵). دلیل این امر می‌تواند در ارتباط با تشدید ریزش برگ و یا کاهش تشکیل برگ‌های جدید در شرایط تنش شوری باشد. در تحقیق حاضر، بیشترین کاهش تعداد برگ در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با شاهد مشاهده شد. این یافته با دستاوردهای حاصل از پژوهش‌های قبلی مبنی بر کاهش تعداد برگ استویا در غلظت‌های بالاتر کلرید سدیم نظیر ۲۰۰ میلی‌مولار شوری نیز مشابهت داشت (۴۲،۳۴). شوری سبب کاهش جذب آب توسط گیاه و بدین وسیله کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌شود. بدیهی است که کاهش طول ساقه باعث کاهش وزن آن و به تبع کاهش ماده خشک خواهد شد (۳۵،۲۴). در گزارشی، کاهش در ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک گیاه استویا نسبت به شاهد در غلظت‌های ۱۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد (۴۳).

این احتمال وجود دارد که با افزایش رشد گیاه، رشد شاخساره و سطح فتوسنتز کننده افزایش یافته و سرعت تجمع ماده خشک بیشتر می‌شود، به طوری که در تیمار شاهد به علت فراهم بودن آب قابل استفاده در مقایسه با سایر تیمارها ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید شد و این اختلاف در ادامه افزایش تنش شوری مشهودتر بود. همچنین ممکن است که در تیمارهای تحت تنش شوری به دلیل کاهش سطح فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک کاهش یابد (۳۳).

بر اساس یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، میانگین شاخص‌های رشد نظیر LAR و RLGR در سطوح مختلف تنش کلرید سدیم کاهش یافتند (شکل‌های ۶،۷). گیاهان در مواجهه با تنش کلرید سدیم علائم ظاهری قابل توجیهی از خود نشان می‌دهند (۴). در مطالعه‌ای، کاهش معنی‌دار صفات وزن خشک، شاخص سطح برگ و میانگین شاخص‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

(LAR و RLGR) در کلزای تحت تنش کلرید سدیم در مقایسه با گیاه شاهد مشاهده شد (۳). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کمترین سرعت تجمع ماده خشک مربوط به سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود، بنابراین، تجمع ماده خشک در تیمار شاهد به دلیل بالا بودن سطح برگ، افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول بوده است. به نحوی که، با افزایش نمک و به واسطه آن کاهش طول دوره رشد، سطح برگ و فتوسنتز، انتقال شیره پرورده کاهش یافته و در نهایت موجب کاهش تجمع ماده خشک در سطوح مختلف شوری نسبت به تیمار شاهد شد.

به طور کلی، در بیشتر گیاهان در مراحل اولیه رشد گیاه، میزان سرعت رشد محصول مثبت ولی کم می‌باشد و با گذشت زمان و طی مراحل رشد گیاه، فاکتورهای مختلف رشدی افزایش یافته تا اینکه در مرحله مشخصی، رشد گیاه به حداکثر رسیده و بعد از آن کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند به علت پیر شدن برگ‌های گیاه و یا اعمال تنش‌های محیطی باشد (۲۵،۱۵). با توجه به اینکه نسبت سطح برگ (LAR) و سرعت رشد محصول با سطح برگ رابطه مستقیمی دارند، کاهش معنی‌دار نسبت سطح برگ و سرعت رشد محصول در شرایط تنش شوری می‌تواند دلیل کاهش سطح برگ این گیاه در شرایط شوری باشد (۳۸).

جهت حل مشکلات ایجاد شده در اثر تنش شوری، از القاگر کیتوزان می‌توان به منظور افزایش مقاومت به تنش‌هایی همچون شوری استفاده کرد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که ترکیبات اصلی دیواره سلولی بسیاری از گونه‌های قارچی نظیر کیتین و کیتوزان قادر به افزایش میزان فاکتورهای رشد می‌باشند (۱۱،۱۰). در شرایط تنش، کیتوزان از طریق تنظیم فشار اسمزی سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی ضروری گیاه می‌شود که در نتیجه آن رشد گیاه در شرایط تنش افزایش خواهد یافت (۱۷). بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، کاربرد کیتوزان سبب افزایش معنی‌دار رشد و ارتفاع گیاه گردید که با نتایج تحقیق قبلی مبنی بر افزایش رشد، ارتفاع و عملکرد گیاه زراعی ذرت آغشته به کیتوزان مطابقت داشت (۱۷). در مطالعه دیگر، رشد بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تیمار کیتوزان در شرایط تنش شوری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (۱۸).

در مطالعه دیگر، تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر کیتوزان سبب افزایش وزن خشک گیاه، طول ساقه و ریشه و محتوای نسبی آب برگ در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در شرایط تنش شوری گردید که با نتایج پژوهش حاضر در مورد افزایش صفات فوق الذکر مطابقت داشت. محلول‌پاشی کیتوزان به تنهایی در گیاه لوبیا (۳۷) و گلرنگ (۲۷) باعث افزایش سطح برگ شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. چنین به نظر می‌رسد که گیاهان تحت تیمار کیتوزان به علت داشتن شاخص سطح برگ با افزایش فعالیت فتوسنتزی موجب تجمع بیشتر هیدرات‌های کربن و ماده خشک می‌شوند (۱۶).

در مطالعه‌ای مشابه، محلول‌پاشی بوته های کاهو (*Lactuca sativa* L.) با کیتوزان، ۳ تا ۱۲ هفته بعد از کاشت منجر به افزایش وزن خشک ساقه و ریشه نسبت به شاهد شد (۲۰). همچنین، محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کیتوزان در گیاه لوبیا منجر به افزایش وزن خشک ساقه و ریشه گردید (۳۷). مکانیزم اثر کیتوزان به طور کامل شناخته نشده است ولی این احتمال وجود دارد که کیتوزان سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین القاء کند و رشد و نمو گیاه را از طریق بعضی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوسنتز اکسین از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان افزایش دهد (۴۰).

بر اساس یافته‌های Hien در سال ۲۰۰۴، الیگوساکاریدها در گیاهان به عنوان ترکیبات شبه فیتوهورمونی در فرآیندهای تنظیم مورفوژنز، رشد و توسعه عمل می‌کنند و از این رو، ممکن است کیتوزان در گیاهان موجب تحریک ریشه، رشد و القاء آنزیم‌های خاصی مانند کیتیناز، پکتیناز و گلوکوناز شود (۲۰). این احتمال وجود دارد که اثر تحریک‌کنندگی کیتوزان بر رشد گیاه به دلیل افزایش جذب آب و عناصر ضروری و کاهش انباشت رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باشد (۱۷). در این مطالعه، با در نظر گرفتن سطح شوری و به منظور بهبود شرایط رشد و نمو گیاه استویا، غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۴ گرم در لیتر کیتوزان مناسبترین تیمارها تشخیص داده شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

منابع

1. Ali, H.M., M.H. Siddiqui, M.O. Basalah, M.H. Al-Whaibi, A.M. Sakran and A. Al-Amri. 2012. Effects of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of Hibiscus sabdariffa L. under salt stress. African Journal of Biotechnology, 11: 800-804.
2. Badawy, M.E. and E.I. Rabea, 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 51(1): 110-117.
3. Bandeh-Hagh, A., M. Toorchi, A. Mohammadi, N. Chaparzadeh, G.H. Salekdeh and H. Kazemnia. 2008. Growth and osmotic adjustment of canola genotypes in response to salinity. Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 201.
4. Cho, M.H., H.K. No and W. Prinyawiwatkul. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. Journal of Food Science, 73(1): S70-S77.
5. El-Hendawy, S.E., Y. Hu, G.M. Yakout, A.M. Awad, S.E. Hafiz and U. Schmidhalter. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. European Journal of Agronomy, 22(3): 243-253.
6. Emadodin, I. and H.R. Bork. 2012. Degradation of soils as a result of long-term human-induced transformation of the environment in Iran: an overview. Journal of Land Use Science, 7(2): 203-219.
7. Emam, A.K., S.A. El-Refai and D. Degheele. 1988. Effect of sublethal dosages of four chitin synthesis inhibitors on the reproduction potential and F1-generation of the Egyptian cotton leafworm, Spodoptera littoralis (Boisd.) (Lepidoptera, Noctuidae). Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent (Belgium), 53: 249-254.
8. Enteshari, S. and S. Sharifian. 2012. Influence of salicylic acid on growth and some biochemical parameters in a C 4 plant (*Panicum miliaceum* L.) under saline conditions. African Journal of Biotechnology, 11(3): 621-627.
9. Evans, H.E., C.C. Campbell and J.P. Utz. 1962. Infantile Disseminated Histoplasmosis: A Case Reporting Pillow Feathers as a Source of Infection. JAMA, 181(11): 999-1000.
10. Farouk, L., A. Laroubi, R. Aboufatima, A. Benharref and A. Chait. 2008. Evaluation of the analgesic effect of alkaloid extract of *Peganum harmala* L.: Possible mechanisms involved. Journal of Ethnopharmacology, 115(3): 449-454.
11. Farouk, S., A.A. Mosa, A.A. Taha and A.M. El-Gahmery. 2011. Protective effect of humic acid and chitosan on radish (*Raphanus sativus*, L. var. *sativus*) plants subjected to cadmium stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 7(2).
12. Francois, L., E. Maas, T. Donovan and V. Youngs. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agronomy Journal, 78: 1053-1058.
13. Gerami, M., V. Akbarpour and A. Mohammadian. 2019. The Effect of Putrescine and Salicylic Acid on Physiological Characteristics and Antioxidant in Stevia Rebaudiana B. Under Salinity Stress. Journal of Crop Breeding, 11(29): 40-54 (In Persian).
14. Ghasemnezhad, M. and M.A. Shiri. 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. Caspian Journal of Environmental Sciences, 8(1): 25-33.
15. Gorai, M., M. Ennajeh, H. Khemira and M. Neffati. 2010. Combined effect of NaCl-salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in *Phragmites australis* plants. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 205(7): 462-470.
16. Gregersen, P.L., P.B. Holm and K. Krupinska. 2008. Leaf senescence and nutrient remobilisation in barley and wheat. Plant Biology, 10: 37-49.
17. Guan, Y.J., J. Hu, X.J. Wang and C.X. Shao. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Zhejiang University Science B, 10(6): 427-433.
18. Hameed, A., M.A. Sheikh, A. Hameed, T. Farooq, S.M.A. Basra and A. Jamil. 2014. Chitosan seed priming improves seed germination and seedling growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) under osmotic stress induced by polyethylene glycol. Philippine Agricultural Scientists, 97(3): 294-299.
19. Hernández-Hernández, H., S. González-Morales, A. Benavides-Mendoza, H. Ortega-Ortiz, G. Cadenas-Pliego and A. Juárez-Maldonado. 2018. Effects of chitosan–PVA and Cu nanoparticles on the growth and antioxidant capacity of tomato under saline stress. Molecules, 23(1): 178.
20. Hien, N.Q. 2004. Radiation degradation of chitosan and some biological effects, Radiation Processing of Polysaccharides, 1422: 67.
21. Humphrey, T.V., A.S. Richman, R. Menassa and J.E. Brandle. 2006. Spatial organisation of four enzymes from *Stevia rebaudiana* that are involved in steviol glycoside synthesis. Plant Molecular Biology, 61: 47-62.
22. Ibrahim, I., M. Nasr, B. Mohammedm and M. El-Zefzafi. 2008. Nutrient factors affecting in vitro cultivation of *Stevia rebaudiana*. Sugar Tech, 10: 248-253.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

23. Karuppusamy, S. 2009. A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. Journal of Medicinal Plants Research, 3: 1222-1239.
24. Khan, W.M., B. Prithiviraj and D.L. Smith. 2002. Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. Photosynthetica, 40(4): 621-624.
25. Lemus-Mondaca, R., A. Vega-Gálvez, L. Zura-Bravo and K. Ah-Hen. 2012. *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food Chemistry, 132: 1121-1132.
26. Mahdavi, B. and H. Safari. 2015. Effect of chitosan on growth and some physiological traits of chickpea under salinity stress. Plant Process and Function, 4(12): 117-127.
27. Mahdavi, S.A., S.M. Jafari, M. Ghorbani and E. Assadpoor. 2014. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: a review. Drying Technology, 32(5): 509-518.
28. Malerba, M. and R. Cerana. 2016. Chitosan effects on plant systems. International Journal of Molecular Sciences, 17(7): 996.
29. Mansouri, I., H. Najafi Zarini, N. Babaeian Jelodar and A. Pakdin. 2019. Evaluation of salt tolerance in some canola (*Brassica napus* L.) genotypes under normal and salt stress conditions. J Crop Breed, 11(30): 23-36.
30. Mansouri, A. and H. Omidi. 2018. Effect of chitosan nano particle and potassium nitrate on germination and some morpho-physiological characteristics of seedlings of quinoa (*Chenopodium quinoa*). Iranian Journal of Seed Research, 5(1): 147-159.
31. Martínez, G., G. Reyes, R. Falcón and V. Núñez 2015. Effect of seed treatment with chitosan on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings cv. INCA LP-5 in saline medium. Cultivos Tropicales, 36(1): 143-150.
32. Meng, H., T. Xia, S. George and A.E. Nel. 2009. A predictive toxicological paradigm for the safety assessment of nanomaterials. ACS Nano, 3(7): 1620-1627.
33. Nedjimi, B. and Y. Daoud. 2009. Cadmium accumulation in *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii and its influence on growth, proline, root hydraulic conductivity and nutrient uptake. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 204(4): 316-324.
34. Pandey, M. and S.K. Chikara. 2014. In vitro regeneration and effect of abiotic stress on physiology and biochemical content of *Stevia rebaudiana* 'Bertoni'. Journal of Plant Science Research, 1(3): 113.
35. Romanazzi, G., A.M. Fiore, M. Mali, A. Rizzuti, C. Leonelli, A. Nacci and M.M. Dell'Anna. 2018. Polymer supported Nickel nanoparticles as recyclable catalyst for the reduction of nitroarenes to anilines in aqueous medium. Molecular Catalysis, 446: 31-38.
36. Samota, M.K., M. Sasi, M. Awana, O.P. Yadav, S.V. Amitha Mithra, A. Tyagi and A. Singh. 2017. Elicitor-induced biochemical and molecular manifestations to improve drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) through seed-priming. Frontiers in Plant, 8: 934.
37. Sheikha, S.A. and F.M. Al-Malki. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. European Journal of Scientific Research, 50(1): 124-134.
38. Singh, P.K. and S. Gautam. 2013. Role of salicylic acid on physiological and biochemical mechanism of salinity stress tolerance in plants. Acta Physiologiae Plantarum, 35(8): 2345-2353.
39. Singh, S. 2016. Enhancing phytochemical levels, enzymatic and antioxidant activity of spinach leaves by chitosan treatment and an insight into the metabolic pathway using DART-MS technique, Food Chemistry, 199: 176-184.
40. Uthairatanakij, A., J.A. Teixeira da Silva and K. Obsuwan. 2007. Chitosan for improving orchid production and quality. Orchid Science and Biotechnology, 1(1): 1-5.
41. Wu, H. 2018. Plant salt tolerance and Na+ sensing and transport. The Crop Journal, 6(3): 215-225.
42. Zeng, D. and X. Luo. 2012. Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. Open Journal of Soil Science, 2(03): 282.
43. Zeng, J., W. Cai, W. Yang and W. Wu. 2013. Antioxidant abilities, phenolics and flavonoids contents in the ethanolic extracts of the stems and leaves of different *Stevia rebaudiana* Bert lines. Sugar Tech, 15(2): 209-213.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]

Study of some Morphological Responses of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to Chitosan Elicitor under Salt Stress

Zeinab Alipour Telokolai[1], Mahyar Gerami[2], Akram Ghorbanpour[3] and Parastoo Majidian[4]

1- Graduated M.Sc. Student, of Horticultural Science (Medicinal Plant), Sana Institute of Higher Education, Sari, Iran
2- Assistant professor, Sana Institute of Higher Education, Sari, Iran,
(Corresponding author: mahyar.gerami@yahoo.com)
3- PhD Graduate of Plant Physiology, Kharazmi University, Tehran, Iran
4- Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
Received: October 6, 2019 Accepted: January 28, 2020

Abstract

Salt stress is one of significant abiotic stresses which has negative effects on growth and production of important medicinal plants such as stevia. Thus, the aim of this study was to evaluate the interaction of chitosan in four levels (0, 0.2, 0.4 and 0.6 g/L) and salt in four levels (0, 50, 100 and 150 mM NaCl) on some of morphological properties of stevia based on factorial completely randomized design with three replication at Sana Institute of Higher Education in 2016-2017. The traits studied were plant height, fresh and dry weight of root and shoot, number of leaf, internode number, root height, leaf area index (LAI), relative leaf growth rate (RLGR) and leaf area rate (LAR). The results of analysis of variance showed that salt stress resulted in significant change of plant height, leaf number, internode number, fresh and dry weight of root and shoot, RLGR, LAR. However, the interaction of chitosan and salt stress caused improvement in the each trait above mentioned. For instance, the increase of internode number in Ch2S2 (0.4 g/L chitosan-100 mM NaCl), leaf number, fresh and dry weight of root and shoot and root height in Ch1S3 (0.2 g/L chitosan-150 mM NaCl), plant height in Ch2S2 (0.4 g/L chitosan-100 mM NaCl) and Ch1S3 (0.2 g/L chitosan-150 mM NaCl) was indicated. In addition, the treatments of Ch1S2 (0.2 g/L chitosan-100 mM NaCl), Ch2S3 (0.4 g/L chitosan-150 mM NaCl) and Ch3S3 (0/6 g/Lchitosan-150 mM NaCl) on LAR, Ch1S3 (0/2 g/L chitosan-150 mM NaCl) on RLGR showed significant *increase*. Therefore, the achievement of this study could present profitable data with respect to morphological traits variation in stevia under salt stress condition and chitosan elicitor in order to conserve these plants by improvement of these traits under stress.

Keywords: Abiotic stress, Elicitor, Medicinal plant

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.150]